

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های

مرتبط با انرژی خورشیدی

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر رسول اژه‌ایبان

✦ دکتر اعظم ایرجی‌زاد

✦ دکتر عباس بهجت

✦ دکتر نیما تقوی‌نیا

✦ مهندس شهریار جلایی

✦ دکتر محمدصادق ذبیحی

✦ دکتر نسترن ریاحی

✦ دکتر محمود زنده‌دل

✦ دکتر ابراهیم اصل سلیمانی

✦ دکتر اکبر شعبانی‌کیا

✦ دکتر بهشاد شفیعی

✦ دکتر سید محمد صادق‌زاده

✦ دکتر خطیب‌الاسلام صدرنژاد

✦ مهندس سامان میرهادی

✦ دکتر محمود یعقوبی

مجری علمی طرح: دکتر سیدمحمد صادق‌زاده

مدیر پروژه: مهندس آرش حق‌پرست

مجری طرح: دکتر شهریار بزرگمهری

گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

ویرایش اول

۱۳۹۴

گزارش حاضر مربوط به مرحله اول پروژه تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی در ایران می‌باشد. مرحله مورد اشاره شامل بندهای زیر می‌باشد:

۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

شامل: ضرورت توسعه و دلایل توجیه پذیری فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

تعیین سطح تحلیل از لحاظ مرز جغرافیایی منطقه ای، ملی و یا فرا ملی

تعیین بازه زمانی برنامه ریزی کوتاه مدت، میان مدت و یا بلند مدت

تعیین مرزبندی فنی شامل سطح فناوری مورد بررسی شامل حوزه علم و دانش، محصول فناورانه یا بازار محصولات به هم پیوسته

۲- تعیین مرزبندی ساختاری شامل بازیگران اصلی، نهادها و شبکه‌های تاثیر گزار

شامل: تبیین مشخصه‌های فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

تعیین ماهیت فناوری از دیدگاه جدید یا موجود بودن فناوری، ساده یا پیشرفته بودن فناوری، سطح تناسب با نیازها و امکانات و حوزه کاربرد

تعیین منشاء تغییرات فناوری از دیدگاه تامین کننده محور، مقیاس محور، دانش محور و یا تخصصی محور بودن فناوری، تعیین چرخه عمر فناوری

این گزارش مشتمل بر دو فصل تهیه و تدوین شده است که هر فصل مربوط به هر کدام از بندهای این مرحله می‌باشد. گزارش پیش رو در گروه انرژی‌های نو توسط آقایان محمد مهدی اخلاقی، سینا سالمی، هادی فارابی، سیدعلی فرهمند و محمد مهدی امیرآبادی فراهانی تهیه شده است.

فهرست مطالب

فصل اول	۱
۱. تبیین ابعاد موضوع	۱
۱,۱ ضرورت و توجیه پذیری	۲
۱,۱,۱ ضرورت‌های قانونی توسعه انرژی خورشیدی	۲
۲,۱,۱ ضرورت‌های اجتماعی و فنی	۳
۱,۲,۱,۱ اشتغال‌زایی	۳
۲,۲,۱,۱ تولید پراکنده	۵
۳,۲,۱,۱ پیکسایی	۵
۳,۱,۱ ضرورت‌های زیست‌محیطی	۵
۱,۳,۱,۱ کاهش تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی	۵
۲,۳,۱,۱ کنوانسیون تغییر آب و هوا و اهداف آن	۷
۳,۳,۱,۱ پروتکل کیوتو و پروتکل جایگزین آن	۷
۴,۳,۱,۱ بحران آب در ایران	۱۱
۴,۱,۱ ضرورت‌های امنیتی	۱۲
۱,۴,۱,۱ وجود مزیت‌های پدافند غیرعامل استفاده از این نوع انرژی	۱۲
۲,۴,۱,۱ تنوع بخشی به منابع انرژی و ارتقاء امنیت تولید و توزیع انرژی	۱۳
۵,۱,۱ ضرورت‌های اقتصادی	۱۳
۱,۵,۱,۱ توجیه‌پذیری تولید برق خورشیدی در مقایسه با سایر گزینه‌های تولید برق	۱۳
۲,۵,۱,۱ مدل‌های اقتصادی ارزیابی هزینه برق	۱۴
الف) روش ارزش حال	۱۴
ب) روش تحلیل نرخ بازگشت سرمایه	۱۵

- ۱۶ (ج) روش هزینه یکنواخت سالیانه
- ۱۹ ۳,۵,۱,۱ هزینه یکنواخت سالیانه
- ۲۰ (ب) داده‌ها و فرضیات
- ۲۰ (ج) هزینه سرمایه‌گذاری اولیه
- ۲۳ ۴,۵,۱,۱ هزینه سوخت
- ۲۳ (الف) قانون هدفمند کردن یارانه‌ها
- ۲۴ (ب) سناریوهای قیمت سوخت
- ۲۵ ۵,۵,۱,۱ راندمان نیروگاه‌ها کشور
- ۲۶ ۶,۵,۱,۱ هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- ۲۶ ۷,۵,۱,۱ هزینه انتشار آلاینده‌ها
- ۲۷ ۸,۵,۱,۱ اثرات خارجی
- ۲۸ (الف) مدل‌های محاسبه هزینه‌های تولید برق از سوخت‌های فسیلی
- ۳۰ (ب) روش‌های موجود برای کمی کردن اثرات خارجی
- روش عمومی ۳۱
 - مطالعه موردی ۳۱
 - تحلیل حاشیه ای ۳۱
 - مروری بر مطالعات گذشته ۳۱
 - محاسبه اثرات خارجی نیروگاه‌های فسیلی ایران ۳۳
 - ۲,۱. سطح تحلیل ۳۶
 - ۳,۱. مرزبندی ساختاری ۳۶
 - ۱,۳,۱ فهرست اسناد بالادستی ۳۷
 - ۱,۱,۳,۱ مجموعه برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۴۰
 - ۲,۱,۳,۱ قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۴۴

- ۴۹..... اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه
- ۵۷..... قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت
- ۵۸..... برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴
- ۶۱..... سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق
- ۶۱..... نقشه جامع علمی کشور
- ۶۵..... قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (پیرو اجرای اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران)
- ۷۰..... سند راهبردی انرژی‌های نو کشور
- ۷۱..... سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)
- ۱۲,۱,۳,۱..... قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA)
- ۷۶.....
- ۷۷..... لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو
- ۸۳..... لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر
- ۸۵..... ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک
- ۸۷..... قانون هدفمند کردن یارانه‌ها
- ۸۷..... ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- ۸۸..... طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو
- ۸۹..... شرح وظایف
- ۸۹..... هدف
- ۲۰,۱,۳,۱..... مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور
- ۹۰.....
- ۹۶..... شناسایی بازیگران فعال در این حوزه
- ۹۶..... (الف) نهاد های حاکمیتی و دولتی

- ب) مراکز پژوهشی ۹۷
- ج) مراکز دانشگاهی ۹۸
- ۱,۲,۳,۱ مجمع تشخیص مصلحت نظام ۹۸
- وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۰
- مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۱
- اهداف مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۲
- ساختار مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۲
- ۱- معاونت پژوهش‌های روابط بین‌الملل ۱۰۲
- ۲- معاونت پژوهش‌های سیاست خارجی ۱۰۲
- ۳- معاونت پژوهش‌های اقتصادی ۱۰۳
- ۵- معاونت پژوهش‌های فقهی و حقوقی ۱۰۴
- ۶- معاونت اجرایی و اطلاع‌رسانی ۱۰۴
- کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۴
- وظایف و مأموریت‌های کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۰۵
- الف - وظایف اساسی کمیته ۱۰۵
- ۲,۲,۳,۱ مجلس شورای اسلامی ۱۰۶
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی ۱۰۶
- اهداف و شرح وظایف مرکز ۱۰۷
- ارکان مرکز ۱۰۸
- ۳,۲,۳,۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ۱۰۸
- ۴,۲,۳,۱ ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو ۱۰۹
- ۵,۲,۳,۱ وزارت نیرو ۱۱۱

- ۱۱۲ ماموریت‌های وزارت نیرو
- ۱۱۳ ۶,۲,۳,۱ شرکت توانیر
- ۱۱۴ ۷,۲,۳,۱ سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
- ۱۱۶ پروژه‌های انجام شده توسط سانا در زمینه انرژی خورشیدی
- ۱۱۸ ۸,۲,۳,۱ سازمان توسعه برق
- ۱۱۸ خط مشی سازمان توسعه برق ایران
- ۱۱۹ ۹,۲,۳,۱ سازمان حفاظت محیط زیست کشور
- ۱۲۰ وظایف اساسی سازمان حفاظت محیط زیست
- ۱۲۱ ۱۰,۲,۳,۱ سازمان منابع طبیعی
- ۱۲۲ ۱۱,۲,۳,۱ شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۱۲۲ وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۱۲۳ ۱۲,۲,۳,۱ شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)
- ۱۲۴ ۱۳,۲,۳,۱ وزارت علوم تحقیقات و فناوری
- ۱۲۴ حدود اختیارات و ماموریت‌های وزارت علوم
- ۱۲۵ ۱۴,۲,۳,۱ دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری
- ۱۲۶ وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری
- ۱۲۶ ۱۵,۲,۳,۱ سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران
- ۱۲۶ ۱۶,۲,۳,۱ پژوهشگاه نیرو
- ۱۲۷ اهداف پژوهشگاه نیرو
- ۱۲۷ فعالیت‌های پژوهشگاه نیرو

- ۱۲۸..... پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو
- ۱۲۹..... گروه پژوهشی انرژیهای نو
- ۱۳۰..... ۱۷,۲,۳,۱ مرکز توسعه فناوری نیرو
- ۱۳۱..... پژوهشکده انرژی پژوهشگاه مواد و انرژی
- ۱۳۳..... ۱۹,۲,۳,۱ پژوهشکده انرژی و محیط زیست
- ۱۳۴..... ۲۰,۲,۳,۱ مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی
- ۱۳۶..... ۲۱,۲,۳,۱ مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
- ۱۳۸..... ۲۲,۲,۳,۱ مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات
- ۱۳۸..... زمینه مطالعات و تحقیقات انرژی
- ۱۳۹..... ۲۳,۲,۳,۱ دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور
- ۱۴۰..... ۲۴,۲,۳,۱ مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق
- ۱۴۱..... ۲۵,۲,۳,۱ دانشگاه صنعتی شریف
- ۱۴۱..... (الف) دانشکده مهندسی انرژی
- ۱۴۱..... چشم انداز دانشکده
- ۱۴۲..... ماموریت
- ۱۴۲..... زمینه‌های فعالیت
- ۱۴۲..... رشته‌های تحصیلی
- ۱۴۳..... امکانات آزمایشگاهی
- ۱۴۴..... (ب) پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف
- ۱۴۴..... چشم انداز و اهداف آرمانی
- ۱۴۵..... بیانیه ماموریت

۱۴۶	اهداف راهبردی
۱۴۷	۲۶,۲,۳,۱ دانشگاه تهران
۱۴۷	الف) دانشکده فنی
۱۴۹	گروه الکترونیک
۱۵۰	گروه قدرت
۱۵۱	ب) دانشکده علوم و فنون نوین
۱۵۱	اطلاعات آماری گروه:
۱۵۲	رشته های تحصیلی در حال اجرا و برنامه ریزی شده در گروه:
۱۵۲	۲۷,۲,۳,۱ دانشگاه علم و صنعت ایران
۱۵۲	پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران
۱۵۳	گروه پژوهشی مدیریت انرژی
۱۵۳	گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۵۴	گروه پژوهشی سیستم‌های انرژی
۱۵۴	نمونه‌هایی از پایان نامه های انجام شده در پژوهشکده سبز مرتبط با انرژی خورشیدی
۱۵۵	۲۸,۲,۳,۱ دانشگاه فردوسی مشهد
۱۵۶	ماموریت پژوهشکده هواخورشید
۱۵۷	اهداف پژوهشکده هواخورشید
۱۵۷	پروژه‌های انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در پژوهشکده هواخورشید
۱۵۸	پروژه‌های آتی در زمینه انرژی خورشیدی در پژوهشکده هواخورشید
۱۵۸	۲۹,۲,۳,۱ جمع بندی
۱۶۰	۳,۳,۱ مرزبندی فنی

۱۶۳ فصل دوم

۱۶۳ ۲. تبیین مشخصه‌های فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

۱۶۴	.....	۱,۲ مقدمه
۱۶۴	.....	۲,۲ تعیین ماهیت فناوری از دیدگاه جدید یا موجود بودن فناوری
۱۶۵	.....	۳,۲ تعیین منشا تغییرات فناوری
۱۶۶	.....	۴,۲ تعیین چرخه عمر فناوری

فهرست اشکال

- شکل ۱: استخدام انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۳ بر اساس فناوری (۱)..... ۴
- شکل ۲: مقایسه میزان اشتغال مستقیم ایجاد شده برای انرژی‌های مختلف در سال به ازای هر یک میلیون ... دلار سرمایه‌گذاری (۲)..... ۴
- شکل ۳: روند پرداخت سود وام در طی چرخه عمر نیروگاه..... ۲۱
- شکل ۴: تقسیم ارزش حال محاسبه شده در طی دوره عمر نیروگاه به میزان مساوی..... ۲۲
- شکل ۵: مراحل اساسی چرخه های سوخت فسیلی برای تولید برق..... ۲۹
- شکل ۶: گام های محاسبه اثرات خارجی یک نیروگاه..... ۳۰
- شکل ۷: محاسبه پی آمدهای خارجی نیروگاه های کشور سال ۱۳۷۲ (نرخ ارز دلار ۳۰۰۰ ریال فرض شده است)..... ۳۳
- شکل ۸: کل هزینه اجتماعی ناشی از تولید برق..... ۳۶
- شکل ۹: گراف نهادهای مرتبط با فناوری انرژی خورشیدی..... ۱۶۰
- شکل ۱۰: درخت فناوری انرژی خورشیدی..... ۱۶۲
- شکل ۱۱: تغییرات بازدهی فناوریهای مختلف فتوولتائیک خورشیدی..... ۱۶۶
- شکل ۱۲: مراحل چرخه عمر یک فناوری..... ۱۶۷
- شکل ۱۳: مشخصات هر قسمت از چرخه عمر یک فناوری..... ۱۶۸
- شکل ۱۴: فناوریهای فتوولتائیک خورشیدی روی منحنی چرخه عمر..... ۱۶۹

فهرست جداول

- جدول ۱: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای قبل از بهره برداری ۹
- جدول ۲: میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی بعد از بهره برداری ۱۰
- جدول ۳: تعریف پارامترهای معادله هزینه تراز شده ۱۸
- جدول ۴: سهم گاز، گازوییل و نفت کوره در هر یک از نیروگاه‌های گازی و بخاری ۲۳
- جدول ۵: هزینه‌ی سوخت مصرفی بر حسب واحد ریال در هر MMBTu و در سناریوهای مختلف ۲۶
- جدول ۶: محاسبه اثرات خارجی - راس و امبس ۳۲
- جدول ۷: نتایج مطالعات اثرات خارجی کندی ۳۲
- جدول ۸: هزینه اجتماعی تمام شده در قیمت داخلی گاز طبیعی (ریال بر کیلووات ساعت) ۳۳
- جدول ۹: هزینه اجتماعی تمام شده در قیمت فوب خلیج فارس گاز طبیعی (ریال بر کیلووات ساعت) ۳۳
- جدول ۱۰: شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش نیروگاهی کشور در سال ۱۳۹۱ ۳۴
- جدول ۱۱: میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش نیروگاهی براساس نوع نیروگاه در سال ۱۳۹۱ ۳۴
- جدول ۱۲: هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای به قیمت‌های سال ۱۳۸۱ (هزار ریال بر تن) ۳۴
- جدول ۱۳: هزینه تحمیلی آلودگی نیروگاه‌ها بر حسب ریال بر کیلووات ساعت ۳۵
- جدول ۱۴: اهداف کمی بخش برق طی سال‌های برنامه چهارم توسعه ۵۲
- جدول ۱۵: اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی - ساختمان ۵۶
- جدول ۱۶: ماتریس ارزیابی عوامل خارجی ساتبا ۷۴

فصل اول

۱. تبیین ابعاد موضوع

۱,۱ ضرورت و توجیه پذیری

۱,۱,۱ ضرورت‌های قانونی توسعه انرژی خورشیدی

در برخی از اسناد بالادستی در کشور به ضرورت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشیدی اشاره شده است.

- بند ۶ شامل سیاست‌های کلی بخش انرژی مصوب مجمع تشخیص مصلحت نظام ابلاغی توسط مقام معظم رهبری، ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی.

تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل خورشیدی و بادی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی در کشور.

- بند ۷ سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در زمینه اصلاح الگوی مصرف.

افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین.

- بند ۸ سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در زمینه آمایش سرزمین.

حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه

- در بند ۶ ماده ۱۳۹ قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران آمده است که:

به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاه‌های خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور، دولت مجاز است با حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی از طریق وجوه اداره شده و یارانه سود تسهیلات، زمینه تولید تا ۵۰۰۰ مگاوات انرژی خورشیدی را در طول برنامه، متناسب با تحقق تولید، فراهم سازد.

۲,۱,۱ ضرورت‌های اجتماعی و فنی

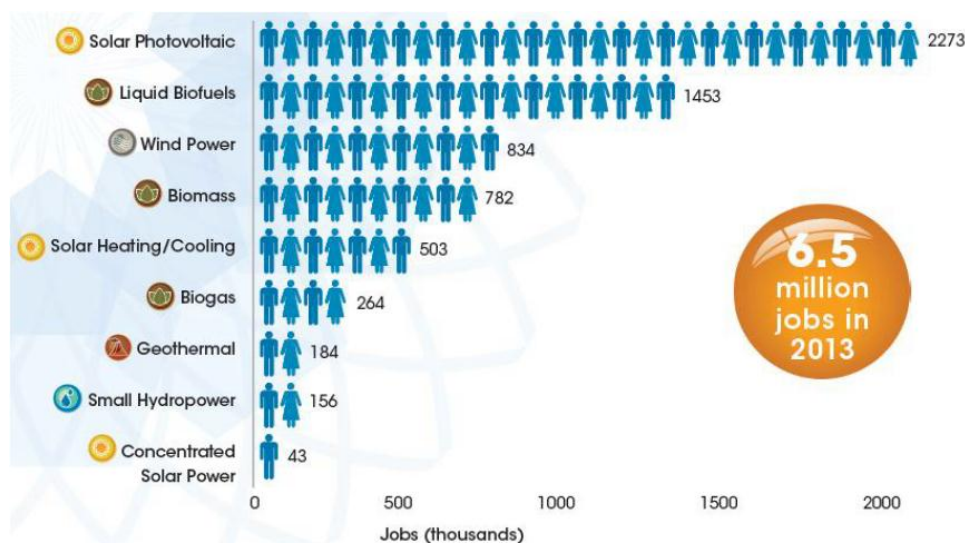
۱,۲,۱,۱ اشتغال‌زایی

استفاده از انرژی خورشیدی باعث ایجاد مشاغل مختلف بصورت مستقیم و غیرمستقیم خواهد شد. شغل‌هایی چون مهندسی در زمینه طراحی، ساخت و نصب تجهیزات تا بهره‌برداری و مدیران پروژه از جمله مشاغل مستقیم هستند. همچنین تأمین کنندگان مواد اولیه و مشاغل مرتبط با آن جزو گروه غیرمستقیم قرار خواهند گرفت. بعضی از حوزه‌های اصلی در صنعت برق خورشیدی که می‌توانند اثر قابل ملاحظه‌ای بر فعالیت اقتصادی و ایجاد اشتغال بگذارند، عبارتند از:

- تأمین کنندگان تجهیزات مکانیکی و مواد اولیه خام معدنی
- مشاوران و پیمانکاران که به بررسی و پتانسیل سنجی مکان‌های مستعد برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی می‌پردازند
- شرکت‌های عمرانی برای زیرسازی و نصب تجهیزات
- خدمات محیط‌زیستی مدیریت کنندگان جوازها و نمونه‌گیری
- اپراتورهای نیروگاه‌های برق و کارکنان نگهداری
- دانشمندان برای تحقیق و توسعه

استقرار انرژی تجدیدپذیر از تغییرات منطقه‌ای، بازارآیی صنعت، رقابت رو به رشد، پیشرفت‌های فناوری، فرآیندهای تولیدی و اثرات ریاضت و عدم اطمینان سیاست‌ها متأثر می‌شود. زمینه سیاست‌گذاری بسیار حیاتی است و در حالی تناسب ابزارهای سیاسی مختلف بسته به وضعیت یک کشور فرق می‌کند، پایداری سیاسی یک امر کلیدی است. عدم اطمینان یا تغییرات پیاپی برای ایجاد اشتغال یک معضل اساسی است. به علاوه، کمبود مهارت نیز می‌تواند به عنوان یک مانع اصلی در استقرار انرژی تجدیدپذیر و به تبع آن، استخدام مربوط به آن عمل کند.

در شکل زیر تعداد مشاغل مربوط به هر کدام از تکنولوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نمایش داده شده است. در این تصویر مشخص است که تکنولوژی فتوولتائیک بزرگترین بخش در کارمندان صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده است.



شکل ۱: استخدام انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۳ بر اساس فناوری (۱)

Energy source	Direct job creation per \$1 million in output (# of jobs)	Indirect job creation per \$1 million in output (# of jobs)	Direct and indirect job creation per \$1 million in output (# of jobs)	Direct and indirect job creation relative to oil (% difference)
Fossil fuels				
Oil and natural gas	0.8	2.9	3.7	-
Coal	1.9	3.0	4.9	+32.4%
Energy efficiency				
Building retrofits	7.0	4.9	11.9	+221.6%
Mass transit/freight rail (90% MT, 10% FR)	11.0	4.9	15.9	+329.7%
Smart grid	4.3	4.6	8.9	+140.5%
Renewables				
Wind	4.6	4.9	9.5	+156.8%
Solar	5.4	4.4	9.8	+164.9%
Biomass	7.4	5.0	12.4	+235.1%

شکل ۲: مقایسه میزان اشتغال مستقیم ایجاد شده برای انرژی‌های مختلف در سال به ازای هر یک میلیون دلار سرمایه‌گذاری (۲)

از آنجایی که فناوری‌های انرژی خورشیدی در بسیاری موارد به دور از مراکز پر جمعیت شهری احداث می‌شوند، بیشتر مشاغل بهره‌برداری از افراد محلی خواهند بود. چنین جوامعی معمولاً با نرخ‌های بیکاری بالا، دست به گریبان هستند که از متوسط ملی بسیار بیشتر است، بنابراین باعث افزایش تنوع و پایداری اقتصاد محلی خواهد شد.

۲,۲,۱,۱ تولید پراکنده

تولید پراکنده برق الگوی نوینی از تولید انرژی الکتریکی است که در آن، تولید انرژی الکتریکی تا حد امکان به محل مصرف آن نزدیک می‌گردد.

مولدهای مقیاس کوچک از مزیت‌های غیرقابل انکاری در تامین و تولید برق نسبت به سایر نیروگاه‌ها برخوردارند. راندمان بالا، کاهش تلفات برق، نداشتن عوارض زیست محیطی و قابلیت مدیریت مصرف توسط مصرف کننده از مزیت‌های این مولدها محسوب می‌شود. توسعه مولدهای مقیاس کوچک گره‌گشای بسیاری از مشکلات صنعت برق کشور هستند و سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند ضمن جلوگیری از میلیاردها ریال هدر رفت انرژی، مسیر توسعه پایدار کشور را نیز هموار کند.

۳,۲,۱,۱ پیک‌سای

برای تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی، این نکته قابل توجه است که شدت تابش نور خورشید در طول روز متغیر است به صورتی که بالاترین شدت تابش در ساعات ظهر اتفاق می‌افتد، بنابراین در نیروگاه‌های خورشیدی بیشترین تولید برق در زمان ظهر اتفاق می‌افتد. از طرفی در بسیاری از مناطق ایران، بیشترین مصرف بخش خانگی مربوط به استفاده از وسایل سرمایشی در طول روز است که پیک مصرف در این بخش نیز همان ساعات ظهر است. بنابراین در این مناطق بیشترین میزان تولید برق در زمانی رخ خواهد داد که بیشترین میزان مصرف برق اتفاق می‌افتد.

۳,۱,۱ ضرورت‌های زیست‌محیطی

۱,۳,۱,۱ کاهش تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی

برای توصیف عملکرد و اثر گلخانه‌ای باید موازنه انرژی بین زمین و فضا مورد مطالعه قرار گیرد. تابش‌های خورشیدی پس از عبور از فضا به جو زمین رسیده و قسمت اعظم آن توسط زمین جذب می‌شود. جذب این انرژی توسط زمین باعث گرم شدن کره زمین خواهد شد که این به نوبه خود باعث تابش امواجی از طرف زمین به فضا می‌شود. طبق قوانین فیزیکی، طول موج تابش‌های تولید شده از زمین با پرتوهای رسیده به سطح زمین متفاوت است. این بدان معناست که مثلاً اگر زمین تابش‌های مرئی را دریافت می‌کند، هنگام تابش خود پرتوهای گوناگونی تولید می‌کند که طول موج آنها با طول موج پرتوهای مرئی متفاوت است.

مشاهده شده است که زمین پس از گرم شدن، تابش‌های فرسرخ از خود منتشر می‌کند. قسمتی از این تابش‌های فرو سرخ از جو عبور کرده و قسمتی دیگر توسط گازهای گلخانه‌ای موجود در جو جذب شده و مجدداً توسط همین گازها به سطح زمین بازتابیده می‌شود. در حقیقت گازهای گلخانه‌ای که نسبت به نور مرئی شفاف بودند با تغییر طول موج پرتوها، به صورت نیمه شفاف عمل کرده و تمام تابش‌های فرسرخ بازتابیده از سطح زمین را از خود عبور نداده و مجدداً مقداری از آنها را به زمین بر می‌گردانند. گازهای گلخانه‌ای که در این پدیده دخالت می‌کنند عبارتند از:

- بخار آب (H_2O)
- دی‌اکسید کربن (CO_2)
- اکسید نیتروژن (N_2O)
- متان (CH_4)
- اُزون (O_3)
- کلروفلوئوروکربن‌ها ($CFCs^1$)
- پروفلوئوروکربن‌ها ($PFCs^2$)
- هیدروفلوئوروکربن‌ها ($HFCS^3$)

از طرفی، بنابر پروتکل مونترال^۴ از سال ۱۳۷۳ به بعد، هیدروفلوئوروکربن‌ها و پروفلوئوروکربن‌ها به عنوان جایگزین گازهای مخرب لایه اُزون^۵ مورد استفاده قرار گرفته‌اند و قبل از آن مصرف آنها در دنیا ناچیز بوده است. در مجموع گازهای گلخانه‌ای باعث باقی ماندن کسری از انرژی خورشیدی رسیده به زمین در داخل جو می‌شوند. این نقل و انتقال انرژی باعث ثابت ماندن دمای زمین در حد مناسبی می‌شود به طوری که اگر اثر گلخانه‌ای در جو زمین وجود نداشت دمای کره زمین سردتر نسبت به حال می‌شد. چنین کاهش دمایی باعث آن می‌شود که زمین غیر قابل سکونت شود. از طرف دیگر چنانچه گازهای گلخانه‌ای

¹ Chlorofluorocarbons

² perfluorocarbons

³ Hydrofluorocarbons

⁴ Montreal Protocol

⁵ ozone layer

گازهای گلخانه‌ای به هر نحو در داخل جو زیاده‌تر از حد متعارف شود، موازنه انرژی زمین به هم خورده و باعث باقی ماندن انرژی بیشتری در داخل جو زمین می‌شود. این امر گرم شدن زمین را به دنبال دارد.

۲,۳,۱,۱ کنوانسیون تغییر آب و هوا و اهداف آن

کنوانسیون تغییر آب و هوا در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی در سطحی که از آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد، تدوین گشته و از سال ۱۹۹۴ اجرایی گردید. اهم اهداف کنوانسیون و فعالیت‌های مرتبط با آن به قرار زیر است:

- تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، در سطحی که از اثرات خطرناک فعالیت‌های بشر بر سیستم اقلیم جلوگیری نماید.
- ارائه گزارش دوره ای وضعیت ملی تغییر آب و هوا به کنوانسیون.
- تهیه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و جذب توسط چاهک‌ها در کشور بصورت دوره‌ای.
- تنظیم و اجرای برنامه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.
- همکاری و توسعه روش‌های انتقال تکنولوژی برای کاهش انتشار در بخش‌های مختلف انرژی، حمل و نقل، صنعت، کشاورزی، جنگل و زایدات جامد و مایع.
- همکاری منطق‌های بین‌المللی در تهیه روش‌های تطبیق با پدیده تغییر آب و هوا و در نظر گرفتن موضوع تغییر آب و هوا در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه.

۳,۳,۱,۱ پروتکل کیوتو^۶ و پروتکل جایگزین آن

این پروتکل در سومین اجلاس اعضاء متعهدین COP^۷ مورخ ۱۱ دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتو ژاپن تصویب و به مدت یک سال جهت امضای کشورها و اعضای کنوانسیون باز گذاشته شد. از اهداف اساسی پروتکل، ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای ضمیمه ۱ (کشورهای توسعه یافته) کنوانسیون در کاهش انتشار و انتقال کمک‌های فنی و مالی به کشورهای در حال توسعه و کشورهایی که به شدت متأثر از آثار تغییر اقلیم هستند. هر یک

^۶ Kyoto Protocol

^۷ Conference of Parties III

از اعضاء ضمیمه ۱ بطور مستقل یا مشترک توسط پروتکل کیوتو متعهد شده‌اند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را حذف و یا کاهش دهند بطوریکه میزان انتشار شش گاز گلخانه‌ای کشورهای توسعه یافته در محدوده سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به ۵٪ زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. بر اساس پروتکل کیوتو، اعضای متعهد می‌توانند با اجرای پروژه‌ها در سایر کشورها، سیاست‌های کاهش انتشار را از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر نمایند.

مکانیسم‌های مختلف پروتکل کیوتو:

- مکانیسم توسعه پاک (CDM^۸)
- اجرای مشترک (JI^۹)
- تجارت آلاینده (ET^{۱۰})

کنوانسیون تغییر آب‌وهوا یک پیمان بین‌المللی محیط‌زیستی مهم است که با کوشش هزاران نفر طی بیش از ۱۰ سال گذشته شکل گرفته است تا در جهت کنترل و تثبیت انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز بررسی آسیب‌پذیری کشورهای مختلف جهان در قبال پدیده تغییر آب و هوا، چارچوب‌های لازم برای همکاری‌های بین‌المللی را فراهم آورد. اجرای کنوانسیون و پروتکل کیوتو می‌تواند نقش عمده‌ای در تحولات آتی تکنولوژی در زمینه‌های مختلف داشته باشد. این تحولات در زمینه‌های انرژی و تبدیل انرژی، فرآیندهای صنعتی، مدیریت آب و پساب‌ها، مدیریت پسماندهای جامد، روش‌های نوین کشاورزی و مدیریت دام، مدیریت جنگل‌ها و بطور کلی مدیریت کاربری زمین خواهند بود که در راستای اهداف توسعه پایدار هستند.

بخش برق، از مهمترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان است. طبق محاسبات به عمل آمده، حدود ۳۷/۵٪ انتشار کربن در سطح جهان ناشی از فعالیت‌های تولید برق است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش برق، مستلزم استفاده از الگوهای مختلف انرژی برای تولید برق است. مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از فناوری‌های مختلف برق، به انتخاب روش‌های مؤثر در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند.

^۸ Clean Development Mechanism

^۹ Joint implementation

^{۱۰} Emission Trade

در حال حاضر با توجه به انتشار گازهای گلخانه‌ای و اثرات آن بر روی گرمایش زمین و تخریب زیست بوم، استفاده از منابع سوخت فسیلی با توجه به ارزان بودن آن جهت تولید برق، میزان انتشار آلاینده‌گی زیاد می‌گردد و خطری جدی را برای زیست بوم و تغییر اقلیم ایجاد می‌کند که مناسب نمی‌باشد. به همین جهت مجامع بین‌المللی راه‌حلهایی برای کاستن از سرعت تخریب زیست بوم انسان و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی پیشنهاد کردند که در همین راستا در حوزه تولید انرژی الکتریکی به تولید برق با منابع تجدیدپذیر مانند نیروگاه برق خورشیدی، خورشیدی و... روی آوردند. اهمیت یافتن همین اثر آلوده‌کنندگی در سوخت‌های فسیلی بود که کشورهای جهان را به سمت انعقاد پیمان کیوتو سوق داد. در نتیجه‌ی این پیمان، کشورها ملزم به رعایت الزاماتی در کاهش آلاینده‌گی محیط زیست شدند. همچنین مشوق‌هایی مانند مکانیسم توسعه پاک (CDM) برای پروژه‌های دوستدار محیط زیست وضع شد.

نتایج بدست آمده از انتشار آلاینده‌ها قبل از بهره‌برداری در نیروگاه‌های خورشیدی در قبال تولید انرژی الکتریکی، آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند فقط در طول مراحل ساخت این نیروگاه‌ها از موادی مانند فولاد، بتن، آلومینیوم و غیره استفاده می‌گردد که تولید و انتقال آن‌ها نیازمند مصرف سوخت می‌باشد که خود باعث آلودگی می‌گردد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای چرخه حیات نیروگاه‌های خورشیدی ۳۰ گرم در هر کیلووات ساعت محاسبه شده است. بخش اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای در نیروگاه‌های آبی مربوط به ساخت این نیروگاه بخصوص ساخت سد آن است، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بستگی به اندازه مخزن، نوع و مقدار پوشش گیاهی مغروق در آب، نوع خاک، عمق آب و اقلیم دارد. به طور کلی انتشار گازهای گلخانه‌ای در طی چرخه عمر نیروگاه آبی حدود ۳۴ گرم در هر کیلووات ساعت است. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های قبل از بهره‌برداری نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بسیار ناچیز است.

نیروگاه بادی	نیروگاه آبی	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه گازی
۳۰ گرم در هر کیلووات ساعت	۳۴ گرم در هر کیلووات ساعت	۰	۰

جدول ۱: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای قبل از بهره‌برداری

آلاینده‌گی در حین بهره‌برداری نیروگاه‌های مختلف این را نشان می‌دهد که این گونه انتشار آلاینده فقط در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی تولید می‌گردد، میزان تولید آلاینده طبق نتایج بدست آمده از تراز نامه انرژی سال ۱۳۸۶ برای نیروگاه

سیکل ترکیبی ۴۱۳ گرم در هر کیلووات ساعت و برای نیروگاه گازی ۱۰۰۰ گرم در هر کیلووات ساعت محاسبه شده است که نتیجه می‌گیریم که استفاده از نیروگاه گازی علاوه بر مزیت‌هایی که نسبت به نیروگاه‌های دیگر دارد بیشترین تولید آلاینده را دارا می‌باشد و صدمات زیادی به زیست بوم انسان وارد می‌سازد.

نیروگاه بادی	نیروگاه آبی	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه گازی
.	.	۴۱۳ گرم در هر کیلووات ساعت	۱۰۰۰ گرم در هر کیلووات ساعت

جدول ۲: میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی بعد از بهره برداری

برای محاسبه درآمد حاصل از CDM میزان تولید CO₂ برحسب تن، را به ازای تولید یک کیلووات ساعت تولید برق از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با راندمان ۵۰٪ محاسبه می‌کنیم و سپس عدد حاصل را در قیمت یک تن CO₂ ضرب کرده و این عدد میزان درآمد حاصل از تولید نکردن CO₂ را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده طبق آمار داده شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱ میزان انتشار گاز CO₂ در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۳۸۴۹۷۲۸۸ تن در سال بوده که میزان CO₂ تولیدی به ازای تولید یک کیلووات ساعت تولید برق ۴۸۳/۱۱۶ گرم می‌باشد و قیمت یک تن CO₂ در حال حاضر ۰/۰۲۶ دلار می‌باشد. از ضرب این دو عدد و تبدیل آن به ریال عدد ۳۳۲/۸۶ بدست می‌آید که همان درآمد حاصل از CDM تعلق گرفته به ازای تولید برق خورشیدی است.

به نظر می‌آید چنانچه نیاز به بررسی جامعی در حوزه‌ی تولید الکتریسیته و در مورد برق خورشیدی در کشور باشد، در نظر گرفتن اثر تحولات زیست محیطی بر توسعه‌ی این بخش به عنوان فرصتی برای برق خورشیدی لازم است. که در طی این گزارش به بررسی آلاینده‌های قبل و بعد از بهره‌برداری در نیروگاه‌های مختلف می‌پردازد و از نتایج بدست آمده مشخص شد که برق خورشیدی با ویژگی‌هایی که دارد از طرفی می‌تواند به عنوان منبعی پاک برای تولید الکتریسیته به عنوان جایگزین مناسب سوخت‌های فسیلی استفاده گردد و از طرف دیگر می‌تواند از منافع اقتصادی حاصل از معاهدات بین‌المللی مانند پیمان کیوتو بهره‌مند شود.

لازم به ذکر است در سال‌های آتی با پایان یافتن دوره تعیین شده برای پروتکل کیوتو، پروتکل جایگزین آن به تصویب خواهد رسید و اجرایی خواهد شد. در این پروتکل که در حال تدوین پیش نویس می‌باشد، کشور ایران عضو پروتکل خواهد بود فلذا همانند سایر کشورهای عضو برای مقدار کربن دی اکسید تولیدی اضافه بر سهم خود باید مقدار جریمه آن را پرداخت کند. با در نظر داشتن این مقادیر ظاهراً قیمت برق تولیدی از انرژی خورشیدی بسیار مقرون به صرفه خواهد شد.

۴,۳,۱,۱ بحران آب در ایران

آب مایه حیات است و زندگی تمام جانداران به آن بستگی دارد با این حال ارزش واقعی آن شاید برای برخی افراد و حتی مسئولان هنوز مشخص نیست. ۷۵٪ سطح زمین را آب فراگرفته است اما ۹۸٪ این آب‌ها شور است و بیشتر آب‌های شیرین روی زمین یخ زده است. انسان و بسیاری از موجودات زنده تنها توانایی استفاده کمتر از ۱٪ این آب‌ها را دارند. از سوی دیگر میزان آب تولید شده در طبیعت تقریباً ثابت است اما جمعیت مصرف کننده آب روز به روز افزایش می‌یابد. با این وضعیت بی‌شک یکی از بزرگترین مشکلات انسان در آینده مشکل آب خواهد بود.

تحقیقات نشان می‌دهد که انسان از دو راه باعث کاهش منابع آب طبیعی می‌شود. یکی از طریق نابود کردن جنگل‌ها و پوشش گیاهی زمین که از ذخیره‌سازان آب‌های زیرزمینی به شمار می‌آیند و دیگر از طریق برداشت بی‌اندازه آب همراه با آلوده کردن منابع آبی که افزایش جمعیت می‌تواند در هر دو مورد اثر تشدید کننده داشته باشد.

با توجه به آن که کشور در حال حاضر در یک دوره خشک‌سالی قرار گرفته است و همچنین نرخ رشد اقتصادی و جمعیت در ایران، قطعاً میزان آب مورد نیاز برای مصارف صنعتی بیش از پیش خواهد شد. یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان آب در بخش صنعت، نیروگاه‌های برق هستند. به طور مثال نیروگاه شهید مفتاح همدان یکی دیگر از عوامل مهم و تاثیرگذار خشک‌سالی در استان همدان است. این نیروگاه که در سال ۷۵ افتتاح شد از نوع بخاری با برج خنک‌کننده تر و سوخت گاز طبیعی و مازوت طراحی شده و دارای ۴ واحد ۲۵۰ مگاواتی است. نیروگاه شهید مفتاح همدان سالانه بخش اعظم منابع زیرزمینی آب منطقه کبود آهنگ را می‌بلعد. در حالیکه صنایع بزرگ و کوچک باید موجب رونق و اشتغال‌زایی در منطقه شود و ضریب پایداری برق منطقه را نیز افزایش دهد، اما به دلیل بروز معضلی به نام خشک‌سالی این صنعت دشمن اصلی کشاورزی منطقه شده است.

سیستم خنک‌کن نیروگاه حرارتی شهید مفتاح همدان هم‌اکنون از نوع تر است که احتیاج به مقدار زیادی آب برای خنک کردن بخار تولیدی دارد. با توجه به خشک‌سالی‌های سال‌های اخیر، برداشت زیاد آب از سفره‌های زیرزمینی منطقه و افت شدید سطح این آب‌ها، هم‌اکنون زمین‌های اطراف نیروگاه دچار نشست شده است که این امر علاوه بر مشکلات تامین آب سیستم خنک‌کن، خطراتی را برای واحدهای در حال بهره‌برداری نیروگاه ایجاد کرده است. حتی احداث حوضچه تزریق مصنوعی با ۲۰ میلیارد ریال و ورود ۵ میلیون مترمکعب آب توسط آن به سفره‌های زیرزمینی در این نیروگاه هم کمکی به معضل بی‌آبی منطقه نکرده است.

اگر نیروگاه شهید مفتاح در سال با ظرفیت بالا کار کند حدود ۱۰ تا ۱۱ میلیون متر مکعب آب مصرف می‌کند و با حدود ۲۰ حلقه چاهی که دارد ۲٪ تا ۲/۵٪ آب منطقه را استفاده می‌کند.

یکی از بزرگترین مزایای استفاده از نیروگاه‌های فتوولتائیک برای ایران، عدم نیاز این نیروگاه‌ها به آب است. بنابراین می‌توان برق را که عامل محرک اقتصاد کشور است بدون قربانی کردن آب که عامل محرک بخش کشاورزی است تولید کرد.

۴,۱,۱ ضرورت‌های امنیتی

۱,۴,۱,۱ وجود مزیت‌های پدافند غیرعامل استفاده از این نوع انرژی

پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که به بکارگیری جنگ افزار نیاز ندارد و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری کرده یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد.

صنعت برق به واسطه جایگاه حساس در خدمات رسانی، از حوزه‌های مهم در بحران‌هاست که با اتخاذ تدابیر لازم و استفاده از ظرفیت‌های بخش آموزش باید درجهت ارتقای ایمنی آن گام برداشت. صنعت برق از شریان‌های زیربنایی کشور است و باید با شناخت بهنگام روش تهدید احتمالی و نوظهور، طرح‌های جدیدی برای مقابله داشت. همچنین صنعت برق در مواقع بحران از حساسیت‌های خاصی برخوردار است چرا که پایداری برق، امنیت و امید را به ارمغان می‌آورد.

۲,۴,۱,۱ تنوع بخشی به منابع انرژی و ارتقاء امنیت تولید و توزیع انرژی

یکی از اهداف مهم برای تمامی کشورها تنوع سبد انرژی و کاهش وابستگی به نوع خاصی از انرژی یا نقطه تأمین انرژی خاصی در جهان است. کشورهای مصرف کننده انرژی در پی تنوع بخشی به منابع تأمین انرژی خود هستند، حتی اگر این منابع به درصد کمی در نقاط متنوع قابل دستیابی باشند. کشورهای تولیدکننده و صادرکننده انرژی بخصوص انرژی‌های فسیلی نیز با نزدیک شدن به پایان عمر این منابع، در پی جایگزین کردن هر دو دسته انرژی‌های صادراتی و مورد استفاده داخلی هستند تا حداقل تبدیل به مصرف کننده عمده انرژی نگردند.

ایران هم که وابستگی شدیدی به منابع سوخت‌های فسیلی خود پیدا کرده است، باید هرچه سریع‌تر سبد انرژی خود را متنوع سازد تا در آینده با مشکل مواجه نگردد. با توجه به پتانسیل بالای ایران در انرژی خورشیدی و وضعیت خوب تابشی در بخش‌های بزرگی از ایران، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از بهترین راه‌ها برای تنوع بخشی به سبد انرژی ایران است.

۵,۱,۱ ضرورت‌های اقتصادی

۱,۵,۱,۱ توجیه‌پذیری تولید برق خورشیدی در مقایسه با سایر گزینه‌های تولید برق

سوال اولی که در ارتباط با توسعه نیروگاه‌های برق خورشیدی مطرح بوده است، این است که آیا اساساً با وجود منابع بسیار زیاد سوخت‌های فسیلی در کشور، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر توجیه علمی و فنی دارد؟

سوال دوم این است که آیا این نیروگاه‌ها علاوه بر معیار اقتصادی قیمت تمام شده برق به ازای هر کیلووات‌ساعت، از منظر دیگر معیارها از قبیل میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، امنیت تأمین انرژی، فرصت‌های کسب و کار و حجم و رشد بازار نسبت به دیگر نیروگاه‌ها چه شرایطی را دارا هستند؟

در نهایت با انجام این مطالعه مشخص گردید که توسعه نیروگاه‌های خورشیدی مانند نیروگاه‌های آبی و سیکل ترکیبی از اولویت برخوردار است. البته نتایج این مطالعه به معنای جایگزینی نیروگاه‌های خورشیدی با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و گازی نیست، بلکه بدین معنی است که در کنار توسعه سایر نیروگاه‌ها، اختصاص سهمی به نیروگاه‌های خورشیدی دارای منافع اقتصادی و غیر اقتصادی است.

۲,۵,۱,۱ مدل‌های اقتصادی ارزیابی هزینه برق

روش‌هایی که برای ارزیابی هزینه تولید انرژی به نحوه پیاده‌سازی فروض اقتصادی، اجتماعی و ارزش محیطی منابع تجدیدپذیر بستگی دارد، سوای از اینکه از چه روشی در جهت تعیین قیمت بازاری برق استفاده می‌شود (به عنوان مثال روش‌های تعادل بازار، مزایده)، ارزیابی هزینه برق جهت مطالعات امکان‌سنجی اولیه تولید برق نیز مهم است.

روش‌های سنتی محاسبه هزینه تولید برق از فاکتورهایی از قبیل هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری، ویژگی منابع و تجهیزات انتقال و محدودیت‌های دولتی و مالی استفاده می‌کنند. طی دهه‌های اخیر اهمیت هزینه‌های پنهان و یا اثرات خارجی زیست محیطی در توسعه پروژه‌های انرژی مورد توجه قرار گرفته‌اند. اگرچه نحوه کمی کردن این اثرات مورد بحث است، ولی نمی‌توان تأثیر این عوامل را در تحلیل هزینه-سود یک پروژه نادیده گرفت. به‌طور کلی سه راه جهت محاسبه هزینه چرخه عمر تولید برق وجود دارد:

الف) روش ارزش حال

ب) روش تحلیل نرخ بازگشت سرمایه

ج) روش هزینه‌های ثابت سالیانه

که در ادامه هر یک از این مدل‌ها به تفصیل مورد بحث قرار خواهند گرفت.

الف) روش ارزش حال

یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، استفاده از روش ارزش حال است. محاسبه ارزش حال در یک فرآیند مالی، تبدیل ارزش آینده کلیه دریافت‌ها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدأ پروژه است. در مقایسه اقتصادی چند پروژه اقتصادی به طریق ارزش فعلی، پروژه‌ای که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد اقتصادی‌ترین پروژه خواهد بود. اگر مبنای مقایسه ارزش فعلی هزینه‌ها باشد، یعنی فقط هزینه‌های مختلف پروژه‌ها در اختیار باشد، اقتصادی‌ترین پروژه، پروژه‌ای است که دارای کمترین ارزش فعلی هزینه‌ها باشد.

مقایسه اقتصادی پروژه‌ها از طریق ارزش فعلی بستگی به عمر مفید پروژه‌ها دارد. سه حالت مختلف برای استفاده از این روش موجود است. در روش اول طول عمر پروژه‌ها برابر در نظر گرفته می‌شود. در این حالت استفاده از روش ارزش حال قابل استفاده جهت انجام ارزیابی اقتصادی است. در حالت دوم طول عمر پروژه‌ها برابر نیستند که در این حالت جهت استفاده از روش ارزش حال می‌بایست عمر مشترکی را برای پروژه‌ها در نظر گرفت. معمولاً کوچکترین مضرب مشترک عمر پروژه‌ها به عنوان مبانی مقایسه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالت سوم نیز عمر پروژه‌ها نامحدود در نظر گرفته می‌شود.

همانطور که قبلاً بیان شد در روش ارزش حال جهت محاسبه هزینه‌ی تمام‌شده تولید برق، ارزش آتی تمام هزینه‌ها را به ارزش حال تبدیل می‌کنند. با استفاده از روش ارزش حال، معادله ۱، هزینه تمام شده پروژه تولید برق را در طی چرخه عمرش نشان می‌دهد. به طوریکه C_t هزینه‌های تولید برق، E_t میزان تولید انرژی در مدت زمان عمر مفید نیروگاه و CL نرخ تنزیل را نشان می‌دهند.

$$\text{Cost of Energy} = \frac{\sum_{t=1}^{CL} \frac{1}{(1+r)^t} C_t}{\sum_{t=1}^{CL} \frac{1}{(1+r)^t} E_t} \quad \text{معادله ۱}$$

همانطور که از این معادله مشاهده می‌شود با استفاده از نرخ تنزیل تمام هزینه‌های نیروگاه در طی چرخه عمر آن به زمان شروع به کار نیروگاه تبدیل می‌شوند، همچنین در این روش انرژی تولید شده در طی چرخه عمر نیروگاه نیز به دید هزینه و یا دارایی در نظر گرفته می‌شود و ارزش حال آن را در زمان شروع به کار نیروگاه محاسبه می‌شود. با تقسیم این دو عدد بر یکدیگر، عدد بدست آمده ارزش یک کیلووات ساعت برق را در طی دوره عمر نیروگاه نشان می‌دهد.

ب) روش تحلیل نرخ بازگشت سرمایه

یکی از روش‌های تعیین و انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه‌ها استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه است. در این روش ضابطه قبول و یا رد یک پروژه بر اساس معیاری (نرخ) به نام نرخ بازگشت سرمایه است. در حقیقت تعادل درآمدها (درآمدهای سالیانه، ارزش اسقاطی و...) سرمایه اولیه، هزینه‌های سالیانه و غیره تحت یک نرخ (البته نه همیشه یک نرخ) امکان‌پذیر است و آن نرخ، نرخ بازگشت سرمایه است.

جهت محاسبه نرخ بازگشت سرمایه از دو روش ارزش فعلی و روش یکنواخت سالیانه استفاده می‌شود. در روش ارزش فعلی، نرخ‌های که ارزش فعلی درآمدها را با ارزش فعلی هزینه‌ها برابر می‌سازد، به عنوان نرخ بازگشت سرمایه مشخص می‌شود. این تساوی تنها در یک نرخ امکان‌پذیر است و آن نرخ بازگشت سرمایه است. به عبارت دیگر در نرخ تنزیلی که خالص ارزش فعلی برابر صفر می‌شود، نرخ بازگشت سرمایه بدست می‌آید. همچنین در روش یکنواخت سالیانه، نرخ‌های که درآمدهای سالیانه را با هزینه‌های سالیانه برابر می‌سازد، به عنوان نرخ بازگشت سرمایه شناخته می‌شود.

ج) روش هزینه یکنواخت سالیانه

در روش هزینه‌های سالیانه، رویکرد مشابه روش ارزش فعلی استفاده می‌شود. در این روش درآمدها و یا هزینه‌ها به دریافت و یا پرداخت سالیانه یکنواخت تبدیل می‌شوند. این تکنیک با توجه به اطلاعات طرح، هزینه یکنواخت سالیانه و یا درآمد یکنواخت سالیانه شناخته می‌شود. یکی از مزایای این روش بر خلاف روش ارزش فعلی، این است که عمر پروژه‌ها تغییری در محاسبات نمی‌دهد و در حقیقت نیازی به تعیین عمر مشترک برای زمانی که پروژه‌ها دارای عمر نابرابرند نیست.

از هزینه یکنواخت سالیانه همچنین به عنوان هزینه تراز شده نیز تعبیر می‌شود. هزینه سالیانه تراز شده را می‌توان به این صورت تعبیر کرد؛ میزان ثابتی از عایدی سالانه که می‌تواند تمام مخارج را در چرخه عمر نیروگاه پوشش دهد. یک چنین هزینه‌ای با استفاده از هزینه‌های سالیانه در طول چرخه عمر نیروگاه محاسبه می‌شود و مخارج اولیه (طراحی، دریافت گواهینامه، نصب) مخارج عملیاتی، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های خارجی را شامل می‌شود. نرخ تنزیل معمولاً جهت محاسبه ارزش فعلی هزینه‌ها استفاده می‌شود که بر حسب درصد و به صورت سالیانه بیان می‌شود.

هزینه‌ها به دو قسمت هزینه‌های تولید برق و هزینه‌های تحمیل شده بر جامعه در حین تولید برق تقسیم‌بندی می‌شوند. در هزینه‌های تولید برق پارامترهایی از قبیل سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های سوخت در نظر گرفته می‌شود. از آنجایی که هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های سوخت به ترتیب با تورم و افزایش قیمت سوخت افزایش پیدا می‌کند، لذا می‌توان نرخ رشد افزایش آن‌ها را در محاسبات وارد کرد. هزینه‌های تعمیر و نگهداری در دو طبقه ثابت و متغیر طبقه‌بندی می‌شوند. هزینه‌ی تعمیر و نگهداری ثابت را می‌بایست سوای از تولید پرداخت کرد درحالی‌که هزینه‌های تغییر به تولید برق وابسته هستند.

در بخش دوم هزینه تراز شده تولید برق، هزینه تحمیل شده بر جامعه قرار دارد که شامل اثرات خارجی توسط نیروگاه‌های سوخت فسیلی تولید برق است. به عنوان مثال هزینه خسارت حاصل از انتشار CO اثر قابل توجهی بر هزینه تراز شده تولید برق این نیروگاه‌ها دارد ولی بر هزینه تولید برق نیروگاه‌های خورشیدی اثری ندارد. با در نظر گرفتن این فاکتورها معادله نهایی هزینه تولید برق را می‌توان به صورت زیر نوشت.

معادله ۲:

$$\text{LCOE} = \left[\frac{20\% \times \text{FCR} \times \text{TPC}(1+r)^{\text{CL}} + 80\% \times \text{Loan}}{\text{HY} \times \text{CF}} \right] + \left[\text{LF} \times \left(\frac{\text{FOM}}{\text{HY} \times \text{CF}} + \text{VOM} \right) \right] + [\text{LF} \times \text{FC} \times \text{HR}] + \text{XC}$$

به طوری که ضریب تراز شده LF به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{LF} = \frac{r(1+r)^{\text{PL}}}{(1+r)^{\text{PL}} - 1} \times \frac{1+e}{r-e} \times \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{\text{PL}} \right] \quad \text{معادله ۳:}$$

از آنجایی که LCOE معیار اندازه‌گیری تولید برق در چرخه عمر نیروگاه است، لذا می‌بایست تمام هزینه‌ها را در محاسبه هزینه نهایی وارد کرد. جهت محاسبه این پارامترها به اطلاعاتی از قبیل پارامترهای عملیاتی نیروگاه، هزینه ساخت و اجرای نیروگاه، پارامترهای بازار انرژی و پارامترهای کلان اقتصادی نیاز است. در جدول ۳ لیست متغیرهای استفاده شده در معادله ۲ ارائه شده است.

متغیر	واحد اندازه‌گیری	نام	
CF	درصد	Capacity Factor	ضریب ظرفیت
e	درصد	Escalation Rate	ضریب تعدیل
FC	ریال/MMBTu	Fuel Cost	هزینه سوخت
FCR	درصد	Fixed Charge Rate	نرخ ثابت هزینه‌ها
FOM	kW/سال/ریال	Fixed O&M Cost	هزینه‌های ثابت تعمیر و نگهداری
HR	MMBTu/kWh	Heat Rate	نرخ گرما
HY	ساعت	Hours per Year	تعداد ساعات دسترسی در سال
LCOE	ریال/kWh	Levelized Cost of Energy	هزینه تراز شده انرژی
LF	درصد	Levelization Factor	ضریب تراز شده
TPC	ریال/kW	Total Plant Cost	کل هزینه اولیه نیروگاه
PL	سال	Plant Life	طول عمر نیروگاه
r	درصد	Discount Rate	نرخ تنزیل
VOM	ریال/kWh	Total Variable O&M Cost	کل هزینه تعمیر و نگهداری متغیر
XC	ریال/kWh	External Cost	هزینه اثرات خارجی
CL	سال	Construction Life	مدت زمان ساخت نیروگاه

جدول ۳: تعریف پارامترهای معادله هزینه تراز شده

همانطور که در بررسی روش نرخ بازگشت سرمایه بیان شد، این روش در تحلیل‌های مالی و تصمیم‌گیری به ورود یا عدم ورود به سرمایه‌گذاری در پروژه استفاده می‌شود، به طوریکه این روش نرخ بازگشتی که سرمایه‌گذار حاضر به سرمایه‌گذاری در پروژه است را معین می‌کند. از آنجاییکه هدف این گزارش بدست آوردن هزینه‌ی تمام شده برق نیروگاهی است، استفاده از این روش کمک چندانی به پرداختن به این موضوع نمی‌کند. همچنین در مدل ارزش حال، جهت مقایسه پروژه‌ها می‌بایست عمر مشترکی را برای پروژه‌ها در نظر گرفت. با توجه به متغیر بودن طول عمر نیروگاه‌ها، و جهت ارزیابی اقتصادی هزینه‌ی

تمام شده برق نیروگاه‌های مختلف در طی چرخه عمر استفاده از این روش توصیه نمی‌شود، لذا با توجه این شرایط، در این گزارش از روش هزینه‌ی یکنواخت سالیانه به عنوان روش مورد استفاده در تحلیل اقتصادی پروژه‌های نیروگاهی استفاده شده است.

۳,۵,۱,۱ هزینه یکنواخت سالیانه

الف) تعریف مفاهیم

در طی انجام ارزیابی و مقایسه‌ی اقتصادی بین گزینه‌های مختلف تولید برق از مفاهیمی مانند ضریب ظرفیت، تعداد ساعات دسترسی در سال، نرخ گرمایی، هزینه اقتصادی و مالی استفاده می‌شود که لازم است در ابتدا تعریفی از این مفاهیم بیان گردد. در ادامه تعریف مختصری از هر کدام از این مفاهیم بیان می‌گردد.

- **ضریب ظرفیت:** نسبت تولید واقعی یک نیروگاه تحت دوره زمانی خاص به تولیدی که نیروگاه در ظرفیت تولید اسمی تحت آن دوره انجام می‌دهد. در نیروگاه‌های سوخت فسیلی از واژه ضریب بهره‌برداری به جای ضریب ظرفیت استفاده می‌شود. جهت تعریف ضریب بهره‌برداری لازم است که تعریفی از تولید ناویژه نیروگاه ارائه گردد.
- **تولید ناویژه:** جمع انرژی تولیدی مولدهای برق یک نیروگاه که در طی یک دوره زمانی معین (مثلاً یکساله) روی پایانه خروجی مولدها بر حسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت اندازه‌گیری می‌شود.
- **مصرف داخلی نیروگاه:** جمع مصارف داخلی نیروگاه که مستقیماً در تولید نقش دارند (در طی یک دوره زمانی مشخص بر حسب کیلووات ساعت).
- **تولید ویژه نیروگاه:** تفاضل کل انرژی تولیدی ناویژه واحدها و مصرف داخلی نیروگاه بر حسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت است.
- **ضریب بهره‌برداری نیروگاه:** نسبت کل انرژی تولید شده در یک نیروگاه طی یک دوره مشخص (عموماً یک

انرژی تولیدی ناویژه

درصد ضریب بهره‌برداری نیروگاه = $\frac{\text{انرژی تولیدی ناویژه}}{100 \times \text{قدرت عملی}}$

قدرت عملی $\times 8760$

دوره یکساله) به حاصل ضرب قدرت عملی نیروگاه و طول زمان دوره مربوط به ساعت.

معادله ۴:

- **ضریب دسترسی نیروگاه:** حاصل تقسیم میزان ساعاتی از یک دوره زمانی معین که نیروگاه می‌تواند برق تولید کند بر تعداد کل ساعات در طی آن دوره زمانی.
- **هزینه اقتصادی:** میزان واقعی هزینه‌های تولید بر اساس هزینه فرصت تولید برق.
- **هزینه مالی:** میزان هزینه‌ی تولید برق بر اساس هزینه‌های دفتری تولید برق.
- **نرخ گرمایی:** میزان انرژی مورد نیاز جهت تولید یک کیلووات ساعت برق.

ب) داده‌ها و فرضیات

در قسمت قبل به تشریح مدل مورد استفاده در این گزارش پرداخته شد. از مدل هزینه‌ی یکنواخت سالیانه جهت ارزیابی هزینه‌های تمام‌شده اقتصادی نیروگاه‌های گازی کوچک، گازی بزرگ، بخاری، سیکل ترکیبی، آبی و خورشیدی استفاده می‌شود. آمار و داده‌های نیروگاه‌های سوخت فسیلی ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱ استخراج شده است.

ج) هزینه سرمایه‌گذاری اولیه

هزینه سرمایه‌گذاری اولیه از عواملی از قبیل هزینه ساخت نیروگاه، هزینه استهلاک، وام پرداختی، زمان مورد نیاز جهت ساخت نیروگاه و نرخ تنزیل تشکیل شده است. از آنجایی که طول عمر ساخت نیروگاه‌ها با یکدیگر برابر نیست، ارزش آتی سرمایه‌گذاری اولیه در انتهای دوره ساخت نیروگاه به عنوان هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه در نظر گرفته شده است. رابطه ۵ نحوه محاسبه این هزینه را نشان می‌دهد. در این معادله CL مدت زمان ساخت نیروگاه را نشان می‌دهد و TPC_{CL} و TPC_0 به ترتیب ارزش هزینه سرمایه‌گذاری در انتها و ابتدای دوره ساخت را نشان می‌دهند.

$$TPC_{CL} = TPC_0 \times (1 + r)^{CL} \quad \text{معادله ۵:}$$

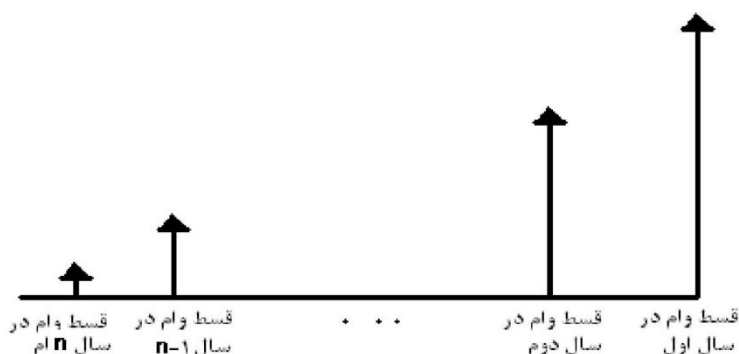
یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار بر هزینه سالیانه سرمایه‌گذاری اولیه، نرخ استهلاک سرمایه‌گذاری اولیه است. روش‌های گوناگونی جهت محاسبه نرخ استهلاک وجود دارد. انتخاب هر روش استهلاک بستگی به قوانین و سیاست‌های مالی هر کشور

دارد. از آنجایی که در ایران از روش خط مستقیم برای اندازه‌گیری نرخ استهلاک استفاده می‌شود، در این گزارش نیز از این روش جهت محاسبه نرخ اسقاطی سرمایه‌گذاری اولیه استفاده شده است. روش خط مستقیم ساده‌ترین و شاید متداول‌ترین روش محاسبه استهلاک است. در این روش مقدار استهلاک سالیانه ثابت است و از رابطه ۶ حاصل می‌شود.

$$D = \frac{P-SV}{PL} \quad \text{معادله ۶:}$$

به‌طوریکه D مقدار استهلاک سالیانه P هزینه اولیه دارائی SV ارزش دارایی در انتهای چرخه عمر دارائی و PL عمر استهلاک دارائی (طول عمر نیروگاه) است. در این گزارش فرض شده است که ارزش دارائی در انتهای عمر نیروگاه صفر است.

از دیگر اجزای تأثیرگذار بر هزینه سالیانه سرمایه‌گذاری اولیه، قسط وام نیروگاه است. سود وام با توجه به میزان بازپرداخت سالیانه از اصل پول، متغیر است به‌طوریکه با افزایش تعداد سال‌های پرداخت، از سود پرداخت شده کاسته می‌شود. شکل ۳ روند پرداخت سود وام را در طی چرخه عمر نیروگاه نشان می‌دهد. در این گزارش همچنین فرض شده است که نیروگاه ۸۰٪ از هزینه سرمایه‌گذاری اولیه خود را از طریق وام تأمین می‌کند. جهت محاسبه سود وام سالیانه، بایستی اصل وام بانکی سالیانه محاسبه شود. جهت محاسبه اصل وام بانکی سالیانه کافی است سود وام سالیانه از قسط ثابت سالیانه سود وام حذف شود. رابطه ۷ نحوه محاسبه سود وام سالیانه و اصل وام بانکی سالیانه را نشان می‌دهد.



شکل ۳: روند پرداخت سود وام در طی چرخه عمر نیروگاه

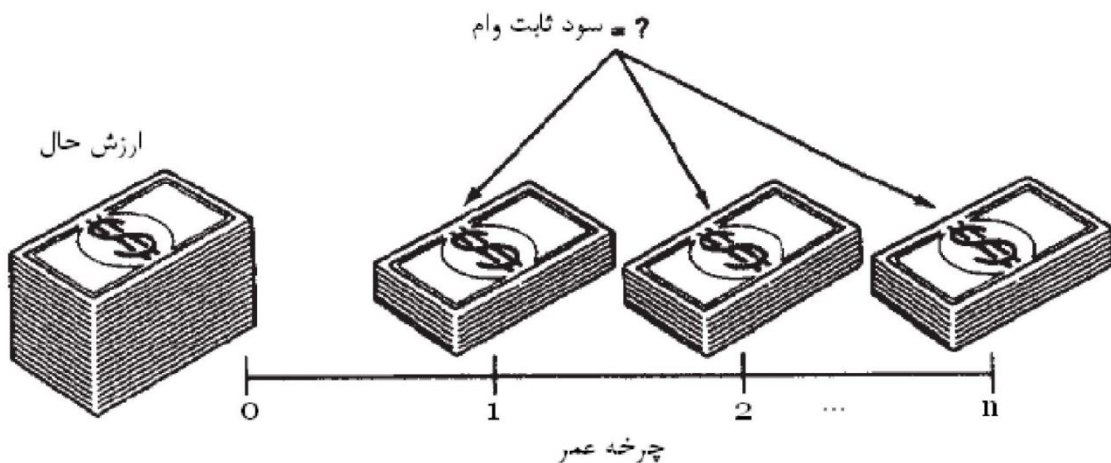
معادله ۷: نرخ بهره سالیانه \times کل بدهی در ابتدای سال = سود سالیانه

$$\text{سود سالیانه} = \frac{(1+TL) \times i \times (1+i)^{PB}}{(1+i)^{PB} - 1} = \text{اصل وام بانکی در سال}$$

که در آن TL کل بدهی اولیه، I نرخ بهره سالانه، PB تعداد بازپرداخت وام را نشان می‌دهد. از آنجایی که سالیانه میزان متفاوتی از سود وام پرداخت می‌شود، لذا جهت محاسبه هزینه ثابت سالیانه سود وام بانکی کافی است ارزش حال جریان نقدی سود وام را در طی دوره پرداخت محاسبه کنیم و سپس این مقدار را به پرداخت‌های مساوی در طی چرخه عمر نیروگاه تقسیم کنیم. رابطه ۸ ارزش فعلی سود وام را نشان می‌دهد.

$$P = \sum_{t=1}^{PL} \frac{L_t}{(1+r)^t} \quad \text{معادله ۸:}$$

که در آن L_t میزان پرداخت سود وام در سال t ام، PL طول عمر نیروگاه و r نرخ تنزیل است. پس از محاسبه ارزش حال جریان سود وام بانکی در دوره عمر، کافی است ارزش حال محاسبه شده را در طی دوره عمر نیروگاه به میزان مساوی پخش شود (شکل ۴ را ببینید).



شکل ۴: تقسیم ارزش حال محاسبه شده در طی دوره عمر نیروگاه به میزان مساوی

همانطور که از شکل ۴ پیداست جهت محاسبه میزان برابری از سود سالیانه بایستی ارزش حال را در یک ضریب تراز شده ضرب نمود تا مقدار وام سالیانه محاسبه شود. از این ضریب به نام ضریب بازگشت سرمایه یاد می‌شود. رابطه ۹ میزان وام ثابت را با استفاده از ضریب بازگشت سرمایه نشان می‌دهد. که در آن PL طول عمر نیروگاه، r نرخ تنزیل و P ارزش حال جریان سود وام در طی چرخه عمر نیروگاه است.

$$\text{میزان ثابت سود سالیانه وام} = P \times \left[\frac{r(1+r)^{PL}}{(1+r)^{PL}-1} \right] \quad \text{معادله ۹:}$$

۱,۱,۵,۴ هزینه سوخت

اطلاعات نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که حدود ۶۳/۴٪ از انرژی مصرفی نیروگاه‌های کشور از طریق گاز تامین شده است، این در حالی است که سهم گازوئیل و نفت کوره در ترکیب سبد تامین انرژی نیروگاه‌ها به ترتیب ۱۱/۹٪ و ۲۴/۵٪ است. جدول ۴ سهم گاز، گازوئیل و نفت کوره را در هر یک از نیروگاه‌ها نشان می‌دهد.

نوع نیروگاه	گاز	گازوئیل	نفت کوره
گازی	۴۱/۱	۵۰/۷	-
بخاری	۲۱	۲/۳	۱۰۰
سیکل ترکیبی	۳۷/۹	۴۶/۸	-
دیزلی	۰	۰/۲	-

جدول ۴: سهم گاز، گازوئیل و نفت کوره در هر یک از نیروگاه‌های گازی و بخاری

(۳)

نوسان در قیمت سوخت باعث ایجاد نوسان در هزینه‌های تولید برق در طی چرخه عمر نیروگاه می‌گردد. از آنجایی که استفاده از پیش‌بینی قیمت سوخت (گاز، گازوئیل و نفت کوره) باعث ایجاد نوسان و عدم قطعیت در نتایج می‌گردد، با شرایط قیمت سوخت در کشور، لازم است به قانون هدفمندکردن یارانه‌ها توجه ویژه شود. با توجه به اجرای طرح تحول اقتصادی و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی، هزینه سوخت مصرفی نیروگاه‌های کشور را بر اساس قیمت مصوب این آئین‌نامه محاسبه گردد. در این جا لازم است که به بعضی از مواد این لایحه اشاره مختصری گردد.

الف) قانون هدفمندکردن یارانه‌ها

ماده ۱- دولت مکلف است با رعایت این قانون قیمت حامل‌های انرژی را اصلاح کند:

- قیمت فروش داخلی بنزین، نفت‌گاز، نفت کوره، نفت سفید، گاز مایع و سایر مشتقات نفت با لحاظ کیفیت حامل‌ها و با احتساب هزینه‌های مرتب (شامل حمل و نقل، توزیع، مالیات و عوارض قانونی) به تدریج تا پایان برنامه پنج ساله پنجم

توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران کمتر از نود درصد (۹۰٪) قیمت تحویلی روی کشتی (فوب) در خلیج فارس نباشد.

تبصره- قیمت فروش نفت خام و میعانات گازی به پالایشگاه‌های داخلی نودوپنج درصد (۹۵٪) قیمت تحویلی روی کشتی (فوب) خلیج فارس تعیین می‌شود و قیمت خرید فرآورده‌ها متناسب با قیمت مذکور تعیین می‌گردد.

- میانگین قیمت فروش داخلی گاز طبیعی به گونه ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، معادل حداقل هفتادوپنج درصد (۷۵٪) متوسط قیمت گاز طبیعی صادراتی پس از کسر هزینه‌های انتقال، مالیات و عوارض شود.
- میانگین قیمت فروش داخلی برق به گونه‌ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه‌ی پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران معادل قیمت تمام‌شده آن باشد. تبصره- قیمت تمام شده برق، مجموع هزینه‌های تبدیل انرژی، انتقال، توزیع و هزینه‌ی سوخت با بازده حداقل سی و هشت درصد (۳۸٪) نیروگاه‌های کشور و رعایت استانداردها محاسبه می‌شود و هر ساله حداقل یک درصد (۱٪) به بازده نیروگاه‌های کشور افزوده شود، به طوری که تا پنج‌سال از زمان اجرای این قانون به بازده چهل و پنج درصد (۴۵٪) برسد و همچنین تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به چهارده درصد (۱۴٪) کاهش یابد.

ب) سناریوهای قیمت سوخت

از آنجایی که در حال حاضر صادرات گاز ایران فقط به ترکیه صورت می‌پذیرد و با توجه به قانون هدفمندکردن یارانه‌ها، در این سناریو قیمت گاز تحویلی به نیروگاه‌ها مصوب طرح تحول اقتصادی و معادل هفتادوپنج درصد (۷۵٪) قیمت گاز صادراتی به ترکیه در نظر گرفته شده است. قیمت فعلی گاز صادراتی به ترکیه ۳۳ سنت دلار در هر متر مکعب و با فرض نرخ ارز ۲۶۵۰۰ ریال، قیمت گاز در این سناریو ۶۵۵۹ ریال در هر متر مکعب محاسبه می‌شود. قیمت نفت گاز و نفت کوره نیز بر طبق قیمت مصوب دولت در طرح هدفمندکردن یارانه‌ها یعنی حداقل نود درصد (۹۰٪) قیمت تحویلی روی کشتی (فوب) در خلیج فارس در نظر گرفته شده است. قیمت نفت گاز ۱۸۰۳۸ ریال در هر لیتر و قیمت نفت کوره ۱۳۰۰۹ ریال در هر لیتر بدست می‌آید.

۱,۱,۵,۵ راندمان نیروگاه‌ها کشور

از آنجایی که در محاسبات هزینه‌ی تمام شده از نرخ گرمایی استفاده شده است، لذا در جهت محاسبه این هزینه به جای راندمان از نرخ گرمایی استفاده می‌شود. جهت محاسبه این نرخ کل انرژی مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان تولید برق نیروگاه در سال تقسیم می‌شود و نتیجه نهایی بر حسب 11 MMBTu در کیلووات ساعت بیان می‌شود. در سال ۱۳۹۱، نرخ گرمایی برای نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی به ترتیب برابر 0.000705 و 0.000643 MMBTu در هر کیلووات ساعت برق بوده است. (۴)

هزینه‌ی سوخت مصرفی بر حسب واحد ریال در هر MMBTu و در سناریوهای مختلف قیمت گاز در جدول زیر ارائه شده است. همچنین در محاسبه هزینه‌ی نهایی سوخت فرض شده است که افزایش نرخ ارز در طول عمر نیروگاه صفر است و همچنین نرخ ارز دلار ۲۶۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. با ثابت نگه داشتن قیمت گاز و سناریو کردن این فاکتور از نوسانات قیمت سوخت نیز در طی دوره عمر نیروگاه صرف نظر شده است.

	Power Generator	CC	Wind	Nuclear	Photovoltaic	Solar Thermal
FCR	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
TPC	800	2880	1580	3500	2690	5150
r	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CL	2	4	2.5	5	1.5	3
loan						
HY	7800	7800	8322	5000	2200	2200
CF	0.85	0.9	0.24	0.85	0.2	0.39
PL	40	40	40	20	25	25
e	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
LF	1.170084	1.17	1.17	1.1513	1.1608	1.1608
FOM	0.00162	0.0035	0.00324	0.01027	0.00301	0.0074

¹¹ one million British Thermal

	Power Generator	CC	Wind	Nuclear	Photovoltaic	Solar Thermal
VOM	0.028	0.115	0.04	0.14	0.027	0.205
FC	0.17	0.17	0	0	0	0
HR	0.0007	0.00064	0	0	0	0
XC	0	0	0	0	0	0
LCOE	0.0335	0.13813	0.0471	0.1686	0.0329	0.2458

جدول ۵: هزینه‌ی سوخت مصرفی بر حسب واحد ریال در هر MMBTU و در سناریوهای مختلف

۱,۱,۵,۶ هزینه‌های تعمیر و نگهداری

یکی از معیارهای تأثیرگذار بر هزینه‌ی تمام شده برق، هزینه‌ی تعمیر و نگهداری است که به دو قسمت هزینه تعمیر و نگهداری ثابت و متغیر تقسیم‌بندی می‌شود. از پارامترهای تأثیرگذار بر این هزینه، شاخص قیمت خرده‌فروشی یا همان نرخ تورم است. با توجه به عدم امکان پیش‌بینی صحیحی از نرخ تورم در طی چرخه عمر نیروگاه و همچنین انجام مقایسه اقتصادی بین هزینه‌ی تمام شده چند نیروگاه فرض شده است که تورم در طی دوره عمر نیروگاه صفر است و از تأثیر این عامل در هزینه‌های تعمیر و نگهداری چشم‌پوشی شده است. معمولاً هزینه‌های تعمیرات و نگهداری شامل موارد زیر است:

شامل هزینه‌های بیمه، تعمیرات منظم پیشگیرانه، تعمیرات اتفاقی، قطعات یدکی و هزینه اداره نیروگاه است. هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در نیروگاه‌های خورشیدی در خاورمیانه بر اساس گزارش IEM^{۱۲} حدود ۰/۰۰۳۰۱۴ دلار برای فتوولتائیک و ۰/۰۰۷۴۰۷ دلار برای حرارتی به ازای هر کیلووات می‌باشد.

۱,۱,۵,۷ هزینه انتشار آلاینده‌ها

از دلایل انتخاب نوع روش تولید برق، علاوه بر معیارهای اقتصادی، عوامل جغرافیایی، اقلیمی و زیست محیطی نیز وجود دارد. با توجه به وضعیت زیست محیطی جهانی و اثرات قابل توجه بخش انرژی بر آن، گرایش عمومی به سمت کاربرد روش‌هایی با کارایی بالاتر و تولید برق با آلودگی کمتر است. در کشورهایی که دارای منابع سوخت فسیلی هستند، هنوز استفاده از انرژی فسیلی برای تولید برق در غالب موارد ارزانه‌تر از سایر روش‌هاست. در این قسمت سعی بر آن است تا به بررسی اثرات زیست

¹² Institute of Engineering and Management

محیطی نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور پرداخته شود. در ادامه به بررسی اثرات خارجی و نحوه محاسبه این اثرات پرداخته می‌شود. در انتها نیز نتایج اثرات خارجی برای نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی ارائه می‌گردد.

۸,۵,۱,۱ اثرات خارجی

در مدل تعادل عمومی، بنگاه‌ها از طریق مکانیزم قیمت‌ها بر فعالیت و رفتار یکدیگر تأثیر می‌گذارند. زمانی که اقدامات یک بنگاه از طریق جز قیمت‌ها بر منفعت، هزینه و به طور کلی رفاه جامعه تأثیر گذارد، در این صورت گویند پیامدهای خارجی وجود دارد. این تأثیر می‌تواند مثبت (منفعت خارجی) یا منفی (هزینه خارجی) باشد. مفهوم هزینه اجتماعی را می‌توان بدین صورت تعبیر کرد؛ یک بنگاه تولید که به تولید محصولی مشغول است، همه هزینه‌ها و منافع حاصل از فعالیت خود را الزاماً جذب نمی‌کند. آن بخش از هزینه‌ها را که بنگاه تولیدی خود پرداخت می‌کند، هزینه‌های خصوصی و هزینه‌هایی را که به محیط خارج از خود تحمیل می‌کند، اما بابت آن مبلغی پرداخت نمی‌کند را هزینه‌های خارجی گویند. مقدار هزینه‌های ریالی ناشی از اثرات خارجی منفی اصطلاحاً میزان تخریب نامیده می‌شود. به عبارتی دیگر، به مجموع پولی که بتواند لطمات ناشی از انتشار مواد آلاینده را جبران و محو نماید، تخریب گفته می‌شود.

برای برخورداری از کارایی اقتصادی، بهینگی پارتو لازم است. در شرایطی که اثرات خارجی وجود داشته باشد، شرط بهینگی پارتو، برابری ارزش اجتماعی نهایی با هزینه اجتماعی نهایی است. از نظر مصرف کنندگان برای کارایی اقتصادی، لازم است میل نهایی افراد برای پرداخت بابت مصرف کالاها و خدمات با هزینه اجتماعی نهایی تولید آن برابر باشد. مشخص کردن هزینه‌های اجتماعی وسیله‌ای است تا بتوان با توجه به رفاه اجتماعی از میان طرح‌های مختلف، اقتصادی‌ترین طرح‌ها را انتخاب نمود. در ارزیابی طرح‌ها، علاوه بر محاسبه هزینه‌ها و منافع خصوصی، باید اثرات خارجی را نیز به حساب آورد. باید به جای قیمت‌های دفتری و حسابداری از هزینه فرصت‌ها استفاده کرد زیرا در غیر این صورت، نظام اقتصادی به جای علائم صحیح برای تصمیم‌گیری درست، علائم غلط را دریافت کرده و بر مبنای آن، به جای پروژه‌های ملی اقتصادی و با منفعت اجتماعی، پروژه‌های غیر اقتصادی را انتخاب خواهد کرد.

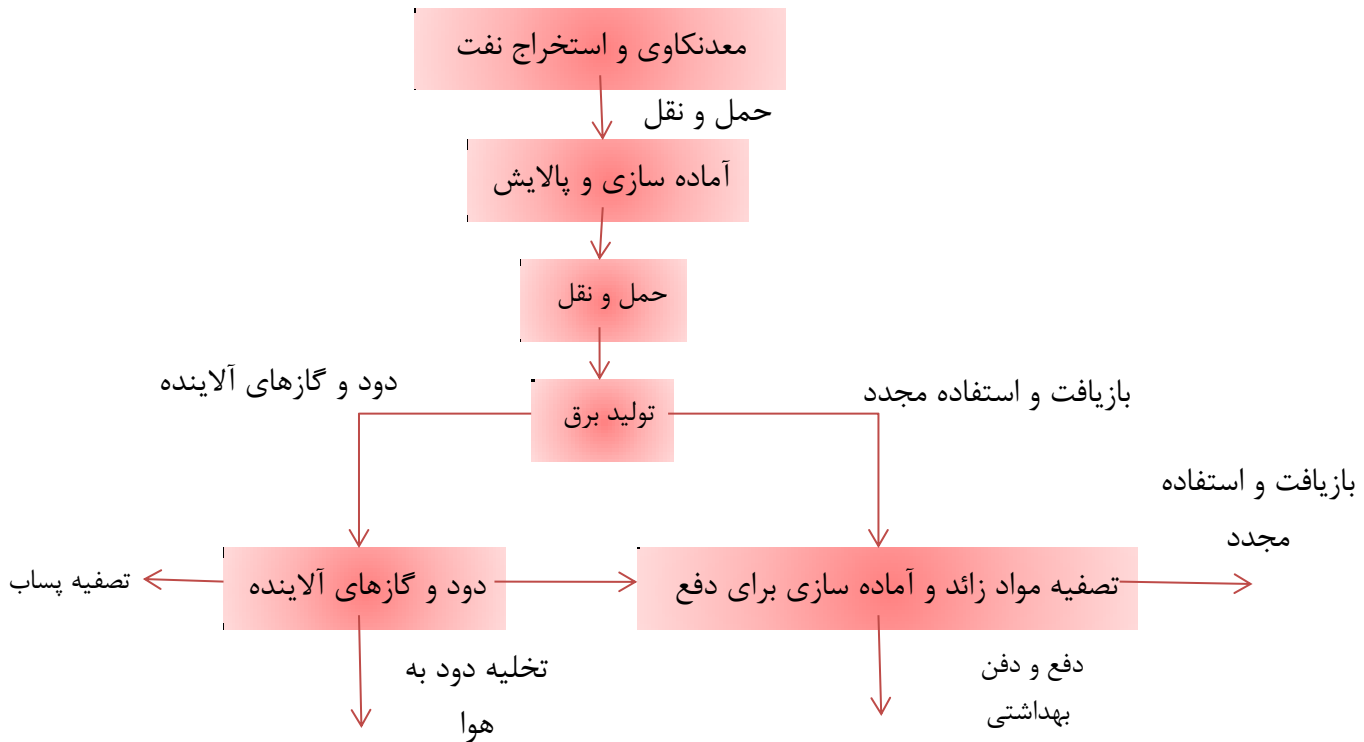
الف) مدل‌های محاسبه هزینه‌های تولید برق از سوخت‌های فسیلی

در سال‌های اخیر ارزیابی و کمی ساختن هزینه‌های خارجی حاصل از مصرف انرژی توجه زیادی را به خود معطوف ساخته است، چون بسیاری از تخریب‌های زیست‌محیطی نتیجه استفاده از انرژی‌های با سوخت فسیلی بوده است. تا زمانیکه هزینه‌های خارجی در قیمت‌های انرژی وارد نشود، مکانیزم بازار هرگز به ساختار بهینه‌ای از سیستم انرژی یعنی سیستمی با حداقل هزینه‌ها نخواهد رسید.

تحقیقات زیادی در مورد چگونگی کمی کردن هزینه‌های خارجی و نحوه محاسبه این گونه هزینه‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری در بخش انرژی انجام شده است. بیشتر این تحقیقات از جنبه تأثیر هزینه‌های خارجی بر روی عرضه انرژی، به ویژه عرضه برق انجام شده است. از علل توجه بیشتر به موضوع کمی کردن مسایل زیست محیطی در بخش برق را می‌توان به وجود انعطاف بسیار زیاد در انتخاب میان وسایل متنوع برای تولید برق در نتیجه امکان تعیین نوع و مقدار هزینه‌های خارجی اشاره کرد.

در زمان ارزیابی هزینه‌های خارجی باید مجموع هزینه‌ها را در مراحل مختلف استخراج، تولید و توزیع انرژی تا تحویل آن به مشتری محاسبه نمود و جزء هزینه‌های کل به حساب آورد. هزینه‌های خارجی شامل خسارت ناشی از انتشار مواد مضر و آلاینده‌های مخرب محیط زیست می‌شوند. از آن جایی که تولید برق در نیروگاه‌های سوخت فسیلی بر مبنای احتراق صورت می‌پذیرد، بنابراین نوع سوخت و نیز روش تولید برق در مسایل زیست محیطی دارای اهمیت است. به طور کلی، مسائل زیست محیطی در کلیه مراحل مربوط به استخراج زغال سنگ، نفت و یا گاز، حمل و نقل سوخت‌ها، آماده سازی و پالایش آن‌ها، تولید برق و از بین بردن زائدات وجود دارد. شکل ۵ مراحل اساسی چرخه سوخت فسیلی در تولید برق را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل و مطالب ذکرشده، می‌توان تخریب‌های زیست‌محیطی نیروگاه‌های تولید برق را در چهار مرحله زیر مورد توجه قرار داد؛

- تهیه سوخت و فرآوری آن (اکتشاف و استخراج، تولید و تصفیه سوخت)
- حمل و نقل و ذخیره سوخت
- تولید (ساخت، اجرا و انتقال)
- از بین بردن زائدات، پخش زباله و آلودگی هوا



شکل ۵: مراحل اساسی چرخه های سوخت فسیلی برای تولید برق

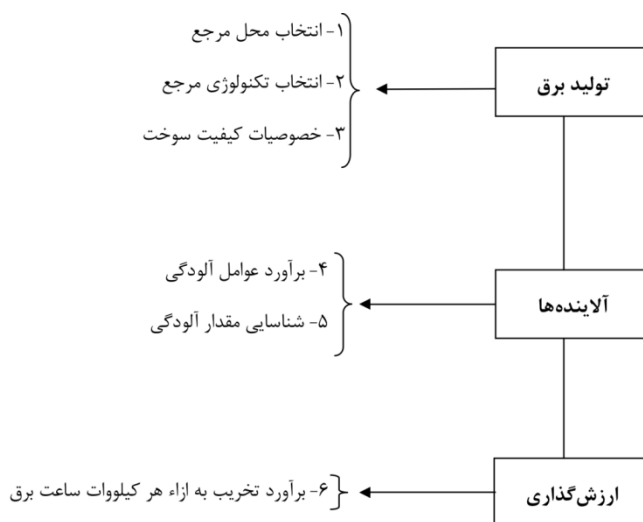
قبل از اینکه اثرات خارجی برای یک نیروگاه تولید برق محاسبه گردد، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- پیامدهای خارجی را نمی‌توان بدون در نظر گرفتن نوع تکنولوژی نیروگاه تولید برق و طراحی آن و فرض‌های مربوط به مکان آن محاسبه کرد.
- با توجه به نکته اول، بهتر است برای محاسبه اثرات خارجی تا آنجا که ممکن و مقدور است مطالعات ویژه مربوط به همان نیروگاهی که مورد نظر است صورت پذیرد، بدین معنا که مشخص شود نیروگاهی که در آن مکان تأسیس شده است بر شرایط محیطی آن محل دقیقاً چه تأثیری می‌گذارد.
- تأثیر اثرات خارجی بسیار متفاوت است. تأثیراتی که بر هوا، آب، محصولات کشاورزی، سلامت انسان و نظایر آن می‌گذارد. هرچه تعداد جمعیت نزدیک به نیروگاه بیشتر باشد تأثیرات منفی نیروگاه در سلامت انسان بیشتر است.
- محاسبه اثرات CO₂ و گازهای اسیدی بسیار مشکل است، زیرا گازهای سمی نه فقط بر آن مکان خاص بلکه بر کل منطقه و کل جهان تأثیر می‌گذارد.

در محاسبه اثرات خارجی یک نیروگاه باید مراحل زیر را انجام داد:

- شناسایی دقیق اثرات خارجی منفی ناشی از نیروگاه (ساخت و بهره برداری)- شکل ۵ اثرات خارجی ناشی از تولید برق را در نیروگاه‌های سوخت فسیلی به خوبی نشان می‌دهد.
- محاسبه کمیت و کیفیت هر یک از مواد مضر و آلاینده‌های ناشی از نیروگاه.
- محاسبه ریالی پیامدهای خارجی مشخص شده در بند بالا.

شکل ۶ مسیر محاسبه پیامدهای خارجی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی محاسبه هزینه‌های خارجی منجر به این می‌شود که اولاً هزینه واقعی تولید برق از طریق یک نیروگاه را که جامعه متحمل می‌شود بتوان محاسبه کرد و در انتخاب نیروگاه مناسب راهنمای درستی بدست آورد. ثانیاً محاسبه هزینه‌های خارجی منجر به وضع مالیات‌هایی می‌شود که اینگونه مالیات‌ها می‌توانند در کاهش آلودگی‌ها و نیز بهبود تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین انجام تحقیقات بیشتر برای بهبود تکنولوژی به منظور استفاده بهتر از سوخت بکار روند.



شکل ۶: گام‌های محاسبه اثرات خارجی یک نیروگاه

ب) روش‌های موجود برای کمی کردن اثرات خارجی

کمی کردن اثرات خارجی با استفاده از روش برآورد یک تابع تخریب صورت می‌پذیرد. برای همه اثرات خارجی، اطلاعات علمی کافی در مورد تحلیل مشروح وجود ندارد. برای کمی کردن اثرات خارجی حداقل سه روش وجود دارد.

• روش عمومی

این روش توابع خاصی را برای تأثیرات فیزیکی و تخریب‌های اقتصادی با توجه به مقدار خسارات محیطی، شرایط قبلی محیط و دیگر عوامل ذی‌ربط به کار می‌برد. با اطلاعات خاص از منبع تولید برق، اینگونه توابع می‌توانند برای سایر کاربردها به کار روند، به طوریکه می‌توان در بررسی آلودگی‌ها از این تابع استفاده کرد.

• مطالعه موردی

مطالعه موردی می‌تواند برای تعیین خسارت به کار رود. نتایج مطالعه موردی برای برآورد میزان اثرات خارجی برای موارد مشابه می‌تواند به کار رود. دقت نتایج به مکان نیروگاه و سایر کاربری‌های نیروگاه بستگی دارد.

• تحلیل حاشیه‌ای

این روش، از اطلاعات موجود درباره تخریب محیط زیست یا فرض‌های قابل دفاعی که می‌تواند منجر به حداکثر تخریب مورد انتظار شود استفاده می‌کند. محقق در این روش، بررسی خود را برای محاسبه تخریب بالقوه با درجات مختلف انجام می‌دهد، سپس از تحلیل‌های حاشیه‌ای برای محاسبه تأثیر بر محیط‌زیست استفاده می‌کند. روش برآورد تابع تخریب روش مناسب و قابل انعطاف برای محاسبه اثرات خارجی است.

مروری بر مطالعات گذشته

به‌طور مشخص اطلاعات کمی دقیقی راجع به مقدار آلودگی هوای انتشار یافته از یک منبع مصرف‌کننده انرژی و همچنین هزینه تخریب واقعی این میزان آلاینده وجود ندارد. در کشورهای با قدرت کمتر اقتصادی، تخریب زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی اغلب با عوامل اصلی در رابطه با فقر در هم آمیخته است. حتی در میان کشورهای صنعتی تعداد کمی را می‌توان یافت که به معادله کامل و رضایت‌مندانده‌ای میان هزینه اقتصادی کنترل آلودگی هوا در مقابل سود اقتصادی کاهش تخریب محیط زیست دست یافته‌اند.

مطالعات زیادی در حوزه محاسبه ارزش تخریبی ناشی از آلودگی نیروگاه‌های تولید برق انجام شده است. راس و امبس (۲۰۰۴) و کندی (۲۰۰۵)، به محاسبه ارزش اثرات خارجی نیروگاهی در آمریکا پرداختند. آنها در محاسبات خود از روش تابع تخریب

استفاده کرده و به محاسبه ارزش تولید آلاینده‌ها در میان نیروگاه‌های سوخت فسیلی پرداخته‌اند. جداول ۶ و ۷ به ترتیب محاسبات نهایی راس و امبس و کندی را نشان می‌دهند.

External cost	Conventional Boiler (Coal)—Rankine Cycle	Advanced Fluidized Bed Combustion	Integrated Gasification Combustion Cycle	Conventional Boiler (Oil)—Rankine Cycle	Simple Cycle Gas Turbine	Advanced Gas Turbine	Advanced Combined Cycle	Mass Burn MSW
CO ₂	2.692	2.638	2.406	2.166	1.776	1.683	1.054	1.979
CH ₄	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.004	0.003	0.000
N ₂ O	0.015	0.015	0.013	0.003	0.001	0.001	0.001	0.158
Upstream	0.262	0.257	0.234	0.425	0.372	0.352	0.221	0.000
CO	0.010	0.010	0.009	0.016	0.050	0.047	0.030	0.046
SO ₂	1.715	0.168	0.153	1.307	0.001	0.001	0.000	0.606
NO _x	3.306	1.296	0.295	1.650	0.725	0.687	0.430	2.642
PM	0.241	0.024	0.022	0.243	0.018	0.017	0.011	0.095

جدول ۶: محاسبه اثرات خارجی - راس و امبس

Generator type	SO ₂ (kg/MWh)	NO _x (kg/MWh)	PM ₁₀ (kg/MWh)	CO ₂ (kg/MWh)	Environmental cost (\$/MWh) ^a
Pulverized coal steam-electric plant ^b	0.46	0.87	0.15	870	35.3-57.9
IGCC	0.075	0.082	0.0025	710	2.7-21.1
NGCC	0	0.092	0	330	1.8-10.4

جدول ۷: نتایج مطالعات اثرات خارجی کندی

در ایران نیز چند مطالعه در حوزه تحلیل اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های تولید برق صورت پذیرفته است. عبدی (۱۳۷۶)، صادقی و عابدی (۱۳۸۵) به ترتیب به بررسی هزینه‌های مواد آلاینده نیروگاه‌های تولید برق و هزینه انتشار SO₂ نیروگاه برق شهید رجایی پرداختند. جداول ۸ و ۹ و شکل ۷ نتایج مطالعات این افراد را به ترتیب نشان می‌دهد. صادقی و عابدی به تحلیل هزینه‌ی اجتماعی نیروگاه بخاری شهید رجایی پرداختند. در این تحقیق آنها در سناریوهای مختلف تولید این نیروگاه و در دو قیمت گاز فوب خلیج فارس و قیمت داخلی گاز، هزینه اجتماعی ناشی از انتشار SO₂ را محاسبه کردند. جدول ۸ و ۹ علاوه بر نتایج تخمین سناریوهای فرض شده را نیز ارائه کرده است.

نیروگاه بخاری	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
سیکل ترکیبی	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱
بخاری	۲۵۰،۰۹۳	۲۶۳،۸۶۰	۳۲۹،۳۵۱	۹۴۲،۳۴۳

جدول ۸: هزینه اجتماعی تمام شده در قیمت داخلی گاز طبیعی (ریال بر کیلووات ساعت)

نیروگاه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
بخاری	۴۱۲,۸۱۴	۴۲۶,۵۸۱	۴۹۱,۸۸۹	۵۰۶,۶۶۳
سیکل ترکیبی	۲۴۵,۷۰۸	۲۴۵,۷۰۸	۲۴۵,۷۰۸	۲۴۵,۷۰۸

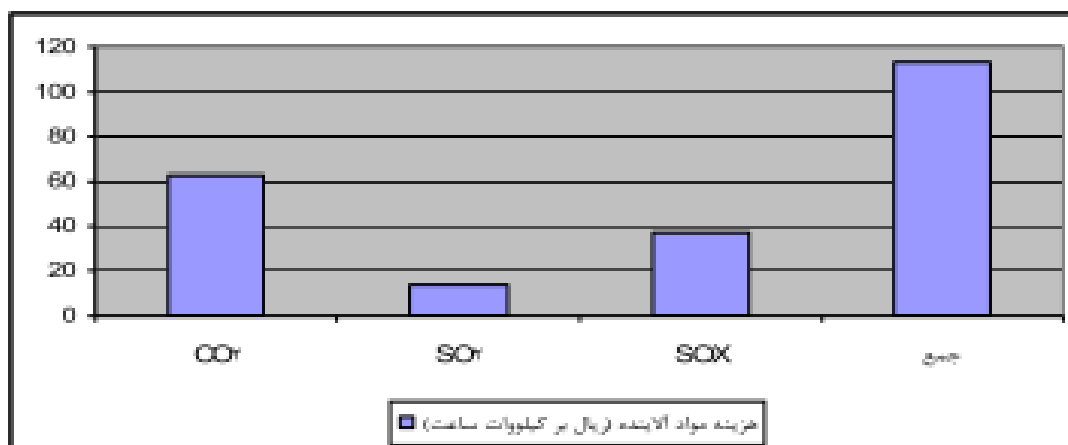
جدول ۹: هزینه اجتماعی تمام شده در قیمت فوب خلیج فارس گاز طبیعی (ریال بر کیلووات ساعت)

سناریوی ۱: هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و فصل پائیز است.

سناریوی ۲: هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و فصل زمستان است.

سناریوی ۳: هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و فصل پائیز است.

سناریوی ۴: هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و فصل زمستان است.



شکل ۷: محاسبه پی آمدهای خارجی نیروگاه‌های کشور سال ۱۳۷۲ (نرخ ارز دلار ۳۰۰۰ ریال فرض شده است)

محاسبه اثرات خارجی نیروگاه‌های فسیلی ایران

در این گزارش جهت محاسبه هزینه اثرات خارجی نیروگاه‌های سوخت فسیلی در ایران از روش هزینه تخریب استفاده شده است. در این روش از اطلاعات ترازنامه انرژی (۱۳۹۱) استفاده شده است. جداول زیر به ترتیب حجم آلاینده منتشر شده به

ازای هر واحد تولید برق، میزان انتشار آلاینده‌های هر نوع نیروگاه و هزینه اجتماعی این آلاینده‌ها در بخش نیروگاهی کشور را نشان می‌دهند.

(گرم بر کیلووات ساعت)

C	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₃	SO ₂	NO _x	نوع نیروگاه
235.761	0.004	0.024	864.458	0.187	1.667	0.039	8.534	2.493	وزارت نیرو
231.764	0.003	0.018	849.803	0.136	0.1	0.018	0.742	2.777	بخاری
131.759	0.002	0.012	483.116	0.084	0.074	0.01	0.284	2.909	گازی
262.61	0.015	0.046	962.902	0.366	0.001	0.091	5.709	1.891	سیکل ترکیبی
206.559	0.002	0.017	757.383	0.123	0.055	0.016	0.744	1.957	دیزلی
209.422	0.001	0.012	767.879	0.068	0.328	0.001	0.039	2.786	بخش خصوصی
196.219	0.003	0.018	719.468	0.133	0.675	0.022	3.435	2.625	صنایع بزرگ
									میانگین کل

جدول ۱۰: شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش نیروگاهی کشور در سال ۱۳۹۱

(تن)

N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₃	SO ₂	NO _x	نوع نیروگاه
397	2147	76483261	16587	147528	3481	755062	220535	وزارت نیرو
92	631	29104511	4642	3423	601	25396	95103	بخاری
131	923	38497288	6715	5905	812	22626	231773	گازی
1	3	63197	24	0.1	6	375	124	سیکل ترکیبی
621	3704	144148257	27968	156856	4900	803459	547535	دیزلی
64	444	20098760	3257	1457	413	19750	51936	جمع
13	125	10417070	732	3518	6	414	29921	بخش خصوصی
698	4273	174664087	31957	161831	5319	823623	629392	صنایع بزرگ
								جمع کل

جدول ۱۱: میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش نیروگاهی براساس نوع نیروگاه در سال ۱۳۹۱

N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₃	SO ₂	NO _x	نوع گاز
•	1680	80	34400	1500	•	14600	4800	مقدار هزینه

جدول ۱۲: هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای به قیمت‌های سال ۱۳۸۱ (هزار ریال بر تن)

جهت محاسبه هزینه‌ی پیامد خارجی یک نیروگاه از روش هزینه تخریب (معادله ۱۰) استفاده شده است.

معادله ۱۰:

= هزینه اجتماعی اثرات خارجی (کیلووات ساعت/گرم)

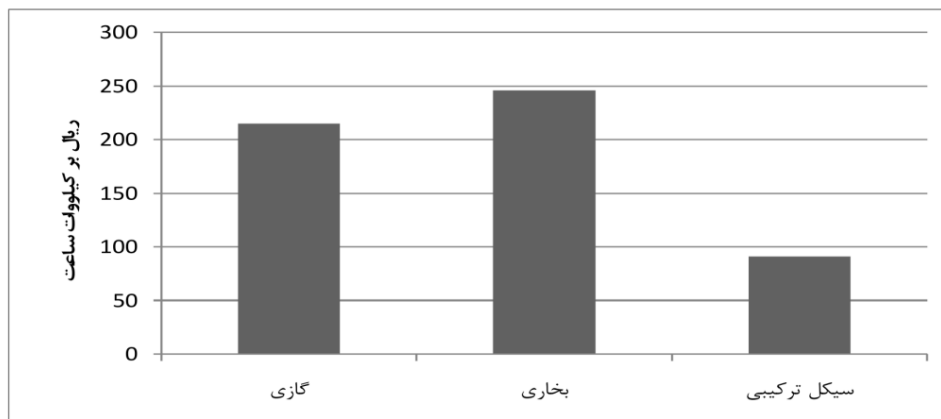
نرخ گرمایی (کیلووات ساعت / MMBTu) × نرخ انتشار آلاینده (MMBTu / گرم) × هزینه‌ی خسارت (گرم/ریال)

هزینه‌ی خسارت حاصل از انتشار آلاینده و نرخ انتشار آلاینده‌ها به ترتیب در جداول ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. با در نظر گرفتن این داده‌ها و همچنین نرخ گرمایی برای نیروگاه‌های گازی، سیکل ترکیبی و بخاری میزان اثر خارجی ناشی از انتشار آلاینده برآورد می‌شوند. نتایج حاصل از این تخمین در جدول ۱۳ ارائه گردیده است.

N_2O	CH_4	CO_2	SPM	CO	SO_3	SO_2	NO_x	نوع نیروگاه
0	0.04032	69.15664	6.4328	2.5005	0	124.5964	11.9664	بخاری
0	0.03024	67.98424	4.6784	0.15	0	10.8332	13.3296	گازی
0	0.02016	38.64928	2.8896	0.111	0	4.1464	13.9632	سیکل ترکیبی
0	0.07728	77.03216	12.5904	0.0015	0	83.3514	9.0768	دیزلی

جدول ۱۳: هزینه تحمیلی آلودگی نیروگاه‌ها بر حسب ریال بر کیلووات ساعت

بر اساس این محاسبات و همچنین نتایج جدول ۱۳، نیروگاه‌های گازی بیشترین هزینه و خسارت را با تولید دی‌اکسیدکربن به جامعه تحمیل می‌کنند. ارزش هزینه تحمیل شده به جامعه در این نیروگاه‌ها با تولید دی‌اکسیدکربن معادل ۶۹ ریال در کیلووات ساعت است. این در حالی است که نیروگاه‌های بخاری با تولید SO_2 هزینه‌ای معادل ۱۲۵ ریال در کیلووات ساعت به جامعه تحمیل می‌کنند. نیروگاه‌های گازی در میان این نیروگاه‌ها با تحمیل کمترین هزینه انتشار مواد آلاینده، بهترین گزینه تولید برق در میان سایر نیروگاه‌های سوخت فسیلی هستند. شکل ۸ کل هزینه‌ی تحمیل شده بر جامعه را برای نیروگاه‌های سوخت فسیلی نشان می‌دهد.



شکل ۸: کل هزینه اجتماعی ناشی از تولید برق

۲.۱. سطح تحلیل

به دلیل اینکه بسیاری از فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی در بسیاری از صنایع و فناوری‌های دیگر کاربرد دارند و همچنین به این دلیل برای توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند توسعه این فناوری‌ها در تمام کشور می‌باشند، سطح تحلیل سند را در سطح کشور در نظر می‌گیریم. همچنین برای مطابقت این سند با اسناد بالادستی علی‌الخصوص سند چشم‌انداز بیست ساله که سند جامع تمامی اسناد راهبرد کشور می‌باشد، افق زمانی سند نیز سال ۱۴۰۴ تعیین می‌شود.

۳.۱. مرزبندی ساختاری

توسعه یک فناوری نیازمند شبکه‌ای از موسسات خصوصی و دولتی می‌باشد که فعالیت‌ها و تعامل بین آن‌ها موجب شکل‌گیری، ظهور، اصلاح و توسعه یک فناوری جدید می‌شود. تمرکز بر تعاملات درونی این شبکه، اهمیت نهادها و سازمان‌هایی غیر از بازار را پررنگ‌تر می‌نماید. از همین رو یکی از گام‌های اصلی تحلیل محیط یک فناوری شناسایی ساختار آن فناوری می‌باشد. هدف از شناخت ساختار فناوری انرژی خورشیدی در این مطالعه این است که برخی از علل توسعه نیافتگی فناوری‌ها، عدم وجود سازمان فناورانه مناسب و عدم وجود برخی نهادهای لازم است. زیرا اگر یک فناوری از ساختار مناسب و نهادهای لازم و روابط شفاف میان اجزای مختلف بی‌بهره باشد، توسعه مناسب و همه‌جانبه‌ای نخواهد داشت.

برای رسیدن به اهداف تحقیق باید به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱- بازیگران اصلی و ذینفعان موثر در این فناوری چه کسانی هستند؟

۲- قوانین و مقررات موجود در این صنعت چیست؟

۳- نواقص ساختاری فناوری چیست؟

برای دستیابی به پاسخ سوالات بالا و شناخت ساختار انرژی خورشیدی و بازیگران اصلی این حوزه از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که این گزارش به بررسی ساختار بخش انرژی خورشیدی با توجه به پتانسیل‌های موجود در کشور می‌پردازد. در قسمت اول تمامی قوانین و مقررات مربوطه شناسایی شده‌اند و در ادامه پس از شناسایی نهادها و سازمان‌های مربوطه به رسم‌گراف مربوط به نهادها پرداخته شده است.

۱,۳,۱ فهرست اسناد بالادستی

مجموعه قوانین، دستورکارها و آیین‌نامه‌هایی که فهرست آن‌ها در پیش رو تقدیم می‌شود، هر یک به نوعی با موضوع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور ایران ارتباط می‌یابند. چگونگی این رابطه‌ها ممکن است مستقیم بوده و یا آن‌که پیوندی با زمینه‌های اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی یا اداری مرتبط با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰ به این سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زیست توده ارتباط دارند را یافت.

برای کاوش در این اسناد، آرشیو اسناد پژوهشگاه نیرو، وزارتخانه‌های نیرو، نفت و سازمان حفاظت محیط زیست جستجو شده‌اند.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را بطور مستقیم مورد خطاب قرار می‌دهند و دسته دوم اسنادی که بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در عنوان آن‌ها جای ندارد. اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن‌ها در ارتباط است.

تاریخ	ماده/ بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
۱۳۸۹	نفت و گاز- ماده ۱۲۵	مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران
	برق- ماده ۱۳۳	
	انرژی‌های پاک- ماده ۱۳۹	

تاریخ	ماده/ بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
	کشاورزی- ماده ۱۴۸	
	صنعت و معدن- ماده ۱۵۰	
	حمل و نقل- ماده ۱۶۲ و ۱۶۳	
	محیط زیست- ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	
۱۳۸۷	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	مجموعه برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران
۱۳۸۴	ماده ۲۵ و آیین‌نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	
۱۳۸۶	آیین‌نامه اجرایی ماده ۶۶	
	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی‌های نو"- موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز"- موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی"- موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	
۱۳۸۰	ماده ۲۵	قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	
۱۳۹۰	وزارت نیرو	برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴
	بخش برق و انرژی	
	بخش آموزش، پژوهش و فناوری	
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	
	بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴	سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق
۱۳۹۰	فصل سوم اولویت الف- اولویت‌های علم و فناوری	نقشه جامع علمی کشور
۱۳۸۹	فصل اول: کلیات و تعاریف- ماده ۱ و ۲	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی
	فصل دوم: سیاست‌ها و خط مشی‌های اساسی- ماده ۴	
	فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹	
	فصل هشتم: حمل و نقل- ماده ۴۰	
	فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای- ماده ۶۱ و ۶۲	
۱۳۸۷	ماده ۱۷	اصل ۱۳۸ قانون اساسی
	ماده ۲۰	
در دست تدوین		سند راهبرد انرژی کشور
در دست تدوین		سند راهبرد انرژی‌های نو کشور

تاریخ	ماده/ بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
۱۳۹۲	اساسنامه	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)
	بیانیه مأموریت	
	بیانیه چشم‌انداز	
	بیانیه ارزش‌ها	
	اهداف سطح سازمان (اصلی)	
	اهداف سطح بخشی - بخش انرژی‌های نو	
۱۳۹۱		قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۳۸۳		لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو
۱۳۹۱		لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر
۱۳۹۲		ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک
۱۳۸۷ و ۱۳۹۳		تصویب‌نامه در خصوص نرخ خرید برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی‌های نو
	ماده ۸	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها
۱۳۹۱		ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر
۱۳۹۱		طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو
۱۳۸۳		مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور
۱۳۸۴ و ۱۳۸۳	بند الف تبصره ۱۲	قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی
۱۳۹۲	ماده ۱۹	قانون بودجه سال ۱۳۹۲
	ماده ۲۶	
	ماده ۶۹	
۱۳۹۲		پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فناوری و نوآوری کشور

جدول (۱-۱) فهرست اسناد بالادستی در حوزه انرژی

در ادامه متن تفصیلی اسناد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱,۱,۳,۱ مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران

بخش دوم - قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴ - ۱۳۹۰)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره: ۲۴۶۶۹۸

تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱۵

فصل پنجم: اقتصادی

نفت و گاز (ماده ۱۳۲ - ۱۲۵)

ماده ۱۲۵

ب) دولت مکلف است بر مبنای سند چشم‌انداز بیست ساله کشور (ص ۵) و سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری (ص ۳۴۰) و با پشتوانه کامل کارشناسی، سند ملی راهبرد انرژی کشور را به عنوان سند بالادستی بخش انرژی برای یک دوره زمانی بیست و پنج ساله، ظرف حداکثر شش ماه پس از تصویب قانون برنامه تهیه و به تصویب مجلس شورای اسلامی برساند.

تبصره: وزارت خانه‌های نفت و نیرو موظف هستند با همکاری سایر دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط، برنامه اجرایی طرح جامع انرژی کشور را ظرف دوازده ماه پس از تصویب قانون سند ملی راهبرد انرژی کشور تهیه و به تصویب هیئت وزیران برسانند.

برق (ماده ۱۳۴ - ۱۳۳)

ماده ۱۳۳

به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند:

الف) با استفاده از منابع حاصل از فروش نیروگاه‌های موجود یا در دست اجرا و سایر اموال و دارایی‌های شرکت‌های مذکور و با رعایت قانون نحوه اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) نسبت به پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی اقدام نمایند.

تبصره: در صورت تمایل بخش‌های غیردولتی به تبدیل نیروگاه‌های گازی موجود خود به سیکل ترکیبی، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو می‌توانند از محل منابع بند (الف) این ماده نسبت به پرداخت تسهیلات در قالب وجوه اداره شده به آن‌ها اقدام نمایند.

ب) به شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو اجازه داده می‌شود نسبت به انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نمایند. قیمت خرید برق از نیروگاه‌ها علاوه بر هزینه‌های تبدیل انرژی در بازار رقابتی شبکه سراسری بازار برق، با لحاظ متوسط سالانه ارزش وارداتی یا صادراتی سوخت مصرف نشده، بازدهی، عدم انتشار آلاینده‌ها و سایر موارد به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد. تبصره: وزارت نیرو مجاز است با رعایت قانون نحوه اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (ص ۵۶۰) منابع مورد نیاز این جزء را از محل منابع حاصل از فروش نیروگاه‌ها و سایر دارایی‌ها از جمله اموال منقول و غیر منقول، سهام و سهم‌الشرکه خود و سایر شرکت‌های تابعه و وابسته و بنگاه‌ها، تأمین و تمهیدات لازم را برای این نیروگاه‌ها جهت استفاده در شبکه سراسری برق فراهم نماید.

ج) از توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید برق توسط بخش‌های خصوصی و تعاونی حمایت نماید.

د) وزارت نیرو مجاز است در طول برنامه نسبت به افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات از طریق سرمایه‌گذاری بخش‌های عمومی، تعاونی و خصوصی اعم از داخلی و خارجی و یا منابع داخلی شرکت‌های تابعه و یا به صورت روش‌های متداول سرمایه‌گذاری از جمله ساخت، بهره‌برداری و تصرف (BOO^{۱۳}) و ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT^{۱۴}) اقدام نماید.

¹³ Build-Own-Operate

¹⁴ Build-Operate-Transfer

تبصره: سهم بخش‌های خصوصی و تعاونی از میزان بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات مذکور در این بند، حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات است.

ه) وزارت نیرو محاسب درخواست نسبت به صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه‌های با سوخت غیریارانه‌ای متعلق به بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نماید.

و) وزارت نیرو مکلف است در صورت نیاز با حفظ مسئولیت تأمین برق، به منظور ترغیب سایر مؤسسات داخلی به تولید هرچه بیشتر نیروی برق از نیروگاه‌های خارج از مدیریت آن وزارتخانه، بر اساس دستورالعملی که به تأیید شورای اقتصاد می‌رسد، نسبت به خرید برق این نیروگاه‌ها اقدام نماید.

ز) چنانچه بخش خصوصی با سرمایه خود تلفات انرژی برق را در شبکه انتقال و توزیع کاهش دهد، وزارت نیرو موظف است نسبت به خرید انرژی بازیافت شده با قیمت و شرایط در دوره زمانی که به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد، اقدام و یا مجوز صادرات به همان میزان را صادر نماید.

تبصره: آیین‌نامه اجرایی مربوط به این بند باید ظرف سه ماه پس از تصویب این قانون به تصویب وزیر نیرو برسد.

ح) قیمت انرژی برای واحدهایی که مصرف سالانه سوخت آن‌ها بیش از دو هزار مترمکعب معادل نفت کوره و یا قدرت مورد استفاده آن‌ها بیش از دو مگاوات است، در صورت عدم رعایت معیارها و ضوابط موضوع دستورالعمل‌های این ماده، که به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد، با ارائه فرصت مناسب افزایش می‌یابد.

انرژی‌های پاک (ماده ۱۳۹-۱۳۵)

ماده ۱۳۹

به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاه‌های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور، دولت مجاز است با حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی از طریق وجوه اداره شده و یارانه سود تسهیلات، زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه متناسب با تحقق تولید را فراهم سازد.

کشاورزی (۱۴۹-۱۴۳)

ماده ۱۴۸

دولت مکلف است جهت اصلاح الگوی بهره‌برداری از جنگل‌ها، مراتع و آب و خاک اقدامات زیر را انجام دهد:

الف) جایگزینی سوخت فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت هیزمی

صنعت و معدن (ماده ۱۶۰-۱۵۰)

ماده ۱۵۰

وزارت صنایع و معادن موظف است به منظور تحقق اهداف سند چشم‌انداز بیست‌ساله جمهوری اسلامی ایران در قالب تدوین راهبرد (استراتژی) توسعه صنعتی و معدنی با هماهنگی معاونت در زیربخش‌های برگزیده صنعت و معدن، در جهت تحقق رشد تولید صنعتی و معدنی با رعایت محورهای راهبردی ذیل به گونه‌ای اقدام کند که نرخ رشد ارزش افزوده بخش صنعت و معدن افزایش یابد.

الف) ارتقاء سطح رقابت‌مندی صنایع کشور با تأکید بر توسعه قابلیت‌های فناوری و انتقال نقطه اتکاء مزیت‌های نسبی از مواد اولیه و خام به توانایی‌های فناورانه (تکنولوژیک) و خلق مزیت‌های رقابتی

ب) متنوع‌سازی پایه صادرات صنعتی و افزایش سهم محصولات دارای پردازش بیشتر (صنایع نهایی) در صادرات

ه) افزایش توانمندی‌ها و قابلیت‌های طراحی، تدارک، ساخت، گسترش همکاری صنعت و دانشگاه، ساخت تجهیزات و

ماشین‌آلات صنعتی، تعمیق تعامل صنایع با شهرک‌های فناوری و پارک‌های علم و فناوری و افزایش مستمر سهم صنایع مبتنی

بر فناوری‌های برتر (صنایع نوین) در ترکیب تولید صنعتی، نوسازی و ارتقاء بهره‌وری صنایع و معادن

فصل ششم: توسعه منطقه‌ای

محیط زیست

ماده ۱۹۲

به منظور کاهش عوامل آلوده‌کننده و مخرب محیط زیست کلیه واحدهای بزرگ تولیدی، صنعتی، عمرانی، خدماتی و زیربنایی موظفند:

ج) مشخصات فنی خود را به نحوی ارتقاء دهند که با ضوابط و استانداردهای محیط زیست و کاهش آلودگی و تخریب منابع پایه بالاخص منابع طبیعی و آب تطبیق یابد.

تبصره ۱: دولت مکلف است ارزش اقتصادی منابع زیست محیطی و جداول و حساب‌های مربوطه را در حساب‌های ملی محاسبه و ملحوظ نماید.

تبصره ۲: معاونت مکلف است با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست و سایر دستگاه‌های مرتبط به منظور برآورد کردن ارزش‌های اقتصادی منابع طبیعی و زیست محیطی و هزینه‌های ناشی از آلودگی و تخریب محیط‌زیست در فرآیند توسعه و محاسبه آن در حساب‌های ملی، نسبت به تنظیم دستورالعمل‌های محاسبه ارزش‌ها و هزینه‌های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی‌های زیست‌محیطی در نقاط حساس اقدام و در مراجع ذی‌ربط به تصویب برساند. ارزش‌ها و هزینه‌هایی که دستورالعمل آن‌ها به تصویب رسیده، در امکان‌سنجی طرح‌های تملک‌دارایی‌های سرمایه‌ای در نظر گرفته خواهد شد.

ب) سازمان محیط‌زیست مکلف است تمهیدات لازم را برای کاهش آلودگی هوا تا حد استانداردهای جهانی با اولویت شناسایی کانون‌های انتشار ریزگردها و مه‌آلودگی، کنترل و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را فراهم آورد.

تبصره: آیین‌نامه اجرایی این ماده به پیشنهاد مشترک معاونت و سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت‌خانه‌های کشاورزی، کشور، نفت، نیرو و صنایع و معادن به تصویب هیئت وزیران می‌رسد.

۲,۱,۳,۱ قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره:

تاریخ: ۱۳۸۳/۰۶/۱۱

بخش اول - سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ (سند چشم‌انداز بیست ساله) و

سیاست‌های کلی برنامه چهارم

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: مقام معظم رهبری

شماره:

تاریخ: ۱۳۸۷/۱۰/۲۱

۱- سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی

۱-۱ سیاست‌های کلی در بخش امور اجتماعی، سیاسی، دفاعی و امنیتی

بند ۱۹: آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی

۲- سیاست‌های کلی نظام در بخش مشارکت بخش‌های تعاونی و خصوصی در اقتصاد و حدود فعالیت

بخشی دولتی

۱-۲-۱ سیاست‌های کلی نظام در خصوص انرژی

۲-۱-۲-۲ سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی

بند ۱: ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسایل زیست‌محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی.

بند ۴: تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی، خورشیدی، پیل‌های سوختی و زمین‌گرمایی در کشور.

۳- سیاست‌های کلی نظام در اصلاح الگوی مصرف

بند ۷: افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین

۴- سیاست‌های کلی نظام در خصوص آمایش سرزمین

بند ۴۳: پایدارسازی فرآیند توسعه با تکیه بر حفاظت از محیط‌زیست و بهره‌برداری بهینه از منابع

بند ۴۴: تحقق توسعه پایدار، مبتنی بر دانایی در عرصه‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی کشور، به نحوی که ضمن ارتقای کیفیت زندگی، حقوق نسل‌های کنونی و آینده نیز محفوظ بماند.

بند ۴۵: حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه

سایر بندهای مرتبط

بند ۹: سازمان‌دهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی جهان:

- کسب فناوری بویژه فناوری‌های نو شامل: ریز فناوری و فناوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست محیطی،

هوا فضا و هسته‌ای

بند ۴۲: حرکت در جهت تبدیل درآمد نفت و گاز به دارایی‌های مولد به منظور پایدارسازی فرآیند توسعه و تخصیص و

بهره‌برداری بهینه از منابع

بند ۴۴: هم‌افزایی و گسترش فعالیت‌های اقتصادی در زمینه‌هایی که دارای مزیت نسبی هستند از جمله صنعت، معدن، تجارت، مخابرات، حمل و نقل و گردشگری، بویژه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و خدمات مهندسی پشتیبان آن، صنایع انرژی‌بر و زنجیره پایین‌دستی آن‌ها، با اولویت سرمایه‌گذاری در ایجاد زیربناها و زیرساخت‌های مورد نیاز و سامان‌دهی سواحل و جزایر ایرانی خلیج فارس در سیاست‌های آمایش سرزمین.

بند ۵۱: تلاش برای قطع اتکای هزینه‌های جاری به نفت و تأمین آن از محل درآمدهای مالیاتی و اختصاص عواید نفت برای توسعه سرمایه‌گذاری بر اساس کارایی و بازدهی.

بخش دوم- قانون برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۸-۱۳۸۴)

ماده ۲۵

الف) دولت موظف است با حفظ مالکیت خود ده درصد (۱۰٪) از ظرفیت انجام فعالیت مربوط به اکتشاف، استخراج و تولید نفت و گاز، پالایش، پخش و حمل و نقل مواد نفتی و گازی با رعایت قانون نفت مصوب ۱۳۶۶/۰۷/۰۹ و همچنین حداقل ده درصد

(۱۰٪) از انجام فعالیت مربوط به تولید و توزیع برق را با حفظ مسئولیت دولت در تأمین برق به نحوی که موجب انحصار در بخش غیردولتی نشود و استمرار ارائه خدمات فوق‌الذکر تضمین گردد، به اشخاص حقیقی و حقوقی داخلی واگذار نماید.

ب) دولت مکلف است با حفظ مسئولیت تأمین برق، به منظور ترغیب سایر مؤسسات داخلی به تولید هرچه بیشتر نیروی برق از نیروگاه‌های خارج از مدیریت و نظارت وزارت نیرو، شرایط و قیمت‌های تضمینی خرید برق را تا پایان سال اول برنامه چهارم، تعیین و اعلام کند.

آیین‌نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند: آیین‌نامه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۶۸۲۵ ت ۳۳۱۸۸

تاریخ: ۱۳۸۴/۰۴/۰۸

ماده ۹

چنانچه نرخ سوخت تحویلی به نیروگاه (اعم از دولتی و غیردولتی) برای تولید و عرضه برق از طریق شبکه و برای مصرف داخل کشور بیش از نرخ سوخت نیروگاهی باشد (از جمله در مواردی که سوخت مصرفی نیروگاه از انشعاب غیرنیروگاهی تأمین می‌شود)، مابه‌التفاوت آن بر اساس متوسط بازده نیروگاه‌های حرارتی از محل اعتبارات یارانه انرژی در بودجه‌های سالانه، موضوع ردیف یارانه حامل‌های انرژی مندرج در جدول شماره (۴) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران - مصوب ۱۳۸۳ - تأمین و به تولیدکننده پرداخت خواهد شد. این مابه‌التفاوت از سال ۱۳۸۵ قابل پرداخت است.

تبصره ۱: گاز طبیعی سوخت اصلی نیروگاه‌های حرارتی محسوب می‌شود.

در مواقع کمبود گاز و یا بروز دلایل فنی در شبکه گاز، مابه‌التفاوت نرخ سوخت مایع مصرفی با نرخ نیروگاهی آن از محل اعتبارات این ماده به شرح یاد شده پرداخت می‌شود.

تبصره ۲: مسئولیت عقد قرارداد برای تأمین سوخت و پرداخت هزینه‌های مربوط، به جز در مورد قراردادهای بلندمدت تبدیل انرژی، برعهده عرضه‌کننده می‌باشد.

تبصره ۳: نیروگاه‌های حرارتی که بازده آن‌ها بیشتر (کمتر) از متوسط بازده نیروگاه‌های حرارتی باشد، مشمول پاداش (جریمه) برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت (مصرف مازاد سوخت) خواهند شد.

میزان پاداش (جریمه) بر اساس مابه‌التفاوت نرخ موضوع بند "ب" ماده (۱۰) و نرخ نیروگاهی محاسبه و توسط مدیریت شبکه پرداخت (دریافت) می‌شود.

ماده ۱۰

به منظور ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در زمینه نیروگاه‌هایی که از انرژی تجدیدپذیر و یا بازیافت حرارت استفاده می‌شود:

الف) بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست مبلغ تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی توسط این قبیل نیروگاه‌ها از محل اعتبار شماره ۴۰۴۰۴۰۰۲ در بودجه‌های سنواتی با تأیید سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست پرداخت خواهد شد.

ب) معادل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده به وسیله این قبیل نیروگاه‌ها، بر اساس نرخ سوخت گاز طبیعی وارداتی و با احتساب متوسط بازده نیروگاه‌های حرارتی از محل اعتبارات مذکور در ماده (۹) این آیین‌نامه پرداخت خواهد شد.

ماده ۶۶

آیین‌نامه اجرایی ماده ۶۶ قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند: آیین‌نامه اجرایی

تصویب‌کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۰۰/۹۹۷۴۳

تاریخ: ۱۳۸۶/۰۴/۰۳

ماده ۱- کلیه دستگاه‌های اجرایی و مؤسسات و نهادهای عمومی غیردولتی موظفند اعتبار مندرج در تبصره ۱ ماده ۱ این

آیین‌نامه را صرف اجرای فعالیت‌های مدیریت سبز به شرح زیر نمایند:

پ- مصرف بهینه حامل‌های انرژی از طریق ترمیم ساختمان‌ها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی‌های نو، اصلاح روش‌های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی.

د- استفاده از تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه‌سازی مصرف.

ماده ۲- سازمان حفاظت محیط زیست موظف است به منظور انتقال سریع تجربه‌های موفق داخلی و خارجی، در اختیار گذاردن روش‌ها و فناوری‌های مناسب، تدوین برنامه‌های اجرایی موارد مرتبط با مدیریت سبز، سامانه دولت سبز را به هنگام نماید.

۳,۱,۳,۱ اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند:

تصویب کننده: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی‌های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵

۱- وظایف، ویژگی‌ها و ساختار کلی بخش

۱-۱- برق

۱-۲- انرژی‌های نو- این بخش شامل اقداماتی در خصوص استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شامل: احداث نیروگاه‌های برق

آبی کوچک، برق بادی، نیروگاه‌های زمین گرمایی و تجهیز ساختمان‌ها به سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی است.

۲- وضعیت بخش در رابطه با مضامین دوازده‌گانه برنامه چهارم توسعه و چشم‌انداز

۲-۴- حفظ محیط زیست

• استفاده اقتصادی از انرژی‌های پاک

۳- امکانات، قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و تنگناهای توسعه بخش

۳-۱- منابع طبیعی و محیطی

• وجود پتانسیل‌های قابل توجه برق آبی با هدف جایگزینی با نفت مصرفی

• امکان تأمین سوخت برای تولید برق در کشور

- وجود منابع عمده قابل توجه انرژی‌های نو، انرژی‌های تجدیدپذیر و زغال سنگ

۳-۵- فناوری و توسعه علمی

- بالا بودن تلفات در تولید، تبدیل و مصرف انرژی به علت عدم به کارگیری فناوری‌های پیشرفته

- وجود دانش فنی احداث شبکه‌ها، نیروگاه‌های حرارتی و تأسیسات برق آبی در کشور

۵- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه‌بخش در تحقق چشم‌انداز بلندمدت توسعه

۵-۱- اهداف کلی توسعه‌بخش

- ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه‌ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور

۵-۲- راهبردهای کلان توسعه‌بخش

- افزایش سهم اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور

۶- سیاست‌های اجرایی و اهداف کمی‌بخش

۶-۱- سیاست‌های اجرایی

- توسعه و گسترش استفاده اقتصادی از سیستم‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر

- ایجاد زمینه‌های تحقیقاتی در انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور دستیابی به دانش فنی

- فراهم آوردن زمینه گسترش احداث نیروگاه با منابع انرژی تجدیدشونده توسط بخش غیردولتی

- شفاف‌سازی هزینه‌های انرژی بخش عمومی و دولتی از طریق اعمال نرخ‌های منطقه‌ای حامل‌های انرژی

۶-۲- اهداف کمی‌بخش

هدف اصلی در بخش برق، تأمین برق مطمئن برای مشترکین و عدم بروز خاموشی با ایجاد ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز است.

در این راستا، ابتدا حداکثر نیاز مصرف برق کشور برآورده شده و سپس بر اساس این نیاز به مصرف، ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز

(اسمی و عملی) حاصل شده است. با توجه به اختصاص تسهیلات حساب ارزی در سال‌های اخیر به صنایع و تقاضای روزافزون

برق توسط آن‌ها، کل نیاز بخش صنعت با رشد سالانه ۱۶/۸٪ برآورد شده است که ۶/۸٪ آن الزاماً بایستی با به کارگیری

تکتولوژی جدید و کم مصرف جبران شود و برای تأمین ۱۰٪ آن، برنامه‌ریزی لازم در این سند صورت گرفته است. اهداف کمی بخش برق طی سال‌های برنامه چهارم در جدول ۱۴ ارائه شده است.

۸- اقدامات مهم و اساسی

۸-۱- بخش برق

- واقعی کردن تعرفه‌های برق مصرفی
- پرهیز از احداث نیروگاه‌ها تحت تأثیر عوامل غیراقتصادی (مانند نیروگاه‌های زغال‌سنگی با هزینه خیلی زیاد، نیروگاه خورشیدی و بعضی نیروگاه‌های آبی)

۸-۲- بخش انرژی‌های نو

- تمرکز سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در سازمان واحد
- توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی از طریق مشارکت بخش خصوصی در قالب خرید تضمینی برق



متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)	سال های برنامه چهارم					سال پایه (۱۳۸۳) برآورد	واحد هدف کمی	عناوین هدف های کمی	عناوین برنامه
	۱۳۸۲	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	۱۳۸۴				
۹/۸	۵۲۵۶۰	۴۷۸۵۰	۴۴۶۰۸	۳۹۸۱۷	۳۶۳۴۴	۳۲۹۵۳	مگاوات	کل ظرفیت عملی نیروگاهها*	راهبری امور برق
۷/۱	۴۶۵۰۶	۴۲۲۹۶	۳۸۳۷۲	۳۶۳۷۷	۳۵۲۱۴	۳۲۹۵۳	مگاوات	دولتی	
-	۶۰۵۴	۵۵۵۴	۵۲۳۶	۳۴۴۰	۱۱۳۰	۰	مگاوات	غیر دولتی	
۷/۳	۴۰۴۴۳	۳۶۱۲۱	۳۵۰۸۶	۳۲۳۴۲	۲۹۷۵۵	۲۸۴۵۸	مگاوات	الف - حرارتی	
۳/۹	۳۴۳۸۹	۳۰۵۶۷	۲۹۸۵۰	۲۸۹۰۲	۲۸۶۲۵	۲۸۴۵۸	مگاوات	دولتی	
-	۶۰۵۴	۵۵۵۴	۵۲۳۶	۳۴۴۰	۱۱۳۰	۰	مگاوات	غیر دولتی	
۱۹/۵	۱۰۸۳۸	۱۰۵۱۸	۷۳۵۸	۶۳۵۸	۵۵۰۸	۴۴۵۲	مگاوات	ب - آبی	
۴۵/۴	۳۷۹	۳۱۱	۱۶۴	۱۱۷	۸۱	۴۳	مگاوات	ج - تجدید پذیر	
-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰	مگاوات	د - هسته ای	
۸/۵	۳۴۳/۲	۳۳۳/۳	۲۰۵/۸	۱۸۹/۷	۱۷۴/۹	۱۶۱/۳	میلیارد کیلو وات ساعت	تولید انرژی برق*	
۸/۹	۱۹۲/۲	۱۷۶/۵	۱۶۲/۱	۱۴۸/۸	۱۳۶/۶	۱۲۵/۵	میلیارد کیلو وات ساعت	مصرف برق	
۸/۸	۴۳۸۰۰	۴۰۳۰۰	۳۷۱۰۰	۳۴۲۰۰	۳۱۵۰۰	۲۸۷۸۹	مگاوات	حداکثر نیاز مصرف	
-۷/۸	۲/۰۹	۲/۳۰	۲/۵۰	۲/۷۱	۲/۹۲	۳/۱۴	دقیقه در شبانه روز به ازای هر مشترک	مدت خاموشی*	
-۳/۲	۱۳۷/۷	۱۴۰/۸	۱۴۳/۹	۱۴۷/۳	۱۵۰/۵	۱۵۳/۹	ریال به ازای کیلو وات ساعت	متوسط هزینه تمام شده برق	
-	۳۱۸	۴۷۷	۶۳۶	۱۲۷۲	۱۵۹	-	مگاوات	افزایش ظرفیت (اسمی) نیروگاهی از طریق مشارکت با بخش خصوصی	
۱۲/۱	۲۳	۲۱	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳	تعداد	آزمایشگاه های تدوین استاندارد	
۱۸	۳۲	۳۰	۲۶	۲۲	۱۸	۱۴	مورد	استانداردهای تدوین شده تجهیزات و فرآیندهای انرژی بر	

* در صورتی می‌توان به شاخص‌های مورد نظر برنامه رسید که میزان سرمایه‌گذاری پیش بینی شده در جدول ۲ این سند محقق گردد و ضمناً "امکان برداشت از محل حساب ذخیره ارزی برای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ همانند سال ۱۳۸۴ به میزان ۱۰۰۰۰ میلیارد ریال فراهم گردد.

جدول ۱۴: اهداف کمی بخش برق طی سال‌های برنامه چهارم توسعه

سند توسعه بخشی "نفت و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵

۵- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش در تحقق چشم‌انداز بلندمدت توسعه

۱-۵- اهداف کلی توسعه بخش نفت و گاز

- تبدیل ثروت‌های طبیعی (مانند نفت و گاز) به دارایی‌های مالی و سرمایه‌های ملی درازمدت

۲-۵- راهبردهای کلان توسعه بخش نفت و گاز

- کاهش سهم نفت خام در سبد مصرف انرژی کشور در راستای افزایش صادرات
- هدفمند و عادلانه کردن یارانه‌های انرژی در جهت کاهش مصرف و صرفه‌جویی ملی
- حذف تدریجی یارانه فرآورده‌های نفتی و برقراری عوارض زیست محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن
- تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی، پتانسیل‌های محلی، ظرفیت‌های موجود و سیستم‌های عرضه انرژی.

۶- سیاست‌های اجرایی و اهداف کمی بخش

- جایگزینی و بهینه‌سازی مصرف حامل‌های انرژی در مناطق و بخش‌های مختلف اقتصادی کشور با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، پتانسیل‌های محلی و ظرفیت‌های موجود سیستم‌های عرضه انرژی
- گسترش تحقیقات در جهت پیوند علم و فناوری با فرآیند تولید و عرضه انرژی
- تدوین الگوی بهینه جایگزینی اقتصادی بین حامل‌های انرژی

سند توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵

۲- امکانات، قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و تنگناهای توسعه بخش

۱-۲- امکانات و قابلیت‌ها

- وجود پتانسیل‌های زیاد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور و سازماندهی برای بهره‌برداری اقتصادی از آنها

- وجود پتانسیل زیاد برای جایگزینی گاز طبیعی (CNG^{۱۵}) با سایر حامل‌های انرژی و به خصوص فرآورده‌های نفتی در بخش‌های حمل و نقل و صنعت
- ۳- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش در تحقق چشم‌انداز بلندمدت توسعه
 - ۳-۱- اهداف کلی
 - هدف‌مندی‌سازی یارانه‌های انرژی
 - توسعه و بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور
 - حداقل کردن اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از دفع زائدات بخش انرژی
 - ۳-۲- راهبردهای کلان توسعه بخش
 - افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی
 - ایجاد تمرکز در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی کشور
 - اصلاح نظام قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی
 - توسعه هرچه بیشتر بهره‌برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی
- ۴- سیاست‌های اجرایی و اهداف کمی
 - ۴-۱- سیاست‌های اجرایی
 - تسهیل انتقال منابع مالی بین زیربخش‌های انرژی به منظور حداکثر استفاده اقتصادی از منابع انرژی کشور و افزایش راندمان حرارتی نیروگاه‌ها، و تنوع‌بخشی به سوخت نیروگاه‌ها، جانمایی بهینه نیروگاه‌ها و غیره
 - استفاده مؤثر از انرژی‌های نو در ساختمان‌ها
- ۵- اقدامات مهم و اساسی
 - تدوین و اعمال دستورالعمل‌های دفع و بازیافت زائدات بخش‌های تولیدکننده انرژی
 - حمایت از نوآوری‌های بخش انرژی از طریق تدوین قوانین حمایتی
 - حمایت از تحقیقات در بخش انرژی با هدف کاهش هزینه تمام شده و کاهش ارزشبری با تأکید بر انرژی‌های نو و پاک

¹⁵ Compressed Natural Gas

- ایجاد، تقویت و توسعه شرکت‌های خدمات انرژی (ESCO^{۱۶}) شامل تمام فعالیت‌های مدیریت فنی-مهندسی، ممیزی و ... مانند مدیریت بار، صرفه‌جویی انرژی و جایگزینی بین حامل‌ها
 - ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت‌های لازم برای جایگزینی سوخت‌های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی
 - تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی
 - معرفی و ترویج احداث نیروگاه‌های تجدیدشونده با اجرای پروژه‌های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان‌بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)
 - اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی
- اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی در بخش ساختمان مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر طی سال‌های برنامه چهارم در جدول ۱۵ ارائه شده است.

¹⁶ Energy Service Company or Energy Savings Company

زمان بندی اجرا	وظایف	برنامه تامین مالی	دستگاه‌های مسنول - همکار	فعالیت‌هایی که باید انجام گیرند
طی برنامه چهارم	نظارت عالی به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و به هنگام سازی و ارائه گزارش سالیانه این مقررات به هیات دولت	-	وزارت مسکن و شهرسازی	۱) اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
طی برنامه چهارم	کمک به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در راستای صرفه‌جویی مصرف برق	بهینه سازی	وزارت نیرو	
طی برنامه چهارم	کمک به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در راستای صرفه‌جویی سوخت	بهینه سازی	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	
طی برنامه چهارم	نظارت بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در بخش غیردولتی و انتشار ادواری عملکرد شهرداریها در تحقق این امر	-	سازمان شهرداری‌های کشور	
طی برنامه چهارم	نظارت بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در بخش دولتی	-	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	
طی برنامه چهارم	۱- تدوین و ابلاغ الگوی مصرف انرژی با رعایت شرایط اقلیمی و اجتماعی مناطق مختلف کشور ۲- تدوین گزارش ادواری مصرف انرژی در بخش ساختمان و ارائه آن به هیات دولت	-	وزارت مسکن و شهرسازی	
طی برنامه چهارم	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ملحوظ نمودن الگوی مصرف انرژی در تعیین میزان مصرف مشمول نرخهای مخفف	بهینه سازی	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	۲) تدوین و اجرای معیارهای مصرف انرژی و کاهش مستمر مصرف ویژه انرژی نهایی در سرمایش و گرمایش
طی برنامه چهارم	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ملحوظ نمودن الگوی مصرف انرژی در تعیین میزان مصرف مشمول نرخهای مخفف	بهینه سازی	وزارت نیرو	
طی برنامه چهارم	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ابلاغ برنامه‌های کشور برای کاهش سالیانه مصرف ویژه انرژی نهایی	-	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	
طی برنامه چهارم	همکاری در تدوین استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و طراحی دستورالعمل ایمنی گاز و برق ساختمان در برابر زلزله	-	وزارت مسکن و شهرسازی	
طی برنامه چهارم	تدوین معیارها و استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده سوخت و حمایت‌های فنی و اعتباری از تولید تجهیزات و مصالح ساختمانی که به کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان کمک می‌کند	بهینه سازی	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	۳) تدوین معیارهای طراحی و اجرای تاسیسات و تولید تجهیزات و مصالح مورد استفاده در بخش ساختمان و مدیریت بحران در برابر زلزله
طی برنامه چهارم	تدوین استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده برق و حمایت‌های فنی و اعتباری از تولید تجهیزات و مصالح ساختمانی که به کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان کمک می‌کند	بهینه سازی	وزارت نیرو	
طی برنامه چهارم	مشارکت در تدوین معیارها و استاندارد تجهیزات و کمک‌های فنی و اعتباری به کارخانجات تولیدکننده تجهیزات و مصالح ساختمانی	-	وزارت صنایع	۳) تدوین معیارهای طراحی و اجرای تاسیسات و تولید تجهیزات و مصالح مورد استفاده در بخش ساختمان و مدیریت بحران در برابر زلزله
طی برنامه چهارم	ابلاغ و نظارت بر اجرای استانداردها	-	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران	
طی برنامه چهارم	کمک به توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین (انگرمکنهای خورشیدی و کانورتورهای هوا و DHC)	بهینه سازی	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	۴) توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین با کارایی اقتصادی (واجد توجیه اقتصادی)
طی برنامه چهارم	کمک به توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین (ذخیره‌سازی سرما، سیستم‌های مدیریت انرژی در ساختمان (BMS) و سیستم‌های سرمایش و گرمایش منطقه‌ای با استفاده از بازیافت حرارت	بهینه سازی	وزارت نیرو	
طی برنامه چهارم	هماهنگی در ایجاد شهرک‌ها و احداث و بازسازی مناطق مسکونی با وزارت نیرو در خصوص سیستم‌های DHC	-	وزارت مسکن و شهرسازی	

جدول ۱۵: اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی - ساختمان

۴,۱,۳,۱ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

نوع سند: قانون

تاریخ: ۱۳۸۰/۱۱/۲۷

ماده ۲۵

بنابر بند "الف" ماده (۱۰) آیین‌نامه اجرایی بند "ب" ماده (۲۵) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت در برنامه چهارم توسعه به منظور ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در زمینه نیروگاه‌هایی که از انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌نمایند، بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست مبلغ تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست به ازای هر کیلو وات ساعت برق تولیدی توسط این قبیل نیروگاه‌ها از محل اعتبار طرح شماره ۴۰۴۰۴۰۰۲ در بودجه های سنواتی با تأیید سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست پرداخت خواهد شد.

ماده ۶۲ (مصوب در برنامه سوم و تنفیذ شده در برنامه چهارم توسعه)

وزارت نیرو مکلف است انرژی برق تولیدی توسط نیروگاه‌ها و تولیدکنندگان بخش‌های خصوصی و دولتی را با قیمت‌های تضمینی خریداری نماید. نرخ تضمینی به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به تصویب شورای اقتصاد خواهد رسید. در مورد برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی‌های نو با توجه به جنبه‌های مثبت زیست‌محیطی و صرفه‌جویی‌های ناشی از عدم مصرف منابع انرژی فسیلی و به منظور تشویق سرمایه‌گذاری در این نوع تولید به ازای هر کیلووات ساعت برای ساعات اوج و عادی حداقل ششصد و پنجاه (۶۵۰) ریال و برای ساعات کم‌باری حداقل چهارصد و پنجاه (۴۵۰) ریال (حداکثر چهار ساعت در شبانه‌روز) در محل تولید مورد عمل قرار گیرد.

دستورالعمل اجرایی ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

۱- هدف:

۱-۱- جلب مشارکت و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی‌های نو

۱-۲- ایجاد هماهنگی و رویه واحد و تشریح وظایف و اختیارات بخش‌های مختلف وزارت نیرو در اجرای ماده ۶۲ قانون تنظیم

بخشی از مقررات مالی دولت

۲- محدوده اجرا:

۲-۱- صنعت برق کشور

۲-۲- احداث نیروگاه و تولید برق از منابع تجدیدپذیر

۳- مسئولیت اجرا

سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

فصل اول - تعاریف

۱- انرژی‌های نو: منظور از انرژی‌های نو، منابع تجدیدپذیر انرژی هستند که از جمله شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، آبی کوچک، زیست توده (بیومس)، و دریایی می‌شود. نیروگاه آبی کوچک به نیروگاهی اطلاق می‌شود که مجموع ظرفیت تولید برق ساختگاه آن، ۱۰ مگاوات یا کمتر از آن باشد.

۲- برق تجدیدپذیر: منظور انرژی الکتریکی تولیدی از منابع انرژی‌های نو می‌باشد.

فصل دوم - ضوابط اجرایی

ماده ۱

سانا ظرف مدت ۳ ماه از تاریخ تصویب این دستورالعمل، نسبت به تهیه مجموعه‌ای از اطلاعات شامل راهنمای مراحل انجام کار، کاربرگ‌هایی که باید تکمیل شوند، متن قرارداد خرید برق، نحوه تهیه گزارش امکان‌سنجی، فهرست استانداردهای لازم و اطلاعات موجود از پتانسیل منابع انرژی‌های نو مورد نظر در کشور اقدام می‌نماید و پس از اخذ تصویب معاونت امور انرژی در خصوص مندرجات مجموعه، آن را به نحو مقتضی و یکسان در دسترس همگان قرار می‌دهد.

۵,۱,۳,۱ برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴

نوع سند: سند چشم‌انداز

تصویب کننده: گروه برنامه‌ریزی راهبردی

شماره:

تاریخ: مرداد ۱۳۹۰

مأموریت، چشم‌انداز و راهبردهای وزارت نیرو

مأموریت وزارت نیرو

وزارت نیرو عهده‌دار مدیریت عرضه و تقاضای آب، برق، انرژی، خدمات آب و فاضلاب و همچنین ارتقاء سطح آموزش، پژوهش و فن‌آوری و بسترسازی توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق می‌باشد و نقش محوری خود را به نحو مؤثر در صیانت از منابع ملی، حفظ محیط‌زیست، ارتقاء بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خوداتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفا می‌کند.

راهبردهای وزارت نیرو

۱- تقویت توان و ارتقاء سطح سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی با تأکید بر:

۱-۱- گسترش تعاملات و ارتقاء مشارکت ذی‌نفعان در امر سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی

۷- ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:

۷-۴- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۱۰- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:

۱۰-۷- شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی

۱۰-۹- توسعه شبکه خبرگان، نخبگان و متخصصین

مأموریت، چشم‌انداز و راهبردهای بخش برق و انرژی

مأموریت بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش‌های برق و انرژی عهده‌دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد.

وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه

اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

چشم‌انداز بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه تثبیت گردد.

راهبردهای بخش برق و انرژی

۵- ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی:

۵-۳- شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نوین و سازگار با محیط زیست

۷- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها:

۷-۶- تنوع‌بخشی در سوخت نیروگاه‌ها و توسعه ظرفیت‌های قانونی برای اولویت‌بخشی به تأمین سوخت نیروگاه‌ها

۹- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر:

۹-۱- تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی‌سازی فن‌آوری در فعالیت‌های مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور

۹-۲- تخصیص درصد معین و فزاینده‌ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی‌سازی فن‌آوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۹-۳- تعریف و اجرای پروژه‌های نمونه در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و تجاری‌سازی آن‌ها

۹-۴- بسترسازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۹-۵- جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۹-۶- تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۱۰- توسعه مبادلات منطقه‌ای برق:

۱۰-۴- اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر

۱۵- تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب‌پذیری بخش با رویکرد استمرار ارائه خدمات:

۱۵-۴- تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری‌های تولید برق

مأموریت، چشم‌انداز و راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فن‌آوری

راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فن‌آوری

۱۰- ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن‌آوری‌های جدید و انتقال و بومی‌سازی آن‌ها

مأموریت، چشم‌انداز و راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

۶- استفاده از ظرفیت‌های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فناوری‌های نوین و سرمایه‌گذاری‌های پر خطر مورد

نیاز صنعت آب و برق

۱۰- حمایت از انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نو مورد نیاز و بکارگیری فن‌آوری‌های دارای مزیت نسبی بالا

۶،۱،۳،۱ سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق

نوع سند: نقشه راه

تصویب کننده: پژوهشگاه نیرو

در بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴ سند مربوطه، به انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت مستقیم اشاره شده است و نتیجه مطالعات در نهایت

در قالب یک نقشه راه با عنوان «نقشه راه تحقیقات صنعت برق» ارائه شده است.

۷،۱،۳،۱ نقشه جامع علمی کشور

نوع سند: نقشه جامع

تصویب کننده: شورای عالی انقلاب فرهنگی

شماره: ۹۰/۱۷۷۹/دش

تاریخ: ۹۰/۰۲/۲۴

فصل سوم: اولویت‌های علم و فناوری کشور

۱-۳ اهداف اولویت‌بندی و رویکرد پشتیبانی از اولویت‌ها

استخراج اولویت‌های علم و فناوری کشور در سند حاضر حاصل ترکیب رویکردهای مزیت‌محور، نیازمحور، مرزشکن و آینده‌نگر است. بر این اساس به منظور تحقق اولویت‌ها، نوع پشتیبانی از آن‌ها بسته به وضع موجود علم و فناوری‌های مرتبط و نوع توسعه کمی و تحول و ارتقای کیفی مورد نظر در طیف وسیعی از پشتیبانی‌های فکری، مالی، قانونی، منابع انسانی و مدیریتی متغیر خواهد بود. برخی رویکردهای پشتیبانی از اولویت‌های علم و فناوری عبارتند از:

- هدایت سرمایه‌گذاری‌ها از طریق برنامه‌های پنج‌ساله و بودجه‌های سالیانه و ردیف‌ها و تسهیلات مالی متمرکز
- هدایت نظام آموزش برای تأمین و جذب نیروهای نخبه و متخصص مورد نیاز در حوزه‌های اولویت‌دار
- اصلاح و ایجاد ساختارها و فرآیندها، تنظیم و تدوین و تصویب سیاست‌ها و ضوابط تشویقی خاص برای رشد سریع

(میانبر) در حوزه‌های اولویت‌دار،

۲-۳ اولویت‌های علم و فناوری کشور

از آن‌جا که حصول اطمینان از رشد و شکوفایی در برخی از اولویت‌ها نیازمند توجه و هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی کشور است و در برخی دیگر رشد و توسعه با پشتیبانی مدیریت‌های میانی و تخصیص غیرمتمرکز منابع حاصل خواهد شد، اولویت‌ها به ترتیب در سه سطح الف و ب و ج تنظیم شده‌اند. این دسته‌بندی ناظر بر نحوه و میزان تخصیص منابع، اعم از مالی و انسانی و توجه مدیران و مسئولان است.

اولویت‌های الف

در [حوزه] فناوری: فناوری هوافضا- فناوری اطلاعات و ارتباطات- فناوری هسته‌ای- فناوری نانو و میکرو- فناوری‌های نفت و گاز- فناوری زیستی- فناوری‌های زیست‌محیطی (از جمله مدیریت و فناوری آب، خاک و هوا- کاهش آلودگی آب، خاک و هوا- مدیریت پسماند- بیابان‌زدایی- مبارزه با خشکسالی و شوری)- فناوری‌های نرم و فرهنگی.

در [حوزه] علوم پایه و کاربردی: ماده چگال - سلول‌های بنیادی و پزشکی مولکولی - گیاهان دارویی - بازیافت و تبدیل انرژی - انرژی‌های نو و تجدیدپذیر - رمزنگاری و کدگذاری - علوم شناختی و رفتاری.

اولویت‌های ب

در [حوزه] سلامت: فرآورده‌های زیستی

فصل چهارم: راهبردها و اقدامات ملی برای توسعه علم و فناوری در کشور

۴-۱ راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور

راهبرد کلان ۹: تعامل فعال و اثرگذار در حوزه علم و فناوری با کشورهای دیگر به ویژه کشورهای منطقه و جهان اسلام

اقدامات ملی

۶- ایجاد و توسعه نمایندگی‌های علمی و فناوری در سفارت‌خانه‌های جمهوری اسلامی ایران در حوزه‌های اولویت‌دار به منظور انتقال دستاوردها و تجارب جهانی در فناوری‌های پیشرفته و صادرات دستاوردهای جمهوری اسلامی ایران در عرصه فناوری به سایر کشورها؛

۸- ایجاد شبکه‌های پژوهشی در داخل و خارج از کشور برای انتشار و تبادل دانش و فناوری متناسب با اولویت‌های ملی و بهره‌گیری از فرصت‌های جهانی؛

۱۲- سامان‌دهی تعامل و ارتباطات بین‌المللی در حوزه علم و فناوری بین سازمان‌ها، مجامع، دانشمندان و متخصصان و افزایش برگزاری نشست‌های علمی مشترک؛

۱۳- حمایت از طرح‌های پژوهشی و فناوری بین‌المللی با سرمایه‌گذاری مشترک و تسهیل همکاری‌های با مؤسسات فناوری خارجی و گسترش تعاملات فن‌آورانه با کشورهای دارای فناوری پیشرفته با روش‌هایی نظیر مشارکت در کنسرسیوم‌ها با رعایت سیاست‌های نظام؛

راهبرد کلان ۱۲: جهت‌دهی به چرخه علم و فناوری و نوآوری برای ایفای نقش مؤثرتر در حوزه فنی و مهندسی

راهبردهای ملی

۱- توجه ویژه به توسعه نیازمحور علوم و فناوری‌های مهندسی برای تولید و جذب فناوری با توان رقابتی و ثروت‌آفرینی همراه با حفظ محیط زیست و الگوی صحیح مصرف و رعایت اخلاق حرفه‌ای؛

۲- تقویت ساختارهای حمایت از توسعه تقاضامحور فعالیت‌های فنی و مهندسی

اقدامات ملی

۱- تقویت شرکت‌های فنی و مهندسی به منظور کسب توان طراحی مفهومی و پایه

۲- حمایت از شرکت‌های طراحی و مهندسی برای مشارکت در طرح‌های بین‌المللی

۳- ایجاد سازوکارهای لازم به منظور تحصیل و تشویق صادرات و خدمات فنی و مهندسی

۴- واگذاری طرح‌های کلان ملی پژوهش و فناوری به متخصصان داخلی به منظور ارتقای خودباوری و توانمندی ملی و در جهت تأمین نیازهای آتی کشور و جهان

۵- تدوین معیارهای اخلاق حرفه‌ای مهندسی و ترویج نظارت بر رعایت آن‌ها

۶- تشویق دانش‌آموختگان فنی و مهندسی به سمت ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان خصوصی و تعاونی در پارک‌ها و مراکز رشد علم و فناوری از طریق ارائه تسهیلات خاص به آن‌ها

۷- توسعه و سامان‌دهی نظام‌های مهندسی به منظور افزایش کارآمدی و پاسخگویی آن‌ها

۸- حمایت از شرکت‌های طراحی و مهندسی به منظور کاربردی کردن دانش فنی تولید شده در پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌ها

۸،۱،۳،۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (پیرو اجرای اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی

ایران)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره: ۳۸۶/۸۵۰۱۱

تاریخ: ۱۳۸۹/۱۲/۰۴

فصل اول: کلیات و تعاریف

ماده ۱

کاربرد انواع انرژی‌هایی که در کشور تولید، وارد و مصرف می‌شود، به گونه‌ای که بدون کاستن از سطح تولید ملی و رفاه اجتماعی، از اتلاف انرژی از نقطه تولید تا پایان مصرف جلوگیری نماید و افزایش بازدهی و بهره‌وری، استفاده اقتصادی از انرژی، بهره‌برداری بهتر، کمک به توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست را باعث شود، براساس این قانون مدیریت و بهینه‌سازی می‌گردد.

ماده ۲

در این قانون اصطلاحات به کار رفته در معانی مشروح زیر به کار برده می‌شود:

چ) حامل‌های انرژی: مواد و عناصر طبیعی اعم از فسیلی و غیرفسیلی یا فرآورده‌های آن‌ها مانند نفت خام، فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و منابع تجدیدشونده انرژی که قابلیت انرژی‌زایی دارند و می‌توان با انجام عملیات خاصی، از انرژی نهفته در آن‌ها به صورت‌های مختلف استفاده نمود.

فصل دوم: سیاست‌ها و خط‌مشی‌های اساسی

ماده ۴

راهکارهای اجرایی مناسب به منظور حمایت و تشویق برای ارتقاء نظام تحقیق و توسعه درباره فناوری‌های جدید از طریق تأمین اعتبارات تحقیقاتی مورد نیاز تا مرحله ساخت نمونه و تجاری‌سازی، توسط وزارتخانه‌های نفت و نیرو در قالب بودجه سنواتی تدوین و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

فصل سوم: ساختار و تشکیلات

ماده ۵

سیاست‌گذاری در بخش انرژی کشور از جمله انرژی‌های نو و بهینه‌سازی تولید و مصرف انواع حامل‌های انرژی فقط برعهده شورای عالی انرژی است.

تبصره: ساختار شورای عالی انرژی باید به گونه‌ای اصلاح شود که امکان حضور منظم طرف‌های عرضه و تقاضای انرژی در جلسات شورا و سیاست‌گذاری مشترک آن‌ها در بخش انرژی فراهم شود.

ماده ۶

وزارتخانه‌های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن موظفند کلیه فناوری‌های موردنیاز حوزه تخصصی برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده را در حیطه تخصصی خود شناسایی و تمهید کنند و امکان طراحی و بهبود آن‌ها برای به‌کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی را فراهم نمایند.

ماده ۸

وزارت نیرو می‌تواند در چهارچوب قانون برنامه پنج‌ساله و قانون مدیریت خدمات کشوری جهت ارتقاء بهره‌وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، نسبت به تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل اقدام نماید. اساسنامه و وظایف این سازمان توسط وزارت نیرو تهیه می‌شود و حداکثر شش ماه پس از تصویب این قانون با تأیید هیأت وزیران جهت تصویب به مجلس شورای اسلامی ارائه می‌گردد. وزارت نیرو می‌تواند ردیف‌های بودجه مربوط به امور مذکور را از سازمان‌های زیر مجموعه خود به سازمان جدید انتقال دهد.

ماده ۹

وزارت نفت مکلف است؛ به منظور مدیریت تقاضا و اجرای سیاست‌های مرتبط با بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش‌های مختلف مصرف، کمک به توسعه کاربرد انواع فناوری‌های نوین تبدیل انرژی در بخش‌های مختلف مصرف، کاهش هزینه‌های

درازدت ناشی از تقاضای انرژی، تدوین معیارها، ضوابط و دستورالعمل‌های مرتبط با بهینه‌سازی مصرف انرژی، جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی همراه با توسعه به‌کارگیری ظرفیت‌های محلی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر پیشنهاد اصلاح اساسنامه و وظایف شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت را تهیه و برای تصویب به هیأت وزیران ارائه دهد.

فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای

ماده ۶۱

وزارت نیرو موظف است به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، آبی کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست‌توده (مشمول برضایعات وزائدات کشاورزی، جنگلی، زباله‌ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذی‌ربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

تبصره ۱: قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر به پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیأت وزیران تعیین می‌شود.

تبصره ۲: شرکت‌های تابعه وزارت نیرو اعم از شرکت‌های برق منطقه‌ای و نیز شرکت‌های توزیع موظفند با هماهنگی شرکت مدیریت شبکه برق ایران نسبت به تحویل و خرید برق از سازمان مربوطه اقدام نمایند.

تبصره ۳: منابع مالی موردنیاز برای خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر از محل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده براساس سوخت‌های وارداتی مایع و قیمت‌های صادراتی گاز و منافع حاصل از عدم تولید آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست به ازاء برق تولیدی این قبیل نیروگاه‌ها تأمین و به وزارت نیرو پرداخت می‌شود.

آیین‌نامه اجرائی این ماده شش ماه پس از تصویب این قانون به پیشنهاد مشترک وزارتخانه‌های نیرو و نفت به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۶۲

وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظفند به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه‌های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، تلمبه بادی، توربین بادی، سامانه‌های فتوولتائیک، استحصال گاز از منابع زیست‌توده و صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و توزیع سوخت‌های فسیلی، حمایت لازم را به صورت عمومی اعلام و از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود یا منابع مذکور در ماده (۷۳) این قانون تأمین و پرداخت نمایند [ماده ۷۳- به منظور حمایت از

اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف و ارتقاء کارایی انرژی در چهارچوب اهداف و مواد این قانون به وزارتخانه‌های نفت و نیرو اجازه داده می‌شود از محل صرفه‌جویی‌های ناشی از اجرای این قانون، بودجه‌های سنواتی و منابع داخلی شرکت‌های دولتی تابعه، تسهیلات مالی لازم را تأمین نمایند. مقدار تسهیلات مالی این ماده توسط شورای عالی انرژی تعیین می‌شود.

۹،۱،۳،۱ سند راهبرد انرژی کشور

نوع سند: سند راهبردی

تصویب کننده: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

شماره:

تاریخ: مراحل نهایی تدوین را طی می‌کند

معرفی سند

به علت نقش بخش انرژی در اقتصاد ایران و سهم عمده درآمدهای نفتی از بودجه‌های سالیانه، از دیرباز نیاز به برنامه‌های بلندمدت و نقشه راه، برای استفاده از همه ظرفیت‌های موجود در بخش انرژی به طور جدی احساس می‌شد تا اینکه در ۲۵ آبان سال ۱۳۸۹ نمایندگان مجلس شورای اسلامی در ادامه بررسی لایحه برنامه پنجم توسعه، ماده ۱۱۸ از بخش نفت و گاز برنامه پنجم را تصویب کردند. براساس بند الحاقی به این ماده (که از سوی دکتر حمیدرضا کاتوزیان - رئیس کمیسیون انرژی مجلس - مطرح شد) با هدف رفع مشکلات حوزه انرژی و افزایش قدرت نظارتی مجلس در بسیاری از حوزه‌های انرژی، دولت مکلف شد بر مبنای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری، سند ملی راهبرد انرژی کشور را به عنوان سند بالادستی بخش انرژی برای یک دوره زمانی ۲۵ ساله ارائه دهد. لذا قرار شد سند ملی راهبرد انرژی در سال نخست برنامه پنجم یعنی تا پایان سال ۱۳۹۰ در دو بخش طرح جامع انرژی و فعالیت‌های راهبردی توسط دولت تدوین شود که براساس آن، راهکارهای کلی در حوزه انرژی مشخص خواهد شد. این سند، چشم‌انداز کشور در بخش اصلی درآمدهای کشور خواهد بود، مدیریت بخش انرژی در ایران براساس آن صورت می‌گیرد، و همچنین باتوجه به اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (از تاریخ ۲۷ آذرماه سال ۱۳۸۹) سند حاضر نشان می‌دهد با اجرای این قانون، وضعیت مصرف حامل‌های انرژی بعد از ۵ سال و در سال ۱۳۹۴ چگونه خواهد شد. بر اساس تبصره این ماده، وزارتخانه‌های

نفت و نیرو موظفند با همکاری سایر دستگاه‌های ذی‌ربط و هماهنگی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری «برنامه اجرایی سند ملی راهبرد انرژی کشور» را در مدت یک سال پس از تهیه سند به تصویب هیئت وزیران برسانند.

در این راستا، سند جامع راهبردی انرژی کشور پس از دو هزار ساعت کار کارشناسی در وزارت نفت تدوین و برای تصویب به معاونت راهبردی رئیس جمهوری ارسال شد و پس از تصویب در مجلس شورای اسلامی (مبتنی بر اطلاعات موجود، تا پایان سال اول برنامه پنجم توسعه) مبنای برنامه اجرایی طرح جامع انرژی کشور قرار خواهد گرفت. این سند براساس ماده ۱۲۵ قانون برنامه پنجم توسعه تدوین و به عنوان سند بالادستی انرژی کشور برای یک دوره ۲۵ ساله طراحی شده است. سند راهبردی انرژی مبتنی بر مزیت‌ها و زیرساخت‌های دائمی کشور تدوین شده است و برای تهیه این سند از اسناد بالادستی از جمله قانون اساسی جمهوری اسلامی، سند چشم‌انداز توسعه، سیاست‌های اصل ۴۴، قانون برنامه پنجم توسعه، قانون اصلاح الگوی مصرف، سند توسعه ویژه ناظر بخشی انرژی، سند ملی امنیت انرژی، پیش‌نویس سند راهبردی دیپلماسی انرژی کشور و نظرهای همه خبرگان استفاده شده است. تأمین پایدار انرژی مورد نیاز کشور برای حفظ منافع ملی، رفاه اجتماعی و رشد اقتصادی، بهبود سیاست‌گذاری و مدیریت انرژی، ارتقای جایگاه بین‌المللی انرژی و امنیت ملی، افزایش کیفی کارایی اقتصادی و کاهش شدت مصرف انرژی همچنین توسعه انرژی کشور با رویکرد ملاحظات زیست‌محیطی، از اهداف کلان تدوین سند راهبردی انرژی کشور است که بر مبنای این اهداف راهبردهای این سند نیز طراحی و تنظیم شده است. سند راهبرد ملی انرژی به عنوان نقشه راه تدوین و اجرای طرح جامع انرژی در کشور است، و تدوین این طرح یکی از اقدامات مهم وزارت نفت با هدف ترسیم آینده انرژی در یک دوره ۲۵ ساله است.

عدم تهیه سند ملی راهبرد انرژی کشور در سال ۱۳۹۲

با توجه به متن ماده ۱۲۵ برنامه پنجم توسعه، تصویب طرح جامع انرژی کشور در گرو تصویب سند ملی راهبرد انرژی کشور است، اگرچه در سال‌های ۹۰، ۹۱ و ۹۲ نیز محقق نشده است.

همانطور که از تأکید ماده ۱۲۵ برنامه پنجم توسعه مشخص است، لایحه «سند ملی راهبرد انرژی کشور» می‌بایست در نیمه نخست سال ۱۳۹۰ به مجلس ارائه می‌شد و به تصویب مجلس می‌رسید. اما این سند با یکسال تأخیر در نیمه سال ۱۳۹۱ با تکمیل بررسی‌های دولت به مجلس ارائه شد و تاکنون در مجلس شورای اسلامی در حال بررسی بوده و بازنگری بر روی سیاست‌های کلان انرژی کشور در مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام آغاز خواهد شد. و بر طبق

اظهارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با اشاره به کاهش ضریب جینی در طول برنامه پنجم توسعه، سند راهبرد ملی انرژی نیز مراحل نهایی تدوین را طی می‌کند.

۱،۳،۱،۱ سند راهبردی انرژی‌های نو کشور

نوع سند: سند راهبردی

تصویب کننده: معاونت فناوری ریاست جمهوری

شماره:

تاریخ: مراحل نهایی تدوین را طی می‌کند

در راستای تأکید رئیس جمهور وقت، محمود احمدی نژاد، در دیدار اخیر خود با مدیران ارشد صنعت برق کشور بر ضرورت استفاده از انرژی‌های نو کشور و ضرورت توجه هرچه بیشتر به این زمینه، وزارت نیرو تدوین سند راهبردی انرژی‌های نو کشور و استراتژی‌های اجرایی آن را در دستور کار قرار داده است و پس از تدوین به معاونت فناوری ریاست جمهوری ارسال خواهد شد. سند راهبردی انرژی‌های نو کشور از سوی سازمان انرژی‌های نو کشور به وزارت نیرو و معاونت فناوری ریاست جمهوری ارائه شده است و می‌بایست برای تصویب نهایی به هیئت دولت ارائه شود.

اولویت این سند بر استفاده از انرژی باد در کشور است چرا که بر طبق مطالعات، بیش از ۱۰ هزار مگاوات انرژی باد در کشور شناسایی شده که در این راستا، بر بومی کردن ساخت مبدل‌های آنها مانند ساخت انواع توربین‌های بادی با ظرفیت‌های مختلف تأکید شده است. زیست توده نیز از دیگر اولویت‌های این سند است و در حال حاضر، گام‌هایی برای توسعه این فناوری برداشته شده است که از آن جمله می‌توان به ایجاد و راه‌اندازی پایلوت زیست توده در مشهد و شیراز در راستای تولید برق و حرارت از زباله اشاره کرد. گام بعدی توسعه این فناوری در کل کشور است.

براساس اطلاعات دریافتی از این سند، ایجاد نیروگاه‌های آبی کوچک در برنامه‌های این سند برای استفاده از انرژی‌های نو در کشور در دستور کار قرار گرفته است؛ چرا که این نیروگاه‌ها توانایی تولید برق کمتر از ۱۰ مگاوات را دارند و بخش خصوصی به راحتی می‌تواند در صنعت مربوطه سرمایه‌گذاری کند.

از سوی دیگر، کشور ایران به دلیل زلزله خیز بودن دارای گسله‌ها و چشمه‌های آب گرم فراوانی است که در این زمینه لازم است مطالعات جدی صورت گیرد تا پتانسیل‌های موجود در زمینه انرژی زمین گرمایی در کشور به دست آید. فلذا توجه به انرژی زمین گرمایی نیز در این سند لحاظ شده است. در این سند راهبردی، همچنین به اقتصادی کردن استفاده از انرژی خورشیدی نیز تأکید شده که در این زمینه تولید و بومی سازی مبدل‌های فتوولتائیک در حجم و راندمان بالا با توجه به سادگی و سرمایه اندک مورد نیاز از میان سایر فناوری‌های ممکن در اولویت قرار گرفته است. همچنین در زمینه پیل‌های سوختی گام‌های مناسبی در وزارت نیرو و بعد از آن در کل کشور در قالب کمیته راهبری پیل سوختی برداشته شده است. در این زمینه سندی برای پیل سوختی در طی دو سال تهیه گردید که پس از تصویب هیئت دولت، عملیاتی شده است.

در تدوین این برنامه سعی شده است تا اهداف بر اساس توانمندی‌های کشور تعریف شود، ضمن این که این برنامه در برنامه‌های توسعه‌ای کشور مانند برنامه توسعه پنجم و برنامه‌های آتی دیده شده است. سند جامع انرژی‌های نو نقشه راه کشور را در مسیر توسعه انرژی‌های نو ترسیم می‌کند. اگرچه ایران به لحاظ برخورداری از منابع گاز طبیعی در جایگاه اول جهان و از نظر منابع نفتی در رتبه سوم جهان قرار دارد، اما توسعه انرژی‌های نو با وجود هزینه‌های سنگین آن ضروری است زیرا در افق ۱۴۰۴، باید جمهوری اسلامی ایران جایگاه نخست منطقه و رتبه پنجم آسیا را در این بخش کسب کند ضمن آن که برای دستیابی به رشد اقتصادی بالای هشت درصد، باید منابع انرژی متنوع و فراوانی را در دسترس داشته باشیم. یکی از ویژگی‌های انرژی‌های نو برخلاف انرژی‌های فسیلی، پاک بودن و میزان آلاینده‌گی پایین این نوع انرژی‌ها بوده و همین مزیت موجب جلب توجه بیشتر کشورهای جهان به توسعه انرژی‌های نو شده است.

معاون علمی و فناوری رییس جمهوری با بیان این که براساس قانون برنامه پنجم توسعه کشور باید پنج هزار مگاوات ظرفیت جدید انرژی‌های نو در کشور ایجاد شود، گفت: این معاونت آماده پشتیبانی فنی و علمی از وزارت نیرو برای تحقق این هدف است. ضمن آن که عملیاتی شدن این موضوع، حضور پررنگ بخش خصوصی را می‌طلبد.

۱۱،۱،۳،۱ سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)

نوع سند: اساسنامه

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره:

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۸/۱۳

نظر به این که طبق ماده ۸ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی - مصوب ۱۳۸۹ - به وزارت نیرو اجازه داده شده در چارچوب قانون پنجم توسعه و قانون مدیریت خدمات کشوری جهت ارتقای بهره‌وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، نسبت به تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل اقدام نماید و ردیف‌های بودجه مربوط به امور مذکور را از سازمان‌های زیرمجموعه خود به سازمان جدید انتقال دهد و اساسنامه و وظایف سازمان یاد شده توسط وزارت مذکور تهیه و پس از تأیید هیأت وزیران به مجلس شورای اسلامی ارائه گردد. لذا به منظور ادغام سازمان‌های بهره‌وری انرژی ایران و انرژی‌های نو ایران و ایجاد سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، لایحه زیر برای طی تشریفات قانونی تقدیم می‌گردد.

لایحه اساسنامه سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)

فصل دوم - وظایف و اختیارات

۲- ارتقاء و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه مدیریت تقاضای انرژی‌های الکتریکی به منظور استفاده کارآمد و بهینه از منابع انرژی

۶- سیاست‌گذاری، تنظیم مقررات مربوط نظارت بر موضوع خرید برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر به شکل تضمینی و به صورت بلند مدت

۷- حمایت از طراحی، ساخت و آزمایش طرح‌های آزمایشی (پایلوت) به منظور کسب تجربیات نوین در حوزه اهداف سازمان

۱۲- مطالعه ظرفیت‌های منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور و تهیه اطلس‌های ملی

بیانیه مأموریت

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا) به منظور ایفای نقش مؤثر در توسعه پایدار از طریق حفظ و صیانت از منابع انرژی کشور و محیط زیست ایجاد شده است. ساتبا با تحقیقات و مدیریت استراتژیک (سیاست‌گذاری، اجرا و نظارت) در دو حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، برآنست تا رضایت ذی‌نفعان خود از جمله شهروندان، دولت، مؤسسات، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را تأمین نماید.

ما بر این باوریم ساتبا سازمانی است پیشگام که با تکیه بر سه عامل فناوری نوین، نیروی انسانی کارآمد و نظام تحقیق و توسعه اثربخش، دستیابی به چشمانداز خود را تحقق خواهد بخشید.

بیانیه چشم‌انداز

ساتبا با استفاده از نوآوری‌های علمی، توان مدیریتی و نیروی انسانی خلاق خود به گونه‌ای عمل خواهد کرد تا کشور با توجه به شاخص بهره‌وری انرژی و سهم منابع تجدید شونده در تأمین انرژی مصرفی، سرآمد کشورهای در حال توسعه باشد. ما بر آنیم با گسترش فعالیت‌های خود در عرصه‌های بین‌المللی به عنوان سازمانی معتبر در توسعه کاربرد انرژی‌های نو و ارتقای بهره‌وری انرژی شناخته شویم.

بیانیه ارزش‌ها

توسعه مشارکت بخش خصوصی مهم‌ترین رکن گسترش کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای بهره‌وری انرژی به شمار می‌رود.

اهداف سطح سازمان (اصلی)

- توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی‌های نو تأمین گردد.
- جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی.
- توسعه بازار فناوری‌های مربوط به بهره‌وری انرژی و انرژی‌های نو با اجرای قوانین موجود و تصویب قوانین جدید به گونه‌ای که حداقل ۳ فناوری در هر حوزه به بازار کسب و کار کشور وارد شده باشد.
- توسعه آگاهی و فرهنگ‌سازی به منظور مصرف بهینه انرژی و توسعه کاربرد انرژی‌های نو با پوشش ۷۵ درصد مردم کشور.
- ایجاد زمینه‌های مناسب انتقال و توسعه فناوری با افزایش ارتباطات بین‌المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعدادها و خلاق به منظور ارتقای سطح نوآوری علمی سازمان تا سطح سازمان‌های مشابه در کشورهای پیشرو.

اهداف سطح بخشی

بخش انرژی‌های نو

۱- سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های باد، خورشید، زیست توده و زمین گرمایی.

۲- تدوین سند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای برنامه‌های توسعه و سند چشم انداز ۲۰ساله کشور به منظور تعیین اهداف کمی مربوط به هریک از منابع تجدیدپذیر.

۳- تلاش در جهت مدیریت و اجرای ماده ۱۲۱ قانون برنامه چهارم توسعه کشور و ماده ۶۲ قانون بخشی از مقررات مالی دولت و تشویق سرمایه گذاران بخش خصوصی به حضور در صنایع انرژی‌های تجدیدپذیر.

۴- ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هریک از انرژی‌های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی.

ردیف	عوامل خارجی	رتبه	ضریب اهمیت	امتیاز
فرصتها				
۱	رشد تقاضا برای انرژی های نو در کشور	۳،۰	۰،۰۱۳	۰،۰۵۸
۲	رشد بودجه دولت در زمینه های مرتبط با انرژی های نو و ارتقای بهره وری انرژی	۳،۰	۰،۰۱۳	۰،۰۵۵
۳	افزایش شدت مصرف انرژی در ایران	۳،۰	۰،۰۱۳	۰،۰۵۵
۴	پتانسیل مناسب انرژی باد، خورشیدی، زمین گرمایی و ... در کشور	۳،۰	۰،۰۱۳	۰،۰۵۰
۵	افزایش هزینه های اجتماعی استفاده از انرژی های فسیلی (لودگی محیط زیست و...)	۳،۰	۰،۰۱۷	۰،۰۶۶
۶	گسترش اختیارات داده شده به ساتبا در زمینه انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی	۳،۰	۰،۰۲۵	۰،۰۹۹
۷	پهلود تکنولوژی ساخت نیروگاه های برق با منبع انرژی های نو در کشور	۳،۰	۰،۰۶۸	۰،۲۷۱
۸	کمبود منابع فسیلی در جهان	۳،۰	۰،۰۲۲	۰،۰۹۰
۹	نگرش مناسب قوه مقننه به نقش سازمان در مدیریت تامین انرژی کشور	۳،۰	۰،۰۳۸	۰،۱۵۳
۱۰	نگرش مناسب سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به عملکرد سازمان	۳،۰	۰،۰۳۸	۰،۱۵۳
۱۱	افزایش سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه های مرتبط با ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳،۷	۰،۰۱۳	۰،۰۵۱
۱۲	افزایش سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه های مرتبط با انرژی های نو در کشور	۳،۷	۰،۰۱۵	۰،۰۵۶
۱۳	رشد قیمت جهانی نفت	۳،۷	۰،۰۱۱	۰،۰۳۱
۱۴	افزایش سهم انرژی های نو در تولید برق ایران	۳،۷	۰،۰۱۳	۰،۰۳۸
۱۵	کاهش سطح بهره وری انرژی در کشور	۳،۷	۰،۰۱۲	۰،۰۳۵
۱۶	گسترش تمایل مصرف کنندگان انرژی به استفاده از سیستم های ارتقاء دهنده سطح بهره وری در کشور	۳،۷	۰،۰۱۸	۰،۰۶۵
۱۷	پهلود آشنایی مردم نسبت به استانداردهای مصرف انرژی	۳،۷	۰،۰۱۲	۰،۰۳۲
۱۸	قوانین محیط زیست در ایران	۳،۷	۰،۰۱۹	۰،۰۶۹
۱۹	افزایش حمایت های قانونی از بخش خصوصی برای سرمایه گذاری در انرژی های نو	۳،۷	۰،۰۱۵	۰،۰۵۷
۲۰	افزایش حمایت های قانونی از بخش خصوصی برای سرمایه گذاری در جهت ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳،۷	۰،۰۱۵	۰،۰۵۷
۲۱	افزایش عرضه تکنولوژی های نوین جهان در زمینه انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری	۳،۷	۰،۰۵۷	۰،۲۰۸
۲۲	توجه مناسب دانشگاه ها و مراکز علمی به توسعه تکنولوژی های انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳،۷	۰،۰۳۹	۰،۱۷۹
۲۳	گسترش رابطه با کشورهای پیشرو در زمینه انرژی های نو و بهره وری انرژی	۳،۷	۰،۰۲۲	۰،۰۸۰
۲۴	گسترش حمایت های بین المللی در زمینه انرژی های نو و بهره وری انرژی	۳،۷	۰،۰۲۲	۰،۰۷۹
۲۵	گسترش همکاری ساختار برق کشور با ساتبا	۳،۷	۰،۰۳۱	۰،۱۱۵
۲۶	افزایش تقاضای برق در کشور	۳،۳	۰،۰۱۰	۰،۰۳۳
۲۷	رشد اقتصادی ایران	۳،۳	۰،۰۰۹	۰،۰۳۰
۲۸	پهلود میزان آگاهی جامعه در زمینه انواع انرژی های نو	۳،۳	۰،۰۱۵	۰،۰۳۹
۲۹	رشد علاقه صنعت به استفاده از انرژی های نو	۳،۳	۰،۰۱۰	۰،۰۳۵
۳۰	رشد علاقه متخصصان به همکاری با ساتبا	۳،۳	۰،۰۱۳	۰،۰۳۲
۳۱	پیمان کیوتو	۳،۳	۰،۰۱۶	۰،۰۵۵
۳۲	نگرش مناسب برنامه چهارم و چشم انداز بیست ساله به ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳،۳	۰،۰۱۵	۰،۰۵۰
۳۳	نگرش مناسب برنامه چهارم و چشم انداز بیست ساله به توسعه انرژی های نو در کشور	۳،۳	۰،۰۱۵	۰،۰۵۰
۳۴	افزایش جریمه های مربوط به مصرف غیر اصولی سوخت و انرژی	۳،۳	۰،۰۱۵	۰،۰۵۱
۳۵	مصرف فزاینده انرژی های اولیه در جهان	۳،۳	۰،۰۱۶	۰،۰۵۳
۳۶	رشد بهره وری انرژی در جهان	۳،۳	۰،۰۱۳	۰،۰۳۷

۰،۰۲۲	۰،۰۰۷	۳،۰	پیوستن ایران به WTO	۳۷
۰،۰۲۳	۰،۰۰۸	۳،۰	زیربناهای مناسب انتقال و توزیع برق در کشور	۳۸
۰،۰۵۱	۰،۰۱۷	۳،۰	دسترسی آسان به نیروهای متخصص و تحصیل کرده در کشور در زمینه انرژی های تجدید پذیر و بهره وری انرژی	۳۹
۰،۰۲۷	۰،۰۰۹	۳،۰	رشد فعالیت مخترعان و طراحان صنعتی کشور در زمینه های مرتبط با بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی و انرژی های نو	۴۰
۰،۰۵۹	۰،۰۲۰	۳،۰	افزایش تمایل دانشگاه ها به همکاری با ساتبا	۴۱
۰،۰۱۸	۰،۰۰۷	۲،۷	دسترسی محدود بخش خصوصی به اعتبارات به منظور انجام فعالیتهای مرتبط با انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۴۲
۰،۰۳۳	۰،۰۱۲	۲،۷	جایگاه مناسب منابع انرژی فسیلی ایران در جهان	۴۳
۰،۰۶۶	۰،۰۲۵	۲،۷	رابطه سیاسی- اقتصادی ایران با سایر کشورها	۴۴
تهدیدها				
۰،۰۳۳	۰،۰۱۹	۲،۳	سیاست های انرژی تجدید پذیر کشور (وزارت نفت)	۴۵
۰،۰۵۲	۰،۰۲۲	۲،۳	نحوه سیاستگذاری نامناسب انرژی در کشور	۴۶
۰،۰۱۳	۰،۰۰۷	۲،۰	افزایش ظرفیت نیروگاه های برقی کشور و ترکیب آن	۴۷
۰،۰۳۵	۰،۰۱۸	۲،۰	فرهنگ نامناسب مصرف انرژی در خانوارهای ایرانی	۴۸
۰،۰۳۳	۰،۰۱۷	۲،۰	فرهنگ نامناسب مصرف بنزین و سایر سوخت های فسیلی در کشور	۴۹
۰،۰۳۲	۰،۰۱۶	۲،۰	فرهنگ نامناسب مصرف انرژی و سوخت در بخش صنعت و کشاورزی ایران	۵۰
۰،۰۱۶	۰،۰۱۰	۱،۷	افزایش کسری بودجه دولت (ناشی از یارانه های انرژی)	۵۱
۰،۰۱۸	۰،۰۱۱	۱،۷	ذخایر عظیم نفت و گاز ایران	۵۲
۰،۰۳۳	۰،۰۲۶	۱،۳	فعالیت ها موازی سازمان های مرتبط در زمینه انرژی های نو و بهینه سازی مصرف و تولید انرژی	۵۳
۰،۰۱۳	۰،۰۱۳	۱،۰	افزایش یارانه انرژی در کشور	۵۴
۳،۳۳۰	۱		جمع	

۱۲،۱،۳،۱ قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین المللی انرژی های تجدیدپذیر

(IRENA)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۱/۲۹

ماده واحده - : به دولت اجازه داده می شود در «آژانس بین المللی انرژی های تجدیدپذیر» عضویت یابد و نسبت به پرداخت حق

عضویت مربوط، اقدام نماید.

تبصره - : در مورد ماده (۱۶) «حل و فصل اختلافات» با رعایت اصل یکصد و سی و نهم (۱۳۹) قانون اساسی جمهوری اسلامی

ایران اقدام می شود.

۱۳,۱,۳,۱ لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو

نوع سند: لایحه

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره:

تاریخ: ۱۳۸۳/۱۰/۳۰

مقدمه

تغییر اقلیم در عصر حاضر به عنوان مهمترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است که به منابع طبیعی، منابع پایه، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی، فعالیت‌های اقتصادی و ... آسیب می‌رساند. این مبحث با اهمیت، در دهه ۱۹۷۰ میلادی در محافل علمی در پی افزایش میزان غلظت گازهای گلخانه‌ای جو در اثر فعالیت‌های انسانی مورد توجه قرار گرفت، پس از آن در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو معاهده‌ای تحت عنوان کنوانسیون تغییر آب‌وهوا مطرح شد و با امضای ۱۵۴ کشور جهان از سال ۱۹۹۴ لازم‌الاجرا گردید. جمهوری اسلامی ایران نیز در سال ۱۹۹۶ (۶ خردادماه ۱۳۷۵) به عضویت این کنوانسیون درآمد. پس از گذشت چند سال برای تقویت تعهدات کشورهای توسعه‌یافته پروتکلی تحت عنوان پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ برای امضای کشورهای عضو آماده شد که در سال ۲۰۰۴ اجرایی گردید. با لازم‌الاجرا شدن این پروتکل کشورهای توسعه‌یافته ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به میزان ۵/۲ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ شدند. ولیکن باید اذعان داشت که تاکنون در جهت کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط کشورهای عضو و کشورهای بزرگ صنعتی اقدامات مؤثرتری صورت نپذیرفته است، به طوری که سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای صنعتی حدود ۱۰ برابر کشورهای در حال توسعه می‌باشد و ادامه این روند در طی سال‌های آتی موجب به زیر آب رفتن برخی کشورها، افزایش بلایای طبیعی مثل طوفان، گردباد، سیل، انقراض بیش از ۳۰ درصد گونه‌های جانوری و گیاهی و ... خواهد شد. بنابراین با عنایت به وضعیت فعلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و عدم اجرای تعهد کشورهای عضو (و پیرو آن افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای)، بررسی درخواست‌های رسمی و مکرر دولت جمهوری بلاروس برای پیشبرد اهدافش در الحاق به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو

برای بهره‌مندی از اجرای مکانیسم مشترک و با توجه به محدودیت دوره اجرای مکانیسم یاد شده (در فاصله زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲) و فوریت امر ضروری است.

دولت جمهوری اسلامی ایران نیز برای الحاق کشور به پروتکل کیوتو در مورد تغییرات آب و هوا در چارچوب کنوانسیون سازمان ملل متحد لایحه‌ای را به مجلس شورای اسلامی ارسال کرد که در دی ماه سال ۱۳۸۳ با حضور رییس سازمان حفاظت محیط زیست وقت «خانم معصومه ابتکار» به تصویب مجلس رسید و برای تصویب نهایی به شورای نگهبان ارسال شد. بر اساس ماده واحده این لایحه به دولت جمهوری اسلامی ایران اجازه داده می‌شود نسبت به الحاق به پروتکل کیوتو از ملحقات کنوانسیون تغییر آب و هوا سال ۱۳۷۱ مشتمل بر یک مقدمه، ۲۷ ماده و ۲ ضمیمه اقدام و اسناد مربوطه در این زمینه را تسلیم سازمان‌های متولی کند. همچنین دولت تنها در صورتی مجاز به استفاده از ماده ۱۸ پروتکل و ماده ۱۴ کنوانسیون در مورد اختلاف است که مراتب به تصویب مجلس شورای اسلامی برسد. شورای نگهبان در ابتدا پذیرش پروتکل کیوتو را مغایر اصل ۱۳۹ و بند سیزدهم اصل سوم قانون اساسی تشخیص داد و این لایحه را با توجه به دو ایراد ذیل رد کرد:

۱- نظر به اینکه در ماده (۲۵) پروتکل تصریح شده است که هیچ‌گونه حق شرطی را نمی‌توان برای پروتکل منظور نمود، لذا تحفظ مذکور در متن ماده واحده بلااثر بوده و از این جهت پذیرش پروتکل مغایر اصل (۱۳۹) قانون اساسی است [اصل (۱۳۹) قانون اساسی: صلح دعای راجع به اموال عمومی و دولتی یا ارجاع آن به داوری در هر مورد موکول به تصویب هیأت وزیران است و باید به اطلاع مجلس برسد. در مواردی که طرف دعوی خارجی باشد و در موارد مهم داخلی باید به تصویب مجلس نیز برسد. موارد مهم را قانون تعیین می‌کند].

۲- با تأکید بر این که دولت در کلیه فعالیت‌های اقتصادی مطابق اصل (۵۰) قانون اساسی موظف به حفاظت محیط زیست و مبارزه با هر نوع فعالیت مخرب محیط زیست و آلوده شدن آن است، مع الوصف از این جهت که پذیرش پروتکل موجب محدودیت استفاده از سوخت‌های موجود در کشور است و استفاده از سوخت جایگزین نیز بالفعل مسلم نیست، الحاق به این پروتکل موجب اخلال در فعالیت‌های کشور در جهت استقلال اقتصادی، صنعتی و خودکفایی است و لذا مغایر بند سیزدهم اصل سوم قانون اساسی شناخته شده است.

در جلسه مربوط به بررسی مجدد، با توافق کمیسیون و شورای نگهبان و با ایراد اصلاحیه در متن ماده واحده (در سطر اول ماده واحده بعد از عبارت "اجازه داده می‌شود" عبارت "با رعایت اصول (۵۰) و (۱۳۹) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران"

اضافه گردید) لایحه مربوطه تصویب گردید و درحال حاضر ایران با تصویب پروتکل کیوتو در تاریخ ۲۳ اوت ۲۰۰۵ به‌عنوان یکی از کشورهای غیر عضو محسوب می‌گردد.

پروتکل کیوتو، اهداف و مکانیسم‌های موجود در آن

پروتکل کیوتو در سومین اجلاس متعهدین در کیوتو ژاپن تصویب و به مدت یک سال جهت امضای کشورها و اعضای کنوانسیون باز گذاشته شد. از اهداف اساسی پروتکل، ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای ضمیمه (I) کنوانسیون در کاهش انتشار و کمک‌های فنی و مالی به کشورهای درحال توسعه و کشورهایی که به شدت متأثر از آثار اقلیم هستند (ماده (۴/۸) تا (۴/۱۰) کنوانسیون) می‌باشند.

هریک از اعضا ضمیمه (I) به‌طور مستقل یا مشترک توسط پروتکل کیوتو متعهد شده‌اند تا انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند به‌طوری که میزان انتشار ۶ گاز گلخانه‌ای کشورهای توسعه‌یافته در محدوده سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ به ۵ درصد زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. از طرفی، برای تعدادی از کشورهای ضمیمه (I)، تعهدات معینی درخصوص کاهش گازهای گلخانه‌ای در قالب ضمیمه (B) لحاظ شده است که محدوده این تعهدات از ۸ درصد کاهش (کشورهای اتحادیه اروپا) تا ۱۰ درصد افزایش (ایسلند) نسبت به سطح انتشار سال ۱۹۹۰ می‌باشد. جدول ۲ ماده (۲) پروتکل، اعضای متعهد به پروتکل را جهت حصول به تعهدات کاهش انتشار خود در سطح ملی به گسترش اقدامات زیر ترغیب کرده است. این اقدامات عبارت است از:

- بهینه‌سازی مصرف سوخت،
- استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدناپذیر،
- گسترش فناوری‌های جدید،
- اصلاح روش‌های جنگلداری و کشاورزی.

همچنین کشورها، سیاست‌ها و اقدامات مختلفی را مانند مالیات بر کربن، برنامه‌های بهبود فناوری، تدوین نظام‌نامه‌ها و برنامه تجارت انتشار در سطح ملی پیگیری می‌نمایند. از طرفی، پروتکل کیوتو جهت کاهش انتشار و تسهیل انجام تعهدات کشورهای توسعه یافته مکانیسم‌های انعطاف‌پذیری تحت عنوان مکانیسم‌های مبتنی بر بازار در ماده (۱۲) و سایر مواد تنظیم کرده است،

به طوری که براساس پروتکل کیوتو، اعضای متعهد می‌توانند با اجرای پروژه‌ها در سایر کشورها، سیاست‌های کاهش انتشار را از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر نمایند. بدین منظور پروتکل کیوتو جهت ایجاد ساختار مبتنی بر نظام بازار سه مکانیسم زیر را تعیین کرده است:

- مکانیسم توسعه پاک (CDM): پروژه‌هایی که کشورهای توسعه یافته جهت تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار و همچنین کمک به توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه اجرا می‌کنند و بازاری کاهش انتشار، گواهی کاهش انتشار (CER^{۱۷}) دریافت می‌نمایند.
 - اجرای مشترک (JI): پروژه‌هایی هستند که با توجه به تجارب فن‌آورانه سایر کشورها، به منظور اجرای تعهد یا اخذ گواهی توسط برخی از کشورهای صنعتی در سایر کشورهای توسعه یافته اجرا می‌گردند.
 - تجارت انتشار (ET): با توجه به این که کشورهای صنعتی تحت پروتکل کیوتو متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند (هر کشور تعهد مستقلی دارد)، در راستای این تعهدات اگر کشوری نتواند سهم تعهدات خود را در کاهش انتشار برآورده نماید، می‌تواند از کشورهای صنعتی دیگر که بیش از سهم تعهد خود کاهش انتشار داشته‌اند، مجوز انتشار را خریداری نماید که این موضوع را تجارت انتشار می‌گویند.
- لازم به ذکر است که برای کشورهای غیرعضو ضمیمه (I) (ایران نیز به عنوان یکی از کشورهای غیرعضو محسوب می‌گردد) تعهدی در خصوص کاهش گازهای گلخانه‌ای منظور نشده است. لیکن این کشورها از کمک‌های مالی و فنی و انتقال فناوری از طرف کشورهای توسعه یافته ضمیمه I به منظور دسترسی به بخشی از تعهداتشان می‌توانند بهره‌مند گردند.

نکات کلیدی در خصوص منافع عضویت دولت بلاروس در پیوست (ب) پروتکل کیوتو

۱- کنوانسیون تغییرات آب‌وهوا دارای دو ضمیمه می‌باشد که در ضمیمه (۱) آن فهرست کشورهای است که متعهد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. در ضمیمه (۲) آن از بین کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون، کشورهایی که تعهد مالی نیز دارند، فهرست شده‌اند.

۲- پروتکل کیوتو که حدود پنج سال پس از کنوانسیون به تصویب رسید، نیز دارای دو پیوست می‌باشد. در پیوست (الف) فهرست گاز گلخانه‌ای که قابلیت کاهش در تعهدات کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون است، ذکر شده‌اند. در پیوست (ب) فهرست کشورهای عضو ضمیمه (۱) کنوانسیون و میزان درصد مجاز آن‌ها برای کاهش یا افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا قبل از سال ۲۰۱۲ میلادی نسبت به سال پایه ۱۹۹۰ می‌باشد، ذکر شده‌اند.

۳- جمهوری بلاروس که در پیوست (ب) فهرست نشده است، در سال ۲۰۰۶ در اجلاس کنفرانس اعضای کنوانسیون در نیروبی تقاضا کرده است که به عضویت پیوست (ب) درآید و با این هدف که دستکم مجاز باشد تا سال ۲۰۱۲ معادل ۹۲ درصد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سال ۱۹۹۰ را داشته باشد. این خواسته درحالی است که هم‌اکنون میزان انتشار جمهوری بلاروس ۳۸ درصد کمتر از سطح سال ۱۹۹۰ آنها می‌باشد. به عبارتی فقط می‌خواهد ۸ درصد متعهد شود و از الباقی ۳۰ درصد بهره دیگری ببرد.

۴- براساس مفاد بند «۴» مواد (۲۰) و (۲۱) پروتکل کیوتو برای اصلاح پیوست (ب) پروتکل در ابتدا اجماع و در صورت عدم حصول اجماع حداقل سه چهارم کشورهای عضو و حاضر در اجلاس باید در دو مرحله موافقت خود را با پیوستن کشوری یا هرگونه اعمال اصلاحی به پروتکل موافقت نمایند که هم‌اکنون جمهوری بلاروس خواهان موافقت جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان عضوی از سه چهارم اعضای پروتکل می‌باشد.

۵- در صورت عضویت جمهوری بلاروس به پیوست (ب) امکان فروش مجوز انتشار و یا فعالیت اجرایی مشترک با کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون به میزان ۳۰ درصد مازاد از گازهای گلخانه‌ای برای آن‌ها فراهم می‌گردد که این پذیرش به مفهوم ایجاد حدود ۴ میلیارد دلار (حدود ۲/۹ میلیارد یورو) درآمد برای آن‌ها خواهد بود.

۶- از منظر حفاظت از اتمسفر جهانی و در چارچوب نظرات تخصصی موضوع، فراهم کردن زمینه انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای، حتی به صورت مجاز و در چارچوب کنوانسیون و پروتکل، توجیهی در حمایت از اقدام ندارد.

۷- این پیشنهاد هرچند که در سال ۲۰۰۶ در اجلاس اعضای پروتکل کیوتو مورد تأیید قرار گرفته، لیکن تا به امروز چندان مورد پذیرش دولت‌ها نبوده است و تنها ۲۳ کشور بدان ملحق شده‌اند.

۸- با توجه به اینکه کشور بلاروس به دنبال این است که با قرار گرفتن در فهرست کشورهای غیرعضو ضمیمه (ب)، از مزایای کشورهای عضو این ضمیمه در قالب مکانیسم‌های مبتنی بر نظام بازار برخوردار شود، رأی مثبت ایران به الحاق بلاروس به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو، در راستای تقویت مناسبات بین دو کشور توجیه پذیر است. اما در مورد میزان تعهد بلاروس در ضمیمه (ب) ابهام وجود دارد. به عبارت دیگر عضویت در ضمیمه (ب) با درصد مشخص معنا پیدا می‌کند که در این لایحه به این موضوع اشاره‌ای نشده است.

اظهارنظر کارشناسی درباره لایحه پذیرش اصلاحیه ضمیمه «ب» پروتکل کیوتو

ماده واحده

به دولت اجازه داده می‌شود با توجه به ماده (۱۹) و بند «۴» ماده (۲۰) پروتکل کیوتو در مورد کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب‌وهوا، اصلاحیه ضمیمه (ب) آن در مورد افزودن نام «بلاروس» به ضمیمه یاد شده را بپذیرد و سند پذیرش را نزد امین اسناد تودیع نماید.

ارزیابی لایحه از دیدگاه حقوقی

با توجه به نکات مطرح شده و روابط دوستانه دولت جمهوری اسلامی ایران و دولت جمهوری بلاروس و نظر به درخواست‌های رسمی و مکرر دولت جمهوری بلاروس برای پیشبرد اهدافش در الحاق به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو به نظر می‌رسد که رأی مثبت ایران در راستای تقویت مناسبات دو کشور توجیه پذیر است. لیکن این امر نیازمند اصلاحات زیر در لایحه پیشنهادی می‌باشد:

۱- میزان درصد تعهد کاهش گازهای گلخانه‌ای توسط دولت بلاروس معین گردد.

۲- با توجه به اینکه لایحه فوق اصلاحیه پروتکل است و در غالب یک ماده واحده ارائه شده است و متن اصلاحیه به عنوان ضمیمه نیامده است، این شیوه مورد ایراد شورای محترم نگهبان خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با رایزنی با دولت محترم، دولت لایحه را اصلاح و مجلس شورای اسلامی نیز نسبت به تصویب آن اقدام کند.

۱،۳،۱،۱۴ لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر

نوع سند: لایحه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۴۲۷۳۵/۱۰۲۰۸۰

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۳/۰۷

مقدمه

بر اساس ماده (۶۲) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، وزارت نیرو مکلف به خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر (برق تجدیدپذیر) از بخش غیردولتی با نرخ‌های هزار و سیصد (۱۳۰۰) ریال بر کیلووات ساعت در ساعات اوج بار و میان‌باری و نهصد (۹۰۰) ریال در ساعات کم‌باری شده است. این اعداد در سال‌های بعد از ۱۳۸۷ نیز بر اساس فرمول مصوب در آیین‌نامه اجرایی بند (ب) ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه افزایش یافته است. از طرف دیگر، قیمت آزاد برق که توسط دولت پرداخت می‌شود (حتی پس از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها) تفاوت فاحشی با قیمت‌های مذکور دارد و این در حالی است که تأمین مابه‌التفاوت این نرخ‌ها (نرخ تکلیفی خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از بخش غیردولتی و قیمت آزاد برق) برای تحقق اهداف چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و چشم‌انداز تولید (۵۰۰۰) مگاوات انرژی تجدیدپذیر و ماده (۱۲۶) قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ضروری می‌باشد. با عنایت به ضرورت‌ها و دلایل توجیهی یاد شده، لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر تنظیم شده است.

متن لایحه

ماده واحده

وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق، به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده مبلغ بیست (۲۰) ریال به عنوان عوارض برق تجدیدپذیر در قبوض مربوط درج و از مشترکین برق که خارج از الگوی مصرف تعیین شده مصرف می‌کنند، دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب شرکت توانیر واریز و عین وجوه دریافتی با قابلیت امکان انتقال به سنوات بعد صرفاً بابت پرداخت به عنوان وجوه اداره شده یا یارانه سود تسهیلات و یا بهای خرید تضمینی برق از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر از بخش‌های تعاونی و خصوصی هزینه می‌گردد. منابع مذکور به عنوان درآمد شرکت‌های ذیربط محسوب نمی‌گردد.

کمیسیون‌های ارجاعی

اصلی:

کمیسیون اقتصادی - با حضور مسئولین، کارشناسان دستگاه‌های اجرایی ذیربط و همچنین کارشناسان مرکز پژوهش‌های مجلس مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت و در جلسه مورخ ۱۳۹۱/۰۸/۰۲ با اصلاحاتی به تصویب رسید.

فرعی:

کمیسیون‌های انرژی، برنامه و برده و محاسبات

در جلسه مورخ ۱۳۹۱/۰۷/۱۶ با حضور کارشناسان و مسئولین وزارت‌خانه‌های نیرو، نفت و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور مورد بحث قرار گرفت و با اکثریت آراء رد گردید.

نتیجه‌گیری

متن ماده واحده به خودی خود، ایرادی ندارد و کمک به تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر باید همواره در تمام برنامه‌های دولت جمهوری اسلامی ایران منظور شود. لکن عددی که در متن لایحه ارائه شده و نارضایتی که ممکن است در بخشی از افکار عمومی به وجود آورد و همچنین درآمدی که از این میزان عوارض عاید می‌شود، آورده ناچیزی است که برای حل مشکلات، اتفاق قابل توجهی رخ نخواهد داد.

در عین حال هرگونه تصمیم‌گیری در خصوص برقراری عوارض پیشنهادی آن هم خارج از قانون هدفمند کردن یارانه‌ها مورد تجویز نیست. بالاخص که در حال حاضر کلیه مشترکینی که خارج از الگوی مصرف و بالاتر از آن مصرف می‌نمایند، با نرخ‌های اعمال شده در قبوض مبالغ بیشتری را بابت برق مصرفی پرداخت می‌کنند. ضمن این‌که مشخص نیست چه بخشی از درآمدهای فوق صرف خرید برق از عرضه‌کنندگان تعاونی و خصوصی برق از منابع تجدیدپذیر خواهد شد.

بنابراین تصویب لایحه فوق توصیه نمی‌شود و پیشنهاد می‌شود به دولت توصیه شود در لایحه بودجه سال ۱۳۹۲ منابع لازم و کافی جهت سرمایه‌گذاری در استفاده از منابع تجدیدپذیر را منظور نموده و ارائه کند و کسب مبلغ پیش‌بینی شده ۵۰ میلیارد تومانی از محل اجرای هدف این لایحه در بهترین حالت هم نمی‌تواند مشکل موجود را مرتفع سازد.

۱۵,۱,۳,۱ ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

شماره: ۹۲/۳۷۵۳۴/۲۰/۱۰۰

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸

در اجرای مفاد بند (ب) ماده (۱۳۳) قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران و مصوبه شماره ۱۰۰/۳۷۷۳۲ مورخ ۹۱/۰۵/۰۸ شورای محترم اقتصاد، بدین وسیله پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های موضوع ماده یک این دستورالعمل در سال ۱۳۹۳ برای نیروگاه‌های مشمول ماده (۴) دستورالعمل مزبور معادل ۴۴۴۲ ریال و برای نیروگاه‌های غیرمشمول این ماده، معادل ۴۳۷۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تعیین می‌گردد. قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه‌ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می‌گردد. ضمناً پس از دوره ۵ ساله، سرمایه‌گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود.

ضروری است شرکت توانیر گزارش عملکرد قراردادهای منعقد شده با سرمایه‌گذاران بخش‌های خصوصی و تعاونی را برای اعلام به معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور به منظور درج منابع لازم برای پرداخت مابه‌التفاوت (مطابق ماده ۶ دستورالعمل مذکور) در مقاطع زمانی شش ماهه تهیه و به معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو ارسال نماید.

نرخ جدید برق از نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

تاریخ: ۱۳۹۳/۰۵/۱۴

بر اساس مصوبه اخیر وزیر نیرو، در اجرای مفاد بند (ب) ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه و مصوبه مورخ ۱۳۹۱/۰۵/۰۸ شورای اقتصاد، پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر موضوع ماده یک این دستورالعمل در سال ۱۳۹۳ معادل ۴۴۸۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تعیین می‌شود.

قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه‌ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می‌شود. همچنین پس از دوره ۵ ساله، سرمایه‌گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود.

۱۶،۱،۳،۱ تصویب نامه در خصوص خرید برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی‌های نو

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: هیأت وزیران

تاریخ: ۱۳۸۷/۰۸/۰۱

هیئت وزیران در جلسه مورخ ۱۳۸۷/۰۸/۰۱ بنابه پیشنهاد شماره ۷۵۴۰۸/۳۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۸۷/۷/۲۲ وزارت نیرو و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران تصویب نمود:

۱- نرخ خرید برق تولیدی بخش‌های غیر دولتی از منابع انرژی‌های نو به ترتیب از ششصد و پنجاه (۶۵۰) ریال در ساعات اوج و عادی به هزار و سیصد (۱۳۰۰) ریال و برای ساعات کم باری از چهار صد و پنجاه (۴۵۰) ریال به نهمصد (۹۰۰) ریال تغییر می‌یابد. این ارقام برای سال ۱۳۸۷ تعیین شده و در سال‌های بعد براساس فرمول مصوب در آیین‌نامه اجرایی شرایط و تضمین خرید برق موضوع بند «ب» ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه، موضوع تصویب نامه شماره ۱۶۸۲۵/ت/۳۳۱۸۸-هـ مورخ ۱۳۸۴/۴/۸ اصلاح خواهد شد.

۲- مابه‌التفاوت ناشی از اجرای این تصویب‌نامه از محل اعتبارات بند (۷) ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۸۷ کل کشور و با تصویب کارگروه مربوط در وجه شرکت توانیر به صورت هرساله ماه یکبار پرداخت می‌شود و در سال‌های بعد نیز در بودجه‌های سالیانه پیش‌بینی می‌شود.

۱۷,۱,۳,۱ قانون هدفمند کردن یارانه ها

ماده ۸

ب) دولت مکلف است سی درصد (۳۰٪) خالص وجوه حاصل از اجرای این قانون را برای پرداخت کمک‌های بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجرای موارد زیر هزینه کند:

اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر

۱۸,۱,۳,۱ ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: توانیر

شماره: ۱۱/۳۹۳۳

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۹/۱۹

شرایط مجوز اتصال به شبکه به شرح زیر ابلاغ می‌گردد:

- ۱- نیروگاه‌های کمتر از ۲۰ کیلووات نیاز به هماهنگی با شرکت توزیع برق دارد.
- ۲- نیروگاه‌های بین ۲۰ کیلووات تا ۲ مگاوات از شرکت توزیع برق مربوطه مجوز دریافت نماید.
- ۳- نیروگاه‌های ۲ مگاوات و بیشتر که به فیدر توزیع متصل می‌شود، پس از تأیید توسط شرکت توزیع از طریق معاونت هماهنگی توزیع مجوز دریافت نمایند.
- ۴- برای نیروگاه‌هایی که مستقیماً و یا از طریق فیدر اختصاصی به پست فوق توزیع و نیروگاه‌های ۷ مگاوات و بالاتر تا ۱۵ مگاوات که به ولتاژ اولیه و یا ثانویه پست‌های فوق توزیع متصل می‌گردند، پس از انجام مطالعات و تأیید شرکت برق منطقه‌ای ذیربط، مجوز از معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه دریافت گردد.

۵- برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر ۱۵ مگاوات و بالاتر و یا نیروگاه‌هایی که به شبکه انتقال (بیشتر از ۱۳۲ کیلووات و با هر ظرفیتی حتی کمتر از ۱۵ مگاوات) متصل می‌گردند، پس از انجام مطالعات، مجوز معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه دریافت گردد.

۶- مطالعات مربوط به اتصال نیروگاه‌های تجدیدپذیر به شبکه پس از صدور موافقت اولیه و در مطالعات امکان‌سنجی، توسط سرمایه‌گذار و یا مشاور انتخابی سرمایه‌گذار انجام گیرد.

۷- معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه و یا شرکت‌های زیرمجموعه، اطلاعات پایه برای انجام مطالعات را در اختیار سرمایه‌گذار و یا مشاور انتخابی ایشان مطابق قوانین و مقررات قرار خواهند داد.

۸- موارد لازم برای انجام مطالعات شبکه به شرح زیر می‌باشد:

۱-۸- بررسی وضعیت موجود و طرح‌های آینده شرکت برق ذیربط (شامل نیروگاه، پست و خط)

۲-۸- مشخصات واحدهای نیروگاه تجدیدپذیر که برای انجام مطالعات اتصال به شبکه لازم می‌باشند (نظیر مگاوات و مگاوار تولیدی هر واحد، سال بهره‌برداری کل واحدها و ...)

۳-۸- بررسی موقعیت نیروگاه و آرایه طرح‌های اتصال نیروگاه به شبکه

۴-۸- مطالعات فنی شامل مطالعات پخش بار، اتصال کوتاه، پایداری و ...

۵-۸- آرایه طرح نهایی اتصال نیروگاه به شبکه و پیشنهادات لازم برای اتصال به شبکه

۶-۸- مطالعات مربوط به هارمونیک (به خصوص قبل از بهره‌برداری و اتصال نیروگاه به شبکه) جهت رعایت استانداردهای وزارت نیرو

۱۹,۱,۳,۱ طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو

نوع سند: طرح

تصویب کننده: مجموعه شرکت توانیر

تاریخ شروع طرح: ۱۳۹۱/۰۲/۳۱

شرح وظایف

۱- اطلاع‌رسانی، بسترسازی و برنامه‌ریزی جهت توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

۲- انجام هماهنگی لازم با ارگانهای ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاههای تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

۳- ارائه اطلاعات و همکاری در تدوین اهداف، لوایح قانونی، مقررات، سیاست‌ها و ...

۴- تدوین و ایجاد رویه‌های اجرایی مورد نیاز

۵- ایجاد هماهنگی لازم با شرکتهای برق منطقه‌ای و توزیع نیروی برق

۶- پیش‌بینی بودجه و اعتبارات مورد نیاز

۷- بررسی مدارک و مستندات جهت صدور موافقتنامه و پروانه احداث

۸- آماده‌سازی قراردادهای خرید تضمینی برق

۹- نظارت عالیه بر قراردادهای خرید تضمینی برق

۱۰- همکاری در تدوین استاندارد و معیارهای فنی مرتبط با نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

هدف

در سال‌های اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی پدیده بحران انرژی را در جهان به وجود آورده است. مطالعات نشان می‌دهد منابع انرژی فسیلی بعد از سال ۲۱۰۰ میلادی عملاً قابل استفاده نیستند یا هزینه بالای استخراج، اجازه بهره‌برداری از آن را نمی‌دهد. از سوی دیگر خطرات ناشی از آلودگی محیط زیست از جمله علی است که استفاده از منابع انرژی فسیلی را محدود می‌سازد؛ لذا برنامه‌ریزی جهت افزایش راندمان و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان سیاست‌های راهبردی صنعت برق مورد توجه می‌باشد.

طرح تولید پراکنده و انرژی‌های نو به منظور توسعه تولید پراکنده در کشور و همچنین افزایش سهم تولید برق کشور از انرژی‌های تجدیدپذیر در شرکت توانیر ایجاد گردیده است.

۲۰,۱,۳,۱ مصوبه شورای عالی اداری درخصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

شماره: ۹۲/۳۷۵۳۴/۲۰/۱۰۰

تاریخ: ۱۳۸۳/۰۹/۲۱

۱۳۸۳/۰۹/۲۱

شورای عالی اداری در صد و بیست و یکمین جلسه مورخ

بنابه پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و به منظور ایجاد انسجام تشکیلاتی در ساختار دولت و استفاده بهینه از منابع مالی، فیزیکی، انسانی و اطلاعاتی در رابطه با انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور و جلوگیری از تداخل وظایف بین دستگاه‌های اجرایی تبصره ۱۲ قانون بودجه سال ۱۳۸۳ کل کشور، تصویب نمود:

۱- کلیه مأموریت‌ها و فعالیت‌های قانونی مربوط به انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و امور سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی نظارت و حمایت از فعالیت‌های مربوط در بخش غیر دولتی در وزارت نیرو متمرکز می‌گردد.

تبصره ۱: وزارت نیرو مکلف است برای انجام تصدی‌های مربوط به استفاده از انرژی‌های نو با حمایت از بخش خصوصی، زمینه را برای واگذاری این گونه امور به بخش غیر دولتی فراهم نماید و پروژه‌های عملیاتی و توسعه فناوری خود را از طریق عقد قرارداد با بخش غیردولتی انجام دهد.

تبصره ۲: وزارت نیرو می‌تواند برای تقویت پژوهش‌های مربوط به انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) از طریق عقد قرارداد با دانشگاه‌ها و مراکز و مؤسسات پژوهشی دولتی و غیر دولتی و سایر سازمان‌ها نسبت به انجام مطالعات و تحقیقات لازم درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) اقدام نماید.

تبصره ۳:

۱- امور مربوط به حمایت از بهینه‌سازی مصرف سوخت‌های فسیلی مانند تولید آبگرمکن‌های خورشیدی، حمام‌های روستایی و پمپ‌های بادی آبکش، با رویکرد سفارش کار به بیرون کماکان در وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت) انجام خواهد شد.

۲- کلیه وظایف، فعالیت‌ها، مسئولیت‌های قانونی، اعتبارات، نیروی انسانی و امکانات و تجهیزات سازمان انرژی اتمی ایران، وزارت جهاد کشاورزی در رابطه با امور انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) به وزارت نیرو منتقل می‌شود.

۳- برای تعیین تکلیف اعتبارات، نیروی انسانی، امکانات و تجهیزات دستگاه‌هایی که در اجرای این مصوبه قابل انتقال به وزارت نیرو می‌باشند، کمیته‌ای متشکل از نمایندگان تام‌الاختیار وزارت نیرو، سازمان انرژی اتمی ایران، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت امور اقتصادی و دارایی تشکیل و ظرف مدت سه ماه نسبت به آن تصمیم‌گیری خواهند نمود.

۴- به منظور اجرای این مصوبه، در صورتی که نیاز به اصلاحات در ساختار سازمانی دستگاه‌های وابسته به وزارت نیرو باشد، وزارت مذکور می‌تواند با رعایت سیاست‌های تعیین شده، ساختار سازمانی مناسب را تنظیم و به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور پیشنهاد نماید. این پیشنهاد نباید منجر به گسترش تشکیلات شود.

۵- سازمان انرژی اتمی ایران و وزارت جهاد کشاورزی موظفند متناسب با مفاد این مصوبه حداکثر ظرف مدت ۳ ماه نسبت به بازنگری و تجدید تشکیلات مربوط اقدام و پیشنهاد لازم را برای تأیید به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارائه نمایند.

۶- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف است گزارش اجرای این مصوبه را ظرف مدت ۴ ماه به شورای عالی اداری ارائه نماید.

۲۱،۱،۳،۱ قوانین بودجه

الف) قانون بودجه سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ کشور در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی

مصرف انرژی

نوع سند: قانون دائمی

تاریخ: ۱۳۸۴ - ۱۳۸۳

بند الف تبصره ۱۲- به منظور تشویق صنایع در امر بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان یارانه سود تسهیلات برای کاهش شدت انرژی در نظر گرفته شود.

ب) قانون بودجه سال ۱۳۹۲

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۳/۱۹

عطف به نامه شماره ۲۴۱۶۵۰ مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۹ در اجرای اصل یکصد و بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، قانون بودجه سال ۱۳۹۲ کل کشور که به عنوان لایحه به مجلس شورای اسلامی تقدیم گردیده بود، با تصویب در جلسه علنی روز یکشنبه مورخ ۱۳۹۲/۰۳/۱۹ و تأیید شورای محترم نگهبان، به پیوست ابلاغ می‌گردد.

ماده ۱۹

به منظور اجرای طرح‌های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی مصرف، صرفه‌جویی در مصرف سوخت مایع و افزایش سهم صادرات سوخت، به وزارت نیرو اجازه داده می‌شود تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد (۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به روش بیع متقابل با سرمایه‌گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی قرارداد اجرای طرح‌های افزایش بازدهی و تولید نیروگاه‌های بخش دولتی و

خصوصی، توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات و بهینه‌سازی مصرف انرژی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل منعقد نماید.

دولت مکلف است در قبال این تعهد، سوخت مایع (نفت گاز) صرفه‌جویی شده یا معادل آن نفت خام را با محاسبه میزان صرفه‌جویی حاصله در مدت حداکثر دو سال به سرمایه‌گذاران تحویل نماید. آیین‌نامه اجرائی این بند توسط وزارتخانه‌های نیرو و نفت حداکثر دوماه پس از تصویب این قانون با تأیید معاونت به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۲۶

دولت موظف است در ازای برقی کردن چاه‌های کشاورزی با منابع انرژی نوین (از جمله انرژی خورشیدی) به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی (نفت گاز) مبلغ معادل پرداختی بابت یارانه سوخت را به شرکت‌های تولیدی سیستم برق من جمله خورشیدی پرداخت نماید و تجهیزات مربوطه را به کشاورزان تحویل نماید.

ماده ۶۹

وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده مبلغ سی (۳۰) ریال به‌عنوان عوارض برق در قبوض مربوطه درج و از مشترکین برق به‌استثنای مشترکین خانگی روستایی دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب شرکت توانیر نزد خزانه‌داری کل کشور واریز و عین وجوه دریافتی صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه‌های روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک هزینه می‌شود. منابع مذکور به‌عنوان درآمد شرکت‌های ذیربط محسوب نمی‌شود.

وضعیت پرداخت از محل صورت وضعیت‌های ارایه شده

- صورت وضعیت شماره ۱ به مبلغ ۲۳۸۹۳ میلیون ریال به شرکت توزیع مازندران پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۲ به مبلغ ۲۱۱۷۳ میلیون ریال به شرکت‌های توزیع اردبیل، استان اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۳ به مبلغ ۱۳۹۵۸۸ میلیون ریال به شرکت‌های توزیع همدان، لرستان، اهواز، کردستان، فارس، شمال کرمان، جنوب کرمان و گیلان پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۴ به مبلغ ۲۳۷۱۱۷ میلیون ریال به شرکت‌های توزیع آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، استان اصفهان، شهرستان اصفهان، چهارمحال و بختیاری، مرکزی، نواحی تهران، خراسان رضوی، خراسان جنوبی،

خراسان شمالی، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، کرمانشاه، سیستان و بلوچستان، شیراز، غرب مازندران، گلستان و هرمزگان در دست پیگیری و پرداخت می‌باشد.

- صورت وضعیت شماره ۵ به مبلغ ۱۶۷۳۷۷ میلیون ریال به شرکت‌های توزیع تبریز، قم، مشهد، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، ایلام، فارس، هرمزگان و یزد در دست پیگیری و پرداخت می‌باشد.
- صورت وضعیت شماره ۶ به مبلغ ۱۴۵۹۵۰ میلیون ریال به شرکت‌های توزیع نیروی برق آذربایجان غربی، مشهد، خراسان رضوی، اهواز، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، سمنان، بوشهر، استان مازندران، گلستان و هرمزگان در دست پیگیری و پرداخت می‌باشد.

۲۲,۱,۳,۱ پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فناوری و نوآوری کشور

نوع پروژه: کاربردی

حوزه کاری: مطالعات راهبردی فناوری

مجری: گروه مطالعات راهبردی پژوهشکده مطالعات فناوری - ریاست جمهوری

تاریخ: شهریورماه ۱۳۹۲

شرح مختصر

تقابل آراء در موارد مختلف حقوقی مرتبط با علم و فناوری، مثل حمایت از مالکیت فکری، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و از طرفی تدوین قوانین و مقررات علم و فناوری توسط نهادهای مختلف که آراء متفاوت و بعضاً متقابلی نسبت به یکدیگر دارند، باعث شکل‌گیری بدنه‌ای از قوانین و مقررات و اسناد علم و فناوری کشور در سطوح مختلف شده است که بعضاً از یکپارچگی برخوردار نیستند و در برابر یکدیگر قرار می‌گیرند.

تنقیح موارد اختلاف و رفع چنین وضعیت نامطلوبی تنها با ایجاد تعامل بین مکاتب و نهادهای مرتبط صورت خواهد گرفت. از این رو به نظر می‌رسد علاوه بر سیاست‌پژوهی مستمر برای رصد، ارزیابی و تولید گزینه‌های سیاستی جدید، ایجاد یک شبکه از

بازیگران مرتبط و تسهیل‌گری برای ایجاد گفت‌وگو بین آن‌ها و رفع تضادها و تقابل‌های نامطلوب در حال حاضر راهگشای حرکت به سمت وضعیت بهتر خواهد بود.

پژوهش حاضر بر اساس دو محور اقدام پژوهی و شبکه‌سازی، سعی در جمع‌آوری و به اشتراک‌گذاری قوانین و مقررات مرتبط با علم و فن‌آوری کشور، و سپس تلاش برای تنقیح و رفع تقابل‌های نامطلوب خواهد داشت. طراحی و استقرار وبسایت جامع قوانین و مقررات علم و فناوری، تکمیل و نمایه داده‌های مربوطه در وبسایت، گردآوری و ایجاد تعامل بین بازیگران حوزه حقوق و سیاست‌گذاری علم و فن‌آوری از مهم‌ترین ارکان این طرح خواهند بود.

ضرورت و اهداف

- فقدان بستر اطلاعاتی برای مراجعه کنشگران علم و فن‌آوری کشور
- نبود نهاد تخصصی برای تحلیل و تنقیح قوانین علم و فناوری (نگاه ملی به تدوین قوانین)
- نبود سازوکاری برای بازخورد و اصلاح قوانین مصوب (یادگیری)
- لزوم ایجاد تعامل و تضارب آراء درباره‌ی قوانین علم و فناوری

مراحل انجام پروژه

الف) طراحی مدل اجرایی پروژه

- ۱- بررسی پیشینه فعالیت‌های انجام شده
- ۲- طراحی سازوکارهای لازم مثل بازاریابی سایت، پایایی، ایجاد تعامل، انگیزه‌بخشی برای مراجعه به پایگاه، سیاست‌های

انتشار

ب) گردآوری و تجزیه قوانین و مقررات (موجود و یا در حال تدوین و تصویب)

- ۱- اسناد سیاستی ملی / قوانین مجلس / مصوبات شوراهای عالی در سطح ملی نظیر:
 - قانون حمایت از شرکت‌ها و مؤسسات دانش‌بنیان و تجاری‌سازی نوآوری‌ها و اختراعات
 - سند نقشه جامع علمی کشور
 - فصل دوم از برنامه پنجم توسعه

- بندهای مرتبط از قانون بودجه در حوزه علم و فناوری
- سیاست‌های کلان ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری نظیر سیاست‌های تولید ملی و حمایت از کار و سرمایه ایرانی
- و....
- اسناد موضوعی و بخشی که در سطح ملی تأثیرگذارند همچون: نظام جامع فناوری اطلاعات کشور (سند راهبردی)، سند راهبردی توسعه فناوری نانو، سند راهبردی پژوهش و فناوری صنعت نفت، سند جامع توسعه هوافضای کشور، سند علوم شناختی، سند زیست فناوری

۲- مصوبات دولت در سطح هیأت وزیران نظیر ضوابط اجرایی قوانین بودجه و غیره.

۳- مصوبات معاونت علمی، مصوبات وزارت علوم، مصوبات وزارت صنایع (تا ۳۰ مصوبه کلیدی)

۴- مصوبات قوه قضائیه مرتبط با ثبت اختراع همچون قانون ثبت اختراعات کشور

۲,۳,۱ شناسایی بازیگران فعال در این حوزه

در این گزارش، تلاش شده است تا بازیگران اصلی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به خصوص انرژی خورشیدی در کشور، شناسایی و معرفی گردند. گروه اول از بازیگران، نهاد های حاکمیتی و دولتی هستند که بیشتر نقش سیاست‌گذاری و نظارت در امور فوق‌الذکر را دارند. گروه دوم و سوم به ترتیب، مراکز پژوهشی و مراکز دانشگاهی هستند. لیست بازیگران شناسایی شده در این قسمت آورده شده است.

الف) نهاد های حاکمیتی و دولتی

- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام
- کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام
- مجلس شورای اسلامی
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو
- وزارت نیرو
- شرکت توانیر
- سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
- سازمان توسعه برق
- سازمان حفاظت محیط زیست
- سازمان منابع طبیعی
- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- شورای عالی علوم، تحقیقات فناوری (عتف)
- وزارت علوم
- دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

ب) مراکز پژوهشی

- سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران
- پژوهشگاه نیرو
- پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو
- گروه انرژی‌های نو
- مرکز توسعه فناوری نیرو (متن)
- پژوهشگاه مواد و انرژی
- پژوهشکده انرژی پژوهشگاه مواد و انرژی
- پژوهشکده انرژی و محیط زیست
- موسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی

- موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
- مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم تحقیقات

ج) مراکز دانشگاهی

- دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور
- دانشگاه علمی کاربردی صنعت آب و برق
- دانشگاه صنعتی شریف
- دانشکده مهندسی انرژی
- پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف
- دانشگاه تهران
- دانشکده مهندسی برق پردیس دانشکده‌های فنی
- گروه انرژی‌های نو و محیط زیست دانشکده علوم و فنون نوین
- دانشگاه علم و صنعت ایران
- پژوهشکده سبز
- دانشگاه فردوسی مشهد
- پژوهشکده هواخورشید

۱,۲,۳,۱ مجمع تشخیص مصلحت نظام

جمهوری اسلامی را می‌توان از بی‌بدیل‌ترین نظام‌های سیاسی جهان معاصر خواند. این نظام که از سال ۱۳۵۸ پس از تصویب قانون اساسی برای نخستین بار فراروی جامعه جهانی قرار گرفت از ویژگی‌های منحصر بفرد حقوقی و سیاسی برخوردار است. ترکیب و تحقق دو عنصر اسلامیت و جمهوریت در قالب قوانین اجرایی از اصلی‌ترین ویژگی‌های این نظام به شمار می‌آید.

تحقق جمهوریت از طریق تشکیل مجلس شورای اسلامی با انتخاب مستقیم نمایندگان توسط مردم و بعنوان یکی از جلوه‌های حاکمیت ملی باوظیفه قانونگذاری و تحکیم سندیت شرعی و قانون اساسی و تحقق اسلامیت در قوانین از طریق تشکیل نهاد شورای نگهبان، ترکیبی است که در قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران مصوب سال ۱۳۵۸ پیش بینی شده بود.

بدیهی است در فرآیند نخستین سالهای شکل‌گیری و تحقق نظامی نو با ویژگیهای یاد شده، اختلاف نظر پیرامون منطبق ساختن قوانین کشور با احکام شرع و قانون اساسی اجتناب‌ناپذیر نماید (۵).

از جمله مجلس شورای اسلامی با ملاحظه ضرورتها، لوایح و طرحهایی را به تصویب می‌رساند که بعضاً وضعیت جدیدی را پایه‌گذاری می‌کرد، شورای نگهبان نیز گرچه همین هدفها را محترم می‌شمرد ولی این قبیل مصوبات را حسب وظایف قانونی خود خلاف شرع یا قانون اساسی تشخیص می‌داد و وظیفه‌ای نیز برای مبنا قراردادن احکام ثانویه و حکومتی، ضرورتها و مصلحت‌ها نداشت.

در چنین مواقعی شورای نگهبان به دلیل نوع و شیوه قانون‌گذاری در کشور، الزام داشت نظرات خود را به مجلس شورای اسلامی اعلام کند. (عودت مصوبه مجلس) تاکید مجلس شورای اسلامی بر مصوبه خود و عدم تامین نظر شورای نگهبان شرايطی را به وجود می‌آورد که ضرورت ایجاد یک نهاد فصل الخطاب برای تشخیص مصلحت اجتناب‌ناپذیر نشان می‌داد.

با وجود رهبری در راس نظام جمهوری اسلامی، تدوین کنندگان قانون اساسی در سال ۱۳۵۸ تشکیلات و جایگاه جداگانه‌ای برای حل اختلاف بین دو نهاد یاد شده پیش بینی نکرده بودند ولی تکرار اختلاف نظرها که رو به تزاید بود عملاً باعث ورود مقام رهبری به مباحث درونی یک قوه بعنوان یک روش می‌گردید و حضور معظم له در مسیر مستقیم قانون‌گذاری را بطور محسوسی افزایش می‌داد و چنین روشی با دیدگاههای بنیانگذار جمهوری اسلامی ایران حضرت امام خمینی (ره) مبنی بر پرهیز از ورود مستقیم و گسترده در حوزه وظایف قوا تناسب نداشت (البته این مسئله با مدیریت بحران‌ها و حل معضلات اساسی که همواره به عهده مقام رهبری است، متفاوت است).

اختلاف نظرهای مورد بحث در سالهای نخست شکل‌گیری نهادهای قانون‌گذاری عمدتاً در دو موضوع قانون کار و قانون اراضی شهری بیش از همه ظهور پیدا کرد.

سرانجام پس از مکاتباتی بین مقامات عالی‌رتبه و ذیربط وقت کشور، درخواستی در بهمن ماه ۱۳۶۲ به امضاء رئیس جمهور وقت (حضرت آیت ... خامنه ای)، رئیس وقت مجلس شورای اسلامی آیت ... هاشمی رفسنجانی، رئیس وقت دیوان عالی کشور آیت ... موسوی اردبیلی، نخست وزیر وقت جناب آقای مهندس میر حسین موسوی و حجه الاسلام حاج سید احمد خمینی به حضرت امام خمینی (ره) برای چاره جویی در این باره، تقدیم گردید.

حضرت امام (ره) در تاریخ ۱۷ بهمن ۱۳۶۶ هجری شمسی با صدور فرمانی، مجمع تشخیص مصلحت نظام را برای رسیدگی به این قبیل امور تاسیس فرمودند. این مجمع که در آغاز تاسیس، صرفاً بمنظور تشخیص مصلحت در موارد اختلاف بین مجلس و شورای نگهبان تاسیس گردیده بود، هنگامیکه قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۶۸ مورد بازنگری قرار گرفت پس از بحث های مشروح درباره جایگاه مجمع تشخیص مصلحت، وظایف یازده گانه ای مستند به اصول ۱۱۲، ۱۱۱، ۱۱۰ و ۱۷۷ برعهده این مجمع قرار گرفت، تا بعنوان حلقه تکمیلی در حاکمیت نظام جمهوری اسلامی و در شرایط مختلف ایفای نقش نماید.

وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام

وظایف مجمع، به استناد اصول و بندهای قانون اساسی به شرح زیر است:

- ارائه مشاوره به مقام معظم رهبری در تعیین سیاستهای کلی نظام (به استناد بند ۱ اصل ۱۱۰ قانون اساسی)
- پیشنهاد چگونگی حل معضلات نظام که از طریق عادی قابل حل نیست به مقام معظم رهبری (به استناد بند ۸ اصل ۱۱۰ قانون اساسی)
- تشخیص مصلحت در مواردی که مصوبه مجلس شورای اسلامی را شورای نگهبان خلاف موازین شرع و یا قانون اساسی بداند (به استناد اصل ۱۱۲ قانون اساسی)
- مشاوره در اموری که مقام رهبری به مجمع ارجاع می‌دهد (به استناد اصل ۱۱۲ قانون اساسی)
- نظارت بر حسن اجرای سیاستهای کلی نظام (به استناد نامه مورخ ۷۷/۱/۱۷ مقام معظم رهبری)
- مشاور رهبری در موارد اصلاح یا متمیم قانون اساسی (به استناد اصل ۱۷۷ قانون اساسی)
- عضویت در شورای بازنگری قانون اساسی (اعضاء ثابت مجمع) (به استناد اصل ۱۷۷ قانون اساسی)
- انتخاب یکی از فقهای شورای نگهبان برای عضویت در شورای موقت رهبری (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)

- تصویب برخی از وظایف رهبری برای اجراء توسط شورای موقت رهبری (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)
- انتخاب جایگزین هریک از اعضا شورای موقت رهبری در صورت عدم توانایی انجام وظایف (به استناد اصل ۱۱۱ قانون اساسی)
- پیشنهاد چگونگی اتخاذ تصمیم شورای موقت رهبری در مورد وظایف مصرح در بندهای اصل یکصد و دهم که در اصل یکصد و یازدهم تصریح گردیده است.

مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام

مرکز تحقیقات استراتژیک با هدف تدوین و تنظیم استراتژی برای جمهوری اسلامی ایران در ابعاد گوناگون، در سال ۱۳۶۸ تشکیل گردید. وظیفه این مرکز انجام مطالعات استراتژیک در زمینه‌های مختلف بین‌المللی، سیاسی، اقتصادی، حقوقی، فرهنگی و اجتماعی می‌باشد. این مرکز تا سال ۱۳۷۶ در زمره یکی از مؤسسات تابعه نهاد ریاست جمهوری قرار داشت، اما در این سال براساس مصوبه شورای عالی اداری از نهاد ریاست جمهوری منتزع گردید و به عنوان مرکز تحقیقاتی به مجمع تشخیص مصلحت نظام پیوست. در این راستا انجام مطالعه و تحقیق پیرامون آن دسته از موضوعاتی که براساس قانون در حیطه وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام قرار دارد (تدوین سیاست‌های کلان نظام، ارائه مشاوره به رهبری، بازنگری احتمالی قانون اساسی، ارائه راه‌حل در زمینه معضلات کلان و موضوعات مورد اختلاف میان نهادهای قانونی و...) از دیگر وظایف این مرکز می‌باشد. با توجه به اینکه مجمع تشخیص مصلحت نظام در جهت تدوین استراتژی کلی نظام عمل می‌نماید، لذا فعالیت‌های پژوهشی مرکز نیز عمدتاً ماهیتی استراتژیک دارند. مرکز تحقیقات استراتژیک بخش قابل ملاحظه‌ای از نتایج تحقیقات خود را برای مسؤولان عالی رتبه کشور ارائه می‌کند و برخی را نیز به صورت کتاب منتشر می‌سازد. علاوه بر آن، نشریه "راهبرد" فصلنامه مرکز تحقیقات استراتژیک نیز بخش دیگری از نتایج تحقیقی را در قالب مقالات منتشر می‌کند. فصلنامه National Interest نشریه دیگر این مرکز می‌باشد که به زبان انگلیس منتشر می‌شود.

اهداف مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام

طراحی استراتژی جامع با سازگاری و انسجام درونی که در عین وفاداری به آرمانها از واقع بینی کافی نسبت به توان و موقعیت ملی و منطقه‌ای و بین‌المللی کشور برخوردار باشد، مستلزم نهادی است که با بسیج تمامی توان علمی و کارشناسی کشور، ساز و کار رسمی برای دستیابی به چنین هدفی را فراهم آورد.

ساختار مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام

مرکز تحقیقات استراتژیک دارای شش معاونت به شرح ذیل می‌باشد:

۱- معاونت پژوهش‌های روابط بین‌الملل

این معاونت دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی دموکراسی و حقوق بشر
- گروه پژوهشی امنیت بین‌الملل و تروریسم
- گروه پژوهشی خلع سلاح
- گروه پژوهشی سازمان‌های بین‌المللی
- گروه پژوهشی توسعه پایدار و محیط زیست

۲- معاونت پژوهش‌های سیاست خارجی

این معاونت دارای ۷ گروه مطالعاتی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه مطالعات مبانی سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران
- گروه مطالعات استراتژیک
- گروه مطالعات خاورمیانه و خلیج فارس
- گروه مطالعات اروپا و آمریکا

- گروه مطالعات آسیا
- گروه مطالعات اوراسیا
- گروه مطالعات اقتصاد سیاسی بین‌الملل

۳- معاونت پژوهش‌های اقتصادی

این معاونت دارای ۱۰ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی امور زیربنایی
- گروه پژوهشی اقتصاد انرژی
- گروه پژوهشی اقتصاد مسکن و ساختمان
- گروه پژوهشی امور کشاورزی
- گروه پژوهشی برنامه و بودجه
- گروه پژوهشی شاخص‌سازی و آینده‌پژوهی
- گروه پژوهشی عدالت و رفاه اقتصادی
- گروه پژوهشی فن‌آوری‌های نو
- مدیریت امور پژوهشی و اطلاع‌رسانی
- مدیریت ارتباطات و هماهنگی‌های بین‌المللی

۴- معاونت پژوهش‌های فرهنگی و اجتماعی

این معاونت دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی اجتماعی
- گروه پژوهشی اقوام و اقلیتها
- گروه پژوهشی رسانه

- گروه پژوهشی فرهنگی
- گروه پژوهشی مدیریت، آموزش و منابع انسانی

۵- معاونت پژوهش‌های فقهی و حقوقی

این معاونت دارای ۴ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی اندیشه اسلامی
- گروه پژوهشی حقوق جزا و خصوصی
- گروه پژوهشی حقوق عمومی و بین‌الملل
- گروه پژوهشی فقه

۶- معاونت اجرایی و اطلاع‌رسانی

مرکز تحقیقات استراتژیک با هدف تبادل افکار میان صاحب‌نظران دانشگاهی از داخل و خارج از کشور و مسئولین اجرایی به صورت دائم و منظم میزگردها و سمینارهایی را در زمینه مسایل مهم بین‌المللی و سیاست خارجی و مسایل داخلی برگزار می‌نماید. این مرکز از نظرات کارشناسی صدها تن از اساتید داخل و خارج و همچنین مدیران رده بالای کشور به عنوان کارشناس بهره می‌گیرد.

کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام

کمیته خاص محیط زیست در بهمن ماه سال ۱۳۹۲ در راستای اهداف دبیرخانه مجمع تشخیص مصلحت نظام و عنایت به اصل پنجاهم قانون اساسی با هدف تدوین و پیشنهاد سیاستهای کلی محیط زیست و آرایه نظرات مشورتی به ارکان آن، در اجرای ماده ۳۳ آیین نامه داخلی مجمع به منظور ارزیابی گزارشهای دستگاه‌های دولتی جهت طرح در کمیسیون‌های مجمع تشکیل شد.

وظایف و ماموریت های کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام

الف - وظایف اساسی کمیته

- پیشنهاد سیاستهای کلی محیط زیست و چگونگی حل معضلات زیست محیطی
- تشخیص مصلحت های زیست محیطی و ارایه نظر در خصوص موارد اختلافی مجلس و شورای نگهبان با موضوع محیط زیست
- مشاوره در امور محیط زیست و اظهار نظر کارشناسی در خصوص مسایل زیست محیطی به رییس، دبیر و کمیسیون های دبیرخانه مجمع
- نظارت بر حسن اجرای سیاستهای کلی مصوب محیط زیست

ب - شرح وظایف

- تهیه پیش نویس سیاستهای کلی محیط زیست
- تدوین راهبرد، راهکار و شاخص ها جهت عملیاتی شدن سیاست های کلی
- تهیه گزارش سالانه از نحوه اجرا و پیشرفت سیاست های کلی
- بررسی و تنظیم گزارش های تخصصی طرح ها و لوایح اختلافی با موضوع محیط زیست
- بررسی و تحلیل عملکرد دستگاه های دولتی و غیر دولتی در زمینه محیط زیست بر حسب ضرورت
- بررسی و اظهار نظر در خصوص مسایل محیط زیست حسب ارجاع یا به اقتضای مسایل روز مطرح
- برقراری ارتباط کاری با مراکز مختلف پژوهشی، علمی و متخصصین صاحب نظر محیط زیست به منظور بهره مندی از نظرات آنان
- برگزاری نشست های علمی و تخصصی، همایش و اجلاس های مرتبط هم اندیشی در حیطه وظایف کمیته در جهت انتقال
- تجربیات و کسب دانش
- ارایه مشاوره در خصوص موضوعات محیط زیست مورد درخواست

- اظهار نظر و تشکیل جلسات مشترک با کمیسیون‌ها در خصوص مسایل محیط زیست
- نظارت بر اجرای سیاست‌های کلی محیط زیست ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری
- راهبری فعالیت‌های مرتبط با آگاهی بخشی و ایجاد باور عمومی و عزم ملی در خصوص رعایت پیشگیری از تخریب محیط زیست و احیای منابع زیستی
- راهبری در نظارت بر حسن اجرا و تحقق اهداف چشم انداز و برنامه‌های توسعه
- انجام سایر وظایف محوله از طرف مجمع

۲,۲,۳,۱ مجلس شورای اسلامی

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانونگذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها است و چراغ هدایت دولت و ملت را به دست دارد. مجلس پایگاه اساسی نظام و مردم و مایه حضور و مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌گیری‌ها و مظهر اراده ملی است. با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

- قانونگذاری
- نظارت

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چندوجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانونگذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند (۶).

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چندوجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانونگذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند. مجالسی که چنین تکیه‌گاه‌های علمی و تحقیقاتی سازمان یافته‌ای در اختیار دارند، با مجالسی که نمایندگان‌شان با اتکا به توان علمی و تجربی خود به کارشناسی و

تدوین قوانین مبادرت می‌ورزند، در روش و در نتیجه قابل مقایسه نیستند. مجلس شورای اسلامی با درک این ضرورت، مرکز پژوهش‌های خود را بنا نهاده است.

مجلس شورای اسلامی از نخستین دوره، برای کارشناسی طرح‌ها و لوایح، از مشورت موردی کارشناسان استفاده می‌کرد. در عین حال، اساس کار برفهم شخصی و توان علمی خود نمایندگان متکی بود؛ لکن از اواخر سال ۱۳۷۱ به دستور هیأت رئیسه محترم مجلس، نهادی مستقل، دائمی و سازمان یافته به نام «مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی» برای ارائه خدمات مستمر کارشناسی و مطالعاتی در کنار مجلس قرار گرفت. مراحل قانونی تأسیس این مرکز در پاییز سال ۱۳۷۴ به انجام رسید.

اهداف و شرح وظایف مرکز

مطابق قانون «شرح وظایف مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی»، هدف از تأسیس مرکز، انجام دادن طرح‌های مطالعاتی و تحقیقاتی به منظور ارائه نظرهای کارشناسی و مشورتی به نمایندگان، کمیسیون‌ها و هیأت رئیسه مجلس شورای اسلامی است. وظایف این نهاد در ماده (۲) قانون شرح وظایف مرکز پژوهش‌ها مذکور به شرح زیر است:

- مطالعه، بررسی و ارائه نظرهای کارشناسی بر روی تمام طرح‌ها و لوایح
- گردآوری، نقد و تنظیم نظرهای محققان و پژوهشگران مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی، دستگاه‌های اجرایی، نهادها، گروه‌ها و احزاب سیاسی و افکار عمومی در مورد نیازهای جامعه
- مطالعه، بررسی و تحقیق نسبت به حسن اجرای قوانین و سایر ابعاد نظارتی مجلس و ارائه پیشنهادها و کارشناسانه برای رفع موانع و مشکلات اجرایی
- تأمین نیازهای اطلاعاتی کمیسیون‌ها و نمایندگان مجلس از طریق تدارک و برقراری نظام اطلاع‌رسانی
- انجام پژوهش‌های موردی حسب درخواست هیأت رئیسه، کمیسیون‌ها و نمایندگان مجلس
- انجام مأموریت‌های محوله در رابطه با کتابخانه‌های مجلس که این گونه موارد زیر نظر مستقیم رئیس مجلس قرار می‌گیرند.
- اشاعه نتایج مطالعات پژوهشی از طریق:
- نشر کتب و نشریات

- انعکاس نظرات به واحدها و دستگاه‌های ذیربط با نظر هیأت رئیسه مجلس.

ارکان مرکز

براساس تصریح ماده (۳) قانون شرح وظایف مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ارکان مرکز عبارتند از:

- هیأت امنا: متشکل از رئیس مجلس، اعضای هیأت رئیسه مجلس و رئیس مرکز
- رئیس مرکز
- شورای پژوهشی

تصویب خط مشی کلی مرکز بنا بر پیشنهاد رئیس مرکز، تأیید بودجه، تأیید زیرمجموعه سازمانی و آیین نامه‌های استخدامی، مالی و معاملاتی و نصب و عزل رئیس مرکز، از جمله وظایف هیأت امناست.

رئیس مرکز را هیأت امنا با توجه به ماده (۷) قانون «شرح وظایف مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی»، برای مدت چهار سال از میان افرادی ذی صلاح که دارای مدارج بالای علمی و تجربه کافی باشند، انتخاب می‌کند. اهم وظایف رئیس عبارتند از: ارائه خط مشی و پیشنهاد بودجه و نظارت عالی بر امور اجرایی و پژوهشی.

شورای پژوهشی، متشکل از رئیس مرکز، پنج نفر از شخصیت‌های علمی و کارشناسی از بین نمایندگان مجلس به انتخاب هیأت امنای مرکز و پنج نفر از پژوهشگران متخصص دارای حداقل مرتبه استادیاری با معرفی رئیس مرکز و تصویب هیأت امنا است. بررسی و تأیید طرح‌های پژوهشی، همکاری در تدوین برنامه سالانه مرکز، نظارت بر انتشار نشریه‌های علمی و پژوهشی مرکز و تعیین برنامه‌های اجرایی مرکز برای ارتباط علمی با سایر مراکز آموزشی و پژوهشی داخل و خارج کشور، جزء وظایف شورای پژوهشی است.

۳,۲,۳,۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

به منظور پیشبرد اهداف و انجام وظایف معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری، کارگروه‌های تخصصی به شرح زیر وجود دارد (۷).

- کارگروه برنامه ریزی تحول اداری

- کار گروه زیربنایی و عمران
- کار گروه آب کشاورزی و منابع طبیعی
- کار گروه صنعت و معدن
- کار گروه بهینه سازی مصرف سوخت
- کار گروه شهرسازی و معماری
- کار گروه آمایش و محیط زیست
- کار گروه گردشگری و میراث فرهنگی
- کار گروه اشتغال و سرمایه گذاری
- کار گروه توسعه صادرات
- کار گروه پژوهش، آمار و فناوری اطلاعات
- کار گروه آموزش و پرورش
- کار گروه اجتماعی
- کار گروه بهداشت، درمان و تأمین اجتماعی
- کار گروه فرهنگ، هنر و تربیت بدنی

۴,۲,۳,۱ ستاد توسعه فناوری انرژی های نو

معاونت محترم علمی فناوری ریاست جمهوری اقدام به تشکیل ستادی به نام ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو نموده است تا کارهای پراکنده‌ای که در زمینه انرژی‌های نو در دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و پژوهشگاه‌های وابسته به وزارت علوم. ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو، در تیر ماه ۱۳۸۷ با اهداف فعال کردن کلیه منابع موجود انسانی و مالی کشور، پرهیز از موازی کاری، شفاف سازی و ایجاد امکان نقد و ارزیابی فعالیت‌ها، تعیین ظرفیت‌های موجود در کشور و نهایتاً تجاری سازی نتایج حاصل از تحقیقات به عنوان مهمترین حلقه زنجیر نوآوری در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تأسیس شده است (۸).

از دیگر اهداف این ستاد، فعال کردن کلیه منابع موجود انسانی و مالی کشور، پرهیز از موازی‌کاری، شفاف سازی فعالیت های ستادهای مختلف و ایجاد امکان نقد و ارزیابی فعالی آنها، تعیین ظرفیت های موجود در کشور و نهایتاً تجاری سازی نتایج حاصل از تحقیقات به عنوان مه مترین حلقه زنجیره در مسیر نو آوری در زمینه انرژی های نو می باشد.

اعضای این ستاد را نمایندگان از وزارت نیرو، وزارت نفت، وزارت صنایع و معادن، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی و سازمان حفاظت محیط زیست تشکیل می دهند. ریاست ستاد بر عهده وزارت نیرو و به نمایندگی از وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی عهده دار این مسئولیت می باشند. پژوهشگاه صنعت نفت به عنوان دبیرخانه ستاد انتخاب و ریاست پژوهشگاه صنعت نفت دبیر ستاد می باشند.

به منظور استفاده از نظرات کارشناسی صاحب نظران مختلف در بررسی طرح های تحقیقاتی، پیشنهاد سرفصل های پژوهشی، تدوین برنامه پژوهشی سالانه و دیگر موضوعات ارجاعی از سوی ستاد توسعه فناوری انرژی های نو، هفت کمیته تخصصی انرژی آب، باد و امواج، پیل سوختی و هیدروژن، خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی و برنامه ریزی و سیاستگذاری در آذر ماه ۱۳۸۷ تشکیل گردید.

وظایف اصلی کمیته های تخصصی عبارتست از:

- بررسی موضوعات و اظهارنظر در مورد طر چهایی که از طرف دبیرخانه ارسال می گردند
- ارائه پیشنهاد طرح های مورد نیاز جهت تدوین دانش های نوین و نیل به فن آوری های پیشرفته مورد نیاز کشور و در راستای سند ملی

- پیشنهاد سرفصل های پژوهشی سالانه با توجه به نیازهای کشور

با تصویب اعضا ستاد مقرر گردید هر یک از کمیته ها شامل هفت عضو باشد (۵ عضو حقوقی هر کدام یک نماینده، پژوهشگاه صنعت نفت و سانا هر کدام یک نماینده) و در صورت تصویب می توان از همکاری چند مشاور نیز در جلسات استفاده نمود.

۵,۲,۳,۱ وزارت نیرو

آغاز تشکیل وزارت آب و برق (که بعدها به وزارت نیرو تغییر نام و وظیفه پیدا کرد) از اولین نظام نامه موسسه برق تهران مصوب بیست و پنجم مهر ماه ۱۳۱۵ که به منظور برق رسانی به منازل و معابر شهر تهران تاسیس شده بود؛ وضعیت ساختار اداری دولت پس از مشروطه تا سال ۱۳۴۲ که وزارت آب و برق تاسیس شد، همیشه بگونه ای بوده که ضرورت تمرکز مربوط امور آب و برق و انرژی در یک مجموعه منسجم احساس می شد. به همین دلیل این معضل دولتمردان را برآن داشت تا با تاسیس یک سازمان که بتواند وظایف ارایه خدمات آب و برق را در سراسر کشور برعهده بگیرد، موافقت کنند و همین تفکر در نهایت منجر به تاسیس وزارت آب و برق شد.

لایحه قانون تاسیس وزارت آب و برق مصوب بیست و ششم اسفند ۱۳۴۲ در واقع نقطه پایانی به تمامی سرگردان هایی بود که هم مصرف کنندگان آب و برق داشتند و هم شرکت هایی که در این زمینه فعالیت می کردند (۹).

براساس این مصوبه وظایف اصلی این وزارت خانه عبارت بودند از:

- نظارت بر منابع آب کشور و اجرای طرح های تامین آب و انتقال آنها به مراکز مصرف
 - نظارت بر نحوه جاری شدن فاضلاب شهرها و واحد های صنعتی
 - اجرای طرح های انتقال و توزیع برق در قالب ایجاد شرکت های برق منطقه ای و نظارت بر نحوه استفاده از برق
- وظایف اساسی وزارت نیرو نوع گسترده و همه جانبه ای از وظایف وزارت آب و برق پیشین بود. از جمله مهم ترین این وظایف که در قانون تاسیس به آنها اشاره شده است؛ عبارتند از:

- مطالعه و تحقیق درباره انواع انرژی و تعیین سیاستها و اجرای برنامه های انرژی
- سیاستگذاری، هماهنگی، نظارت و بهره برداری از شرکتها و مؤسساتی که وظیفه تولید، انتقال و توزیع انرژی در سراسر کشور را به عهده دارند.
- مطالعه و شناخت منابع آب کشور و بهره برداری از آنها
- احداث نیروگاه های برق و تأسیسات تصفیه و آبرسانی در تمام نقاط کشور
- ساخت و تولید انواع کالاهای آب و برق

ماموریت‌های وزارت نیرو

وزارت نیرو عهده دار مدیریت عرضه و تقاضای آب، برق، انرژی، خدمات آب و فاضلاب و همچنین ارتقای سطح آموزش، پژوهش و فناوری و بسترسازی توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق می باشد و نقش محوری خود را به نحو مؤثر در صیانت از منابع ملی، حفظ محیط زیست، ارتقای بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خود اتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفا می کند.

وزارت نیرو با سیاست گذاری، برنامه ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت، تدوین ضوابط و مقررات و لویح مرتبط و ایجاد فضای مناسب برای حضور مؤثر بخش‌های غیر دولتی و سایر نق شأفرینان، بخش های آب، برق و خدمات فاضلاب را در راستای تحقق چشم مانداز کشور راهبردی و با تحقق خدمات در سطح استانداردها و شاخص های ملی و بین المللی، حقوق و رضایت ذینفعان به ویژه مردم را تامین می کند.

وزارت نیرو با بهره گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری های نوین سازگار با محیط زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می دهد. وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می سازد.

وزارت نیرو در بخش های برق و انرژی عهده دار سیاست گذاری و برنامه ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می باشد. وزارت نیرو در این بخش با سیاست گذاری، برنامه ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت و تدوین ضوابط، مقررات و لویح مرتبط، بسترهای لازم را برای ایجاد هماهنگی بین نقش آفرینان، فعالیت بخش های خصوصی، تعاونی و عمومی را در تمامی عرصه ها فراهم نموده و با حمایت از بهینه سازی مصرف، رونق بخشی به فضای کسب و کار در عرصه ملی و فراملی بخش برق و انرژی، حقوق کلیه ذینفعان خود شامل آحاد جامعه، بخش های صنعت، کشاورزی، خدمات، دولت و نهادهای قانونگذار را رعایت می کند. وزارت نیرو در این بخش با ارتقا بهره وری و بهره گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های

حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

۱,۳,۲,۶ شرکت توانیر

هدف از تشکیل شرکت توانیر ساماندهی فعالیتهای تصدی دولت در زمینه بهره‌برداری و توسعه صنعت برق در چارچوب سیاستهای وزارت نیرو، راهبری شرکتهای زیرمجموعه، افزایش بازدهی و بهره‌وری و استفاده مطلوب از امکانات صنعت برق کشور و در صورت لزوم انجام برخی فعالیتهای عملیاتی و همچنین کارگزاری وزارت نیرو برای انجام نظارت‌ها و تدوین برنامه‌ها می‌باشد.

فعالیت‌های شرکت توانیر، مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تأمین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عموم، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه‌گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از طریق شرکتهای زیرمجموعه و یا در صورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت می‌باشد (۱۰).

موارد زیر از جمله وظایف شرکت توانیر می‌باشد

- بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان‌مدت صنعت برق و آرایه آن به وزارت نیرو
- اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو
- راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکتهای زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق
- تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو
- انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری

- بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع‌رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور
- حمایت از توسعه فعالیتهای آموزشی و پژوهشی در زمینه های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه های تربیت متخصصان موردنیاز صنعت برق کشور
- مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیرمجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت.

شرکت توانیر در جهت پیش برد اهداف و اجرای سیاست های کلان انرژی که توسط وزارت نیرو تعیین می گردد ابلاغیه هایی طرح و به سازمان انرژی های نو در زمینه نیروگاه های تجدیدپذیر و سازمان توسعه برق در زمینه نیروگاه های حرارتی ارائه می نماید. سپس این سازمان ها اقدامات مطالعاتی را بر روی این طرح ها انجام داده و جهت اجرایی کردن آنها از شرکت توانیر درخواست بودجه می نمایند. شرکت توانیر به طور سالانه به این طرح ها بودجه اختصاص می دهد که بخشی از این بودجه توسط بخش خصوصی و بخشی نیز به صورت دولتی تأمین می گردد.

۱,۳,۲,۷ سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

امروزه رشد مصرف انرژی در جوامع مدرن صنعتی علاوه بر خطر اتمام سریع منابع فسیلی، جهان را با تغییرات برگشت ناپذیر و تهدید آمیز زیست محیطی مواجه نموده است. لذا در برنامه ها و سیاستهای بین المللی در راستای توسعه پایدار جهانی، نقش ویژه ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است.

در کشور ما نیز در این راستا سازمان انرژی‌های نو ایران متعاقب سیاست‌گذاریهای معاونت امور انرژی وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ عهده دار پرداختن به این مهم به منظور دستیابی به اطلاعات و فناوری‌های روز دنیا در خصوص استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، پتانسیل سنجی و اجرای پروژه های متعدد (خورشیدی، باد و زمین گرمایی، هیدورژن و زیست توده) بوده است. در اواخر سال ۱۳۷۸ حجم عملیات و تنوع انجام آنها باعث گردید که وزارت نیرو با استناد به ماده های ۱ و ۲ قانون تأسیس وزارت نیرو مصوب ۱۳۵۳ و همچنین تبصره ۲ ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۷۸ کل کشور پیشنهاد دولتی

شدن شرکت سانا را به هیأت محترم وزیران بدهد تا جایگاه خالی سازمانی که در بدنه تشکیلات دولت به امر مهم توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بپردازد، مرتفع گردد.

در اواسط سال ۱۳۸۵ با تغییر ساختاری در وزارت نیرو و ایجاد معاونت برق و انرژی، عملاً دفتر انرژی‌های نو حوزه ستادی وزارت نیرو در این سازمان گردید. همچنین از ابتدای سال ۱۳۸۶ تنها پروژه انرژی‌های تجدیدپذیر که در خارج از مجموعه سانا (پروژه نیروگاه بادی بینالود در شرکت توانیر) انجام می‌شد به سانا منتقل و در نهایت نقش آفرینی‌هایی که سایر بازیگران در این عرصه نظیر وزارت نفت و شرکت توانیر و حوزه ستادی وزارت نیرو عهده دار بودند به سانا منتقل شده و این سازمان تنها متولی امر توسعه انرژی‌های تجدید پذیر در کشور گردید (۱۱).

ماموریت سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) عبارت است از:

کمک به پایدارسازی و تنوع بخشی منابع انرژی، توسعه ظرفیت‌ها و کاهش هزینه‌های درازمدت نظام تولید انرژی و صیانت از محیط زیست و منابع انرژی تجدیدناپذیر کشور از طریق مدیریت منابع تجدیدپذیر انرژی و مدیریت گسترش تولید و مصرف انرژی‌های نوین در کشور با تمرکز بر حداکثر سازی مشارکت بخش خصوصی.

برای رسیدن و تحقق ماموریت فوق باید فعالیت‌های زیر صورت گیرد:

- مشارکت فعال در تدوین طرح ملی انرژی و استراتژی انرژی‌های نو در کشور
- مشارکت فعال در ایجاد و مدیریت بازار تضمین شده برای تولیدکنندگان انرژی‌های نو در کشور
- تهیه اطلس و امکان‌سنجی منابع مختلف انرژی‌های نو در کشور
- شکل دهی و حمایت از روابط بین متخصصین و سازمان‌های فعال داخلی در زمینه انرژی‌های نو از یک طرف و متخصصین، سازمان‌ها و جوامع بین‌المللی از طرف دیگر
- شناسایی منابع بین‌المللی و تلاش در جهت جذب و تخصیص این منابع به فعالیت‌های تحقیقاتی و تولیدی انرژی‌های نو در کشور
- تدوین استراتژی‌های توسعه تکنولوژی در زمینه انرژی‌های نو و تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در حوزه انرژی‌های نو به منظور حمایت از مراکز تحقیقاتی و تولیدی در جهت توسعه تکنولوژی‌های مربوطه

- ردیابی تحولات تکنولوژی در حوزه انرژی های نو و آگاه سازی مراکز تحقیقاتی و تولیدی کشور از دستاوردهای آن
 - فراهم کردن بستر لازم برای انتقال، جذب و صدور تکنولوژی های مربوط به انرژی های نو و حمایت از بنگاه‌ها در استفاده و تجاری سازی آنها
 - مشارکت فعال در تدوین معیارها و قوانین برای حمایت از تولید و فعالیت های انرژی های نو
 - فرهنگ سازی و تشویق جامعه به استفاده از انرژی های نو
- وظایف سازمان انرژی های نو ایران (سانا) عبارت اند از:
- توسعه فناوری با انجام تحقیقات، پژوهش و اجرای پروژه های پایلوت و توسعه زیر ساخت‌ها
 - افزایش سهم مشارکت بخش غیر دولتی در تولیدات سبد برق کشور از طریق خرید تضمینی برق تجدیدپذیر
 - توسعه و متنوع نمودن سبد انرژی برق کشور از طریق احداث نیروگاههای تجدیدپذیر توسط سانا
 - سیاست پژوهی و انجام مطالعات مرتبط به منظور برنامه ریزی در خصوص چگونگی توسعه انرژیهای نو برای ارائه به شرکت توانیر، وزارت نیرو، ستاد توسعه فن آوری انرژی های نو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
 - آگاه سازی و ارتقا روابط بین الملل به منظور توسعه و ترویج کاربرد انرژی های تجدیدپذیر
 - مشارکت فعال در تدوین طرح ملی انرژی و استراتژی انرژی های نو در کشور
 - تهیه اطلس و امکان سنجی منابع مختلف انرژی های نو در کشور
 - تدوین استراتژی های توسعه تکنولوژی در زمینه انرژی های نو و تعیین اولویت های تحقیقاتی در حوزه انرژی های نو به منظور حمایت از مراکز تحقیقاتی و تولیدی در جهت توسعه تکنولوژی های مربوطه

پروژه های انجام شده توسط سانا در زمینه انرژی خورشیدی

- مطالعه و ساخت اتصالات اهمیتیک برای سلولهای خورشیدی سیلیسم و لایه نازک
- تحقیقات در زمینه فناوری ساخت و تست قالب مربوط به آینه کلکتور نیروگاه شیراز، خم کاری شیشه و تست آن با دستگاه^{۱۸} CMM
- طراحی، نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک با ظرفیت اسمی ۵ کیلووات در منطقه دربید یزد

¹⁸ Coordinate Measuring Machine

- طراحی و ساخت یک واحد حمام خورشیدی
- طراحی، نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک با ظرفیت اسمی ۹۷ کیلووات در منطقه سرکویر سمنان
- برق‌رسانی به خانوارهای روستایی (با استفاده از سیستم فتوولتائیک)
- استفاده از انرژی خورشیدی فتوولتائیک در ساختمان معاونت امور انرژی به همراه سیستم کمکی بادی
- طراحی، ساخت و نصب چراغهای خیابانی فتوولتائیک، پمپ آب کش برای مصارف کشاورزی، تجهیز یک منطقه مرزی، روشنایی تونل به کمک سیستمهای فتوولتائیک
- طراحی، نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک با ظرفیت اسمی ۳۰ کیلووات متصل به شبکه در طالقان
- طراحی، ساخت و نصب و راه اندازی ۳۵۰ دستگاه آبگرمکن خورشیدی به میزان ۱۴۰۰ متر مربع
- احداث نیروگاه خورشیدی سهموی خطی شیراز

پروژه های در حال اجرا توسط سانا در زمینه انرژی خورشیدی

- خدمات مشاوره پژوهشی طراحی مفهومی نیروگاه هیبریدی خورشیدی شیراز ظرفیت ۵۰۰ کیلووات با بهره گیری از کلکتورهای پیشرفته سهموی خطی
- مطالعات امکان سنجی فنی - اقتصادی کاربرد و طراحی سیستم های هیبرید انرژی های تجدید پذیر
- ساخت آینه های نیروگاهی خورشیدی شیراز به روش کند و پاش مغناطیسی
- احداث پارک خورشیدی در سایت طالقان
- خرید تجهیزات بمنظور انجام تحقیقات خورشیدی
- شناخت فناوری های آب شیرین کن های خورشیدی و بررسی امکان استفاده از آن در مناطق مختلف ایران با توجه به ویژگیهای مختلف کشور
- خرید تضمینی برق از منابع تجدیدپذیر
- مطالعه رفتار مصرف کننده در خصوص استفاده از سیستم های خورشیدی (آبگرمکن و اجاق) در نقاط دور از شبکه گاز
- شناخت محیط صنعت خورشیدی کشور به منظور تهیه سند ملی توسعه صنعت خورشیدی

۸,۲,۳,۱ سازمان توسعه برق

در آغاز رشد و توسعه نوین در صنعت برق و تلاش برای قطع وابستگی‌های صنعتی به ویژه صنعت برق، افزایش رشد مصرف و تلاش برای احداث تاسیسات جدید صنعت برق، برنامه‌ریزان این صنعت را برآن داشت تا از تفکر توسعه بازمانند و با تغییر در ساختار سازمانی نسبت به تشکیل سازمان برق ایران در سال ۱۳۶۶، اقدام‌های گسترده‌ای را در جهت توسعه همه جانبه برق آغاز نمایند. طی ده سال تلاش و سازندگی در سال ۱۳۷۵ این سازمان به سازمان توسعه برق ایران تغییر نام یافت و با تغییرات اساسی در عملکرد و ساختار، به عنوان یکی از مدرنترین سازمان‌های اجرایی وزارت نیرو فعالیت‌های خود را با هدف اجرای طرح‌ها و پروژه‌های صنعت برق در زمینه احداث و توسعه نیروگاه‌ها، افزایش ظرفیت تولید برق، احداث و توسعه خطوط و پست‌های فشار قوی و شبکه‌های مرتبط با آن ادامه داد.

این سازمان از زمان تأسیس تا پایان نیمه نخست سال ۸۶، بیش از ۱۷ هزار مگاوات برق را در قالب بیش از ۳۰ نیروگاه گازی، سیکل ترکیبی و بخاری اجرا کرده و به مرحله بهره برداری رسانده است. همچنین در طی این مدت بیش از ۸۰ ایستگاه پست فشار قوی و نزدیک به ۳۰۰۰ کیلومتر خط انتقال نیرو توسط سازمان اجرا شده است (۸).

خط مشی سازمان توسعه برق ایران

- مطالعه و اجرای طرح‌های نیروگاهی در انواع گازی، بخاری، سیکل ترکیبی و تجدید پذیر (خورشیدی، بادی، آبی و...)
- به عنوان کارفرما یا مدیریت پروژه
- انتقال دانش فنی و توسعه ساخت داخل طرح‌ها
- کاهش قیمت تمام شده و اقتصادی نمودن طرح‌ها از طریق روش‌هایی نظیر مهندسی ارزش
- افزایش راندمان طرح‌های نیروگاهی در طرح‌های آینده
- ایجاد فضای رقابتی بیشتر جهت کارهای مشاوره و پیمانکاری و شرکت در مناقصه‌ها و عقد قراردادهای
- بهره‌گیری از روش‌های نوین تامین مالی طرح‌ها توسط سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
- ارتقاء سطح مدیریت کارفرمایی
- جذب و به کارگیری مشاورین خبره در زمینه‌های مختلف

- توجه کامل به مسائل زیست محیطی، اثرات اجتماعی و فرهنگی در طراحی و اجرای طرح‌ها
- ارائه پیشنهادها به شورای انرژی کشور و همکاری در جهت سیاست گذاری نوع نیروگاه‌ها در افق آینده

۹,۲,۳,۱ سازمان حفاظت محیط زیست کشور

تخریب محیط زیست و بهره برداری بیش از حد منابع در کشور ما نیز همانند بسیاری از کشورهای جهان در طی قرن گذشته، چشمگیر بوده و تسریع در این روند در سال ۱۳۳۵ منجر به تشکیل دستگاهی مستقل به نام کانون شکار ایران، با هدف حفظ نسل شکار و نظارت بر اجرای مقررات مربوط به آن شد. در سال ۱۳۴۶ در پی تصویب قانون شکار و صید، سازمان شکاربانی و نظارت بر صید جایگزین کانون فوق شد. بر اساس قانون اخیر، سازمان شکاربانی و نظارت بر صید، مرکب از وزیران کشاورزی، دارایی، جنگ و شش نفر از اشخاص با صلاحیت بود.

بر اساس ماده ۶ قانون فوق، وظایف سازمان شکاربانی و نظارت بر صید از محدوده نظارت و اجرای مقررات ناظر بر شکار فراتر رفته و امور تحقیقاتی و مطالعاتی مربوط به حیات وحش کشور، تکثیر و پرورش حیوانات وحشی و حفاظت از زیستگاه آنها و تعیین مناطقی به عنوان پارک وحش و موزه‌های جانورشناسی را نیز در بر گرفت.

در سال ۱۳۵۰ نام سازمان شکاربانی و نظارت بر صید به سازمان حفاظت محیط زیست و نام شورای عالی شکاربانی و نظارت بر صید به شورای عالی حفاظت محیط زیست تبدیل شد و امور زیست محیطی از جمله پیشگیری از اقدام‌های زیانبار برای تعادل و تناسب محیط زیست نیز به اختیارات قبلی آن افزوده شد.

در سال ۱۳۵۳ پس از برپایی کنفرانس جهانی محیط زیست در استکهلم و با تصویب قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست در ۲۱ ماده، این سازمان از اختیارات قانونی تازه ای برخوردار شد و از نظر تشکیلاتی نیز تا اندازه ای از ابعاد و کیفیت سازگار با ضرورت‌های برنامه های رشد و توسعه برخوردار شد (۱۲).

مهم‌ترین اهداف سازمان حفاظت محیط زیست به ترتیب اهمیت عبارتند از:

- تحقق اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران به منظور حفاظت از محیط زیست و تضمین بهره‌مندی درست و مستمر از محیط زیست و همسو با توسعه پایدار

- پیش‌گیری و ممانعت از تخریب و آلودگی محیط زیست
- حفاظت از تنوع‌زیستی کشور

وظایف اساسی سازمان حفاظت محیط زیست

- مطالعه عوامل مخرب و آلاینده‌های مختلف محیط زیست
- به‌کارگیری فن‌آوری‌های سازگار با محیط زیست و ارائه دستورالعمل‌های زیست‌محیطی برای مکان‌یابی محل استقرار واحدهای صنعتی بزرگ، کشاورزی و سکونتگاه‌های انسانی
- شناسایی و تعیین زیستگاه‌های بحرانی با ارزش زیست‌بومی بالا
- گسترش همکاری‌های منطق‌های و بین‌المللی در زمینه محیط زیست
- تهیه و تدوین ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی برای مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب، خاک، هوا، مدیریت پسماندها و زباله‌های شهری، روستایی، صنعتی و کشاورزی، کنترل دخالت در اکوسیستمها بر حسب ظرفیتهای طبیعی آنها
- گسترش آگاهی زیست‌محیطی
- اعمال نظارت و دخالت قانونی برای پیشگیری و منع ورود آلاینده‌ها به منابع زیست‌محیطی
- فعالیت‌های در دست اجرای سازمان حفاظت محیط زیست در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر به شرح زیر می‌باشد
- تدوین استانداردهای زیست‌محیطی برای تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر
- تأمین تجهیزات آزمایشگاهی جهت تست آلاینده‌های زیست‌محیطی و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مرتبط
- تدوین و تعیین میزان هزینه‌های زیست‌محیطی (ارزش‌گذاری اقتصادی آلاینده‌ها در بخش انرژی نو)
- تعیین ضرایب نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی در بخش نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- ارزیابی امکان‌سنجی و مکانیکی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- انجام پروژه‌های CDM جهت کاهش نشر دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای

اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی در رابطه با حفاظت محیط زیست به این شرح است که در جمهوری اسلامی حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعدی باید در آن حیات اجتماعی روبه‌رشدی داشته باشند، وظیفه‌ای عمومی

تلقی می‌شود. از این رو فعالیتهای اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست و یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است.

۱۰,۲,۳,۱ سازمان منابع طبیعی

پس از تصویب قانون تأسیس وزارت منابع طبیعی در سال ۱۳۴۶، تشکیلات وزارت مزبور در اردیبهشت ماه ۱۳۴۷ به تصویب رسید. همچنین برابر ماده ۵ قانون تشکیل وزارت منابع طبیعی به دولت اجازه داده شد سازمان های دیگری را که در سایر تشکیلات دولت وجود دارد و وظایف آنها با وظایف وزارت منابع طبیعی مربوط می شود پس از تصویب کمیسیون های استخدام و دارائی مجلسین با بودجه و دارائی و کارکنان به وزارت منابع طبیعی واگذار نماید (۱۳).

هدف سازمان منابع طبیعی حفظ و حمایت، احیاء، توسعه و بهره برداری اصولی از جنگل‌ها، مراتع، اراضی جنگلی، بیشه های طبیعی، اراضی مستحده ساحلی، حفاظت و حمایت از آب و خاک کشور از طریق مدیریت علمی بر حوز ههای آبخیز و رعایت اصول توسعه پایدار می باشد.

برخی از وظایف سازمان منابع طبیعی به شرح زیر می باشد:

- تدوین سیاست ها و راهبردهای بخش منابع طبیعی و آبخیزداری و تنظیم و اجرای برنامه های توسعه منابع طبیعی و آبخیزداری در چهارچوب سیاست های توسعه پایدار
 - حفظ، حمایت، حراست و بهره برداری اصولی از جنگل ها، مراتع و بیابان ها و حوز ه های آبخیز کشور
 - تشخیص و تفکیک حریم قانونی اراضی ملی از مستثنیات اشخاص حقیقی و حقوقی و تثبیت حاکمیت دولت بر منابع ملی کشور
 - مطالعه و برنامه ریزی مناسب جهت افزایش بهره هوری در فعالیتهای اجرایی
 - مطالعه و برنامه ریزی جهت توسعه مدیریت و سرمایه انسانی سازمان به منظور ارتقاء بهره وری و اثربخشی
- از آنجایی که احداث مزارع خورشیدی نیاز به اخذ زمین از مراتع کشور دارد، بهره برداران مزارع خورشیدی نیازمند اخذ مجوز از سازمان منابع طبیعی در این جهت هستند. لذا مهمترین نقش این سازمان در توسعه صنعت برق خورشیدی ارائه مجوز استفاده از مراتع برای بهره برداران جهت احداث مزارع خورشیدی است.

۱۱،۲،۳،۱ شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی وظیفه دارد در رأس فعالیتهای خود به مدیریت فرهنگی جامعه در عرصه‌های مختلف بپردازد و با سیاستگذار بیهای اصولی خود زمینه را برای پیدایش جامعه ای بهره مند از حیات طیبه الهی فراهم سازد.

وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی

- تدوین اصول سیاست فرهنگی نظام جمهوری اسلامی ایران و تعیین اهداف و خط مشی های آموزشی، پژوهشی، فرهنگی و اجتماعی کشور
- بررسی الگوهای توسعه و تحلیل آثار و پیامدهای فرهنگی سیاست ها و برنامه های توسعه سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور و ارائه پیشنهادهاى اصلاحی به مراجع ذی ربط
- تبیین و تعیین شاخص های کمی و کیفی برای ارزیابی وضع فرهنگی کشور
- بررسی و ارزیابی وضع فرهنگ، آموزش و تحقیقات کشور
- تهیه و تدوین مبانی و شاخص های دانشگاه متناسب با نظام اسلامی و طراحی راه کارهای تحقق آن
- تعیین سیاست های نظام آموزشی و پرورشی و آموزش عالی کشور

شورای عالی انقلاب فرهنگی علاوه بر وظایف فوق با کمک و تلاش مستمر و فشرده نزدیک به هزار نفر از صاحب نظران دانشگاهی و حوزوی و مدیران عرصه های مختلف علم و فناوری کشور دست به تهیه و تدوین نقشه جامع علمی کشور زده است. در واقع نقشه جامع علمی کشور عبارتست از مجموعه ای جامع، هماهنگ و پویا از اهداف، سیاست ها، ساختارها و الزامات برنامه ریزی تحول راهبردی علم، فناوری و نوآوری مبتنی بر ارزش های اسلامی، ایرانی و آینده نگر برای دستیابی به اهداف چشم انداز بیست ساله کشور. در واقع شورای عالی انقلاب فرهنگی کشور در حوزه انرژیهای نو، الویت گذاری پژوهشی در زمینه این نوع انرژیها در قالب نقشه جامع علمی کشور بوده است که فناوری انرژی خورشیدی نیز جزو اولویت های این نقشه بر شمرده شده است.

۱،۲،۳،۱ شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاستگذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاستگذاری در زمینه های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبردی توسعه فناوری های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیونهای دوازده گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون ها می توان به اولویت بندی و پیشنهاد اجرای طرح های اجرائی بلندمدت سرمایه گذاری کلان در بخش های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد (۱۰).

وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می باشد:

- اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه گذاری کلان در بخش های آموزش ی و پژوهشی و فناوری
- بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه های علوم، تحقیقات و فناوری

مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرائی را مکلف به گزارش دهی از عملکرد بودجه های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را جمع بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، میتوان این شورا را جزء سیاست گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود که تاثیرات این سیاستگذاری در حوزه فناوریهای تجدیدپذیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد. هرچند که این وظیفه شورا با ستاد انرژیهای نو و شورای عالی انقلاب فرهنگی تداخل دارد در هر صورت میبایست مورد توجه قرار گیرد.

۱۳,۲,۳,۱ وزارت علوم تحقیقات و فناوری

بعد از پیروزی انقلاب اسلامی در اسفند ماه ۱۳۵۷ با تغییر در سازمان و تشکیلات، مجدداً دو وزارتخانه فرهنگ و هنر و علوم و آموزش عالی در یکدیگر ادغام شده و با نام وزارت فرهنگ و آموزش عالی به انجام امور پرداخت. به دنبال آن، طرح ادغام موسسات آموزش عالی به مورد اجرا گذاشته شد و به موجب آن ۵۳ دانشگاه، دانشکده و موسسه آموزش عالی در قالب ۴ مجتمع دانشگاهی فنی و مهندسی، ادبیات و علوم انسانی، علوم اداری و بازرگانی و هنر سازماندهی شدند.

حدود اختیارات و ماموریت های وزارت علوم

- در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاستگذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری
- شناسایی مزیت های نسبی، قابلیت ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده نگری و آینده پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاههای اجرایی ذی ربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهشهای مرتبط با فناوریهای نوین بر اساس اولویتهای
- برنامه ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت از توسعه فناوریهای بومی
- اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاههای ذی ربط.
- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم در خصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه ریزی به منظور بومی کردن فناوریهای انتقال یافته به داخل کشور و ارایه آنها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- ایجاد زمینه های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوریهای تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش های غیر دولتی
- در زمینه اداره امور دانشگاهها و موسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

- تعیین راهکارهای لازم و برنامه ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاهها، موسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت های علمی- پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاههای ملی، موزههای علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیر دولتی و مشارکتهای مردمی متناسب با نیازها و ضرورت های کشور
- برنامه ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان
- نظارت بر فعالیتهای دانشگاهها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاههای کشور را بر عهده دارد که نقش مهمی در توسعه دانش انواع فناوری‌ها از جمله فناوریهای انرژیهای تجدیدپذیر است که این نقش مهم می بایست مورد توجه قرار گیرد و هم نقش سیاستگذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری را برعهده دارد هر چند با وظیفه شورای عالی انقلاب فرهنگی، شورای عتف و ستاد توسعه فناوری انرژیهای نو تداخل دارد ولی در مجموع می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

۱،۲،۳،۱۴ دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادهای، ارزیابی تکنولوژی، اطلاع رسانی داخلی و آموزش کارکنان ایجاد گردید. وظایف و برنامه های این معاونت در بخشهای مختلف به شرح زیر می‌باشد:

الف) پژوهش

مطالعه در زمینه سیاستها و برنامه های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پژوهش در زمینه عوامل مؤثر در توسعه و پیش رفت کشور، کمک به فرهنگ‌سازی در عرصه تکنولوژی، مطالعه و پژوهش در مبانی تکنولوژی، تدوین مفاهیم و روشهای مناسب انتقال تکنولوژی، مطالعه وضع موجود تکنولوژیهای کشور، پیش بینی روند توسعه تکنولوژیهای داخل کشور و سایر کشورها، بالاخص در زمینه تکنولوژیهای مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه اندازی کانونهای تحلیلیگری و ایجاد ارتباط با مجموع ه های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی (۱۴).

ب) ارزیابی تکنولوژی

بکارگیری ابزارهای مدیریت تکنولوژی و روشهای مهندسی صنایع جهت بررسی و ارزیابی طرحهای تکنولوژیکی و تکنولوژی های منتخب از نظر میزان تناسب با نیازهای مشخص شده، ارزیابی میزان موفقیت در جذب تکنولوژی ها و رسیدن به اهداف تکنولوژیکی و مطالعه امکان سنجی فنی - اقتصادی پروژه ها.

وظایف و فعالیت های دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری

- تسهیل و کمک به انجام پروژه های مشترک با سورس های خارجی
- ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری های نوین
- این دفتر در حوزه های مختلف تکنولوژیک فعالیت دارد که یکی از آنها حوزه گروه انرژی های تجدیدپذیر می باشد.
- در رده سیاست گذاری نیز عضو کمیته راهبری پیل سوختی و عضو شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) می-باشد.

۱۵,۲,۳,۱ سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران

هدف اصلی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران حمایت از ایجاد فناوری (تحقیق و توسعه) در سطح ملی خواهد بود و برای این منظور می کوشد تا از طریق اعمال حمایتها و ارائه تسهیلات (علمی، فنی، مالی، حقوقی، اداری و فرهنگی) و فراهم آوردن ترتیبات لازم برای تعامل بهره‌ور و مؤثر عرضه و تقاضای فناوری زمینه های رشد خلاقیت و نوآوری، به کارگیری نتایج تحقیقات و تجاری کردن فناوری های حاصل از تحقیق و توسعه را در یک فضای رقابتی فراهم آورد (۱۵).

۱۶,۲,۳,۱ پژوهشگاه نیرو

به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه پژوهشگاه نیرو وابسته به وزارت نیرو تأسیس گردید. در ابتدا مجوز تأسیس ۳ پژوهشکده برق، تولید نیرو و انتقال و توزیع نیرو صادر شد و پژوهشگاه رسماً کار خود را از سال ۱۳۷۶ آغاز نمود. در سال ۱۳۷۷ مجوز تأسیس ۲ پژوهشکده انرژی و محیط زیست و کنترل و مدیریت شبکه نیز اخذ شد. پژوهشگاه نیرو علاوه بر پروژه های داخلی، در چندین پروژه بین المللی با مشارکت کشورهای پیشرفته صنعتی نیز حضور داشته و سعی دارد حضور خود را در این قبیل پروژه ها توسعه دهد (16).

اهداف پژوهشگاه نیرو

- کمک به حل مسائل و مشکلات و تنگناهای کشور در زمینه های مرتبط با وظایف وزارت نیرو
- همکاری با مراکز آموزش عالی، موسسات پژوهشی و سازمانهای اجرایی در زمینه های پژوهشی
- توسعه دانش و فناوری مرتبط با تخصص های موجود در وزارت نیرو
- انتقال تجارب سایر کشورها در زمینه فناوری و دستیابی به دانش فنی با هدف خودکفایی در ارتباط با وظایف و نیازهای وزارت نیرو
- انتشار انواع کتب علمی و نتایج تحقیقات و استفاده از فناوری ارتباطات با ایجاد شبکه های وسیع کامپیوتری به منظور دستیابی به آخرین اطلاعات فنی در جهان

فعالیت‌های پژوهشگاه نیرو

- انجام طرحهای پژوهشی بنیادی، کاربردی و توسعه های با هدف دستیابی به دانش فنی و مورد نیاز وزارت نیرو در داخل کشور با توجه به اصل توسعه پایدار
- بررسی و شناسایی نیازهای گوناگون برنامه های تحقیقاتی موردنظر در زمینه های مختلف علمی تحقیقاتی و بهره گیری مطلوب از امکانات در جهت برنامه ریزی طرح های تحقیقاتی مرتبط و متناسب با نیازهای وزارت نیرو
- انجام فعالیت‌های ضروری در جهت به کارگیری نتایج تحقیقات
- فراهم آوردن امکانات لازم و متناسب با برنامه ها و طرحهای تحقیقاتی مربوط
- بررسی و شناسایی و رفع نیازهای تحقیقاتی مورد نیاز وزارت نیرو
- ایجاد ارتباط فعال و سازنده با سایر موسسات و جوامع علمی و پژوهشی در داخل و خارج کشور از طریق برگزاری گردهمایی های علمی، مبادله محقق و یا اجرای پروژهای تحقیقاتی مشترک جهت دستیابی هرچه بیشتر به علوم و فن آوری جدید در زمینه های مرتبط با اهداف و سیاست‌های پژوهشگاه
- ایجاد ارتباط مطلوب با نیروهای متخصص و مبتکر در مراکز علمی و پژوهشی کشور و فراهم نمودن امکانات لازم برای آنها در جهت یاری رساندن به اهداف پژوهشگاه

- بهره‌گیری از آخرین نتایج تحقیقات و پیشرفتهای علمی به منظور توسعه علمی، اقتصادی و اجتماعی در جهت توسعه اهداف برنامه‌های تحقیقاتی پژوهشگاه
- مطالعه و تحقیق در مورد ساخت و تامین نیازهای بنیادی و فنی انواع نیروگاهها، پستها، خطوط
- انتقال نیرو و سایر مسائل مرتبط با وزارت نیرو و کارخانجات وابسته به آن

پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو

پایان پذیری منابع انرژی فسیلی کشور از یک سو و وابستگی رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور به درآمد حاصل از صادرات این منابع، در کنار اثرات بسیار مخرب مصرف سوخت‌های فسیلی روی محیط زیست، اهمیت صیانت از منابع انرژی اولیه کشور و بهره‌برداری بهینه از آنها را دو چندان نموده است. این امر انجام تحقیقات کاربردی در محورهای زیر را اجتناب ناپذیر می‌نماید:

- بهینه‌سازی مصرف و استفاده منطقی از انرژی
- بهره‌گیری از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر با توجه به پتانسیل بالقوه بسیار مناسب آنها در کشور
- کنترل آلاینده‌های آب، هوا و خاک با هدف استفاده مجدد از دور ری زها به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مواد

پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو در راستای فعال نمودن محورهای تحقیقاتی فوق‌الذکر از طریق انجام پروژه‌های تحقیقاتی - کاربردی فعالیت خود را برنامه‌ریزی نموده است. به این منظور ۴ گروه پژوهشی به شرح زیر در این پژوهشکده تجهیز شده است

- گروه انرژی و مدیریت مصرف
- گروه انرژی‌های نو
- گروه محیط زیست
- گروه اقتصاد و مدیریت برق

گروه پژوهشی انرژی‌های نو

فعالیت اولیه گروه انرژی‌های نو از سال ۱۳۷۰ در بخش مکانیک مرکز تحقیقات نیرو (متن) شروع شده است و از سال ۱۳۷۷، گروه انرژی‌های نو بعنوان یک بخش از پژوهشکده انرژی و محیط زیست سازماندهی شد و پروژه‌های متعدد پژوهشی و اجرایی توسط این گروه انجام گرفته و یا در حال تکمیل می باشد

موضوعات پژوهشی انجام شده توسط گروه انرژی‌های نو عبارتند از:

تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌های تبدیل انرژی‌های تجدید پذیر

- انرژی باد
- انرژی خورشید
- انرژی زیست توده
- انرژی زمین گرمایی
- انرژی نیروگاه‌های آبی
- انرژی اقیانوسی

سیستم‌های انرژی‌های نو توسط فن آوری‌های زیر می توانند تکمیل شوند

- توربین‌های انبساطی
- سیستم‌های پیل سوختی
- نیروگاه‌های زباله سوز
- سیستم‌های MHD

۱۷,۲,۳,۱ مرکز توسعه فناوری نیرو

شرکت متن در سال ۱۳۶۲ شروع به فعالیت نمود. تا سال ۱۳۷۸ تحت عنوان مرکز تحقیقات نیرو (متن) عهده دار ارائه خدمات پژوهشی صنعت برق کشور بود و بعد از آن فعالیتهای خود را در زمینه ارائه خدمات مشاوره مهندسی و مدیریت توسعه داد. در این مرکز تاکنون افزون بر ۷۰۰ پروژه مطالعاتی، تحقیقاتی و مشاوره ای با موفقیت به پایان رسیده است. مرکز توسعه فناوری نیرو (متن) علاوه بر فعالیت در زمینه های مختلف جهت انجام پروژه ها ی مورد نیاز صنعت برق و انرژی، عهده دار اداره تعدادی دبیرخانه شامل شورای تخصصی فناوری مجمع تشخیص مصلحت نظام، شورای تحقیقات برق وزارت نیرو، فناوری و توسعه ساخت داخل، شورای مهندسين مشاور صنعت برق، حمایت از انجمن ها و مراکز علمی و تحقیقاتی، همایش بین المللی برق، همایش ملی مدیریت تکنولوژی، همایش کیفیت و بهره وری، همایش ملی انرژی و انجمن آینده نگری ایران می باشد (۱۷).

فعالیت های مرکز توسعه فناوری نیرو در زمینه انرژی تجدیدپذیر عبارتند از:

- مدیریت طرح یکپارچه سازی واحدهای مختلف پروژه احداث پایلوت‌های انرژی سازگار با محیط زیست
- احداث سایت انرژی‌های نو طالقان

۱۸,۲,۳,۱ پژوهشگاه مواد و انرژی

این پژوهشگاه هم اکنون با توجه به اهداف برنامه های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، همکاری گستردهای با دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع، موسسات اجرایی بخش دولتی و بخش خصوصی برقرار کرده است. پژوهشگاه، هم اکنون دارای سه پژوهشکده سرامیک، نیمه هادی ها و انرژی می باشد که در ۹ گروه تخصصی به فعالیت های تحقیقاتی در زمینه های مرتبط با مواد و انرژی می پردازند. دو پژوهشکده جدید مواد نو و فلزات گرانبها و پیشرفته نیز عملاً فعالیت های علمی و تحقیقاتی خود را آغاز کرده است.

سرلوحه اهداف پژوهشگاه، گسترش علوم و تکنولوژی در زمینه های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای است که از طریق اجرای پروژه های مربوط تحقق می‌یابد. علاوه بر این، پژوهشگاه آموزش بخشی از کادر پژوهشی مورد نیاز کشور را از طریق تاسیس و توسعه دوره های تحصیلات تکمیلی در سطوح دکترا (مهندسی مواد) و کارشناسی ارشد (سرامیک، نانو مواد و تبدیل و ذخیره انرژی) و نیز آموزشهای کوتاه مدت تخصصی داخلی و خارجی برای انتقال تجربه های فنی به عهده دارد.

اینک پژوهشگاه مواد و انرژی با پشتوانه چند دهه تجربه تحقیقاتی و با برخورداری از تخصص های حدود ۴۵ نفر عضو هیأت علمی، ۴۵ نفر کارشناس و تکنیسین پژوهشی و نیز تجهیزات پیشرفته و بعضاً منحصر به فرد در ایران، نقش مهمی در توسعه و بهبود کیفیت صنعت نوپای کشور بعهده دارد. بدون شک یکی از عوامل بسیار مهم در رشد سریع صنعت و فناوری طی سالیان اخیر در ایران که در مواردی امکان رقابتهای جهانی را فراهم ساخته است، به دلیل همکاری نزدیک مراکز تحقیقاتی نظیر این پژوهشگاه با بخش های تولیدی و خدماتی بوده است (۱۸).

مهمترین پژوهشکده این پژوهشگاه که مستقیماً در حوزه انرژی های تجدیدپذیر فعالیت دارد، پژوهشکده انرژی است که در ادامه به فعالیت های این پژوهشکده اشاره می‌گردد.

پژوهشکده انرژی پژوهشگاه مواد و انرژی

اساس فعالیتهای پژوهشکده انرژی روی تحقیقات در زمینه منابع انرژیهای نو و آلاینده های محیط زیست متمرکز شده است. در این پژوهشکده طرحهای متعدد تحقیقاتی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی و جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر (انرژی خورشیدی و باد و ...) به جای منابع سوختههای فسیلی و مطالعات مرتبط با محیط زیست در دست اجرا می باشد. زیر مجموعه های تحقیقاتی پژوهشکده انرژی عبارتند از:

- گروه انرژی خورشیدی
- گروه تبدیل و ذخیره انرژی
- گروه محیط زیست

در گروه انرژی خورشیدی تحقیقات پیرامون کاربری انرژی خورشیدی در زمینه تبدیل گرمایی انرژی خورشیدی در شاخه دمای پایین (گرمایش و سرمایش) تبدیل گرمایی دما بالا (نیروگاههای خورشیدی) و تبدیل الکتروشیمیایی (پیل سوختی) انجام می شود.

در گروه تبدیل و ذخیره انرژی تحقیقات بر روی روش‌ها، کارایی و بهینه سازی تبدیل انواع انرژی، ذخیره سازی و تکنولوژی‌های مربوط به آن صورت می گیرد.

در گروه محیط زیست آلودگیهای ناشی از مواد زائد در محیط زیست و تبدیل این مواد به منابع تولید انرژی مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین فعالیتهای تحقیقاتی در زمینه آلاینده های محیط زیست و روشهای کاهش آنها در اتمسفر و آب صورت می گیرد. پژوهشگران این گروه قادرند انواع ترکیبات شیمیایی و مواد آلاینده را شناسایی و به طور کمی و کیفی اندازه گیری نمایند.

فعالیت های پژوهشگاه مواد و انرژی در زمینه انرژی تجدیدپذیر عبارتند از:

- ساخت پیل سوختی اکسید جامد
- در زمینه انرژی خورشیدی
- سیستم های تبرید خورشیدی
- نانوسیالات در کاربردهای حرارتی خورشیدی
- ساخت پیل سوختی خورشیدی فعال شده با رنگ با استفاده از نانو پودر دی اکسید تیتانیوم
- ساخت و مدل سازی توربین ۳ پره
- ساخت توربین های ۲ کیلووات خانگی و خانگی و بومی سازی تکنولوژی آن
- ساخت ژنراتور و پره

۱۹,۲,۳,۱ پژوهشکده انرژی و محیط زیست

دانشگاه شهید باهنر کرمان به عنوان دانشگاه مادر در جنوب شرق کشور با پژوهشگران شاخص و توانمندی‌ها و ظرفیت‌های بارز پژوهشی در زمینه‌های مختلف علمی به ویژه گرایش‌های بین رشته‌ای مانند انرژی و محیط زیست بر اساس نیاز استانی، منطقه‌ای و ملی از اوایل سال ۱۳۸۱ با ساماندهی و شکل‌گیری سه گروه پژوهشی زیر فعالیت خود را شروع نموده است.

- انرژی‌های تجدیدناپذیر (نفت ، گاز، زغال سنگ و ...)
- انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی ، پیل سوختی ، باد و ...)
- حفاظت و مهندسی محیط زیست

شرایط فیزیکی و تجهیزاتی مناسبی برای توسعه فعالیت‌های پژوهشی گروه‌های سه‌گانه و تاسیس رسمی پژوهشکده انرژی و محیط زیست فراهم و با اخذ مجوزبه عنوان اولین پژوهشکده در جنوب شرق رسماً در آبان ماه سال ۱۳۸۶ تأسیس و شروع به کار نمود.

تمرکز ظرفیتهای پژوهشی سه گروه در پژوهشکده انرژی و محیط زیست و هماهنگی امور پژوهشی‌های اجرایی مرتبط با موضوعات ذکر شده باعث ارتباط با واحدهای صنعتی، مراکز تحقیقاتی و دستگاه توسعه و ارتقای کیفی و کمی و همچنین تقویت جایگاه علمی دانشگاه و کشور خواهد شد.

از فعالیت انجام شده در پژوهشکده انرژی و محیط زیست در زمینه انرژی تجدیدپذیر میتوان به تحقیقات در حوزه هیدروژن و پیل سوختی اشاره نمود (۱۴).

۲۰,۲,۳,۱ مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی

مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی با هدف کلی توسعه فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم انرژی در سطح پیشرفته جهانی با بهره‌گیری از توانایی‌ها دانشگاه تهران و امکانات وزارت نیرو تأسیس می‌گردد. مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی وابسته به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد و با مساعدت وزارت نیرو تشکیل گردید. مرکز فعالیت این مؤسسه در تهران است. مؤسسه دارای یک بخش معاونت آموزشی و پژوهشی می‌باشد که امور آموزش جذب هیات علمی و برگزاری دوره‌های آموزشی را عهده‌دار است (۱۹).

همچنین مؤسسه از ۴ بخش پژوهشی مستمر تشکیل شده که عبارتند از:

- بخش فن آوری انرژی
- بخش مطالعات استراتژیک انرژی
- بخش عرضه و تقاضای انرژی
- بخش مدلسازی انرژی

در کنار این بخش‌ها بخش پژوهش‌های موردی نیز وجود دارد که بصورت مستمر نبوده و بر حسب نیاز نیروهای جهت تحقیق درباره یک موضوع بخصوص با مؤسسه همکاری می‌نمایند. بخش شورای علمی مؤسسه که وظیفه اصلی آن مشاوره علمی به ریاست مؤسسه است نیز در کنار مدیریت پشتیبانی و ارتباطات از دیگر بخش‌های مؤسسه می‌باشند.

اهداف مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی عبارتند از:

- تأمین تخصص‌های لازم برای برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی کشور
- گسترش مرزهای دانش و توسعه فناوری پیشرفته در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی ارتقا و تحکیم موقعیت علمی و فناوری کشور در زمینه‌های فوق در سطح جهانی
- تأمین نیازهای پژوهشی و مطالعاتی مؤسسات دولتی و خصوصی در حوزه برنامه‌ریزی انرژی
- وظایف مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی انجام پژوهش‌های علمی بین‌رشته‌ای فنی اقتصادی اجتماعی
- تدوین برنامه‌های آموزشی و برگزاری دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری

- ایجاد ارتباطات علمی با مؤسسات دانشگاهی و پژوهشی جهان
- برگزاری گردهمای یهای ملی و بین‌المللی
- برگزاری دوره‌های پیشرفته تخصصی و کارگاههای آموزشی
- ارائه خدمات مشاوره‌ای و انجام فعالیتهای مرتبط با اهداف مؤسسه به منظور تأمین بخشی از منابع مالی مورد نیاز انتشار مدارک، گزارشات، کتب و نشریات تخصصی
- تجهیز مؤسسه و تربیت نیروی انسانی متخصص جهت تأمین هیئت علمی
راهبردهای پژوهشی این مؤسسه عبارتند از:
- انجام پروژه‌های تحقیقاتی مورد نیاز صنعت انرژی در زمینه‌های اصلاح مقررات گذاری؛ اصلاح نظام تعرفه، یارانه و قیمت‌گذاری انرژی، تجدید ساختار بخش انرژی
- توسعه مدلسازی و بانک اطلاعاتی بخش انرژی از طریق روشهای مناسب از قبیل:
- طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور تحلیل سیاستهای انرژی و محیط زیست
- طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور پیش بینی ساختاری انرژی
- توسعه و به کارگیری نرم افزارهای بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی
- مطالعه ابعاد امنیتی و استراتژیک بخش انرژی
- طراحی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS^{۱۹} به منظور مدیریت بهینه منابع فسیلی و تجدیدپذیر کشور
- بکارگیری تکنیکهای GIS جهت تحلیل متغیرهای اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی با تأکید بر نقش منابع فسیلی و تجدیدپذیر
- ایجاد بانک اطلاعات انرژی، اقتصاد، محیط زیست
- انجام مطالعات به منظور توسعه سیاستهای مصرف بهینه انرژی در بخشهای مختلف اقتصادی اجتماعی

¹⁹ Geographic Information System

- تحلیل و مدلسازی بازار جهانی و منطقه ای انرژی و به ویژه مطالعه عرضه و تقاضای جهانی انرژی و تحولات مهم در بازارهای انرژی، تحلیل قیمت‌های جهانی انرژی، سیاستها و استراتژیهای انرژی کشورهای مصرف کننده انرژی، و تحلیل ابعاد امنیتی و ژئوپولتیک انرژی

راهبردهای فناوری انرژی این مؤسسه به شرح زیر است:

- شناسایی فناوریهای موجود در بخش انرژی
- بومی سازی و انتقال فناوری انرژی
- برنامه ریزی توسعه و بکارگیری فناوری های نو
- بررسی فرآیند نوآوری در فناوری انرژی
- مطالعات مسائل فناوری انرژی از بعد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی

راهبردهای آموزشی این مؤسسه نیز به شرح زیر است:

- ارائه آموزشهای کوتاه مدت در زمینه فعالیتهای مؤسسه به صنایع و سازمانهای مختلف
- تهیه و تدوین گرایشها و رشته های مورد نیاز با همکاری گروههای آموزشی مرتبط و پی گیری اخذ مجوز
- راه اندازی دور ههای چند جانبه با مشارکت دانشگاههای خارج کشور، مؤسسه و صنایع داخلی
- مدیریت دور ههای آموزشی مصوب مورد نیاز در قالب ۲+۲
- برگزاری سمینارهای علمی تخصصی و کارگاههای آموزشی در سطح ملی و بین المللی

۱,۲,۳,۲۱ موسسه مطالعات بین المللی انرژی

موسسه مطالعات بین المللی انرژی در سال ۱۳۷۰ تأسیس و در سال ۱۳۷۵ موفق به اخذ مجوز پژوهشکده مطالعات بین المللی انرژی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری گردید. این موسسه به وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران وابسته است. موسسه مطالعات بین المللی انرژی به عنوان یک مرکز تحقیقاتی و اتاق فکر از زمان تأسیس تاکنون، توانسته است به جایگاه مناسب خود در سطح بین المللی و داخلی دست پیدا کند (20).

حوزه فعالیت موسسه مطالعات بین المللی انرژی به شرح زیر می باشد:

- بررسی و تحلیل روند عرضه و تقاضای انرژی در ایران و جهان و پیش بینی روندها
- بررسی و تحلیل تحولات بازارهای بین المللی انرژی
- مطالعات تامین مالی در بازارهای بین المللی انرژی
- مطالعه ساختار شرکت های ملی نفت و شرکت های بین المللی
- بررسی سیاست های راهبردی در درون اوپک
- مطالعه موضوعات زیست محیطی در چارچوب مسائل انرژی و کنوانسیون های مرتبط بین المللی
- بررسی خط مشی، سیاست ها و راهبردهای انرژی در سطح کشورها، سازمان ها و شرکت ها در کشورهای تولید کننده و مصرف کننده
- بررسی روابط سیاسی و ترتیبات منطقه ای و بین المللی در زمینه انرژی
- شناخت چالش های فراروی جهان انرژی و راه حل یابی
- مطالعه فن آوری در حوزه انرژی
- توسعه مهندسی ارزش در طرح ها و پروژه های اجرایی
- ارائه خدمات مشاوره به مدیران عامل شرکت های فعال در بخش انرژی
- آموزش و ارتقای متخصصان صنعت نفت و گاز
- تعامل با مراکز علمی - پژوهشی در داخل و خارج برای انجام پروژه های مشترک
- برگزاری همایش ها و سخنرانی های تخصصی در زمینه انرژی در سطوح ملی و بین المللی
- برگزاری دوره های فوق لیسانس و تامین مالی پروژه های فوق لیسانس و دکتری در زمینه انرژی
- تهیه بانک های اطلاعاتی در زمینه انرژی

مطالعات پژوهشی موسسه مطالعات بین المللی انرژی که مرتبط با انرژیهای نو هستند به شرح زیر می باشد:

- تحلیلی بر جایگاه انرژی های نو در اروپا

- تحلیلی بر فرآیند جایگزینی انرژی‌های پاک به جای فسیلی
 - سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل انرژی جهانی
 - نقش انرژی‌های تجدید شونده در تامین تقاضای شدید انرژی هند
 - توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر
 - بررسی تحولات بالقوه و چشم انداز آتی بازار انرژی‌های تجدید پذیر و هسته ای در جهان
- مهمترین نقش موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، برنامه‌ریزی کلان انرژی است که بخشی از این برنامه‌ریزی کلان مربوط به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است که لاجرم این برنامه‌ریزی در توسعه صنعت انرژی خورشیدی کشور نیز تأثیر گذار است.

۱،۲،۳،۲۲ مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات

دانشکده محیط زیست و انرژی واحد علوم و تحقیقات، فعالیت خود را در قالب سه رشته اصلی تحصیلی مهندسی محیط زیست، مدیریت محیط زیست و علوم محیط زیست از سال ۱۳۶۹ در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری آغاز نموده است و تاکنون نیز ادامه دارد. همچنین دو گرایش در سطوح کارشناسی ارشد حقوق محیط زیست و اقتصاد محیط زیست از زیرگروه مدیریت محیط زیست از نیمسال اول ۱۳۸۲ تاسیس شده است و دو گرایش مهندسی طراحی محیط زیست و مهندسی منابع آب از زیر گروه مهندسی محیط زیست در سطح کارشناسی ارشد از نیمسال اول سال ۱۳۸۳ دانشجو پذیرفته است و گروه مهندسی انرژی نیز از ابتدای سال تحصیلی ۱۳۸۳ به این دانشکده پیوسته است (۲۱).

پژوهشکده انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات در زمینه مشاوره، مدیریت، اجرا، تجزیه و تحلیل نمونه، اندازه گیری، کنترل و آموزش در مسائل مختلف محیط زیستی و انرژی فعالیت دارد و زیر مجموعه دانشکده محیط زیست و انرژی می باشد.

زمینه مطالعات و تحقیقات انرژی

الف) مصرف انرژی و مدیریت تامین

- ساختار مدیریت مصرف انرژی
- تجزیه و تحلیل و پیش بینی تقاضای انرژی با توجه به اجزای مختلف آن
- هزینه تامین انرژی

- سیاست‌ها و طرح‌هایی برای تامین انرژی
- بهره‌وری از سیستم‌های مختلف در بخش انرژی تامین
- مدل‌سازی سیستم عرضه انرژی بهینه
- بررسی چالش‌های پیش روی خصوصی سازی بخش انرژی

ب) فناوری انرژی

- فناوری، طراحی و انتخاب سیستم‌های تولید انرژی سازگار با محیط زیست و انرژی‌های تجدیدپذیر
- ارزیابی پتانسیل از انرژی‌های تجدیدپذیر مختلف (بادی، خورشیدی، جزر و مد و ...)

ج) استراتژی‌های بلندمدت برای توسعه پایدار در بخش انرژی

- انرژی و محیط زیست
- چالش‌های استراتژیک در بخش انرژی
- قیمت‌گذاری و سیاست‌های پرداخت یارانه در بخش انرژی
- ملاحظات سیاسی در زمینه انرژی و توسعه پایدار

پروژه‌های تعریف شده توسط ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو به مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بدین شرح است:

- تکمیل و تجهیز آزمایشگاه مرتبط با انرژی باد
- تهیه نرم‌افزارهای مرتبط با انرژی باد
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی و برگزاری دوره‌هایی برای آموزش تکنسین‌ها در زمینه انرژی باد

۱,۲,۳,۲۳ دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور

وزارت نیرو به عنوان یکی از تخصصی‌ترین، و صنعت آب و برق به عنوان یکی از حیاتی‌ترین صنایع فعال کشور، همواره به منظور برقرار بودن چرخه نظارت، تعمیر و نگهداری و به روز نمودن این صنعت حیاتی، الزام داشته تا از بهترین نیروها و آموزش دیده‌ترین نیروهای کشور استفاده نماید. دانشگاه صنعت آب و برق به عنوان اصلی‌ترین مرکز آموزش علمی-

کاربردی، نه تنها نیروی انسانی مورد نیاز وزارت نیرو، بلکه نیروی انسانی مورد نیاز بسیاری از دیگر صنایع کشور را نیز تأمین نموده و می نماید.

دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) با در اختیار داشتن ۱۱ واحد آزمایشگاهی، ۸ واحد کارگاه تخصصی و همچنین ۱۳ واحد ثبت شده تخصصی و با توجه به حضور فعال ۲۲ عضو هیأت و تکنسینهای مجرب در بخشهای آزمایشگاهی و کارگاهی، توانائی قابل توجهی در انجام پروژه‌های مختلف اعم از پژوهشی و خدمات فنی و مهندسی دارد.

این دانشکده بنابر قابلیت‌ها و تجارب موجود سالیان گذشته، دارای توانایی فعالیت در بخشهای مختلفی مانند صنایع نیروگاهی و موضوعات مرتبط به آن از جمله مباحث تخمین عمر، تحلیل خرابی و خوردگی، مدیریت انرژی، انرژی‌های نو، سیستمهای تبدیل انرژی از جمله توربوماشین‌ها، سیستمهای مکانیکی و حرارتی و غیره می باشد. بدیهی است که موارد مزبور اشاره به حداقل‌ها داشته و دامنه فعالیت این دانشکده با توجه به امکانات نرم افزاری و سخت افزاری موجود می تواند دربرگیرنده موضوعات متنوع دیگر، مرتبط با تخصص اعصاب هیأت علمی آن باشد (۲۲) در حال حاضر حوزه ستادی معاونت پژوهشی دانشگاه صنعت آب و برق بعنوان واحد سیاست‌گذاری و مدیریت فعالیتهای پژوهشی مشتمل بر چهار دفتر زیر است.

- امور پژوهشی
- فناوری و خدمات مهندسی
- کتابداری و تدوین دانش فنی
- فناوری اطلاعات و خدمات رایانه ای

۱،۲،۳،۲۴ مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق

این مؤسسه با برخورداری از امکانات پنج مجتمع بزرگ آموزشی و پژوهشی و ۹ واحد آموزشی و یک مرکز تخصصی، تربیت و تأمین نیروهای متخصص صنعت آب و برق کشور را به عهده دارد. مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق با بیش از ربع قرن تجربه در برگزاری دوره‌های آموزشی صنعت آب و برق، تنها مؤسسه وابسته به وزارت نیرو است که برای اجرای فعالیتهای رسمی آموزش عالی علمی کاربردی وزارت نیرو در چارچوب ضوابط و مقررات وزارت علوم،

تحقیقات و فناوری و در راستای سیاست‌های کلی نظام، برنامه توسعه، چشم‌انداز بیست ساله کشور و سیاست‌های وزارت نیرو فعالیت می‌کند (۸).

مأموریت اصلی مؤسسه تدوین و انتقال دانش کاربردی و فناوری روز و ارتقاء مهارت‌های موردنیاز صنعت آب و برق است. مؤسسه با هدف پاسخگویی به ذینفعان کلیدی خود، علاوه بر ارائه دوره‌های آموزشی، به وظایف غیررسمی خود توجه داشته و از طریق نیازسنجی آموزشی، تولید محصولات و بسته‌های آموزشی، مستندسازی، اطلاع‌رسانی، مشاوره، ارتباط با صنعت و کمک به شناسایی و حل مشکلات صنعت آب و برق نیز در جهت مأموریت خود گام برمی‌دارد.

۲۵,۲,۳,۱ دانشگاه صنعتی شریف

الف) دانشکده مهندسی انرژی

طرح ایجاد دانشکده مهندسی انرژی، با هدف کلی نهادینه کردن و سازماندهی موثر فعالیت‌های دانشگاه صنعتی شریف در زمینه‌های مهندسی سیستم‌های انرژی و مهندسی هسته‌ای، در مهر ۱۳۸۳ از طرف تعدادی از اعضای هیات علمی دانشگاه پیشنهاد شد و پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی و شورای دانشگاه (آبان ۱۳۸۳)، در تاریخ ۱۳۸۴/۱۰/۵ در شورای گسترش آموزش عالی مورد تصویب قطعی قرار گرفت. تشکیلات دانشکده نیز در بهمن ۱۳۸۴ در هیات امنای دانشگاه تصویب و در خرداد ۱۳۸۵ ابلاغ شده است (۲۳).

چشم‌انداز دانشکده

- ایجاد یک قطب کیفی آموزشی، پژوهشی و خدماتی در سطح کشور و منطقه در زمینه‌های مختلف مهندسی انرژی
- توسعه و به‌کارگیری دانش مهندسی انرژی در ارتقای بخش انرژی کشور، گسترش کاربرد منطقی انرژی و استفاده بهینه از منابع خداداد انرژی در جهت توسعه پایدار کشور و منطقه
- مشارکت موثر در تلاش ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای توسعه فناوری‌های پاک در تولید، انتقال و مصرف انرژی در جهت حفاظت از زیست‌بوم کشور، منطقه و جهان

ماموریت

- تربیت نیروی انسانی متخصص کیفی با دانش و مهارت بالا در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی، به منظور تامین نیاز کشور
- تربیت کادر هیات علمی و پژوهشگران مورد نیاز کشور در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی
- گسترش مرزهای دانش و توسعه رشته‌های جدید مورد نیاز در زمینه مهندسی انرژی
- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی، برای ارتقای دانش و مهارت کارشناسان دستگاه‌های اجرایی و صنعت
- سازماندهی و انجام پژوهش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای مورد نیاز بخش انرژی کشور
- انجام مطالعات و پژوهش‌های لازم برای تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری و نشر اطلاعات علمی در زمینه علوم و فناوری انرژی
- برقراری ارتباطات و همکاری‌های علمی و فنی بین المللی و منطقه‌ای با مراکز علمی مشابه در کشورهای پیشرفته، کشورهای در حال توسعه و کشورهای اسلامی، در زمینه‌های فعالیت دانشکده

زمینه‌های فعالیت

- مهندسی هسته‌ای
- مهندسی سیستم‌های انرژی
- فناوری‌های نوین انرژی
- انرژی و محیط زیست

رشته‌های تحصیلی

دانشکده مهندسی انرژی در حال حاضر برگزار کننده رشته‌های زیر در مقطع تحصیلات تکمیلی است:

۱- کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای، در چهار گرایش:

- مهندسی راکتور
- چرخه سوخت هسته‌ای

• کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپ‌ها

• مهندسی پرتوپزشکی

۲- کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، در سه گرایش:

• سیستم‌های انرژی

• فناوری‌های انرژی

• انرژی و محیط زیست

۳- دکترای مهندسی انرژی هسته ای

۴- دکترای مهندسی سیستم‌های انرژی

امکانات آزمایشگاهی

امکانات آزمایشگاهی دانشکده مهندسی انرژی به شرح زیر است:

• آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای

• آزمایشگاه آشکارسازی و دوزیمتری

• آزمایشگاه کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپ‌ها

• آزمایشگاه الکترونیک

• آزمایشگاه پردازش موازی

• آزمایشگاه شبیه ساز راکتور

• آزمایشگاه ممیزی انرژی

• آزمایشگاه هیدروژن و پیل سوختی

• آزمایشگاه زیست توده

• آزمایشگاه لوله‌های حرارتی

- آزمایشگاه سیستم‌های خورشیدی

ب) پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف

گروه مطالعات جامع انرژی در سال ۱۳۷۱ با اجرای پروژه طرح جامع انرژی کشور بر اساس قرارداد همکاری بین دانشگاه صنعتی شریف و سازمان برنامه و بودجه شکل گرفت. در سال ۱۳۷۴ آزمایشگاه سیار صرفه جویی انرژی بنا به پیشنهاد گروه مطالعات جامع انرژی و با حمایت سازمان برنامه و بودجه و سازمان جایکا- ژاپن در دانشگاه صنعتی شریف راه اندازی شد. گروه مزبور در سال ۱۳۷۶ پروژه تخصیص مجدد یارانه انرژی برای هدفمندسازی یارانه‌های انرژی را برای وزارت نفت انجام داد و در پی آن و بنا به پیشنهاد گروه مطالعات جامع انرژی مقرر گردید فعالیت گروه در دانشگاه به سطح یک نهاد پژوهشی ارتقاء پیدا کند. در پی پیشنهاد مزبور تفاهم نامه همکاری بین وزارت نفت و دانشگاه صنعتی شریف برای راه اندازی گروه مهندسی سیستم‌های انرژی در سطح کارشناسی ارشد و ایجاد پژوهشکده علوم و فناوری انرژی به امضاء رسید. در سال ۱۳۸۳ نیز تفاهم نامه همکاری بین شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه صنعتی شریف به امضاء رسید و بر اساس آن مقرر شد پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف، گروه پژوهشی در زمینه مدل سازی انرژی را سازماندهی نماید و شرکت ملی نفت ایران نیز در شورای راهبردی پژوهشکده مشارکت داشته باشد. این پژوهشکده دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح زیر است:

- مدل سازی و سیستم اطلاعات انرژی
- مدیریت و بهینه‌سازی انرژی
- فناوری‌های نوین انرژی
- انرژی و محیط زیست
- آزمایشگاه فناوری انرژی

چشم انداز و اهداف آرمانی

- داشتن سهم مهمی در فعالیتهای نوآورانه مرتبط با انرژی، توسعه اقتصادی، پیشرفت اجتماعی و پایداری محیط زیست. این فعالیت ها شامل بهبود فناوری‌ها، ساختارها و سیاست‌هایی است که محصولات و فرآیندهای اثربخش‌تر، کاراتر، سالم‌تر و عادلانه‌تر را دربردارد.

- ایجاد مرکز تحقیق برتر و منبع اطلاعات معتبر در سطح ملی و بین‌المللی، مرجع علمی برای دولت، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع و جامعه مدنی در زمینه تحقیقات و فناوری‌های نوین انرژی
- داشتن سهم مهمی در پیشرفت اجتماعی، توسعه اقتصادی و پایداری محیط زیست در ایران
- توسعه و بکارگیری دانش مهندسی سیستم‌های انرژی در ارتقای کارایی بخش انرژی کشور، گسترش کاربرد منطقی و استفاده بهینه از منابع انرژی در جهت توسعه پایدار کشور و منطقه و جهان
- مشارکت موثر در تلاش ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای توسعه فناوری‌های پاک در تولید، تبدیل، انتقال و مصرف حامل‌های انرژی، در جهت حفاظت از زیست‌بوم کشور، منطقه و جهان

بیانیه ماموریت

- سازماندهی نیروی انسانی متخصص کیفی و پژوهشگران انرژی با دانش و مهارت بالا در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی به منظور انجام تحقیقات و توسعه فناوری‌های نوین و کارای انرژی
- گسترش مرز دانش و توسعه فناوری در حوزه انرژی از طریق انجام تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای و مشارکت در فرآیند تصمیم‌سازی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان انرژی
- انجام مطالعات و پژوهش‌های لازم برای تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری و نشر اطلاعات علمی در زمینه علوم و فناوری انرژی
- ارائه خدمات علمی، فنی و مشاورتی به دولت، دانشگاه‌ها، مراکز و واحدهای تحقیق و توسعه، سازمان‌های تأمین‌کننده انرژی، نهادهای خصوصی و دولتی مصرف‌کننده انرژی و صنایع عرضه‌کننده تجهیزات و خدمات تولید و تبدیل انرژی در سطح ملی و بین‌المللی و جامعه مدنی
- استفاده از فناوری‌های پیشرفته و تجاری سازی فناوری‌های منتج از تحقیقات، با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، قانونی و زیست‌محیطی
- تمرکز بر روی کیفیت فعالیت‌ها و نتایج به عنوان اصل اول و گسترش فعالیت‌ها به صورت تدریجی و همراه با تیم-سازی و توانمند کردن اعضاء به عنوان اصل دوم

- تکیه بر اعضای هیات علمی، محققین با تجربه، متخصصین صنعتی، پژوهشگران جوان، پرسنل ستادی و سایر کسانی که باورمند و پرتلاش برای حصول به چشم انداز مشترک پژوهشکده فعالیت می کنند و سهم مهمی در فعالیتهای نوآورانه مرتبط با انرژی دارند
- برقراری ارتباطات و همکاری‌های علمی و فنی بین المللی و منطقه‌ای با مراکز علمی مشابه در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه در زمینه‌های فعالیت پژوهشکده

اهداف راهبردی

- انجام تحقیقات میان رشته ای که به ارزیابی‌های کل نگر و همه جانبه مشکلات و ارائه راه حل‌های کل نگر و فراگیر برای تولید و استفاده از منابع و انرژی می‌انجامد
- اجرای پروژه‌های تحقیقات بنیادی، کاربردی، توسعه‌ای و مطالعات سیاستگذاری در زمینه انرژی در سطح ملی، منطقه ای و بین المللی
- ایجاد تیم‌های میان رشته‌ای تا از این طریق بتوان قوت‌های دانشگاه صنعتی شریف در مهندسی، علوم پایه، کاربردی و اقتصاد را در همکاری‌های تحقیقاتی گردهم آورد
- طرح‌ریزی و اجرای ساز و کارهای اثربخش و کارا جهت تعامل با دولت، دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع و نهادهای مدنی جهت ارائه بسته ارتباطی با پژوهشکده‌های مختلف و راهکارهای موثر کاربردی و تجاری سازی فناوری‌ها در زمینه انرژی
- طرح ریزی و اجرای ساز و کارهای اثربخش و کارا جهت تعامل و همکاری با دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع، نهادهای مدنی و محافل تصمیم گیری در مناطق کشور جهت توسعه توانمندی‌ها و ایجاد ظرفیت‌های علمی و پژوهشی در کلیه نواحی شهری و روستائی، استان‌ها و مناطق کشور
- شناساندن مجموعه فعالیت‌های پژوهشکده به مخاطبین ملی و بین المللی
- استقرار سیستم مدیریت راهبردی جهت شناسایی زمینه‌های تحقیقاتی انرژی با پتانسیل بالا
- برگزاری دوره های تخصصی-کاربردی، سمینارها و تشکیل انجمن ها در زمینه انرژی

- تشکیل شبکه متخصصان و ایفای نقش رهبر و کانون شبکه جهت هماهنگ و کاربردی کردن تحقیقات انرژی در کل کشور
- تمرکز بر فعالیتهای مهندسی و علوم پایه در عرصه فناوری‌های کلیدی و مدل‌سازی انرژی
- تدوین، اجرا و نظارت بر سیستم مبادله ایده‌های مرتبط با علوم و فناوری انرژی

۱،۳،۲،۲۶ دانشگاه تهران

الف) دانشکده فنی

دانشکده فنی دانشگاه تهران با حدود هفتاد سال قدمت، مهد مهندسی کشور و مادر دانشگاه‌های صنعتی ایران محسوب می‌شود. این دانشکده از آغاز تاکنون با پذیرش استعدادهای برتر افتخار دارد جمع کثیری از دانشمندان و متخصصان کشور را که بسیاری از آنان نقش بسزایی در راه‌اندازی و تداوم حرکت چرخ‌های صنعت کشور و پذیرش مسئولیت‌های سنگین در اداره مملکت دارند تربیت کرده است. بسیاری از این دانش‌آموختگان نیز قدم فراتر از این گذاشته و پرچم علم و دانش را در عرصه‌های پیشرفته علم و تحقیق، در سطح جهانی و بین‌المللی برافراشته‌اند.

پس از تاسیس دانشگاه تهران در سال ۱۳۱۳، دانشکده فنی به عنوان یکی از دانشکده‌های شش‌گانه دانشگاه، به همت و تلاش خستگی‌ناپذیر پروفیسور محمود حسابی تاسیس شد و از مهرماه همان سال فعالیت خود را آغاز نمود. به علت عدم وجود محل خاصی برای استقرار دانشکده فنی، طبقه دوم مدرسه دارالفنون به عنوان دانشکده فنی مورد استفاده قرار گرفت. در همین سال (۱۳۱۳)، از بین ۱۰۰ نفر از فارغ‌التحصیلان دبیرستان‌ها، ۴۰ نفر دانشجوی در رشته‌های مهندسی راه و ساختمان، مکانیک، برق و معدن از طریق کنکور پذیرفته شده و تحصیل خود را آغاز نمودند (۲۴).

از میان دانشکده‌های مختلف دانشگاه، دانشکده مهندسی برق در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و علی‌الخصوص، سلول‌های خورشیدی فعالیت بیشتری دارد. این دانشکده همزمان با تاسیس دانشکده فنی در سال ۱۳۱۳ ایجاد شده و در سال ۱۳۲۰ از محل اولیه آن که دارالفنون بود به محل فعلی دانشکده فنی انتقال یافت. مهندسان الکترومکانیک تربیت شده در آن دوران، در رشته‌های صنایع، تأسیسات و برق فارغ‌التحصیل می‌شدند که مجموعاً "الکترومکانیک" نامیده می‌شد. در دهه ۱۳۴۰ شعبه

الکترومکانیک، به رشته‌های مهندسی برق و مهندسی مکانیک تقسیم شد. در سال ۱۳۴۴ تعداد اعضای هیأت علمی مهندسی برق مجموعاً در دو گرایش جریان قوی و جریان ضعیف ۱۳ نفر بود. از سال ۱۳۴۹ دروس این دانشکده به صورت سیستم واحدی تغییر شکل یافت.

در حال حاضر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر با بهره‌مندی از بیش از ۸۰ عضو هیأت علمی، در مقطع کارشناسی و در رشته مهندسی برق در پنج بخش الکترونیک، قدرت، کنترل، مخابرات و مهندسی پزشکی و در رشته مهندسی کامپیوتر در سه بخش فناوری اطلاعات، سخت افزار و نرم افزار، با بالاترین استانداردهای بین‌المللی، به تربیت مهندسان برجسته می‌پردازد. همچنین این دانشکده در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا، علاوه بر زمینه‌های فوق در سه گرایش هوش ماشین و رباتیک، معماری کامپیوتر و نانو تکنولوژی، به تربیت نیروهای متخصص و محقق می‌پردازد.

امروزه، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران با سه قطب تحقیقاتی، در زمینه‌های سیستم‌های الکترومغناطیسی کاربردی، نانو الکترونیک و کنترل و پردازش هوشمند، سرآمد کلیه مؤسسات آموزش عالی کشور در این زمینه می‌باشد. همچنین، این دانشکده با برخورداری از بیش از ۵۰ آزمایشگاه آموزشی و تحقیقاتی که بعضاً مانند آزمایشگاه‌های لایه نازک و فشارقوی، در سطح خاورمیانه کم نظیر هستند، طرح‌های تحقیقاتی متعددی را در زمینه‌های مختلف و مرتبط با موفقیت به اتمام رسانده و فناوری‌های نوینی را به کشور عرضه نموده است.

با توجه به سابقه درخشان و توان علمی، آموزشی و تحقیقاتی استادان و دانشجویان دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، این دانشکده همکاری‌های تحقیقاتی، تخصصی و آموزشی مختلف و متعددی با مراکز مختلف بخش‌های دولتی و غیر دولتی داخل کشور و همچنین مراکز علمی خارج از کشور دارد. تعداد قابل توجهی از فارغ‌التحصیلان این دانشکده، در واحدهای صنعتی، پژوهشی و دانشگاهی در سطح کشور به خدمت مشغول‌اند و تعداد قابل ملاحظه‌ای از اساتید برجسته دانشگاه‌های کانادا، امریکا و اروپا نیز از فارغ‌التحصیلان موفق این دانشکده هستند.

گروه الکترونیک

گرایش الکترونیک یک مجموعه رو به رشد می‌باشد که در دو راستای تدریس و تحقیق برنامه‌های مفصلی دارد. به طور کلی این گرایش از دو زیر گرایش مدار و سیستم و زیرگرایش افزاره و نانو تشکیل شده است. زمینه‌های تحقیقاتی ارائه شده در زیر بخشی از تحقیقات مفصلی است که در این گرایش در جریان می‌باشد.

- مدارات مجتمع توان پایین
- سامانه‌های فرکانس بالا
- طراحی مدارات مجتمع
- طراحی و شبیه سازی افزاره
- مدارات و سیستم‌های فرکانس رادیویی
- هوش سیلیکونی
- مدارات پیشرفته برای مخابرات داده
- سیستم‌های مجتمع بیو
- نانوسیستم‌های توان پایین و با بهره‌وری بالا
- سلول‌های خورشیدی و لایه نازک
- نانو الکترونیک
- ادوات نانو بیو-الکترونیک
- طراحی و ساخت سامانه‌های ریز ماشین کاری
- ادوات انرژی نانو ساختار
- بلور فوتونی و ادوات مخابراتی
- اتصالات میانی در مدارات و سیستم‌های مجتمع نانو
- انتقال کوانتمی
- محاسبات کوانتمی

گروه قدرت

گروه مهندسی برق قدرت دانشگاه تهران یکی از پیشتازان پژوهش و آموزش در سطح بین‌المللی است. در این گروه مهندسان در سطوح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری جهت فعالیت در صنعت برق و انرژی الکتریکی از تولید، انتقال تا مصرف آموزش داده می‌شوند. بعضی از فعالیت‌های پژوهشی جاری این گروه به شرح زیر است:

- اتوماسیون پست‌های فشار قوی و شبکه توزیع
- الکترونیک قدرت
- انرژی‌های تجدیدپذیر
- برنامه‌ریزی و بهره‌برداری شبکه‌های قدرت
- پایداری و دینامیک شبکه‌های قدرت
- تبدیل انرژی خورشیدی و بادی
- حفاظت پیشرفته سیستم قدرت
- خودروی برقی
- درایو ماشین‌های الکتریکی و عیب‌یابی آن‌ها
- سیستم‌های انتقال قدرت انعطاف پذیر
- شبکه‌های هوشمند و ریز شبکه
- طراحی و بهینه‌سازی ماشین‌های الکتریکی
- عایق‌های الکتریکی
- فناوری قطع جریان‌های بالا
- قابلیت اطمینان و امنیت شبکه‌های قدرت
- مدل سخت افزاری سیستم قدرت
- ماشین‌های الکتریکی خطی
- مبدل‌های چند سطحی

- مهندسی توان پالسی
- مهندسی فشار قوی

ب) دانشکده علوم و فنون نوین

تأسیس دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران در تاریخ ۵ بهمن ۱۳۸۸ به تصویب هیات امنای دانشگاه تهران رسید. این دانشکده با هدف اصلی تربیت نیروی متخصص مورد نیاز کشور در مقاطع تحصیلات تکمیلی و در زمینه‌های علوم و فناوری‌های نوین میان‌رشته‌ای، جذب نخبگان و پژوهشگران و انجام پژوهش‌های کاربردی به منظور خلق و ارائه دانش مورد نیاز جامعه به مراکز صنعتی و ملی در جهت چشم‌انداز و اهداف بلند کشور تأسیس گردید. این دانشکده در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۳۹۰ نیز به دست ریاست محترم جمهور افتتاح شد. دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران همگام با دانشگاه‌های برتر و حتی پیشرو جهان و مبدع علوم بین‌رشته‌ای نوین دنیا در پاسخ به نیازهای علمی نخبگان، پژوهشگران و کارآفرینان پیشرو و خلاق ملی و بین‌المللی فعال خواهد بود.

گروه «انرژی‌های نو و محیط‌زیست» دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران فعالیت خود را در قالب یک رشته اصلی با عنوان "مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر"، از مهر ماه سال ۱۳۸۹ در مقطع کارشناسی ارشد آغاز نموده است. هدف اصلی این گروه تربیت نیروی متخصص مورد نیاز کشور، در مقاطع تحصیلات تکمیلی در زمینه‌های علوم و فناوری‌های بین رشته‌ای در حوزه تخصصی مهندسی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر و محیط زیست است. در این گروه قصد آن است تا با جذب مستعدترین اساتید، پژوهشگران و دانشجویان نخبه و ارتقاء امر پژوهش در زمینه‌های علوم و فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یکی از مراکز برتر و مرجع این حوزه علمی مطرح گردد. بهره‌گیری از منابع و امکانات روز دنیا برای انجام تحقیقات بنیادی و کاربردی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و برقراری ارتباط فعال با دانشمندان علوم پیشرو در ایران و جهان جزء برنامه‌های اصلی این گروه است.

اطلاعات آماری گروه:

- تعداد اعضای هیأت علمی: ۱۲
- تعداد دانشجویان در مقطع دکتری تخصصی: ۱۵

- تعداد دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد: ۵۱

رشته‌های تحصیلی در حال اجرا و برنامه ریزی شده در گروه:

کارشناسی ارشد:

- مهندسی انرژی‌های تجدید پذیر
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش سیستم‌های انرژی
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش تکنولوژی‌های انرژی
- مهندسی طبیعت
- مهندسی اکولوژی

دکتری:

- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش مدل‌سازی انرژی
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش فناوری‌های انرژی
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش انرژی و محیط‌زیست

۱،۲،۳،۲۷ دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشکده سبز جهت پژوهش در زمینه انرژی و محیط زیست تاسیس گردیده است. اساسی‌ترین کار پژوهشکده بررسی نحوه کاهش مصرف انرژی فسیلی و کاهش آلودگی محیط‌زیست بوده و مسائل فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی را همراه با موضوعات علمی و نوین در نظر گرفته و به حل مشکل انرژی در کشور می‌پردازد. همچنین پژوهشکده سعی دارد راهکارهای جایگزینی منابع انرژی تجدیدناپذیر را با منابع انرژی تجدیدپذیر بررسی کند و از روش‌های علمی و عملی استفاده نماید تا میزان مصرف انرژی تجدیدناپذیر کاهش یابد. پژوهشکده کلیه فعالیت‌های خود را در سه گروه مدیریت انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و محیط زیست سامان داده است که هر گروه با همکاری کلیه اعضای هیات علمی فعال در زمینه انرژی به تحقیق در حوزه کاری خود

می‌پردازد. همچنین پژوهشکده با سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی ذی‌ربط نیز تماس داشته و از تجربیات آنها نیز در صورت لزوم استفاده کرده و تبادل اطلاعات انجام می‌دهد. برای ارتباط با مخاطبین کلیدی از روش‌های گوناگون نظیر ارائه سمینارهای علمی آموزشی، ارائه کارگاه‌های آموزشی در صنایع جهت آگاهی مدیران و کارشناسان صنعت و شرکت در برنامه‌های صدا و سیما استفاده می‌کند. پژوهشکده همواره تلاش دارد که پژوهش‌های انجام شده را بدون دوباره‌کاری و مطابق با برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور همگام سازد. پژوهشکده سبز دارای سه گروه پژوهشی مدیریت انرژی، انرژی‌های نو و سیستم‌های انرژی می‌باشد (۲۵).

گروه پژوهشی مدیریت انرژی

پژوهشکده سبز با برخورداری از اساتید مجرب در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف همکاری‌های علمی و خدمات خود را به صنایع بشرح زیر ارائه می‌نماید:

- ممیزی انرژی در کارخانجات
- ارائه آموزش و برگزاری سمینارهای تخصصی مدیریت مصرف انرژی
- مدیریت بار جهت کاهش مصرف در ساعات اوج
- برنامه ریزی جامع انرژی جهت صنایع
- ارائه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در خط تولید جهت افزایش بهره‌وری انرژی

گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

باتوجه به اهمیت بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر با هدف تحقیق بنیادی و کاربردی در زمینه انرژی تجدیدپذیر، فناوری‌های نوین در تولید، ذخیره و تبدیل انرژی در سال ۱۳۷۸ در پژوهشکده سبز، کار خود را بصورت فعال با اهداف زیر آغاز نمود.

- تربیت محقق و نیروی انسانی متخصص در زمینه منابع انرژی جدید
- همکاری با سازمان‌های مسئول در زمینه انرژی در رفع مشکلات کشور
- ایجاد پایگاه مناسب برای کلیه محققین کشور در زمینه انرژی‌های نو

- بررسی راهکارهای جایگزینی منابع انرژی تجدیدناپذیر با منابع انرژی تجدیدپذیر
- استفاده از روش‌های علمی و عملی در کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر
- ارتباط مستمر با سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی ذی‌ربط و تبادل اطلاعات
- ارائه سمینارهای علمی آموزشی و ارائه کارگاه‌های آموزشی

گروه پژوهشی سیستم‌های انرژی

هدف از این گروه، آشنایی با اصول انرژی، منابع انرژی، فرآیندهای تبدیل انرژی، حامل‌های انرژی و اثرات زیست محیطی انواع سیستم‌های تولید، تبدیل، ذخیره‌سازی و انتقال انرژی می‌باشد. انجام پروژه‌های تحقیقاتی و کاربردی با هدف کاهش اثرات زیست محیطی در موضوعات زیر مورد توجه محققین این گروه است:

- نیروگاه‌ها (گازی، بخاری، ترکیبی، هسته‌ای و ...)
- تولید مشترک حرارت و الکتریسیته (CHP^{۲۰})
- سیستم‌های تبدیل انرژی پیشرفته

نمونه‌هایی از پایان نامه‌های انجام شده در پژوهشکده سبز مرتبط با انرژی خورشیدی

- طراحی، محاسبه و ساخت یک نمونه از آینه‌های متحرک نیروگاه خورشیدی
- کارایی متمرکزکننده خورشیدی در جریان متغیر
- طراحی و محاسبه نیروگاه خورشیدی همراه با ساخت نمونه آزمایشگاهی
- طراحی گرمایش یک ساختمان با استفاده و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی
- اصول طراحی سیستم‌های خورشیدی – طرح و محاسبه و ساخت هیدراتور و اجاق خورشیدی
- سیکل ترکیبی نیروگاه فسیلی با پیش گرم کن خورشیدی
- طراحی، محاسبه و ساخت آب گرمکن خورشیدی با گردآور پارابولیک
- طرح و محاسبه کولر خورشید

- طرح و محاسبه ساخت آب گرمکن خورشیدی با جریان اجباری
- آب گرم کن خورشیدی با گردآور پارابولیک
- طرح و محاسبه آب سردکن خورشیدی
- طراحی و محاسبه دستگاه هواساز و تنظیم کننده شرایط محیطی برای گلخانه‌های زمستانی تولید صیفی جات با استفاده از سوخت‌های فسیلی و انرژی خورشیدی
- پمپاژ خورشیدی با استفاده از سیستم دیش استرلینگ
- کاربرد انرژی خورشیدی در صنعت تهویه و تبرید
- طرح، محاسبه و ساخت هوا گرمکن خورشیدی
- طرح، محاسبه و ساخت تست گردآور خورشیدی آبی با پروفیل آلومینیومی
- طراحی و محاسبات سیستم گرمایش و سرمایش خانه خورشیدی
- پمپاژ خورشیدی
- طرح، محاسبه و ساخت آب گرمکن خورشیدی کلکتور و مخزن مشترک
- اتومبیل خورشیدی - الکتریکی
- بررسی و محاسبه مصرف کننده‌های انرژی در ساختمان‌ها و ارائه طرح‌هایی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- سیستم فتوولتایی و خصوصیات آن

۲۸،۲،۳،۱ دانشگاه فردوسی مشهد

با تبدیل آموزشگاه عالی بهداری در سال ۱۳۲۸ به دانشکده پزشکی، نخستین گام در راه تاسیس سومین دانشگاه ایران در شهر مقدس مشهد برداشته شد.

در سال ۱۳۳۴ با صدور مجوز دیگری دانشکده ادبیات با پنج رشته جداگانه تاسیس یافت. با گسترش آموزش عالی در کشور به ترتیب دانشکده معقول و منقول (که بعداً به هیات تغییر نام یافت) دانشکده علوم، دانشکده دندانپزشکی، دوره شبانه، دانشکده علوم دارویی و تغذیه، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشکده مهندسی، مؤسسه بینایی-

سنجی، دبیرستان دانشگاه و مرکز تعلیمات به مجموعه دانشگاه مشهد که از سال ۱۳۵۳ به دانشگاه فردوسی تغییر نام یافته بود افزوده شد.

ضرورت گسترش آموزش پس از انقلاب اسلامی سبب شد که پس از تغییر در برخی واحدها و تفکیک دانشگاه علوم پزشکی از دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشکده دامپزشکی، آموزشکده کشاورزی شیروان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ریاضی، پژوهشکده علوم گیاهی، مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی، کالج دانشگاه، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده معماری و شهرسازی یکی پس از دیگری به مجموعه واحدهای دانشگاه اضافه شود.

هم اکنون دانشگاه فردوسی مشهد به عنوان سومین دانشگاه کشور از نظر قدمت پس از دانشگاه‌های تهران و تبریز در حال حاضر شصت و سومین سال فعالیتش را سپری می‌کند. بر اساس چشم‌انداز سند راهبردی دانشگاه فردوسی مشهد، این دانشگاه در سال ۱۳۹۹ یکی از دو دانشگاه برتر جامع کشور در تولید علم، نظریه پردازی و توسعه فناوری، برخوردار از جایگاه معتبر در بین ۱۰ دانشگاه اول جهان اسلام و جزء ۵۰۰ دانشگاه ممتاز جهان با هویتی اسلامی- ایرانی است (۲۶).

در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و علی‌الخصوص، انرژی خورشیدی، پژوهشکده هوا و خورشید دانشگاه فردوسی مشهد فعالیت دارد. پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی مشهد مهرماه ۱۳۸۹ و در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد افتتاح گردید. ماموریت پژوهشکده هواخورشید پژوهش، فناوری، طراحی و تجاری سازی در حوزه انرژی‌های نو از جمله مولدهای بادی و نیروگاه‌های خورشیدی و همچنین طراحی و نمونه‌سازی هواپیماهای جت تجاری است. منابع انسانی پژوهشکده هواخورشید در بر گیرنده متخصصان دانشگاهی و صنعتگران، از جمله اعضای هیات علمی، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی و کارشناسان مجرب در حوزه های پژوهش و فناوری و صنعت می باشند.

ماموریت پژوهشکده هواخورشید

- طراحی و ساخت نمونه توربین‌های بادی و تست آنها طبق استانداردهای جهانی
- طراحی و ساخت نمونه سلول های فتوولتایی و تست آنها طبق استانداردهای جهانی

اهداف پژوهشکده هواخورشید

- طراحی و بومی سازی و ساخت نمونه، تست و راه اندازی توربین‌های بادی مگاواتی
- ساخت نمونه سلول‌های فتوولتایی با راندمان بالا از جمله سلول‌های ارگانیک و سیلیکانی و لایه نازک
- ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع بخش انرژی‌های بادی و خورشیدی

پروژه‌های انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در پژوهشکده هواخورشید

- امکان سنجی و مطالعات اولیه سیستم‌های متمرکز کننده سهموی خورشیدی و دودکش‌های خورشیدی
- طراحی بهینه، ساخت و تست میدانی ردیاب خورشیدی تک محوره جهت افزایش بهره‌وری نیروی خورشیدی
- طراحی نیروگاه ۱۱۰ کیلووات
- طراحی، نصب و بهره برداری سیستم‌های فتوولتایی ۲ کیلو وات مستقل از شبکه
- طراحی سیستم فتوولتایی متصل به شبکه با هدف تضمین تأمین برق در مواقع اضطراری
- تأسیس آزمایشگاه تست میدانی فتوولتایی
- امکان سنجی احداث نیروگاه فتوولتائیک به ظرفیت ۵ مگاوات به سفارش برق منطقه‌ای خراسان
- طراحی نیروگاه فتوولتائیک به ظرفیت ۱۰۰ کیلووات برای بند انحرافی شیر تپه به سفارش آبفای خراسان رضوی
- طراحی خانه سبز به سفارش پژوهشگاه مواد و انرژی
- تهیه پیش‌نویس دستورالعمل اتصال به سیستم‌های فتوولتائیک به شبکه به سفارش برق منطقه‌ای استان
- امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های فتوولتایی برای گلخانه‌ها به سفارش جهاد کشاورزی استان
- طراحی سیستم پشتیبان انرژی خورشیدی به سفارش سازمان پدافند غیرعامل
- امکان‌سنجی روشنایی خورشیدی بلوار شاندیز به طول ۱۷ کیلومتر به سفارش شرکت پدیده شاندیز
- امکان سنجی تأمین ۵۰۰ کیلووات برق از طریق شبکه سراسری، انرژی‌های تجدیدپذیر (باد و خورشید)، CHP و دیزل ژنراتور به سفارش سازمان مدیریت پسماند مشهد
- طراحی پشت بام سبز خورشیدی به سفارش شهرداری مشهد
- امکان سنجی استفاده از المان‌های خورشیدی برای پارک خورشید به سفارش شهرداری مشهد

- امکان سنجی احداث پارک انرژی تجدیدپذیر به سفارش شهرداری مشهد
 - برگزاری دوره آموزشی جهت استفاده از انرژی فتوولتائیک در شرکت سیمان شرق
- پروژه‌های در حال اجرا در زمینه انرژی خورشیدی در پژوهشکده هواخورشید**

- سنتز مواد اولیه ساخت سلول‌های خورشیدی
- ساخت ردیاب خورشیدی اتوماتیک جهت پانل‌های فتوولتایی
- تجهیز آزمایشگاه تست میدانی سیستم‌های فتوولتایی
- طراحی و اجرای یک نمونه سیستم فتوولتایی خانگی
- مطالعه چندین نرم افزار شبیه سازی انرژی‌های تجدیدپذیر
- طراحی، ساخت و تجهیز اتاق تمیز و آزمایشگاه سلول‌های خورشیدی
- طراحی، ساخت و تست ردیاب خورشیدی دو محوره جهت افزایش بهره‌وری پنل‌های خورشیدی

پروژه‌های آتی در زمینه انرژی خورشیدی در پژوهشکده هواخورشید

- روش‌های نو ذخیره‌سازی انرژی
- طراحی، ساخت و بهینه‌سازی انواع سلول‌های خورشیدی

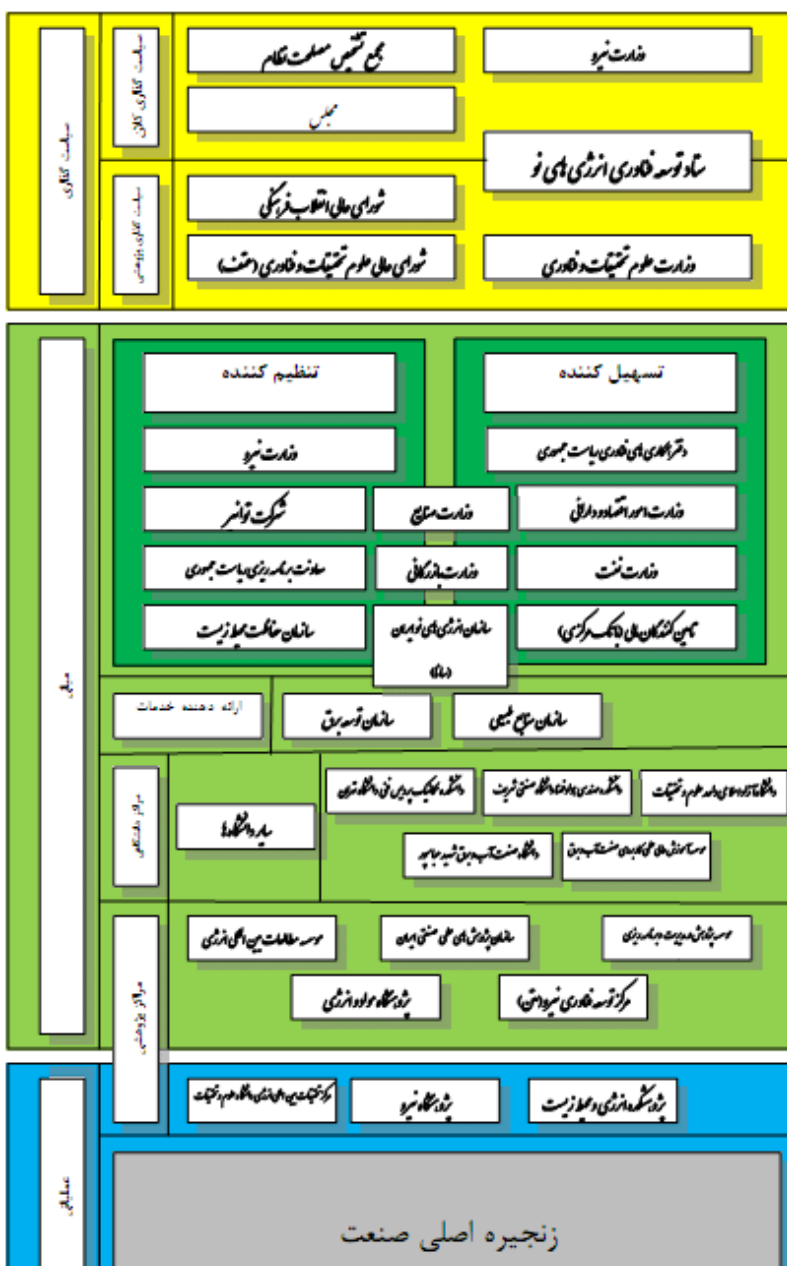
۲۹،۲،۳،۱ جمع بندی

پس از شناسایی نهادها و سازمان‌های مرتبط با این حوزه می‌توانیم تمامی فعالان در این بخش را به صورت گراف زیر نمایش دهیم.

با توجه به شکل مشاهده می‌گردد که تمامی بازیگران به سه دسته کلی تقسیم می‌گردند؛ دسته اول نهادهای سیاست‌گذار که خود به دو دسته سیاست‌گذار کلان و سیاست‌گذار پژوهشی تقسیم می‌شوند. در دسته دوم که دسته میانی نامیده می‌شود، نهادهای حاکمیتی تنظیم کننده، تسهیل کننده و ارائه دهنده خدمات هستند، قرار دارند. در این دسته مراکز پژوهشی و دانشگاهی نیز قرار می‌گیرند و در دسته سوم که دسته عملیاتی می‌باشد زنجیره اصلی صنعت را در برمی‌گیرد.

طبق این دسته بندی نهاد رهبری (مجمع تشخیص مصلحت نظام)، وزارت نیرو و ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو باتوجه به عملکرد و وظایفشان در دسته سیاست‌گذاری کلان انرژی‌های تجدیدپذیر قرار می‌گیرند و شورای عالی انقلاب فرهنگی، شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در دسته سیاست‌گذار پژوهشی قرار می‌گیرند.

در دسته میانی وزارت نیرو، شرکت توانیر، معاونت برنامه ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور و سازمان حفاظت از محیط زیست، در دسته نهادهای تنظیم کننده قرار دارند و وزارت اقتصاد و دارائی، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و وزارت نفت در دسته نهادهای تسهیل کننده قارداند و وزارت بازرگانی و وزارت صنعت و معدن هم نقش تنظیم کننده و تسهیل کننده را دارند. سازمان توسعه برق و سازمان منابع طبیعی نیز در دسته ارائه دهنده خدمات قراردارند و سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) که کلیدی ترین سازمان در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد هر سه نقش تنظیم‌کنندگی، تسهیل‌کنندگی و ارائه دهنده خدمات را به عهده دارد. همچنین مراکز پژوهشی و دانشگاهی نیز در رده میانی قرار دارند.



شکل 9 گراف نهادهای مرتبط با فناوری انرژی خورشیدی

۳,۳,۱ مرزبندی فنی

با توجه به اینکه ماهیت سند پرداختن به مباحث توسعه فناوری می‌باشد، در این سند باید گام‌های زیر طی شوند:

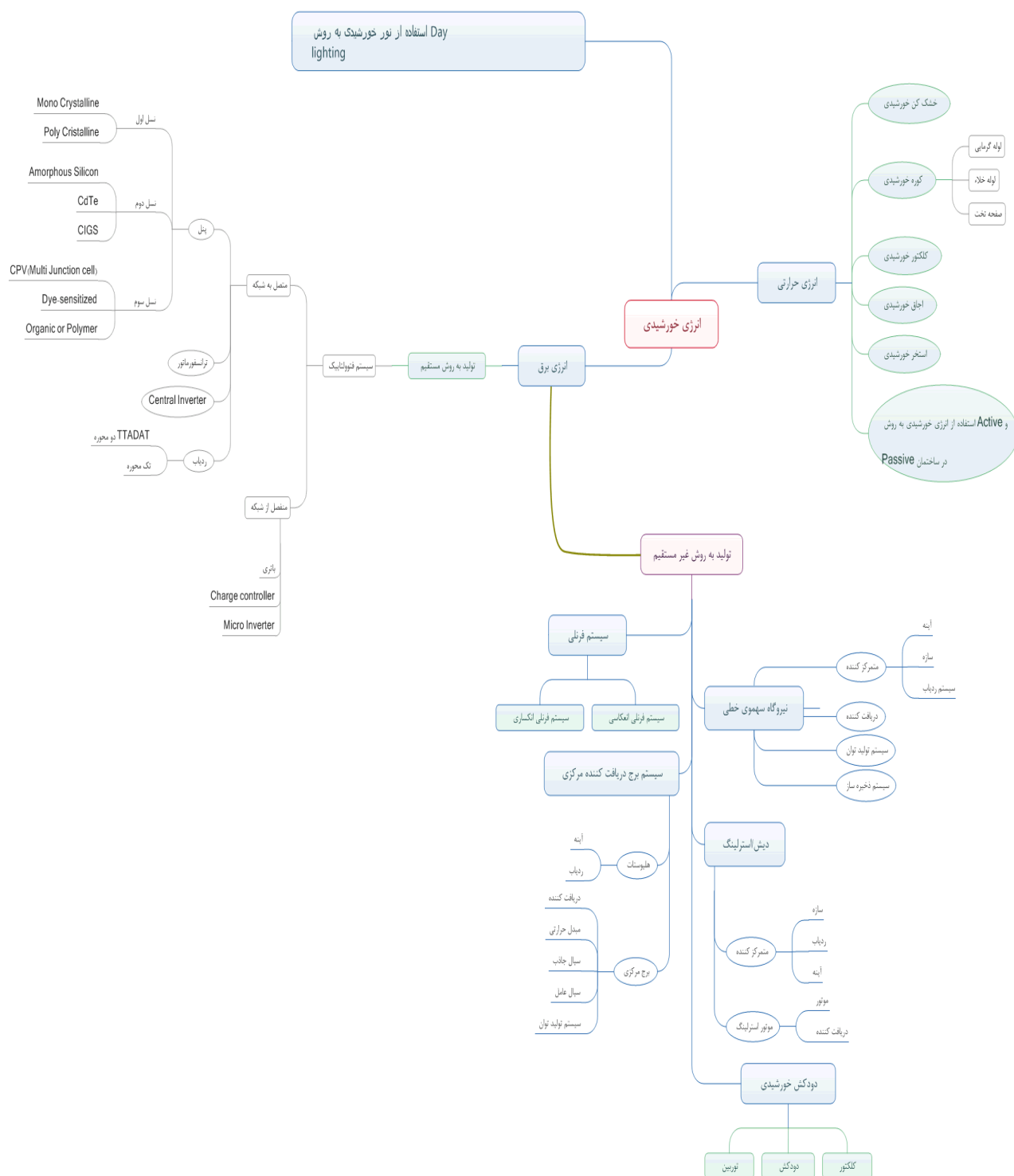
۱- شناسایی فناوری

۲- انتخاب فناوری

۳- اکتساب فناوری

در بحث شناسایی فناوری‌ها و روش‌های شناسایی در مراحل بعدی به تفصیل بحث خواهد شد. در این فصل صرفاً جهت بررسی ابعاد سند به نگرش فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی می‌پردازیم.

در این ابتدا در نگرش فناوری تمامی فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی را در نظر می‌گیریم. اما بنا بر دلایلی به برخی از فناوری‌ها نخواهیم پرداخت. در واقع فناوری‌هایی از قبیل باتری‌ها، در سند مربوط به ذخیره سازها مورد بررسی قرار می‌گیرند به همین دلیل پرداختن به آن از حوصله این سند خارج است. همچنین فناوری‌های حرارتی مانند کوره، کلکتور و موارد مشابه به این دلیل که کشور به آن فناوری‌ها (به دلیل ساده بودن و قدمت آن‌ها) دست یافته است، پرداختن به آن‌ها مورد اشکال است. همچنین فناوری استفاده از انرژی نور خورشیدی نیز در سند دیگری در پژوهشگاه نیرو مورد بررسی قرار می‌گیرد لذا بدان پرداخته نخواهد شد.



شکل 10 درخت فناوری انرژی خورشیدی

فصل دوم

۲. تبیین مشخصه‌های فناوری‌های

مرتبط با انرژی خورشیدی

۱,۲ مقدمه

هر فناوری را می‌توان بر حسب ویژگی‌های متمایز کننده در گروه و دسته‌ای از فناوری‌ها جای داد. به منظور داشتن نتایج به دور از انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی باید براساس ویژگی‌های خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر لازم است تا از ابزارهای سیاستگذاری و نیز روش‌شناسی‌های تدوین راهبرد متناسب با هر گروه فناوری مورد استفاده قرار گیرند. محقق شدن این هدف، ضرورتی است تا جایگاه فناوری موردنظر را با ارائه‌ی یک طبقه‌بندی از مفهوم فناوری معین نمود.

از طبقه‌بندی فناوری از ابعاد مختلف، فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. اینکار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های همگروه را در مراحل بعدی تدوین اسناد ملی فناوری تسهیل خواهد نمود. در این قسمت، از میان طبقه‌بندی‌های مختلف، یک ادبیات برای فناوری ارائه شده است، تنها به مواردی اشاره می‌شود که قابلیت کاربرد در روش‌شناسی پیشنهادی را دارا بوده و بر مؤلفه‌های آن اثرگذار باشد.

این مؤلفه با بررسی جایگاه فناوری از ابعاد ماهیت، پارادایم فناورانه و چرخه‌عمر، تصویری از خصوصیات فناوری راهبردی مورد مطالعه به سیاستگذار و تحلیلگر ارائه می‌نمایند. آگاهی از این مشخصه‌ها بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل بعدی تدوین سند اثرگذار خواهد بود (به عنوان مثال اگر فناوری در مراحل ابتدایی چرخه‌عمر خود باشد، مناسب است تا رویکرد توسعه‌ای مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی و پیشرو بودن برگزیده شود، در حالیکه رویکرد مناسب توسعه در شرایطی که فناوری در مراحل بلوغ فناورانه قرار دارد، پیروی هوشمندانه و اتکا بر روش‌های همکاری فناورانه است).

۲,۲ تعیین ماهیت فناوری از دیدگاه جدید یا موجود بودن فناوری

سابقه فناوری: براساس سابقه حضور فناوری‌ها به دو دسته‌ی فناوری‌های جدید و فناوری‌های موجود تقسیم می‌شوند. فناوری‌های جدید عبارتند از فناوری‌هایی که برای اولین بار در مرز بنگاهی، ملی یا بخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعنوان مثال نرم‌افزار جدیدی که در طراحی محصول بکار گرفته می‌شود و جایگزین روش دستی می‌شود. فناوری جدید لزوماً نوظهور نیست بلکه می‌تواند سال‌ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد. منظور از سابقه حضور شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آنها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد.

اگرچه از دیرباز استفاده از انرژی خورشید به عنوان یکی از در دسترس‌ترین منابع انرژی دوران باستان رایج بوده است، اما ظهور فناوری‌های نوین برای استفاده از نور خورشید در سال‌های اخیر صورت گرفته است.

استفاده از انرژی حرارتی خورشید به هزاران سال قبل برمی‌گردد اما برای اولین بار در سال ۱۸۶۶ استفاده از تکنولوژی سهموی خطی برای تولید بخار مورد استفاده قرار گرفت. همچنین اولین اختراع ثبت شده برای کلکتور خورشیدی نیز در سال ۱۸۸۶ در ایتالیا بوده است. بهره‌برداری از تکنولوژی حرارت خورشید برای تولید برق برای اولین بار در سال ۱۹۶۸ در ایتالیا و اولین نیروگاه سهموی خطی به روش نوین در سال ۱۹۸۴ در آمریکا مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

کشف فناوری فتوولتائیک در سال ۱۸۳۹ با چاپ مقاله‌ای توسط فیزیک‌دان فرانسوی Edmond Becquerel عنوان شد اما در دهه‌ی شصت دانشمندان آزمایشگاه بل برای نخستین بار سیلیکون را در سلول‌های خورشیدی به کار گرفته و توانستند بازده چهار درصدی تبدیل انرژی خورشید به الکتریسیته را به دست آورند. در طی چند سال این صفحات توانستند توان مورد نیاز ماهواره‌ها و سفینه‌ها را تامین کنند. فیلم‌های نازک خورشیدی از اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰، همزمان با ظهور ماشین حساب‌های خورشیدی که با لایه‌ی باریکی از سیلیکون آمورف کار می‌کردند در بازار ظاهر شدند. دهه‌های اخیر نیز شاهد ظهور فناوری‌های نسل جدید در حوزه انرژی خورشیدی بوده است.

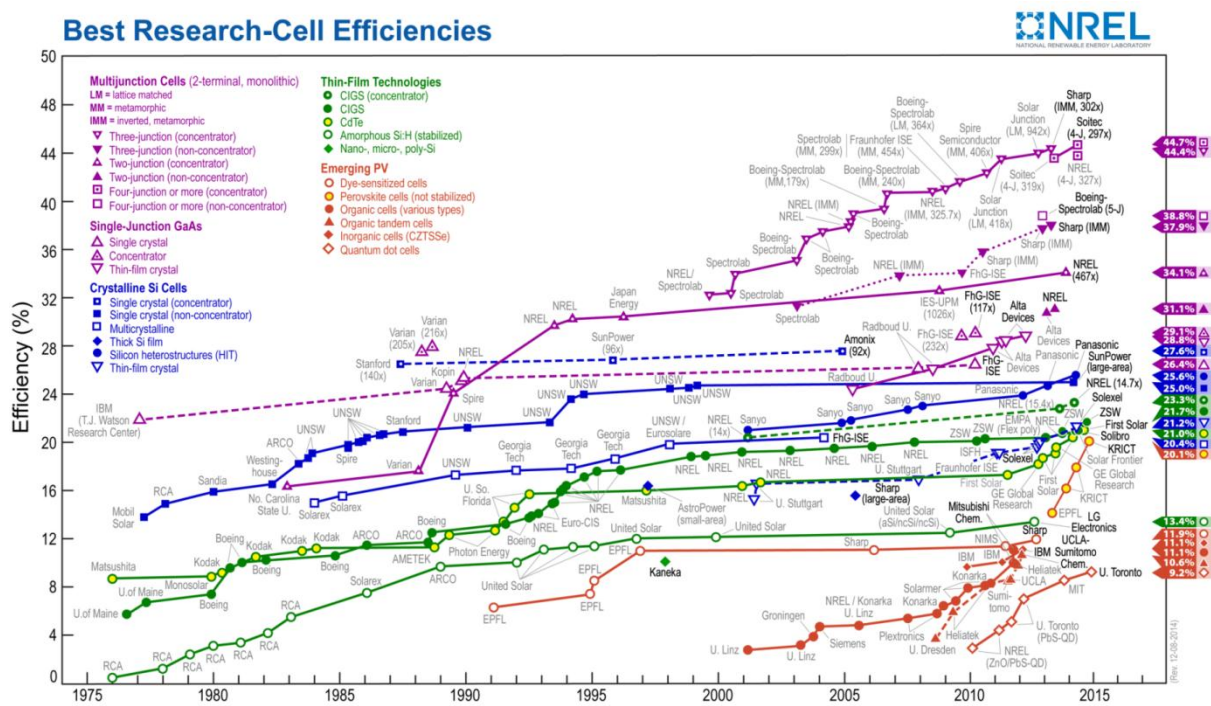
با بررسی تاریخچه تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی خورشیدی، برخی تکنولوژی‌ها دارای قدمت بالایی هستند در حالی که برخی به تازگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، همچنین برخی تکنولوژی‌ها به طور کامل تجاری‌سازی شده‌اند و موجود می‌باشند در حالی که در بسیاری موارد طرح‌های مطرح شده هنوز در فاز تحقیقاتی به سر می‌برند و در دسترس موجود نمی‌باشند. بنابراین برای بررسی سن تکنولوژی‌ها و در دسترس بودن آن‌ها باید تکنولوژی‌ها را به تفکیک مورد بررسی قرار داد که این کار در فازهای بعدی به جزئیات ارائه شده است.

۳,۲ تعیین منشا تغییرات فناوری

برای داشتن درک درستی از منشاء تغییرات فناوری‌های انرژی خورشیدی کفایت نگاهی به توسعه فناوری‌های فتوولتائیک در سالیان اخیر انداخته شود. با مشاهده نمودار زیر آنچه که بیش از هر چیز توجه را به خود جلب می‌کند، ایجاد فناوری‌های جدید

بخصوص در ۵ سال اخیر است. کشف و ابداع روش‌های جدید برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی جز با توسعه تحقیقات و تمرکز بیشتر بر فعالیت‌های فناورانه قابل دستیابی نیست.

بنابراین برای پیشرفت در حوزه انرژی‌های خورشیدی تحقیقات یکی از مهمترین بخش‌ها برای سیاست‌گذاری‌ها باید باشد. این‌که تحقیقات در چه حوزه‌ای و به چه نحوی باید باشد نیاز به بررسی تخصصی دارد و برای تکنولوژی‌های مختلف انرژی خورشیدی متفاوت است که در ادامه این سند و در فصل‌های بعدی مفصلاً به آن پرداخته خواهد شد.



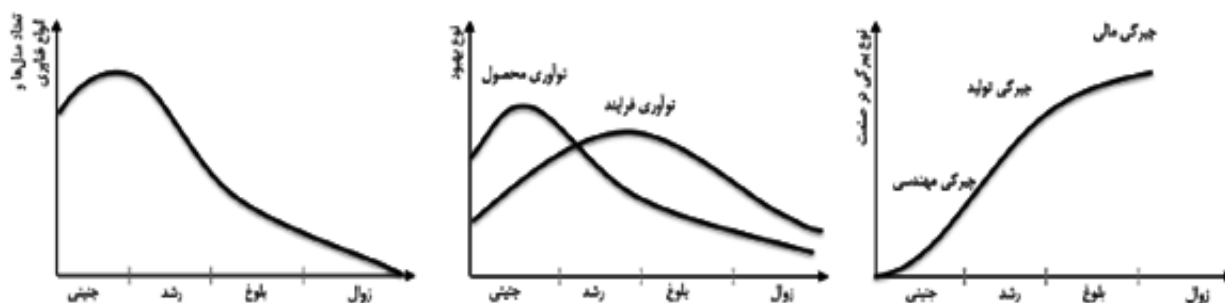
شکل ۱۱ تغییرات بازدهی فناوری‌های مختلف فتوولتائیک خورشیدی

۴,۲ تعیین چرخه عمر فناوری

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد به عبارت دیگر، محل قرارگیری یک فناوری در چرخه عمر، متأثر از منحنی‌های چرخه عمر فناوری‌های وابسته به آن می‌باشد. از آنجا که فناوری‌های پیچیده غالباً از فناوری‌های دیگری در سطوح پایین‌تر تشکیل شده‌اند، چرخه عمر آنها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل دهنده آن است. این منحنی دارای چهار مرحله‌ی جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین لازم است تا

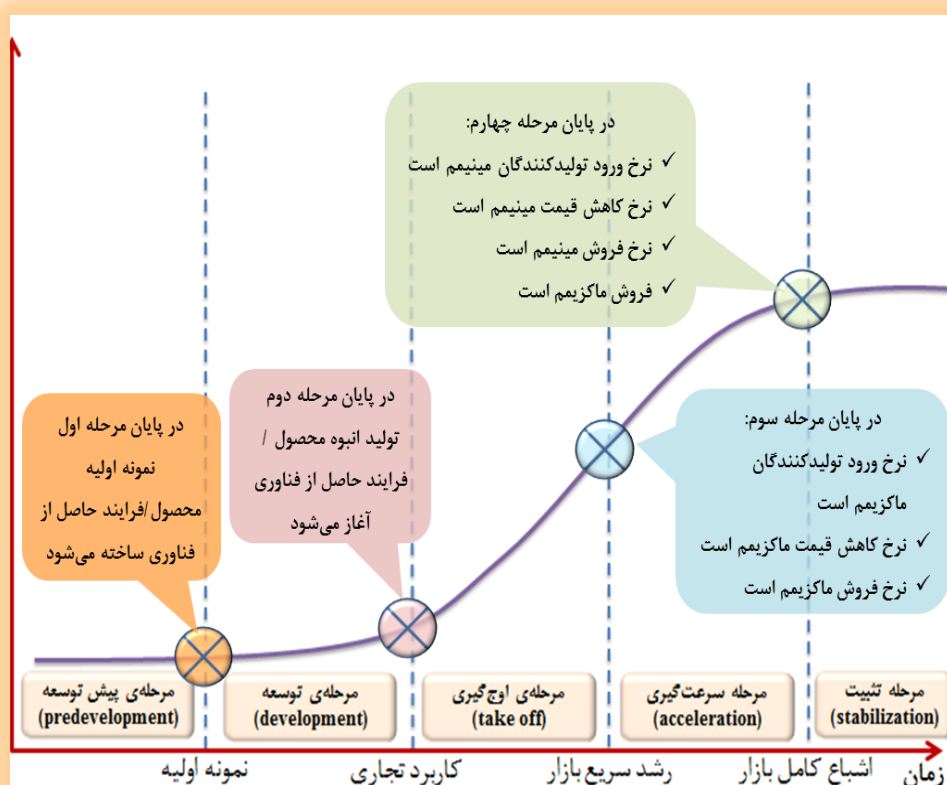
فناوری‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه‌ریزی برای توسعه قطعات موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.

با استفاده از سهم عیار تنوع مدل‌های موجود فناوری، نوع بهبودهای صورت گرفته و نوع چیرگی موجود در صنعت، می‌توان بصورت کیفی جایگاه هر فناوری را در چرخه عمر فناوری معین نمود. شکل زیر، نشان دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر فناوری است.

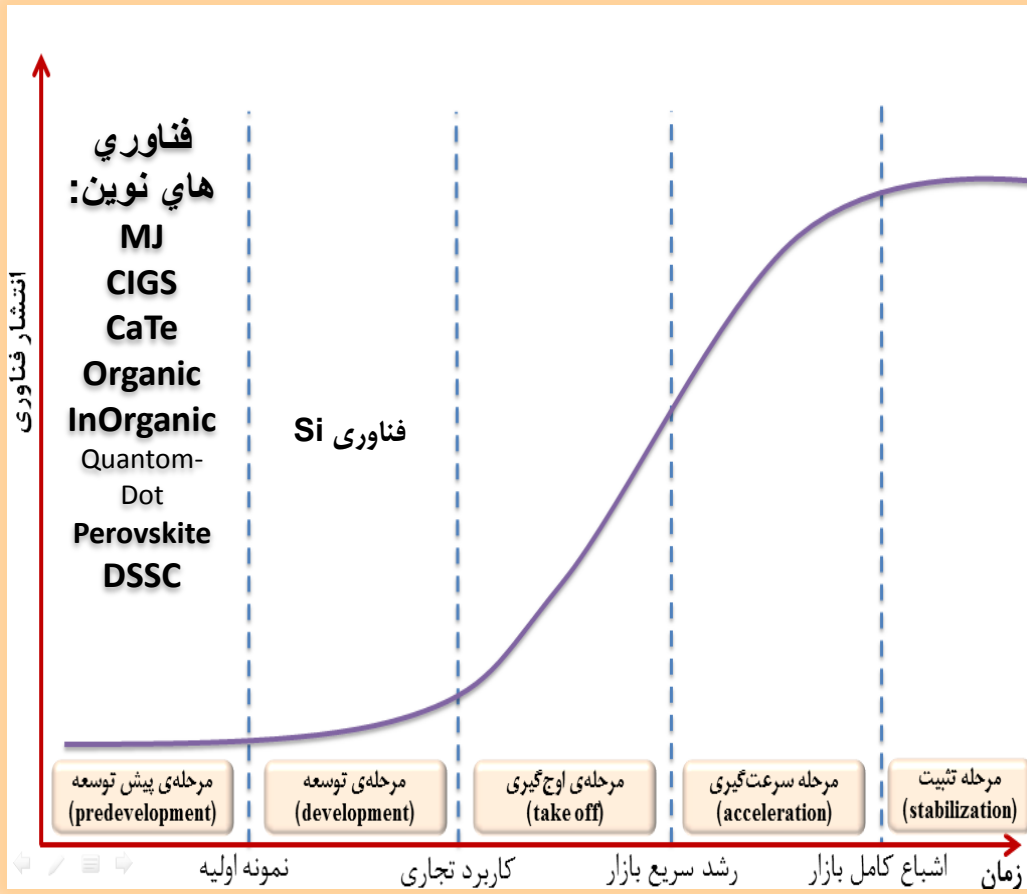


شکل 12 مراحل چرخه عمر یک فناوری

بر اساس توضیحات ارائه شده، در تکنولوژی‌هایی که در مرحله اول از چرخه عمر خود هستند، نمونه‌های اولیه از محصول که حاصل از توسعه فناوری است ساخته می‌شوند. در پایان مرحله دوم تولید انبوه محصول به وقوع می‌پیوندد. بیشترین رشد توسعه تکنولوژی در بازار را در مرحله سوم از چرخه عمر یک محصول می‌توان دید. در این مرحله بیشترین جذابیت برای سرمایه‌گذاران، بیشترین نرخ کاهش قیمت و بیشترین نرخ فروش محصول رخ می‌دهد. مرحله چهارم از عمر یک محصول هم زمانی است که به حد کمال خود رسیده باشد. در این زمان در بازار دیگر جایی برای نرخ کاهش قیمت وجود نخواهد داشت. این مراحل را می‌توان در نمودار زیر مشاهده کرد. همچنین تکنولوژی‌های مختلف فتوولتائیک را می‌توان از منظر چرخه عمر فناوری در نمودار زیر مشاهده کرد.



شکل ۱۳ مشخصات هر قسمت از چرخه عمر یک فناوری



شکل ۱۴ فناوری‌های فتوولتائیک خورشیدی روی منحنی چرخه عمر

منابع ذکر شده

۱. **IRENA**. International Renewable Energy Agency [درون خطی] ۲۰۱۴. www.irena.org.

۲. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean

Max We, Shana Patadia, Daniel M. Kammen ?energy industry generate in the US

Energy Policy, ۲۰۱۰, ص. ۹۱۹-۹۳۱.

۳. منبع: آمار تفصیلی صنعت برق ایران ۱۳۹۲.

۴. **ترازنامه انرژی**. ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱. مکان نشر نامشخص: وزارت نیرو، ۱۳۹۱.

۵. سند راهبرد ملی توسعه صنعت برق بادی ایران، گزارش شناخت ساختار بخش باد، سازمان انرژی های نو ایران.

فهرست مطالب

۱	هوشمندی فناوریهای مرتبط با انرژی خورشیدی	۱
۱,۱	بررسی روش های شناسایی حوزه های فناوریانه	۱
۱,۱,۱	مدل های شناسایی فناوری	۲
۲,۱,۱	نگرش زنجیره ارزش فناوری	۳
۳,۱,۱	نگرش فرآیندی	۳
۴,۱,۱	نگرش QFD	۴
۵,۱,۱	نگرش نگاهت فناوری	۵
۱,۵,۱,۱	ترسیم درخت فناوری بر مبنای حوزه های کاربرد یا بازار:	۷
۲,۵,۱,۱	ترسیم درخت فناوری بر مبنای محصولات / خروجی ها / خدمات / سیستم ها	۷
۳,۵,۱,۱	ترسیم درخت فناوری بر مبنای انواع فناوری ها یا زیرسیستم های فناوریانه	۷
۴,۵,۱,۱	ترسیم درخت فناوری ترکیبی	۷
۶,۱,۱	انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری	۷
۲,۱	نگاشت فناوری انرژی خورشیدی	۸
۱,۲,۱	سیستم های فتوولتائیک	۱۵
۱,۱,۲,۱	انواع سیستم های فتوولتائیک	۲۲
ماژول های فتوولتائیک لایه نازک		۲۴
الف) لایه نازک های سیلیکونی آمورف		۲۶
ب) لایه های نازک CIGS روی فویل فلزی		۲۶
ج) لایه نازک های CdTe		۲۸
د) لایه نازک های CIS		۳۰
۲,۱,۲,۱	ماژول های فتوولتائیک کریستالی	۳۳
الف) سلول های سیلیکون تک کریستالی		۳۴

- ۳۵..... (ب) سیلیکون پلیکریستالی
- ۳۶..... (ج) نحوه ساخت سلول تک کریستالی با روش Czochralski process
- ۳۸..... ۲,۲,۱ فناوری فتوولتائیکهای متمرکزشونده CPV
- ۴۱..... ۱,۲,۲,۱ طبقه بندی انواع CPVها
- ۴۵..... ۲,۲,۲,۱ لنزهای فرنل
- ۴۶..... SOE ۳,۲,۲,۱
- ۴۷..... ۴,۲,۲,۱ مشخصات ماژولها
- ۴۸..... ۵,۲,۲,۱ سلولهای Multi-junction
- ۴۹..... ۶,۲,۲,۱ اینورتر
- ۵۱..... ۷,۲,۲,۱ باتری
- ۵۱..... ۸,۲,۲,۱ شارژ کنترلر
- ۵۲..... ۳,۲,۱ فناوریهای نوین فتوولتائیک
- ۵۲..... ۱,۳,۲,۱ سلول خورشیدی Perovskite
- ۵۵..... ۱,۳,۲,۱ سلولهای ارگانیک
- ۵۶..... ۲,۳,۲,۱ سلولهای رنگدانه ای
- ۵۷..... ۳,۳,۲,۱ سلولهای خورشیدی کواتوم-دات
- ۵۸..... ۴,۳,۲,۱ سلولهای خورشیدی غیرارگانیک
- ۵۹..... ۴,۲,۱ فناوریهای حرارتی متمرکز (CSP)
- ۵۹..... ۱,۴,۲,۱ دودکش خورشیدی
- ۶۲..... (الف) توربین دودکش خورشیدی
- ۶۵..... (ب) کلکتور
- ۶۷..... (ج) سیستم ذخیره گرمایی
- ۶۸..... (د) دودکش (chimney)

۷۲	..... ۲,۴,۲,۱ فناوری دیش/استرلینگ خورشیدی (SDC)
۷۴	..... الف) متمرکز کننده
۷۵	..... ب) موتور استرلینگ
۷۷	..... Receivers ج)
۷۹	..... د) ردیابها
۸۴	..... د-۱) سیستمهای ردیاب تک محوره
۸۶	..... د-۲) سیستم ردیابی دو محوره
۸۹	..... ۳,۴,۲,۱ نیروگاه خورشیدی دریافت کننده مرکزی (TSP)
۹۱	..... قسمتهای اصلی نیروگاه خورشیدی از نوع دریافت کننده مرکزی
۹۲	..... الف) هلیوستات
۹۳	..... الف-۱) آینه ها
۹۴	..... الف-۲) سازه فلزی و فونداسیون
۹۵	..... الف-۳) سیستمهای محرک و کنترل کننده
۹۶	..... ب) سیستم دریافت کننده مرکزی
۹۷	..... ج) سیستم انتقال حرارت
۹۸	..... د) سیستم ذخیره انرژی حرارتی (TES)
۹۹	..... ۴,۴,۲,۱ نیروگاههای خورشیدی سهموی خطی (PTC)
۱۰۱	..... اجزای نیروگاه خورشیدی سهموی خطی
۱۰۱	..... الف) کلکتور
۱۰۲	..... ب) سیال ناقل حرارت
۱۰۲	..... ج) ردیاب خورشید
۱۰۳	..... د) سیستم انتقال حرکت
۱۰۳	..... ژ) تانک روغن

- ل) مبدل حرارتی ۱۰۳
- م) سیکل تولید توان ۱۰۳
- و) سیستم تأمین انرژی از سوخت فسیلی ۱۰۳
- ی) سیستم ذخیره انرژی ۱۰۳
- ۵,۴,۲,۱ سیستم خورشیدی فرنی (LFCs) ۱۰۴
- اجزای کلکتورهای فرنی خطی ۱۰۶
- الف) منعکس کننده‌ها ۱۰۶
- ب) جاذب ۱۰۷
- کاربردهای کلکتورهای فرنی ۱۱۲
- الف) تولید برق ۱۱۲
- ب) استخراج نفت سنگین ۱۱۲
- ج) تولید بخار فرآیندی ۱۱۳
- د) تأمین آب شیرین ۱۱۳
- ۵,۲,۱ سیستم های حرارتی ۱۱۴
- ۱,۵,۲,۱ کوره خورشیدی ۱۱۴
- ۲,۵,۲,۱ اجاق خورشیدی ۱۱۶
- ۳,۵,۲,۱ آبگرمکن خورشیدی (SWH) ۱۱۹
- ۴,۵,۲,۱ خشکن خورشیدی ۱۲۱
- ۵,۵,۲,۱ خانه خورشیدی ۱۲۴
- ۶,۵,۲,۱ آب شیرین کن خورشیدی ۱۲۶
- معرفی انواع آب شیرین کن های خورشیدی ۱۲۷
- الف) آب شیرین کن های غیرفعال ۱۲۸
- ب) آب شیرینکن خورشیدی حوضچه‌ای تک مرحله‌ای ۱۲۸

- ج) آب شیرین کن خورشیدی چندمرحله‌ای ۱۲۹
- د) آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده ۱۳۰
- ل) آب شیرین کن خورشیدی فتیله‌ای ۱۳۰
- م) آب شیرین کن خورشیدی پلکانی ۱۳۱
- و) آب شیرین کن خورشیدی دودکشی ۱۳۲
- ه) آب شیرین کن خورشیدی لوله‌ای هم‌مرکز ۱۳۲
- ی) آب شیرین کن‌های خورشیدی فعال ۱۳۳
۲. آینده پژوهی فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی ۱۳۳
- ۱,۲ ادبیات موضوع ۱۳۳
- ۱,۱,۲ روش‌های آینده‌پژوهی ۱۳۶
- ۱,۱,۲ پیشبینی ۱۳۶
- ۱,۱,۲ پایش، تحلیل و برون‌یابی روندها ۱۳۶
- ۳,۱,۲ شبیه‌سازی ۱۳۸
- ۴,۱,۱,۲ روش‌های نظرخواهی (روش دلفی) ۱۳۸
- ۵,۱,۱,۲ سناریوپردازی ۱۳۹
- ۶,۱,۱,۲ مطالعات تطبیقی ۱۴۰
- ۲,۱,۲ انتخاب روش مناسب آینده‌پژوهی ۱۴۰
- ۲,۲ آینده پژوهی فناوری فوتوولتائیک ۱۴۰
- ۱,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های کریستالی ۱۴۰
- ۱,۱,۲,۲ افزایش بازدهی ۱۴۱
- ۲,۱,۲,۲ کاهش بازتاب نور ۱۴۴
- الف) ساختار AL-BSF ۱۴۵
- ب) ساختار PERC ۱۴۶

۱۴۷	.....	ج) ساختار چشم پروانه
۱۴۷	.....	۳,۱,۲,۲ روش
۱۴۸	.....	۴,۱,۲,۲ افزایش عمر حامل‌های بار اقلیت
۱۴۹	.....	Float-zone melting process (FZ) (الف)
۱۵۰	.....	ب) روش ساخت NCC-Si
۱۵۱	.....	ج) حرارت دهی
۱۵۱	.....	د) استفاده از متد sol-gel
۱۵۲	.....	ل) تأثیر نرخ سرد کردن در تراکم نواقص
۱۵۲	.....	Electro-magneto casting (EMC) (م)
۱۵۳	.....	QSC (و)
۱۵۳	.....	ه) افزایش جذب نور
۱۵۴	.....	۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای کریستالی
۱۵۵	.....	۱,۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای کادمیوم تلورایدی
۱۵۹	.....	۲,۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای CIGS
۱۶۰	.....	۳,۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای نسل چند لایه
۱۶۱	.....	۴,۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای ارگانیک
۱۶۲	.....	۵,۲,۲,۲ فناوریهای تخصصی در زمینه سلولهای رنگدانه‌های
۱۶۳	.....	۳,۲ روندیابی فناوری فوتوولتائیک
۱۶۳	.....	۱,۳,۲ سلولهای کریستالی سیلیکونی
۱۶۴	.....	۱,۱,۳,۲ پیشبینیهای فناوریهای تخصصی
۱۶۹	.....	۲,۱,۳,۲ پیش بینی افزایش بازدهی
۱۷۱	.....	۳,۱,۳,۲ پیش بینی افزایش طول عمر
۱۷۳	.....	۴,۱,۳,۲ میزان مواد اولیه مورد نیاز

- ۱۷۵..... ۵,۱,۳,۲ میزان استفاده از مواد غیر سمی
- ۱۷۶..... ۶,۱,۳,۲ نرخ اشغال سطح زمین
- ۱۷۷..... ۷,۱,۳,۲ هزینه‌های سرمایه گذاری
- ۱۷۷..... LCOE ۸,۱,۳,۲
- ۱۷۸..... ۹,۱,۳,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- ۱۷۹..... ۱۰,۱,۳,۲ هزینه تولید ماژول
- ۱۸۰..... ۱۱,۱,۳,۲ سهم بازار
- ۱۸۳..... ۲,۳,۲ سلولهای لایه نازک
- ۱۸۳..... ۱,۲,۳,۲ بازدهی
- ۱۸۴..... ۲,۲,۳,۲ طول عمر
- ۱۸۶..... ۳,۲,۳,۲ میزان مواد اولیه مورد نیاز
- ۱۸۸..... ۴,۲,۳,۲ میزان استفاده از مواد غیر سمی
- ۱۸۹..... ۵,۲,۳,۲ نرخ اشغال سطح زمین
- ۱۸۹..... ۶,۲,۳,۲ هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه
- ۱۸۹..... ۷,۲,۳,۲ هزینه تولید الکتروسیته
- ۱۹۲..... ۸,۲,۳,۲ هزینه ماژول
- ۱۹۴..... LCOE ۹,۲,۳,۲
- ۱۹۵..... ۱۰,۲,۳,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- ۱۹۶..... ۱۱,۲,۳,۲ سهم بازار
- ۱۹۹..... ۳,۳,۲ سلولهای Multi-Junction
- ۲۰۶..... ۴,۳,۲ سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات
- ۲۰۸..... ۵,۳,۲ سلول خورشیدی ارگانیک (OSC)
- ۲۰۹..... ۶,۳,۲ سلول‌های خورشیدی غیرارگانیک

- ۲۱۰ ۴,۲ آینده پژوهی فناوری CSP
- ۲۱۱ ۱,۴,۲ چرا استفاده از CSP مناسب است؟
- ۲۱۲ ۲,۴,۲ خلاصه وضعیت کنونی CSP
- ۲۱۴ ۳,۴,۲ تقسیم بندی منبع خورشیدی برای CSP
- ۲۱۵ ۴,۴,۲ فناوری‌های کنونی برای تولید نیرو
- ۲۱۵ ۱,۴,۴,۲ بازتاب دهنده‌های سهموی خطی
- ۲۱۷ ۲,۴,۴,۲ بازتاب دهنده‌های خطی فرنی (LFRs)
- ۲۱۹ ۳,۴,۴,۲ برج‌های خورشیدی
- ۲۲۱ ۴,۴,۴,۲ بشقاب‌های سهمیگون
- ۲۲۴ ۵,۴,۲ ذخیره‌سازی حرارتی
- ۲۲۶ ۶,۴,۲ پشتیبان و هیبریدیزاسیون
- ۲۲۶ ۷,۴,۲ خنک کاری نیروگاه و نیاز به آب
- ۲۲۷ ۸,۴,۲ زمین مورد نیاز
- ۲۲۸ ۵,۲ روندیابی فناوریهای CSP
- ۲۲۸ ۱,۵,۲ برای بازارهای جانبی
- ۲۲۸ ۲,۵,۲ جایگاه فناوری‌های مختلف CSP از نظر میزان بلوغ
- ۲۳۰ ۳,۵,۲ چشم انداز استقرار در آینده
- ۲۳۲ ۴,۵,۲ دیدگاه‌های اقتصادی
- ۲۳۲ ۵,۵,۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری
- ۲۳۴ ۶,۵,۲ منابع فراوان از مواد خام
- ۲۳۵ ۷,۵,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری (O&M)
- ۲۳۵ ۸,۵,۲ هزینه‌های تولید
- ۲۴۰ ۹,۵,۲ پیشرفت‌های مورد انتظار در آینده



فهرست جداول

- جدول ۱: مقایسه روش‌های شناسایی فناوری ۸
- جدول ۲: میزان رشد قیمت گاز طبیعی ۹
- جدول ۳: مقایسه شرکت‌های سازنده پنل‌های لایه نازک ۲۷
- جدول ۴: مشخصات سیستم‌های فتوولتائیک متمرکز شونده ۴۵
- جدول ۵: اطلاعات مربوط به مواد مورد استفاده در ساخت یک ویفر تک کریستال ۱۷۵
- جدول ۶: روند تغییرات هزینه و مقیاس تولید در هر کدام از مراحل تولید ماژول سیلیکونی ۱۸۰
- جدول ۷: اطلاعات مربوط به مواد مورد استفاده در ساخت سلول کادمیوم تلوراید ۱۸۸
- جدول ۸: هزینه تولید ماژول سلولهای آمورف، CIGS و کادمیوم تلوراید ۱۹۳
- جدول ۹: ارزیابی یک سیستم خورشیدی با سلولهای Multijunction [37] ۲۰۲
- جدول ۱۰: چهار فناوری خانواده CSP [38] ۲۱۵
- جدول ۱۱: مقایسه میزان راندمان و مقدار آب مورد نیاز برای خنک‌کاری سیستم‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی [41] ۲۲۴
- جدول ۱۲: زمین مورد نیاز برای انواع فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر [41] ۲۲۷
- جدول ۱۳: معرفی نام اختصاری فناوری‌های متمرکزکننده خورشیدی ۲۲۹
- جدول ۱۴: مقایسه بین فناوری‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی [42] ۲۳۰
- جدول ۱۵: تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک نیروگاه سهموی خطی ۵۰ مگاواتی در سال ۲۰۱۰ [43] ۲۳۴
- جدول ۱۶: مصالح ساختمانی برای نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت نامی ۱۰۰ مگاوات و سیستم ذخیره انرژی حرارتی ۶ ساعته ۲۳۴
- جدول ۱۷: پیش‌بینی مواد مورد نیاز سالانه برای CSP با فرض حداکثر تابش خورشید (4 GW/year) ۲۳۴
- جدول ۱۸: پیش‌بینی تفکیک هزینه‌های احداث نیروگاه‌های سهموی خطی و برج خورشیدی در سال‌های آتی [44] ۲۳۷
- جدول ۱۹: نقاط عطف فناوری‌های CSP برای تمرکز تحقیقات [40] ۲۴۰

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱: نمودارهای پیشرفت در تقاضا ۹
- شکل ۲: نمودار پیشبینی تقاضای انرژی مورد نیاز جهان [8] ۱۰
- شکل ۳: میزان تابش خورشید در مناطق مختلف جهان [10] ۱۲
- شکل ۴: پیش بینی مؤسسه EIA از برق تولید شده بوسیله منابع تجدید پذیر [11] ۱۲
- شکل ۵: درخت فناوری انرژی خورشیدی ۱۵
- شکل ۶: نیروگاه فتوولتائیک ۱۷
- شکل ۷: استفاده از سیستم فتوولتائیک برای چراغهای روشنایی ۲۰
- شکل ۸: تقسیمبندی کلی سیستمهای فتوولتائیک ۲۱
- شکل ۹: ساختار یک سلول فتوولتائیک ۲۴
- شکل ۱۰: لایه‌های تشکیل دهنده فتوولتائیک ۲۵
- شکل ۱۱: لایه‌های فتوولتائیک CdTe و CIGS ۲۸
- شکل ۱۲: ساختار سل CIS ۳۱
- شکل ۱۳: تغییرات بازده سلول CIS در طول زمان ۳۱
- شکل ۱۴: تغییرات ولتاژ با تغییر دما در سلول CIS ۳۲
- شکل ۱۵: نمودار توان تولید شده توسط هر کدام از فناوریهای فتوولتائیک ۳۲
- شکل ۱۶: سلولهای تک کریستالی (سمت چپ) و چند کریستالی (سمت راست) ۳۳
- شکل ۱۷: فرایند تولید سیلیکون مونوکریستال به روش Czochralski process ۳۶
- شکل ۱۸: نمونه استوانه سیلیکون مونوکریستالی تولید شده به روش Czochralski process ۳۷
- شکل ۱۹: دستگاه اسلایسر بالک سیلیکون و تولید ویفر خام ۳۷
- شکل ۲۰: استفاده از لنزهای Nonimaging CPV ۴۰
- شکل ۲۱: Dish CPV ۴۱

- شکل ۲۲: نیروگاه‌های HCPV نصب شده در ایالات متحده ۴۲
- شکل ۲۳: استفاده از عدسی در سیستم آینه‌های تخت ۴۳
- شکل ۲۴: خنک کاری سیستم CPV ۴۴
- شکل ۲۵: لنزهای فرنی [14] ۴۶
- شکل ۲۶: بازده اپتیکی انواع متمرکزکننده‌های ثانویه [14] ۴۷
- شکل ۲۷: لایه‌های تشکیل دهنده سلول‌های MJ ۴۹
- شکل ۲۸: نحوه کارکرد سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات ۵۸
- شکل ۲۹: شماتیک یک دودکش خورشیدی [15] ۶۱
- شکل ۳۰: توربین دودکش خورشیدی [15] ۶۳
- شکل ۳۱: نمایی از توربین دودکش خورشیدی [15] ۶۴
- شکل ۳۲: نمایی از سطح زیر کلکتور دودکش خورشیدی [14] ۶۶
- شکل ۳۳: نمونه‌ای از طراحی مسیر عبور جریان هوا [15] ۶۶
- شکل ۳۴: شماتیک از سیستم ذخیره گرمایی [15] ۶۷
- شکل ۳۵: برج مهار شده (سمت راست) و برج آزاد (سمت چپ) [15] ۷۰
- شکل ۳۶: بازده اجزای مختلف دودکش خورشیدی [15] ۷۱
- شکل ۳۷: دودکش خورشیدی در دامنه کوه [15] ۷۱
- شکل ۳۸: متمرکزکننده [14] ۷۴
- شکل ۳۹: موتور استرلینگ [14] ۷۷
- شکل ۴۰: عملکرد دریافت کننده [14] ۷۸
- شکل ۴۱: دریافت کننده [14] ۷۹
- شکل ۴۲: زوایای بین تابش خورشید و محورهای زمین [14] ۸۱
- شکل ۴۳: سیستم ترکیب دو محوره: قطبی-آزیموس ارتفاعی [14] ۸۲
- شکل ۴۴: سیستم ردیاب تک محوره افقی [14] ۸۵

- شکل ۴۵: سیستم ردیاب تک محوره عمودی [14] ۸۵
- شکل ۴۶: سیستم ردیاب تک محوره مورب [14] ۸۶
- شکل ۴۷: زاویه آلتیتود و مرجع اندازه‌گیری آن [14] ۸۷
- شکل ۴۸: سیستم ردیاب دو محوره TTDAT [14] ۸۸
- شکل ۴۹: سیستم ردیاب دو محوره AADAT [14] ۸۸
- شکل ۵۰: شماتیک نیروگاه دریافت کننده مرکزی [14] ۸۹
- شکل ۵۱: نیروگاه‌های هلیوستات SP10 و SP20 [14] ۹۰
- شکل ۵۲: نیروگاه Solar در کالیفرنیا [14] ۹۱
- شکل ۵۳: یک نیروگاه هلیوستات [14] ۹۲
- شکل ۵۴: قسمت‌های مختلف یک هلیوستات [14] ۹۳
- شکل ۵۵: صحنه‌ای از نصب هلیوستات [14] ۹۴
- شکل ۵۶: نمایی از قسمت پشتی یک هلیوستات [14] ۹۵
- شکل ۵۷: شماتیک بررسی سایه‌اندازی نیروگاه [14] ۹۶
- شکل ۵۸: استفاده از نمک نیترات در هلیوستات‌ها [14] ۹۸
- شکل ۵۹: نمایی از دو نیروگاه سهموی خطی [14] ۱۰۰
- شکل ۶۰: شماتیک نیروگاه سهموی خطی [14] ۱۰۰
- شکل ۶۱: نیروگاه سهموی [14] ۱۰۱
- شکل ۶۲: آینه‌های فرنلی [14] ۱۰۴
- شکل ۶۳: شماتیک عملکرد سیستم فرنلی انعکاسی [14] ۱۰۵
- شکل ۶۴: یک سیستم فرنلی [14] ۱۰۶
- شکل ۶۵: سیستم‌های فرنلی ابعاد بزرگی دارند [14] ۱۰۷
- شکل ۶۶: قسمت دریافت کننده سیستم فرنلی [14] ۱۰۸
- شکل ۶۷: نمای دیگری از دریافت کننده سیستم فرنلی [14] ۱۰۹

- شکل ۶۸: شماتیک سیستم فرنی [14] ۱۱۰
- شکل ۶۹: نیروگاه Kogan Creek [14] ۱۱۱
- شکل ۷۰: استخراج نفت سنگین [19] ۱۱۳
- شکل ۷۱: شماتیک کوره خورشیدی [19] ۱۱۴
- شکل ۷۲: عملکرد کوره خورشیدی [19] ۱۱۵
- شکل ۷۳: کوره خورشیدی مونت لوئیز [19] ۱۱۶
- شکل ۷۴: شماتیکی از اجاق خورشیدی و تصویر یک اجاق خورشیدی [19] ۱۱۷
- شکل ۷۵: نوع دیگری از اجاق خورشیدی [19] ۱۱۸
- شکل ۷۶: شماتیک سیستم آبگرمکن خورشیدی [19] ۱۲۰
- شکل ۷۷: آبگرمکن با کلکتور لوله خلا [19] ۱۲۱
- شکل ۷۸: شماتیک خشکن خورشیدی [19] ۱۲۲
- شکل ۷۹: خشکن خانگی خورشیدی [19] ۱۲۳
- شکل ۸۰: تصویری از یک نمونه خشک کن خورشیدی [19] ۱۲۴
- شکل ۸۱: گرمایش و سرمایش ساختمان به روش انفعالی [19] ۱۲۵
- شکل ۸۲: شماتیک سیستم فعال خورشیدی ساختمان [19] ۱۲۶
- شکل ۸۳: سیستم آب شیرین کن خورشیدی اسمز معکوس به همراه پانل‌های فتوولتائیک ۱۲۷
- شکل ۸۴: انواع آب شیرینکنهای خورشیدی ۱۲۸
- شکل ۸۵: نمایی از آب شیرینکن خورشیدی حوضچه‌ای تک‌مرحله‌ای ۱۲۹
- شکل ۸۶: آب شیرین کن حوضچه‌ای دو مرحله‌ای ۱۳۰
- شکل ۸۷: آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده ۱۳۰
- شکل ۸۸: آب شیرین کن فیتله‌ای ۱۳۱
- شکل ۸۹: آب شیرین کن خورشیدی پلکانی ۱۳۲
- شکل ۹۰: آب شیرین کن خورشیدی فعال ۱۳۳

- شکل ۹۱: مقایسه پیشرفت سال به سال بازدهی سلولهای تک کریستالی و پلی کریستالی ۱۴۳
- شکل ۹۲: برجستگیها در یک سلول فتوولتائیک برای افزایش شانس جذب فتون ۱۴۴
- شکل ۹۳: مکانیزم فرآیند جذب نور ۱۴۵
- شکل ۹۴: ساختار PERC ۱۴۶
- شکل ۹۵: تأثیر در بازتابش و بازدهی سلول ۱۴۷
- شکل ۹۶: روش Float-zone melting ۱۵۰
- شکل ۹۷: روش ساخت NCC-Si ۱۵۱
- شکل ۹۸: نمایش محدوده جذب فوتونها در یک سلول خورشیدی ۱۵۴
- شکل ۹۹: نمای شماتیکی از باند انرژی سلولهای کادمیوم تلوراید ۱۵۷
- شکل ۱۰۰: ساختار سلولهای کادمیوم تلورایدی ۱۵۸
- شکل ۱۰۱: نحوه قرار گرفتن لایه‌ها در بسترهای substrate و superstrate ۱۵۹
- شکل ۱۰۲: تغییر قیمت پلیکریستال خام، پلیکریستال ویفر شده، پلیکریستال در سلول و پلیکریستال در ماژول در طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ ۱۶۴
- شکل ۱۰۳: پیش بینی سهم هر کدام فناوریهای ویفرینگ در آینده ۱۶۵
- شکل ۱۰۴: پتانسیل کاهش هزینه مواد مصرفی مورد استفاده در سلولهای سیلیکونی در سالهای آینده ۱۶۶
- شکل ۱۰۵: پیش بینی مؤسسه ITRPV برای ضخامت لایه‌ها در سالهای آینده ۱۶۶
- شکل ۱۰۶: روند پیشبینی شده برای کاهش میزان مواد مصرفی در فریم‌ها ۱۶۷
- شکل ۱۰۷: پیش بینی کاهش میزان نقره مصرفی در سلول خورشیدی ۱۶۸
- شکل ۱۰۸: پیش بینی افزایش گذردهی در سالهای آینده ۱۶۹
- شکل ۱۰۹: پیش بینی افزایش بازدهی سلولهای سیلیکونی توسط مؤسسه IRENA ۱۷۰
- شکل ۱۱۰: پیش بینی بازدهی ماژول سلولهای کریستالی و لایه نازک توسط مؤسسه IRENA ۱۷۰
- شکل ۱۱۱: پیش بینی کاهش در ضریب تخریب سلولهای خورشیدی در سالهای آتی توسط مؤسسه EIA ۱۷۲
- شکل ۱۱۲: پیش بینی طول عمر سلولهای خورشیدی در سالهای آتی توسط مؤسسه EIA ۱۷۲

- شکل ۱۱۳: میزان تولید NO_x در چرخه عمر سلول‌های خورشیدی نوع سیلیکونی منتشر شده توسط IEA..... ۱۷۶
- شکل ۱۱۴: میزان تولید SO_x در چرخه عمر سلول‌های خورشیدی نوع سیلیکونی منتشر شده توسط IEA..... ۱۷۶
- شکل ۱۱۵: روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده توسط مؤسسه GTM Research..... ۱۷۷
- شکل ۱۱۶: پیش‌بینی روند قیمت تراز شده سلول‌های سیلیکونی طبق نقشه راه تدوین شده توسط مؤسسه ITRPV..... ۱۷۸
- شکل ۱۱۷: هزینه O&M سلول‌های سیلیکونی بر طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA..... ۱۷۹
- شکل ۱۱۸: هزینه نهایی تولید ماژول سیلیکونی بر حسب دلار برای هر وات..... ۱۸۰
- شکل ۱۱۹: میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک در مقاله‌های منتشر شده در ژورنال Environmental Science and Technology..... ۱۸۱
- شکل ۱۲۰: نمایش مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک و روندشان توسط مؤسسه Lux Reaserch..... ۱۸۲
- شکل ۱۲۱: سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها تا سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی توسط شرکت Solarbuzz..... ۱۸۲
- شکل ۱۲۲: سهم هر کدام از فناوری‌ها در تولید برق منتشر شده توسط شرکت Solarbuzz..... ۱۸۳
- شکل ۱۲۳: پیش‌بینی افزایش بازدهی سلول‌های سیلیکونی لایه نازک توسط مؤسسه IRENA..... ۱۸۴
- شکل ۱۲۴: پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA..... ۱۸۵
- شکل ۱۲۵: پیش‌بینی طول عمر سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA..... ۱۸۶
- شکل ۱۲۶: میزان انتشار گازهای سمی توسط سلول‌های لایه نازک..... ۱۸۹
- شکل ۱۲۷: روند تغییرات در هزینه تولید برق برای هر وات برای سلول‌های کادمیوم تلوراید در سال‌های مختلف..... ۱۹۰
- شکل ۱۲۸: روند تغییرات در هزینه تولید برق برای هر وات برای سلول‌های CIGS در سال‌های مختلف..... ۱۹۰
- شکل ۱۲۹: روند نوعی بین بازدهی و قیمت مدول در سلول سیلیکون آمورف..... ۱۹۱
- شکل ۱۳۰: سیر تحول بازده و هزینه سلول‌های کریستالی و زیر لایه‌ها (آمورف)..... ۱۹۲
- شکل ۱۳۱: مقایسه هزینه فروش سلول بین سلول کادمیوم تلورایدی و سلول‌های سیلیکونی..... ۱۹۳
- شکل ۱۳۲: نمودار رسم شده بر اساس جدول ۸ برای هزینه تولید ماژول..... ۱۹۴

- شکل ۱۳۳: روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده توسط مؤسسه GTM Research..... ۱۹۵
- شکل ۱۳۴: هزینه O&M سلول‌های سیلیکونی بر طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA..... ۱۹۶
- شکل ۱۳۵: میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک در مقاله‌های منتشر شده در ژورنال Environmental Science and Technology..... ۱۹۷
- شکل ۱۳۶: نمایش مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک و روندشان توسط مؤسسه Lux Reaserch..... ۱۹۷
- شکل ۱۳۷: سهم هر کدام از فناوری‌ها در تولید برق منتشر شده توسط شرکت Solarbuzz..... ۱۹۸
- شکل ۱۳۸: تولید سالانه ماژول‌های PV فناوری فیلم نازک در سراسر جهان بر حسب مگاوات..... ۱۹۹
- شکل ۱۳۹: افزایش بازدهی سلول‌های Single-crystal Si,III-V و سلول‌های لایه نازک خورشیدی در طی ۵۰ سال گذشته و در آینده (خط-چین)..... ۲۰۱
- شکل ۱۴۰: نمایش روند افزایش بازدهی سلول‌های CPV..... ۲۰۳
- شکل ۱۴۱: پیش‌بینی هزینه تراز شده یا LCOE سلول‌های CPV در سال‌های آینده..... ۲۰۴
- شکل ۱۴۲: مقایسه هزینه تراز شده CPV با هزینه تراز شده دیگر فناوری‌ها..... ۲۰۵
- شکل ۱۴۳: میزان ظرفیت نصب شده سلول‌های CPV..... ۲۰۶
- شکل ۱۴۴: میزان بازدهی سلول کوانتوم-دات در سال‌های اخیر..... ۲۰۷
- شکل ۱۴۵: هزینه نهایی ساخت ماژول ارگانیک..... ۲۰۹
- شکل ۱۴۶: افزایش بازدهی سلول‌های خورشیدی غیرارگانیک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۰۹
- شکل ۱۴۷: روند نصب نیروگاه‌های CSP در ۱۰ سال اخیر [39]..... ۲۱۳
- شکل ۱۴۸: ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های CSP به تفکیک کشورها در سال ۲۰۱۳ [39]..... ۲۱۳
- شکل ۱۴۹: نقشه جهانی منابع DNI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای..... ۲۱۴
- شکل ۱۵۰: نیروگاه سهموی خطی..... ۲۱۶
- شکل ۱۵۱: ظرفیت نصب شده و طراحی شده، برای فناوری سهموی خطی برای کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۳ [40]..... ۲۱۷
- شکل ۱۵۲: فناوری بازتاب دهنده فرنی..... ۲۱۸

- شکل ۱۵۳: وضعیت نصب شده و طراحی شده سیستم فرنی به تفکیک کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۳ [40]..... ۲۱۹
- شکل ۱۵۴: نمایی از یک نیروگاه برج خورشیدی ۲۲۰
- شکل ۱۵۵: ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای برج‌های خورشیدی در سال ۲۰۱۳ به تفکیک کشورهای مختلف [40] ۲۲۱
- شکل ۱۵۶: نمایی از یک سیستم دیش-استرلینگ ۲۲۲
- شکل ۱۵۷: ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای نصب سیستم‌های دیش سهمی گون [40] ۲۲۳
- شکل ۱۵۸: سیستم ذخیره‌سازی در یک نیروگاه خورشیدی سهموی خطی ۲۲۵
- شکل ۱۵۹: نمودار انرژی ترکیبی از ذخیره سازی و سوخت پشتیبان در یک نیروگاه خورشیدی در طول روز ۲۲۶
- شکل ۱۶۰: وضعیت بلوغ و بازدهی سالانه انواع فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی [41] ۲۲۹
- شکل ۱۶۱: پیش‌بینی بازار CSP تا ۱۰ سال آینده بر اساس سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه [40] ۲۳۱
- شکل ۱۶۲: پیش‌بینی ظرفیت نصب شده CSP در ۱۰ سال آینده بر اساس کشورهای مختلف [40] ۲۳۱
- شکل ۱۶۳ LCOE برای نیروگاه‌های CSP طی ۱۰ سال پیش رو [40] ۲۳۵
- شکل ۱۶۴ سهم نیروگاه‌های CSP نصب شده در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ بر اساس ظرفیت نیروگاه‌ها [40] ۲۳۹

۱. هوشمندی فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

۱.۱ بررسی روش‌های شناسایی حوزه‌های فناوریانه

به‌منظور تدوین ارکان جهت‌ساز (مشمول بر چشم‌انداز، اهداف کلان، راهبردها و سیاست‌ها) و نیز انجام مطالعات آینده‌پژوهی، لازم است تا در ابتدا کاربردها، اجزا و زیرسیستم‌های تشکیل‌دهنده‌ی این فناوری‌ها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزه‌های فناوریانه برای استناد به این اجزا استفاده می‌شود. حوزه‌های فناوریانه در برگیرنده‌ی دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها، و یا هر دو. در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، منظور از حوزه‌ی فناوریانه، قطعات و زیرفناوری‌های تشکیل‌دهنده آن است. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، حوزه‌های فناوریانه مشتمل بر استفاده از آن‌ها در صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی بوده و معنی کاربرد را به‌خود می‌گیرد. درنهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، حوزه‌ی فناوریانه را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به‌صورت توأمان) دانست، مانند استفاده از پیل سوختی^۱ SOFC در کاربردهای قابل حمل. در یک جمع‌بندی:

"مجموعه‌ای از حالات مختلف به‌کار رفتن زیرفناوری‌های دارای زمینه دانشی مشترک در کاربردهای مختلف محصولی یا فرآیندی است."^۲

در ادبیات مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه‌های فناوریانه ارائه گردیده است. با توضیح هر روش و نیز انجام مقایسه میان آن‌ها از یک طرف، و با توجه به ویژگی‌های موجود در هر مسئله از طرف دیگر، می‌توان روش مناسب برای شناسایی حوزه‌های فناوریانه در فناوری‌های راهبردی را انتخاب نمود.

^۱ Solid Oxide Fuel Cell

^۲ در این مطالعه، عبارت حوزه فناوریانه برگرفته از مفهوم Strategic Technical Unit ارائه شده در کتاب هکس و ماجلوف (۱۹۹۶) می‌باشد. معنی این مفهوم بر اساس کتاب مرجع عبارت است از مجموعه مهارت‌ها و رشته‌هایی که در یک محصول، فرایند، یا خدمت، به‌منظور برطرف ساختن نیازی از بازار به‌کار گرفته می‌شوند. این تعریف هم به مجموعه زیرفناوری‌ها اشاره دارد و هم به کاربردهای مختلف آن در محصولات و بازارهای مختلف. نیاز این مطالعه به بهره‌گیری توأمان کاربردهای مختلف در کنار زیرفناوری‌ها به‌عنوان واحد تحلیل، بهره‌گیری از این مفهوم را در برنامه‌ریزی سطح ملی نیز ضروری ساخت. در ترجمه کتاب کیزا توسط قاضی‌نوری و مهدیخانی (۱۳۸۴)، این مفهوم به‌صورت واحد تکنولوژی استراتژیک (در سطح بنگاه) برگردان فارسی شده است. اما در کتاب حاضر به‌دلیل اینکه راجع به فناوری در سطح ملی صحبت می‌شود و واژه واحد تکنولوژی ممکن است تداعی‌کننده‌ی ویژگی‌های فناوری در سطح بنگاه باشد، از عبارت حوزه فناوریانه استفاده شده است.

۱،۱،۱ مدل‌های شناسایی فناوری

شناخت فناوری منجر به تعیین مرزهای دانشی می‌گردد. در ادبیات راه‌های مختلفی مانند تعیین نزدیکی میان حوزه‌های فناورانه با اندازه‌گیری فاصله‌ی فناورانه^۳ [1]، و برآورد حجم بازآموزی موردنیاز که متخصصان یک حوزه برای کار در سایر حوزه‌ها لازم دارند از طریق نظر خبرگان و تحلیل‌های کتاب‌سنجی^۴ و پتنت [2]، برای شناسایی اجزای فناوری مورد مطالعه استفاده می‌گردد.

در کنار این دو روش، در ادبیات مدیریت فناوری، حوزه‌ای به نام شناسایی فناوری^۵ وجود دارد که همین هدف شناخت فناوری را دنبال می‌کند. براساس هکس و ماجلوف^۶ (۱۹۹۶)، شناسایی فناوری می‌تواند علاوه بر شناخت فناوری، شامل یک ارزیابی اولیه به‌منظور حذف گزینه‌های نامربوط نیز باشد. این عمل باعث می‌گردد تا تعدادی از حوزه‌ها که ارزش راهبردی بیشتری دارند در قدم‌های بعدی ارزیابی گردند و حوزه‌هایی با اثر بخشی کمتر از گردونه ارزیابی خارج گردند و در زمان و هزینه فرآیند تدوین راهبرد صرفه‌جویی شود. با این تعریف، روش‌های فناوری را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود: روش‌هایی که تنها به شناسایی لیست ساده از فناوری‌ها می‌پردازند. روش‌هایی که علاوه بر شناسایی، دست به ارزیابی اولیه و حذف فناوری‌های نامربوط نیز می‌زنند.

در ادبیات مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی فناوری ارائه گردیده است [3]. در اینجا به توضیح مختصر روش‌ها و مقایسه میان آن پرداخته می‌شود. با توضیح هر روش و نیز انجام مقایسه میان آن‌ها می‌توان روش مناسب برای شناسایی زیرفناوری‌ها در فناوری‌های راهبردی را انتخاب نمود.

³ Technological distance

⁴ Bibliometric

⁵ Technological Identification

⁶ Hax & Majluf

۲,۱,۱ نگرش زنجیره ارزش فناوری

این روش توسط مایکل پورتر^۷ در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است، او هر بنگاه را مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی می‌داند که به منظور طراحی، تولید، بازاریابی، فروش و خدمات پس از فروش محصول یا خدمات انجام می‌شوند. این فعالیت‌ها به دو دسته فعالیت‌های اصلی و فعالیت‌های پشتیبانی تقسیم می‌شوند:

فعالیت‌های اصلی، شامل تولید محصول/خدمات، فروش و انتقال به خریدار، همچنین خدمات پس از فروش می‌باشند. فعالیت‌های پشتیبانی بعنوان حمایت‌کننده فعالیت‌های اصلی بوده و شامل تهیه مواد اولیه، فناوری، نیروی انسانی و غیره می‌باشد. مایکل پورتر، معتقد است که هر فعالیت با ارزش در این زنجیره، اعم از فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی در برگیرنده یک یا چند فناوری می‌باشد.

فناوری در تمام فعالیت‌های توسعه (چه فعالیت‌های اصلی و چه فعالیت‌های خرد) نهفته است. با جایگزین نمودن فعالیت‌های زنجیره ارزش ترسیم شده برای توسعه با فناوری‌های متناظر با آن، بنگاه قادر بر شناسایی حوزه‌های فناورانه خواهد بود. مراحل شناسایی فناوری با این روش نیز به صورت زیر است:

- توسعه زنجیره ارزش بنگاه
- شناسایی فناوری‌های موجود به کار رفته در هر فعالیت
- شناسایی فناوری‌های جدیدی که قابلیت استفاده در فعالیت‌های زنجیره ارزش را دارا می‌باشند

۳,۱,۱ نگرش فرآیندی

فرآیند به صورت مجموعه‌ای از فعالیت‌ها تعریف می‌شود که ورودی را به خروجی تبدیل می‌کند. این تبدیل به منظور ایجاد نتایج ارزشمند برای مشتریان داخلی و خارجی صورت می‌پذیرد [4]. هر بنگاه یا سازمان از سه نوع فرآیند تشکیل شده است. فرآیندهای اصلی^۸، فرآیندهای خرد^۹، و فرآیندهای مدیریتی^{۱۰}. فناوری در تمام فرآیندهای بنگاه که ورودی‌ها را به خروجی تبدیل کرده و برای مشتری ارزش آفرینی می‌کنند، به چشم می‌خورد. در این میان، فناوری‌های راهبردی نیز فناوری‌هایی هستند

⁷ Michael Porter

⁸ Essential process

⁹ Supporting process

¹⁰ Managerial process

که در فرآیندهای کلیدی بنگاه به کار رفته‌اند یا قابلیت استفاده را دارند. فرآیندهای کلیدی نیز فرآیندهایی هستند که بیشترین نقش را در موفقیت بنگاه دارا می‌باشند.

برای استفاده از این روش، در ابتدا زنجیره اصلی فرآیند شناسایی می‌شود و فرآیندهای کلیدی آن معین می‌گردد. از آنجا که هر فرآیند متشکل از چندین فعالیت می‌باشد، با شناسایی فناوری‌های مرتبط با هر فعالیت، می‌توان حوزه‌ی راهبردی را انتخاب نمود. جهت تکمیل شناسایی، شناخت فناوری‌های رقیبی که در هر فعالیت می‌توانند جایگزین فناوری فعلی باشند نیز به عمق شناسایی کمک شایانی می‌نماید. فناوری‌های شناسایی شده می‌توانند از نوع سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و یا مهارت‌های فناورانه و مانند آن باشند. البته معمولاً در فرآیندهای تولیدی، تعداد فعالیت‌ها و فناوری‌های شناسایی شده زیاد بوده و همگی نیز از وزن و اهمیت یکسان برخوردار نیستند. لذا ارزیابی حوزه‌های شناسایی شده به عنوان قدم ضروری بعدی تعریف می‌گردد. در این رابطه، ورنت و آراستی^{۱۱} (1997) مدلی مبتنی بر استفاده از مهندسی مجدد فرآیندهای کسب‌وکار^{۱۲} برای شناسایی و ارزیابی فناوری‌های راهبردی بنگاه ارائه نموده‌اند.

دو مزیت عمده برای رویکرد فرآیند محور در برابر زنجیره ارزش فناوری را می‌توان تمرکز بر نتایج به‌جای کارکردها/وظایف و داشتن یک نگاه یکپارچه به شناسایی فناوری نام برد. این روش معمولاً برای شناسایی فناوری‌های فرآیندی (مانند فناوری‌های فرآیند تولید یک محصول) در سطح بنگاه و یا صنعت بکار می‌رود.

۴,۱,۱ نگرش QFD^{۱۳}

این روش یکی از ابزارها و روش‌های بکارگرفته شده در مدیریت کیفیت جامع (TQM^{۱۴}) بوده و بدنبال شناخت انتظارات مشتریان از محصول/خدمات ارائه شده می‌باشد. این روش ابزار مناسبی برای شناسایی فناوری‌های محصول/خدمات می‌باشد. در این روش، خواسته‌ها و نیازهای مشتریان، بعنوان یک ورودی دریافت شده و سپس در قالب خصوصیات کیفی، تبیین گشته و مبنای کار مهندسين برای برآورده نمودن خواست مشتری قرار می‌گیرد. مهندسين این خصوصیات کیفی را با فعالیت‌های مربوطه ارتباط داده و فناوری‌های موجود یا جدیدی را که بتوانند در این زمینه به آنها کمک کند، شناسایی می‌کنند. این ابزار

¹¹ Vernet & Arasti

¹² BPR

¹³ Quality Function Development

¹⁴ Total Quality Management

روشی سیستماتیک برای شناخت انتظارات مشتری و اعمال این انتظارات در محصول می‌باشد و روش علمی جهت طراحی، مهندسی و تولید محصول ارائه می‌نماید. علاوه بر ارزیابی عمیقی از فناوری‌های موجود و یا آینده محصول ارائه می‌نماید.

استفاده از روش QFD در شناسایی فناوری مستلزم طی مراحل زیر است:

- ترجمه نیازهای مشتری به ویژگی‌های کیفیتی از طریق ماتریس کیفیت
- ارتباط دادن ویژگی‌های کیفیتی به ماتریس کارکردهای محصول/سرویس
- شناسایی فناوری‌هایی که برای تأمین کارکردهای محصول/سرویس به کار رفته و موجب بهبود عملکرد کلی آن می‌شود.

روش QFD راهی برای شناسایی حوزه‌های فناوری‌های کلیدی، ارزیابی اولیه آن‌ها و انتخاب حوزه‌های منتخب در سطح بنگاه است. به‌طور کلی، جهت شناسایی کاربردهای فناوری موجود در یک بنگاه اقتصادی معمولاً از نگرش فرآیندی و زنجیره ارزش برای فناوری‌های فرآیندهای تولید و از نگرش QFD برای زیرفناوری‌های محصول استفاده می‌گردد.

۱،۱،۵ نگرش نگاشت فناوری^{۱۵}

عموماً از نگاشت فناوری در برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. رسم یک نگاشت به تصمیم‌گیران در بحث و تبادل نظر کمک می‌کند [6]. نگاشت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند. ترسیم نگاشت، یک راه ایده‌آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکریندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیق‌تری از موضوع، حتی برای افراد ناآشنا، می‌شود. نگاشت فناوری معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در یک تعریف ساده عموماً یک نگاشت، شامل تعدادی گره^{۱۶} و خط^{۱۷} می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین کاربردهای نگاشت فناوری برای مدیران، برنامه‌ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر

¹⁵ Technology mapping

¹⁶ Node

¹⁷ Link

روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرآیندهای بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آنها بر محصولات و خدماتشان می‌باشد. از این روش می‌توان برای شناسایی حوزه‌های فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربردی نیز استفاده نمود.

چهار روش شناخته شده زیر، برای ترسیم نگاشت فناوری وجود دارد که با توجه به نیاز تحلیل‌گران و برنامه‌ریزان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، این چهار روش عبارتند از:

- نگاشت تاریخی^{۱۸}: این نوع نگاشت بیشتر به منظور تعیین مسیر و روندیابی تغییرات و پیشرفت فناوری استفاده می‌شود.

- نگاشت همبستگی کلمات^{۱۹}: بر اساس تعداد انتشارات و حق ثبت اختراعاتی که در یک دوره زمانی ظهور می‌کنند، روند رشد دانش با این روش تعیین می‌گردد. این فعالیت باعث می‌گردد جهت‌گیری‌های علمی و تمرکز متخصصان که احتمالاً بیشترین تغییرات فناورانه را به دنبال خواهد داشت روشن گردد.

- نگاشت علی و معلولی^{۲۰}: در نگاشت نوع سوم به روابط علی و معلولی یک فناوری و موضوعات تأثیرگذار بر روی آن، توجه و این اثرات ترسیم می‌گردند.

- نگاشت مفهومی^{۲۱}: این نگاشت به ترسیم موضوعات و مفاهیم مرتبط با یک فناوری از منظر مورد علاقه می‌پردازد. با این نگاشت می‌توان حوزه‌های فناورانه را به صورت مبسوط ترسیم کرده و مورد بررسی قرار داد.

به عبارت دقیق‌تر، با این رویکرد، ابتدا هر حوزه فناورانه بر اساس بازار/کاربرد تقسیم می‌شود. سپس در هر حوزه انواع محصولات ذکر می‌گردند. سپس در محصول، فناوری‌های آن ذکر می‌گردند. در ادامه همین موضوع به تفصیل بیان خواهد گشت:

¹⁸ Chronological Mapping

¹⁹ Co-word based Mapping

²⁰ Cognitive Mapping

²¹ Conceptual Mapping

۱,۵,۱,۱ ترسیم درخت فناوری بر مبنای حوزه‌های کاربرد یا بازار:

ابتدا، درخت کاربردهای فناوری مورد نظر (application) حداکثر در دو سطح ترسیم خواهد گشت. این کاربردها شامل نیازها، درخواست‌ها یا مقاصد عملی هستند که یک یا گروهی از فناوری‌ها یا محصولات آن نیاز را پاسخ می‌گویند یا در آن کاربرد قرار می‌گیرند.

۲,۵,۱,۱ ترسیم درخت فناوری بر مبنای محصولات / خروجی‌ها / خدمات / سیستم‌ها

در ذیل هر کاربرد از درخت، خروجی‌های فناورانه‌ای هستند که بایستی حداکثر در ۲ یا ۳ سطح تنظیم گردند. این خروجی‌ها شامل محصولات، خدمات، فرآیندهایی هستند که ذیل هر کاربرد قرار می‌گیرند.

۳,۵,۱,۱ ترسیم درخت فناوری بر مبنای انواع فناوری‌ها یا زیرسیستم‌های فناورانه

در ذیل هر یک از محصولات، خدمات و یا فرایندهای فوق، می‌بایست زیرسیستم‌ها یا اجزای فناورانه را ترسیم نمود. معمولاً اجزای این درخت شامل دانش فنی مورد نیاز برای طراحی، تولید و یا تست محصولی فناورانه می‌شود. این موضوع بسته به موضوع فناورانه متفاوت است که باید دقت لازم در ترسیم درخت فناوری را به خرج داد.

۴,۵,۱,۱ ترسیم درخت فناوری ترکیبی

معمولاً در هر نگاشت فناوری، ترکیبی از موارد فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمدتاً سطوح اول، بر مبنای کاربرد یا نیاز است، سطوح بعدی بر مبنای محصول است، بعد از آن بر مبنای نوع فناوری‌ها و در سطوح انتهایی بر مبنای زیرسیستم‌ها و یا اجزای فناورانه خواهد بود.

۶,۱,۱ انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری

در این قسمت، چهار روش ذکر شده در شناسایی فناوری از منظر محدودیت‌ها و مزیت‌هایشان باهم مقایسه می‌گردد. هر یک از این روش‌ها دارای سطح توانمندی‌های متفاوتی، از شناسایی زیرفناوری‌های محصول در یک بنگاه گرفته تا شناسایی کاربرد فناورانه در سطح ملی. روش‌های شناسایی فناوری می‌تواند به دو گروه روش‌های شناسایی فناوری و روش‌های شناسایی-ارزیابی فناوری تقسیم شوند.

برای انجام بهتر مقایسه می‌توان از ماتریس ارائه شده توسط آراستی و باقری مقدم (2010) استفاده نمود [3]. این ماتریس می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری در انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری مورد استفاده قرار گیرد.

شناسایی-ارزیابی	شناسایی	
QFD	نگاشت فناوری	فناوری‌های محصول
نگرش فرآیند محور-QFD	زنجیره ارزش پورتر	فناوری‌های فرآیند
	نگاشت فناوری	کاربردهای فناورانه

جدول ۱: مقایسه روش‌های شناسایی فناوری

بر اساس این ماتریس، برای شناسایی فناوری‌های بخش انرژی خورشیدی که از جنس فناوری‌های محصول و کاربردهای فناورانه قلمداد می‌گردد، بهترین روش استفاده از نگاشت فناوری است.

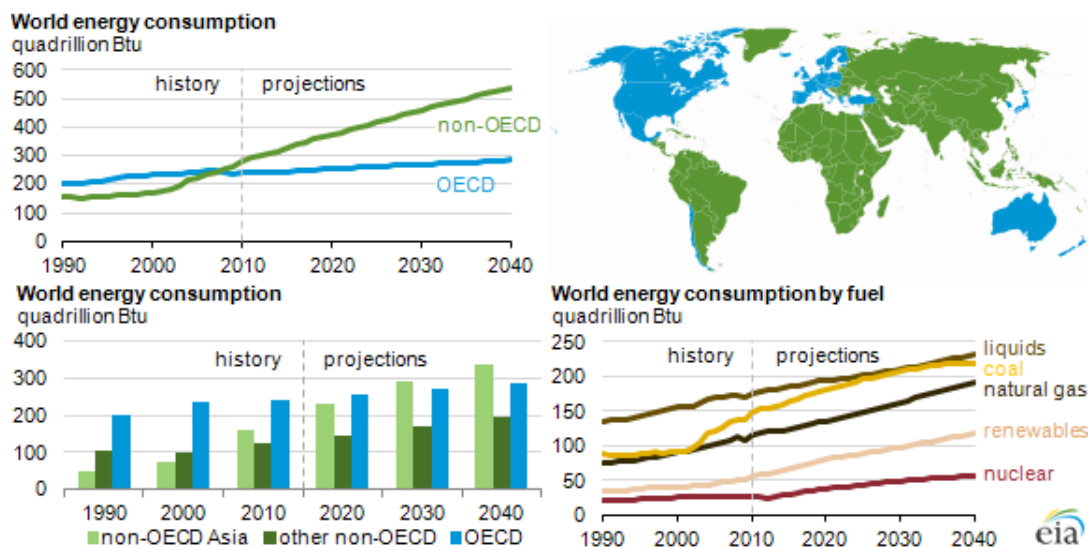
درخت فناوری موضوع بسیار حیاتی، مهم و زیربنایی در تدوین سند راهبردی توسعه فناوری است. زیرا در قسمت تدوین راهبردهای توسعه فناوری ذکر خواهد شد که جهت اولویت‌بندی فناوری‌ها باید از این درخت استفاده گردد.

۲,۱ نگاشت فناوری انرژی خورشیدی

از جمله بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی انسان در قرن اخیر جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر بجای سوخت‌های فسیلی با حفظ میزان تعادل مابین مصرف و تولید و جلوگیری از افزایش نیاز بشر به انرژی در سراسر جهان با وجود افزایش بی‌رویه‌ی جمعیت و بالا رفتن میزان تقاضا در کشورهای درحال توسعه می‌باشد. روشن است که دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر ماندگار که از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه باشند، برای توسعه‌ی یک جامعه‌ی جهانی پایدار ضروری خواهد بود. طبق اعلام مؤسسه EIA^{۲۲} میزان انرژی مورد نیاز در سال ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۱۰، ۵۶٪ افزایش خواهد داشت [7]. این افزایش بخصوص در کشورهای غیر عضو در OECD^{۲۳} (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه) بیشتر خواهد بود. در نمودارهای شکل زیر این پیشرفت در تقاضا مشخص است.

²² U.S. Energy Information Administration

²³ Organisation for Economic Co-operation and Development



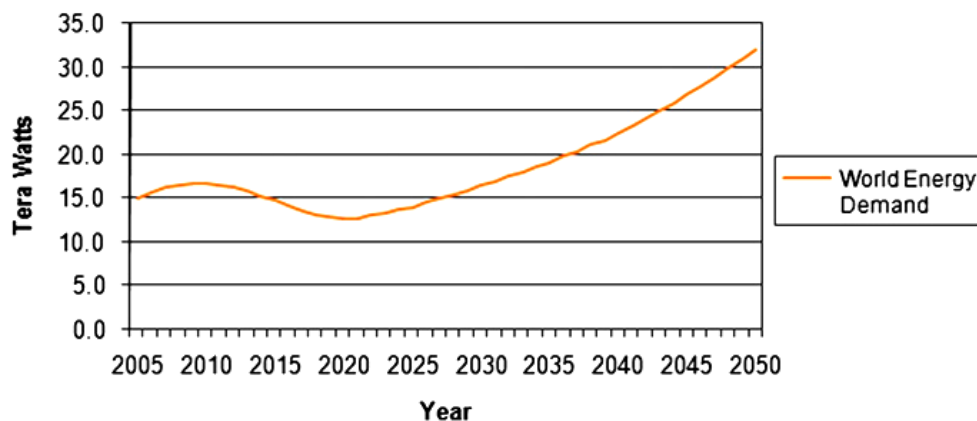
شکل ۱: نمودارهای پیشرفت در تقاضا

علاوه بر رشد میزان انرژی مورد نیاز، با بررسی پیش بینی قیمت سوخت های فسیلی نیز به این نتیجه می‌رسیم که استفاده از جایگزینی غیر از سوخت های فسیلی برای تأمین انرژی امری اجتناب ناپذیر است. در جدول زیر که توسط مؤسسه EIA بدست آمده، میزان رشد قیمت گاز طبیعی که از منابع مهم تولید برق در کشور به حساب می آید، تا سال ۲۰۴۰ به میزان ۵/۶٪ سالانه افزایش قیمت خواهد داشت. لذا ما نیز همچون دیگر کشورها ناچاریم به فکر جایگزینی برای این منبع فسیلی باشیم. با توجه به پتانسیل بالای کشور از لحاظ تابش خورشید، یکی از مناسب ترین این منابع می تواند منبع تجدیدپذیر خورشیدی باشد.

Supply, disposition, and prices	Reference case							Annual growth 2012-2040 (percent)
	2011	2012	2020	2025	2030	2035	2040	
Prices (nominal dollars per unit)								
Crude oil spot prices (dollars per barrel)								
Brent	111.26	111.65	109.37	134.25	160.19	193.27	234.53	2.7%
West Texas Intermediate	94.86	94.12	107.11	131.78	157.49	190.30	231.22	3.3%
Natural gas at Henry Hub (dollars per million Btu).	4.00	2.75	4.96	6.45	8.12	10.31	12.69	5.6%
Coal (dollars per ton)								
at the minemouth ¹⁶	41.01	39.94	52.69	61.18	71.55	83.96	98.08	3.3%
Coal (dollars per million Btu)								
at the minemouth ¹⁶	2.04	1.98	2.63	3.07	3.59	4.21	4.91	3.3%
Average end-use ¹⁷	2.56	2.60	3.23	3.72	4.27	4.90	5.68	2.8%
Average electricity (cents per kilowatthour)	9.9	9.8	11.5	12.5	14.0	16.0	18.5	2.3%

جدول ۲: میزان رشد قیمت گاز طبیعی

میانگین جهانی میزان مصرف انرژی در سال ۲۰۰۸ تقریباً ۱۵ تراوات گزارش شده است، در حالیکه کارشناسان انرژی با در نظر گرفتن پیش‌بینی‌ای خوش‌بینانه و با فرض معقول نسبت به رشد جمعیت و مصرف انرژی، میزان انرژی مورد نیاز جهان را از منابع تأمین‌کننده‌ی انرژی به منظور حفظ رشد اقتصادی تا سال ۲۰۵۰، ۳۰ تراوات پیش‌بینی می‌کنند. شکل ۲، راه حلی را که می‌توان پاسخگوی این چالش دانست، استفاده از انرژی‌های پاک و رایگانی است که در دسترس تمام جهان قرار دارد.



شکل ۲: نمودار پیش‌بینی تقاضای انرژی مورد نیاز جهان [8]

مؤسسه‌ی ناظر بر آب‌وهوای جهانی (IPCC^{۲۴})، گزارشی مبنی بر افزایش چشمگیر دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن ناشی از استفاده‌ی زیاد سوخت‌های فسیلی را ارائه داده و متذکر شده است که وجود این ترکیبات به مقدار زیاد، باعث افزایش دمای جهانی نیز شده است. لذا استفاده از منابع دیگر انرژی همچون آب، باد و انرژی خورشیدی ضرورت می‌یابد. میزان انرژی تابشی خورشید بر روی کره زمین، ۶۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی‌های سالیانه بر روی زمین است که این مطلب نشان‌دهنده اهمیت توجه به این منبع در تأمین نیازهای روزمره بشر است. به عبارت دیگر، تبدیل ۱٪ از انرژی رسیده به سطح زمین توسط سلول خورشیدی با بازده‌ای حدوداً برابر با ۱۰٪، نیاز کنونی ما را تأمین می‌نماید.

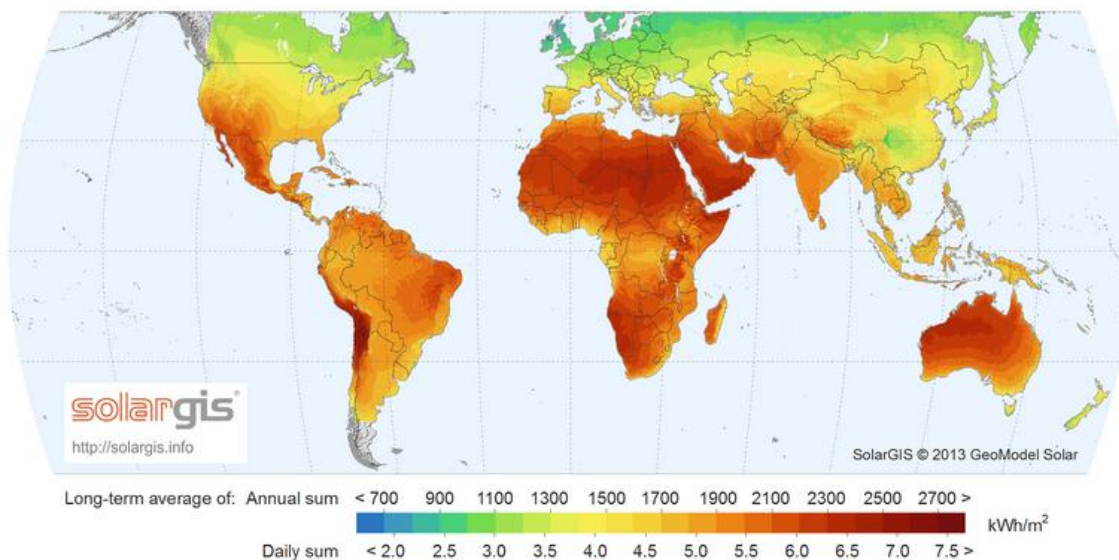
خورشید نوری با طیف گسترده‌ای از طول موج‌های مختلف، از اشعه‌ی ماوراء بنفش، نور مرئی و مادون قرمز را از خود ساطع می‌نماید. ماکزیمم مقدار نور مرئی، طیفی مشابه یک جسم سیاه در دمای ۵۷۶۰ کلوین از خود نشان می‌دهد. با این وجود تحت تأثیر شرایط جذب جوی و موقعیت خورشید می‌باشد. نور ماوراء بنفش توسط ازن موجود در جو فیلتر می‌شود، آب و دی-

²⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change

اکسیدکربن به طور عمده نور مادون قرمز را در نقاط شیب (فرو رفتگی، سرازیری) آن در طیف‌های ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر (توسط آب) و در طیف‌های ۱۸۰۰ و ۲۶۰۰ نانومتر (توسط دی‌اکسیدکربن) جذب می‌نمایند. خورشید به عنوان یک منبع آشکار از انرژی پاک و ارزان در اختیار همگان قرار دارد. انرژی خورشیدی دارای بزرگترین پتانسیل برای برآوردن نیاز جهان در آینده به عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر می‌باشد. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط مختلف جهان متغیر بوده و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست.

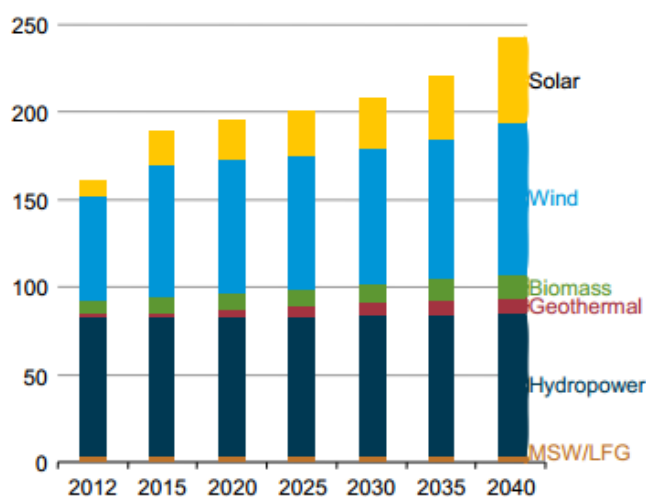
کشور ایران نیز در نواحی پرتابش واقع است و مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب بوده و می‌تواند بخشی قابل توجهی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید. ایران کشوری است که به گفته متخصصان این فن با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم آن و متوسط تابش ۵/۵ - ۴/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. همچنین کارشناسان انرژی خورشیدی ادعا می‌کنند که ایران در صورت تجهیز مساحت بیابانی خود به سامانه‌های دریافت انرژی تابشی می‌تواند انرژی مورد نیاز بخش‌های گسترده‌ای از منطقه را نیز تأمین و در زمینه صدور انرژی برق فعال شود [9].

شکل زیر میزان تابش خورشید در مناطق مختلف جهان را نشان می‌دهد. این نقشه توسط مؤسسه SolarGIS رسم شده است. همانطور که مشخص است کشور ایران جزو مناطق پرتابش جهان می‌باشد.



شکل ۳: میزان تابش خورشید در مناطق مختلف جهان [10]

نمودار زیر پیش بینی مؤسسه EIA از برق تولید شده بوسیله منابع تجدید پذیر مختلف می باشد. همانطور که مشخص است انرژی خورشیدی بیشترین رشد را بین دیگر منابع تجدیدپذیر خواهد داشت. چرا که به عقیده این مؤسسه انرژی خورشیدی کمترین ضرر را برای محیط زیست دارد و به دلیل مسائل زیست محیطی که تا چندین سال آینده از مهمترین چالش های جهان خواهد بود این منبع انرژی می تواند برتری زیادی نسبت به دیگر منابع داشته باشد.



شکل ۴: پیش بینی مؤسسه EIA از برق تولید شده بوسیله منابع تجدید پذیر [11]

از این رو برای بهره‌گیری از این منبع باید راهی جست تا انرژی پراکنده آن با بازده بالا و هزینه کم به انرژی قابل مصرف الکتریکی تبدیل شود. روش‌های مختلفی برای استفاده از انرژی خورشیدی پیشنهاد شده است. این روش‌ها یا انرژی خورشیدی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند، مانند سلول‌های فتوولتائیک، و یا انرژی خورشید را ابتدا به انرژی حرارتی تبدیل کرده و سپس حرارت را به کمک مبدل‌هایی به الکتریکیته تبدیل می‌کنند. در بسیاری از کاربردهای خانگی از حرارت ناشی از پرتوهای خورشیدی مستقیماً استفاده می‌گردد. در این کاربرد این حرارت برای گرمایش ساختمان و یا تولید آب گرم مصرفی بکار می‌رود. در این میان استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک برای استفاده از نور خورشید به عنوان منبع انرژی بسیار رایج‌تر است. استفاده از پنل‌های فتوولتائیک در کشورهای پیشرفته به سرعت رو به گسترش است. استفاده از انرژی خورشیدی که یکی از اشکال انرژی موسوم به “سبز” یا پاک است از سوی طرفداران محیط‌زیست پشتیبانی می‌شود. علت این استقبال را باید در ویژگی‌های انرژی خورشیدی جست. اولین ویژگی انرژی خورشیدی در این است که تمام نشدنی و پایان‌ناپذیر است. این نوع انرژی، انرژی تمیزی است و هیچ آسیبی به محیط‌زیست و جامعه بشری نمی‌رساند. همچنین ظرفیت آن را متناسب با نیازها می‌توان طراحی کرد. از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده می‌گردد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- سیستم‌های فتوولتائیک (PV)^{۲۵}
- کلکتورهای خورشیدی^{۲۶}
- نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی^{۲۷}
- دودکش خورشیدی^{۲۸}
- کوره‌ها و اجاق‌های خورشیدی
- سیستم‌های تهویه مطبوع خورشیدی

²⁵ Photovoltaics

²⁶ Solar Collectors

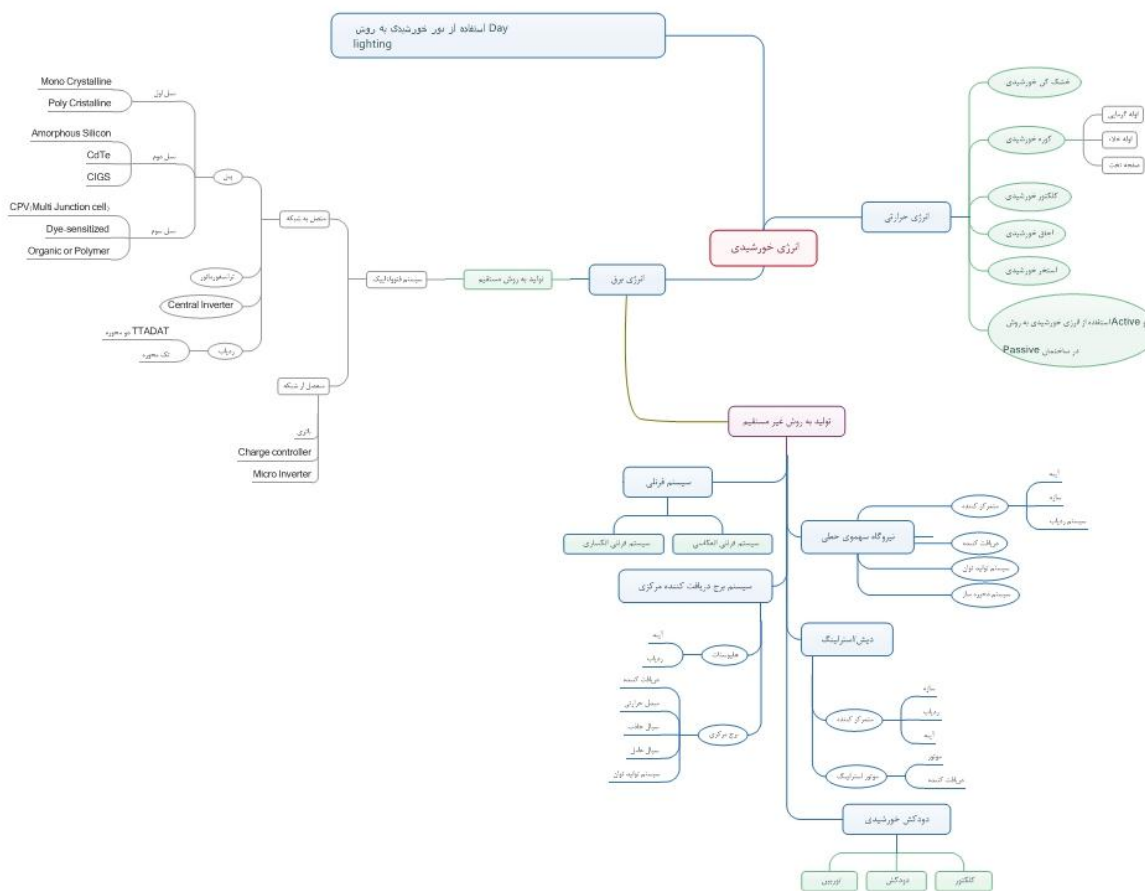
²⁷ Solar Thermal Power Plants

²⁸ Solar Updraft Chimney

به طور کلی باید توجه داشت که عملکرد هر سیستم خورشیدی به آب و هوای محل نصب، بستگی زیادی دارد. زمان و شدت و زاویه تابش خورشید، موقعیت جغرافیایی و محلی، شدت ابر، سرعت و جهت وزش باد، بارش برف و باران، رطوبت، گرد و غبار و چندین عامل دیگر را می‌توان از جمله عوامل محیطی که بر کارکرد یک سیستم خورشیدی مؤثر می‌باشند، ذکر نمود.

اگرچه شدت تابش خورشید در خارج بالای اتمسفر زمین (ثابت خورشید) حدود ۱۳۵۳ وات بر متر مربع می‌باشد، ولی مقدار تشعشعی که به سطح زمین می‌رسد، کمتر از این مقدار می‌باشد، زیرا قسمتی از اشعه خورشید در مسیر گذر از جو زمین جذب شده و قسمتی نیز پراکنده شده و منعکس می‌گردد. در واقع لایه‌های مختلف جو زمین و ذرات معلق موجود در آن، بخار آب و ابرها مقداری از نور خورشید را جذب و یا پراکنده می‌نمایند. لذا اشعه خورشید در سطح زمین در تمام جهات به صورت اشعه مستقیم (موازی) و اشعه‌های پراکنده (بدون جهت مشترک) وجود خواهد داشت.

با در نظر گرفتن اهمیت نگاشت فناوری و انتخاب روش درخت فناوری، درخت فناوری انرژی خورشیدی تهیه شده است، در شکل زیر درخت فناوری انرژی خورشیدی قابل مشاهده است:



شکل ۵ درخت فناوری انرژی خورشیدی

در ادامه به تشریح هر یک از سیستم‌های خورشیدی ذکر شده می‌پردازیم.

۱،۲،۱ سیستم‌های فتوولتائیک

روش‌های مختلفی برای استفاده از انرژی خورشید وجود دارد. اما می‌توان گفت معمول‌ترین روش آن تولید جریان الکتریسیته از انرژی خورشید به وسیله سلول‌های فتوولتائیک می‌باشد. فتوولتائیک سیستمی است که قادر به تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریسیته می‌باشد. استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک به ما این قابلیت را می‌دهد که محیط زیست پاکیزه‌ای داشته باشیم، چرا که سیستم تولید الکتریسیته فتوولتائیک اثرات جانبی بسیار ناچیزی بر طبیعت دارد. به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند سیستم فتوولتائیک گویند.

عبارت فتوولتائیک "Photovoltaic" ترکیبی از کلمه یونانی "Photos" به معنی نور با "Volt" به معنای تولید الکتریسیته از نور است. کشف پدیده فتوولتائیک به فیزیکدان فرانسوی Edmond Becquerel نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۳۹ با چاپ مقاله‌ای (Becquerel, ۱۸۳۹) تجربیات خود را با باتری تر^{۲۹} ارائه نمود. او مشاهده نمود که ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش نمی‌یابد. اما اولین گزارش از پدیده PV در یک ماده جامد در سال ۱۸۷۷ بود وقتی که دو دانشمند کمبریج R.E. Day و W.G. Adams در مقاله‌ای تغییراتی که در خواص الکتریکی سلنیوم وقتی که تحت تابش نور قرار می‌گیرد را، توضیح دادند. در سال ۱۸۸۳ Charles Edgar Fritts که یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلول‌های خورشیدی سیلیکونی امروزی بود. این سلول از یک ویفر نازک سلنیوم تشکیل شده بود که با یک توری از سیم‌های خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. بازده یک سلول خورشیدی عبارت از درصدی از انرژی خورشیدی تابیده به سطح آن می‌باشد که به انرژی الکتریکی تبدیل شده باشد. کمتر از ۱٪ انرژی خورشیدی تابیده شده به سطح این سلول ابتدایی به الکتریسیته تبدیل می‌شد. با وجود این، سلول‌های سلنیومی در نورسنج‌های عکاسی به طور وسیعی بکار گرفته شد.

امروزه سیستم‌های فتوولتائیک یکی از پر مصرف‌ترین کاربرد انرژی‌های نو می‌باشند و تا کنون سیستم‌های گوناگونی با ظرفیت‌های مختلف (۵/۰ وات تا چند صد مگاوات) در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده است و با توجه به قابلیت اطمینان و عملکرد این سیستم‌ها هر روزه بر تعداد متقاضیان آنها افزوده می‌شود. از سری و موازی کردن سلول‌های خورشیدی میتوان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل^{۳۰} فتوولتائیک می‌گویند.

پنل‌های فتوولتائیک یا به عبارت ساده‌تر صفحات خورشیدی، وسایلی هستند که با استفاده از آن‌ها نور خورشید مستقیماً به الکتریسیته (برق جریان مستقیم) تبدیل می‌گردد. صفحات فتوولتائیک در ابعاد و اندازه‌های مختلفی (از چند میلی‌متر مربع تا بیش از ۲ مترمربع) ساخته می‌شوند. نمونه‌های کوچک این صفحات بر روی ماشین‌های حساب نوری بسیار متداول است و نمونه‌های

²⁹ Wet Cell

³⁰ Panel

بزرگ‌تر این صفحات برای ساخت نیروگاه‌های فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۵، یک نیروگاه فتوولتائیک را نمایش می‌دهد.



شکل ۶: نیروگاه فتوولتائیک

استفاده از این گونه سیستم‌ها می‌تواند هم بصورت متصل به شبکه و هم بصورت مستقل از شبکه صورت گیرد. در روش متصل به شبکه انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...) ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و... به شبکه سراسری برق تزریق می‌گردد. با استفاده از نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، بدلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع گردیده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه‌ها در طی روز جلوگیری نمود.

این امر به مثابه این است که هر مشترک شبکه سراسری برق، با نصب سیستم متصل به شبکه، خود بعنوان یک تولیدکننده پراکنده کوچک (DG^31)، بصورت نیروگاهی کوچک عمل نماید. در این روش علاوه بر تأمین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کننده، انرژی الکتریکی (مازاد بر مصرف) به شبکه سراسری برق تزریق می‌شود. روش مستقل از شبکه برای تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه‌های مخابراتی و تلویزیونی، خانه‌های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه‌های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می‌باشند کاربرد دارد. این بخش سهم بالایی از سیستم‌های مستقل از شبکه را در جهان به خود اختصاص داده است. در بسیاری از کشورهای جهان بویژه در کشورهای در حال توسعه جهت تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز روستاهای فاقد برق از این سیستم استفاده می‌گردد بطور مثال در سال ۲۰۰۷ کشور اندونزی برق رسانی به ۱۵۰۰۰ خانوار روستایی را از این طریق آغاز نموده است. در کشور ایران نیز در چند روستا برق مورد نیاز خانوارها از طریق سیستم فتوولتائیک تأمین گردیده است. روستاهای آق‌سو با حدود پنج خانوار و یک مدرسه و روستای چرپا با حدود ۱۰ خانوار واقع در شهرستان خلخال به همت کارشناسان سازمان انرژی‌های نو ایران توسط سیستم‌های فتوولتائیک برق-دار شده‌اند. عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب‌العبور و عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب از جمله مزایایی است که در رشد و توسعه این سیستم‌ها بویژه در نقاط محروم کشور نقش عمده و بسزایی دارد.

مواد گوناگونی تاکنون در ساخت سلول‌های خورشیدی استفاده شده‌اند که بازده و هزینه‌های ساخت متفاوتی دارند. در واقع هر کدام از این مواد زمینه ظهور فناوری‌های جدید در زمینه سلول‌های فتوولتائیک را فراهم نموده‌اند. برخی از این مواد همچون سیلیکون امروزه کاربرد وسیعی در این زمینه دارند. بطوریکه ۹۰٪ از بازار کنونی سلول‌های فتوولتائیک در اختیار این نوع سلول‌ها می‌باشد. برخی از مواد دیگر همچون کادمیوم تلوراید و ... اگرچه بازار زیادی در اختیار ندارند اما روند رو به رشدی را برای آنها شاهد هستیم. برخی مواد نیز هنوز راهی به بازار نیافته‌اند و در مرحله مطالعات تحقیقاتی و آزمایشگاهی قرار دارند. مهم‌ترین موادی که در حال حاضر برای ساخت سلول‌های فتوولتائیک استفاده می‌شود، شامل:

۱- کریستال ضخیم سیلیکونی (سیلیکون تک کریستالی و یا چند(پلی)کریستالی با ضخامت چند صد میکرون)

³¹ Diffused Generator

۲- مواد لایه نازک^{۳۲} (به طور عمده سیلیکون بی شکل)

صفحات خورشیدی تک کریستالی در مقایسه با صفحات خورشیدی چند کریستالی دارای راندمان بالاتری بوده ولی در عوض گران‌تر می‌باشند. مزیت صفحات خورشیدی لایه نازک، انعطاف‌پذیری، وزن و نیرو مقاومت هوا کمتر این صفحات است و بدین ترتیب می‌توان آن‌ها را برای تجهیزات قابل حمل به راحتی بکار گرفت. در حال حاضر بیشتر سیستم‌های فتوولتائیک از سلول‌های تک کریستالی و یا چند کریستالی استفاده می‌کنند. مدول‌های تک کریستالی به طور معمول دارای راندمانی در حدود ۲۰٪ می‌باشند در حالیکه سلول‌های خورشیدی چند کریستالی راندمانی حدود ۱۵٪ دارند. در تحقیقات آزمایشگاهی به سلول‌های خورشیدی با راندمان بالاتر از ۴۰٪ نیز دست یافته‌اند.

به طور کلی می‌توان فناوری‌های فتوولتائیک را به ۳ دسته تقسیم کرد. دسته اول سلول‌ها، نسل اول می‌باشند که بر پایه استفاده از ویفرهای کریستالی سیلیکون بنا نهاده شده‌اند. دسته دوم یا نسل دوم سلول‌های لایه نازک می‌باشند. این سلول‌ها هرچند امروزه نسبت به سلول‌های نسل اول بازار چندانی در اختیار ندارند اما با توجه به پتانسیل کاهش قیمت آن، آینده‌ی خوبی برای این نوع سلول‌ها متصور شده‌اند. دسته ی سوم نیز سلول‌های نسل ۳ می‌باشند که شامل سلول‌های نوظهور و تازه-ای همچون سلول‌های ارگانیک، سلول‌های متمرکزکننده و ... می‌شوند. در دو دهه اخیر با پیشرفت فناوری‌ها در زمینه فتوولتائیک، تغییرات مثبتی در زمینه بازدهی، طول عمر و همچنین کاهش هزینه‌های ساخت سلول‌ها شاهد بودیم. پیش بینی می‌شود این روند در آینده نیز ادامه پیدا کند تا جاییکه این منبع تولید الکتریسیته بتواند به عنوان ارزانترین منبع تولید انرژی مورد استفاده قرار بگیرد. هدف نهایی تحقیقات و توسعه را می‌توان در ۳ مقوله افزایش بازدهی، افزایش طول عمر و کاهش هزینه جای داد.

اگرچه هزینه برق تولیدی با استفاده از صفحات فتوولتائیک از سایر روش‌های تولید برق خورشیدی بالاتر است ولی کاربرد صفحات خورشیدی به دلیل مزایای این سیستم‌ها نظیر عدم پیچیدگی، پایین بودن هزینه تعمیر و نگهداری، سهولت افزایش ظرفیت سیستم و غیره به شدت افزایش یافته است. علاوه بر نیروگاه‌های بزرگ صفحات خورشیدی کاربردها و استفاده‌های

فراوانی دارند. از آن جمله می‌توان به روشنایی معابر که در شکل ۶ نشان داده شده است، خودروهای خورشیدی، ماهواره‌ها و غیره اشاره نمود.



شکل ۷: استفاده از سیستم فتوولتائیک برای چراغ‌های روشنایی

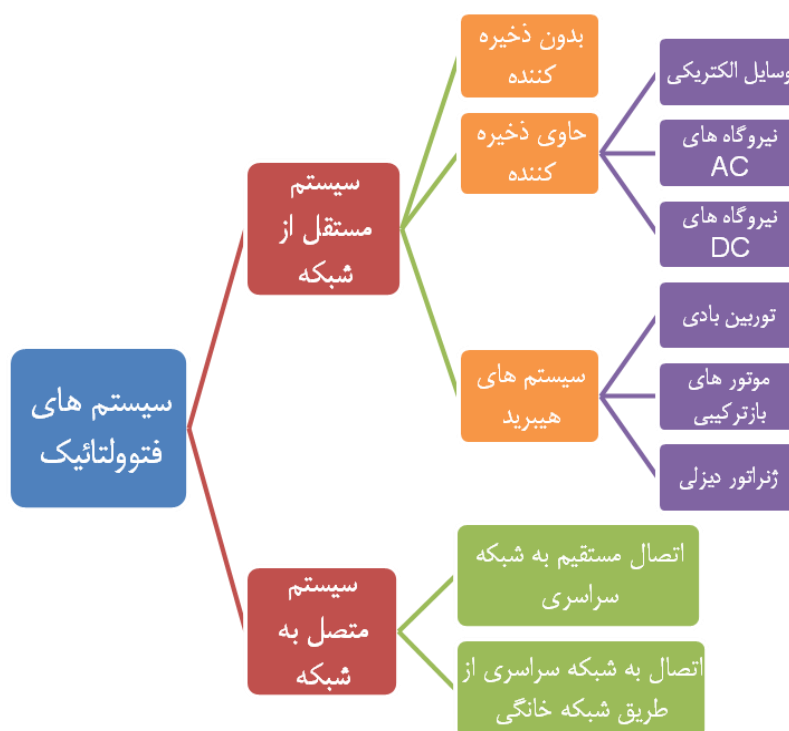
یکی از نکات مهم در خصوص صفحات خورشیدی، زاویه نصب آنهاست. با توجه به تغییر زاویه تابش خورشید در طول روز و در طی سال، پنل‌های خورشیدی می‌بایست در زاویه‌ای قرار گیرند که بیشترین میزان تابش خورشید را جذب نمایند. زاویه نصب پنل‌ها بر اساس موقعیت و همچنین آب‌وهوای مکان نصب سیستم فتوولتائیک محاسبه می‌گردد.

سیستم‌های فتوولتائیک را می‌توان به دو گروه سیستم‌های مستقل از شبکه^{۳۳} و سیستم‌های متصل به شبکه^{۳۴} تقسیم‌بندی کرد. معمولاً سیستم‌های مستقل از شبکه برای تأمین انرژی در جاهایی است که دسترسی به شبکه برق وجود ندارد. در این سیستم‌ها بطور معمول زمان تولید انرژی (که منحصر به طول روز است) با زمان مصرف هم‌خوانی ندارد، به همین جهت این سیستم‌ها همواره به یک سیستم ذخیره‌کننده انرژی نیاز دارند. لذا در این سیستم‌های مستقل از شبکه معمولاً از باتری برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در سیستم‌های متصل به شبکه، شبکه برق سراسری به عنوان منبع ذخیره‌کننده انرژی

^{۳۳}Stand-alone systems

^{۳۴}Grid-connected systems

تولیدی عمل می‌کند و بنابراین نیازی به باتری ندارند. در صورتی که سیستم فتوولتائیک توسط منبع تولید کننده انرژی دیگری مانند ژنراتور بادی یا دیزلی پشتیبانی شود، سیستم فتوولتائیک هیبریدی^{۳۵} تشکیل می‌شود. شکل ۸، تقسیم‌بندی کلی سیستم‌های فتوولتائیک را نشان می‌دهد.



شکل ۸: تقسیم‌بندی کلی سیستم‌های فتوولتائیک

سلول‌های فتوولتائیک تاکنون با استفاده از مواد و فناوری‌های مختلفی ساخته شده‌اند ولی در این میان سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی بیشترین کاربرد را داشته و انتظار می‌رود با توجه به راندمان و هزینه سایر انواع سلول‌های فتوولتائیک، استفاده از این سیستم‌ها در آینده نیز همچنان بیشتر از سایر انواع سلول‌های فتوولتائیک باشد.

³⁵Hybrid PV system

۱،۱،۲،۱ انواع سیستم‌های فتوولتائیک

رایج‌ترین ماده توده برای سلول خورشیدی، سیلیکون کریستالی (c-Si) است. سیلیکون یکی از فراوان‌ترین عناصر حال حاضر کره زمین می‌باشد. این عنصر یک نیمه هادی بسیار مناسب برای استفاده در سیستم‌های فتوولتائیک می‌باشد. سلولهای کریستالی سیلیکون بسته به این که ویفرهای سیلیکونی به چه روش ساخته می‌شوند به ۲ دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند: تک کریستال سیلیکونی و چند(پلی)کریستال سیلیکونی. دسته دیگر از سلولهای کریستالی HIT^{۳۶} می‌باشد.

سیلیکون خواص شیمیایی ویژه‌ای در ساختار بلورینش دارد. یک اتم سیلیکون، ۱۴ الکترون دارد که در سه پوسته‌ی مختلف روی هم قرار گرفته‌اند. دو لایه‌ی اول نزدیک‌تر به مرکز کاملاً پر شده‌اند. ولی لایه‌ی بیرونی با داشتن ۴ الکترون نیمه‌پر است. به طوری که اتم سیلیکون همیشه در جستجوی راهی برای پر کردن لایه‌ی آخر است (تا ۸ الکترون را کامل بگیرد). برای انجام این کار، این الکترون‌ها را با ۴ تا از اتم‌های سیلیکون همسایه‌اش شریک خواهد کرد. سیلیکون خالص رسانای ضعیف الکتریکی است، زیرا هیچ‌یک از الکترون‌های آن مثل الکترون‌ها در رساناهای خوبی چون مس، به اطراف حرکت نمی‌کنند. در عوض الکترون‌ها در ساختار بلوری کاملاً قفل شده‌ای قرار دارند. بنابراین برای استفاده از این نوع ساختارها در سلول‌های خورشیدی می‌بایست تغییراتی در آن ایجاد کرد. این تغییرات که به منظور ایجاد رسانایی در آن صورت می‌گیرد شامل ایجاد ناخالصی در آن است. به عنوان مثال با قرار دادن یک اتم فسفر در مجاورت اتم سیلیکون، می‌توان به این رسانایی مورد نظر رسید. فسفر الکترونی دارد که از هیچ طرف به چیزی متصل نیست. این الکترون می‌تواند نقش الکترون آزاد را در رسانایی ماده بازی کند.

وقتی انرژی به سیلیکون خالص اضافه می‌شود (مثلاً به صورت گرما)، می‌تواند موجب شود که پیوند تعدادی از الکترون‌ها شکسته شود و اتم‌هایشان را ترک کنند. یک حفره در هر نمونه از آزاد شده است. سپس این الکترون‌ها، به طور اتفاقی پیرامون شبکه‌ی بلوری پراکنده می‌شوند و حفره‌ی دیگری را جستجو می‌کنند که درون آن سقوط کنند. این الکترون‌ها «حامل‌های آزاد» نامیده می‌شوند و می‌توانند جریان الکتریکی را جابه‌جا کنند. بنابراین تعداد کمی از آن‌ها در سیلیکون خالص وجود دارند (هر چند خیلی مفید نیستند). سیلیکون ناخالص که با اتم‌های فسفر ترکیب شده داستانی متفاوت دارد. انرژی بسیار کم‌تری برای ضربه زدن به یکی از الکترون‌های سست فسفر صرف می‌شود؛ زیرا آن‌ها در یک پیوند، مقید نشده‌اند. به همین خاطر

³⁶ Heterojunction with Intrinsic Thin layer

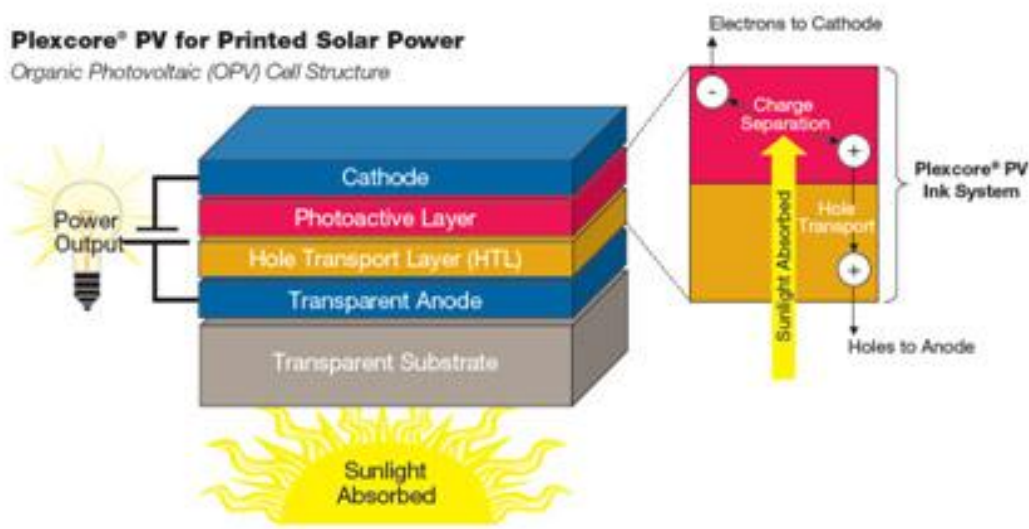
بیش‌تر این الکترون‌ها آزاد می‌شوند و ما نسبت به سیلیکون خالص حامل‌های آزاد بسیار بیش‌تری در سیلیکون خالص داریم. سیلیکون به‌دست آمده به دلیل پخش الکترون‌های آزاد نوع N، Negative نامیده می‌شود. سیلیکون آلائیده‌ی نوع N، رسانای بسیار بهتری نسبت به سیلیکون خالص است.

حال اگر بجای فسفر از اتم بور به عنوان ناخالصی استفاده کنیم، سیلیکون از Positive خواهد شد. اتم بور به جای ۴ الکترون فقط ۳ الکترون در لایه‌ی بیرونی خود دارد. به همین دلیل سیلیکون بجای داشتن الکترون آزاد این بار حفره‌ی آزاد خواهد داشت. حفره‌ها در واقع فقط فقدان الکترون‌ها هستند. پس آن‌ها بار قرینه + حمل می‌کنند.

سلول‌های فتوولتائیک برای تولید جریان نیاز به یک میدان الکتریکی دارند. حال با استفاده از اتصال سیلیکون Positive و سیلیکون Negative می‌توان این میدان الکتریکی را بوجود آورد. پیش از این، سیلیکون از نظر الکتریکی کاملاً خنثی بود اما با اضافه شدن الکترون‌های اضافی و همچنین حفره‌ها، تعادل را از بین می‌برد. بنابراین ما یک میدان الکتریکی فعال به‌دست آورده ایم؛ مانند یک دیود که در آن الکترون‌ها فقط می‌توانند در یک جهت حرکت کنند.

هنگامی که نور در قالب فوتون‌ها، به سلول خورشیدی برخورد کنند، انرژی آن‌ها زوج الکترون-حفره آزاد می‌کند. هر فوتون با انرژی کافی معمولاً یک الکترون را به طور کامل آزاد خواهد کرد و یک حفره‌ی آزاد را نیز نتیجه می‌دهد. اگر این رویداد به قدر کافی به میدان الکتریکی نزدیک باشد، یا اگر الکترون آزاد و حفره‌ی آزاد رویداد انحراف به درون گستره‌ی تأثیرش رخ دهد، این میدان الکترون را به سمت N و به سمت P حفره گسیل خواهد کرد. حرکت الکترون جریان را تولید می‌کند، و میدان سلول ولتاژ را به‌وجود می‌آورد. با داشتن جریان و ولتاژ توان را داریم که حاصل ضرب این دو خواهد بود.

بنابراین ساختار صفحات فتوولتائیک متشکل از دو لایه مواد نیمه هادی نوع P و نوع N است. هنگامی که این صفحات در مقابل نور خورشید قرار می‌گیرند، در نیمه هادی نوع N الکترون آزاد (بار منفی) و در نیمه هادی نوع P حفره (بار مثبت) ایجاد می‌گردد و اتصال این لایه‌ها بصورت مناسب سبب ایجاد جریان الکتریکی خواهد شد. شکل ۹، ساختار یک سلول فتوولتائیک را نمایش می‌دهد.



شکل ۹: ساختار یک سلول فتولتائیک

سلول‌های خورشیدی سیلیکونی با راندمان بالا از دهه ۸۰ شروع به ساخت شده‌اند. امروزه انواع مختلفی از این نوع سلول‌ها وجود دارد. امروزه سلول‌های سیلیکونی بیشترین سهم را در بازار سلول‌های خورشیدی به خود اختصاص داده‌اند.

ماژول‌های فتولتائیک لایه نازک

غالب سلول‌های فتولتائیک را امروزه سلول‌های سیلیکونی تشکیل می‌دهند و امروزه اکثر ماژول‌های موجود در بازار به صورت سیلیسیوم تک‌بلوره یا چندبلوره می‌باشند اما استفاده از سلول‌های لایه نازک روند رو به رشدی را پیدا کرده است. با توجه به پتانسیل فناوری لایه نازک در کاهش قیمت، پیش‌بینی می‌شود که در آینده استفاده از این فناوری سهم بالاتری از بازار را به خود اختصاص دهد. علیرغم اینکه راندمان این ماژول‌ها کمتر از ماژول‌های سیلیسیومی می‌باشد، اما داشتن قیمت کمتر استفاده از این ماژول‌ها را در سیستم‌های بزرگ فتولتائیک مقرون به صرفه ساخته است. به عنوان نمونه نیروگاه در دست احداث مزرعه خورشیدی توپاز^{۳۷} در ایالات متحده با توان نامی ۵۵۰ مگاوات از ماژول‌های لایه نازک بهره برده است.

سلول‌های لایه نازک همانطور که از نامش مشخص است از یک لایه نازک نیمه رسانا برای جذب فتون‌ها استفاده می‌کند. اولین سلول لایه نازک ساخته شده از نوع آمورف بود. اما این سلول به دلیل بازدهی کم و همچنین نرخ رسوب بالا نتوانست به عنوان موفق ظاهر شود. در عوض سلول‌های کادمیوم تلوراید به دلیل بازدهی بالا در حال رقابت با سلول‌های سیلیکونی

³⁷ Topaz Solar Farm

هستند. بازدهی این نوع سلول در ابعاد آزمایشگاهی تا کنون به ۲۰٪ نیز رسیده است. سلول لایه نازک CIGS^{38} نیز نوعی دیگر از این نوع سلول می باشد که برای آن نیز آینده ی خوبی متصورند.

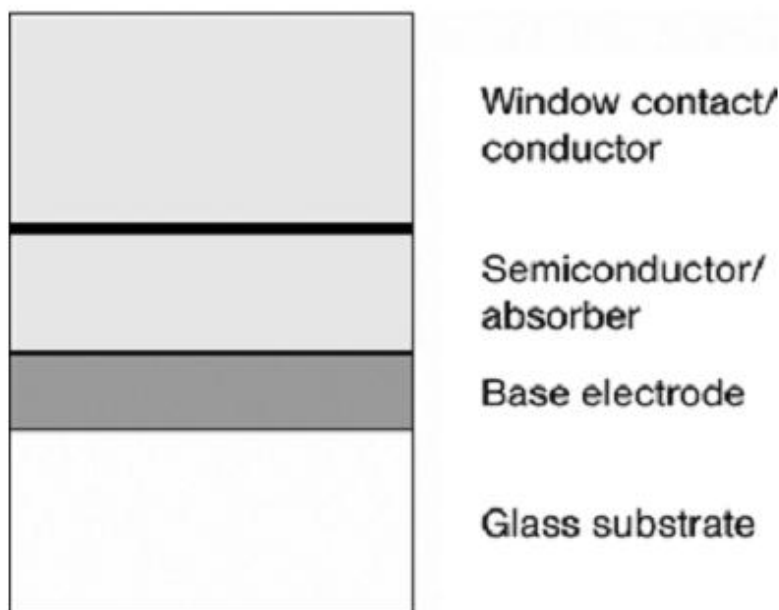
۱۰٪ تا ۱۵٪ بازار انرژی خورشیدی را سیستم‌های لایه نازک تشکیل می دهند و به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- سیلیکون آمورف و میکروکورف

۲- کادمیوم تلورايد

۳- مس دیسلنید ایندیوم و مس-ایندیوم-دیسلنید گالیوم

ساخت فتولتائیک‌های لایه نازک نیازمند لایه‌نشانی ۳ لایه است: یک لایه ی پایه الکترو، یک لایه نیمه‌هادی و یک لایه شیشه‌ای رسانای شفاف. ترکیب لایه‌ها در لایه نازک‌ها را در شکل زیر می‌توانید مشاهده کنید.



شکل ۱۰: لایه‌های تشکیل دهنده فتولتائیک

مزایای این فناوری مانند قیمت کم، وزن پایین و توانایی تولید آن‌ها روی یک لایه قابل انعطاف و چسباندن آن‌ها به دیوار، سقف و حتی پنجره می‌تواند سبب این پیشرفت در بازار شود.

³⁸ Copper Indium Gallium Selenide

الف) لایه‌نازک‌های سیلیکونی آمورف

فناوری لایه نازک آلیاژهای سیلیکون آمورف فرصت مناسبی برای کاهش هزینه‌های مواد اولیه است، به دلیل اینکه آلیاژ سیلیکون آمورف نور را با بازده بالاتری نسبت به حالت کریستالی خود جذب می‌کند و ضخامت سلول ساخته شده به این روش تا ۳۰۰ برابر کمتر از ضخامت سلول‌های معمول است.

کاهش عملکرد سلول‌های لایه نازک در مدت زمان طولانی عملکرد کمتر از ۱٪ است. از طرفی ضریب دمایی این سلول‌ها منفی ۰/۰۲۱٪/درجه سانتیگراد است در حالیکه ضریب دمایی سلول‌های کریستالی به طور میانگین منفی ۰/۵٪/بازای هر درجه سانتیگراد است. بدین ترتیب کاهش عملکرد سلول‌های لایه نازک در دمای ۶۰ درجه چیزی بین ۴٪ تا ۶٪ خواهد بود در حالیکه این کاهش عملکرد برای سلول‌های کریستالی ۱۷٪ است.

این افزایش کارایی در نهایت منجر به کارایی بهتر در فصل گرم و همچنین عملکرد تحت تابش پخشی خواهد شد.

ب) لایه‌های نازک CIGS روی فویل فلزی

از ابتدای مطالعات مربوطه در میانه دهه‌ی ۷۰ میلادی CIGS با توجه به بازده مناسب خورشیدی‌اش ماده‌ی پیشرو در این زمینه بود. CIGS (همچنین CIGSSe) مخفف ترکیبات $(\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2)$ بوده و یک تکنولوژی برای ساخت سلول‌های خورشیدی لایه نازک از عناصر مس، اندیوم، گالیوم، گوگرد و سلیوم می‌باشد. مهم‌ترین نمونه‌های این ترکیبات عبارتند از CuInS_2 و $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$. این ترکیبات شکل گرفته از نیمه رساناهای گروه‌های یک، سه و پنج جدول تناوبی می‌باشند. به خاطر ساخت خاص بلوری این ترکیبات آنان را بیشتر به نام چالکوپرایت‌ها^{۳۹} می‌شناسند. مسلماً لایه نازک‌های بر پایه $\text{CdTe}^{۴۰}$ و مس $(\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2)$ کارایی بهتری در بین سایر لایه نازک‌ها در درون یک ماژول دارند. سلول‌ها و ماژول‌های CIGS به ترتیب ۱۹/۵٪ و ۱۳٪ بازده را نشان می‌دهند، در حالیکه این مقادیر برای CdTe به ترتیب برابر با ۱۶/۵٪ و ۱۰/۲٪ است.

^{۳۹} Chalcopyrite

^{۴۰} Cadmium Telluride

لایه نازک CIGS متعلق به ترکیبات مس-کالکوژیریت است که باند انرژی آن می‌تواند با عناصر گروه ۳ شامل ایندیوم، گالیوم و آلومینیوم و آنیون‌های بین سلنیوم و گوگرد اصلاح شود. بازده گسترده باند انرژی می‌تواند با استفاده از ترکیبات مختلف حاصل شود، و از آنجایی که باند انرژی مورد نظر برای این فناوری بین ۱ تا ۱/۷ الکترون‌ولت می‌باشد CIGSها مقدار مورد نظر را تأمین می‌کنند. فاصله باند انرژی CuInSe_2 کاپر اندیوم دای سلناید ۱/۰۷ الکترون ولت می‌باشد که با افزودن گالیوم می‌توان این باند انرژی را به حد اکثر آن یعنی ۱/۶۸ الکترون ولت رساند (CuGaSe_2 کاپر گالیوم دای سلناید).

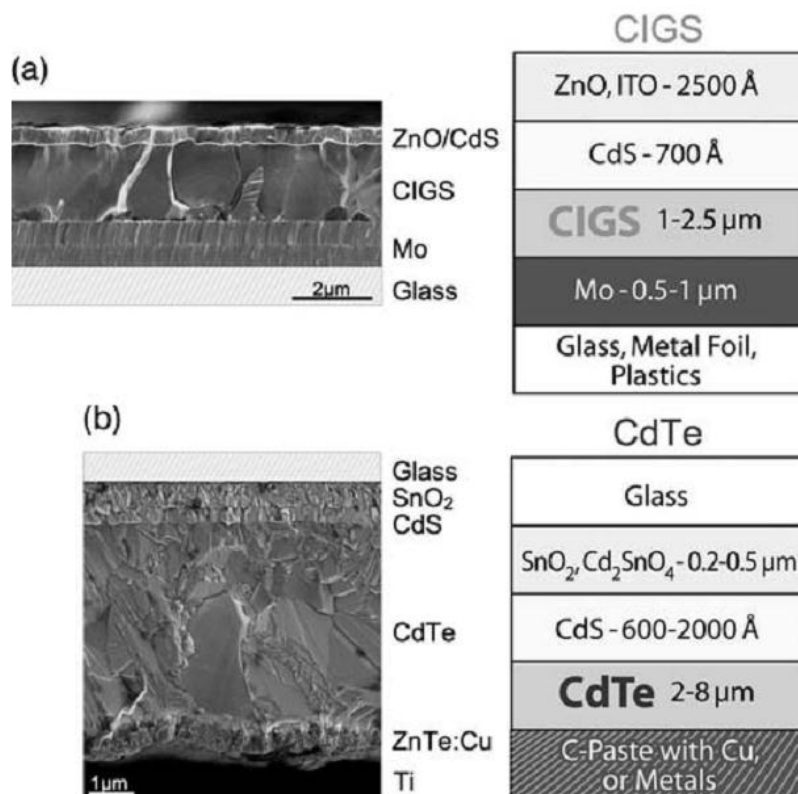
با بازده ۱۹/۵٪ تحت شرایط استاندارد آزمایشگاه بهترین سلول CIGS دارای کارایی هم‌تراز سلول‌های سیلیکونی پلی‌کریستال خواهد بود. در باب عملکرد سلول‌های CIGS لایه نازک و همچنین چند سلول لایه نازک دیگر جدول زیر اطلاعات مفیدی را در اختیار می‌گذارد، همچنان که قابل مشاهده است از لحاظ کارایی این فناوری به فناوری سلول‌های کریستالی بسیار نزدیک است.

Company	Device	Aperture area (cm ²)	Efficiency (%)	Power (W)	Date
Global Solar	CIGS	8390	10.2	88.9	05/05
Shell Solar	CIGSS	7376	11.7	86.1	10/05
Würth Solar	CIGS	6500	13.0	84.6	06/04
First Solar	CdTe	6623	10.2	67.5	02/04
Shell Solar GmbH	CIGSS	4938	13.1	64.8	05/03
Antec Solar	CdTe	6633	7.3	52.3	06/04
Shell Solar	CIGSS	3626	12.8	46.5	03/03
Showa Shell	CIGS	3600	12.8	44.15	05/03

جدول ۳: مقایسه شرکت‌های سازنده پل‌های لایه نازک

علاوه بر این، مکانیزمی وجود ندارد که به کارایی سلول آسیب بزند، این ماژول‌ها به شدت پایا هستند و معمولاً ماژول‌های تجاری با ۲۵ سال ضمانت به مصرف‌کننده تحویل داده می‌شود. روش ساخت این نوع سلول تقریباً سخت و پرهزینه می‌باشد. البته امروزه تحقیقاتی در رابطه با جایگزینی ایندیوم با موادی ارزانتر مطرح شده است که می‌تواند در آینده با کاهش هزینه این نوع سلول بیانجامد. هرچند امروزه نیز با روش‌هایی همچون استفاده از فاز مایع این ماده، میزان مصرف آن را کاهش داده‌اند. یکپارچه بودن سلول‌های لایه نازک منجر به کاهش قیمت در ساخت آن‌ها در مقایسه با فناوری کریستالی می‌شود، همچنین

با توجه به اینکه ماژول‌های CdTe و CIGS المان‌های ساختاری مشترکی دارند و همچنین هزینه‌ی ساخت هر واحد سطح برابری دارند، بازده ماژول در حقیقت فاکتور تعیین کننده در قیمت بازاری هر وات خواهد بود. در حقیقت این دو فناوری لایه نازک ساختار مشابهی دارند که می‌توان به مواردی چون بستر، الکتروود مبنا، جاذب لایه اتصال الکتروود فوقانی گام‌های الگودهی برای یکپارچه سازی اشاره کرد. در شکل زیر لایه بندی دو فناوری قابل مشاهده است:



شکل ۱۱: لایه‌های فتوولتائیک CIGS و CdTe

ج) لایه نازک‌های CdTe

سلول‌های کادمیوم تلوراید نوعی از سلول‌های فتوولتائیک هستند که بر پایه یک لایه نازک از کادمیوم تلوراید برای جذب انرژی خورشید و تبدیل آن به انرژی الکتریسیته بنا شده‌اند. این نوع سلول خورشیدی تنها نوع از سلول‌های لایه نازک می‌باشد که نسبت به سلول‌های سیلیکونی از قیمت پایین‌تری برخوردار است.

از نگاه مسائل اقتصادی و زیست محیطی، این نوع سلول کمترین تولید دی اکسید کربن، کمترین مصرف آب و همچنین کوتاهترین زمان بازگشت سرمایه را دارد. ماژول‌های CdTe/CdS از لحاظ محیط‌زیستی بیشتر دوست‌دار محیط‌زیست هستند تا سایر موارد استفاده از کادمیوم. اولاً هم کادمیوم و هم تلوراید محصولات جانبی فرایند استخراج معادن هستند (کادمیوم از تصفیه‌ی بازمانده‌های روی و تلوراید از پالایش مس) بنابراین از ورود المان خطرناک کادمیوم به محیط جلوگیری می‌شود. علاوه بر این در طی عملیات ساخت ماژول‌ها هیچگونه آلاینده‌ای تولید نمی‌شود. قابلیت بازیابی کامل ماژول‌ها در پایان استفاده از آن‌ها یکی دیگر از مزایای محیط‌زیستی آن‌هاست.

باند انرژی CdTe در ۱/۴۵ الکترون‌ولت مطابقت خوبی با طیف نور خورشید دارد بنابراین تبدیل انرژی به نحو بهتری نسبت به کریستال‌های سیلیکون انجام می‌گیرد. بنابراین کادمیوم-تلوراید توانایی رقابت با سیلیکون در بازده تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریسیته با تنها ۱٪ مواد نیمه‌هادی مورد نیاز است. در یک سلول واقعی این باند انرژی ممکن است نتیجه‌ی در تماس بودن با CdS^{41} ، با باند انرژی تقریبی ۲/۴ الکترون‌ولت، تغییر کند.

ساختار معمول شیشه/ $SnO_2/CdS/CdTe$ /اتصالات است. لایه جاذب برای محصولات تجاری استفاده می‌شود. ماژول‌های خورشیدی مرسوم در باب تبدیل انرژی خورشیدی با بالا رفتن دما کارایی کمتری دارند. این ماژول‌ها همچنین نورهای کم و پخشی را نیز جذب می‌کنند و بنابراین تبدیل نورهایی در شرایط هوای ابری و مه و گردوغبار، که سلول‌های متداول خوب عمل نمی‌کنند، بازده مناسبی دارد. بنابراین تحت شرایط واقعی الکتریسیته‌ی بیشتری تولید می‌شود.

تحقیقات در مورد سلول‌های خورشیدی کادمیوم تلورایدی اولین بار به سال ۱۹۵۰ یعنی همان سال‌های ابتدایی سلول‌های خورشیدی بر می‌گردد. چرا که به این نوع ماده برای تبدیل بهینه انرژی فوتون در طیف صادر شده از خورشید مناسب به نظر می‌رسید. بعدها در حدود سال ۱۹۶۰ ابتدا شرکت General Electric و سپس شرکت‌های Kodak, Monosolar, Matsushita و AMETEK سلول‌های خورشیدی از این نوع ساختند. برای اولین بار در سال ۱۹۹۲ پروفیسور تینگ چو در دانشگاه فلوریدا بازدهی این نوع سلول را به بیش از ۱۵٪ رساند که موفقیت بزرگی برای آن زمان محسوب می‌شد. چرا که اولین نوع از سلول‌های لایه نازک بود که به این بازدهی می‌رسید.

⁴¹ Cadmium sulfide

امروزه مهمترین تولیدکننده سلول‌های کادمیوم تلورایدی شرکت First Solar می باشد. این شرکت توسط آقای Harold McMaster در سال ۱۹۹۰ تاسیس شد. دفتر اصلی این شرکت در آریزونا می باشد. این شرکت به عنوان دومین تولید کننده بزرگ سلول‌های فتوولتائیک شناخته شده است. همچنین این شرکت رتبه ششم از بین ۵۰ شرکت نوآور را از آن خود کرده است. در سال ۲۰۱۳ نیز مجله‌ی Solar Power World magazine این شرکت را به عنوان بزرگترین شرکت در زمینه فتوولتائیک انتخاب کرد. طبق آمار NREL^{۴۲} تا سال ۲۰۱۱ شرکت First Solar بیش از ۱۹۲۰ مگاوات ماژول ساخته شده یا در حال ساخت برای قرار گرفتن در نیروگاه‌ها دارد. این مقدار تقریباً ۵/۱ کل ظرفیت نیروگاه‌های در ابعاد بزرگ آمریکا می باشد (بیش از ۵۰ مگاوات). همچنین دو پروژه عظیم Desert Sunlight Solar Farm و Topaz Solar Farm نیز در دست این شرکت می باشد. شرکت First Solar شرکتی آمریکایی است که تنها از فناوری لایه نازک کادمیوم تلوراید برای تولید برق از سلول فتوولتائیک بهره می‌گیرد. این شرکت در سال ۲۰۰۹ توانست برای اولین بار هزینه تمام شده ماژول برای هر وات را به زیر ۱ دلار برساند. در سال ۲۰۱۳ این شرکت توانست با رساندن بازدهی سلول‌های کادمیوم تلورایدی به ۱۴٪، این هزینه را به ۵۹ سنت برای هر وات کاهش دهد.

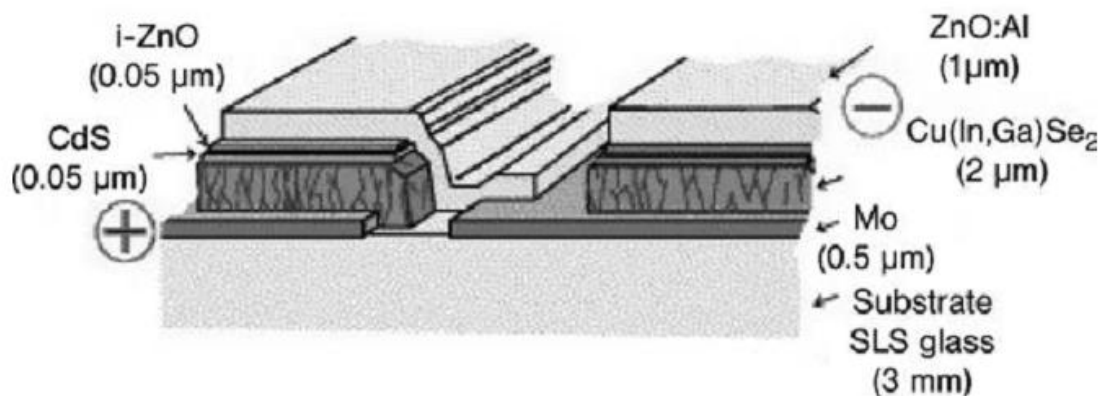
میزان سهم بازار این نوع سلول خورشیدی امروزه ۵٪ می‌باشد. البته در رقابت با سلول‌های لایه نازک این نوع سلول ۵۰٪ سهم بازار را از آن خود کرده است.

(د) لایه نازک‌های CIS^{۴۳}

ماژول‌های CIS از چندین لایه سلول CIS که به صورت سری به هم متصل شده اند تشکیل شده است. این ماژول‌ها بازدهی وسیعی از طیف نور را جذب می‌کند و بیشترین توان خروجی حتی در شرایط آب‌وهوایی نه‌چندان مطلوب تولید می‌کنند. ساختار این سلول‌ها به شکل زیر است.

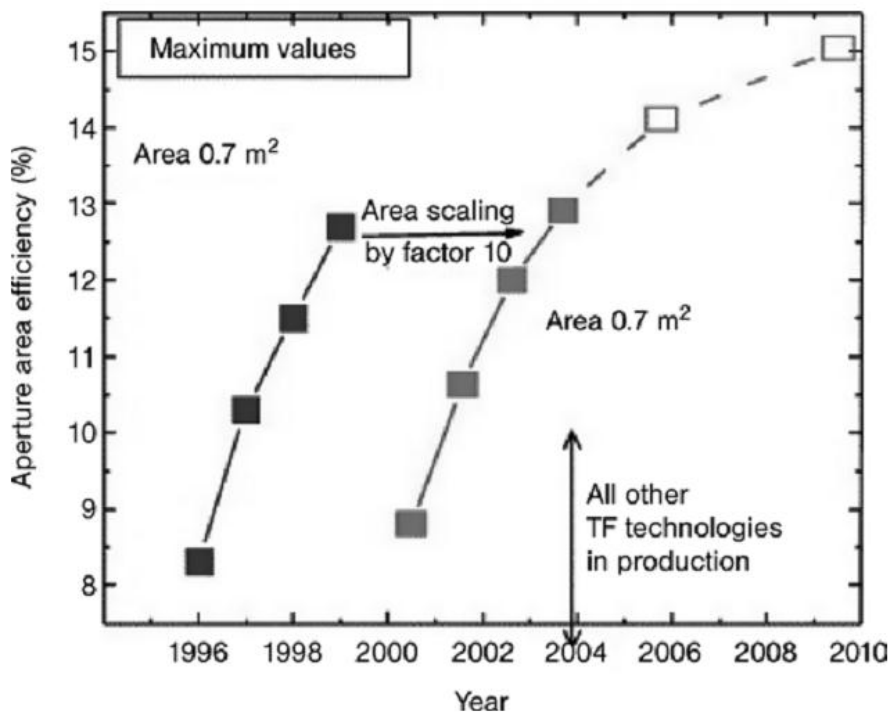
⁴² National Renewable Energy Laboratory

⁴³ Copper indium selenide



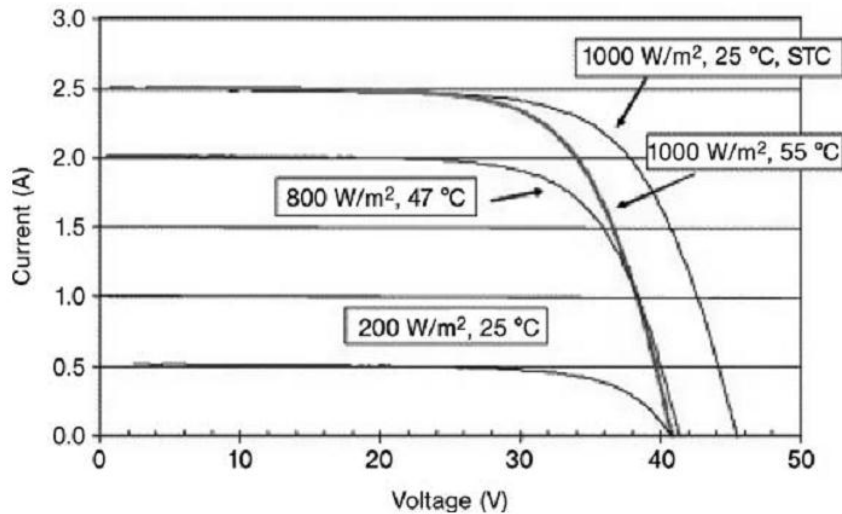
شکل ۱۲: ساختار سل CIS

اولین ماژول‌های ساخته شده صنعتی دارای بازده بالاتر از ۸٪ در سال ۲۰۰۱ بودند. میانگین بازده ماژول‌ها در سال ۲۰۰۲ افزایش یافت و به ۹٪ الی ۱۰٪ رسید، این افزایش بازده ادامه داشت و اکنون بازده این سلول‌ها ۱۳٪ هستند. تغییرات بازده این سلول‌ها را تا سال ۲۰۱۰ در نمودار زیر مشاهده می‌کنید.



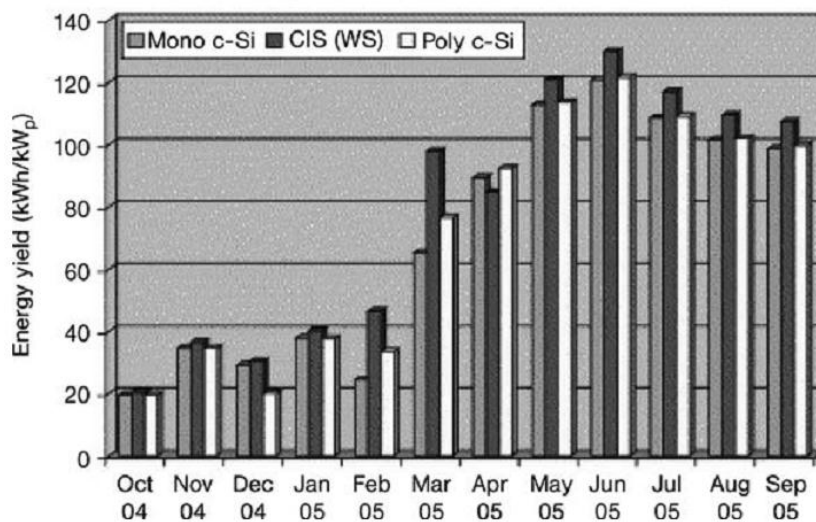
شکل ۱۳: تغییرات بازده سلول CIS در طول زمان

کاهش عملکرد سیستم با افزایش دما و کاهش تابش به صورت زیر خواهد بود. نمودار با کمترین توان مربوط به هوای ابری است.



شکل ۱۴: تغییرات ولتاژ با تغییر دما در سلول CIS

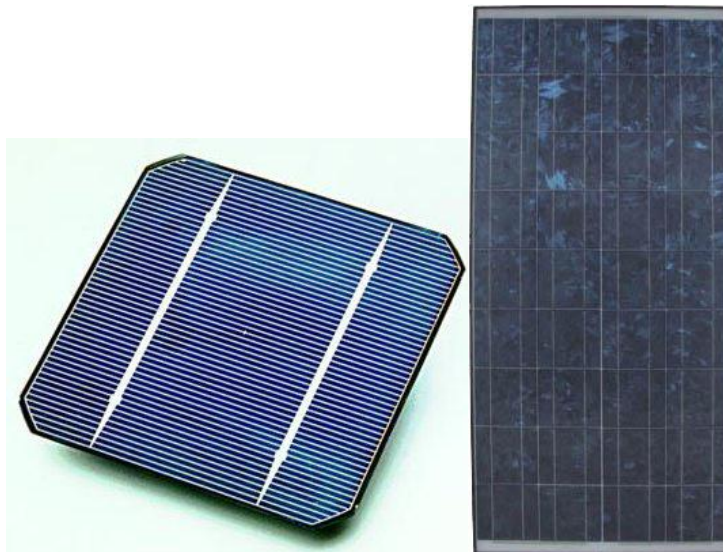
اما بد نیست نگاهی بیندازیم به مطالعه‌ی انجام گرفته جهت مقایسه عملکرد این فناوری با فناوری سلول‌های سیلیکونی.



شکل ۱۵: نمودار توان تولید شده توسط هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک

۲,۱,۲,۱ ماژول‌های فتوولتائیک کریستالی

همانطور که پیش‌تر بیان گردید، مهم‌ترین نوع سلول‌های فتوولتائیک، سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی هستند. سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی به دو نوع تقسیم می‌شوند: تک کریستالی^{۴۴} و چند(پلی) کریستالی^{۴۵}. سلول‌های فتوولتائیک تک کریستالی دارای راندمان بالاتری در مقایسه با سلول‌های چندکریستالی بوده ولی هزینه تولید آن‌ها بالاتر است. بطور کلی راندمان سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی تک کریستالی و چندکریستالی تجاری به ترتیب در حدود ۱۴٪ تا ۱۷٪ و ۱۰٪ تا ۱۴٪ است. این راندمان مربوط به شرایط آزمایشگاهی بوده و در شرایط واقعی عملاً راندمان آن‌ها کمتر خواهد بود. شکل ۱۳، ماژول‌های فتوولتائیک سیلیکونی تک کریستالی و چندکریستالی را نمایش می‌دهد. مشخصه سلول فتوولتائیک تک کریستالی یکنواختی سطح آن (در مقایسه با سلول چندکریستالی) است.



شکل ۱۶: سلول‌های تک کریستالی (سمت چپ) و چند کریستالی (سمت راست)

با انتخاب مناسب ماژول بر اساس فاکتورهایی نظیر نوع ماژول، توان نامی، راندمان (یا پارامتر واحد سطح بر وات ماژول)، قیمت و دسترسی می‌توان هزینه ساخت نیروگاه‌های فتوولتائیک را تا حد امکان کاهش داد. دو فاکتور مساحت ماژول و قیمت، ارتباط مستقیمی با جنس سلول‌های بکار رفته در ماژول دارند. فاکتور دیگری که می‌تواند در هزینه تمام شده سیستم‌های توان بالای فتوولتائیک موثر باشد، انتخاب مناسب توان هر ماژول می‌باشد.

⁴⁴ - MonoCrystalline

⁴⁵ - PolyCrystalline

الف) سلول‌های سیلیکون تک کریستالی

سلول‌های تک کریستالی با استفاده از یک کریستال بزرگ سیلیس تولید می‌شوند در صورتی که برای ساخت سلول‌های پلی-کریستالی از تجمع چندین کریستال سیلیس در یک سلول استفاده می‌شود. سلول‌های سیلیکون تک کریستالی در صنعت فتوولتائیک بسیار رایج هستند. روش اصلی برای تولید سیلیکون تک کریستالی روش CZ^{۴۶} می‌باشد. سیلیکون تک کریستال دارای یک ساختار مولکولی یکنواخت است. این ماده در مقایسه با مواد غیر کریستالی دارای بازده تبدیل انرژی بالایی است. بازده بالای تبدیل سلول فتوولتائیک باعث تولید الکتریسیته بیشتری از منطقه‌ای که در معرض نور خورشید قرار گرفته است. پنل‌های ساخته شده از سلول‌های مونوکریستال دارای سطح کمتری نسبت به پنل‌های پلی کریستال مشابه خود هستند یا به عبارتی راندمان آنها بالاتر است. اما از طرفی قیمت بالاتری نیز دارند. چرا که روش ساخت بدین صورت است که ویفرهای تک بلور از شمش‌های تک بلور، به ضخامت یک سوم تا نیم میلی‌متر، تشکیل می‌شوند که در دمایی در حدود 1400°C ، رشد داده می‌شوند. این روش، روشی بسیار گران است و سیلیکون بدست آمده باید بسیار خالص با ساختار بلوری تقریباً کامل باشد. به این نوع از سلول‌های خورشیدی، سلول‌های خورشیدی نسل اول نیز اطلاق می‌شود. تکنولوژی نسل اول انرژی بالاتر و هزینه بیشتری برای ساخت نیاز دارد. به برخی از معایب و مضرات این نوع سلول اشاره ای می‌کنیم:

مزایا:

- به دلیل اینکه از بهترین نوع سیلیکون ساخته شده اند دارای بالاترین بازدهی نیز می‌باشند. مقدار بازدهی این نوع سلول در بازه‌ی ۱۵٪ تا ۲۵٪ می‌باشد.
- به دلیل بازدهی بالا برای مقدار مشخص توان خروجی، نسبت به دیگر سلول‌ها سطح کمتری لازم دارد.
- عمر این نوع سلول‌ها بالا می‌باشد. گارانتی که شرکت‌های معتبر برای این نوع سلول در نظر می‌گیرند در حدود ۲۵ سال می‌باشد.
- قابلیت تولید توان در نورهای کم این نوع سلول بالا می‌باشد.

معایب:

⁴⁶ Czochralski process

- از لحاظ قیمت تمام شده، برق تولید شده از این نوع سلول نسبت به سلول‌های پلی کریستال و حتی لایه نازک، گران‌تر می باشد.
- در صورت پوشیده شدن این نوع سلول با برف یا هرگونه پوشش دیگر، توانایی سلول تا حد زیادی کم می شود. همچنین امکان شکستگی در این نوع سلول‌ها زیاد است.

اما نکته‌ای که حائز اهمیت است این است که سلول‌های سیلیکونی محدود کننده‌ای به نام نقره دارند (توضیحات استفاده نقره در سل) [13]. اما امروزه با تحقیقاتی گسترده در این زمینه، محققان توانستند جایگزین‌هایی برای این ماده داشته باشند. یکی از جایگزین‌ها مطرح شده مس می باشد.

ب) سیلیکون پلی کریستالی

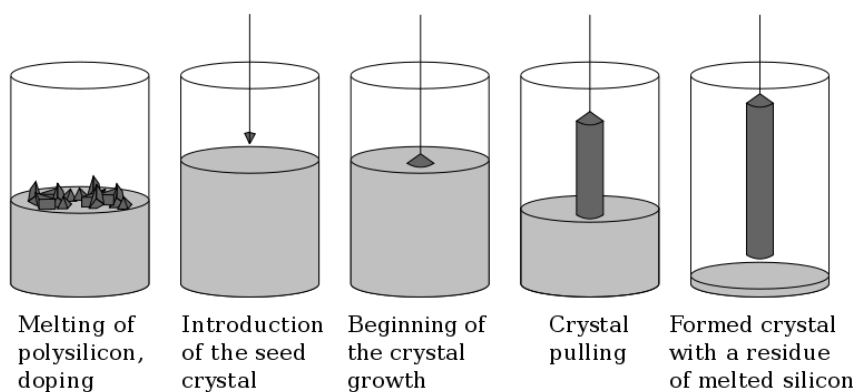
همانطور که به آن اشاره شد تفاوت سلول‌های خورشیدی تک کریستال و پلی کریستال در نوع سیلیس بکار رفته در ساخت آنها است. سلول‌های تک کریستال با استفاده از یک کریستال بزرگ سیلیس تولید می شوند در صورتی که برای ساخت سلول‌های پلی کریستال از تجمع چندین کریستال سیلیس در یک سلول استفاده می شود.

سیلیکون پلی کریستال شامل دانه‌های ریزی از سیلیکون تک کریستال می باشد. بازده سلول‌های فتوولتائیک سیلیکون پلی-کریستال کمتر از سلول‌های فتوولتائیک سیلیکون تک کریستال است. مرز دانه‌ها در سیلیکون پلی کریستالی مانع جریان الکترون‌ها شده و کاهش توان بیرونی را در پی خواهد داشت. بازده تبدیل انرژی برای مدول‌های تجاری ساخته شده از سیلیکون پلی کریستال در محدوده‌ی ۱۰٪-۱۴٪ می باشند. در مناطق خیلی گرمسیر شاید استفاده از پنل‌های پلی کریستال مناسب‌تر باشد چون سطح آنها روشن‌تر است و حرارت کمتری را از انرژی تابشی خورشید جذب می کنند. به همین دلیل میزان افزایش مقاومت الکتریکی سیستم در اثر گرمتر شدن نیز کمتر خواهد بود و افت توان کمتری از پنل‌ها مشاهده خواهد شد.

یک شیوه رایج برای تولید سلول‌های فتوولتائیک سیلیکون پلی کریستال، تهیه ویفرهای نازک بریده شده از بلوک‌های سیلیکون پلی کریستال ریخته‌گری است. سیلیکون پلی کریستال در مقایسه با سیلیکون تک کریستال محکم‌تر هستند و به همین دلیل آن را تا یک سوم سیلیکون تک کریستال می توان برید. همچنین این نوع از سلول‌ها در مقایسه با سیلیکون تک کریستال هزینه‌ی کمتری دارند. به هر حال هزینه پایین تولید این سلول‌ها، بازده کم این سلول‌ها را جبران می کند.

ج) نحوه ساخت سلول تک کریستالی با روش Czochralski process

برای ذوب سیلیکون به دمایی در حدود ۱۸۵۰ درجه سانتیگراد نیاز است. با استفاده از الکترودهایی با توان ۲۴ کیلووات گرمای مورد نیاز برای ذوب کردن سیلیکون فراهم می‌گردد. در ادامه برای استفاده از روش گسترش شبکه کریستالی در مرز مشترک جامد مایع، یک قالب سیلیکون تک کریستالی جامد مکعب مستطیلی با طولی در حدود ۱۰ سانتی‌متر و سطح مقطع یک در یک سانتی‌متر مربع بر روی سطح سیلیکون مذاب قرار داده می‌شود. در نتیجه فصل مشترک و در نتیجه خنک شدن، سیلیکون مذاب بر روی سیلیکون جامد نشست و شبکه کریستالی گسترش می‌یابد. یکی از مهمترین مواردی که بایستی مورد توجه قرار بگیرد، اطمینان از گسترش شبکه کریستالی به صورت تک کریستالی است. در انتها استوانه‌ای با قطری حداکثری در حدود ۵۰ و طول حداکثری ۱۸۵ سانتی‌متر بوجود می‌آید. بایستی بدین نکته توجه نمود که فرآیند گسترش شبکه کریستالی در شرایط خلاء و به صورت نیمه اتوماتیک با نظارت پیوسته اپراتور صورت می‌گیرد. در ادامه قسمت‌های زائد بالا و پایین این استوانه به دست آمده بریده می‌شود. سپس در قسمت برش لبه‌ها، لبه‌های استوانه بریده می‌شود بطوریکه سطح مقطع به صورت مربعی درآید. پس از این مرحله، مکعب مستطیل بدست آمده به قطعات کوچکتری با طول ۳۰ سانتی‌متر بریده شده و به دستگاه اسلایسر وارد می‌شود. در دستگاه اسلایسر با استفاده از روش برش به کمک سیم و با استفاده از سیم‌هایی از جنس سیلیکون با ضخامت ۲۸۰ میکرومتر، قطعه ۳۰ سانتی‌متری به اسلایس‌هایی با ضخامت ۱۸۰ میکرومتر بریده می‌شود.



شکل ۱۷: فرایند تولید سیلیکون مونوکریستال به روش Czochralski process



شکل ۱۸: نمونه استوانه سیلیکون مونوکریستالی تولید شده به روش Czochralski process



شکل ۱۹: دستگاه اسلایسر بالک سیلیکون و تولید ویفر خام

با توجه به اینکه ممکن است در مرحله قرار دادن و پختن خمیرها در دو سمت ویفر، بین دو سمت اتصالاتی بوجود آمده باشد، ضروری است تا لبه‌های ویفر سنگ زده شود. برای این منظور هر چهار لبه مرطوب شده و توسط دستگاه Schiller Prozessautomation سنگ زده می‌شود. در ادامه برای خشک شدن، ویفرها از هوای گرم عبور داده می‌شوند. سپس نوارهای آلومینیومی بر روی اتصالات لحیم می‌شود تا مدار الکتریکی کامل گردد. در ادامه با استفاده از دستگاه، نوارها به طول مناسب بریده می‌شوند.

۲,۲,۱ فناوری فتوولتائیک‌های متمرکزشونده CPV^{۴۷}

فناوری فتوولتائیک‌های متمرکزشونده از تجهیزات اپتیکی مانند لنزها و یا آینه‌های منحنی برای متمرکز کردن نور خورشید روی یک سطح کوچکی از فتوولتائیک خورشیدی استفاده می‌کند. در مقایسه با سیستم‌های غیر متمرکزشونده این سیستم‌ها می‌توانند با صرفه‌جویی در هزینه مربوط به سلول‌های خورشیدی به کاهش هزینه سیستم کمک کنند. این کاهش قیمت از کاهش سطح و در نتیجه مواد مصرفی حاصل می‌شود، بنابراین در این سلول‌ها می‌توان از مواد با قیمت بالاتر و در عوض با بازده بالاتر استفاده کرد. برای اینکه نور خورشید روی یک سطح متمرکز شود نیاز است تا با صرف هزینه‌ی اضافی نسبت به سیستم غیر متمرکزشونده از تجهیزاتی برای تمرکز نور خورشید، سیستم ردیاب و سیستم خنک‌کننده استفاده کرد. با توجه به کاهش چشمگیر سطح صفحات فتوولتائیک مورد نیاز در این روش جهت تولید هر یک وات از توان الکتریکی، معمولاً از سلول‌های فتوولتائیک گرانتر موسوم به Triple Junction که دارای راندمان تبدیل انرژی بسیار بالاتری نسبت به سلول‌های عادی هستند استفاده بعمل می‌آید. نتیجتاً علیرغم گرانتر بودن این نوع از سلول‌ها، با توجه به افزایش راندمان تا ۳۵٪ و کاهش مساحت مورد نیاز نسبت به پنل‌های فتوولتائیک در توان مشابه، ارزانتر و مقرون به صرفه‌تر خواهند بود. سلول‌های Triple Junction دارای فناوری بسیار بالایی بوده و تاکنون صرفاً در کاربردهای فضایی مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند که هم‌اکنون با معرفی فناوری CPV در تولید انرژی، در رقابت با پنل‌های معمولی فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به دلیل استفاده از این تجهیزات استفاده از این نوع فتوولتائیک‌ها کمتر رایج است اما با این حال استفاده از این تجهیزات در مرحله‌ی توسعه و پیشرفت است، همچنین تحقیقات انجام شده این فناوری را به سمت کاهش هزینه‌ها سوق می‌دهد.

⁴⁷ Concentrated photovoltaics

این فناوری هم‌چنین با سیستم‌های متمرکزشونده‌ی گرمایی انرژی خورشیدی در حال رقابت هستند. این سیستم‌ها انرژی خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریسیته تبدیل می‌کنند در حالیکه در سیستم‌های گرمایی انرژی خورشید به گرما و سپس به الکتریسیته تبدیل می‌شود. برای اولین بار در دنیا در سال ۱۹۷۰ توسط آزمایشگاه ملی سندیا سیستم CPV در ایالت کالیفرنیا تولید شد.

از آنجاییکه این سیستم توانایی جذب و تمرکز تابش پخشی ناشی از شرایط هوایی را ندارد، باید بیشترین تابش مستقیم خورشیدی را دریافت کند. بنابراین استفاده از ردیاب‌های خورشیدی در این سیستم الزامی است. طراحی متمرکزکننده خورشیدی مشکلات خاص خودش را دارد، این سیستم باید کارا، مناسب برای تولید گسترده، قدرت تمرکز بالا، غیر حساس نسبت به خطاهای هنگام ساخت و پیاده‌سازی را داشته باشد. تمامی CPVها یک تجهیزات متمرکزکننده اپتیکی و یک سلول خورشیدی دارند. به جز موارد بسیار نادر حتماً یک ردیاب خورشیدی نیز نیاز است. خصوصیات نیمه‌هادی‌ها به سلول‌ها اجازه می‌دهد تا در صورتی که نور متمرکز شده باشد، با کارایی بالاتری عمل کنند، البته به شرطی که دمای سلول با استفاده از تجهیزات مناسب خنک شود. بازده سلول‌های MJ⁴⁸ توسعه یافته امروزه به ۴۴٪ می‌رسد، و این توانایی وجود دارد که این بازده در سال‌های پیش رو به ۵۰٪ ارتقا یابد. هم‌چنین مسئله مهم دیگر در این سیستم‌ها بازده تجهیزات اپتیکی است.

لنزهای اپتیکی متمرکزکننده نور در این صفحات، دارای فناوری‌های متفاوتی هستند. در صورتیکه سلول‌های CPV در مناطقی با تابش کاملاً مستقیم خورشید مورد استفاده واقع شوند از لنزهای متمرکزکننده دقیق استفاده شده که گرانتر بوده و در نهایت کل پنل خورشیدی نیز نیاز به سیستم تعقیب نور مستقیم خورشید در دو جهت خواهد داشت (Dual Axis Tracking). چنین سیستم‌هایی گران قیمت بوده و در مناطق استوایی با میزان بالای تابش مستقیم نور مورد استفاده واقع می‌شوند و البته دارای راندمان و توان خروجی بسیار بالاتری نیز می‌باشند. در مقابل در مناطقی که تابش مستقیم محدود بوده و در عین حال جهت کاهش هزینه تمام شده از سیستم‌های Tracking استفاده نمی‌شود از لنزهای Nonimaging که قادر به دریافت نور از زوایای پهن‌تر و وسیع‌تری می‌باشند، استفاده می‌گردد. این نوع لنزها به دلیل فناوری ساخت ساده‌تر، ارزانتر بوده و نیاز به سیستم‌های تعقیب نور خورشید نیز ندارند ولی راندمان و توان خروجی دریافتی چنین سیستم‌هایی در مقایسه با نوع متمرکزکننده به میزان قابل توجهی کمتر خواهد بود. در مجموع استفاده از این روش‌ها، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری به حدود ۱ USD/W نسبت به

⁴⁸ Multi-junction solar cells

USD/W ۳ تا USD/W ۵ برای صفحات معمول سیلیکونی را به دنبال خواهد داشت. این سلول‌های خورشیدی که در آزمایشگاه Fraunhofer توسعه یافته، در شرکت Soitec به تولید انبوه می‌رسد، این کمپانی تاکنون تعدادی سلول خورشیدی برای نصب در ایتالیا، فرانسه، آفریقای جنوبی و کالیفرنیا و همین‌طور ۱۴ کشور دیگر ساخته است.



شکل ۲۰: استفاده از لنزهای Nonimaging در CPV

نوع دیگری از محصولات CPV که هم اکنون توسط شرکت‌های معدودی در دنیا ساخته و عرضه می‌گردد، Dish CPV نام دارد و همانطور که از نام آن پیداست عمل تمرکز نور بر روی ماژول CPV با استفاده از آینه‌های نصب شده بر روی یک دیش سهموی شکل حاصل می‌گردد. شرکت Solar Systems استرالیا یکی از تولیدکنندگان و ارائه دهندگان برتر این محصول در دنیاست که تاکنون پروژه‌های متعددی را با استفاده از این بشقاب‌های عظیم تولیدکننده انرژی پاک الکتریکی در استرالیا اجرا کرده است. در این فناوری به دلیل استفاده از دیش، نیازی به کاربرد شیشه‌های اپتیکی گران قیمت و لنزهای متمرکز کننده خاص نبوده و دیش از آینه‌های یکسان با فناوری ساخت نسبتاً معمولی استفاده می‌نماید. نمونه‌ای از این نوع سلول در شکل زیر قابل مشاهده است.



شکل ۲۱: Dish CPV

۱،۲،۲،۱ طبقه بندی انواع CPVها

^{۴۹}LCPV: فتوولتائیک‌های متمرکز شونده با نسبت تمرکز کم، که در واقع نور متمرکز شده بین ۲ تا ۱۰۰ برابر نور خورشید است. به دلایل مسائل اقتصادی در این سیستم‌ها از سلول‌های مرسوم سیلیکونی و یا در نهایت از سلول‌های اصلاح شده سیلیکونی استفاده می‌شود، در این سیستم‌ها شار حرارت به حدی کم است که نیازی به خنک‌کاری سیستم نیست. قوانین اپتیک که دریافت‌کننده خورشیدی با نسبت تراکم کم می‌تواند نور را در زوایای پذیرفته شده بالایی دریافت کند و به همین دلیل نیازی به سیستم ردیابی خورشیدی نیز وجود ندارد.

^{۵۰}MCPV: این سیستم برای سیستم‌های با ۱۰۰ تا ۳۰۰ خورشید گفته می‌شود، این سیستم‌ها به ردیاب‌های دو محوره و سیستم خنک‌کاری نیاز دارند.

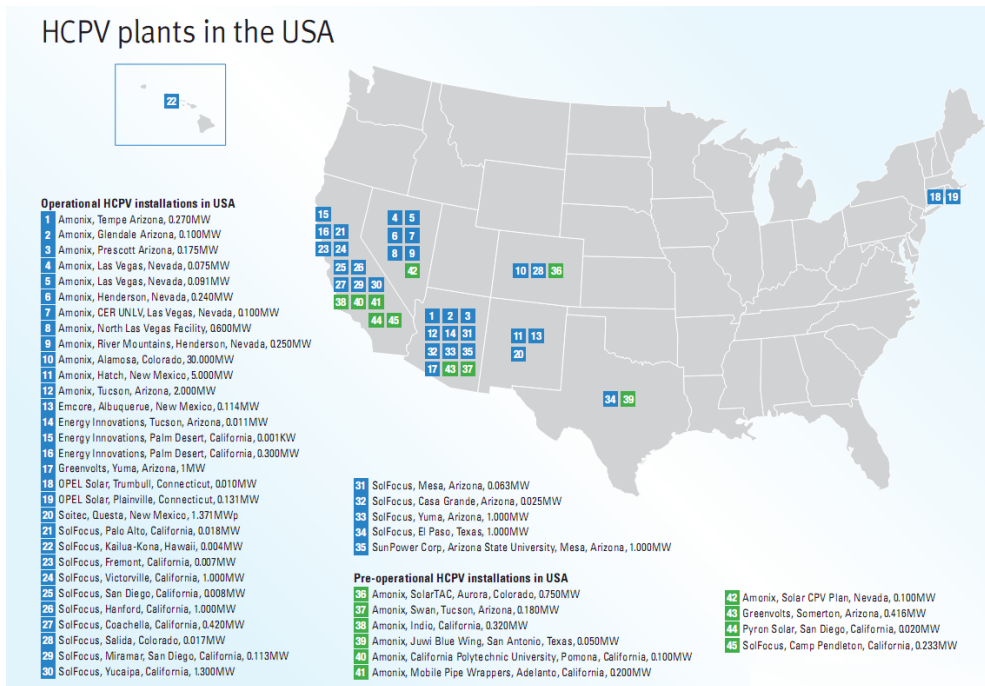
^{۵۱}HCPV: در سیستم‌های با نسبت تمرکز بالا، از تجهیزات اپتیکی مانند بازتاب‌دهنده‌های خورشیدی و عدسی‌ها استفاده می‌شود تا شدت تابش به ۱۰۰۰ خورشید و حتی بیشتر برسد. سلول‌های خورشیدی به جاذب‌های حرارت با ظرفیت بالا نیاز دارند تا از آسیب ناشی از حرارت و گرما جلوگیری کنند و همچنین با مدیریت دما بازده سیستم را کنترل کنند. در این سیستم‌ها از سلول‌های خورشیدی MJ استفاده می‌شود، بدلیل اینکه این سلول‌ها کاراتر هستند و مهم‌تر از آن ضریب دمایی عملکرد پایینی دارند که سبب افت کمتر بازده با افزایش دما می‌شود. هرچند با افزایش نسبت تمرکز بازده همه‌ی انواع سلول‌های خورشیدی

^{۴۹} Low Concentration Photovoltaic

^{۵۰} Medium Concentration Photovoltaic

^{۵۱} High Concentration Photovoltaic

افزایش می‌یابد اما این افزایش بازده برای سلول‌های MJ سریع‌تر است. در نمودار زیر نیروگاه‌های نصب شده HCPV در ایالات متحده قابل مشاهده است.



شکل ۲۲: نیروگاه‌های HCPV نصب شده در ایالات متحده

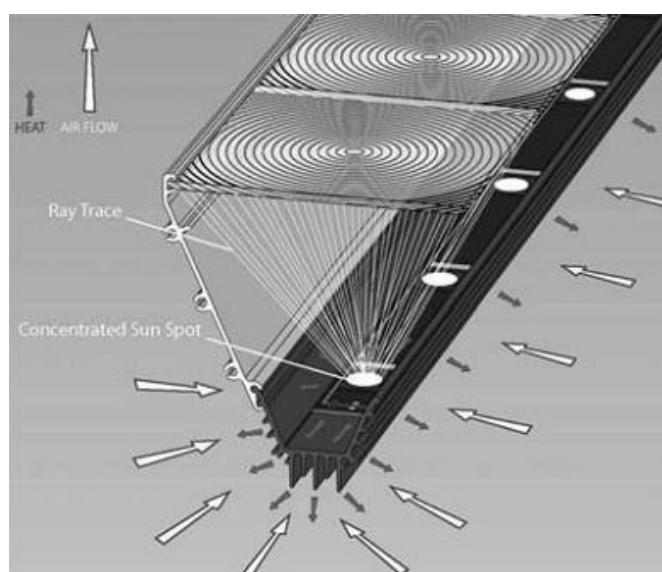
در تقسیم‌بندی دیگری سیستم‌های متمرکز شونده را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- سیستم‌هایی که از بازتابش خورشیدی برای تمرکز نور استفاده می‌کنند.
- ۲- سیستم‌هایی که از عدسی‌ها برای تمرکز نور خورشید استفاده می‌کنند.
- ۳- سیستم‌هایی که از ترکیب دو سیستم فوق برای تمرکز نور استفاده می‌کنند.

از همین رو می‌توان سیستم‌ها را تقسیم بندی کرد. از نمونه‌های دسته اول می‌توان به سیستم‌های دیش، سهموی خطی، دایره-ای خطی و آینه‌های تخت اشاره کرد. در سیستم دیش سطحی که نور خورشید روی آن متمرکز می‌شود به یک سطح کوچک محدود می‌شود و در واقع در این سیستم نور باید در یک نقطه متمرکز شود که به دلایلی نظیر زاویه نور خورشیدی، نور در یک سطح دایروی به جای یک نقطه متمرکز می‌شود.

در سیستم‌های سهموی خطی نیز باید نور روی یک خط متمرکز شود که باز به همان دلیل این خط به یک سطح تبدیل می‌شود.

در سیستم آینه‌های تخت و سیستم دایره‌ای خطی، نور خورشید روی یک صفحه متمرکز می‌شود. سیستم‌های LCPV عمدتاً از این دو نوع سیستم‌ها هستند. معمولاً در این سیستم‌ها از فتوولتائیک‌های مرسوم استفاده می‌شود. نمای سیستمی که از عدسی‌ها استفاده می‌کند را در شکل ۱۸ مشاهده می‌کنید. این سیستم‌ها معمولاً از PVهای MJ با بازده بالا استفاده می‌کنند.

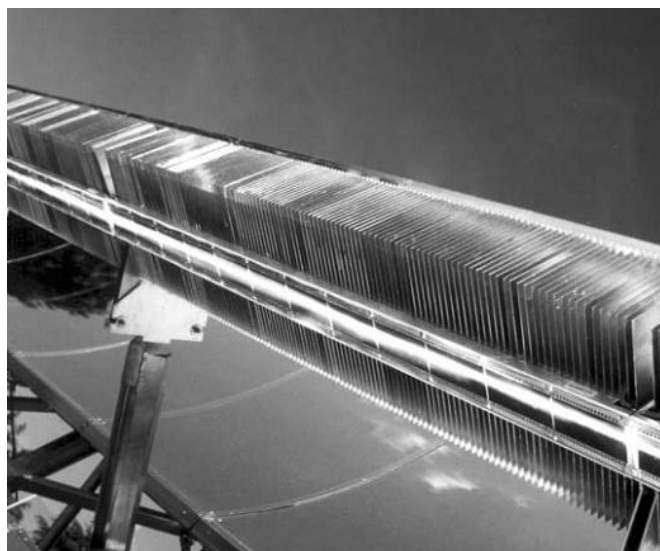


شکل ۲۳: استفاده از عدسی در سیستم آینه‌های تخت

یکی از قسمت‌های مهم در این سیستم‌ها بحث مربوط به خنک‌کاری سیستم است. همچنان که در تمامی سیستم‌های فتوولتائیک قسمت زیادی از انرژی خورشیدی رسیده به سلول به گرما تبدیل می‌شود (به دلیل کم بودن بازده تبدیل انرژی خورشیدی).

سیستم‌هایی که از لنز استفاده می‌کنند این قابلیت را دارند که گرما را از اطراف سلول دفع کنند. در مقایسه با ماژول‌های صفحه تخت معمولی گرمای در واحد سطح کمتری را باید دفع کنند به این دلیل که این سیستم‌ها فقط تابش مستقیم خورشیدی را دریافت می‌کنند و در عوض با بازده بالاتر توان بیشتری تولید می‌کنند. لنزها باید قاب‌دار باشند، این عمل هم برای سلامتی قسمت داخلی لنز است و هم برای حفظ ساختار سیستم، همچنین این قاب از مسائلی همچون تقطیر آب درون لنزهای فرنی

جلوگیری می‌کند. روش‌های خنک‌کاری این نوع سیستم‌ها را در شکل ۱۹ مشاهده می‌کنید. در این سیستم از فین برای خنک‌کاری سلول استفاده شده است.



شکل ۲۴: خنک‌کاری سیستم CPV

از مسائل دیگر در طراحی سیستم‌های متمرکز شونده، سیستم ردیابی است. با توجه به اینکه مبنای این سیستم استفاده از تابش مستقیم خورشید است، بنابراین باید در هر لحظه سمت و سوی سیستم به سمت خورشید باشد. برای اینکار از سیستم‌های ردیاب استفاده می‌شود. همانطور که در بخش دوم گفته شد سیستم‌های ردیاب به چندین گروه تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از سیستم‌های تک‌محوره و دو‌محوره.

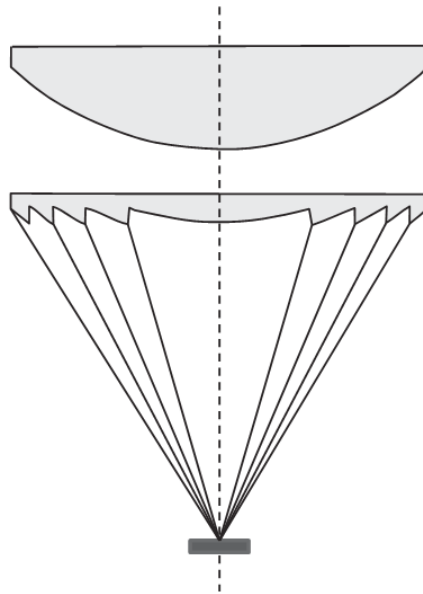
در سیستم‌های متمرکز شونده با توجه به نوع سیستم (لنزی، آینه‌ای و یا ترکیبی) نوع سیستم ردیابی نیز متغیر خواهد بود. در سیستم‌های که از آینه استفاده می‌شود (سهموی خطی، دایره‌ای خطی و آینه تخت) کافی است تا از یک سیستم ردیابی تک-محوره استفاده شود، سیستم‌های HCPV که معمولاً از لنز برای تمرکز نور خورشید استفاده می‌کنند از سیستم‌های ردیابی دو محوره برای تمرکز نور خورشید استفاده می‌کنند. در جدول زیر تقسیم‌بندی فتوولتائیک‌های متمرکز شونده را مشاهده می‌کنید، به علاوه در جدول زیر مشخصات دیگر هر سیستم نیز قابل مشاهده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده و بررسی شرایط این فناوری در ایران، جدول مشخصه‌های آن به صورت زیر می‌باشد.

Reference concentrator	Primary optics	Cell assembly	Cell type	Concentration ratio	Cooling	Tracking	Secondary optics
CPV module (point-focus)	Fresnel lens or small bulk lens or small parabolic dish or RXI devices	One single cell or several cells with spectral beam splitting	Single-junction silicon or single-junction III-V or multijunction	$50 < \times g < 500$ for silicon cells > 500 for all other cells	Passive	Two-axis	Yes/No
Point-focus assemblies	Big or medium-size parabolic dish or central tower power plant	Parquet of cells	Single-junction silicon or single-junction III-V or multijunction	$150 < \times g < 500$	Active	Two-axis	Yes/No
Linear systems	Linear lens or parabolic trough	Linear array of cells	Silicon or III-V (with 3D Secondary)	$15 < \times g < 60$ (without secondary) $60 < \times g < 300$ (with secondary)	Passive	One-axis for parabolic troughs; two-axis for lenses	Yes/No
Static systems	Non-imaging device	Usually linear array of cells	Silicon	$1.5 < \times g < 10$	Passive	No or manual	No

جدول ۴: مشخصات سیستم‌های فتوولتائیک متمرکز شونده

۲,۲,۲,۱ لنزهای فرنل

لنزهای فرنلی سیستمی است با عدد f کوچک. عدد f عبارت است از نسبت فاصله کانونی به قطر لنز یا آینه. لنزهای مخروطی مرسوم با عدد f کوچک معمولاً خیلی ضخیم و سنگین‌اند. به همین دلیل مفهوم لنز فرنلی، نور خورشید در همان ابعاد معمول متمرکز می‌شود با این تفاوت که لنز از قسمت‌های مجزایی تشکیل شده‌است.



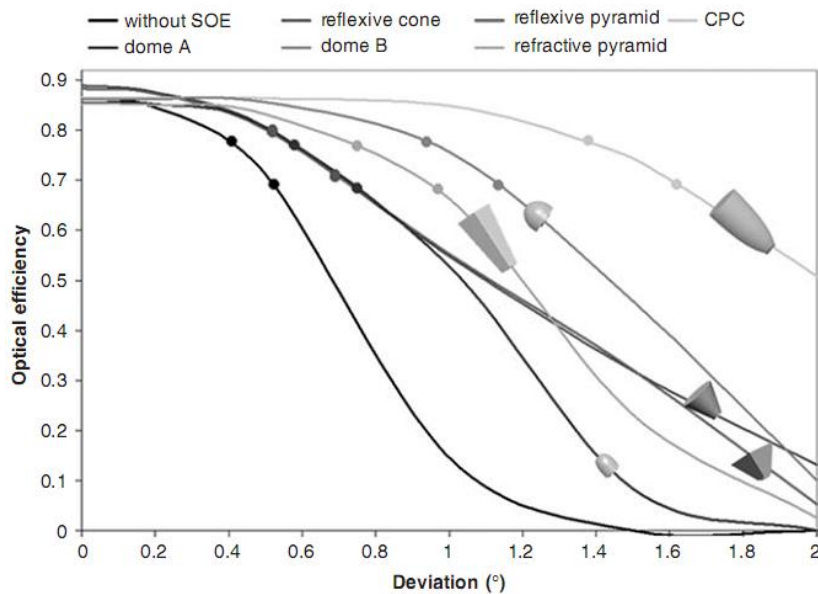
شکل ۲۵: لنزهای فرنلی [14]

این یکی از روش‌های رایج در متمرکز کردن نور خورشید است، از مزایای این روش می‌توان به سادگی ساخت، سبک بودن و سادگی استفاده اشاره کرد. لنزهای فرنلی تابش‌های خورشید را اصلاح می‌کنند، همگرایی تابش‌ها را افزایش می‌دهند. بنابراین دریافت‌کننده می‌تواند زیر لنز قرار بگیرد، همچنین سطح آن به اندازه‌ای بزرگ است که گرما بتواند دفع شود.

SOE^{۵۲} ۳,۲,۲,۱

در سیستم‌های متمرکزکننده دو مرحله‌ای، یک متمرکزکننده ثانویه وجود دارد. معمولاً سیستم‌هایی که از لنزهای فرنلی و عدسی‌ها استفاده می‌کنند دارای یک متمرکزکننده ثانویه هستند. متمرکزکننده ثانویه (که از جنس آینه‌ی سهموی یا لنز فرنلی است) موجب می‌شود تا شرایط به حالت ایده‌آل و شبه‌ایده‌آل نزدیک شود. در واقع متمرکزکننده ثانویه در فضای بین متمرکزکننده اولیه و دریافت‌کننده قرار می‌گیرد. هرچند طراحی متمرکزکننده‌های دو مرحله‌ای و ثانویه بسیار سخت‌تر (به واسطه تعداد زیاد پارامترهای مهم در طراحی) است اما بازده بالاتر توجیه‌کننده خواهد بود. اشکال مختلفی برای متمرکزکننده‌های ثانویه طراحی شده است. در شکل زیر انواع متمرکزکننده‌ها را به همراه بازده نوری هر کدام مشاهده می‌کنید.

⁵² Secondary Optical Element



شکل ۲۶: بازده اپتیکی انواع متمرکزکننده‌های ثانویه [14]

۴,۲,۲,۱ مشخصات ماژول‌ها

ماژول CPV باید بتواند موارد زیر را تأمین کند:

کارایی اپتیکی، عایق الکتریکی، پخش حرارت و اتصال بین سلول‌ها.

یکی از وظایف ماژول ثابت نگه‌داشتن و پشتیبانی از لنزهای فرنی در مکان خودشان، درست کردن فاصله با سلول بدون تغییر شکل در اثر تغییرات دمایی و همچنین ضد آب نگه داشتن سلول است. سلول‌ها در صفحه‌ی کانونی لنزها قرار می‌گیرند و موقعیتشان نسبت به محور اپتیکال بسیار حساس است. فاصله بین لنزها باید با مواد نرم پر شود تا از ایجاد تنش جلوگیری کند و همچنین برای یکدست شدن چینش لنزها استفاده از این مواد توصیه می‌شود. روش‌هایی برای استفاده از شیشه در بالا و پایین وجود دارد. به این دلیل که تولید لنزهای با نسبت تمرکز بالا و با کیفیت مناسب از شیشه امکان‌پذیر نیست لنزها هیبرید هستند، به این شکل که این لنزها از پلاستیک پلیمر تولید می‌شود و دندان‌ها روی لنز با تراش و یا ریخته‌گری تولید می‌شوند. سیلیکون شفاف ماده‌ای مناسب و انعطاف‌پذیر و مستحکم برای ساخت لنز است. پتنت‌هایی که استفاده از این روش‌ها را تشریح می‌کنند در سال ۱۹۷۹ ثبت شده‌اند، همچنین در حال حاضر شرکت Concentrix از این روش‌ها استفاده می‌کند.

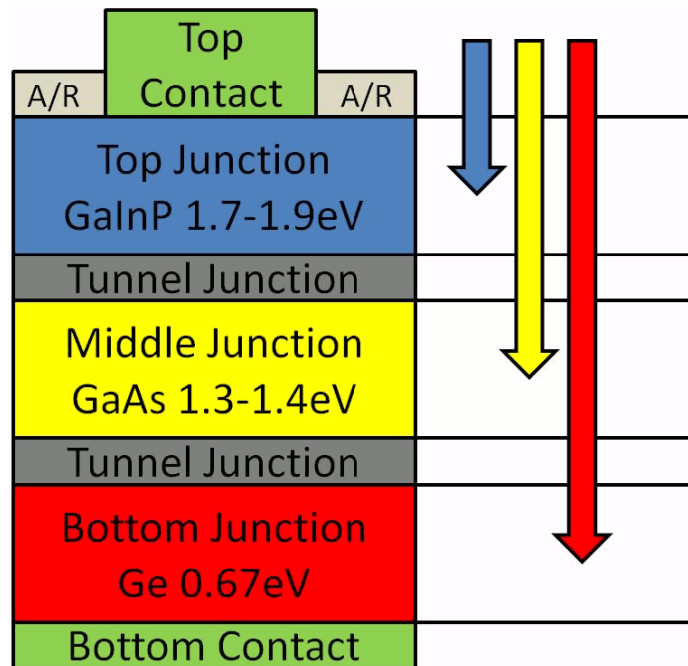
کارایی اپتیکی لنزهای فرنی عدد f کم است، در نتیجه معمولاً نمی‌توان ماژولی با لنزهای فرنی و عدد f کوچکتر از ۱ پیدا کرد. زمانی که نیاز است تا ماژول نازکی ساخته شود، باید از لنزهای کوچک استفاده کرد و برای $f=1$ ابعاد سلول تقریباً به سطح لنز و سطح متمرکزکننده مرتبط خواهد شد و رابطه بصورت زیر خواهد بود.

$$\text{Cell size (m}^2\text{)} = L^2/C_g = F^2/2C_g \quad \text{معادله ۱}$$

صفحه دریافت‌کننده بصورت موازی صفحه لنز قرار می‌گیرد، این کار برای دفع گرما از اطراف ماژول به هوای اطراف صورت می‌گیرد. معمولاً این صفحه از فلز ساخته می‌شود و باید دارای ضخامت مناسبی برای پخش گرما باشد. گاهی فین‌هایی نزدیک سلول اضافه می‌شوند تا تبادل هوا راحت‌تر صورت بپذیرد.

۵,۲,۲,۱ سلول‌های Multi-junction

سلول‌های Multi-junction و یا به اختصار MJ سلول‌هایی با کارایی بسیار بالا هستند و به نحوی ساخته شده‌اند که تمامی نورهای تابیده شده که دارای طول موج نورهای مرئی هستند جذب شده و توان تولید کنند. برای این کار از تعداد بیشتری سلول در ضخامت‌های مختلف استفاده شده است به نحوی که هر لایه دارای فاصله باند الکترونی مختلفی هستند و در واقع هر لایه بازه‌ی خاصی از نور را جذب می‌کند.



شکل ۲۷: لایه‌های تشکیل دهنده سلول‌های MJ

۱، ۲، ۳، ۶ اینورتر^{۵۳}

بطور کلی اینورتر وسیله‌ای است که توان (ولتاژ و جریان) DC ورودی خود را به توان (ولتاژ و جریان) AC تبدیل می‌کند. به نوعی می‌توان گفت که این وسیله عکس کاری را که منابع تغذیه در تبدیل کردن توان AC ورودی به توان DC در خروجی خود انجام می‌دهند را بر عهده دارد. در سیستم‌های فتوولتائیک، اینورتر خورشیدی به عنوان واسطی میان آرایه فتوولتائیک و شبکه برق و بارهای AC عمل می‌کند. وظیفه اصلی اینورترهای متصل به شبکه تبدیل کردن توان DC تولیدی آرایه فتوولتائیک به توان AC و همچنین تنظیم کردن فرکانس و سطح ولتاژ خروجی مطابق برق شبکه می‌باشد. امروزه با توجه به رشد فزاینده ادوات الکترونیک قدرت، اینورترها به راندمان‌های نزدیک به یک دست یافته‌اند.

در سیستم‌های متصل به شبکه فتوولتائیک، خروجی اینورتر بطور مستقیم یا توسط یک ترانسفورماتور افزایشده (در شرایطی که توان سیستم بسیار بالا باشد) به شبکه اصلی برق متصل می‌شود و بدین طریق توان تولیدی توسط ماژول‌های فتوولتائیک به شبکه منتقل می‌شود. گفتنی است که اینورترها و سیستم‌های فتوولتائیک با توان نامی کوچک‌تر از ۵ کیلووات می‌توانند بصورت تک‌فاز طراحی و به شبکه متصل شوند و سیستم‌های بزرگ‌تر بایستی بصورت سه‌فاز به شبکه متصل گردند. این امر لزوماً

⁵³ Inverter

توسط سازندگان اینورترهای متصل به شبکه رعایت می‌گردد. به منظور انتقال بیشینه توان ممکن به شبکه برق سراسری، اینورتر بایستی در نقطه کار بیشینه توان آرایه فتوولتائیک کار کند. به همین منظور، یک ردیاب MPP^{54} در تمامی اینورترهای خورشیدی قرار گرفته است و این واحد تضمین می‌کند که در تمامی شرایط آب‌وهوایی و تابشی، بیشینه توان ممکن از آرایه فتوولتائیک به شبکه منتقل می‌شود. بدین ترتیب، وظایف اصلی یک اینورتر متصل به شبکه به شرح زیر می‌باشد:

- تبدیل جریان DC تولیدی آرایه فتوولتائیک به جریان AC استاندارد
- تنظیم نقطه کار اینورتر
- ثبت، نمایش و انتقال داده‌های مربوط به سیستم
- فراهم کردن امکانات حفاظتی DC و AC مانند حفاظت پلاریته⁵⁵، حفاظت از ولتاژ بیش از حد⁵⁶ و حفاظت از اضافه بار⁵⁷
- فراهم کردن ایزولاسیون شبکه از نیروگاه فتوولتائیک با استفاده از یک ترانسفورماتور در سمت فرکانس پایین (LF^{58}) یا فرکانس بالای (HF^{59}) اینورتر

امروزه اکثر اینورترهای مدرن شامل امکانات حفاظتی دیگری نیز می‌باشند. برای نمونه فیوزها، محافظ‌های جهش ولتاژ⁶⁰ و کلید اصلی قطع کننده در سمت DC و قطع کننده‌ها و ایزولاتورها⁶¹ در سمت AC و همچنین محافظ زمین‌شدگی⁶²، همگی در یک اینورتر متصل به شبکه وجود دارند و نیازی به خرید و وصل کردن جداگانه این وسایل نمی‌باشد. در حقیقت با این امکانات اضافی فراهم شده در داخل اینورتر، یک سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه تنها شامل آرایه فتوولتائیک و اینورتر خواهد بود. در کاتالوگ محصولات، تمامی امکانات جانبی موجود در اینورتر بیان می‌شود. این امر هنگام انتخاب اینورتر متصل به شبکه بیشتر تشریح می‌شود. انواع مختلف اینورترها معمولاً با توجه به دو پارامتر وجود یا عدم وجود مبدل DC-DC و وجود یا عدم وجود ایزولاسیون طبقه‌بندی می‌شوند.

⁵⁴ Maximum Power Point tracker

⁵⁵ Polarity Protection

⁵⁶ Overvoltage Protection

⁵⁷ Overload Protection

⁵⁸ Low Frequency

⁵⁹ High Frequency

⁶⁰ Surge Protection

⁶¹ Isolator

⁶² Ground fault Protection

۷,۲,۲,۱ باتری

باتری جهت ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه به کار برده می‌شود. با توجه به اینکه در سیستم‌های خورشیدی مستقل از شبکه، به طور معمول باتری‌ها در طول روز کاملاً شارژ و در طی شب دشارژ می‌گردند، شرایط کاری آن‌ها با باتری‌های معمولی نظیر آنچه که در خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرد، کاملاً متفاوت است. همچنین از آنجا که این باتری‌ها در سیستم‌های مستقل از شبکه و معمولاً در نقاط دور دست یا صعب‌العبور نصب می‌شوند، می‌بایست نیاز آن‌ها به تعمیر و نگهداری کم باشد. لذا باتری‌های مورد استفاده در سیستم‌های خورشیدی می‌بایست دارای عمر بالا، نیاز کم به تعمیر و نگهداری بوده و برای تحمل شارژ و دشارژهای عمیق^{۶۳} طراحی شده باشد.

یکی از انواع باتری‌های مناسب جهت استفاده در سیستم‌های فتوولتائیک، باتری‌های Sealed Lead-Acid از نوع Deep-Cycle می‌باشد. این باتری‌ها کاملاً آب‌بندی شده‌اند و لذا اسید باتری از آن خارج نمی‌شود و بنابراین نیاز به نگهداری و اضافه کردن آب باتری در آن‌ها از بین می‌رود.

۸,۲,۲,۱ شارژ کنترلر^{۶۴}

شارژ کنترلر وسیله‌ای است که کنترل شارژ و دشارژ باتری را بر عهده دارد و از شارژ بیش از حد و یا تخلیه بیش از حد باتری که موجب آسیب دیدن باتری و کاهش عمر آن می‌شود جلوگیری می‌کند. برخی از دستگاه‌های شارژ کنترلر مجهز به سیستم MPPT^{۶۵} هستند که در واقع با توجه به تابش خورشید و جریان تولیدی ماژول‌ها، ولتاژ شارژ باتری را طوری کنترل می‌کند که باتری با بیشترین توان ممکن شارژ گردد. امروزه محصولاتی در بازار ارائه شده‌اند که وظیفه شارژ کنترلر، سیستم MPPT و حتی اینورتر را به طور توأم در یک دستگاه انجام می‌دهد.

^{۶۳} - Deep-Cycle

^{۶۴} Charge Controller

^{۶۵} Maximum Power Point Tracker

۳,۲,۱ فناوری‌های نوین فتوولتائیک

Perovskite سلول خورشیدی ۱,۳,۲,۱

سلول‌های خورشیدی با بازده بالا، امروزه کاربردهای بسیاری در فضایی‌ها یا ماهواره‌ها دارند اما این سلول‌ها به دلیل ساختار بسیار پیچیده و مواد اولیه بسیار گران در کاربردهای عادی بسیار کم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هنگامی که صحبت از تولید انرژی در مقیاس انبوه می‌شود شاخص مهم قیمت بر وات انرژی است که اهمیت بازده را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. در خصوص سلول‌های خورشیدی این بدین معنا است که می‌توان بازده را در برابر استفاده از مواد ارزان‌تر و ساختاری ساده‌تر طی فرایند ساخت قربانی کرد تا قیمت نهایی تولید انرژی کاهش پیدا کند.

سلول‌های خورشیدی بر پایه perovskites ها (گروهی از بلورهای معمول با ساختاری مشخص) جهت ساخت چنین سلول‌های ارزان و مفیدی به دو دلیل بسیار مناسب به نظر می‌رسند.

مولفه perovskite عنوانی است که برای توصیف ساختار بلوری معدنی به کار می‌رود که در نوع معدنی اکسید تیتانیوم کلسیم که خود از کلسیم تیتانات ساخته شده، یافت می‌شود

ساختار:

اولین نمونه از ماده perovskite در کوه‌های اورال روسیه مرکزی در سال ۱۸۳۹ کشف شد. این سنگ بلورین، عمدتاً از تیتانات کلسیم تشکیل شده، اما هیچ کس در آن زمان به خواص ویژه آن آگاه نبود.

بعدها معلوم شد این سنگ خاصیت جذب نور دارد و می‌تواند به عنوان یک نیمه هادی عمل کند. برای اولین بار، در سال ۲۰۰۹، محققان آن را در سلول‌های خورشیدی آزمایش کردند.

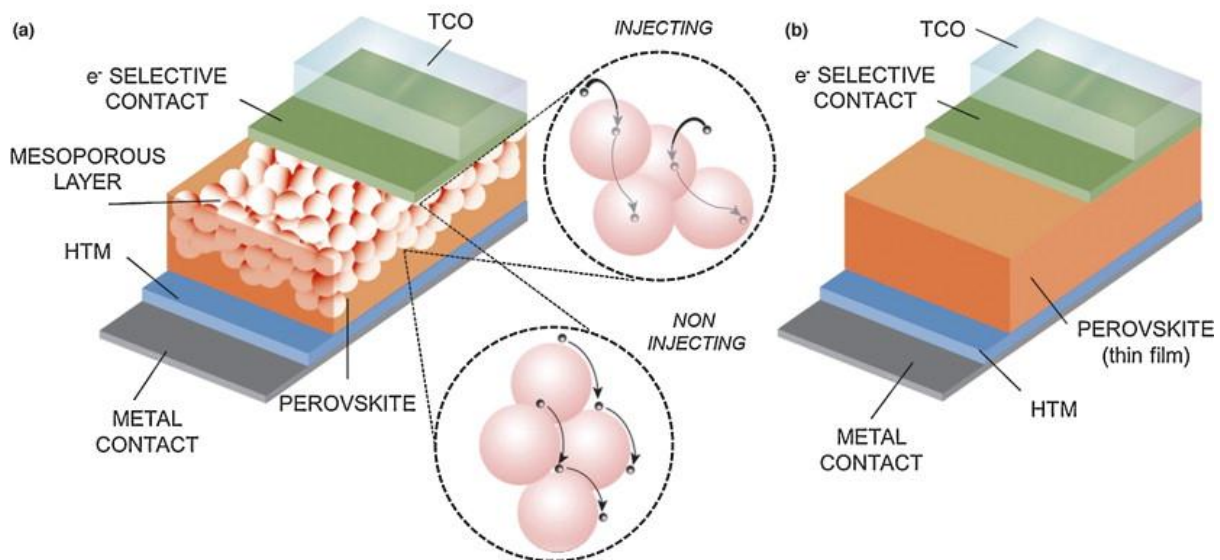
Perovskite ماده هیبریدی آلی و غیر آلی است که کربن و سرب را ترکیب می‌کند. از آن جایی که Perovskite پنج سال پیش به عنوان یک ماده سلول خورشیدی مورد استفاده قرار گرفت، بهبودهای صورت گرفته افزایش بازده تبدیل نیروی آن به نزدیک ۲۰ درصد را موجب شده اند.

ماده Perovskite نیز ابتدا در قالب یک جوهر مایع شکل می‌گیرد و دانشمندان پویایی آن را طی فرآیند رشد که در هوایی با دمای پایین صورت می‌گیرد به دقت کنترل می‌کنند. این مساله تولید ارزان دستگاه‌های Perovskite با سطوح عملکرد بالا را موجب می‌شود.

پانل‌های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون حداقل ۱۸۰ میکرومتر ضخامت دارد، اما پانل‌های ساخته شده از perovskite کم‌تر از یک میکرومتر ضخامت دارند و می‌توانند همان مقدار انرژی را از نور خورشید تولید کنند.

محقق مشهور در زمینه انرژی خورشیدی، Michael Grätzel، با این ماده فوق‌العاده نازک در سال‌های اخیر مشغول به کار شده و توانسته است یک نمونه اولیه با بازده ۱۵٪ بسازد. او انتظار دارد با تنظیم‌های دقیق‌تر به بازده ۲۰-۲۵٪ نیز برسد.

ماده Perovskite نیز ابتدا در قالب یک جوهر مایع شکل می‌گیرد و دانشمندان پویایی آن را طی فرآیند رشد که در هوایی با دمای پایین صورت می‌گیرد به دقت کنترل می‌کنند. این مساله تولید ارزان دستگاه‌های Perovskite با سطوح عملکرد بالا را موجب می‌شود.



معایب و مزایا:

تولید آن ارزان بوده و زمانی که به عنوان افشانه به کار می‌رود، ائتلاف اندکی تولید می‌کند چنین موضوعی همراه با این واقعیت که افشانه را می‌توان به آسانی به تولید انبوه رساند، به معنای پایین بودن هزینه تولید و در نتیجه بهای کمتر آن برای مشتریان است.

Perovskite یک کلاس مخصوص از مواد است که نظر محققین را در سه سال اخیر به دلیل بازدهی بالاتر و روش تولید آسانتر جلب کرده است. اعضای این گروه اعلام کردند این روش بسیار ارزان و ساده برای تولید انبوه است.

نقطه ضعف صفحات پروسکات استفاده از سرب در ساختار آنها است در صورتی که شرکت‌ها بخواهند وارد تولید عمده این صفحات بشوند باید پروسه‌ای در دمای بالا انجام دهند که باعث ایجاد ذرات معلق سرب و همچنین بخار سمی آن می‌شود که برای سلامتی بسیار مضر است. هرچند جدیداً چند آزمایشگاه خبر از موفقیت استفاده از قلع به جای سرب داده اند

تولید Perovskite بسیار کم هزینه است و ماده ای بسیار نازک - یک هزارم ضخامت سلول خورشیدی سیلیکونی عادی - محسوب می‌شود. انعطاف پذیری Perovskite بالا بوده و به عنوان مثال می‌توان آن را از دیوار آویزان کرد و یا در ساخت یک مزرعه خورشیدی به کار گرفت.

از آن جایی که Perovskite فعلاً در مواجهه با هوا ناپایدار است و با گذشت زمان شرایط بدتری می‌یابد، پژوهشگران روی پایداری بلند مدت به منظور با ثبات کردن آن کار می‌کنند.

استفاده از تکنولوژی خورشیدی perovskite بسیار ارزان است، در واقع این ماده در سراسر جهان و در انواع شرایط زمین شناسی یافت می‌شود و به دلیل خواص نیمه هادی درونش، یک روند ساده برای فرآوری به فیلم های نازک دارد.

تحلیل هزینه :

این پژوهشگران تصمیم گرفتند که از این سلول‌های خورشیدی به صورت اسپری با استفاده از perovskite به عنوان لایه ی جاذب انرژی خورشید استفاده کنند. بازدهی این سلول ها ۱۱ درصد بود که کمتر از سلول‌های معمول سیلیکونی است اما این فناوری نسبت «هزینه بر وات انرژی» تولید شده را به طرز قابل توجهی کاهش می‌دهد که آن را به جرگه سلول های خورشیدی ارزان قیمت و رقابتی وارد می‌کند. پیش از این نیز سلول‌های خورشیدی به روش اسپری ساخته شده بود اما تعویض

مواد آلی *perovskite* ها بازدهی آنها را افزایش داده است. روش اسپری ضمن ساده کردن ساخت در مقیاس انبوه، میزان ماده ی هدر رفته را نیز کاهش می دهد.

البته هنوز برای تخمین قیمت نهایی این سلول‌ها بسیار زود است چراکه هیچ خط تولیدی از این سلول‌های طراحی و ساخته نشده است، اما با توجه به نرخ رشد فناوری این سلول‌ها می توان به آنها بسیار امیدوار بود. به اعتقاد پژوهشگران حاضر در این پژوهش این سلول‌ها در آینده نقش تعیین کننده این در جذب و استفاده از انرژی خورشیدی خواهند داشت.

محققان در این زمینه بر این باورند که تولید انبوه سلول های خورشیدی مبتنی بر *perovskite* می تواند به طور قابل توجهی ارزان تر تمام شود.

وزارت انرژی ایالات متحده در این زمینه مقایسه ای را انجام داده است. به گفته این آژانس، پانل های خورشیدی در حال حاضر برای تولید انرژی، ۷۵ سنت به ازای هر وات وسوخت های فسیلی حدود ۵۰ سنت به ازای هر وات هزینه دارند.

اگر پانل های مبتنی بر *perovskite* به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گیرد، پژوهشگران بر این باورند که انرژی تولید شده می تواند ۱۰-۲۰ سنت به ازای هر وات هزینه در بر داشته باشد

۱,۳,۲,۱ سلول‌های ارگانیک

سلول‌های خورشیدی ساخته شده از مواد ارگانیک در مقایسه با همتای سیلیکونی خود، بازده بسیار کمتری دارند. اما به دلیل هزینه ساخت پایین و همچنین قابلیت‌هایی مانند انعطاف‌پذیری برای مصارف غیرصنعتی مناسب هستند. شارژر موبایل قابل حمل، کار گذاشتن باتری‌ها در سطوح دارای انحناء مانند بدنه ماشین‌ها و حتی استفاده از آنها در لباس‌ها، از مصارفی است که برای سلول‌های خورشیدی ارگانیک پیش‌بینی می‌شود. خصوصیت دیگر آنها انعطاف‌پذیری در طول موجی است که در آن بیشترین جذب را دارند. در نتیجه اگر برای مثال ماده آلی با جذب در ناحیه زیر قرمز استفاده شود، از سلول خورشیدی ارگانیک می‌توان در شیشه‌های اتومبیل، شیشه‌های خانه‌ها و هر مکان دیگری که باید شفاف باشد، استفاده کرد.

این سلول‌ها از مواد پلیمری ساخته شده و دارای ۳ بخش الکترون دهنده، الکترون گیرنده و حلال می باشند. بخش الکترون-دهنده سلول‌های ارگانیک را مولکول‌های کربن تشکیل می‌دهند. این بخش اغلب از پلیمرها ساخته شده که تغییر مکان

الکترون‌های آزاد حاصل از پیوند اربیتال ماده‌ی الکترون گیرنده و حلال می‌باشند. بخش الکترون‌دهنده سلول‌های ارگانیک را مولکول‌های کربن تشکیل می‌دهند. این بخش اغلب از پلیمرهایی ساخته شده که تغییر مکان الکترون‌های آزاد حاصل از پیوند اربیتال‌های ماده‌ی الکترون گیرنده در آن صورت می‌گیرد. این الکترون‌ها ممکن است در اثر تحریک توسط نور یا امواجی با طول موج نزدیک به بخش مرئی طیف نوری آزاد شده باشند. در حقیقت اختلاف انرژی بین بالاترین اربیتال مولکولی اشغال شده ماده الکترون‌دهنده با پایین‌ترین اربیتال مولکولی اشغال شده ماده الکترون‌دهنده می‌تواند توسط سلول جذب شود. از آنجا که سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک به سادگی قابلیت حل شدن در حلال‌های ویژه را دارند، می‌توانند با انواع مواد فرعی نظیر شیشه، پلاستیک و حتی کاغذ ترکیب شده، الکتریسیته تولید نمایند.

اساس کار سلول‌های خورشیدی مرکب، انتقال الکترون بین دو ماده مختلف در اثر محرکی به نام نور است. از این‌رو به این سیستم‌ها، سیستم‌های دهنده-گیرنده الکترون نیز اطلاق می‌شود. در این سلول‌ها از مواد الکترون‌دهنده و الکترون گیرنده به جای اتصالات سیلیکونی استفاده شده است. انتقال الکترون بین دو ماده، از طریق تبدیل دو متریکال به فاز گاز در فضای خلاء تعبیه شده بین آن دو و جداسازی الکترون‌های آزاد یک ماده و انتقال آن به دیگری است. برای این منظور، ابتدا ماده‌ی دهنده الکترون و ماده‌ی گیرنده آن در یک حلال، حل می‌شوند و سپس با افت انرژی یا چرخش و یا ورود یک ماده فرعی محرک، برانگیخته می‌شوند.

تحقیقات نشان می‌دهد که بیشترین بازدهی سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک در آرایشی به دست می‌آید که در آن یک زنجیره پلیمر الکترون دهنده و ترکیباتی از فولیرین به عنوان ماده الکترون گیرنده در یک حلال واسطه ترکیب شده و به تبادل الکترون برای تولید الکتریسیته می‌پردازند. از این رو بیشترین تحقیقات پژوهشگران برای افزایش بازدهی این سلول‌ها بر بهبود خواص دو ماده الکترون‌دهنده و الکترون گیرنده متمرکز گشته است.

۱،۲،۳، سلول‌های رنگ‌دانه‌ای

سلول‌های خورشیدی حساس شده با رنگ‌دانه ($DSSC$ or DSC^{66}) یکی از انواع سلول‌های خورشیدی مبتنی بر مواد آلی هستند که در مقایسه با انواع دیگر خورشیدی دارای بازده کمتری می‌باشند. امروزه به دلیل امتیازهای مثبت و فراوان این

⁶⁶ Dye-sensitized solar cell

سلول‌ها (مانند هزینه کم و غیره)، تلاش در راستای افزایش بازدهی این نوع سلول‌ها به یکی از مهمترین موضوع‌های پژوهشی جهان تبدیل گشته است.

مراحل مختلف مکانیزم عمل سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای عبارتند از:

۱- نور خورشید از طریق شیشه هادی اکسیدی (FTO^{67}) وارد سلول شده و به رنگ‌دانه‌های روی سطح تیتانیوم برخورد می‌کند.

۲- فوتون‌های دارای انرژی کافی، جذب شده و رنگ‌دانه را تهییج می‌کنند. در نتیجه الکترون‌ها به پایین‌ترین اوربیتال مولکولی اشغال نشده رنگ (LUMO^{68}) منتقل و در بالاترین اوربیتال مولکولی اشغال شده رنگ (HOMO^{69}) حفره ایجاد می‌گردد.

۳- الکترون‌ها به درون نوار هدایت TiO_2 تزریق و بخاطر وجود شیب غلظت به سطح مشترک FTO/TiO_2 نفوذ کرده و توسط مدار خارجی به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

۴- مولکول‌های رنگ‌دانه الکترون از دست داده‌اند و اگر الکترون دیگری جذب نکنند تجزیه خواهند شد. پس الکترون مورد نیاز خود را از الکترولیت تأمین می‌کند. بدین ترتیب که کاتیون‌های رنگ‌دانه تولید شده بوسیله I^- احیا می‌شوند و یون‌های I_3^- تشکیل می‌گردد و در نهایت الکترون‌های ایجاد شده به HOMO رنگ‌دانه می‌روند.

۵- یون‌های I_3^- تولید شده به سمت کاتد رفته و در آنجا دوباره به I^- تبدیل می‌شوند. برای تسریع این مرحله از پوشش پلاتین بر روی کاتد شمارنده استفاده می‌شود.

۱,۲,۳, سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات

اساس شکل‌گیری این فناوری، افزایش بازده آزادسازی الکترون در اثر برخورد فوتون‌ها است. در سلول سیلیکونی، تمام فوتون‌های برخورد کرده به سطح نیمه‌هادی باعث آزادسازی الکترون نمی‌شوند، بر همین مبنا دانشمندان به دنبال راهی برای افزایش بازده کوانتومی سلول خورشیدی بوده‌اند.

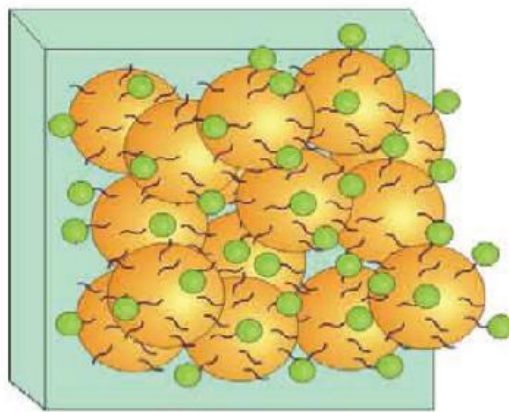
⁶⁷ Fluorine doped Tin Oxide

⁶⁸ Lowest Unoccupied Molecular Orbital

⁶⁹ Highest Occupied Molecular Orbital

اولین تجربه علمی این نظریه در سال ۲۰۰۱ توسط ویکتور کلیمواف انجام گرفت. وی نشان داد با استفاده از این نقاط کوانتومی، با ابعادی در حدود ۲ تا ۲۰ نانومتر، می‌توان در اثر مواجهه با نور ماوراء بنفش، بازای هر فوتون انرژی، ۷ الکترون را آزاد کرد.

اصلی‌ترین مدل سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات در حقیقت مدل تغییر یافته سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای است. در این سلول‌ها بجای استفاده از رنگ‌دانه TiO_2 توسط نقاط کوانتومی (معمولاً $CdSe$)، حساس می‌شوند.



شکل ۲۸: نحوه کارکرد سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات

۴,۳,۲,۱ سلول‌های خورشیدی غیرارگانیک

اساس کار سلول‌های غیر ارگانیک نسل سوم بر پایه استفاده از ساختاری به نام $CZTSSe^y$ با فرمول شیمیایی $(-4)SxSe$ (xCu_2ZnSn) است. با توجه به وفور این مواد، دسترسی راحت و ویژگی‌های مناسب آن، در سال‌های اخیر توجه زیادی جهت استفاده از این ماده در زمینه تولید انرژی خورشیدی شده است. این سلول‌ها قیمت پایین‌تری نسبت به سلول‌های سیلیکونی دارند و از پایداری نسبتاً خوبی نیز برخوردار می‌باشند. سلول‌های $CZTSSe$ در حقیقت نوعی از سلول‌های لایه نازک می‌باشند و روش ساخت آنها نیز مانند $sping-coated$ و یا $Sputtering$ است. معمولاً ساخت این سلول‌ها در دماهای بالا (۴۰۰-۵۰۰ درجه سلسیوس) انجام می‌شود.

امروزه بزرگترین مشکل ساخت این سلول‌ها، تولید مواد اولیه آن است. روش‌هایی که برای تولید CZTSSe ارائه شده است از نظر استکیومتری میزان کمی از ماده مطلوب را خروجی نتیجه می‌دهد. از جمله مدل‌های سلول CZTSSe می‌توان به $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ ، $Cu_2Zn(Sn_{0.75},Ge_{0.25})a(S,Se)_4$ و $Cu_2Zn(Sn_{0.30},Ge_{0.70})a(S,Se)_4$ اشاره کرد.

در چند سال اخیر محققانی همچون Mark Grayson M. Ford، Qijie Guo، Yingwei Li، Marc Meuris و Winkler و Wei Wang در این زمینه متمرکز شده‌اند.

مؤسسات اصلی فعال در این زمینه :

- IBM^{۷۱}
- (Solliance Netherland)
- NREL
- University of Washington
- SUNSHOT INITIATIVE - U.S. Department of Energy
- (Solar Frontier Japan)
- TOK^{۷۲}

۱،۲،۱ فناوری‌های حرارتی متمرکز (CSP^{۷۳})

۱،۴،۲،۱ دودکش خورشیدی^{۷۴}

دودکش خورشیدی جزو روش‌های در حال تحقیق و توسعه‌ی استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد. اگرچه در حال حاضر هزینه اولیه ساخت آن بسیار بالا می‌باشد (در حدود $3500 \text{ \$/KW}$) و در حدود ۵ برابر نیروگاه گازی قیمت دارد ولی با پیشرف و

⁷¹ International Business Machines Corp

⁷² Tokyo Ohka Kogyo

⁷³ Concentrating Solar Power

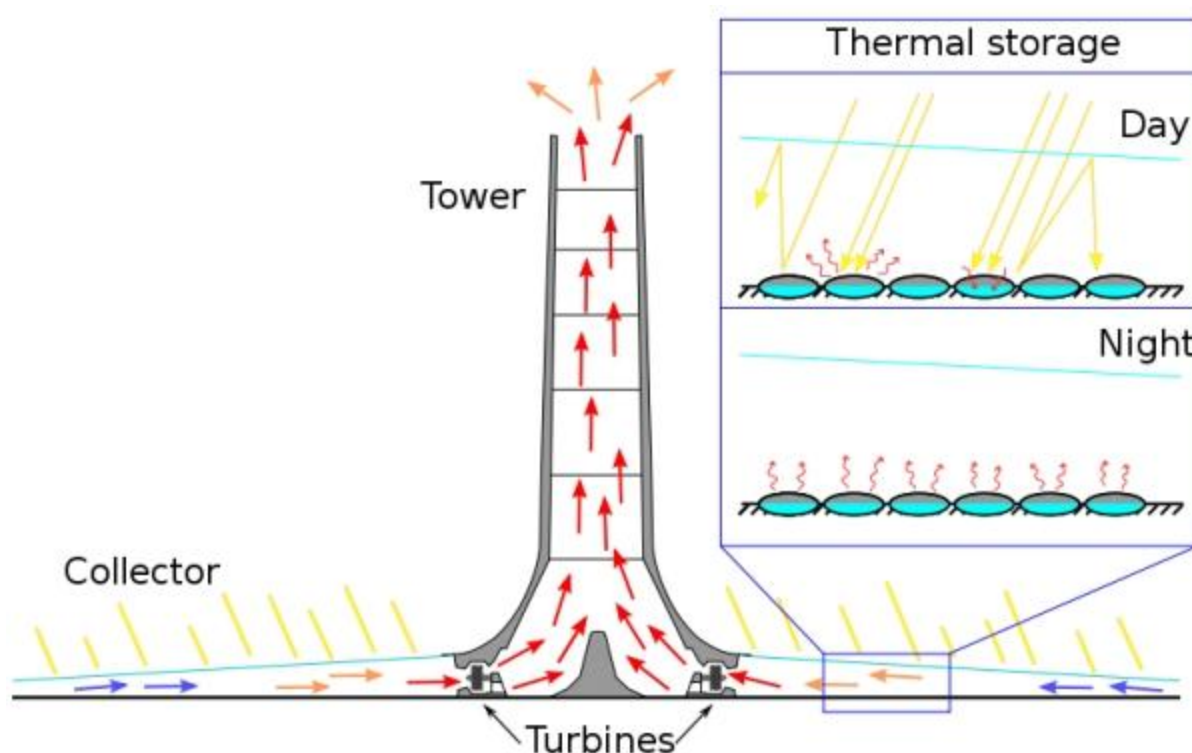
⁷⁴ Solar Chimney

توسعه‌ی این فناوری، می‌تواند در آینده بیشتر از این فناوری استفاده کرد. بزرگترین مزیت این سیستم عدم نیاز به سوخت و هزینه‌ی تعمیر و نگهداری بسیار پایین آن است.

اساس کار دودکش خورشیدی استفاده از اختلاف فشار ناشی از اختلاف دما است. این اختلاف فشار جریانی را در دودکش ایجاد می‌کند که موجب حرکت توربین، ژنراتور و تولید برق می‌شود. هوا در زیر یک سقف شفاف که تشعشع خورشیدی را عبور می‌دهد، گرم می‌شود. وجود این سقف و زمین زیر آن به‌عنوان یک کلکتور یا جمع‌کننده خورشیدی عمل می‌کند. در وسط این سقف شفاف یک دودکش یا برج عمودی وجود دارد که هوای زیادی از پایین آن وارد می‌شود. باید محل اتصال سقف شفاف و این برج به‌صورتی باشد که منفذی نداشته باشد و اصطلاحاً "هوا بند" شده باشد هوای گرم چون سبک‌تر از هوای سرد است به سمت بالای برج حرکت می‌کند. این حرکت باعث ایجاد مکش در پایین برج می‌شود تا هوای گرم بیش‌تری را به درون بکشد و هوای سرد پیرامونی به زیر سقف شفاف وارد شود. برای این که بتوان این فناوری را به‌صورت ۲۴ ساعته مورد استفاده قرارداد می‌توان از لوله‌ها یا کیسه‌های پر شده از آب در زیر سقف استفاده کرد. این موضوع بسیار ساده انجام می‌شود یعنی در طول روز آب حرارت را جذب کرده و گرم می‌شود و در طول شب این حرارت را آزاد می‌کند. قابل ذکر است که باید این لوله‌ها را فقط برای یک‌بار با آب پر کرده و به آب اضافی نیازی نیست. بنابراین اساس کار بدین صورت است که تشعشع خورشیدی در این برج باعث ایجاد یک مکش به سمت بالا می‌شود که انرژی حاصل از این مکش توسط چند مرحله توربین تعبیه شده در برج به انرژی مکانیکی تبدیل شده و سپس به برق تبدیل می‌شود.

می‌توان توان خروجی برج‌های خورشیدی را به‌صورت حاصل‌ضرب انرژی خورشیدی ورودی در راندمان مربوط به جمع‌کننده، برج و توربین بیان کرد. در داخل برج جریان گرمایی ناشی از کلکتور به انرژی سینتیک و انرژی پتانسیل (افت فشار در توربین) تبدیل می‌شود. بنابراین متوجه می‌شویم که اختلاف چگالی هوا که ناشی از افزایش دما در کلکتور است، به‌عنوان یک نیروی محرکه عمل می‌کند. هوای سبک‌تر موجود در برج در قسمت تحتانی و در قسمت فوقانی برج به هوای اطراف متصل است و از این‌رو باعث ایجاد یک حرکت روبه بالا می‌شود. در چنین حالتی یک اختلاف فشار بین قسمت پایین برج (خروجی کلکتور) و محیط اطراف ایجاد می‌شود. بر این اساس با افزایش ارتفاع برج، اختلاف فشار افزایش خواهد یافت. البته این اختلاف فشار را می‌توان (با فرض قابل صرف‌نظر کردن اتلاف‌های اصطکاکی) به اختلاف استاتیک و دینامیک تقسیم کرد.

قابل ذکر است که اختلاف فشار استاتیک در توربین افت می‌کند و اختلاف فشار دینامیک بیان‌گر انرژی سینتیک جریان هوا است. در عمل افت فشار استاتیک و دینامیک ناشی از توربین است. در حالتی که توربین وجود نداشته باشد می‌توان به حداکثر سرعت جریان دست یافت و تمام اختلاف فشار موجود به انرژی سینتیک تبدیل می‌شود. مهم‌ترین عامل در راندمان برج، ارتفاع آن است. با دقت در معادلات می‌توان دریافت که توان خروجی یک دودکش خورشیدی متناسب با سطح کلکتور و ارتفاع برج است.



شکل ۲۹: شماتیک یک دودکش خورشیدی [15]

فناوری دودکش خورشیدی هنوز مراحل جنینی خود را طی می‌کند و تا مرحله تجاری‌سازی فاصله دارد. در دنیا نیروگاه‌های فعال به این شکل نداریم و چند مورد محدود به صورت آزمایشگاهی و نمونه ساخته شده‌اند. شاید بتوان گفت بزرگترین مانع پیش روی تجاری شدن این فناوری هزینه‌ی بالای ساخت و راه‌اندازی آن است. قسمت‌های عمرانی این پروژه‌ها و مخصوصاً دودکش خورشیدی آن بخش بزرگی از هزینه را در بر می‌گیرد. علاوه بر این، این نیروگاه‌ها، همانطور که در ادامه اشاره می‌شود – نیاز به توربین‌های خاصی دارند که پیچیدگی‌های خود را دارد و هنوز در مراحل تحقیق و توسعه است. این فناوری نیاز به

زمین در دسترس زیادی دارد، از این جهت مناطق بایر و زمین‌های بدون استفاده برای این سیستم‌ها مناسب است و حتی می‌توان در برخی موارد در قسمت گلخانه‌ای آن استفاده‌های کشاورزی نیز ایجاد کرد.

بطور کلی دودکش‌های خورشیدی فناوری‌های ساده‌ای هستند که بخش عمده آن را قسمت‌های عمرانی تشکیل می‌دهند. در این بین ساخت دودکش‌ها به علت ارتفاع آنها مورد تحقیقات گسترده‌ای قرار گرفته است و انواع متنوعی از آنها ارائه شده است. سیستم تولید برق دودکش‌های خورشیدی نیز از دو قسمت اصلی توربین و ژنراتور تشکیل شده که به علت ثابت بودن نسبی دبی و رفتار جریان هوای عبوری، طراحی نسبتاً ساده‌تری از سیستم‌هایی مانند توربین‌های بادی خواهند داشت.

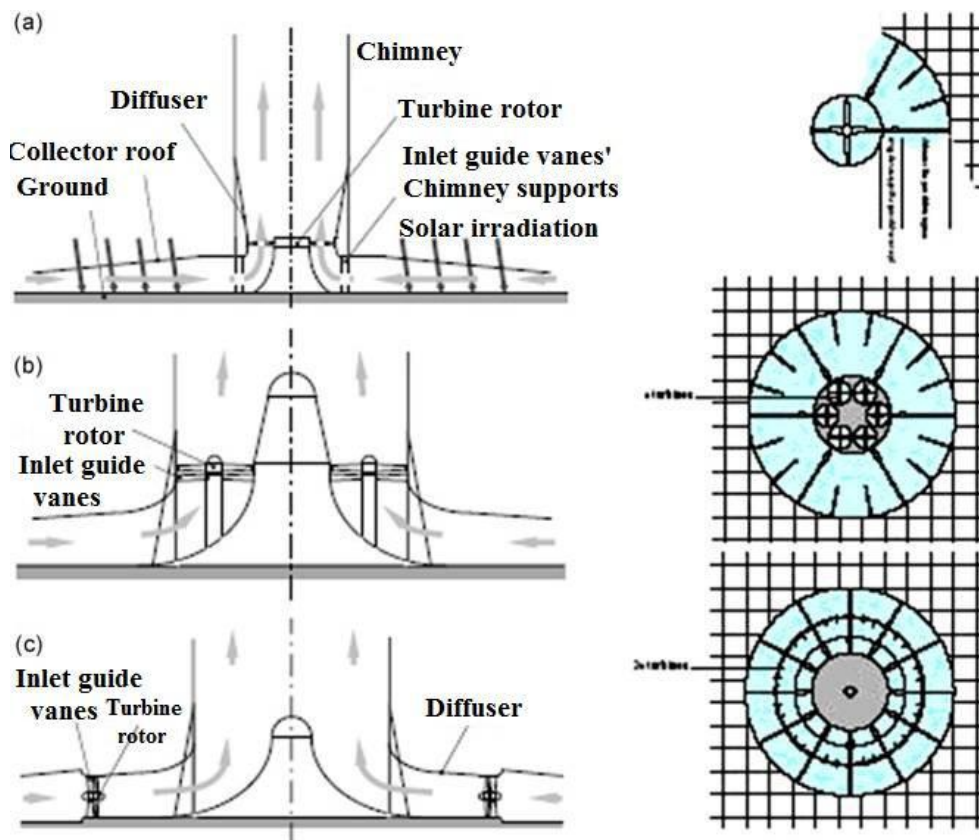
با توجه به مناطق گسترده‌ی کویری موجود در ایران که دارای تابش و دمای مناسبی برای دودکش خورشیدی هستند می‌توان نگاه ویژه‌ای به پیشرفت و گسترش این حوزه در کشور داشت. به این منظور ایجاد مراکز و پروژه‌هایی به منظور پیشبرد صنایع اصلی این حوزه از قبیل توربین‌های مخصوص و توانایی ساخت دودکش‌های مناسب، لازم است.

از آنجایی که تولید و استفاده از دودکش‌های خورشیدی هنوز به صورت گسترده و تجاری صورت نمی‌گیرد نمی‌توان تخمین دقیقی درباره‌ی هزینه ساخت و برق تولیدی آنها ارائه داد. شرکت‌های پیش‌گام در مسیر تحقیق و توسعه‌ی این فناوری از گزارشاتی در حدود ۲۵-۴۰ cent/KWh ارائه کرده‌اند که این مقدار می‌تواند با انبوه شدن استفاده از این فناوری و پیشرفت‌های فناورانه‌ی مرتبط کاهش یابد.

الف) توربین دودکش خورشیدی

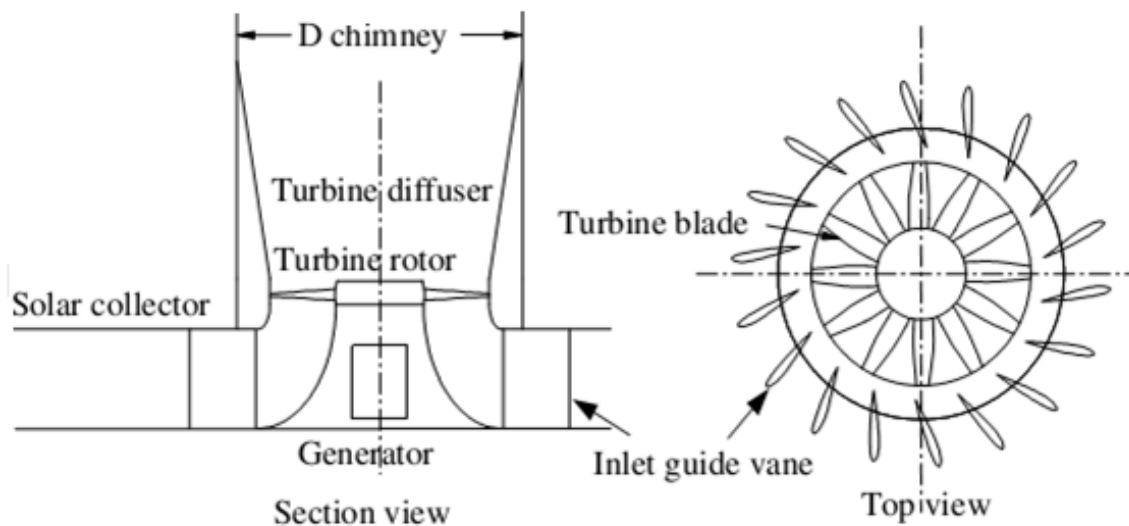
با بکارگیری توربین‌ها، انرژی موجود در جریان هوا به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می‌شود. توربین‌های موجود در دودکش خورشیدی شبیه توربین‌های بادی نیستند و بیشتر شبیه توربین‌های نیروگاه‌های برقی هستند که با استفاده از توربین‌های محفظه‌دار، فشار استاتیک را به انرژی دورانی تبدیل می‌کنند. سرعت هوا در قبل و بعد از توربین تقریباً یکسان است. توان قابل حصول در این سیستم متناسب با حاصلضرب جریان حجم هوا در واحد زمان و اختلاف فشار در توربین است. از نقطه نظر بهره‌وری بیشتر از انرژی، هدف سیستم کنترل توربین، حداکثر رساندن این حاصلضرب در تمام شرایط عملیاتی است.

توربین‌های دودکش خورشیدی در فضای بسته کار می‌کنند و حد بالایی کارکرد باز آنها ۱۰۰٪ است. جهت باد ورودی و خروجی در این توربین‌ها نیز مشخص و ثابت است. بر خلاف توربین‌های بادی، این توربین‌ها تحت تاثیر شرایط بادهای مخرب قرار نمی‌گیرند و بارهای دینامیکی وارد بر آنها کمتر است ولی بطور کلی دمای کاری آنها بالاتر می‌باشد. افت فشار بعد از توربین در توربین‌های دودکش خورشیدی تا ۱۰ برابر بیشتر از توربین‌های بادی است. این توربین‌ها هم بصورت محور افقی و هم بصورت محور عمودی در دودکش خورشیدی استفاده می‌شوند. این توربین‌ها برای کنترل سرعت و افت فشار باد معمولاً به روش pitch angle کنترل می‌شوند [16]. تحقیقات نشان داده است که افت فشار ایجاد شده توسط این توربین‌ها در حدود ۰/۸٪ تا ۰/۹٪ می‌باشد [16].



شکل ۳۰: توربین دودکش خورشیدی [15]

بطور کلی توربین‌های دودکش خورشیدی مشخصاتی بین توربین‌های بادی و توربین‌های گازی دارند. این توربین‌ها اغلب بیش از دو یا سه پره دارند ولی تعداد پره‌هایشان به زیادی تعداد پره‌های توربین‌های گازی نیست. به مانند توربین‌های گازی جریان داخلی و ثابت از آنها عبور می‌کند ولی در عین حال مانند توربین بادی، پره‌های قابل تنظیم دارند. این قابلیت تنظیم به توربین کمک می‌کند تا بتواند سرعت باد و توان خروجی را تنظیم کند. بازده این توربین‌ها در حدود ۸۰٪ گزارش شده است [17]. توربین‌های محور افقی در داخل کلکتور نصب می‌شوند و توربین‌های محور عمودی در دودکش نصب می‌شوند. توربین‌های نصب شده در دودکش باید بیشترین سطح ممکن دودکش را دربر بگیرند. بنابر شرایط طراحی می‌توان از یک توربین بزرگ یا چند توربین کوچک استفاده کرد.



شکل ۳۱: نمایی از توربین دودکش خورشیدی [15]

این توربین به واسطه‌ی رژیم یکنواخت جریان، سرعت چرخش نسبتاً پایداری دارد و طراحی ژنراتور برای آنها با مشکلاتی که در مسیر توربین‌های بادی وجود دارد روبرو نیست. هزینه اختصاص یافته برای توربین از رابطه‌ی خطی نسبت به توان کاری تبعیت نمی‌کند و محاسبه آن کمی پیچیده‌تر می‌باشد. برای مثال یک توربین با توان ۲۰۰ MW باعث ایجاد هزینه‌ای در حدود \$/KW ۲۸۰ خواهد بود، درحالی‌که هزینه‌ی توربینی با توان نامی ۵ MW در حدود \$/KW ۱۳۴۰ است.

ب) کلکتور

هوای گرم مورد نیاز برای دودکش خورشیدی توسط پدیده گلخانه‌ای در یک محوطه‌ای که با پلاستیک یا شیشه پوشانده شده و حدوداً چند متری از زمین فاصله دارد، ایجاد می‌شود. البته با نزدیک شدن به پایه برج، ارتفاع ناحیه پوشانده شده نیز افزایش می‌یابد تا تغییر مسیر حرکت جریان هوا به صورت عمودی با کم‌ترین اصطکاک انجام پذیرد. این پوشش باعث می‌شود که امواج تشعشع خورشید وارد شده و تشعشع‌های با طول موج بالا مجدداً از زمین گرم بازتاب کند. زمین زیر این سقف شیشه‌ای یا پلاستیکی، گرم شده و حرارت خود را به هوایی که از بیرون وارد این ناحیه شده است و به سمت برج حرکت می‌کند، پس می‌دهد. در صورت استفاده سقف شیشه‌ای، به دلیل بیشتر شدن وزن سقف می‌بایست از اتصالات و سازه‌ی محکم‌تری برای کلکتور استفاده کرد. ارتفاع کلکتور را در حدود ۱/۸ تا ۲ متر در نظر می‌گیرند تا به راحتی بتوان تعمیرات لازم را در مورد آن انجام داد. هر چه سطح سازه‌ی کلکتور بزرگ‌تر باشد انرژی دریافتی از خورشید بیشتر است. در این مورد تنها عامل محدود کننده هزینه و زمین در دسترس است که موجب می‌شود یک حد بهینه برای مساحت کلکتور به وجود آید. با استفاده از جنس مناسب برای کلکتور و نگهداری و تعمیر صحیح آن می‌توان عمر کلکتورها را به ۶۰ سال رساند.

بازده کلکتور از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\eta = \frac{Q'}{A.G} \quad \text{معادله ۲}$$

$$Q' = m'.C_p.\Delta T$$

$$m' = \rho . V . A_c$$

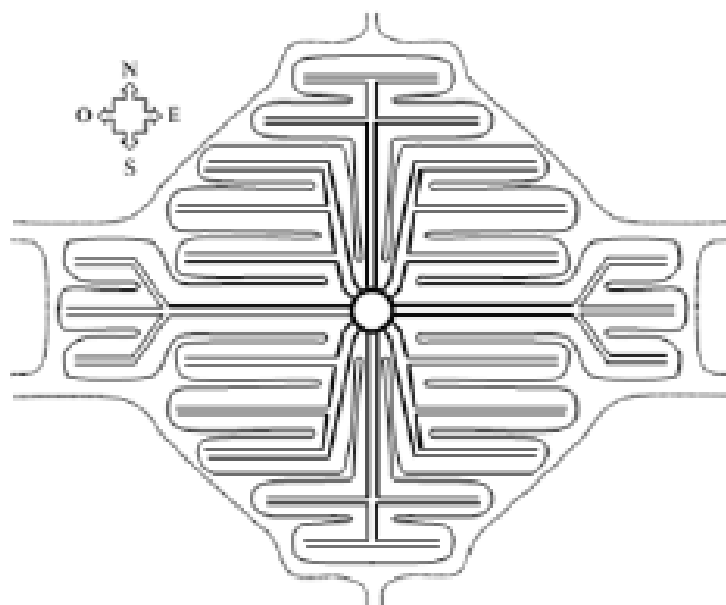
A_c : سطح مقطع دودکش

کلکتورها می‌توانند در حدود ۱۵ تا ۳۵ درجه اختلاف حرارت ایجاد کنند.



شکل ۳۲: نمایی از سطح زیر کلکتور دودکش خورشیدی [14]

در هنگام طراحی، با توجه به شرایط طرح ممکن است کلکتورها بصورت یکپارچه طراحی گردند و جریان هوا در انتها به کمک تیغه‌های نصب شده دارای جهت مناسب گردند و یا از ابتدا، کلکتورها بصورت دالان‌های برای عبور هوا تعبیه گردند. این مسیرها با توجه به زمین در دسترس می‌توانند بصورت‌های مختلفی طراحی شوند.

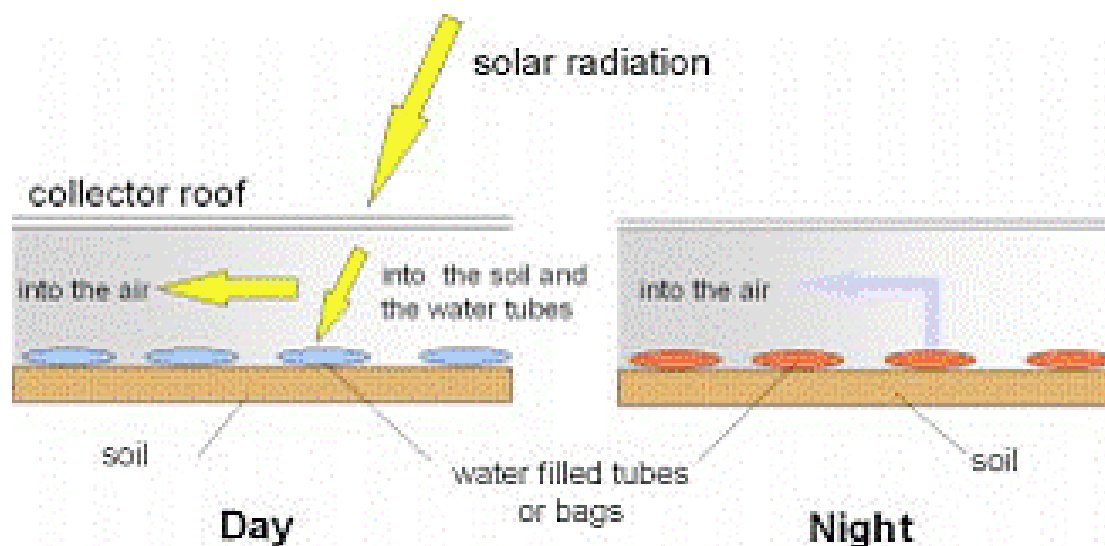


شکل ۳۳: نمونه‌ای از طراحی مسیر عبور جریان هوا [15]

کلکتورها از نظر شکل سازه به صورت‌های مختلفی قابل ساخت هستند. از قبیل سقف ساف، خمیده و و یا شیروانی شکل در صورت استفاده از مواد سنگین‌تر می‌بایست دارای پایه‌ها و اتصالات قوی‌تر باشند. در مناطق کویری و شنی هر چند روز یکبار باید سطح کلکتورها تمیز گردد تا خللی در جذب نور و خاصیت گلخانه‌ای کلکتور بوجود نیاید. کلکتورها معمولاً ۲۰٪ تا ۴۰٪ هزینه‌ی پروژه را به خود اختصاص می‌دهند. هزینه متوسط کلکتور در حدود $8-12 \text{ \$/m}^2$ است. عامل اصلی محدود کننده‌ی سطح کلکتور مورد استفاده نیز قیمت کلکتور و فضای موجود قابل استفاده می‌باشد. در مواردی می‌توان با انتخاب متفاوت جنس کلکتور (ورقه‌های پلاستیکی) این هزینه را تا ۳۰٪ کاهش داد.

ج) سیستم ذخیره گرمایی

به منظور ذخیره گرمای ناشی از تابش خورشید در روز و استفاده از آن در ساعات شبانه و گرم کردن جریان هوای عبوری می‌توان ذخیره‌سازهای گرمایی در سطح زیرین فضای گلخانه‌ای قرار داد. معمول‌ترین این‌ها لوله یا مخازن آب است که می‌توانند گرما را در روز ذخیره کنند و در شب پس دهند.



شکل ۳۴: شماتیکی از سیستم ذخیره گرمایی [15]

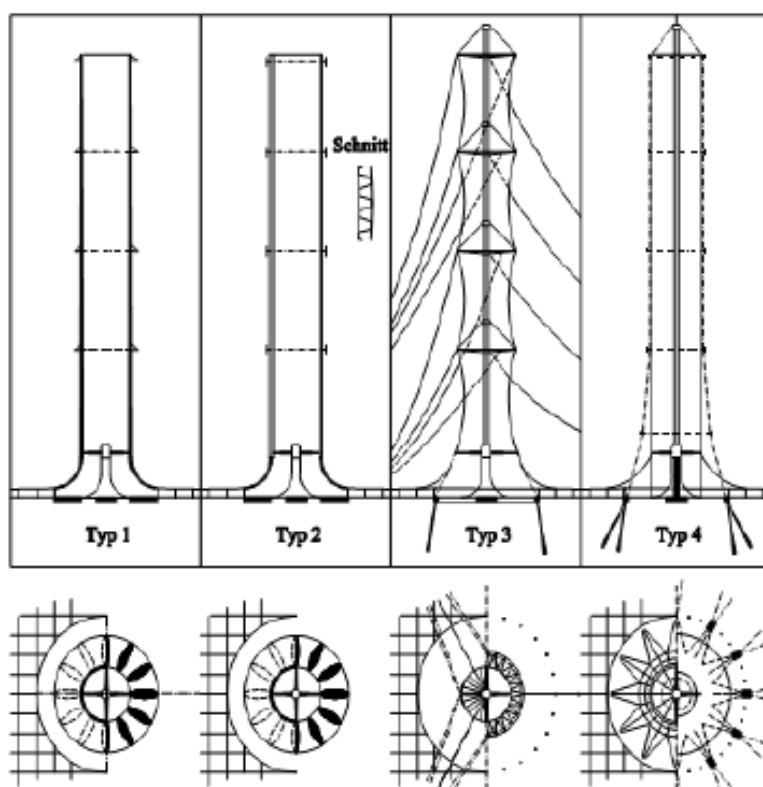
این منابع بسته می‌باشند و نیاز به تغذیه مجدد آب ندارند. عمق آنها بسته به شرایط مورد استفاده می‌تواند بین ۵ تا ۲۵ سانتیمتر باشد. بطور کلی وجود این مکانیزم منجر به یکنواخت‌تر شدن جریان هوا و توان خروجی در طول (و شب) می‌گردد.

د) دودکش (chimney)

برج به خودی خود نقش موتور حرارتی نیروگاه را بازی می‌کند و همانند یک لوله تحت فشار است که به دلیل دارا بودن نسبت مناسب سطح به حجم از اتلاف اصطکاکی کمی برخوردار است. در این برج سرعت مکش به سمت بالای هوا تقریباً متناسب با افزایش دمای هوا (ΔT) در کلکتور و ارتفاع برج است. در یک دودکش خورشیدی چند مگاواتی، کلکتور باعث می‌شود که دمای هوا بین ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد و این به معنی سرعتی معادل ۱۵ متر بر ثانیه است که باعث حرکت شتاب‌دار هوا نخواهد شد و بنابراین برای انجام عملیات تعمیر و نگهداری می‌توان به راحتی وارد آن شد و ریسک سرعت بالای هوا وجود ندارد.

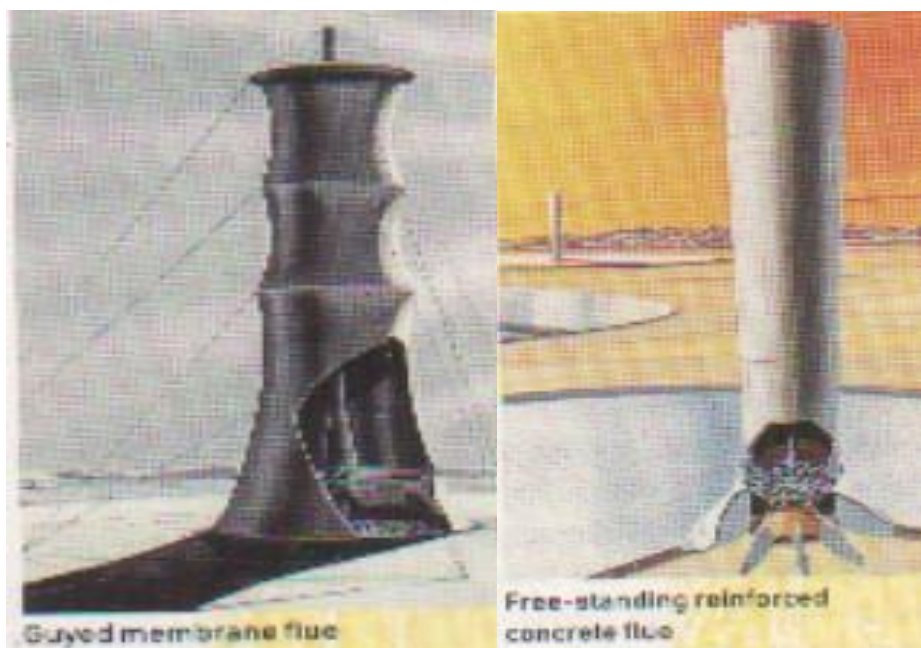
بالتر رفتن ارتفاع برج بطور مستقیم موجب بیشتر شدن توان خروجی می‌شود. هرچه دمای محیط اطراف نیز پایین‌تر باشد بازده برج بیشتر خواهد بود. اگرچه هرچه ارتفاع برج بالاتر باشد توان خروجی بیشتر خواهد بود ولی در عمل محدودیت‌هایی وجود دارد. یکی از این محدودیت‌ها، بالاتر رفتن هزینه‌ی نهایی می‌باشد. دودکش معمولاً یک‌سوم هزینه کل پروژه را به خود اختصاص می‌دهد.

یکی دیگر از مزایای مهم دودکش خورشیدی کاربرد آن در مناطق دارای آلودگی هوا برای انتقال آلاینده‌های موجود در هوای نزدیک سطح زمین به لایه‌های بالایی جو و در نتیجه کاهش آلودگی هواست.



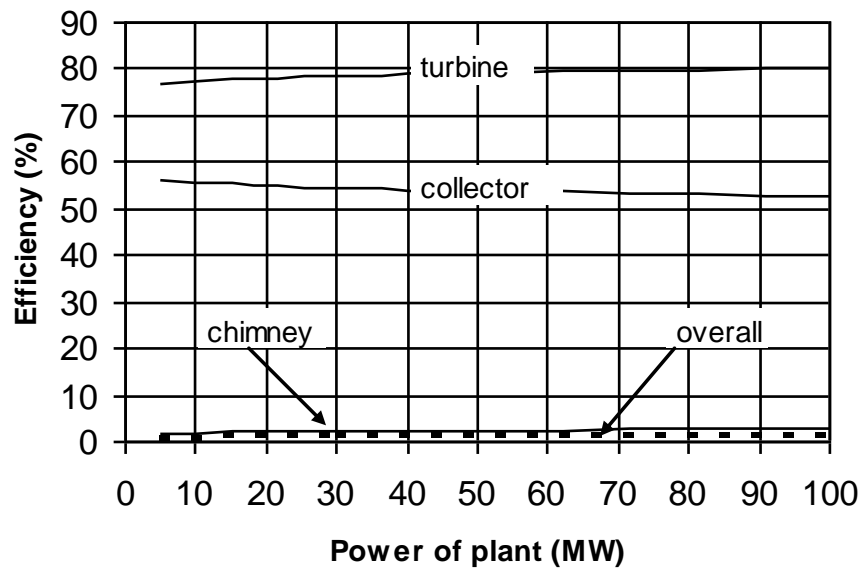
شکل ۲-۱ انواع دودکش [15]

بطور کلی دو نوع برج از نظر ساختمانی وجود دارد. برج‌های ساده یا آزاد و برج‌های مهار شده یا دارای نگهدار. عمر برج‌های آزاد به صدها سال نیز می‌رسد ولی برج‌های مهار شده معمولاً عمر کوتاه‌تری دارند.



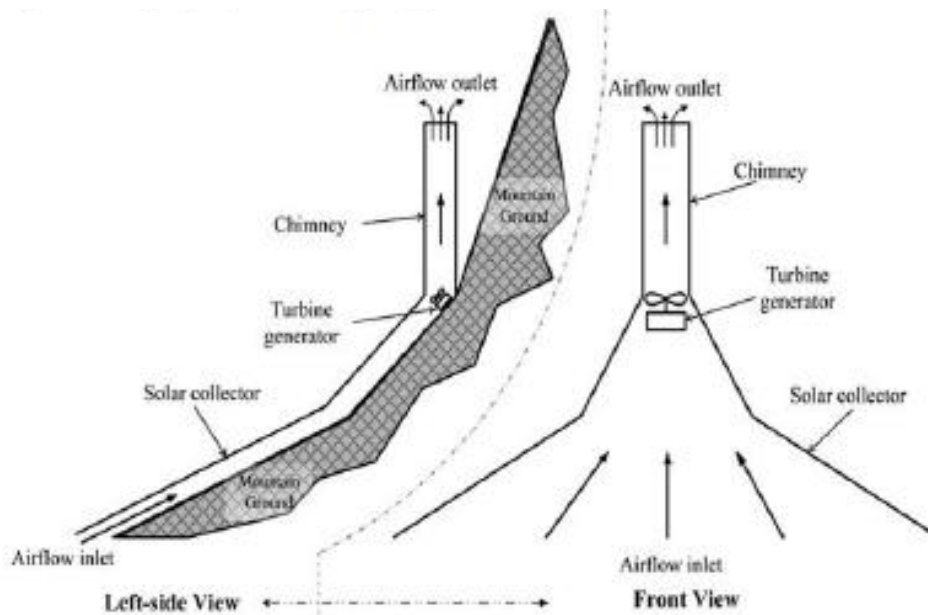
شکل ۳۵: برج مهار شده (سمت راست) و برج آزاد (سمت چپ) [15]

دودکش‌های خورشیدی انواع مختلفی دارند و از جنس‌های مختلفی ساخته می‌شوند. بهبود عملکرد این سازه هنوز در دست مطالعه و بررسی است. نمونه‌های تحقیقاتی مختلفی نیز ارائه شده‌اند از قبیل دودکش‌های معلق که اساس آنها بر استفاده از مواد سبک‌تر از هوا در بدنه دودکش و معلق ماندن آن در هوا است (برای مثال استفاده از لوله‌های حاوی گاز هلیوم در بدنه دودکش). توان دودکش‌ها معمولاً پایین و در حدود ۰/۳٪ است. میزان بازده کارنو دودکش نیز ۱۰٪ است.



شکل ۳۶: بازده اجزای مختلف دودکش خورشیدی [15]

یکی از روش‌های در دست تحقیق و بررسی استفاده از دودکش‌های خورشیدی، استفاده از دامنه کوه‌ها بعنوان دودکش می‌باشد. برای مثال چین در حال تحقیق بر روی چنین طرحی با ارتفاع و شعاع دودکش ۲۵۰ متر و ۱۴ متر و کلکتوری به شعاع ۶۰۰ متری در دامنه‌ای به زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌باشد همچنین در اسپانیا نیز طرحی مشابه در دست اجراست.



شکل ۳۷: دودکش خورشیدی در دامنه کوه [15]

۲,۴,۲,۱ فناوری دیش/استرلینگ خورشیدی (SDC^{۷۵})

اساس کار سیستم‌های متمرکز کننده دیش استرلینگ بر پایه تجمع اشعه خورشید در یک نقطه کانونی، ایجاد حرارت بالا و استفاده از این حرارت به منظور تولید برق می باشد. به همین دلیل می توان این فناوری را جزو فناوری‌های تولید برق به صورت غیر مستقیم دسته بندی کرد. در این سیستم‌ها ابتدا نور خورشید به وسیله دیش‌های سهموی شکلی که از طریق سیستم‌های کنترلی همواره بهترین جهت گیری را نسبت به خورشید دارند در نقطه‌ی کانونی بازتاب پیدا می کنند. از این طریق دمایی بالایی در حدود ۱۰۰۰ درجه در این نقطه ایجاد می شود. از طریق نصب یک سیستم receiver و کلکتور این حرارت بالا جذب می شود و به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به موتور استرلینگ (و یا در موارد خاصی به سیکل برایتون) منتقل می شود و فرآیند تولید برق می دهد.

مزیت اصلی این فناوری بازده بالای آن نسبت به روش‌های دیگر استفاده از انرژی خورشیدی است. بازده این سیستم‌ها در شرایط کارکرد مناسب تا ۲۹٪ نیز می رسد و قابلیت ایجاد دمایی در حدود ۷۵۰ درجه سلسیوس را دارند. از طرف دیگر هنوز قیمت سرمایه گذاری اولیه‌ی این روش بسیار بالا است و نیاز است تا با توسعه و تحقیق بیشتر، این فناوری را پیشرفت داد تا هزینه نهایی آن نیز کاهش یابد. افزایش ظرفیت CSPها نیز می تواند منجر به پایین تر آمدن هزینه تمام شده آنها گردد. در حال حاضر بازار این فناوری هنوز به طور کامل تجاری نشده است و اگرچه برای مجموع نیروگاه‌های CSP در حدود ۴ GW ظرفیت نصب شده در دنیا وجود دارد ولی هنوز مراحل توسعه خود را می گذراند. در حال حاضر بیشتر تحقیقات در این زمینه، بر روی توسعه استفاده به صورت متصل به موتورهای استرلینگ تولید کننده برق متمرکز هستند. از این نظر می توان این فناوری را جزو فناوری‌های جدید به حساب آورد. از آنجایی که این فناوری هنوز به تولید انبوه نرسیده است نمی توان نظر دقیقی درباره قیمت نهایی تولید انبوه آن ارائه داد.

یکی از مزیت‌های بزرگ این سیستم قابلیت کارکرد هیبرید آنها با هر نوع سوخت دیگری است (موتورهای استرلینگ قابلیت کار با انواع سوخت ها را دارند). این سیستم‌ها در حال حاضر در حال توسعه می باشند. تحقیقات بر روی سیستم‌های جذب و بهبود کارکرد خورشیدی موتور ادامه دارد که می تواند باعث کاهش بیشتر قیمت آنها نیز باشد. اغلب گفته می شود بازای هر دیش توان تولید تا ۲۵ KW برق موجود می باشد. این دیش‌ها را می توان جدا و یا به صورت مرتبط با هم نصب کرد. برای افزایش حرارت

⁷⁵ Stirling Dish Technology

و توان دریافتی از اشعه‌های خورشید بازتابی، لازم است که سیستم کنترلی تعقیب کننده‌ای جهت دیش را طوری تنظیم کند تا زاویه برخورد تابش (incidence angle) همواره کم باشد.

با توجه به سیستم‌های جذب گرما و تولید برق (موتورهای استرلینگ و ژنراتور) دیش استرلینگ‌ها و اجزای متفاوتی که در مسیر تولید برق وجود دارند، می‌توان این فناوری را جزو فناوری‌های پیچیده به حساب آورد. اگرچه این فناوری نسبت به برخی فناوری‌های مشابه انرژی خورشیدی مانند برخی سلول‌های فتوولتائیک از درجه پیچیدگی پایین‌تری برخوردار است. قسمت عمده‌ی پیچیدگی این فناوری مربوط به سیستم‌های receiver و موتور و ژنراتور تولید کننده‌ی برق آن می‌باشد.

بطور کلی فناوری دیش استرلینگ برای هر نوع شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی (به شرط وجود تابش) مناسب است. این امر بیشتر به سبب نداشتن اجزای متحرک زیاد و یکنواخت بودن سیستم تولید توان آن است. به همین دلایل، اگرچه این سیستم‌ها هزینه اولیه بالاتری نسبت به بسیاری از فناوری‌ها دارند ولی دارای هزینه‌های نگهداری پایینی هستند. بازده این نیروگاه‌ها نیز نسبت به روش‌های دیگر بالا است. بازده نیروگاه‌های دیش استرلینگ در حدود ۱۲٪ تا ۲۵٪ است و در بیشترین حالت به ۳۰٪ نیز می‌رسد. البته درحال حاضر نمونه نیروگاهی از این نوع سیستم‌ها موجود نیست و تنها به صورت پراکنده در بعضی نقاط نمونه‌هایی نصب شده است.

شرایط تابشی مناسب برای استفاده از این سیستم‌ها، تابش خورشید بیش از $6 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ است. برخلاف سلول‌های خورشیدی، نیروگاه‌های بشقابی مشکلی در کار کردن در هوای گرم و خشک ندارند و راندمان آنها کاهش نمی‌یابد. این نیروگاه‌ها نیاز جدی به آب در سیکل کاری خود ندارند. از این جهات و اگرچه قیمت نهایی آنها بالاتر از سلول‌های P+

V است، می‌توان به این نوع نیروگاه به عنوان گزینه مناسبی برای شرایط جغرافیایی کشورمان توجه بیشتری داشت. ایران دارای مناطقی گرم و خشک با طول مدت تابش بالایی است که می‌تواند شرایط مناسبی برای استفاده از این نیروگاه‌ها باشد.

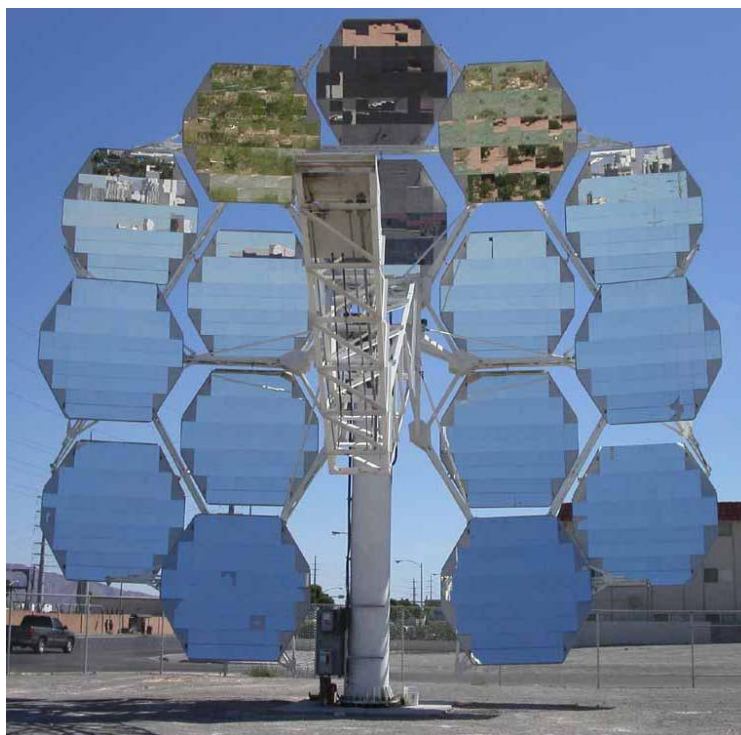
هزینه نصب و اجرای نیروگاه دیش استرلینگ در حدود $12500 - 8000 \text{ \$/KW}$ است که نسبت به روش‌های مشابه انرژی خورشیدی بالا می‌باشد. به همین دلیل این نوع نیروگاه‌ها هنوز جنبه‌ی تجاری پیدا نکرده‌اند و در مسیر تحقیق و توسعه و کارکردهای آزمایشگاهی می‌باشند. البته به دلیل تجاری نبودن این فناوری، هزینه نهایی آن نیز برای هر مورد می‌تواند متفاوت باشد و تعیین قیمت ثابت برای آن در حال حاضر انجام نشدنی است.

الف) متمرکز کننده

متمرکز کننده‌های سهموی از چرخش یک سهمی به دور محورش پدید می‌آیند. وظیفه concentrator reflectorها انعکاس و جمع‌آوری امواج در یک نقطه کانونی می‌باشد. بازده کلکتور تابعی از میزان تابشی است که به سطح کلکتور می‌رسد و میزان بازتابشی که از کلکتور به دریافت کننده می‌رود. بازده کلکتور از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\eta_{conc} = f_t(\cos \theta_i) \rho \quad \text{معادله ۳}$$

مشخص است که بازده به جنس کلکتور، ضریب بازتابش آن، زاویه تابش و میزان سایه سطح بستگی دارد. یکی از تکنولوژی‌های معاصر در زمینه متمرکز کننده‌ها که هنوز جنبه‌ی تحقیقاتی دارد، استفاده از سلول‌های PV به عنوان متمرکز کننده می‌باشد. در صورت پیشرفت‌های مناسب در این زمینه گفته می‌شود می‌توان در این زمینه به بازده در حدود ۳۰٪ برای این سلول‌های PV رسید.



شکل ۳۸: متمرکز کننده [14]

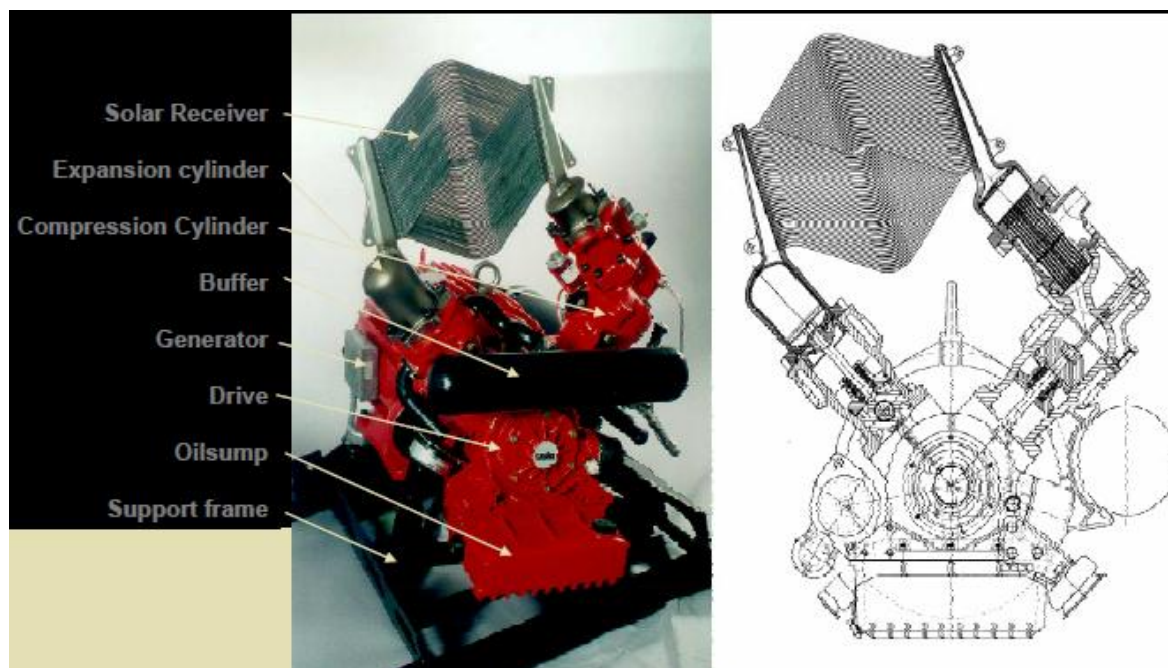
بطور کلی مدل‌های مختلفی برای ساخت دیش متمرکزکننده وجود دارد، ساخت یک دیش یک‌تکه. ساخت چند پارچه‌ی دیش، دیش دایره‌ای، دیش شش گوشه و ... از نظر مواد سازنده نیز تنوع نسبی وجود دارد. جدا از سیستم‌هایی خاصی مانند هیبریدی PV که در روی سطح دیش از سلول‌های فتوولتائیک استفاده می‌کند، معمولاً Glass fibre ها یا پوشش‌های آلومینیومی در سطح دیش استفاده می‌شود.

ب) موتور استرلینگ

موتور استرلینگ موتورهای گرماکاری هستند که حرارت را تبدیل به جنبش می‌کنند و نسبت به موتور بنزینی و دیزلی کارایی بیشتری دارند. امروزه چنین موتورهایی برای موردهای خاص استفاده می‌کنند مثل زیردریایی یا قایق خصوصی. گازهایی که درون موتور استرلینگ استفاده می‌شود هرگز از موتور خارجی می‌شوند. در چنین موتورهایی هیچ احتراقی صورت نمی‌پذیرد، هیچ آگزوزی وجود ندارد و هیچ صدا یا انفجاری شنیده نمی‌شود به همین دلیل چنین موتورهایی فاقد صدا هستند. این موتورها از منبع گرمای خارجی مثل آتش استفاده می‌کنند. گرما به گاز درون سیلندر گرم‌شده اضافه می‌شود. همین امر سبب ایجاد فشار می‌گردد و پیستون را به سمت پائین می‌برد. زمانیکه پیستون راست پائین می‌رود پیستون چپ به سمت بالا برده می‌شود. سپس گاز گرم را به سیلندر خنک شده وارد می‌نماید که خیلی سریع گاز را خنک می‌سازد و فشار آن را پائین می‌آورد. پیستون سیلندر خنک‌شده گاز را فشرده می‌سازد. گرمای ایجاد شده توسط چنین فشرده‌سازی توسط منبع خنک‌ساز بخار می‌گردد. موتور استرلینگ فقط نیرو را در مدت بخش اول چرخش به وجود می‌آورد. دو روش اساسی جهت افزایش نیروی خارجی چرخه - استرلینگ وجود دارد: در مرحله اول، فشار گاز گرم شده بر پیستون فشار وارد می‌آورد. افزایش فشار در این مرحله نیروی خارجی موتور را افزایش می‌دهد. یک روش افزایش فشار، افزایش درجه حرارت گاز است. گاز استفاده شده در داخل موتورهای استرلینگ هیچ وقت موتور را ترک نمی‌کند و مانند موتورهای دیزل و بنزینی سوپاپ دود که گازهای پرفشار را تخلیه می‌کند و محفظه احتراق وجود ندارد. به همین علت موتورهای استرلینگ بسیار بی‌صدا هستند. چرخه استرلینگ از یک منبع حرارتی خارجی که می‌تواند هرچیزی از بنزین و انرژی خورشیدی تا حرارت ناشی از پوسیدگی گیاهان باشد استفاده کند و هیچ احتراقی داخل سیلندرهای موتور رخ نمی‌دهد.

سیکل استرلینگ ۴ مرحله دارد:

- ۱- حرارت به گاز داخل سیلندر گرم منتقل می‌شود (چپ) و سبب ایجاد فشار می‌شود این فشار پیستون را مجبور می‌کند تا به سمت پایین حرکت کند و این قسمتی از سیکل استرلینگ است که کار انجام می‌دهد.
 - ۲- هنگامی که پیستون راست به طرف پایین حرکت می‌کند پیستون چپ بالا می‌آید. این جابجایی گاز داغ را به داخل سیلندر سرد می‌راند، که به سرعت گاز داخل منبع سرد را سرد می‌کند و فشار آن کاهش می‌یابد. این عمل فشرده کردن گاز را در قسمت بعدی سیکل ساده‌تر می‌کند.
 - ۳- پیستون داخل سیلندر سرد (راست) شروع به فشرده کردن گاز می‌کند و گرمای تولید شده توسط این متراکم‌سازی به وسیله‌ی منبع سرد حذف می‌شود.
 - ۴- هنگامی که پیستون چپ پایین می‌رود پیستون سمت راست بالا می‌آید. این عمل گاز را به داخل سیلندر گرم می‌راند، که به سرعت گرم شده و فشار ایجاد می‌کند. در این هنگام سیکل تکرار می‌شود. موتور استرلینگ فقط در طول مرحله اول سیکل نیرو تولید می‌کند.
- موتورهای استرلینگ جزو موتورهای احتراق خارجی محسوب می‌شوند و دارای سیکل بسته می‌باشد. به این معنی که هیچ دود یا ماده‌ی خروجی ندارند و تنها تبادل انرژی می‌کنند. این موتورها به دلیل نیاز به زمان گرم شدن در ابتدای کار و نوسانات کندهشان قابلیت رقابت با موتورهای احتراق داخلی را ندارند ولی در مواردی مانند CSPها بسیار مناسب می‌باشند. بازده کاری آنها نسبتاً بالا و در حدود ۲۵٪ می‌باشد و قابلیت بازآوری گرمایی اتلافی را به خوبی دارند.
- هزینه تعمیر و نگهداری این موتورها کم و در حدود ۰/۶ cent/KWh می‌باشد و هزینه‌ی اولیه آن (باتوجه به هزینه های جانبی نصب و ...) بالاتر از ۱۰۰۰-۲۰۰۰ \$/KW است. مشکل اصلی این موتورها قابلیت اطمینان پایین آنها با توجه به پیچیدگی ساختمان آنهاست. برای توسعه و تجاری‌سازی سیستم‌های دیش استرلینگ می‌بایست صنعت موتورهای استرلینگ را توسعه داد.

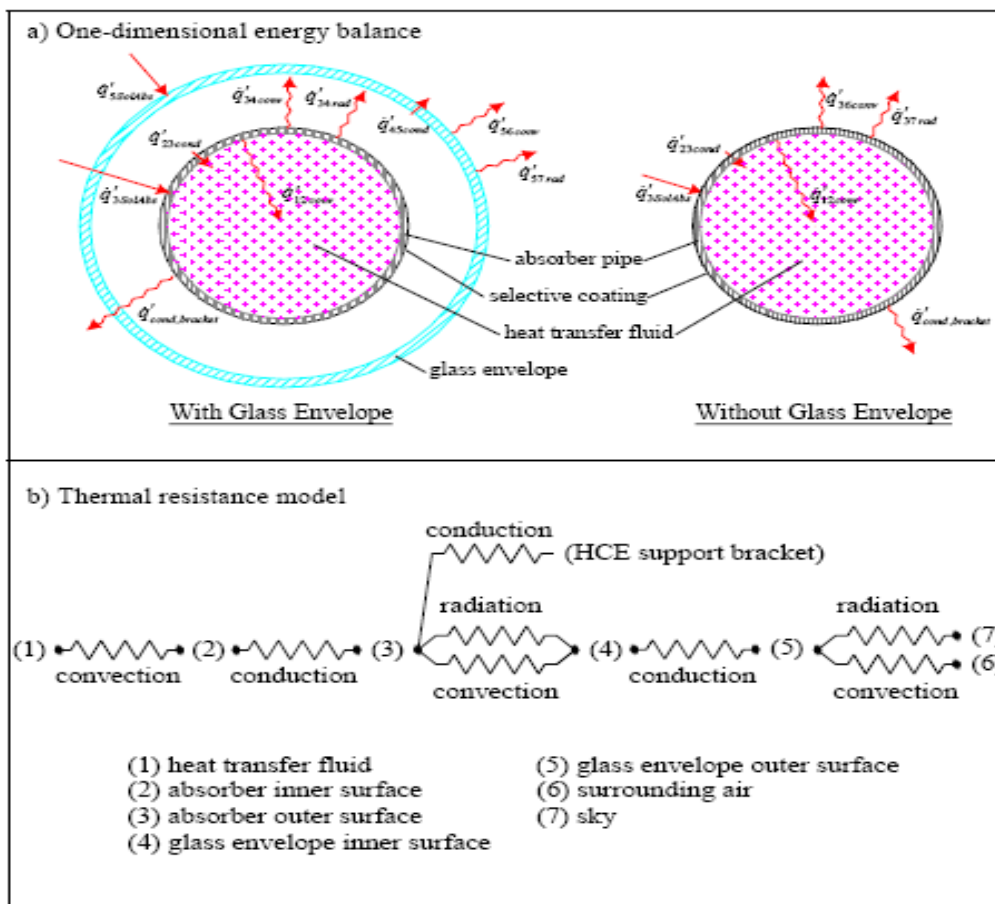


شکل ۳۹: موتور استرلینگ [14]

در مواردی استفاده از سیکل برایتون و توربین بخار آب نیز به جای استفاده از موتور استرلینگ مطرح است، ولی این طرح بیشتر در مرحله تئوری و تحقیقاتی قرار دارد. استفاده از توربین بخار می‌تواند مناسب برخی کاربردهای هیبریدی دیش استرلینگ باشد.

Receivers (ج)

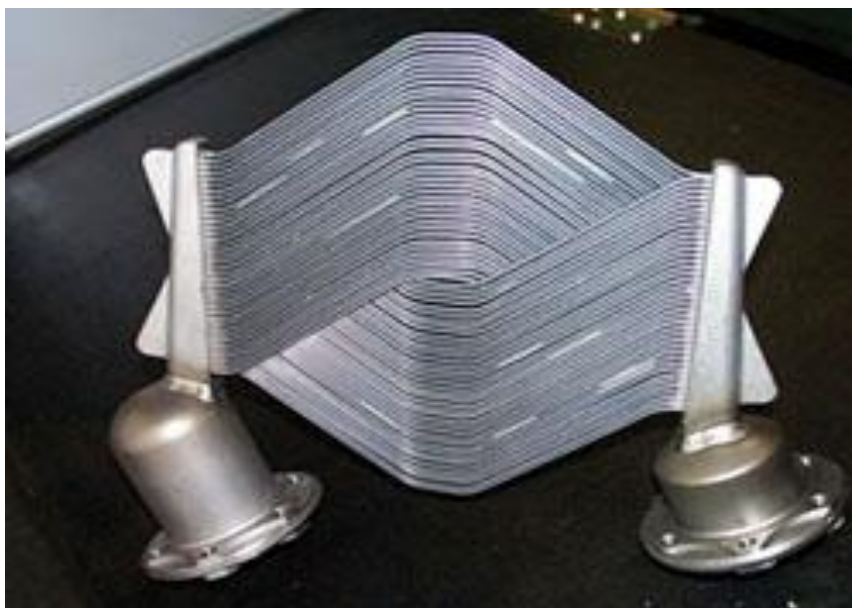
لوله‌های دریافت‌کننده در نقطه‌ی کانونی دیش قرار می‌گیرند و وظیفه جذب گرمای اشعه خورشید را به عهده دارند. این لوله‌ها در بسیاری موارد در داخل یک لایه خلاء می‌باشند تا اتلاف گرمایی کمتری داشته باشند. سیال داخل لوله گرما را جذب می‌کند و برای استفاده آن را به موتور استرلینگ (دیواره اطراف سیلندر یا ...) منتقل می‌کند. جنس لوله‌ها، شیشه‌ی خلاء، دبی سیال، قطر لوله و ... از عوامل مهم در جذب و انتقال حرارت می‌باشند.



شکل ۴۰: عملکرد دریافت‌کننده [14]

بطور کلی دریافت‌کننده‌ها به دو صورت تقسیم می‌شوند. روش اول استفاده از دریافت‌کننده‌ی مستقیم تابش یا DIR^{76} که انرژی حرارتی را مستقیماً به موتور استرلینگ منتقل می‌کنند است. این receiverها از لوله‌های نازک (به قطر حدود ۳ mm) تشکیل شده‌اند که سیال کاری (هلیوم، هیدروژن، هوا یا...) را در فشار بالا (۵ تا ۲۰ مگاپاسکال) به دمایی در حدود ۸۰۰ درجه سلسیوس می‌رسانند.

⁷⁶ Direct Irradiation Receiver



شکل ۴۱: دریافت کننده [14]

در روش دوم از یک سیال واسط (liquid sodium) است. با تبخیر سدیم در اثر تابش، گرما به سیال کاری موتور استرلینگ منتقل می‌شود و موتور شروع به کار می‌کند. ظرفیت گرمایی سدیم تبخیر شده در حدود 800 W/cm^2 است.

دمای receiver تابعی از میزان تابش و ضرایب اصلاح میزان تابش مربوط به هندسه تابش و همینطور جنس مواد فعال در این فرآیند است. جنس مبدل حرارتی معمولاً از آلیاژ نیکل می‌باشد تا بتواند شرایط خاص کاری را تحمل کند. این جزء دیش استرلینگ جزو فناوری‌های در حال توسعه به حساب می‌آید و پیچیدگی‌های فناوری‌های نسبتاً زیادی نیز دارد.

(د) ردیاب‌ها

بازده سیستم تبدیل انرژی خورشیدی به شدت به موقعیت سیستم مبدل نسبت به تابش خورشید وابسته است، به نحوی که بهترین نتایج زمانی حاصل می‌شود که نور خورشید به شکل عمود به دستگاه بتابد. با توجه به تغییر موقعیت خورشید در آسمان برای اینکه سیستم مبدل انرژی در حالت بهینه کار کند باید دستگاه را دائماً در جهت عمود بر نور خورشید تنظیم کنیم. بنابراین برای اینکه از ردیاب‌های خورشیدی استفاده می‌شود. هر چند با اینکه استفاده از رویکردیابی در سیستم مقرون به صرفه است یا نه، باید جدا بررسی‌هایی را انجام داد.

این سیستم‌ها اغلب سیستم‌های مکانیکی هستند که وظیفه تنظیم جهت دیش نسبت به خورشید را دارند. دیش همواره باید نسبت به خورشید وضعیتی داشته باشد تا زاویه برخورد حداقل باشد و تابش به سمت کانون حداکثر گردد. عوامل موثر بر این سیستم معمولاً عوامل هندسی و جغرافیای محل هستند که نحوه حرکت خورشید و زاویه آن با زمین را در طول ساعات مختلف شبانه‌روز تعیین می‌کنند. بدنه سیستم ^{۷۷} معمولاً سازه‌ای از جنس استیل می‌باشد.

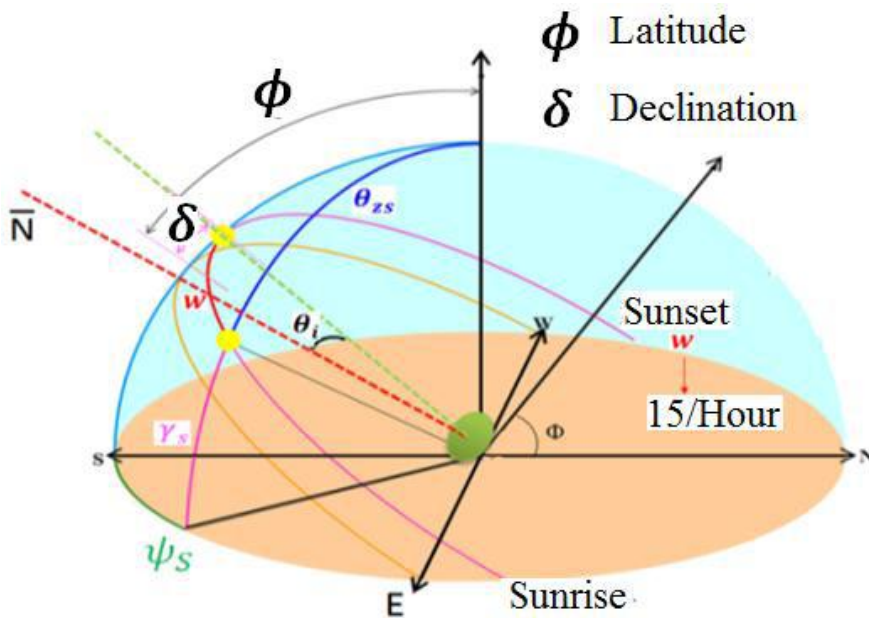
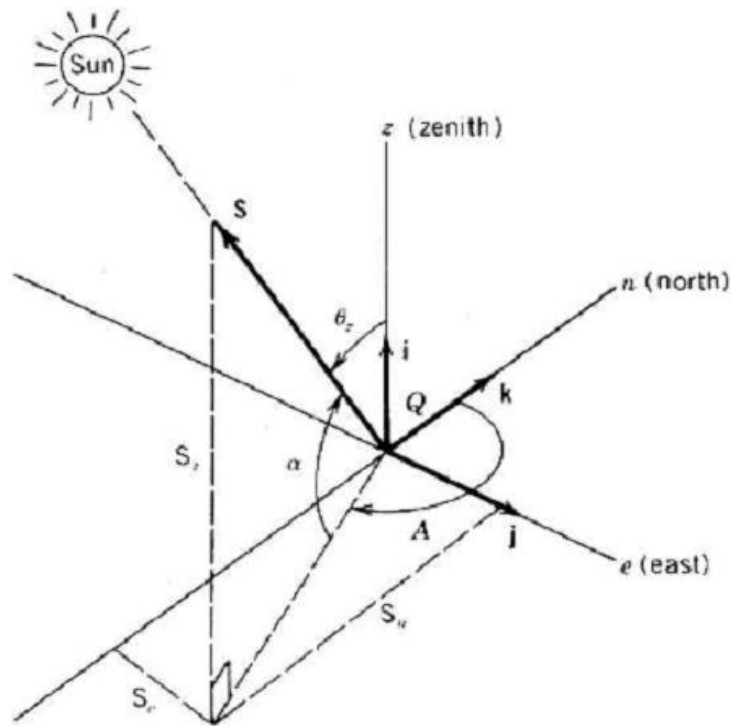
روابط بین زوایای تابش، زمان و هندسه سیستم، ما را به میزان تابش و نوع حرکتی که باید سیستم تعقیب کننده خورشید ایجاد کند می‌رساند. رابطه‌ی زیر، نحوه محاسبه زاویه برخورد را نشان می‌دهد [17].

معادله ۴

$$\cos(\theta_i) = \sin(\delta) * \sin(\phi) * \cos(\beta) - \sin(\delta) * \cos(\phi) * \sin(\beta) * \cos(\alpha) + \cos(\delta) * \cos(\phi) * \cos(\beta) * \cos(\omega) + \cos(\delta) * \sin(\phi) * \sin(\beta) * \cos(\alpha) * \cos(\omega) + \cos(\delta) * \sin(\beta) * \sin(\alpha) * \sin(\omega)$$

$$\alpha = \text{asin}(\sin(\delta) \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cos(\omega) \cos(\varphi))$$

$$A = \text{atan2}(\sin(\omega), \cos(\omega) \sin(\varphi) - \tan(\delta) \cos(\varphi))$$

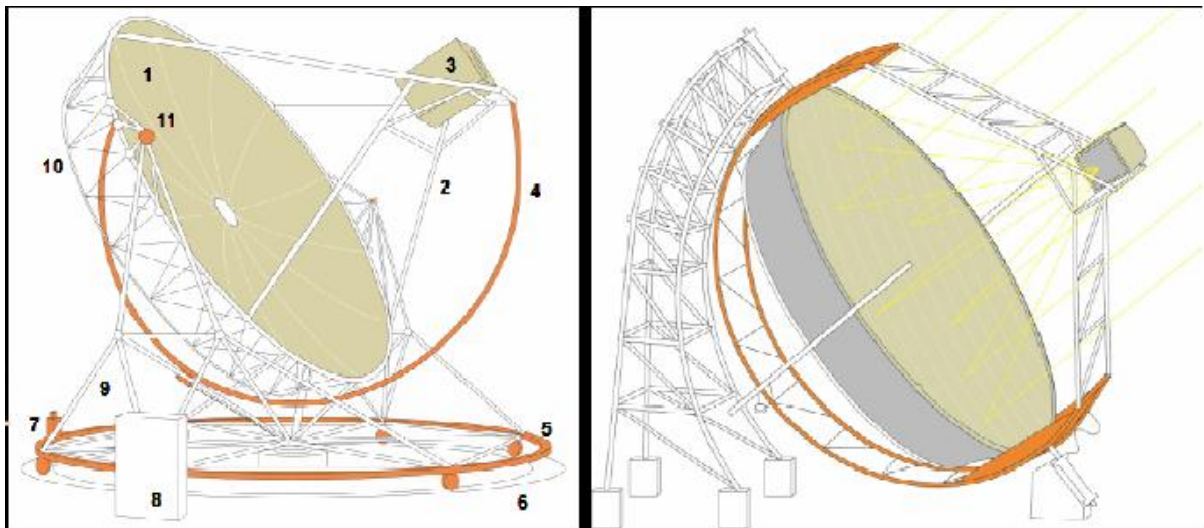


شکل ۴۲: زوایای بین تابش خورشید و محورهای زمین [14]

ردیاب‌ها از نظر نوع عملکرد به دو روش Active و Passive تقسیم می‌شوند. روش ردیابی خورشید زمانی Passive است که از روش حلقه-باز استفاده کند و زمانی Active است که از یک حلقه‌ی بسته استفاده کند. روش‌های Passive مکان‌های

خورشید را بعنوان تابعی از مکان و زمان محاسبه می‌کنند. این روش مکان‌یابی می‌تواند دارای خطا باشد اگر هیچ‌گونه بازخوردی از مکان نسبی ردیاب در هر لحظه گرفته نشود، روش اکتیو از سنسورهای الکترونیکی برای موقعیت‌یابی خورشید استفاده می‌کنند. محدودیت این روش مربوط خواهد بود به دقت حساسیت سنسورها و هوش سیستم. روش ردیابی اکتیو به روش "درخشان‌ترین نقطه‌ی آسمان" عمل می‌کند، بنابراین تغییرات ناخواسته در جستجوی خورشید در شرایط ابری قابل انتظار خواهد بود که موجب مصرف انرژی خواهد شد. بازه‌ی دقت روش اکتیو بسته به سیستم بین $0/2$ تا چند درجه است. ترکرها ممکن است از تعداد محورهای مختلفی تشکیل شده باشند. ساده‌ترین ترکرها، ترکهای تک‌محوره هستند. این تراکرها تنها یک درجه آزادی دارند و حول یک محور می‌چرخند. محور چرخش ممکن است افقی، عمودی یا مایل باشد.

نوع دیگر ترکرها، ترکهای دومحوره هستند. این ترکرها معمولاً از دو محور عمود بر هم تشکیل شده‌اند که یکی از آنها نسبت به زمین ثابت است و محور اصلی نام دارد. سیستم tracking معمولاً به دو صورت tip-tilt (قطبی) و آزیموس-ارتفاعی (AADAT⁷⁸) طراحی می‌شود [18].



شکل ۴۳: سیستم ترکینگ دومحوره: قطبی-آزیموس ارتفاعی [14]

⁷⁸ Azimuth-Altitude Dual Axis Tracker

در نوع قطبی یک محور وظیفه تعیین حرکت شرق به غرب را دارد و یک محور نسبی دیگر میزان مایل بودن دیش را تعیین می‌کند. در حالیکه در ترکر آزیموث - ارتفاعی یک محور عمود بر زمین قرار دارد و یک محور نصب شده بر روی این محور و عمود بر آن وجود دارد که وظیفه جابجایی و کنترل دیش را برعهده دارند.

انتخاب نوع ترکر به عوامل متعددی از قبیل سایز نصب شده، محدودیت زمین، عرض جغرافیایی و آب‌وهوا مربوط است. بطور کلی می‌توان گفت برای طراحی ردیاب خورشیدی موارد فنی زیر باید تایید شوند:

- ۱- کمترین مصرف انرژی برای بیشینه کردن بازده کل نصب و بهینه بودن موارد اقتصادی.
- ۲- قابلیت اطمینان در عملکرد، تحت شرایط مشوش مانند باد، مه، تغییرات دمایی مهم و غیره.
- ۳- سادگی سیستم حرکتی (موتور، چرخ‌دنده‌ها، سنسورها) جهت کاهش قیمت و افزایش عملکرد.
- ۴- وجود یک سیستم یکپارچه جهت نظارت و کنترل.

در ترکرها بسته به نوع استفاده از موتور و گیربکس‌های الکتریکی و یا پمپ‌های هیدرولیکی و گازی استفاده می‌شود. در سیستم‌های مکانیکی - الکتریکی موارد فنی مورد نیاز برای به حرکت درآوردن پنل عبارتند از:

- ۱- موتور الکتریکی DC
- ۲- سیستم کنترل موتور از نوع هوشمند، کاملاً دیجیتال که اجازه کنترل دیجیتالی موتور را می‌دهد
- ۳- یک دستگاه اندازه‌گیری نور و یا نقشه خورشیدی

انتخاب نوع ردیاب به فاکتورهای زیادی بستگی دارد مانند: ابعاد سیستم، مشخصات نامی سیستم الکتریکی، قیود زمین، مشخصات منطقه و شرایط آب‌وهوایی. سیستم‌های تک محوره افقی معمولاً برای سیستم‌های بزرگ تولید پراکنده استفاده می‌شود. ترکیب بهبود انرژی و هزینه کمتر محصول و سادگی نصب، موجب اقناع سیستم از نظر اقتصادی در جهت استفاده از تجهیزات بزرگ است. به علاوه کارایی بسیار مناسب در هنگام عصر مبحث بسیار ایده‌آلی است برای فتوولتائیک‌های متصل به شبکه‌ی بزرگ به این دلیل که معمولاً از توان تولیدی این سیستم‌ها برای تأمین توان مورد نیاز ساعات پیک استفاده می‌شود. علاوه بر این این سیستم‌ها (سیستم‌های ردیابی افقی) موجب افزایش توان تولیدی در فصول بهار و تابستان که خورشید در

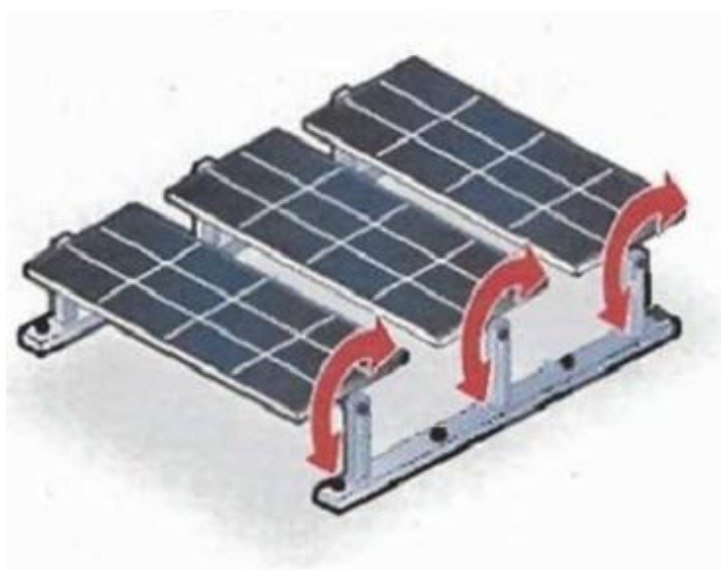
ارتفاع بالایی قرار دارد خواهد شد. استحکام ذاتی این نوع سیستم‌ها و همچنین سادگی مکانیسم به کار رفته موجب افزایش قابلیت اطمینان خواهد شد و همچنین هزینه‌های جانبی را پایین نگه خواهد داشت. به این دلیل که پنل‌ها افقی هستند به طور کامل روی محورها قرار می‌گیرند بدون اینکه زیر سایه خود قرار بگیرند، همچنین هر لحظه امکان تمیز کردن پنل‌ها نیز وجود دارد.

سیستم‌های تک‌محوره افقی نیز که به صورت ثابت و یا قابل تنظیم (برای هر فصل) نصب می‌شوند معمولاً برای مناطق با عرض بالا استفاده می‌شوند، مناطقی که مسیر خورشیدی خیلی بالا نیست اما روزهای بسیار طولانی در تابستان دارند و مسیر حرکت خورشید یک کمان بزرگ است. سیستم‌های دومحوره نیز عموماً برای سیستم‌های کوچک مسکونی و یا در مناطقی که از تسهیلات ویژه و بالای دولتی در زمینه انرژی خورشیدی بهره می‌برند مناسب هستند.

د-۱) سیستم‌های ردیاب تک محوره

سیستم‌های ردیاب تک‌محوره دارای یک درجه آزادی هستند. محور چرخش معمولاً در راستای شمال واقعی قرار می‌گیرد. هرچند با توجه به ملزومات طراحی محور چرخش را می‌توان در هر راستای دیگری و فقط با داشتن یک الگوریتم پیشرفته ردیابی محور چرخش را قرار داد. این سیستم‌ها خود به انواع سیستم‌های ردیابی تک‌محوره افقی، عمودی، مورب و قطبی تقسیم می‌شوند.

همانطور که از نامشان پیداست محور چرخش سیستم‌های ردیابی تک‌محوره افقی، افقی هستند. یکی از مزایای این سیستم‌ها قابلیت متصل کردن چندین ردیف به یک ردیاب هستند که در قیمت تمام شده بسیار صرفه‌جویی می‌شود. شکل این سیستم در زیر قابل مشاهده است.



شکل ۲-۲

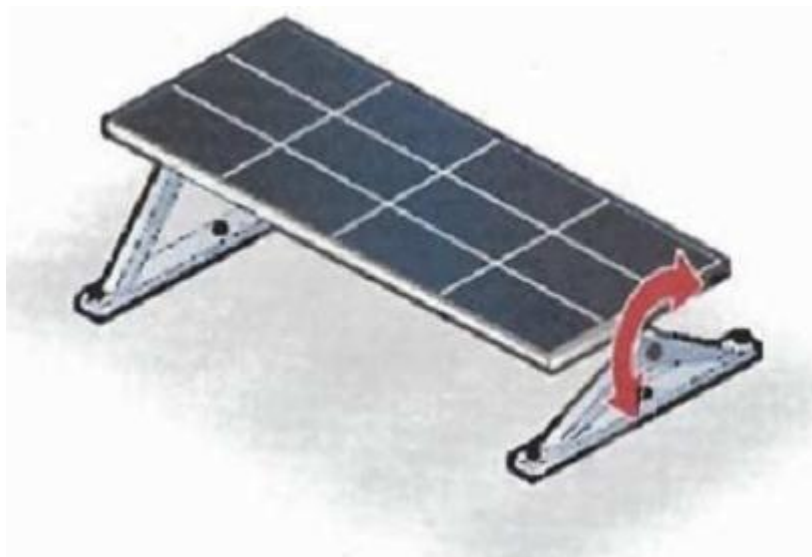
شکل ۴۴: سیستم ردیاب تک محوره افقی [14]

سیستم‌های ردیابی تک‌محوره عمودی دارای محور چرخش عمود بر سطح زمین هستند. در این سیستم پنل‌های از شرق به غرب می‌چرخند (شکل زیر).



شکل ۴۵: سیستم ردیاب تک محوره عمودی [14]

سیستم‌های تک‌محوره مورب عمدتاً برای مکان‌هایی با عرض جغرافیایی بالاتر ساخته می‌شوند، سیستم همانند سیستم‌های افقی است اما با این تفاوت که شیبی به سیستم داده شده است.



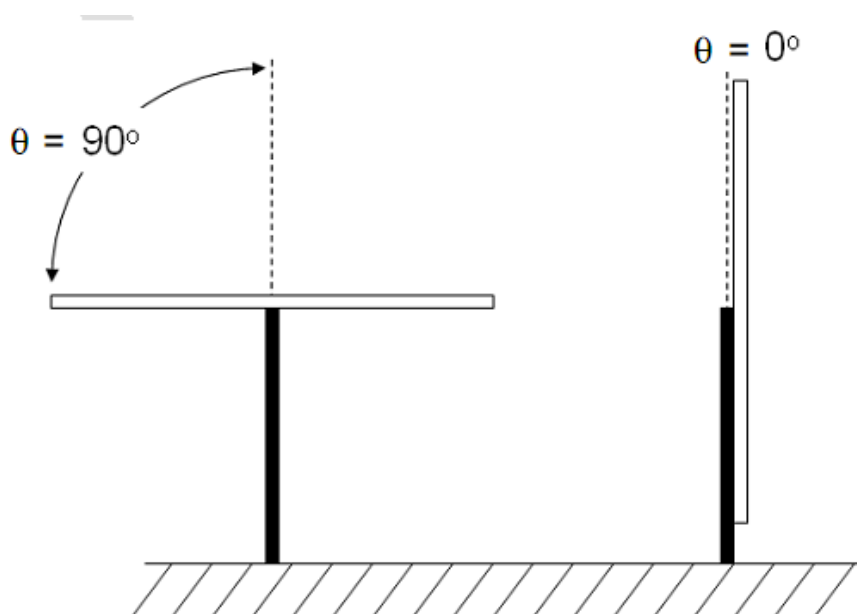
شکل ۴۶: سیستم ردیاب تک‌محوره مورب [14]

ردیاب‌های قطبی نوع خاصی از ردیاب‌های تک‌محوره شیب‌دار هستند. در این موارد خاص زاویه شیب برابر است با عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر. اختصاص دادن فضای مناسب می‌تواند نسبت انرژی به هزینه را بیشینه کند، این مسئله به مشخصات مکان مورد نظر بستگی (طول و عرض جغرافیایی) دارد. محور چرخش سیستم ردیابی تک‌محوره معمولاً به سمت شمال واقعی قرار می‌گیرد اما ممکن است با انجام بهینه‌سازی‌های پیشرفته جهت محور را تغییر داد.

د-۲) سیستم ردیابی دو محوره

سیستم‌های دو محوره دارای دو درجه آزادی هستند، دو محور چرخش حرکت سیستم را مشخص می‌کند که معمولاً این دو محور بر هم عمود هستند. محوری که نسبت به زمین ثابت است می‌تواند محور اولیه در نظر گرفته شود و محور دیگر را محور ثانویه می‌نامیم. یک مقدار مرسوم برای زاویه آزیموت، درجه است که از شرق به شمال افزایش می‌یابد به این معنی که زاویه

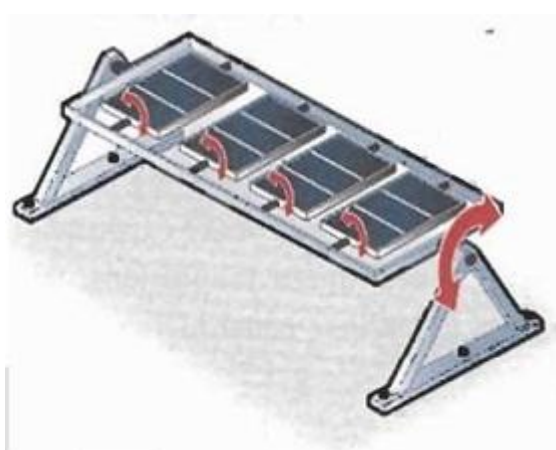
آزیموت 0° به سمت شمال و زاویه 90° به سمت شرق است. زاویه آلتیتود نیز زاویه‌ای است که نسبت به محور عمود بر زمین سنجیده می‌شود، شکل زیر گویای این مطالب است:



شکل ۴۷: زاویه آلتیتود و مرجع اندازه‌گیری آن [14]

سیستم‌های ردیاب دومحوره نیز خود به دو دسته‌ی tip-tilt و Azimuth-Altitude تقسیم‌بندی می‌شوند. نوع tip-tilt یا به اختصار TTDAT⁷⁹ دارای محور اولیه موازی سطح زمین و محور ثانویه عمود بر آن می‌باشد. سیستم‌های دو محوره قطبی نیز نوع خاصی از ردیاب‌های TTDAT هستند. شکل زیر نمایش‌دهنده‌ی این نوع ردیاب‌ها هستند.

⁷⁹ Tip-Tilt Dual Axis Tracker



شکل ۴۸: سیستم ردیاب دو محوره TTDAT [14]

نوع دوم یا به اختصار AADATها دارای محور اولیه عمود بر زمین و محور ثانویه عمود بر آن هستند.

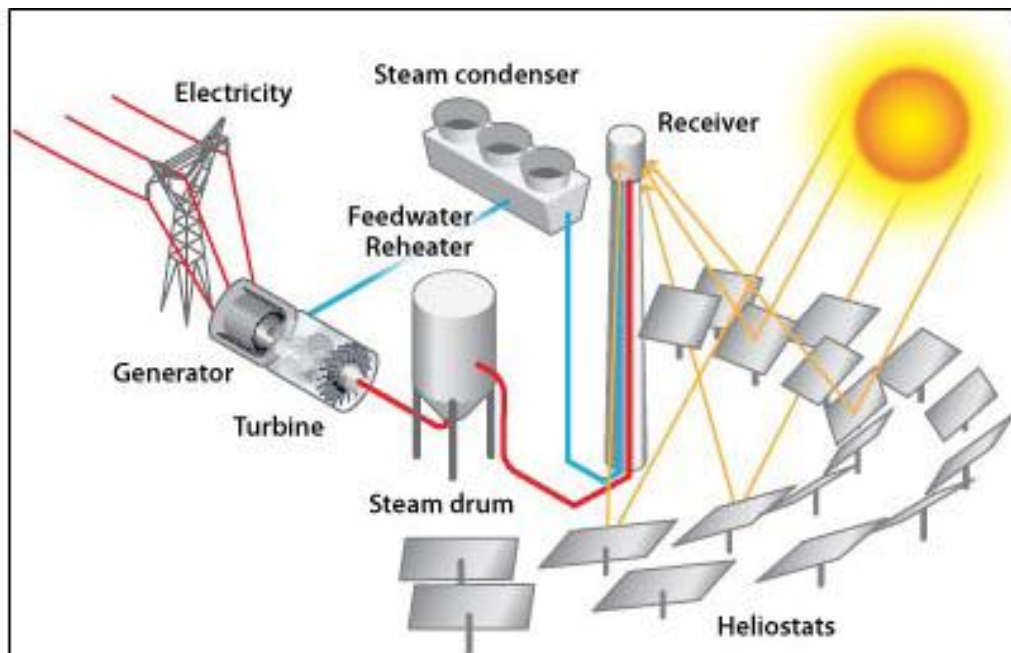


شکل ۴۹: سیستم ردیاب دوماحوره AADAT [14]

۳,۴,۲,۱ نیروگاه خورشیدی دریافت‌کننده مرکزی (TSP^{۸۰})

ایده اصلی تولید الکتریسیته با نیروگاه خورشیدی هلیوستاتی برای اولین بار به وسیله دانشمندان روسی در اوایل دهه ۱۹۵۰ مطرح گردید و اولین بار نیروگاه دریافت‌کننده مرکزی در سال ۱۹۸۲ با ظرفیت ۱۰ مگاوات در آمریکا به بهره‌برداری رسید.

نیروگاه حرارتی از نوع برج دریافت‌کننده مرکزی با متمرکز نمودن پرتوهای تابش خورشید بر روی برج دریافت‌کننده انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. در این نیروگاه‌ها، پرتوهای خورشید به وسیله مزرعه‌ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس‌کننده به نام هلیوستات بر روی یک دریافت‌کننده که در بالای برج نسبتاً بلندی استقرار یافته است متمرکز می‌گردد. هریک از آینه‌ها به طور جداگانه خورشید را ردیابی می‌کنند. سطوح متمرکز کننده طوری تنظیم می‌شوند که همواره پرتوها را روی دریافت‌کننده ثابتی که همان برج مرکزی است، منعکس می‌کنند. در نتیجه روی محل تمرکز پرتوها انرژی گرمایی زیادی به دست می‌آید که این انرژی به وسیله سیال عامل که داخل دریافت‌کننده در حرکت است، جذب می‌شود و به وسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاه‌های سنتی منتقل شده و بخار مافوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور تولید گردد.



شکل ۵۰: شماتیک نیروگاه دریافت‌کننده مرکزی [14]

^{۸۰}Tower Solar Plant

این سیال عامل در مبدل‌های حرارتی در کنار آب قرار گرفته و موجب تبدیل آن به بخار با فشار و حرارت بالا می‌گردد. در برخی از سیستم‌ها، سیال عامل، آب است و مستقیماً در داخل دریافت کننده به بخار تبدیل می‌شود. برای استفاده دائمی از این نیروگاه در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد، مثلاً ساعات ابری یا شب‌ها، از سیستم ذخیره حرارت و یا احیاناً از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت فسیلی استفاده کنند جهت ایجاد بخار برای تولید برق کمک گرفته می‌شود. مطالعات و تحقیق در زمینه فناوری و سیستم‌های این نیروگاه‌ها ادامه دارد و آزمایشگاه‌ها و مؤسسات متعددی در سراسر دنیا در این زمینه فعالیت می‌کنند. کلیه مطالعات اولیه، پتانسیل‌سنجی و طراحی اولین نیروگاه خورشیدی ایران از نوع دریافت کننده مرکزی به وسیله سازمان انرژی‌های نو ایران و با کمک شرکت‌های مشاور و سازنده داخلی با ظرفیت یک مگاوات و سیال عامل آب و بخار در طالقان انجام پذیرفته است و یک نمونه هلیوستات نیز ساخته شده است.



شکل ۵۱: نیروگاه‌های هلیوستات SP10 و SP20 [14]

بزرگترین نیروگاه هلیوستاتی احداث شده در دنیا، نیروگاه Solar واقع در ایالت کالیفرنیا، آمریکا است که از ۱۸۱۸ عدد هلیوستات به مساحت ۲۴۰ مترمربع تشکیل شده است. بازدهی کلی این نیروگاه ۱۳٪ برآورد شده است.



شکل ۵۲: نیروگاه Solar در کالیفرنیا [14]

قسمت‌های اصلی نیروگاه خورشیدی از نوع دریافت‌کننده مرکزی

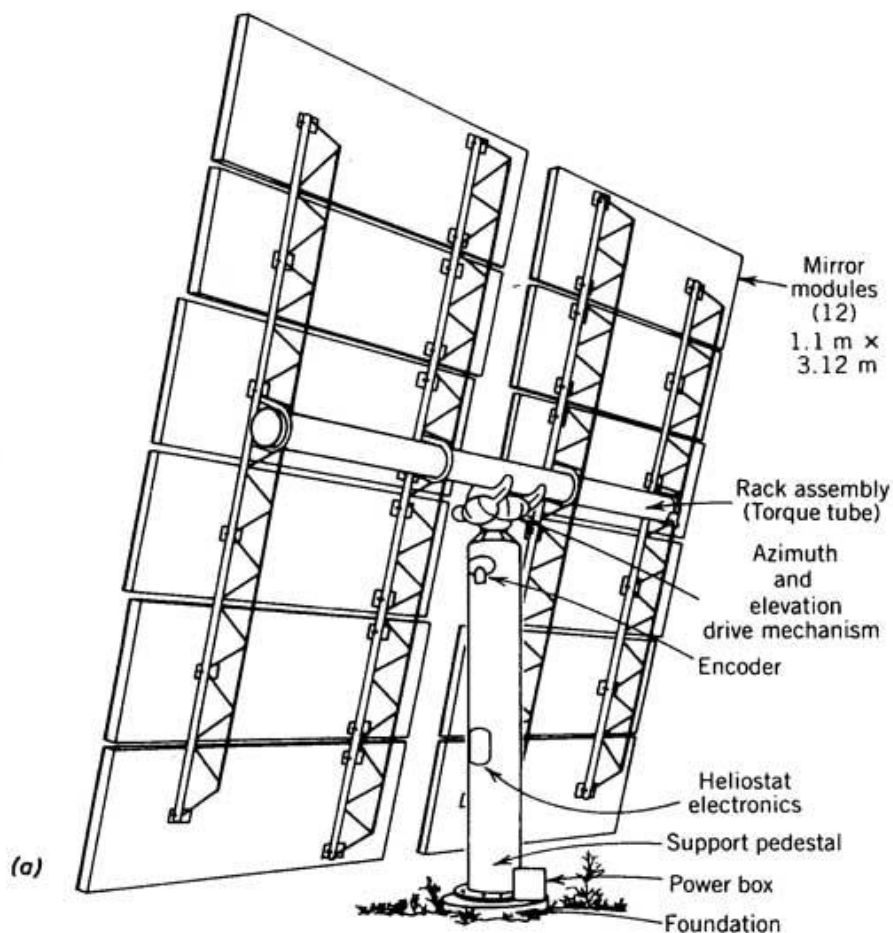
همانطور که در سیکل تولید برق به وسیله نیروگاه‌های هلیوستاتی ذکر شد، این نیروگاه‌ها با انعکاس پرتوهای خورشید به وسیله تعداد زیادی منعکس‌کننده بر روی یک سیستم دریافت‌کننده، باعث ایجاد حرارت بالا شده که این حرارت به وسیله سیال عامل باعث به حرکت در آمدن توربین و تولید برق می‌گردد. پس می‌توان دریافت که بخش‌های اصلی این نیروگاه، هلیوستات‌ها، سیستم دریافت‌کننده مرکزی، سیستم انتقال حرارت و سیستم ذخیره حرارتی می‌باشد.



شکل ۵۳: یک نیروگاه هلیوستات [14]

الف) هلیوستات

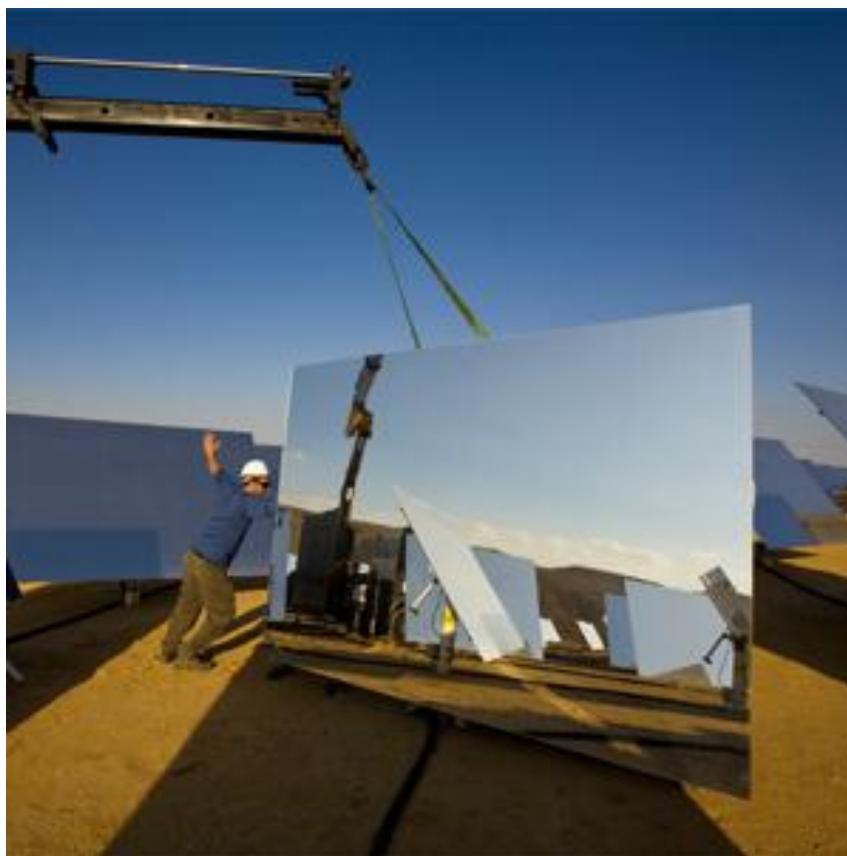
هلیوستات‌ها، آینه‌های منعکس کننده قابل کنترلی هستند که قابلیت تعقیب خورشید در طول روز را دارند و با زاویه خاصی که هر کدام از آنها در طول روز با خورشید دارند، به نحوی خورشید را دنبال می‌کنند که بیشترین میزان دریافت و انعکاس پرتوهای خورشید را داشته باشند. هلیوستات‌ها خود از چند قسمت اصلی تشکیل شده‌اند که عبارتند از: آینه‌ها، سازه فلزی، فونداسیون، سیستم محرک و سیستم کنترل کننده خورشیدی.



شکل ۵۴: قسمت‌های مختلف یک هلیوستات [14]

الف-۱) آینه‌ها

آینه‌ها مهم‌ترین بخش هلیوستات می‌باشند که وظیفه انعکاس پرتوهای خورشید بر روی دریافت‌کننده مرکزی را بر عهده دارند. برای ساخت آینه‌ها، باید سطحی در نظر گرفته شود که بتوان پوششی نازک از بعضی فلزات را بر روی آن قرار داد. جنس این سطح بر آینه‌هایی که فلز پشت آن پاشیده می‌شود از شیشه یا پلیمرهای شفاف است و برای آینه‌هایی که فلز روی آن مالیده می‌شود، پلیمر کدر می‌باشد. آینه‌ها به وسیله قاب‌های فلزی بر روی سازه فلزی ساخته شده، نصب و محکم می‌گردد.



شکل ۵۵: صحنه‌ای از نصب هلیوستات [14]

الف-۲) سازه فلزی و فونداسیون

قسمتی از هلیوستات‌ها که آینه‌های منعکس‌کننده بر روی آن نصب و محکم می‌شود، سازه فلزی نام دارد. در ساخت هلیوستات‌های کوچک و متوسط از سازه‌هایی که از یک ستون و چند تیر کمکی متقاطع تشکیل شده است، استفاده می‌شود. این سازه دارای قابلیت حرکت مناسب با بازه مطلوب می‌باشد ولی برای هلیوستات‌های بزرگ از یک ستون اصلی و خرپاهای فضایی استفاده می‌شود. واسطه نصب و محکم شدن هلیوستات‌ها بر روی زمین، فونداسیون آنها می‌باشند که معمولاً از نوع بتنی است و حفره‌هایی بر روی آنها تعبیه شده که ستون سازه در آن قرار می‌گیرد.

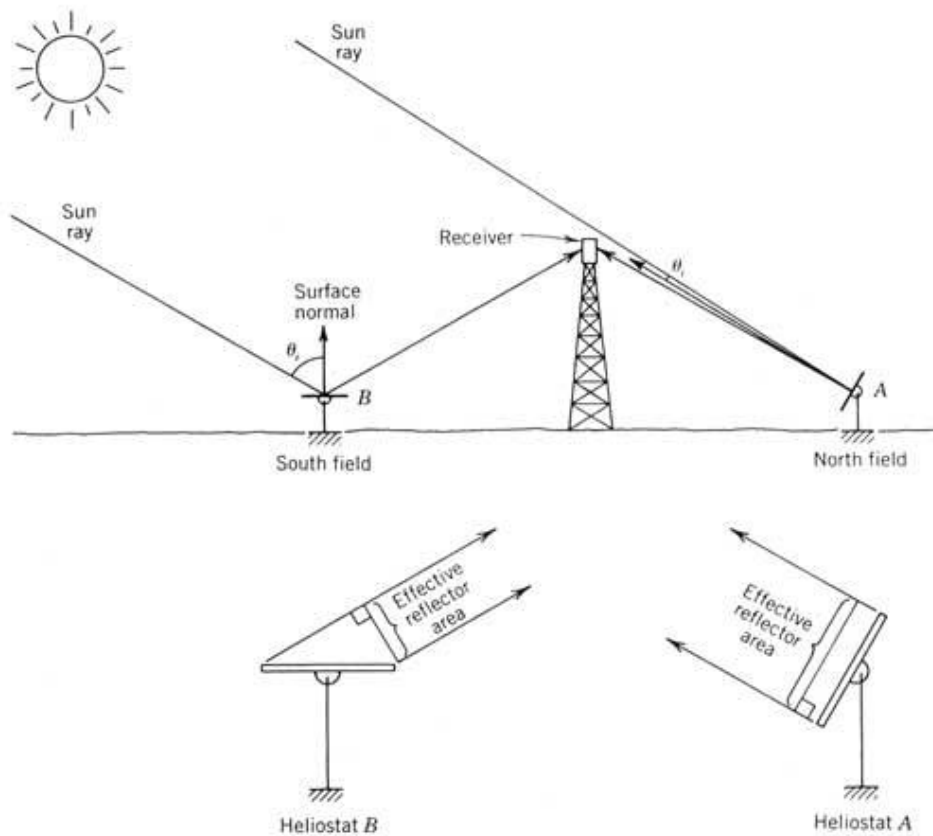


شکل ۵۶: نمایی از قسمت پشتی یک هلیوستات [14]

الف-۳) سیستم‌های محرک و کنترل کننده

سیستم محرک هلیوستات، قابلیت حرکت هلیوستات‌ها را در دو جهت افقی و عمودی برای تمرکز بیشتر نور خورشید فراهم می‌کند و سیستم کنترل، عمل ردیابی خورشید در طول روز را با اعمال فرمان حرکت در دو جهت عمودی و افقی به سیستم‌های محرک امکان‌پذیر می‌کند. سیستم‌های کنترل کننده دارای انواع مختلفی چون کنترل مکانیکی، کنترل هیدرولیکی و کنترل توسط کامپیوتر هستند که در سیستم مکانیکی، یک دینامومتر متصل به گیربکس به نحوی عمل می‌کند که باعث حرکت هلیوستات‌ها از طلوع تا غروب خورشید می‌شود. در سیستم کنترل هیدرولیکی، حرکت هلیوستات توسط یک سیلندر هیدرولیکی انجام می‌گیرد و در طول روز مقداری روغن که میزان آن مشخص است به داخل سیلندر پمپاژ می‌شود و با فشاری که پمپ در سیلندر تولید می‌کند باعث می‌شود تا هلیوستات‌ها در طول روز به دنبال خورشید به حرکت درآیند.

سیستم کنترل توسط کامپیوتر گران قیمت بوده ولی بسیار مطمئن و دقیق می‌باشد و در اغلب نیروگاه‌ها از آن استفاده می‌شود. در این روش، کنترلی برای هر هلیوستات با موقعیت مکانی خاص خودش یک برنامه به کامپیوتر داده می‌شود که شکل موقعیت جغرافیایی آینه‌ها، فاصله آنها تا برج دریافت کننده و میزان سایه انداختن هلیوستات‌ها بر روی هم در زمان‌های مختلف سال است و سیستم کنترل کامپیوتر برای هر هلیوستات، یک برنامه جهت اعمال به سیستم محرک طرح ریزی می‌کند.



شکل ۵۷: شماتیک بررسی سایه‌اندازی نیروگاه [14]

ب) سیستم دریافت کننده مرکزی

سیستم دریافت کننده مرکزی وظیفه تمرکز و جذب حرارت ایجاد شده توسط هلیوستات‌ها و انتقال انرژی حرارتی ایجاد شده به سیال عامل را ایفا می‌کند. این دریافت کننده در بالای برج دریافت کننده قرار گرفته و در معرض بیشترین تشعشعات منعکس شده تا حدود ۳۰۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلووات بر مترمربع است، قرار دارند. دیواره این دریافت کننده‌ها از یک سری لوله‌های موازی که

در کنار هم قرار دارند و در داخل آنها سیال جریان دارد تشکیل شده است. انرژی خورشیدی به سطح خارجی لوله‌ها منعکس شده و انرژی جذب شده توسط لوله‌ها به سیال داخل آنها منتقل می‌شود. این لوله‌ها از قسمت فوقانی مسدود شده‌اند و نتیجتاً انبساط حرارتی در قسمت پایین آنها اتفاق می‌افتد. ظرفیت حرارتی سیستم دریافت‌کننده به مجموع انرژی ورودی به سیکل انتقال حرارت و میزان انرژی ذخیره شده در ساعات روز گویند که این پارامتر به عوامل دیگری همچون طول لوله‌های دریافت‌کننده، تلفات هلیوستات‌ها و دیگر تلفات موجود در سیستم بستگی دارد. یکی از این عوامل محدود کننده، طول لوله‌های دریافت‌کننده است که نمی‌تواند حداکثر از ۳۰ متر تجاوز کند و این امر باعث محدود شدن قابلیت جذب دریافت‌کننده می‌گردد.

ج) سیستم انتقال حرارت

سیستم انتقال دهنده حرارت همانطور که از نام آن پیداست، وظیفه انتقال حرارت تولید شده در سیستم دریافت‌کننده مرکزی به سیال عامل برای تولید بخار جهت تجهیزات تولید توان و پمپ‌ها را دارد و از بخش‌های سیال انتقال دهنده حرارت و لوله‌های دریافت‌کننده تشکیل شده است. در ساختمان نیروگاه‌های هلیوستاتی سیال‌های مختلفی مثل بخار آب، فلزات مایع، نمک‌های مذاب و گازها می‌توان استفاده کرد که هر یک از این سیال‌ها، ویژگی‌های خاص خود را دارند.

• استفاده از آب به عنوان سیال

در سیستم‌هایی که در آن، آب به عنوان سیال دریافت‌کننده مرکزی است، آب تحت فشار با فشار حدود ۱۰۰ بار و دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تبدیل به بخار داغ می‌شود و بخار داغ به صورت مستقیم برای حرکت توربین در پایین برج نصب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد و بخار اضافی تولید شده را می‌توان در یک سیستم ذخیره حرارت برای مصرف در حالات ابری و یا در شب ذخیره کرد.

• استفاده از نمک نیترات به عنوان سیال

در بعضی سیستم‌ها از نمک نیترات مذاب به عنوان سیال انتقال حرارت استفاده می‌شود. نمک نیترات دارای نقطه ذوب حدود ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و نسبت به سایر مایعات نظیر آب و روغن حرارت بیشتری در خود نگه می‌دارد. در این نیروگاه‌ها، نمک تا حدود ۵۶۰ درجه سانتی‌گراد داغ می‌شود و پس از اینکه حرارت نمک برای مافوق گرم کردن بخار در مبدل حرارتی

گرفته شد، نمک با حدود ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد دما در یک مخزن ذخیره می‌شود تا در موقع لزوم استفاده گردد. استفاده از این روش دارای این مزیت است که نمک را می‌توان به صورت داغ در یک مخزن ذخیره کرد و نمک داغ حرارت خود را تا ۱۳ ساعت حفظ می‌نماید. در استفاده از سدیم مایع تا حدود ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد در سیستم دریافت‌کننده گرم شده و گرمای آن در یک سیکل مبدل حرارتی باعث چرخش توربین می‌شود.



شکل ۵۸: استفاده از نمک نترات در هلیوستات‌ها [14]

د) سیستم ذخیره انرژی حرارتی (TES^{ا۱})

با توجه به حرکت خورشید در طول روز و تغییر میزان جذب انرژی تشعشعات خورشید، وجود یک سیستم ذخیره‌کننده حرارتی برای زمان‌های ابری یا در هنگام شب جهت تأمین توان الکتریکی لازم با نرخ ثابت و بصورت پیوسته و مستمر ضروری به نظر

^{ا۱}Thermal Energy Storage

می‌رسد. سیستم‌های ذخیره انرژی می‌توانند شیمیایی، الکتروشیمیایی و مکانیکی باشند ولی ویژگی خاص نیروگاه‌های هلیوستاتی باعث می‌شود تا بیشتر از سیستم‌های ذخیره حرارتی با استفاده از تانک‌های ذخیره سیال داغ استفاده شود.

۱,۲,۴,۴ نیروگاه‌های خورشیدی سهموی خطی (PTC^{۸۲})

در این نیروگاه‌ها، از منعکس کننده‌هایی که بصورت سهموی خطی می‌باشند جهت تمرکز پرتوهای خورشید در خط کانونی آنها استفاده می‌شود و گیرنده به صورت لوله‌ای در خط کانونی منعکس کننده‌ها قرار دارد.

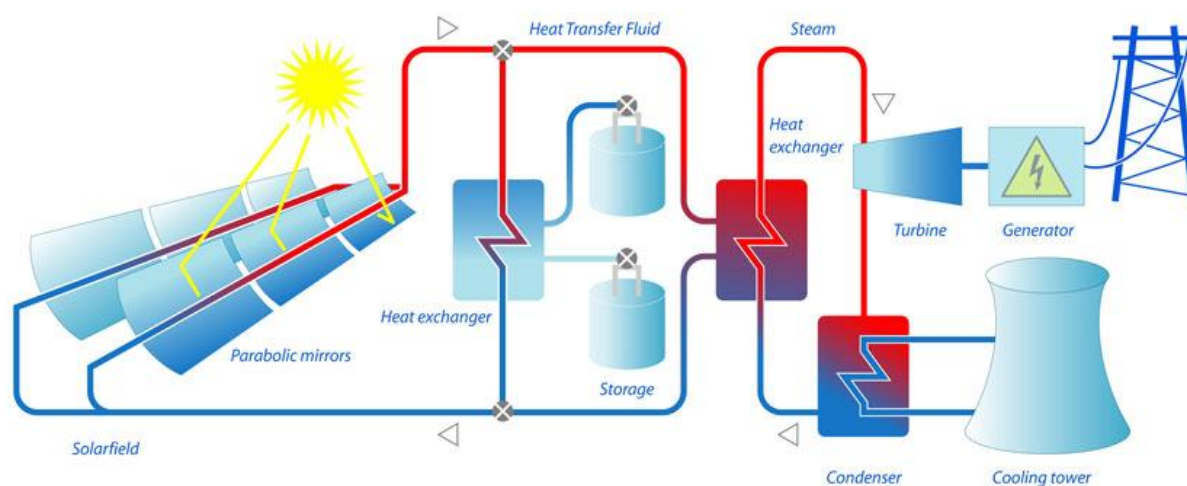


^{۸۲}Parabolic Trough Collector



شکل ۵۹: نمایی از دو نیروگاه سهموی خطی [14]

در داخل این لوله روغن مخصوصی در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشید گرم و داغ می‌گردد. این روغن از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار تبدیل می‌کند این سیستم آب و بخار به مدارهای مرسوم در نیروگاه‌های حرارتی انتقال داده می‌شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد.



شکل ۶۰: شماتیک نیروگاه سهموی خطی [14]

برای بهره‌گیری بیشتر و افزایش بازدهی لوله دریافت کننده، سطح آن را با اکسید فلزی که ضریب بالایی را پوشش می‌دهند و همچنین در محیط اطراف آن لوله شیشه‌ای به صورت لفاف پوشیده می‌شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد و نیز از لوله دریافت کننده محافظت بعمل آید. ضمناً بین دو لوله خلاً بوجود می‌آورند. در این نیروگاه‌ها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که بوسیله آن آینه‌های شلجمی دائماً خورشید را دنبال می‌کنند و پرتوهای آن در روی لوله دریافت کننده متمرکز می‌نمایند. تغییرات تابش خورشید در این نیروگاه‌ها توسط منبع ذخیره و گرمکن سوخت فسیلی جبران می‌شوند.



شکل ۶۱: نیروگاه سهموی [14]

اجزای نیروگاه خورشیدی سهموی خطی

با توجه به توضیحات فوق، اجزای این نیروگاه به صورت زیر است:

الف) کلکتور

- متمرکز کننده (آینه)

متمرکز کننده، یک سطح صیقلی براق است که به انحنای مورد نظر در آمده تا پرتوهای خورشید پس از برخورد به سطح آن، روی خط کانونی سهمی (محل قرارگیری لوله‌ی دریافت کننده) متمرکز شوند. برای آینه متمرکز کننده، عمدتاً از ورقه‌های نقره،

آلومینیوم و استیل براق یا جام شیشه‌ای با اکسید آهن کم استفاده می‌گردد. در نمونه طراحی و ساخته شده توسط مرکز تحقیقات نیرو، از شیشه‌های تقریباً عاری از ناخالصی‌های فلزی استفاده شده است که سطح زیرین آن با نقره خالص پوشش داده می‌شود. سپس با آب مس و دو لایه رنگ روغنی در مقابل شرایط محیط پوشش داده شده است.

- لوله دریافت‌کننده

این قسمت شامل لوله استیل (که روغن داغ در آن جریان پیدا می‌کند)، حباب شیشه‌ای، نمایشگر شیمیایی وجود خلا (بین لوله استیل و حباب شیشه‌ای) و لوله انبساطی است. رنگی که برای پوشش لوله استیل به کار گرفته می‌شود باید به گونه‌ای باشد دارای حداقل انعکاس و صدور و حداکثر جذب باشد. عموماً برای این کار از سرمت استفاده می‌شود.

- فوندانسیون و اسکلت فلزی کلکتور

ب) سیال ناقل حرارت

سیال ناقل حرارت در این سیستم‌ها، علاوه بر قابلیت پایداری در دمای عملکرد سیستم، باید دارای خواصی نظیر مقاومت در برابر اکسید شدن و غیر خورنده بودن را داشته باشد. روغن‌های حرارتی از جمله این سیالات ناقل است که از پایه‌های هیدروکربنی معدنی و مصنوعی ترکیب یافته‌اند.

ج) ردیاب خورشید

برای افزایش کارایی کلکتور، وضعیت آن نسبت به خورشید همواره باید طوری اصلاح شود که بیشتر میزان تابش را جذب کند. از این رو عموماً از یک ردیاب تک‌محوره (که می‌تواند شرقی-غربی یا شمالی-جنوبی باشد) استفاده می‌شود که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند.

در طرح‌های معمول، از یک جفت سلول فتورزیستور با استفاده از موتور DC استفاده می‌شود. اختلاف پتانسیل فتورزیستور در یک برد الکترونیکی تبدیل به فرمان‌های حرکتی با دقت مورد نظر شده که به صورت پالسی، موتور الکتریکی سیستم انتقال حرکت را تغذیه می‌کند.

د) سیستم انتقال حرکت

در سیستم‌های متداول، از یک الکتروموتور DC و گیربکس یا سیستم‌های هیدرولیکی همراه با جک استفاده می‌شود. در نوع اول فرمان‌های الکترونیکی سیستم دنبال کننده مستقیماً وارد الکتروموتور شده و شفت آن بطور متناوب حرکت می‌کند و در نهایت، متمرکزکننده در مسیر پرتوهای مستقیم خورشید قرار می‌گیرد. در نوع دوم فرمان‌های الکترونیکی سیستم دنبال کننده وارد سیستم کنترلی شده و با حرکت جک‌ها، متمرکزکننده در مسیر پرتوهای مستقیم خورشید قرار می‌گیرد.

ژ) تانک روغن

برای جلوگیری از اکسید شدن روغن در اثر تماس با هوا، از تانک‌های انبساطی بسته استفاده می‌شود که قسمتی از تانک به وسیله روغن پر شده و باقیمانده حجم مخزن توسط نیتروژن تحت فشار حدود ۴ بار پر می‌شود تا روغن سیکل تحت فشار باشد.

ل) مبدل حرارتی

جهت تبادل حرارت روغن داغ با آب و تولید بخار مورد نیاز سیکل تولید برق

م) سیکل تولید توان

این سیکل، سیکل معمول رانکین تولید برق از بخار است و دارای قسمت‌های توربین، ژنراتور، کندانسور، برج خنک‌کننده و ... است.

و) سیستم تأمین انرژی از سوخت فسیلی

برای اینکه نیروگاه بتواند در شب و آب‌وهوای ابری و ... نیز بتواند برق تولید کند، از یک سیستم تأمین انرژی که از گاز طبیعی یا سایر سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کند، بهره گرفته می‌شود.

ی) سیستم ذخیره انرژی

در شرایطی که تابش خورشید بیش از حد مورد نیاز سیکل باشد، روغن داغ شده قسمتی از انرژی خود را به یک تانک ذخیره انرژی (که عموماً از نمک مذاب استفاده می‌کند) تحویل می‌دهد و در شرایط کم تابش یا شب، این انرژی بازیابی شده و برق تولید می‌گردد.

۵,۴,۲,۱ سیستم خورشیدی فرنلی (LFCs^{۸۳})

در کلکتورهای فرنلی از تعدادی آینه‌ی باریک و بلند که روی یک سطح و در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند، استفاده می‌شود. در بالای این آینه‌ها، دریافت‌کننده‌ای تعبیه شده است که متشکل از یک متمرکزکننده سهموی و یک لوله تحت خلاء است. نور خورشید با برخورد به این آینه‌های باریک، به سمت دریافت‌کننده منعکس شده و در آنجا دوباره توسط متمرکزکننده روی لوله دریافت‌کننده متمرکز می‌گردد. این لوله حاوی سیال انتقال حرارت است که می‌تواند آب یا روغن باشد. بر حسب مورد، سیال داغ شده وارد سیکل تولید توان می‌گردد. می‌توان گفت دریافت‌کننده فرنلی نوعی از متمرکزکننده سهموی خطی است که در آن، پرتوهای خورشید به جای اینکه مستقیماً به سطح سهموی برخورد کنند، از طریق تعدادی آینه تخت باریک به روی آن منعکس می‌شوند. البته تحقیقات روی این سیستم در حال انجام و فناوری آن در حال توسعه می‌باشد.

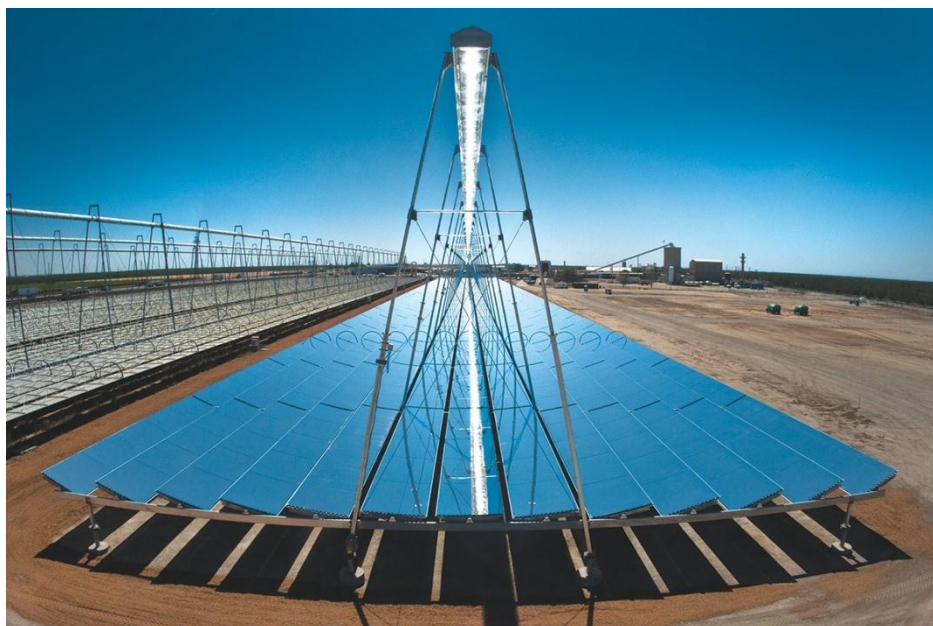


شکل ۶۲: آینه‌های فرنلی [14]



شکل ۶۳: شماتیک عملکرد سیستم فرنی انعکاسی [14]

اولین منعکس‌کننده خطی فرنی در سال ۱۹۶۱ توسط جیووانی فرانسیا در دانشگاه جنوا ایتالیا ساخته شد. فرانسیا اعلام کرد که این سیستم توانایی تأمین انرژی لازم برای سیال عامل در سیکل‌های تولید توان را دارد. این تکنولوژی توسط شرکت‌هایی مثل FMC در خلال بحران نفتی سال ۱۹۷۳ توسعه داده شد، ولی تا دهه ۹۰ میلادی تقریباً دست نخورده باقی ماند. در سال ۱۹۹۳ اولین کلکتور خطی فرنی در دانشگاه سیدنی ساخته و در سال ۱۹۹۵ ثبت شد. در سال ۱۹۹۹، کارکرد این کلکتور با معرفی جاذب‌هایی با کارایی بالا، بهبود داده شد. در سال ۲۰۰۳ مفاهیمی در مورد هندسه سه بعدی این تکنولوژی معرفی گردید. در سال ۲۰۱۰ مقاله‌ای منتشر شد که نشان می‌داد امکان ایجاد تمرکز بیشتر و زاویه دریافت بالاتر از طریق استفاده از علم اپتیک امکان‌پذیر است. این امر به وسیله ایجاد درجات آزادی بیشتر در سیستم به وسیله تغییر در اندازه و انحنای آینه‌ها (قرار دادن آنها در ارتفاعات متفاوت و به حالت موجی) میسر است.

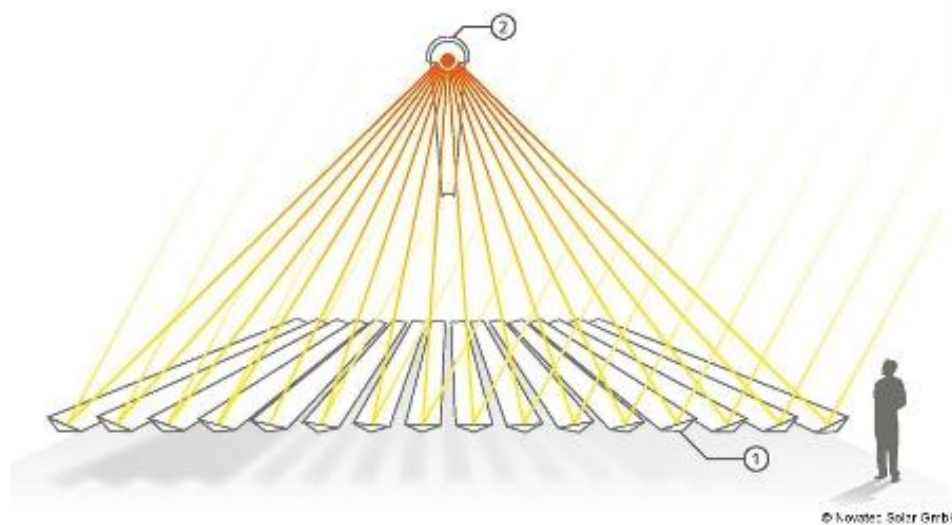


شکل ۶۴: یک سیستم فرنلی [14]

اجزای کلکتورهای فرنلی خطی

الف) منعکس کننده‌ها

منعکس کننده‌ها، آینه‌های باریک و تختی هستند که روی سطحی قرار گرفته و نور خورشید را روی جاذبی که در ارتفاع مشخصی روی این آینه‌ها قرار دارد، منعکس می‌کنند. چالش اصلی در همه‌ی سیستم‌های متمرکزکننده خورشیدی، تلاش برای ثابت نگه داشتن انرژی متمرکز شده با حرکت خورشید در آسمان است. آینه‌های فوق‌الذکر، بصورت شمالی- جنوبی قرار داده شده و از طریق یک سیستم ردیاب کامپیوتری بصورت تک‌محوره خورشید را تعقیب می‌کنند. این امر امکان حفظ زاویه برخورد مناسب بین پرتوهای خورشید و آینه‌ها را فراهم می‌کند و از این رو انتقال انرژی بهینه می‌گردد.

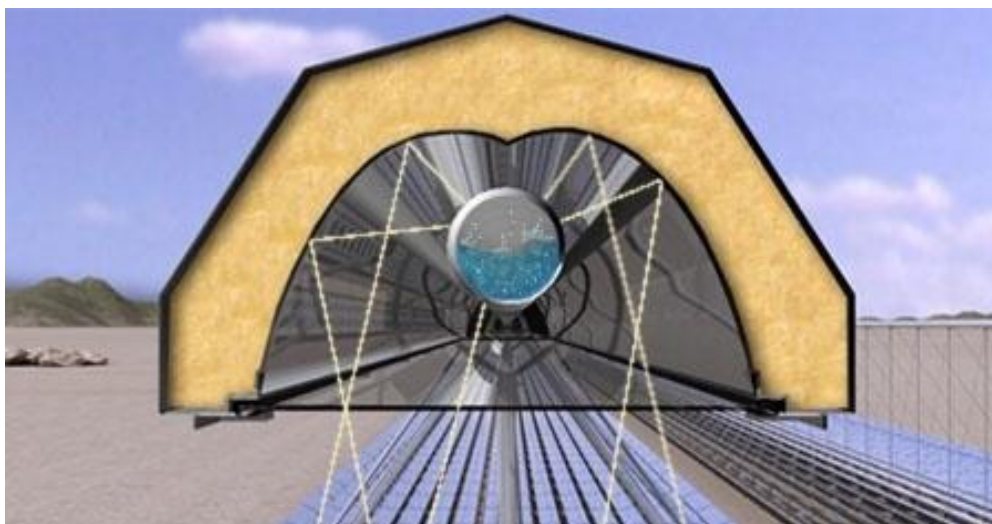


شکل ۶۵: سیستم‌های فرنی ابعاد بزرگی دارند [14]

ب) جاذب

جاذب در ارتفاع مشخصی در بالای سطح آینه‌های منعکس‌کننده و در نقطه کانونی آنها قرار می‌گیرد. در کلکتورهای فرنی عموماً از یک جاذب سهموی که یک لوله حاوی سیال عامل در خط کانونی آن قرار دارد استفاده می‌شود. همانطور که شکل

زیر مشاهده می‌گردد، پرتوهای بازتابیده از آینه‌ها، یا مستقیماً به لوله جاذب برخورد می‌کنند یا به سطح سهموی. پرتوهایی که به سطح سهموی برخورد می‌کنند، دقیقاً روی لوله جاذب متمرکز می‌شوند.



شکل ۶۶: قسمت دریافت‌کننده سیستم فرنلی [14]

لوله جاذب عموماً همانند لوله جاذبی است که در کلکتورهای سهموی خطی استفاده می‌گردد. این لوله متشکل از یک لوله استیل با پوشش خاص است که حداکثر میزان جذب و حداقل میزان انعکاس را داشته باشد. این لوله توسط یک لایه شیشه‌ای محافظت می‌گردد. فضای بین لوله استیل و لایه شیشه را خلاء می‌کنند. سیال کاری (که حسب مورد می‌تواند روغن یا آب باشد) با عبور از داخل لوله جاذب و جذب انرژی خورشید داغ شده یا تبخیر می‌گردد و با خروج از کلکتور، انرژی خود را برای تولید برق یا استفاده حرارتی تحویل سیستم می‌دهد.

در نیروگاه‌هایی که از کلکتور فرنلی استفاده می‌کنند، عموماً سایر اجزای نیروگاه همانند نیروگاه‌های معمول است. به این معنی که، بخار ایجاد شده (چه بصورت مستقیم در کلکتور ایجاد شود چه از طریق انتقال حررات در مبدل حرارتی) به توربین فرستاده شده و برق تولید می‌شود. اجزایی مثل برج خنک‌کن و غیره مشابه با سایر نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی است.

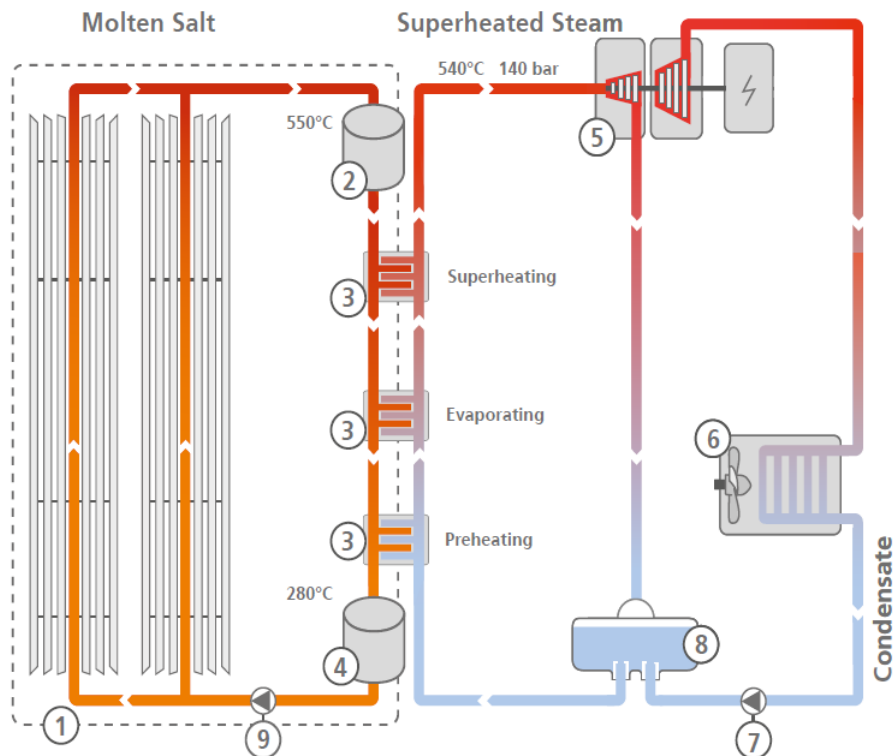


شکل ۶۷: نمای دیگری از دریافت کننده سیستم فرنلی [14]

البته با توجه به جدید بودن استفاده از کلکتورهای فرنلی نسبت به سایر تکنولوژی‌های حرارتی خورشیدی، نیروگاه‌های خورشیدی فرنلی هم شکل یکسانی در کل دنیا ندارند. بعنوان مثال در شکل زیر، نیروگاه حرارتی فرنلی طراحی شده و نصب شده توسط شرکت معتبر NOVATEC SOLAR که از تکنولوژی نمک مذاب استفاده می‌کند آورده شده است. اجزا نشان داده شده در این شکل عبارتند از:

۱. میدان خورشیدی
۲. تانک داغ
۳. مبدل حرارتی نمک/آب
۴. تانک خنک
۵. توربین بخار
۶. کندانسور هوا خنک
۷. پمپ تغذیه آب
۸. هواده مجدد

۹. پمپ گردش مجدد



شکل ۶۸: شماتیک سیستم فرنی [14]

بزرگترین نیروگاه خورشیدی فرنی طراحی شده دنیا به نام Kogan Creek قرار است تا سال ۲۰۱۵ در استرالیا به بهره‌برداری برسد. این نیروگاه در محل نیروگاه ۷۵۰ مگاواتی زغال‌سنگ سوز تعبیه می‌گردد و در شرایط تابش مناسب، ۴۴ مگاوات به ظرفیت اصلی نیروگاه اضافه می‌کند. این نیروگاه نیز دارای طرح خاصی است که شکل آن در زیر آورده شده است. مراحل کارکرد این نیروگاه عبارتند از:

۱. آب خنک شده از طریق کندانسور هوا خنک به پمپ تغذیه بویلر رسانده می‌شود.
۲. آب به میدان خورشیدی رسانده می‌شود.
۳. آب در میدان خورشیدی از طریق کلکتورهای خورشیدی فرنی به بخار تبدیل می‌گردد.
۴. بخار ایجاد شده در میدان خورشیدی، بیشتر گرم شده و در توربین فشار میانی برای تولید برق بکار گرفته می‌شود.

۵. زغال سنگ از انبار به نیروگاه تغذیه می‌گردد.
۶. زغال سنگ در بویلر سوزانده می‌شود.
۷. آب در بویلر گرم می‌شود تا تبدیل به بخار گردد.
۸. بخار ایجاد شده توربین را به حرکت در می‌آورد. بخار اضافی که از طریق میدان خورشیدی حاصل شده است، موجب افزایش تولید برق می‌شود.
۹. توربین ژنراتور را به گردش در می‌آورد. یک الکتورمگنت قوی که در محور ژنراتور جایگذاری شده است و زمانی که می‌چرخد، باعث تولید برق در پره‌های جانبی ژنراتور می‌گردد.
۱۰. برق تولید شده از طریق خطوط انتقال فشار قوی به سمت مصرف کننده فرستاده می‌شود. در شرایط تابش بیشینه، میدان خورشیدی باعث افزوده شده ظرفیت نیروگاه به اندازه ۴۴ مگاوات می‌گردد.
۱۱. بخار خروجی از طریق کندانسور هوا خنک چگالیده شده و برای استفاده مجدد به پمپ تغذیه بویلر پمپاژ می‌گردد.
۱۲. یک سیستم فیلتر، خاکستر معلق را قبل از آنکه وارد دودکش شود، از خروجی بویلر تمیز می‌کند.
۱۳. خاکستر برای بازتوانی معدن زغال سنگ بکار گرفته می‌شود.



شکل ۶۹: نیروگاه Kogan Creek [14]

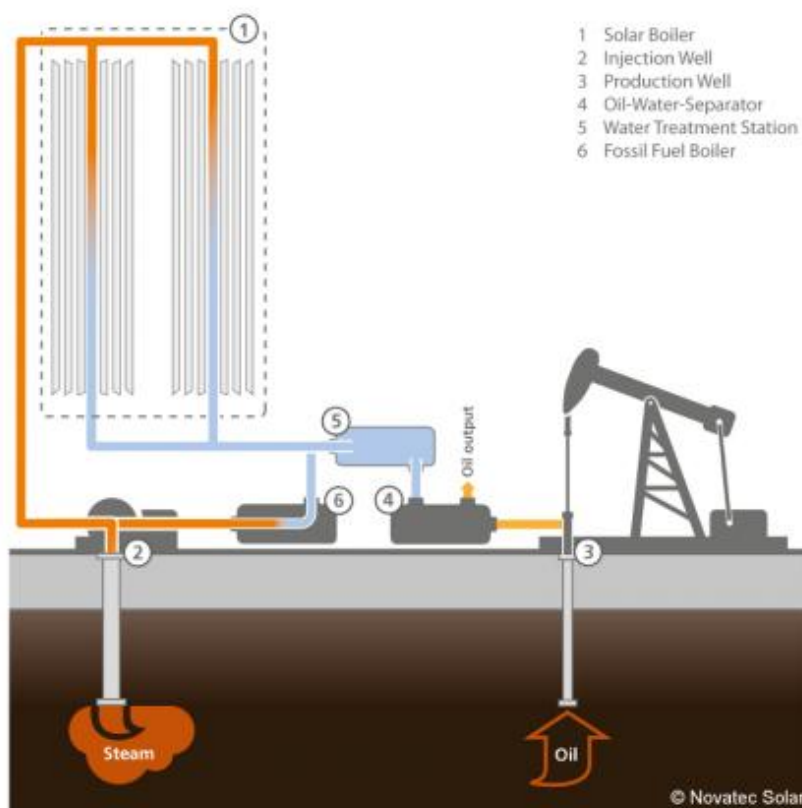
کاربردهای کلکتورهای فرنی

الف) تولید برق

در بین روش‌های مختلف تولید برق خورشیدی، نیروگاه‌های متمرکزکننده از اهمیت خاصی برخوردارند. در این میان، نیروگاه‌های خورشیدی فرنی، با طراحی صحیح و در نظر گرفتن پارامترهای دقیق، می‌توانند یکی از تکنولوژی‌های قابل اتکا در این حوزه محسوب شوند که روش کار آن در بخش‌های قبلی توضیح داده شد. البته تحقیقات روی کلکتورهای فرنی در حال انجام است و تلاش برای برطرف کردن نقاط ضعف آنها در پروژه‌های نیروگاهی ادامه دارد. همانطور که در بخش قبل گفته شد، این نیروگاه‌ها می‌توانند بصورت مجزا یا بصورت هیبرید (با نیروگاه‌های فسیلی) کار کنند که نمونه‌ای از نیروگاه هیبریدی در بخش قبلی آورده شد.

ب) استخراج نفت سنگین

در میداین نفتی که دارای نفت سنگین و با لزجیت بالا هستند، عموماً از روش تزریق انرژی حرارتی (به منظور افزایش دما و کاهش ویسکوزیته نفت و استخراج آسان‌تر آن) استفاده می‌شود. این کار عموماً با تزریق بخار داغ که حاصل از تبخیر آب در بویلرهای نفت‌سوز یا گازسوز هستند، انجام می‌شود. در میداین نفتی که نیاز به این تکنولوژی دارند و دارای تابش مناسب آفتاب در طول سال هستند (مثل کشور ما)، می‌توان از کلکتورهای خورشیدی فرنی به‌منظور تبخیر آب استفاده کرد. بسته به میزان بخار مورد نیاز و سایر پارامترها، این سیستم را می‌توان به‌صورت مجزا یا به صورت هیبرید (همراه با بویلرهای نفت‌سوز یا گازسوز) استفاده کرد.



شکل ۷۰: استخراج نفت سنگین [19]

ج) تولید بخار فرآیندی

صنایعی از قبیل صنایع غذایی، نساجی و صنایع شیمیایی نیاز به بخار با دمای متوسط دارند. برای تأمین این بخار می‌توان از کلکتورهای خورشیدی فرنلی (به صورت مجزا یا هیبریدی) استفاده کرد.

د) تأمین آب شیرین

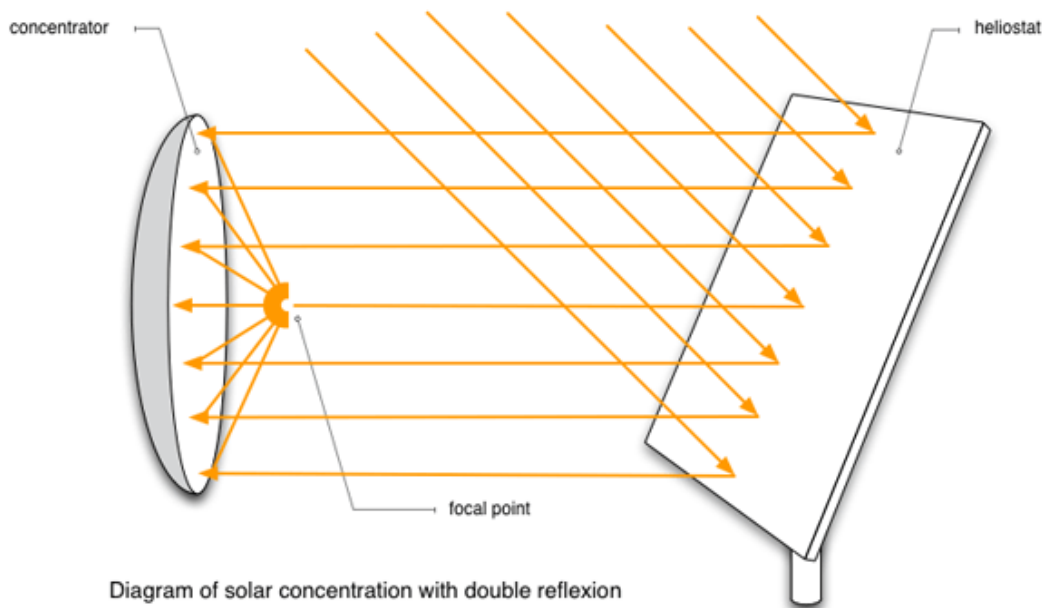
تأمین آب شیرین و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن‌ها، در مناطقی که دسترسی به آب شیرین و سالم ندارند، از اهمیت خاصی برخوردار است. اکثر این مناطق (مخصوصاً در کشور ما) دارای تابش بسیار مناسب خورشید هستند. کلکتورهای خورشیدی فرنلی می‌توانند انرژی لازم برای آب‌شیرین‌کن‌ها را فراهم کنند.

۵,۲,۱ سیستم‌های حرارتی

۱,۵,۲,۱ کوره خورشیدی^{۸۴}

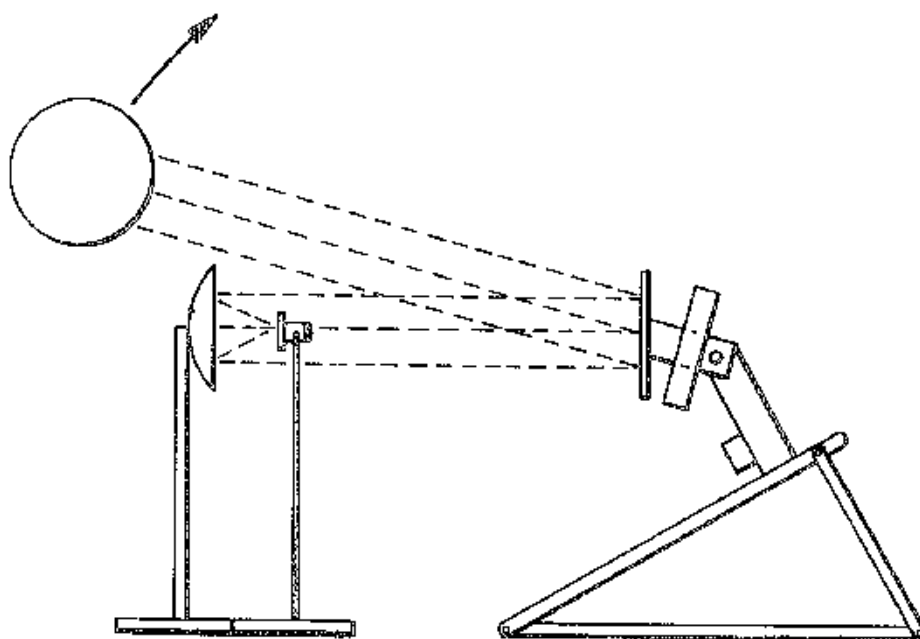
کوره خورشیدی تشکیل شده از یک متمرکزکننده انعکاسی (رفلکتوری) بزرگ که دهانه آن بصورت عمود بر زمین و به سمت شمال جغرافیایی قرار دارد. یک یا چندین هلیواستات که از آینه‌گردان تشکیل شده در تمام روز خورشید را ردیابی نموده و تابش عمود بر متمرکزکننده می‌فرستند. متمرکزکننده نورهای دریافتی را در یک منطقه حرارتی به نام کانون متمرکز می‌نماید.

با در نظر گرفتن اتلافات اپتیکی، دمای کوره را از طریق نسبت تمرکز می‌توان پیش‌بینی نمود. نسبت مقدار سطح دهانه متمرکزکننده به نسبت سطح متمرکز شده را نسبت تمرکز می‌نامند. مثلاً برای دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد نسبت تمرکز مورد نیاز ۱۰۰۰ و برای دمای ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت تمرکز ۱۰۰۰۰ مورد نیاز است.



شکل ۷۱: شماتیک کوره خورشیدی [19]

از خصوصیات این کوره این است که در مجاورت دمای حتی ۳۸۰۰ درجه سانتی‌گراد، گرما حس نمی‌شود و می‌توان در چند سانتی‌متری منطقه حرارتی کار کرد. هلیواستات‌ها آینه‌های تختی هستند که در دو جهت، سمت و ارتفاع خورشید را در طول روز ردیابی می‌کنند.



شکل ۷۲: عملکرد کوره خورشیدی [19]

بزرگترین کوره ساخته شده تاکنون، کوره خورشیدی اودیو فرانسه می‌باشد که شامل یک متمرکزکننده انعکاسی به ابعاد ۹ در ۱۱ متر با فاصله کانونی ۶ متر که ۶۳ هلیواستات روی ۸ سکو بصورت پلکانی قرار دارند. هر هلیواستات از ۱۸۰ قطعه آینه تشکیل شده است که ابعاد آن ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر مربع در یک قاب بوده و خورشید را ردیابی نموده و نور آن را برای متمرکز کننده می‌فرستد. میزان انرژی تولید شده حرارتی هزار کیلووات می‌باشد و میانگین دمای بیشینه حاصله ۳۸۲۵ درجه سانتی‌گراد است. از این کوره در زمینه بدست آوردن فلزات بسیار خالص چون تنگستن و تهیه نسوزها و کریستوگرافی مواد نسوز و فلزات و نسوزهای خاصی که با کوره‌های معمولی امکان‌پذیر نیست استفاده می‌شود.



شکل ۷۳: کوره خورشیدی مونت لوئیز [19]

در فرانسه کوره خورشیدی مونت لوئیز^{۸۵} با قدرت ۵۰ کیلووات حرارت ساخته شد که قادر است هر فیزی را ذوب کند. در نیومکزیک آمریکا کوره خورشیدی با قدرت ۲۳ کیلووات ساخته شد که در تهیه زغال اکتیو استفاده می‌شود. در دانشگاه توهوگو^{۸۶} ژاپن و در شهر تاشکند واقع در ازبکستان، یک مجتمع بزرگ صنعتی خورشیدی شامل کوره خورشیدی با دمای ۳۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در حال ساخت می‌باشد. با توجه به شرایط تابشی کشور ما که دارای مناطق زیاد ۳۰۰ روز آفتابی در طول سال است و همچنین عدم نیاز این کوره به تاسیسات شهری، در کنار معادن می‌توان سنگ‌های معدنی را به فلزات خالص تبدیل و سپس به مراکز مصرف ارسال کرد، که از این راه سود بیشتری را می‌توان به مراکز تولیدی رساند.

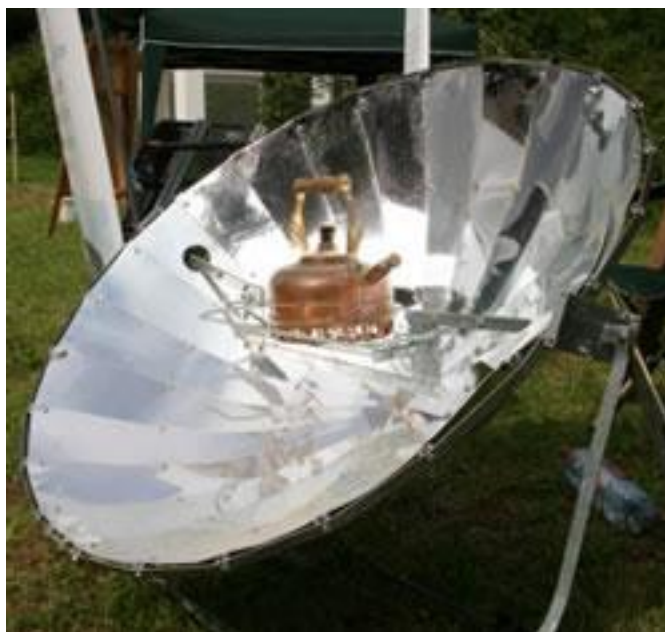
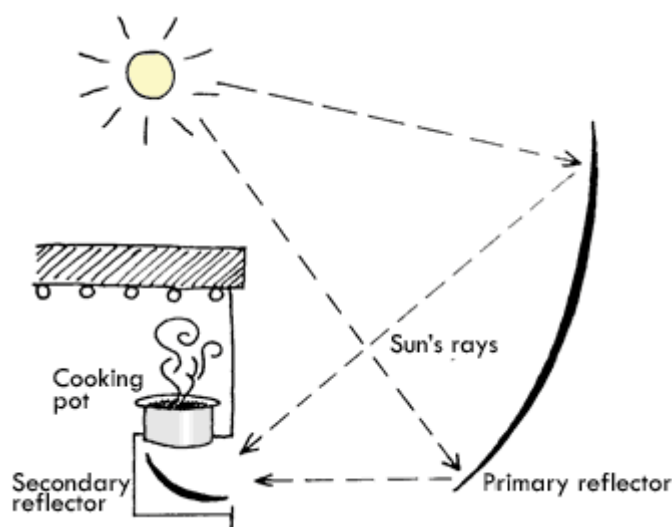
۱,۲,۵,۲ اجاق خورشیدی^{۸۷}

اجاق خورشیدی به سه روش ساخته می‌شود. روش استفاده از متمرکزکننده انعکاسی سهموی شکل و نیز با استفاده از متمرکزکننده انکساری بصورت لنز مسطح. برای رسیدن به حرارت مطلوب، نسبت تمرکز باید ۴۰۰ باشد که دمای مفید ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را در منطقه کانونی تولید نماید. در منطقه کانون نقطه‌ای، ظروف غذا به رنگ مشکی مات می‌باشند و در جهت پخت‌وپز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

⁸⁵ Mont Louis

⁸⁶ Tohoku University

⁸⁷ Solar Cooking



شکل ۷۴: شماتیکی از اجاق خورشیدی و تصویر یک اجاق خورشیدی [19]

چون میزان انرژی حرارتی در کانون حدود ۵۰۰ کیلووات در ساعت است، لذا سرعت پخت غذا سریع و کمتر از نیم ساعت می‌باشد و قبل از آنکه خورشید تغییر مکان زیادی انجام دهد، پخت غذا انجام گرفته است. این نوع اجاق خورشیدی به راحتی با دست به سمت خورشید قرار می‌گیرد و در تمام روز قابل استفاده می‌باشد. روش سوم اجاق خورشیدی تشکیل شده از یک جعبه بسته عایق‌بندی شده که دارای یک درب شیشه‌ای بوده، اشعه خورشید به وسیله چند آینه از درب شیشه‌ای به درون اجاق می‌تابد و با تجمع نورها روی دیگ غذا در محیط عایق‌بندی شده غذا می‌پزد.



شکل ۷۵: نوع دیگری از اجاق خورشیدی [19]

اولین اجاق خورشیدی به وسیله موشو^{۸۸} ساخته شد. در سال ۱۸۶۰ از طرف ناپلئون سوم، موشو ماموریت یافت تا یک اجاق خورشیدی برای استفاده ارتش آفریقایی فرانسه بسازد. موشو از منعکس کننده سهمی که اشعه خورشید را روی ظرف غذا متمرکز می کرد استفاده نمود. کالور^{۸۹} در سال ۱۸۹۹ اجاقی ساخته که از یک جعبه بسته عایق بندی شده تشکیل شده و بوسیله چند آینه نور خورشید از درب شیشه‌ای به درون اجاق می تابیده است.

بیکر^{۹۰} در سال ۱۹۰۱ برای تمرکز اشعه چند آینه که می توانست دور محوری حرکت کند تعبیه کرده و انعکاس آنها روی اجاق قرار می گرفت. دولاگازا^{۹۱} در سال ۱۹۰۲ از عده‌ای عدسی برای تمرکز اشعه روی ظرف غذاپزی بکار برد. وی محل ظرف و امتداد عدسی‌ها را با حرکت خورشید تنظیم می کرده است.

شوری‌یر^{۹۲} در سال ۱۹۱۵ اجاقی ساخت که در آن اشعه از یک جام شیشه که درب اجاق را تشکیل می داد، عبور کرده و به داخل اجاق می تابیده است. انواع دیگر اجاق‌ها در ژاپن بوسیله سوگی موتو^{۹۳} و گوتو^{۹۴} و در هندوستان به وسیله قائی^{۹۵} تعبیه

⁸⁸ Mouchot

⁸⁹ Calver

⁹⁰ Baker

⁹¹ DelaGarza

⁹² Sherrier

⁹³ Sugimoto

⁹⁴ Guto

شده است. دانشمندانی چون دوفی^{۹۶}، بوردا^{۹۷}، ژنس^{۹۸} و لوف^{۹۹} مدل‌هایی از انواع اجاق خورشیدی را ساخته‌اند. پیشنهاد می‌شود این نوع اجاق در ارتش و سپاه مورد استفاده قرار گیرد که نیاز به سوخت ندارد و به راحتی جمع و نصب می‌گردد. همچنین در پیک‌نیک‌ها و گردش بیرون شهر از نوع متمرکزکننده می‌توان استفاده نمود.

۳,۵,۲,۱ آبگرمکن خورشیدی (SWH^{۱۰۰})

آبگرمکن خورشیدی تشکیل شده از یک کلکتور شامل ماده شفاف که معمولاً شیشه بوده و ممکن است از یک یا چند لایه باشد. جذب‌کننده که معمولاً به زنگ سیاه می‌باشد، که می‌تواند صفحه صاف موج‌دار یا شیاردار، یا لوله‌ای یا بشکه‌ای از جنس فلزات مس، آلومینیوم و استیل باشد. لوله‌ها و یا گذرگاه‌ها که می‌توانند به شکل‌های مختلف باشند و برای هدایت سیال ناقل حرارت بکار برده می‌شوند. جمع‌کننده‌ها و تقسیم‌کننده‌ها^{۱۰۱} برای عبور و تخلیه سیال ناقل حرارت و نیز عایق حرارتی برای کاهش اتلاف حرارتی کلکتور بکار می‌رود.

⁹⁵ Ghai

⁹⁶ Dufie

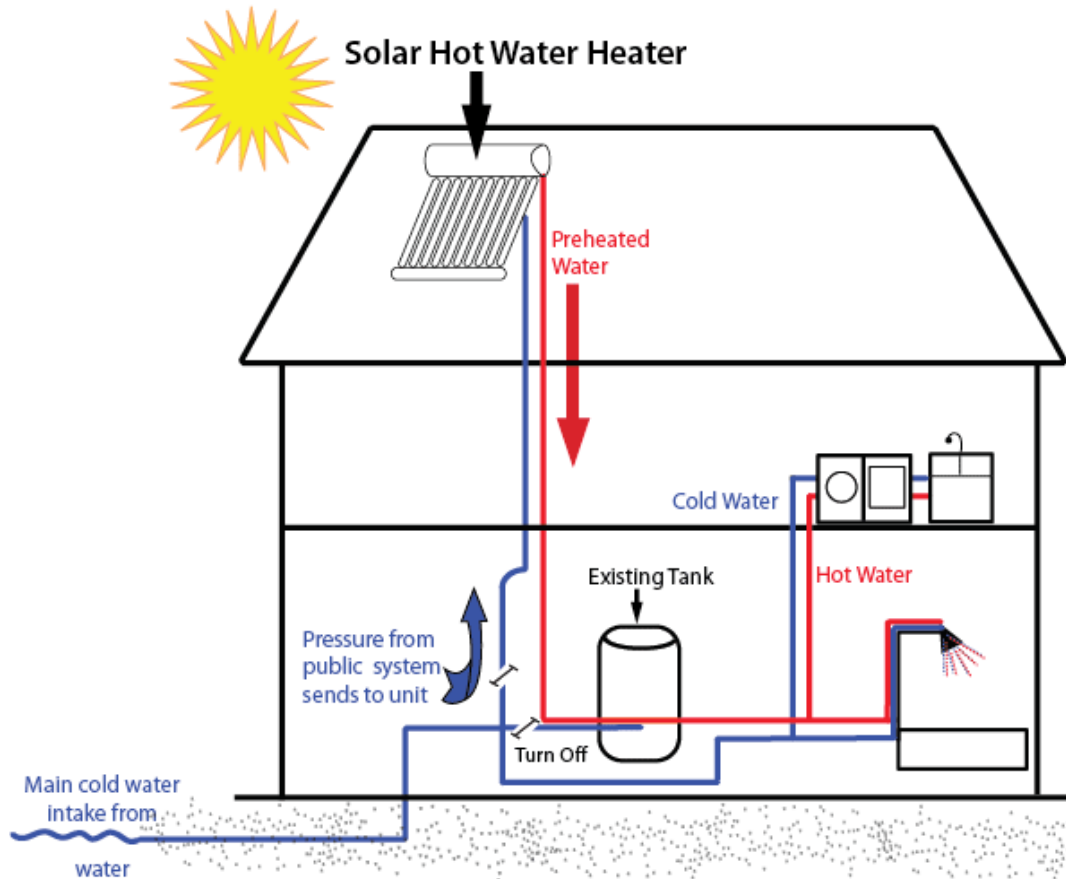
⁹⁷ Burda

⁹⁸ Jeness

⁹⁹ Loof

¹⁰⁰ Solar Water Heating

¹⁰¹ Headers



شکل ۷۶: شماتیک سیستم آبگرمکن خورشیدی [19]

سیالاتی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای سیکل بسته، محلول آب و گلیکول و برای سیکل باز فقط آب است. در سیکل بسته، سیال ناقل حرارت وارد یک مبدل حرارتی در مخزن مصرف آب شده و بعد از انتقال حرارت مجدداً بوسیله پمپ وارد کلکتور می‌گردد. در کلکتور با سیکل بسته، برای جلوگیری از خطر انبساط حرارتی سیال، وجود یک مخزن انبساط یا لوله انبساطی که به یک شیر اطمینان مجهز باشد ضروری است.

در سیکل باز که اصطلاحاً به آن ترموسیفونی گفته می‌شود، سیال عامل به دلیل اختلاف درجه حرارت بطور طبیعی و بدون استفاده از پمپ و با استفاده از عمل ترموسیفون در آنها گردش می‌کند. شرایط لازم در نصب این آبگرمکن آن است که مخزن مصرف نسبت به کلکتور حدود ۳۰ سانتیمتر بالاتر قرار گیرد و حداقل درجه انحراف کلکتور نسبت به سطح افق زمین برای تحقق جریان ترموسیفون در حدود ۲۰ درجه رو به جنوب، ضروریست.

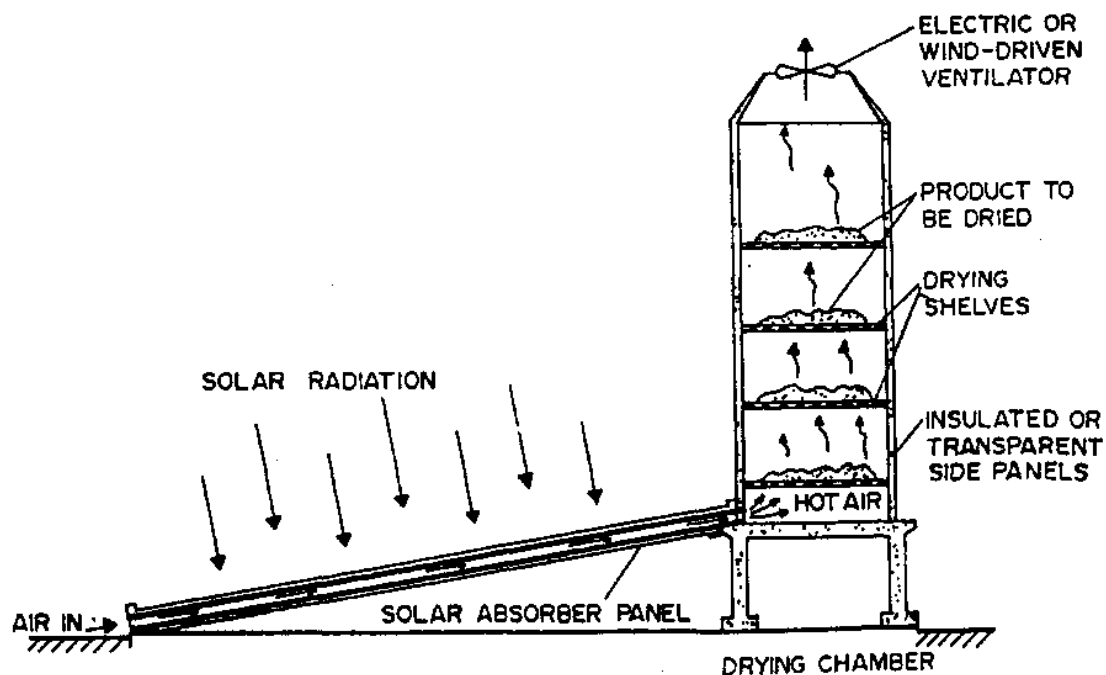


شکل ۷۷: آبگرمکن با کلکتور لوله خلا [19]

آزمایش روی آبگرمکن خورشیدی سیکل باز که ترموسیفونی کار می‌کند نشان داد که در پایان یک روز آفتابی، مخزن مصرف در زمستان دارای آب ۴۹ درجه و در تابستان به ۷۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است. در صورتیکه سطح کلکتور حدود ۲ مترمربع باشد و ظرفیت مخزن بین ۴۰ تا ۶۰ گالن انتخاب شود، این آبگرمکن می‌تواند جواب‌گوی نیاز آبگرم مصرفی یک خانواده ۳ الی ۵ نفره باشد.

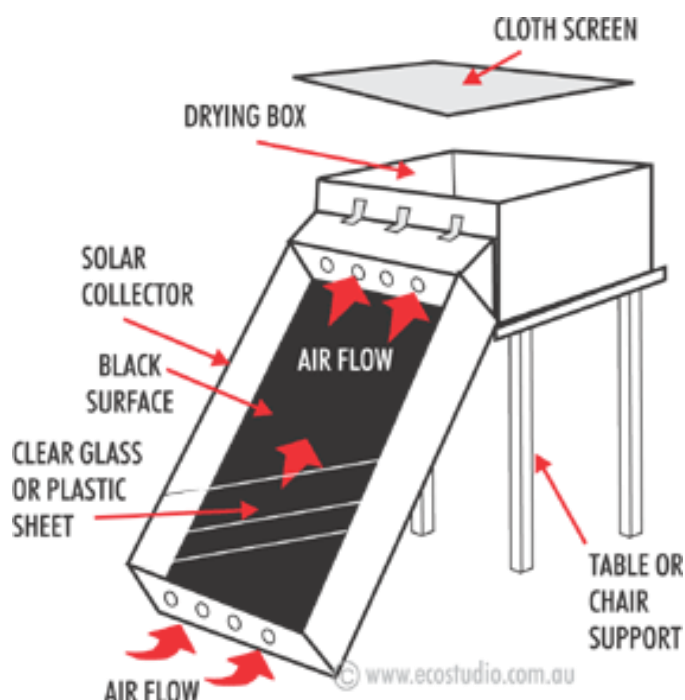
۱،۲،۵،۴ خشک‌کن خورشیدی^{۱۰۲}

خشک کردن، عمل گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذایی است. این فرآیند با گرم کردن برای تبخیر آب و جریان هوا برای دور کردن بخار آب ایجاد شده عملی می‌گردد. در سیستم خشک کردن باز، مواد خشک کردنی مستقیماً تشعشع خورشید را دریافت و بخار آب به وسیله جریان هوا از مواد خشک کردنی دور می‌شود. جریان هوا به وسیله جابجایی طبیعی یا جابجایی اجباری فن وارد کلکتور هوا گرمکن می‌شود که سطح جاذب آن توسط تابش خورشید داغ شده و عبور هوا از روی آن، هوای گرم تولید می‌کند. این عملیات کاملاً مشابه با خشک کردن به وسیله سوخت نفتی یا المنت حرارتی برقی است.



شکل ۷۸: شماتیک خشک‌کن خورشیدی [19]

گازهای اصلی موجود در هوا عبارتند از اکسیژن، نیتروژن و بخار آب. هریک از این گازها قسمتی از فشار هوا را تشکیل می‌دهند. در هر شرایطی از فشار هوا که توسط بارومتر نشان داده می‌شود، فشار بیشینه‌ای که بخار آب می‌تواند در آن شرایط وارد کند، فشار اشباع نامیده می‌شود.



شکل ۷۹: خشک‌کن خانگی خورشیدی [19]

فشار اشباع با درجه حرارت تغییر می‌کند. برای یک محصول که می‌خواهیم از یک رطوبت اولیه به رطوبت ثانوی برود، میزان هوای مورد نیاز برای خشک کردن را می‌توان از رابطه تعادل انرژی برای خشک کردن استخراج نمود. اگر m_w میزان رطوبت تبخیر شده از یک مقدار محصول و جذب شده توسط m_a از هوای خشک کننده باشد، L را نیز نمایش حرارت تبخیر مخصوص محصول در نظر می‌گیریم، C_p گرمای ویژه هوا در فشار ثابت و T_i و T_f به ترتیب نمایش درجه حرارت اولیه و ثانویه هوای خشک‌کننده باشد. رابطه تعادل انرژی برای روند خشک کردن عبارتست از:

$$m_w L = m_a C_p (T_i - T_f) \quad \text{معادله ۵}$$

و یا از دیاگرام سایکرومتریک، میزان هوای مورد نیاز برای خشک کردن بدست می‌آید. هوای گرم بعد از عبور از لابلای محصول، رطوبت محصول را کاهش داده و به مقدار مورد نظر می‌رساند.



شکل ۸۰: تصویری از یک نمونه خشک کن خورشیدی [19]

۱،۲،۵،۵،۵ خانه خورشیدی^{۱۰۳}

ساختمان‌ها به دو طریق قادر به تأمین نیاز حرارتی خود از خورشید می‌باشند.

۱. انفعالی^{۱۰۴}

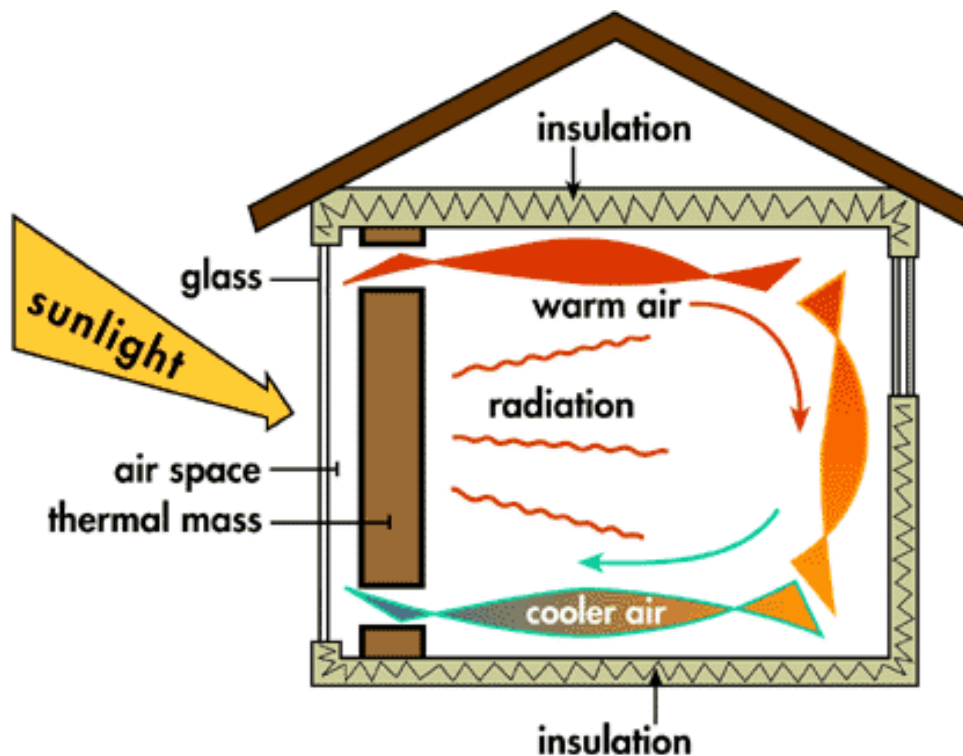
۲. فعال^{۱۰۵}

کیفیت و چگونگی معماری ساختمان به دریافت و ذخیره انرژی خورشیدی در حالت انفعالی بستگی کامل دارد. در صورتیکه گرمایش خورشیدی بصورت فعال، مستلزم استفاده از کلکتورهای خورشیدی و یک منبع انرژی دیگر جهت تهیه و انتقال سیال گرم شده به داخل ساختمان می‌باشد.

¹⁰³ Solar Home

¹⁰⁴ Passive

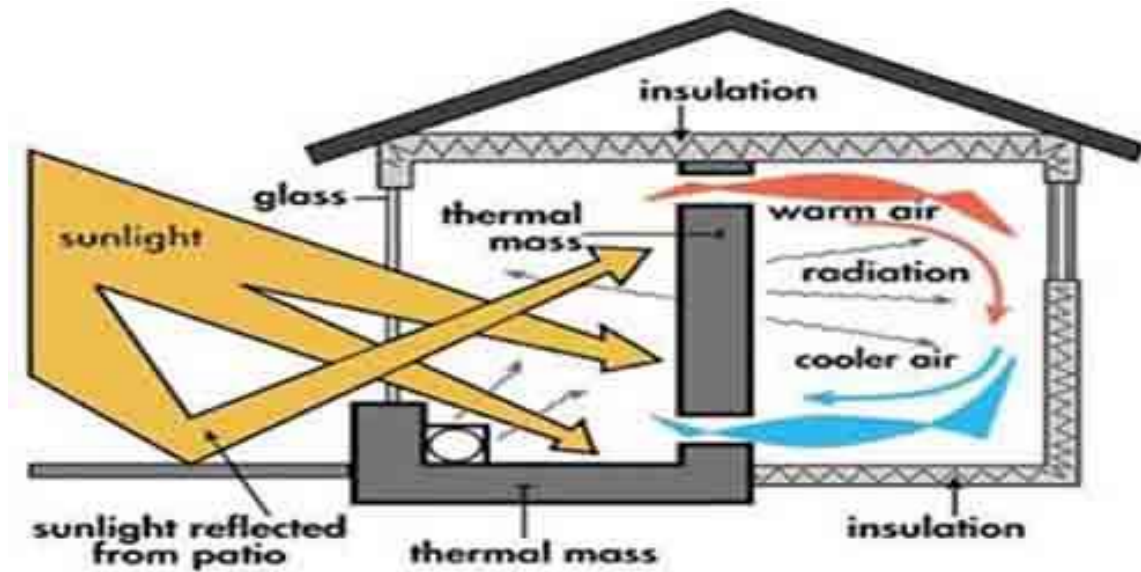
¹⁰⁵ Active



شکل ۸۱: گرمایش و سرمایش ساختمان به روش انفعالی [19]

روش‌های متعددی در زمینه استفاده از انرژی خورشیدی بصورت غیرفعال یا انفعالی وجود دارد که متداول‌ترین آنها عبارتند از:

۱. روش دریافت مستقیم پرتوگیر عبارت است از سطح شیشه‌ای شفاف که معمولاً در نمای جنوبی ساختمان قرار داده می‌شود. سطح پرتوگیری را می‌توان به صورت عمودی مطابق پنجره‌ها قرار داد و یا آنکه آنها را به صورت شیب‌دار مثل نورگیرهای سقفی نصب کرد.
۲. دیوار ترومب و دیوار آبی یا ظروف آبی که در آنها منابع حاوی آب به صورت آشکارا یا پوشیده در معرض اشعه خورشید قرار می‌گیرند.
۳. روش گلخانه‌ای که در زمستان قسمتی از حرارت خورشید به وسیله گلخانه جذب و به درون ساختمان هدایت می‌شود.
۴. استخر یا حوضچه روی بام که در خنک کردن ساختمان موثر است.
۵. هواکش حرارتی یا برج هوا و بادگیرها که در تهویه هوای ساختمان موثر است.

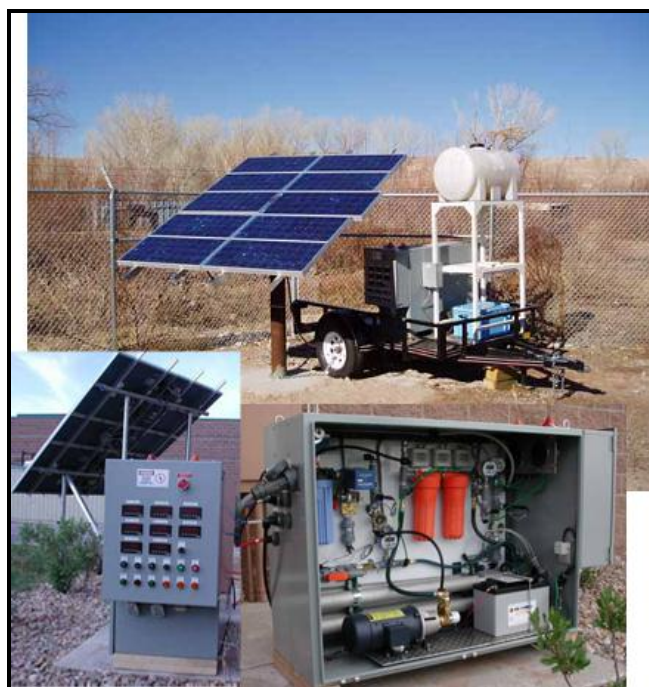


شکل ۸۲: شماتیک سیستم فعال خورشیدی ساختمان [19]

روش‌های فعال با استفاده از آبگرم‌کن و هواگرم‌کن خورشیدی که با جذب انرژی خورشیدی و انتقال حرارت به سیال واسطه‌ای مانند آب و هوا و جریان و ذخیره انرژی حرارتی در منابع ذخیره و بالاخره استفاده از حرارت در مواقع احتیاج در ساختمان. از سیستم‌های سردکننده جذبی خورشیدی هم می‌توان در این ساختمان‌ها بهره جست.

۱,۲,۵,۶ آب شیرین کن خورشیدی^{۱۰۶}

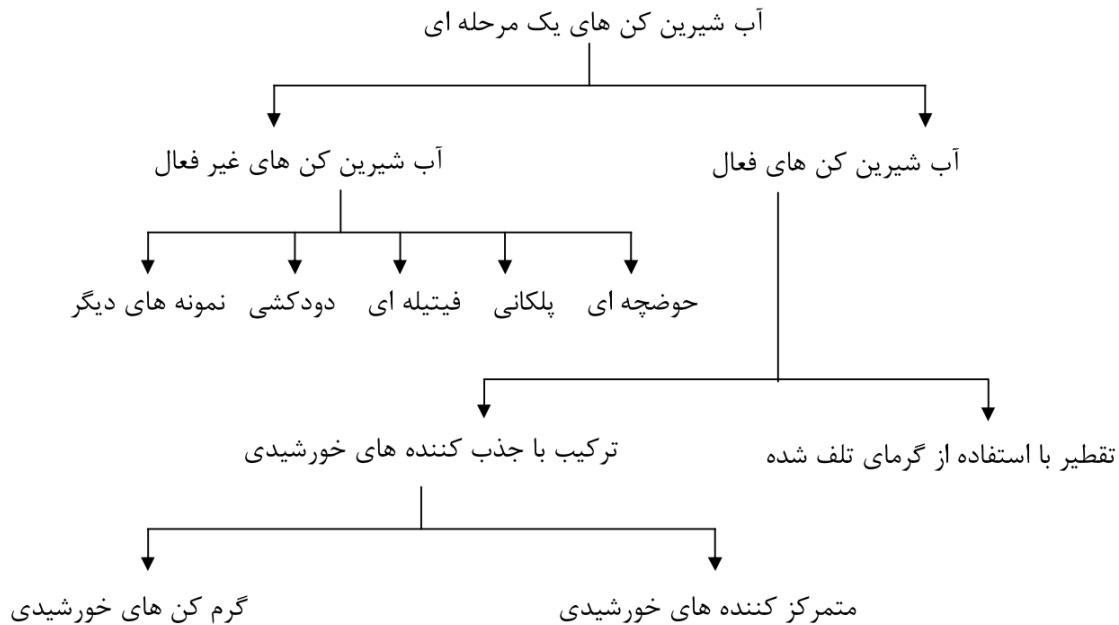
بسیاری از مناطقی که دارای مشکل آب شرب هستند، دارای پتانسیل بسیار بالای انرژی خورشیدی نیز می‌باشند. این امر موجب می‌گردد تا استفاده از انرژی خورشیدی برای تصفیه آب شور و تولید آب قابل شرب، مورد توجه قرار گیرد. سیستم‌های آب شیرین کن خورشیدی با فناوری‌های مختلفی ساخته شده و بکار گرفته شده‌اند. فناوری‌های تولید آب شیرین عمدتاً به دو دسته حرارتی و غشایی تقسیم می‌گردند. مهم‌ترین روش‌های حرارتی تولید آب شیرین با استفاده از انرژی خورشیدی روش رطوبت‌زنی و رطوبت‌زدایی و روش حوضچه خورشیدی بوده و مهم‌ترین روش‌های غشایی نیز شامل روش اسمز معکوس به همراه سلول فتوولتائیک و تقطیر غشایی می‌باشند. شکل زیر یک نمونه سیستم آب شیرین کن اسمز معکوس به همراه فتوولتائیک را نشان می‌دهد.



شکل ۸۳: سیستم آب شیرین کن خورشیدی اسمز معکوس به همراه پانل‌های فتوولتائیک

معرفی انواع آب شیرین کن‌های خورشیدی

آب شیرین کن‌های خورشیدی دارای انواع گوناگونی می‌باشند که می‌توان به انواع یک مرحله‌ای و چندمرحله‌ای اشاره نمود. عنوان یک مرحله‌ای به این معنا می‌باشد که آب شیرین در یک مرحله تهیه و تولید شده است. همانگونه که در شکل زیر نشان داده شده، آب شیرین کن‌های یک مرحله‌ای به دو گونه‌ی فعال و غیرفعال دسته‌بندی شده‌اند.



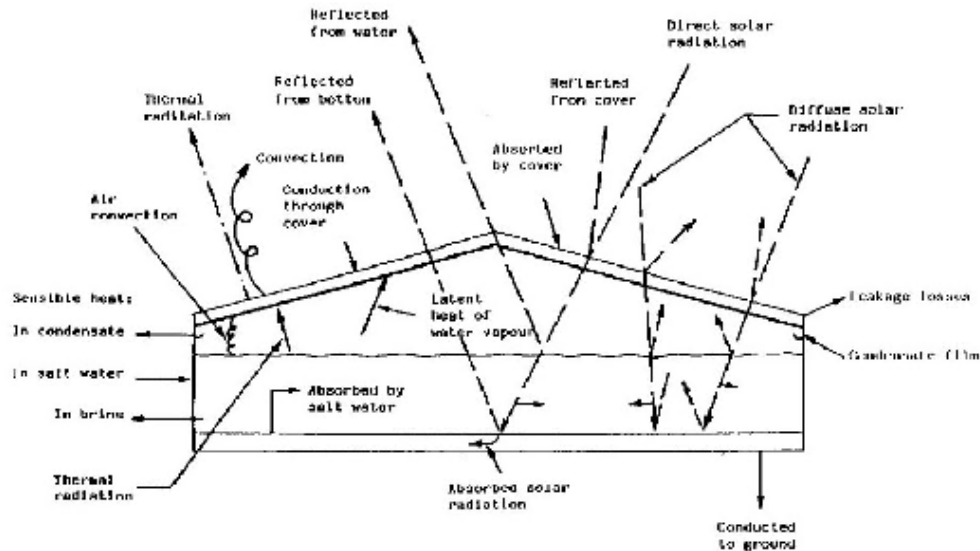
شکل ۸۴: انواع آب شیرین کن‌های خورشیدی

الف) آب شیرین کن‌های غیرفعال

آب شیرین کن‌های غیرفعال به دو گونه حوضچه‌ای و شیب‌دار گروه‌بندی می‌گردند. یک آب شیرین کن فعال در واقع همان آب شیرین کن غیرفعال است که با تجهیزات بیرونی مثل صفحه جاذب و یا پمپ سیرکولاسیون ترکیب شده است.

ب) آب شیرین کن خورشیدی حوضچه‌ای تک مرحله‌ای

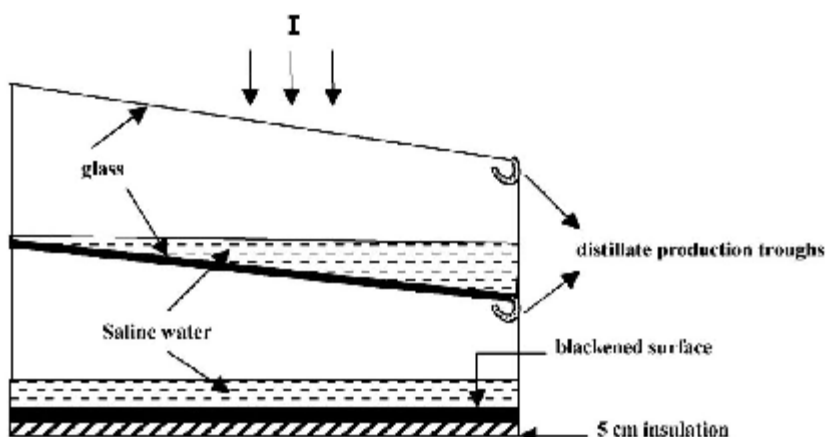
در این گونه آب شیرین کن‌ها، همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است انرژی تابشی خورشید از پوشش شیشه‌ای و شفاف می‌گذرد و به صورت انرژی گرمایی جذب سطح سیاه حوضچه که در تماس با آب شور می‌باشد می‌شود. آب گرم شروع به تبخیر می‌کند، بخار ایجاد شده در سطح پوشش شیشه‌ای چگالیده می‌شود زیرا سطح شیشه به علت تماس با هوای بیرون سردتر از نقاط دیگر دستگاه می‌باشد و سپس در جهت شیب سطح به درون یک ناودان و سپس به درون یک تانک ذخیره‌کننده آب خالص هدایت می‌شود. این دستگاه روی یک زمین روباز نصب می‌شود به طوری که طول آن در امتداد شرق-غرب قرار گیرد. از جمله اشکالات موجود در این دستگاه، افقی بودن سطح آب داخل حوضچه است که با اشعه‌های خورشید برخورد کمتری دارد؛ علاوه بر این، زیاد آب شور داخل حوضچه میزان افزایش دما و در نتیجه میزان تولید آب شیرین را محدود می‌کند.



شکل ۸۵: نمایی از آب شیرین کن خورشیدی حوضچه‌ای تک‌مرحله‌ای

ج) آب شیرین کن خورشیدی چندمرحله‌ای

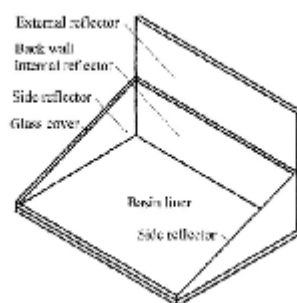
این دستگاه شامل صفحات موازی فاصله‌دار و مایلی است که فضای بین هر دو صفحه یک مرحله عمل تقطیر را تشکیل می‌دهد. در این آب شیرین کن، هر صفحه نقش تبخیرکننده برای یک مرحله و تقطیرکننده برای مرحله بعدی را بازی می‌کند. طرز عمل در این دستگاه به این ترتیب است که اشعه خورشید از شیشه گذشته و در صفحه جذب کننده، تولید گرما می‌کند و صفحه بعدی در اثر عبور جریان آب شور، سرد می‌شود. هنگام عبور آب شور از سطح زیرین صفحه جذب کننده، آب تبخیر شده و روی سطح بالایی صفحه دیگر، تقطیر می‌گردد. در این عملیات گرمای دفع شده در اثر تقطیر، نقش پیش‌گرمکن برای مرحله بعدی را دارد. به این ترتیب آب‌های تقطیر شده از طریق چند صفحه و آب شور تبخیر نشده بوسیله چند سطح دیگر جریان یافته و از جریان خارج می‌شوند. در شکل زیر یک نمونه آب شیرین کن حوضچه‌ای دو مرحله‌ای نشان داده شده است.



شکل ۸۶: آب شیرین کن حوضچه ای دو مرحله‌ای

(د) آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده

استفاده از سطوح منعکس کننده مستلزم استفاده از آینه‌هایی است که در سطح عمودی عقبی به دستگاه‌های کوچک محدود می‌شود. با وجود اینکه استفاده از این نوع آینه‌ها بطور محسوسی میزان تولید را افزایش می‌دهد ولی آینه‌ها گران قیمت بوده و چندان بادوام نیستند. در شکل زیر نمونه‌ای از اینگونه دستگاه‌ها نمایش داده شده است.

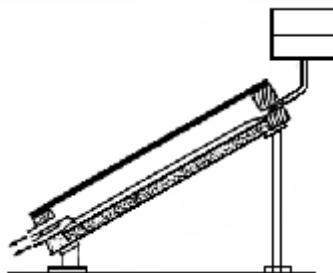


شکل ۸۷: آب شیرین کن خورشیدی با بازتابنده

(ل) آب شیرین کن خورشیدی فتیله‌ای

در این دستگاه فتیله پر منفذی از جنس پارچه سیاه وجود دارد که آب شور به آرامی از روی آن عبور داده می‌شود. نور خورشید که از روی شیشه عبور کرده است باعث گرم شدن پارچه شده و عمل تبخیر شروع می‌شود. بخار آب در برخورد با شیشه یا پلاستیک پوشش دستگاه تقطیر شده، در کانالی که در پوشش پایینی پوشش قرار دارد جمع می‌شود و آب‌های شور نیز از ابتدای فتیله به بیرون از آب شیرین کن ریخته می‌شود. این دستگاه به علت قرار گرفتن مناسب در مقابل اشعه خورشید، همچنین به

دلیل داشتن ظرفیت گرمای کمتر، دارای میزان تولید زیادی بازای هر مترمربع از سطح جاذب می‌باشد ولی به علت خشک- شدن‌های مکرر و پوسیدگی سریع فیتله از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست. در شکل زیر یک آب شیرین کن فیتله‌ای نشان داده شده است.



شکل ۸۸: آب شیرین کن فیتله‌ای

م) آب شیرین کن خورشیدی پلکانی

در آب شیرین کن‌های پلکانی به علت فاصله کم شیشه و پلکان، فضای خالی سریعتر اشباع می‌شود و لذا راندمان آنها برای تولید آب شیرین نسبت به سایر آب شیرین کن‌ها بالاتر است. از دیگر مزایای این نوع آب شیرین کن آن است که زاویه آن نسبت به نور خورشید قابل تنظیم است و می‌توان آن را در هر عرض جغرافیایی طوری تنظیم کرد که نسبت به نور خورشید بیشترین دریافت را داشته باشد. این دستگاه قابلیت تولید آب شیرین و آب گرم را به طور همزمان دارا می‌باشد. در شکل‌های زیر یک نمونه از این نوع آب شیرین کن‌ها به نمایش در آمده است. با این حال پیچیدگی ساختمان این نمونه از آب شیرین کن‌ها باعث پیچیدگی مدل‌سازی و گرانی ساخت آن‌ها می‌شود.



شکل ۸۹: آب شیرین کن خورشیدی پلکانی

و) آب شیرین کن خورشیدی دودکشی

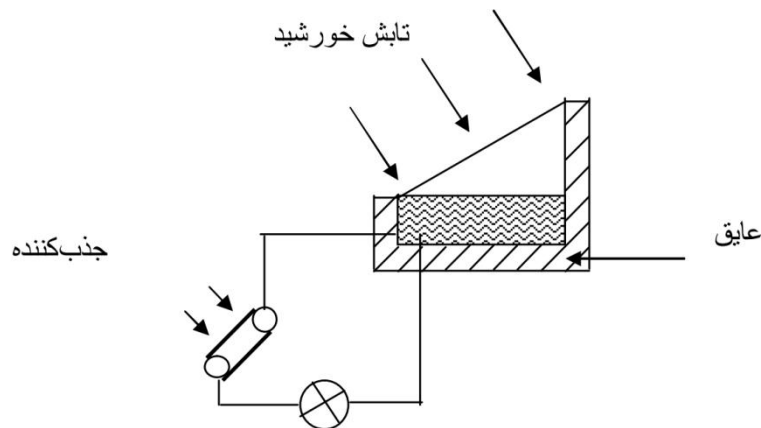
این دستگاه شبیه یک آب شیرین کن حوضچه‌ای است که آب شور روی صفحه سیاه رنگ در اثر تابش خورشید تبخیر می‌شود. بخار حاصله بنابر جابه‌جایی طبیعی یا اجباری وارد دودکش شده و آنجا در اثر برخورد با یک مبادله‌کن گرمایی که از درون لوله‌های آن آب شور سرد جریان دارد، تقطیر می‌گردد. در اثر فرآیند تقطیر و دفع گرما، آب شور ورودی به دستگاه، پیش‌گرم شده و آب شیرین تهیه شده در بخش پایین دودکش جمع و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ه) آب شیرین کن خورشیدی لوله‌ای هم‌مرکز

این دستگاه از دو لوله‌ای هم‌محور تشکیل شده که لوله‌ی بزرگتر آن از جنس پلاستیک شفاف است و لوله‌ی کوچکتر که درون لوله‌ی بزرگتر قرار گرفته از فلز سیاه رنگی ساخته شده و به عنوان صفحه‌ی جذب‌کننده، کار می‌نماید. آب شور به کمک لوله‌ای که دور لوله‌ی کوچکتر پیچیده شده، به درون دستگاه جریان می‌یابد و از طریق سوراخ‌هایی که روی لوله ایجاد شده به بیرون تراوش می‌نماید. روش کار در این آب شیرین کن به این ترتیب می‌باشد که هوا به فضای حلقوی بین دو لوله فرستاده می‌شود. تابش خورشید به وسیله‌ی سطح بیرونی و سیاه رنگ لوله‌ی کوچک جذب شده و موجب افزایش رطوبت هوا به دلیل تبخیر آب شور گردیده و هوای مرطوب وارد بخش درونی لوله‌ی کوچکتر می‌گردد. رطوبت هوا روی سطح درونی لوله‌ی کوچک تقطیر و جمع‌آوری می‌گردد.

۱) آب شیرین‌کن‌های خورشیدی فعال

آب شیرین‌کن‌های نوع فعال آب شیرین‌کن‌هایی هستند که تبخیر به گونه‌ی مستقیم بر روی صفحه‌ی جذب‌کننده انجام نمی‌گردد بلکه از صفحه‌ی جذب‌کننده به گونه‌ی غیرمستقیم یا در ترکیب با سایر آب شیرین‌کن‌ها استفاده می‌گردند. آب شیرین‌کن همراه با یک گردآورنده خورشیدی آب بین آب شیرین‌کن و گردآورنده به کمک یک پمپ جریان می‌یابد. حرارت به گونه‌ی مستقیم با کمک یک جذب‌کننده به آب شیرین‌کن انتقال می‌یابد و این موجب افزایش میزان تبخیر می‌گردد. این دستگاه در شکل زیر نشان داده شده است. گونه‌ی دیگری هم وجود دارد که در آن گردش آب به گونه‌ی طبیعی انجام می‌پذیرد. در این نمونه باید ارتفاع آب شیرین‌کن به گونه‌ای تنظیم گردد که فشار لازم برای جریان در ترموسیفون فراهم گردد.



شکل ۹۰: آب شیرین‌کن خورشیدی فعال

۲. آینده پژوهی فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

۱,۲ ادبیات موضوع

امروزه تغییرات فناورانه با نرخ سریع‌تری از گذشته به‌وقوع می‌پیوندند. تغییرات فناوری و به دنبال آن تغییر در دیگر جنبه‌های زندگی از طریق:

- افزایش روز افزون وابستگی متقابل کشورها و ملل،
- تمرکززدایی جوامع و نهادهای موجود که به دلیل گسترش فناوری اطلاعات، شتاب بیشتری یافته‌است، و
- تمایل روزافزون به جهانی‌شدن به همراه حفظ ویژگی‌های ملی، قومی و فرهنگی،

لزوم درک بهتر از "تغییرات" و "آینده" را برای دولت‌ها، کسب و کارها، سازمان‌ها و مردم ایجاد می‌کند. آینده اساساً قرین به عدم قطعیت است. با این همه، آثار و رگه‌هایی از اطلاعات و واقعیات که ریشه در گذشته و حال دارند، می‌توانند رهنمون‌هایی برای فهم کردن نسبت به آینده باشند. عدم قطعیت نهفته در آینده برای بعضی، توجیه کننده عدم دور اندیشی آنان است و برای عده‌ای دیگر منبعی گران‌بها از فرصت‌ها. در این جاست که نقش مطالعات پیرامون آینده یا همان آینده‌پژوهی بیش از هرچیز احساس می‌شود.

آینده‌پژوهی دانش و معرفی است که منجر به باز شدن دید سیاستگذاران نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهام‌ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه را افزایش می‌دهد. دانش حاصل از آینده‌پژوهی این اجازه را به سیاست‌گذار می‌دهد تا بدانند که به کجاها می‌توانند بروند (آینده‌های اکتشافی) و به کجاها باید بروند (آینده‌های هنجاری) [20]. آینده‌پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آنها می‌پردازد. به عبارت دیگر، آینده‌پژوهی منعکس می‌کند که چگونه از دل تغییرات امروز، واقعیت فردا تولد می‌یابد.

یکی از پیش‌فرض‌های آینده‌پژوهی اذعان به وجود گزینه‌های متعدد آینده است. در مباحث آینده‌پژوهی، منظور از آینده در نظرگیری سه حالت آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب است. آینده‌ی ممکن هر چیزی اعم از خوب یا بد، محتمل یا بعید است، که می‌تواند در آینده روی دهد. آینده‌ی محتمل، آینده‌ی ممکن است که به احتمال زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست. آینده‌ی مطلوب نیز، آینده‌ی محتملی است که مطلوب و مرجح باشد.

در ادبیات آینده‌پژوهی، وجود چهار عنصر رویدادها، روندها، تصویرها و اقدام‌ها منجر به پیدایش آینده‌های مختلف می‌شود [20]. رویدادها تمام وقایعی هستند که احتمال وقوع دارند. آن‌ها در واقع آن دسته از مسائلی هستند که باعث شک و تردید بسیاری از مردم در مورد کارایی تفکر درباره آینده می‌شوند. وقایعی که رویدادشان محتمل به نظر می‌رسد، اما آنچه که قرار است در آینده اتفاق بیافتد، کاملاً ناشناخته می‌ماند. از طرف دیگر، بسیاری از طراحان به عکس این موضوع عقیده دارند که تشخیص حیطه اصلی آینده و برنامه‌ریزی برای آن تا حدودی امکان‌پذیر است و این باعث تمرکز بر گرایش‌های آینده می‌شود تا آنچه قرار است در آینده پیش آید تا حدی شناخته شود و برای وقوع آن آمادگی حاصل شود. در اینجاست که مفهوم روندها پدید

می‌آید. روندها، وقایعی هستند که در گذشته و حال اتفاق افتاده و در آینده نیز اتفاق خواهند افتاد؛ وقایعی که تحت شرایط خاص در آینده احتمال وقوع پیدا می‌کنند؛ و یا وقایع نوظهوری هستند که پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری‌های جدید هستند. با این تعریف، سه نوع نگاه به روندها شکل می‌گیرد:

- روندهایی که ادامه زمان گذشته و حال هستند. برای درک این روندها باید اتفاقات گذشته و حال را فهمید.
- روندهای ادواری که در زمان حاضر احساس نشده‌اند، و مربوط به بعضی اتفاقات در گذشته‌های دورتر می‌شوند. این روندها ممکن است در آینده هم پیش بیایند.
- مسائل جدیدی که در گذشته و حال وجود نداشته و ممکن است در آینده اتفاق بیافتد. این روندها را بهتر است مسائل نوظهور نامید گرچه احتمال بروز آن‌ها در آینده وجود دارد و در حال حاضر هم به‌سختی قابل تشخیص هستند. بسیاری از آینده‌پژوهان معتقدند که مهمترین روندهای آینده همین مسائل نوظهور هستند که عمدتاً پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری‌های جدید باشد و این قدرت را به‌همراه می‌آورد تا کارهایی که در گذشته قادر به انجام نبود را انجام دهد.

سومین و چهارمین عامل تأثیرگذار بر آینده، شامل تصاویری از آینده است که مردم از آینده در ذهن خود می‌پروراند و اقدام‌هایی که براساس آن تصاویر ذهنی انجام می‌دهند. بعضی از این اقدام‌ها، صرفاً برای تأثیر بر آینده انتخاب شده‌اند، اما باقی اقدام‌ها به‌طور محض به این منظور نیستند. یکی از کارهایی هم آینده‌پژوهی قصد انجام آن را دارد، کمک به مردم برای روشن کردن و بررسی تصاویر خویش از آینده، عقاید، امیدها، و نگرانی‌ها نسبت به آینده است تا شاید از این طریق، کیفیت تصمیمات مؤثر بر آینده را افزایش دهند. مسئله دیگری که آینده‌پژوهی سعی در انجام آن دارد کمک به مردم برای تغییر تصاویر و اعمالشان فرای تلاشی منفعل جهت پیش‌بینی آینده است و بعد از آن بر اساس پیش‌بینی‌ها، طرح‌های عملیاتی خود را اجرا کنند و به پیش برند.

در ادبیات روش‌های مختلفی برای شناخت این عوامل اثرگذار بر آینده و ترسیم آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب توسعه داده شده است. در ادامه به‌اختصار به معرفی این روش‌ها پرداخته می‌شود و توضیح تفصیلی آن‌ها به بخش سوم کتاب موكول می‌گردد.

۱,۱,۲ روش‌های آینده‌پژوهی

آینده‌پژوهی رشته‌ای چندوجهی قلمداد می‌شود که مشتمل بر حوزه‌های مختلف است و طیف وسیعی از دیدگاه‌های پیرامون آینده‌ی محتمل و مرجع را در برمی‌گیرد. مک‌هال^{۱۰۷} (۱۹۷۵) در تحقیق خود از چند پروژه آینده‌پژوهی، بیشتر از ۱۷ روش آینده‌پژوهی را تبیین می‌کند که در تلفیق با یکدیگر می‌توانند به‌کارگرفته شوند. در ادامه چند نمونه از رایج‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی به اختصار بیان شده است.

۱,۱,۱,۲ پیش‌بینی

هدف این روش کشف یک نمونه در داده‌های تاریخی است تا در مرحله‌ی بعد، آن را در مورد آینده ملاک قرار دهند. آینده‌نگری صرفاً مبتنی بر ارزش‌های تغییرپذیر گذشته و اشتباهات آینده‌نگری قبلی است. مثال‌های رایج روش تخمین عبارتند از:

مقایسه سری‌های زمانی مانند جمعیت‌شناسی؛ و تجزیه و تحلیل مسیر و جهت فناوری مبتنی بر مشاهدات از فناوری‌هایی که به پیروی از یک فرآیند توسعه تصاعدی گرایش دارند. این تکنیک از داده‌های پیشرفت اولیه استفاده می‌کند تا میزان پیشرفت را تعیین کند و آن میزان را ملاکی برای ارزیابی سطح پیشرفت در مقاطع مختلف زمانی مربوط به آینده قرار دهد. نتایج به دست آمده از این روش معمولاً از کمیت بالایی برخوردار هستند. در عمل از این روش غالباً در زمینه پیش‌دستی دستاوردهایی از قبیل سرعت عملیات، تعیین سطح عملکرد، کاهش قیمت کیفیت ارتقاء یافته و کارایی عملیاتی استفاده می‌شود.

در حالت کلی، زمانی باید از روش پیش‌بینی استفاده کرد که اطلاعات قبلی پیرامون تغییرپذیری موضوع مورد نظر در دسترس باشد، امکان عرضه کمیت اطلاعات وجود داشته باشد، و اگر گذشته تا آینده ادامه یابد، انگاره منطقی بتواند الگوساز باشد.

۱,۱,۱,۲,۲ پیش، تحلیل و برون‌یابی روندها^{۱۰۸}

روندها، الگوهای تغییر در چیزهای پراهمیت از دید مشاهده‌گر هستند که در طول زمان بوقوع می‌پیوندند. به‌عنوان یکی از اولین گام‌ها در آینده‌پژوهی، پیش‌روندها به دنبال کشف روندهایی است که هم اکنون در جریان هستند. پیش‌رشد بیانگر دنبال

¹⁰⁷ Mc Hall

¹⁰⁸ Trend analysis, Trend monitoring, and Trend extrapolation

کردن روندهایی است که در یک جامعه، صنعت یا بخش مشخص اهمیت ویژه دارند (مانند نرخ بیکاری یا رشد اقتصادی). این روش در حقیقت پیش بینی آینده از روی قرائن و شواهد تاریخی است که تغییرات یک داده را در گذشته نشان می‌دهد.

منظور از تحلیل روند، مطالعه‌ی یک روند مشخص به منظور کشف ماهیت، علت‌های بروز، سرعت توسعه و پیامدهای بالقوه‌ی آن است. تحلیل روندها باید بسیار دقیق صورت پذیرد، زیرا یک روند مشخص می‌تواند تأثیرهای بسیار متفاوتی بر ابعاد گوناگون زندگی ما داشته باشد و از سوی دیگر شاید بسیاری از این تأثیرها در نگاه اول قابل کشف نباشد. تجزیه و تحلیل روندها بویژه برای سنجش کارایی سیاستگذاری‌ها و نمایان ساختن مشکلات در حال ایجاد، مفید می‌باشد.

در نهایت، برون‌یابی روندها، پیش‌بینی تغییرات آینده با رسم نمودار تغییرات روندها و استفاده از اطلاعات آماری و برون‌یابی نمودار بر پایه نرخ کنونی است. اگر اطلاعات آماری در دست باشد می‌توان تغییرات روندها را به صورت نموداری رسم کرد. آینده‌پژوهان با ادامه دادن نمودار، یعنی برون‌یابی آن، می‌کوشند تا بر پایه نرخ کنونی تغییر، آینده را پیش‌بینی کنند. البته باید توجه نمود که دقت این پیش‌بینی‌ها به ثابت بودن نرخ تغییر بستگی دارد.

نقطه ضعف عمده این روش‌ها، ساده‌انگاری نهفته در آن است. در عمل، پیش‌بینی آینده به سادگی و با تعقیب روند گذشته یک داده به ندرت امکان‌پذیر بوده است. این روش بیشتر برای مراقبت از داده‌هایی با تغییرات تدریجی مثل "اطلاعات و آمار نفوس" مناسب است.

روش‌های عمده شناسایی روندها عبارتند از:

- شناسایی رویدادهایی که علیرغم احتمال ناچیز وقوع، اثر بسیار شدیدی باقی می‌گذارند^{۱۰۹}
- رصد منابع اطلاعاتی^{۱۱۰}
- شناسایی پیشران‌ها^{۱۱۱}

¹⁰⁹ Wild Cards

¹¹⁰ Scanning

¹¹¹ Driving Force

۳،۱،۱،۲ شبیه‌سازی^{۱۱۲}

شبیه‌سازی با دریافت اطلاعات ورودی از پارامترهای محیطی و تولید نتایج مربوط، به کسب بینش از آینده کمک می‌کند. در شبیه‌سازی، پارامترهای محیطی در قالب یک مدل به نتایج آینده تبدیل می‌شوند. در مدل‌سازی، رویدادهایی که ممکن است در جهان آینده رخ دهند، به شیوه‌های گوناگونی تقلید و بازآفرینی می‌شوند و از این طریق درک بهتری نسبت به آنها به دست می‌آید. از شبیه‌سازی می‌توان در آینده‌پژوهی نظام‌ها و سامانه‌های پیچیده مانند اقتصاد یک کشور استفاده نمود. در این حالت، معادلات ریاضی و مدل‌سازی‌های کامپیوتری از آن‌ها نتایج مربوط به آینده را پدید می‌آورد.

۴،۱،۱،۲ روش‌های نظرخواهی (روش دلفی)^{۱۱۳}

در این روش با استفاده از گفتگو، مصاحبه و پرسش‌نامه، نظرات کارشناسان و افراد خبره نسبت به آینده جمع‌آوری شده و راجع به آن‌ها نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. این نتیجه‌گیری می‌تواند بر پایه‌ی روش‌های مختلف استفاده از نظر خبرگان مانند دلفی^{۱۱۴}، طوفان فکری^{۱۱۵} و یا پنل خبرگی^{۱۱۶} باشد.

روش دلفی فرآیندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخور کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی صورت می‌گیرد. معمولاً تحقیق دلفی با یک پرسشنامه که توسط یک تیم کوچک طراحی شده و به گروه بزرگ‌تری از متخصصان فرستاده می‌شود، آغاز می‌شود. نتایج حاصل از نظرات این متخصصان توسط تحلیل‌گران جمع‌بندی و خلاصه‌سازی می‌گردد. پس از آن، گزارش خلاصه برای متخصصان فرستاده می‌شود. متخصصان اجازه دارند که پاسخ‌هایشان را بر اساس نتایج تغییر دهند و این نتایج دور دوم، مجدداً مورد ارزیابی محققان قرار می‌گیرد. بدین طریق در طول زمان و با پیشرفت کار، دیدگاه‌های مخاطبین با موضوع مطرح تطابق خواهد یافت. این فرآیند ادامه می‌یابد تا اینکه اجماع در مورد نظرات حاصل شود یا مشخص شود که متخصصان به توافق نرسیده‌اند.

¹¹² Simulation

¹¹³ Consulting

¹¹⁴ Delphi

¹¹⁵ Brainstorming

¹¹⁶ Steering Committee

در کنار دلفی، روش طوفان فکری قرار می‌گیرد. در این روش، ایده‌های نو، از طریق تشکیل گروه‌های کوچک، با هدف تفکر خلاق درباره‌ی یک موضوع خاص – مثلاً مسئله‌ای که باید حل شود، فرصتی که باید از آن بهره گرفت، یا مسیری که باید در آن گام برداشت – تولید می‌شوند. قاعده‌ی کلیدی در طوفان فکری (هم اندیشی) این است که اعضای یک گروه، بدون هیچ‌گونه انتقاد یا موضع‌گیری، براساس ایده‌های دیگران در مورد یک موضوع خاص ایده‌پردازی می‌کنند. این روش برای شناسایی امکانات، فرصت‌ها و ریسک‌ها بسیار مفید است. آینده‌پژوهان با استفاده از روش طوفان فکری به مشتریان خود کمک می‌کنند تا افق ذهنی خود را گسترش داده و نوآوری مستمر و راهبردهای درازمدت خود را ارتقاء دهند [21].

در نهایت در پنل خبرگی، دیدگاه‌های پیرامون آینده مبتنی بر قضاوت‌ها و عقاید یک گروه منتخب از کارشناسان است. این منتخبان متکی بر اطلاعاتی هستند که معتقدند بر موضوع موردنظر آنها تأثیرگذار خواهد بود و نتیجه‌گیری‌های آن‌ها را به علم آینده‌پژوهی پیوند خواهد زد. در این روش، هیچ قالب منظمی به کارگرفته نمی‌شود و هرگز دو کارشناس به اطلاعات مشابه و به یک شیوه یکسان بسنده نمی‌کنند، ولی این روش در اکثر مواقع بینش‌های خوبی پیرامون آینده در اختیار قرار می‌دهد. شواهد تجربی و مباحث نظری نشان می‌دهند که ۵ تا ۲۰ متخصص باید در این مناظرات شرکت کنند. در شرایطی که مستلزم رسیدن سریع به یک تصویر از آینده می‌باشند، احتمالاً آینده‌پژوهی‌های موشکافانه نامناسب تلقی شود و استفاده از پنل خبرگی مناسب.

۵,۱,۱,۲ سناریوپردازی^{۱۱۷}

سناریو، پیش‌بینی قطعی و دقیق جهان آینده نیست، بلکه توصیفی از رویدادهای ممکن و چندگانه است که امکان وقوع آنها در آینده وجود دارد. به بیان دیگر، سناریوها آمیزه‌ای از پیش‌بینی‌های تخیلی و در عین حال واقع‌گرایانه از رخدادهای احتمالی آینده هستند. با استفاده از سناریوها می‌توان درباره آنچه که باید بعدها انجام شود، بطور جدی اندیشید. با توجه به این تعاریف، مهمترین هدف سناریوپردازی کشف موضوعات ممکن و مرتبط در رابطه با آینده است. آینده‌پژوهان برای توصیف رخدادهای احتمالی آینده از شیوه سناریوسازی استفاده می‌کنند.

¹¹⁷ Senario planning

در آینده پژوهی که به طور کلی مملو از عدم قطعیت است، سناریوها کاربرد ویژه و بسیار مهمی دارند. معمولاً چندین سناریو توسعه می‌یابند، به گونه‌ای که تصمیم‌گیران متوجه باشند که شاید برخی رویدادهای آینده سناریوی بسیار احتمالی را که مبنای برنامه‌ریزی آن‌ها بوده از اعتبار ساقط کند.

۶,۱,۱,۲ مطالعات تطبیقی

مطالعات تطبیقی که از دیرباز در عرصه‌های پژوهش‌های اجتماعی به‌عنوان شیوه‌ای برای کشف رویکردها و تجربیات مشترک میان جوامع و سازمان‌های مختلف شناسایی می‌شده، جایگاه خود را در عرصه سیاست‌گذاری و آینده‌پژوهی نیز گشوده است. این شیوه برای ساختن چشم‌انداز و راهبرد در سطح ملت‌ها و سازمان‌های متأخر مناسب است.

۲,۱,۲ انتخاب روش مناسب آینده‌پژوهی

هر کدام از روش‌های معرفی شده برای آینده‌پژوهی دارای نقاط قوت و ضعفی هستند که استفاده از آن روش را تنها در موقعیت‌های خاصی مناسب می‌کند. بر این اساس، در بسیاری مواقع لازم است تا ترکیب مرتبی از روش‌های معرفی شده به جای استفاده از یک روش مورد استفاده قرار گیرند. در اینجا ترکیبی از روش‌های زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

مطالعات تطبیقی

پایش، تحلیل و برون‌یابی روندها

نظرخواهی از خبرگان

۲,۲ آینده پژوهی فناوری فوتوولتائیک

۱,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های کریستالی

به طور کلی فناوری‌های مطرح شده برای پیشبرد سلول‌های کریستالی در ۳ مقوله جای می‌گیرند. دسته‌ی اول فناوری‌ها و مقالاتی هستند که سعی در افزایش بازدهی این نوع سلول‌ها دارند. این فناوری‌ها با استفاده از موادی جایگزین یا با استفاده از فناوری‌های نوین همچون نانوفناوری سعی در کاهش اتلافات و در نتیجه افزایش بازدهی این نوع سلول‌ها را دارند. دسته‌ی

دیگر مقالات در رابطه با کاهش هزینه‌ها می‌باشند. یکی از مهمترین عوامل پیشرفت این نوع سلول‌ها قابلیت رقابت آن با دیگر سلول‌ها از لحاظ هزینه‌ها و قیمت می‌باشد. لذا شرکت‌ها و کارخانه‌ها تحقیقات گسترده‌ای در این رابطه انجام می‌دهند. دسته آخر مقالات نیز در رابطه با روش‌هایی برای افزایش عمر این نوع سلول‌ها می‌باشد که در ادامه اشارتی به آنها خواهیم داشت.

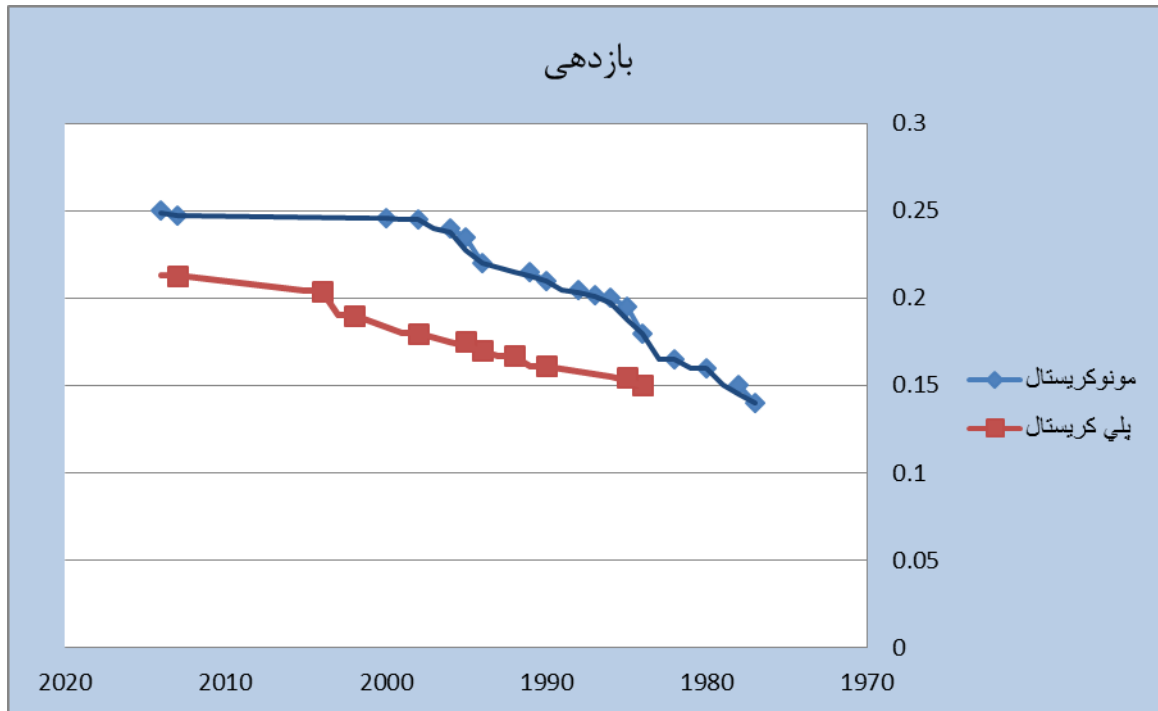
۱,۱,۲,۲ افزایش بازدهی

بازدهی یک سلول خورشیدی برابر است با مقدار توان تولیدی بر روی مقدار انرژی که از جانب خورشید به سطح سلول می‌رسد. این پارامتر به عوامل مختلفی از جمله مقدار بازتابش، بازده ترمودینامیکی، بازده باطری و ... بستگی دارد. لازم بذکر است که بازدهی سلول‌ها به شرایط محیطی از جمله تغییرات دما و سایه‌های محیط نیز وابسته می‌باشد. اما معمولاً برای بیان بازدهی یک سلول از ماکزیمم بازدهی آن را اعلام می‌کنند.

طبق آمار بیشترین بازدهی که در محیط آزمایشگاهی برای سلول‌های تک کریستال بدست آورده اند ۲۸٪ می‌باشد. بازدهی‌های بدست آمده در محیط‌های آزمایشگاهی معمولاً تا ۲۰٪ بیشتر از مقدار مشابه در محیط صنعتی است. خالص‌تر بودن مواد و کوچکتر بودن سایز از دلایل مهم این موضوع می‌باشد. به عنوان مثال سایز استاندارد سلول‌های تک کریستال اقتصادی، ۱۵۶×۱۵۶ میلی‌متر مربع می‌باشد. حال آنکه در محیط آزمایشگاهی سایزهای بسیار کوچکتر از این نیز وجود دارد. به علاوه به طور کلی می‌توان گفت که بازدهی سلول از cell تا module به اندازه ۲٪ کم می‌شود. علاوه بر این در محیط‌های آزمایشگاهی سلول می‌تواند بسیار پیچیده باشد اما با توجه به مسائل اقتصادی می‌بایست یک توازن بین قیمت و پیچیدگی در سلول‌های اقتصادی در نظر گرفت. در محیط صنعتی نیز در جایگاه اول سلول شرکت Sunpower قرار دارد که توانسته یک سلول سیلیکونی با بازدهی ۲۵٪ بسازد. این سلول که جزو سری Moxeon می‌باشد، انرژی بالاتر، قابلیت اطمینان و همچنین زیبایی بیشتری را نسبت به پنل‌های خورشیدی معمول ارائه می‌دهد. بازدهی بی‌نظیر این محصول جدید توسط آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر (NREL) ایالات متحده آمریکا مورد تأیید قرار گرفته است. اما همانگونه که در قبل نیز گفته شد، سلول‌های خورشیدی سیلیکونی پلی کریستال نسبت به سلول‌های تک کریستال و HIT از بازدهی بسیار کمتری برخوردار است. تاکنون بیشترین بازدهی بدست آمده از این نوع سلول ۲۱/۳٪ می‌باشد که توسط مؤسسه آلمانی Fraunhofer ساخته شده است. این مؤسسه از پیشرفته‌ترین مؤسسات در زمینه سلول‌های خورشیدی می‌باشد و بسیاری از فناوری‌های نوین در این

زمینه توسط همین مؤسسه ابداع شده [22]. در سال ۲۰۱۳ مقاله مربوط به این سلول به عنوان مقاله برتر ۲۸امین کنفرانس بین‌المللی فتوولتائیک اروپا انتخاب شد. هرچند چندین سلول دیگر با بازدهی‌های بالای ۲۰٪ نیز توسط این مؤسسه ساخته شده اما شرکت‌هایی همچون Mitsubishi Electric و Solland Solar نیز با سلول‌های پلی کریستال با بازدهی ۱۹/۳٪ و ۱۹٪، در حال رقابت برای شکستن رکورد این نوع سلول می‌باشند.

در نمودار زیر پیشرفت سال به سال بازدهی‌ها مشخص است. اطلاعات این نمودار از مؤسسه NREL گرفته شده است. سلول‌های تک کریستال بیشترین سابقه را در سلول‌های فتوولتائیک و همچنان بالاترین بازدهی را نیز در بین سلول‌های سیلیکونی دارند. اما همانطور که در شکل نیز قابل مشاهده است از سال ۲۰۰۰ تاکنون بازدهی تغییرات چندانی نداشته و به نظر می‌رسد از این لحاظ به بالاترین سطح ممکن نزدیک شده است. حال آنکه در سلول‌های پلی کریستال و بخصوص HIT شیب بالایی در افزایش بازدهی مشاهده می‌شود. سلول‌های HIT که از فناوری‌های جدید به حساب می‌آید، در سال‌های نه چندان دور می‌تواند رتبه برتر در بازدهی را به خود اختصاص دهد. در مورد سلول‌های پلی کریستال نیز با توجه به قیمت پایین آن تحقیقات گسترده‌ای به منظور بالا بردن بازدهی آن انجام می‌شود و با توجه به فناوری‌های نوبی که امروزه در این نوع سلول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد احتمال افزایش جهشی بازدهی برای این نوع سلول نیز محتمل است.



شکل ۹۱: مقایسه پیشرفت سال به سال بازدهی سلول‌های تک‌کریستالی و پلی‌کریستالی

در ادامه به مکانیزم‌های افزایش بازدهی اشاره می‌کنیم. به طور کلی مکانیسم‌های روز به منظور افزایش بازدهی در سلول‌های خورشیدی را می‌توان به ۳ قسمت تقسیم کرد. مقالات منتشر شده در راستای افزایش بازدهی نیز عموماً در ۳ مقوله‌ی زیر جای می‌گیرند.

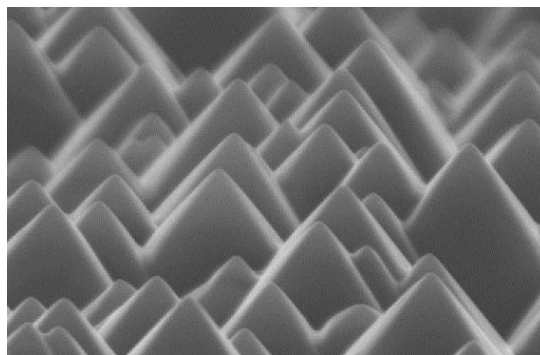
- روش‌هایی برای کاهش بازتاب نور (بهبود سطح ضد بازتابش)
- روش‌هایی برای افزایش عمر حامل‌های بار اقلیت
- روش‌هایی برای افزایش جذب نور

هریک از این روش‌ها می‌تواند تا حدی بر روی بازدهی تأثیرگذار باشد. میزان تأثیر از ۱٪ تا ۷٪ نیز گزارش شده. اما باید توجه داشت که هر یک از این روش‌ها بر فاکتورهای مهم دیگر تأثیرگذار در کیفیت سلول از جمله قیمت و همچنین طول عمر نیز می‌تواند تأثیر مثبت و منفی بگذارد.

۲,۱,۲,۲ کاهش بازتاب نور

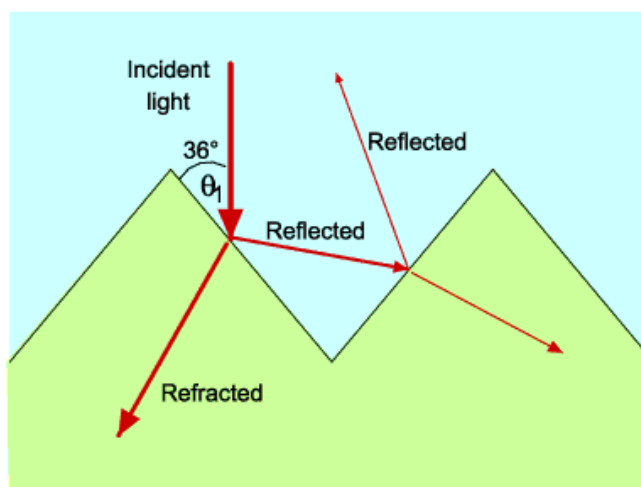
یکی از مشکلات سلول‌های خورشیدی سیلیکونی ضریب انکسار بالای سیلیکون است که باعث می‌شود بیش از ۳۰٪ نور تابشی از سطح کریستال‌های سیلیکون منعکس شود. هنگامیکه فتون‌های صادره از خورشید به یک سلول فتوولتائیک برخورد می‌کند، ممکن است منعکس شوند، مستقیم از آن عبور کنند و یا اینکه جذب شوند. فقط فتون‌های جذب شده، انرژی را برای تولید الکتروسیته فراهم می‌کنند. پس واضح است که افزایش تعداد فتون‌های جذب شده معادل است با افزایش خروجی و در نتیجه افزایش راندمان.

اگر سطح صافی را در مقابل نور خورشید قرار دهیم، میزان بازتابش آن زیاد خواهد بود. اما اگر همین سطح را به گونه‌ای غیرصاف دریاوریم که نور پس از برخورد به سطح در صورت بازتابش دوباره به خود سطح برخورد کند، می‌توانیم شانس جذب فوتون را تا حد زیادی افزایش دهیم. بدین منظور معمولاً در سطوح جذب خورشیدی با استفاده از فرآیند اچ کردن^{۱۱۸}، برجستگی‌هایی روی سطح پدید می‌آورند. شکل زیر بزرگ شده‌ی این برجستگی‌ها در یک سلول فتوولتائیک است.



شکل ۹۲: برجستگی‌ها در یک سلول فتوولتائیک برای افزایش شانس جذب فتون

همانطور که مشخص است برجستگی‌ها بصورت هرم‌های ۳ وجهی می‌باشند. البته شکل‌های دیگری از برجستگی‌ها نیز وجود دارد که این شکل‌ها و اندازه آنها به مکانیزم ایجاد برجستگی بستگی دارد. با برخورد نور به این سطوح به دلیل برخورد بازتاب به خود سطح، مقدار بازتابش بسیار کمتر از سطح صاف می‌باشد. در شکل زیر مکانیزم فرآیند مشخص است.



شکل ۹۳: مکانیزم فرآیند جذب نور

به سطوحی که به منظور ضد بازتابش در صفحات خورشیدی قرار می‌گیرند سطوح ARC^{۱۱۹} گفته می‌شود. این صفحات در انواع مختلفی وجود دارند. تولید کننده‌های سلول خورشیدی انواع مختلفی از پوشش‌های ضد انعکاس (ARCs) را برای کاهش خسارت‌های بازتاب ناخواسته ایجاد کرده‌اند. در زیر به برخی از این ساختارهای مورد استفاده در این زمینه اشاره می‌کنیم.

الف) ساختار AL-BSF

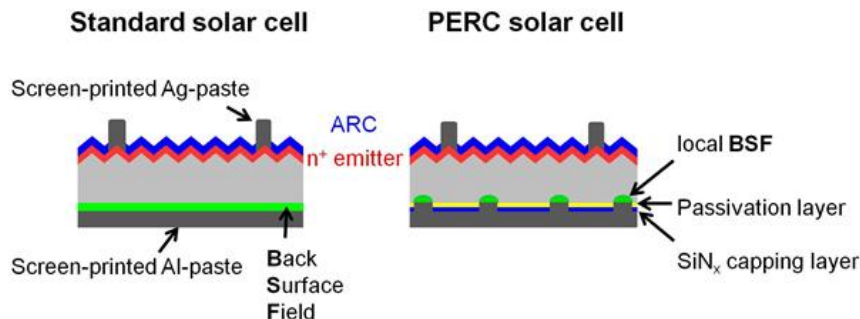
مهمترین ساختاری که امروزه برای کاهش بازتابش در سطح پشتی سلول‌های سیلیکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ساختار AL-BSF می‌باشد. این ساختار به روش چاپی روی سطح ایجاد می‌شود. استفاده از این ساختار می‌تواند بازدهی سلول را تا حد زیادی کاهش دهد. اما در سلول‌های کریستالی نوع p بیش از ۸۰٪ سازندگان از full area Al back surface field (Al-SF) که تماس اهمی مناسب و همچنین خاصیت اثر ناپذیرسازی مناسبی دارد، در صفحه‌ی پایین سلول استفاده می‌کنند. اما با پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای که در طراحی صفحات جلو صورت گرفت، (از جمله در ساطع‌کننده^{۱۲۰} و metallization)، ساختار Al-BSF در جایگاه یکی از عوامل اصلی بازدارنده بازدهی قرار گرفت. به همین دلیل می‌توان گفت که فناوری جدیدی که بتواند جایگزین مناسبی برای این ساختار در صفحات پشتی باشد، می‌تواند بوجود آورنده‌ی نسل جدیدی از سلول‌ها باشد.

¹¹⁹ Anti Reflec Coating

¹²⁰ Emitter

ب) ساختار^{۱۲۱} PERC

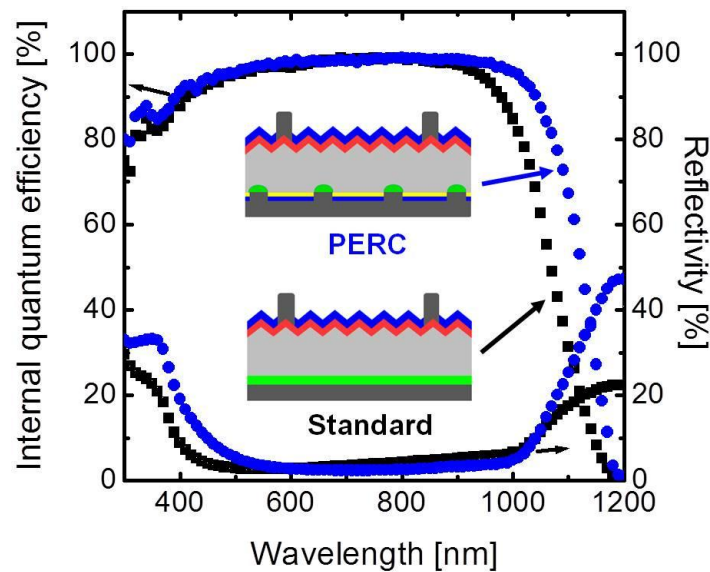
یکی از این فناوری‌های در دست تحقیق استفاده از ساختار PERC می‌باشد. استفاده از این ساختار به دلیل بازتاب داخلی بالا (خاصیت ضد بازتاب بالا) در صفحه پایین می‌تواند یکی از جایگزین‌های مناسب باشد. سازگار بودن با سازوکار سلول‌های متداول از خصوصیت دیگر این ساختار بوده و در ضمن با اضافه کردن چند مرحله کوچک به فرآیند تولید می‌توان از این فناوری در مدول‌ها استفاده کرد. البته نکته‌ی قابل توجه این است که استفاده از این روش میزان تخریب‌پذیری و در نتیجه طول عمر حامل‌های بار را کاهش می‌دهد. در سلول‌های پلی‌کریستال این مقدار افزایش تخریب زیاد نیست. اما نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که چنانچه از ساختار PERC در سلول‌های تک‌کریستالی که از روش CZ ساخته شده‌اند استفاده شود، مقدار این تخریب‌پذیری زیاد خواهد بود و در نتیجه نه تنها افزایش بازدهی نخواهیم داشت که حتی ممکن است شاهد کاهش آن نیز باشیم. شکل زیر ساختار این نوع لایه‌ها را بصورت شماتیک نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است فرق این ساختار با ساختار AL-BSF در عدم پوشش‌دهی سراسری می‌باشد.



شکل ۹۴: ساختار PERC

میزان تأثیر این نوع لایه‌ها در بازتابش در سلول‌های پلی‌کریستال به قدری است که می‌توان گفت در آینده ای نه چندان دور ناگزیریم این ساختار را به طور کامل جایگزین ساختارهای معمول کنیم. در نمودار زیر مقدار تأثیر در بازتابش و در نتیجه در بازدهی سلول نشان داده شده است.

¹²¹ Passivated Emitter Rear Contact



شکل ۹۵: تأثیر در بازتابش و بازدهی سلول

ج) ساختار چشم پروانه

محققان توانستند با الهام‌گیری از مکانیزم کاری چشم پروانه و همچنین با استفاده از فناوری نانو پوشش ضد انعکاسی طراحی کنند که می‌تواند بازتابش نور را تا حد بسیار زیادی کاهش دهد. علاوه بر این ARC‌های چشم پروانه‌ای، پهن باند و ذاتاً پایدار و با دوام‌تر از ARC‌های چند لایه هستند، چون هیچگونه ماده‌ی خارجی را شامل نمی‌شوند. هرچند آینده خوبی برای این ساختار به منظور افزایش بازدهی سلول‌های نسل جدید تصور می‌شود اما هنوز فناوری این ساختار برای صنعتی شدن به حد کافی رشد نکرده و نمونه‌ها در حد آزمایشگاهی بکار برده شده‌اند.

۳،۱،۲،۲ روش

علاوه بر نوع ساختار، نحوه‌ی ایجاد اچ در سطح نیز در این موضوع اهمیت زیادی دارد. روش‌های ساختی که امروزه برای ایجاد چنین برجستگی‌هایی استفاده می‌شوند، reactive ion etching و wet chemical processes می‌باشند. این دو روش اگرچه چندین سال است که مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما همچنان نیز روش‌هایی به منظور بهبود این روش‌ها و تعمیر این روش‌ها به منظور رسیدن به بازدهی بالاتر در حال انجام گرفتن است. در زمینه اچ کردن با استفاده از روش‌های شیمیایی، نتایج

تحقیقات نشان داده که با تغییراتی در اسید یا باز مورد استفاده می‌توان به کیفیت سطح مناسب‌تری رسید. در این زمینه مقالات متعددی ارائه شده‌اند و روز به روز نیز بر تعداد آنها افزوده می‌شود.

در روش اچ کردن شیمیایی، می‌توان از هر دو نوع ماده قلیایی یا اسیدی برای این منظور استفاده کرد. طبق نتایج آزمایشات برای سلول‌های تک کریستال استفاده از اسید مناسب‌تر است. اما برای پلی کریستال و هتروجانکشن‌ها هر دو نوع مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه این روش‌ها امروزه تقریباً از روش‌های اصلی اچ کردن می‌باشند اما دارای معایبی نیز می‌باشد. بنابراین روش‌های جدید نیز در این زمینه در حال معرفی می‌باشند که از جمله‌ی آن می‌توان به روش لیزری اشاره کرد. وقتی سطح سیلیکونی تحت تابش لیزر femtosecond با شدت 20 kJ/m^2 قرار می‌گیرد، مخروط‌هایی در ابعاد نانو و میکرو در سطح تشکیل می‌شود که سبب کاهش بازتابش می‌شود. البته این روش اکنون در ابتدای راه می‌باشد اما بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از این روش می‌تواند علاوه بر افزایش بازدهی، کاهش هزینه را نیز به دنبال داشته باشد.

۴,۱,۲,۲ افزایش عمر حامل‌های بار اقلیت

در هر ماده، T_p و T_n به ترتیب به طول عمر الکترون‌ها و حفره‌ها اطلاق می‌شود. این پارامتر، متوسط زمانی تعریف می‌شود که یک حامل پس از تولید زوج الکترون حفره و قبل از باز ترکیب دوام می‌آورد. عمدتاً از این پارامتر با "طول عمر" یاد می‌شود و ارتباطی هم به استحکام و پایداری ماده ندارد. مثلاً وقتی می‌گوییم یک ویفر سیلیکونی طول عمر بالایی دارد عموماً به معنی آن است که حامل‌های اقلیت تولید شده در آن ویفر بر اثر مثلاً نور خورشید قبل از باز ترکیب طول عمر مناسبی دارند. بسته به ساختار سلول، طبیعتاً سلول‌های ساخته شده از مواد با طول عمر بالا، بازدهی بهتری نسبت به سلول‌های با طول عمر کمتر دارند. بنابراین می‌توان افزایش عمر حامل‌های بار اقلیت را یکی از راه‌های افزایش توان بر شمرد.

محدودکننده‌ی عمر حامل‌ها پدیده بازترکیب می‌باشد. هر نوع ایراد یا ناخالصی در داخل یا سطح سیلیکون باعث ایجاد پدیده بازترکیب می‌شود. از آنجاییکه در سطح سلول خورشیدی اتم‌ها با اتم دیگری پیوند ندارند، ساختار اتمی در سطح سلول دارای انقطاع می‌باشد و این ناحیه به علت وجود پیوندهای آویزان فراوان، پتانسیل بسیار بالایی برای بازترکیب حامل‌ها دارد. این نرخ بازترکیب بالا در سطح سلول باعث خالی شدن این ناحیه از حامل‌های اقلیت می‌شود. وجود یک ناحیه با چگالی کم حامل‌ها باعث می‌شود تا حامل‌ها از سایر نواحی دارای چگالی بالا به سمت این ناحیه سرازیر شوند. به این سبب، نرخ بازترکیب سطحی

توسط میزان حرکت حامل‌های اقلیت به سمت سطح محدود می‌شود. پارامتری به نام "سرعت باز ترکیب سطحی" با واحد (سانتی متر بر ثانیه) برای نشان دادن میزان باز ترکیب در سطح سلول استفاده می‌شود. سرعت باز ترکیب سطحی متناسب است با سرعت حرکت حامل‌ها به سمت سطح. بنابراین هرچه سرعت آن کمتر باشد بازدهی افزایش می‌یابد. همانطور که گفته شد ایرادات موجود در سطح نیمه رسانا به سبب برهم خوردن ساختار متناوب اتمی و ایجاد باندهای آویزان باعث افزایش شدید باز ترکیب در سطح سلول می‌شود. اما برای کاهش این پیوندهای آزاد در سطح سلول و متعاقباً کاهش باز ترکیب و افزایش بازده سلول، یک لایه بر روی سطح سلول نشانده می‌شود تا پیوندهای مورد نظر را پر کند. این فرآیند را "اثر ناپذیرسازی سطحی"^{۱۲۲} می‌گویند.

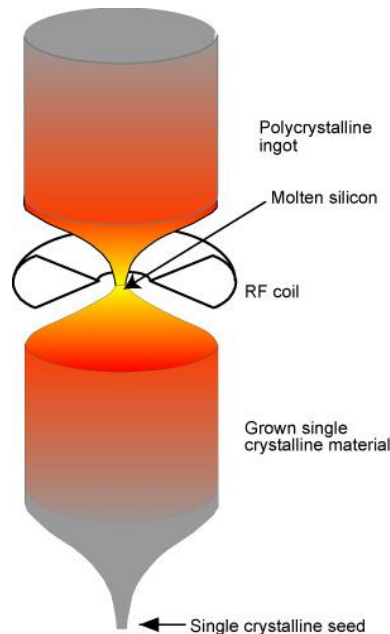
light-induced پدیده‌ای مهم در باز ترکیب و در نتیجه تخریب و کاهش عمر در سیستم سلول و به ویژه در صفحه پایین آن است. این تخریب با formation of electrically active BsO_2i defect در ارتباط است که باعث کم شدن عمر حامل‌های بار اقلیت می‌شود. یکی از فاکتورهایی که این پوشش باید داشته باشد، کم بودن میزان تخریب پذیری است. بنابراین یکی از مهمترین فاکتورهایی که لایه‌های از این جنس باید داشته باشند این است که باید مقاومت خوبی در برابر این پدیده داشته باشند.

از مهمترین دلایل پدیده باز ترکیب، نواقص ساختاری سیلیکون می‌باشد. این مسئله بخصوص در سلول‌های پلی کریستال از عوامل مهم در بازدهی پایین سلول‌ها می‌باشد. مرز دانه‌ها و نابجایی‌ها می‌توانند به مقدار زیادی سبب افزایش سرعت باز ترکیب و در نتیجه پایین آمدن بازدهی شوند. بنابراین انتخاب روش ساختی مناسب به منظور کاهش این نواقص ساختاری از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در ادامه تعدادی از روش‌های نوین ساخت معرفی می‌گردد.

الف) Float-zone melting process (FZ)

اگرچه امروزه روش CZ جا افتاده‌ترین روش برای تولید سلول‌های تک کریستال می‌باشد، اما به دلیل بعضی از معایب آن، محققان همچنان دنبال روش‌های جدیدی هستند تا این معایب را پوشش دهند. یکی از مهمترین این معایب تراکم زیاد اکسیژن در ویفر سیلیکونی می‌باشد. وجود اکسیژن از یک طرف سبب پایین آمدن استحکام سلول و از طرفی دیگر سبب پایین

آمدن طول عمر حامل‌های بار می‌باشد که این مسأله می‌تواند تأثیر زیادی در بازدهی سلول داشته باشد. برای غلبه بر این مشکل راه حلی جدید مطرح شد به نام Float-zone melting process. در این فرآیند، یک منطقه مذاب به آرامی در امتداد یک میله یا نوار سیلیکون عبور داده می‌شود. هنگام این فرآیند ناخالصی‌ها ترجیح می‌دهند در مذاب باقی بمانند تا اینکه بخواهند با منطقه جامد شده ترکیب شوند. بنابراین تا حد زیادی از ورود ناخالصی‌ها و از جمله اکسیژن به شمش سیلیکونی جلوگیری می‌شود. البته باید توجه داشت که این روش مقداری هدر رفت مواد اولیه نیز دارد. همچنین با توجه به گران بودن دستگاه‌های مورد نیاز برای این روش، این روش تنها در مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفته است. اما محققان امیدوارند با پایین آوردن هزینه‌ها بتوانند این روش را به عنوان جایگزینی مناسب برای روش CZ معرفی کنند.

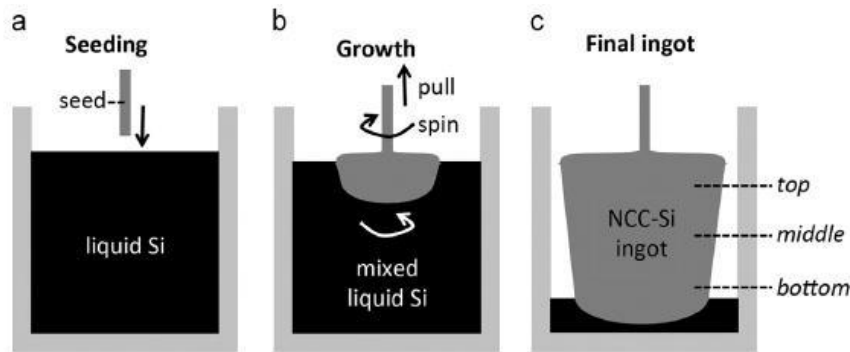


شکل ۹۶: روش Float-zone melting

(ب) روش ساخت NCC-Si

در این روش که قیمت تمام شده آن نیز ارزان است، سیلیکون‌هایی با دانسیته نابجایی کمتر از 10^4 در هر 2 cm می‌سازد. در روش سنتی به دلیل اینکه جامد شدن از زیر ظرف crucible شروع به رشد می‌کند، به دلیل تنش حرارتی و مکانیکی بالا تغییر شکل پلاستیک در آن بوجود می‌آید. بنابراین ساختار کریستال در این روش دارای مرزخانه‌ها و نابجایی‌های زیادی می‌شود (بیشتر از 10^5 در هر cm^2). اما در این روش نوین به دلیل اینکه این کریستال هیچ تماسی با دیواره‌ها ندارد این اتفاق نمی‌-

افتد. این روش به صورت شماتیک در شکل زیر نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این روش برای تولید سیلیکون‌های تک کریستال کاربرد دارد.



شکل ۹۷: روش ساخت NCC-Si

ج) حرارت دهی

یکی از عوامل مضر در عملکرد سلول‌های خورشیدی وجود حلقه P-band می باشد که به گروه رسوبات اکسید رشد کرده اطلاق می‌شود. این تراکم مواقعی بوجود می‌آید که اکسیداسیون سریع و مرطوب باعث انتشار interstitials در زیر سطح اکسید شده می‌شود. این رسوبات در طول عمر سلول و همچنین بازدهی سلول بسیار تأثیر گذارند. چرا که از بین بردن اینها همراه است با بیشتر کردن عمر حامل‌های بار. در مقالات، نشان داده شده است که با یک عملیات حرارت‌دهی تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و بعد سرد کردن، سپس نوردهی و بعد از آن نیز بالا بردن دما تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، می‌توان بطور کامل این رسوبات را از بین برد و بدین ترتیب طول عمر حامل‌های بار اقلیت را افزایش داد.

لازم بذکر است که این روش فقط برای سلول‌های تک کریستال نوع n جواب می‌دهد.

د) استفاده از متد sol-gel

در صنعت معمولاً از SiN_x برای لایه بالا، به منظور ضد بازتابش و همچنین اثرناپذیرکننده (BSFAl_2O_3) در لایه پایین استفاده می‌شود. لایه BSF اگرچه ضد بازتابش خوبیست اما اثرناپذیرکننده‌ی خوبی نیست. در عین حال مواد مختلفی که تاکنون به عنوان اثرناپذیرکننده در این صفحات بکار رفته‌اند، سبب افزایش بازتابش و در نتیجه کاهش جذب نور شدند. در ضمن

این لایه‌های ذکر شده به دلیل سختی‌های مراحل ساخت دارای قیمت تمام شده بالایی می‌باشند. در مقالات روز آمده است که استفاده از لایه SiNx (به عنوان ARC و اثرناپذیرکننده) در لایه بالا و از لایه sol-gel از نوع hydrogen-annealed AZO film به همراه لایه Al BSF می‌تواند علاوه بر کاهش سرعت بازترکیبی، هزینه‌ی لایه را نیز کاهش دهد. در نتایج آزمایشگاهی مشخص شده است که استفاده از این نوع لایه‌ها مقدار بازترکیبی تقریباً تقسیم بر ۶/۷ می‌کند در حالیکه بازتابش رشد خاصی را شامل نمی‌شود. بنابراین رشد بازدهی ۴/۷۳٪ بدست آمده در نتایج مقالات توجیه پذیر است.

ل) تأثیر نرخ سرد کردن در تراکم نواقص

روش انجماد جهت‌دار از جا افتاده‌ترین روش‌های مورد استفاده در تولید سلول‌های پلی کریستال می‌باشد. دلیل این موضوع طبیعت بالای رشد ستونی دانه با واسط مسطح^{۱۲۴} می‌باشد. همانطور که گفته شد دلیل پایین بودن بازدهی سلول‌های پلی-کریستال وجود نواقص کریستالی از جمله نابجایی‌ها و مرزدانه‌ها می‌باشد. این نواقص سبب بیشتر شدن پدیده بازترکیبی در سلول شده و در نتیجه بازدهی را کاهش می‌دهد. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که جوانه‌زنی هسته‌ی اولیه در مراحل آغازین، تأثیر فراوانی در اندازه دانه‌ها و وجود نواقص دارد. به طوریکه با کم و زیاد کردن سرعت سرد کردن در مراحل اول انجماد، می‌توان این نواقص را کم و زیاد کرد. طبق نتایج بدست آمده از مقالات ارائه شده، شمش سیلیکونی که با نرخ سرد کردن بیشتری شروع به تشکیل کریستال کرد، طول عمر حامل‌های بار در آن کمتر از شمش است که آرام‌تر سرد شده. لذا واضح است که بازدهی در شمش دوم بیشتر باشد.

م) Electro-magneto casting (EMC)

با توجه به واژه casting در نام این روش، واضح است که این روش در ساخت سلول‌های پلی کریستال کاربرد دارد. فناوری EMC یک روش نوین برای ساخت می‌باشد که در آن از نیروی الکترومغناطیس جهت معلق نگهداشتن مواد مذاب سیلیکون و عدم تماس آن با دیواره کوره استفاده می‌شود. اولین تحقیقات در این مورد در سال ۱۹۸۷ صورت گرفت. در آن سال به طور آزمایشی کوره‌ای مغناطیسی با قطر ۵ سانتی‌متر ساخته شد و مورد آزمایش قرار گرفت. اما امروزه ابعاد سطح مقطع این نوع کوره به ۲۲×۲۲ سانتی‌متر نیز رسیده است. همچنین کوره‌ای با ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی‌متر نیز در دست ساخت می‌باشد. با توجه

¹²⁴ highly columnar grain growth nature with planar interface

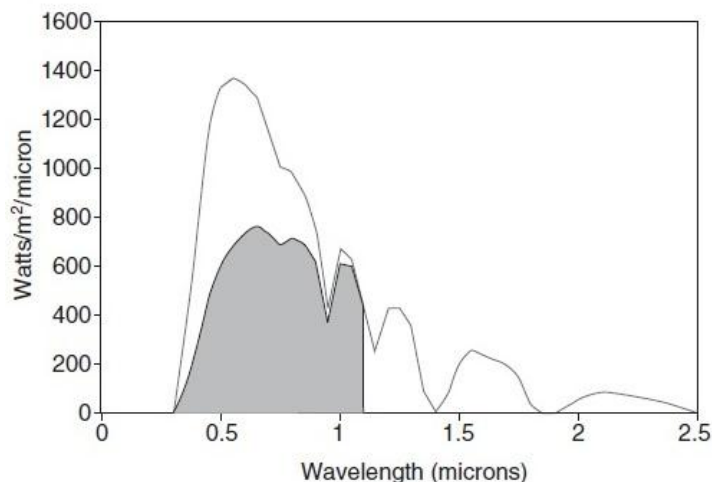
به عدم تماس شمش‌های سیلیکونی با دیواره کوره، ساختار کریستالی سیلیکون کیفیت بهتری خواهد داشت و در نتیجه در بازدهی آن موثر خواهد بود. سلول‌های پلی کریستالی که با این روش ساخته می‌شوند تا ۱۴٪ بازدهی دارند.

و) QSC

QSCها نسبت به پلی کریستال‌ها از مواد بهتری ساخته شده‌اند، طول عمر حامل‌ها بیشتر است و دارای مرزخانه‌ها و نابجایی‌های کمتری هستند که سبب افزایش عمر دستگاه نیز می‌شود. علاوه بر این اگر در این نوع سلول‌ها از بافت قلیایی استفاده شده باشد بازتابش آنها نیز کمتر است. بنابراین می‌توان گفت که بازدهی این نوع سلول‌ها در مقایسه با نمونه مشابه پلی-کریستال از بازدهی بیشتری برخوردار است. البته در مقایسه با سلول‌های تک کریستال، بازدهی این نوع سلول‌ها کمتر می‌باشد. اما به دلیل بهره‌وری بالا و همچنین ضریب تخریب ناشی از نور ($LID^{۱۲۵}$) پایین با آنها در حال رقابت هستند.

ه) افزایش جذب نور

در یک سلول خورشیدی، نیروی الکتریکی در نتیجه جذب فوتون، تولید جفت‌های الکترون-حفره (Electron-Hole) و عبور آنها از یک ولتاژ، بوجود می‌آید. نیمه‌رساناها به طور ذاتی، یک انرژی جذب آستانه دارند که با آن ولتاژی که الکترون در نیمه‌رسانا می‌بیند، تعیین می‌شود. انرژی‌های فوتونی و جذب آستانه با واحد الکترون‌ولت داده می‌شود. برای مثال در شکل زیر انرژی آستانه جذب برای سیلیکون ۱/۱ eV است که مساوی با ۱/۱ میکرون می‌باشد. فوتون‌هایی با انرژی کمتر از ۱/۱ eV جذب نمی‌شوند و انرژی خورشید با طول موج بزرگ‌تر از ۱/۱ میکرون تلف می‌شود.



شکل ۹۸: نمایش محدوده جذب فوتون‌ها در یک سلول خورشیدی

بنابراین اگر بتوانیم با استفاده از فناوری‌های نوین همچون نانو، میزان طیف طول موج قابل جذب را افزایش دهیم می‌توانیم تا حد زیادی در راستای افزایش بازدهی گام برداریم. یکی از راه‌حل‌های مهم در این زمینه استفاده از ذرات نیمه‌رسانا و رسانای دیگر برای افزایش بازدهی طیفی است. به عنوان یکی از این ذرات که می‌تواند تأثیر بسزایی در سرعت بازترکیب شدن داشته باشد می‌توان از نانوذرات طلا نام برد. خصوصیت مهم این ذرات این است که در این ذرات رزونانس جذب نور اتفاق می‌افتد. در این روش gold island film را بین ساطع‌کننده و سیلیکون قرار می‌دهند. به دلیل وجود پلاسمون‌های متمرکز قطبی^{۱۲۶}، با شدت و فرکانس مربوط با سایز ذرات، می‌توان انرژی بیشتری را از هر فوتون دریافت کرد و از هدر رفتن انرژی فوتون به شکل گرما جلوگیری کرد. طبق مقالات ارائه شده در این زمینه، استفاده از این ذرات می‌تواند بیش از ۱۷٪ افزایش در بازدهی را ایجاد کند.

۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های کریستالی

فناوری‌های تخصصی در رابطه با سلول‌های لایه نازک عموماً در رابطه با موارد است:

- بسترهای پلیمری نازک
- TCO^{۱۲۷} با ثبات بالا

¹²⁶ Localized Plasmons-Polariton

¹²⁷ Transparent Conducting Oxide

- تکنیک‌های رسوب (به عنوان مثال رسوب بخار شیمیایی ارتقا یافته پلاسما، ^{۱۲۸}PECVD)
- Heterostructures
- اتصال‌های الکتریکی
- تولیدات کم هزینه (به عنوان مثال پوشش ^{۱۲۹}R2R، کندوپاشی ^{۱۳۰} و بسته‌بندی‌های با دوام)
- کنترل کیفیت
- آزمایش طول عمر

۱,۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های کادمیوم تلورایدی

پنل‌های کادمیوم تلورایدی ۳ مزیت مهم نسبت به سلول‌های سیلیکونی دارند.

- سهولت تولید: میدان الکتریکی لازم برای تبدیل انرژی خورشید به الکتریسیته از خصوصیات مربوط به مولکول‌های ۲ جنس کادمیوم سولفید و کادمیوم تلوراید ناشی می‌شود. این به معنای این است که یک ترکیب خاصی از مولکول‌ها می‌تواند چنین نیازی را بر طرف کند. حال آنکه در سلول‌های سیلیکونی در یک پروسه چند مرحله‌ای پیچیده می‌بایست چند لایه مختلف سیلیکونی به هم متصل شوند تا این جریان به وجود بیاید.
- تطابق خوب با طیف نور خورشید
- فراوانی کادمیوم: در مقایسه با سیلیکون که بویژه در سال‌های اخیر رشد قیمت داشته، کادمیوم به دلیل فراوانی همواره قیمت ثابت و ارزانی داشته.

معایب این نوع سلول نیز شامل موارد زیر است:

- سطح بازدهی پایین: هنوز از لحاظ بازدهی سلول‌های سیلیکونی بالاتر از این نوع سلول‌ها قرار دادند.
- تأمین تلوراید: همانطور که گفته شد کادمیوم به فراوانی یافت می‌شود اما این مسأله در مورد تلوراید صادق نیست و به نوعی کمیاب نیز حساب می‌شود. طبق اعلام ^{۱۳۱}USGS میزان تولید تلوراید در سال ۲۰۰۷، ۱۳۵ تن بوده. بیشتر

¹²⁸ Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

¹²⁹ Roll to Roll or Reel to Reel

¹³⁰ sputtering

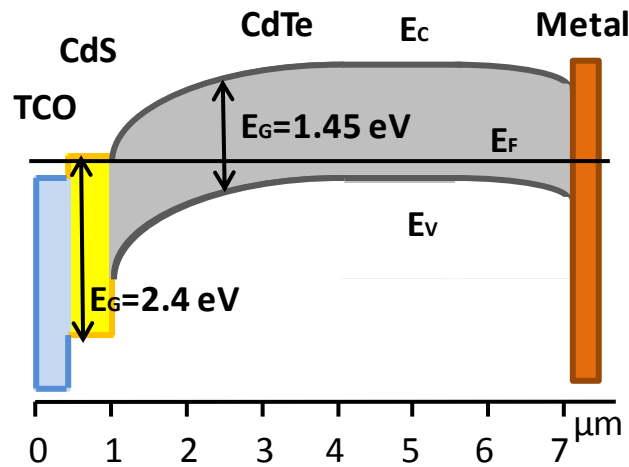
¹³¹ United States Geological Survey

این مقدار از محصول جانبی فراوری مس بدست می‌آید. مقداری نیز در هنگام استخراج و فراوری طلا. این در حالیست که برای هر گیگاوات سلول خورشیدی کادمیوم تلورایدی، حدوداً ۹۳ تن تلوراید مورد نیاز است. بنابراین این مسئله یکی از چالش‌های مهم در گسترش این فناوری می‌باشد.

- سمی بودن کادمیوم: کادمیوم یکی از ۶ مواد بسیار سمی موجود در جهان می‌باشد. هرچند ترکیب آن با تلوراید سمی بودن آن را بسیار کاهش می‌دهد، اما همچنان دوستداران محیط‌زیست معتقدند این سلول‌ها می‌توانند از این جهت مضراتی برای محیط‌زیست داشته باشند. از جمله موارد مهمی که این افراد روی آن تأکید دارند مسئله ی انهدام و دفن باقیمانده‌های این سلول‌ها است که می‌تواند بسیار خطرناک باشد اما به طبق اعلام دپارتمان انرژی Brookhaven این سلول‌ها به طور کامل قابل بازیافتند و با توجه به جایگزینی سوخت‌های فسیلی، استفاده از این سلول‌ها فواید زیست‌محیطی فراوانی دارد.

همانطور که گفته شد یکی از مشکلات پیش رو در رابطه با سلول‌های کادمیوم تلورایدی، مسئله کمبود تلوراید است. اما محققان، امروزه مسئله‌ای را بیان کردند که می‌تواند در این زمینه بسیار راه‌گشا باشد. این محققان اعلام کردند که در زیر دریاها ماده‌ای بنام *twist – astrophysicists identify tellurium* وجود دارد که این ماده می‌تواند در این سلول‌ها جای تلوراید معمولی را بگیرد. منابع موجود از این نوع ماده به قدری زیاد است که حتی در صورت عدم بازیابی هم می‌تواند ماده اولیه مورد نیاز برای تمامی سلول‌های فراهم‌کننده انرژی جهان را تأمین کند. بنابراین با توجه به این اکتشاف می‌توان گفت که مهمترین گلوگاه این فناوری یعنی نبود منابع کافی تلوراید برطرف شده و می‌توانیم شاهد تولید این نوع سلول لایه نازک در ابعادی بسیار گسترده تر باشیم.

سلول‌های کادمیوم تلورایدی سلول‌هایی از نوع *heterojunction* هستند که در آنها از CdS به عنوان لایه گذرده و از CdTe به عنوان لایه جاذب استفاده می‌شود. این لایه‌ها بسیار نازک (زیر ۱۰ میکرومتر) هستند. در شکل زیر نمای شماتیکی از باند انرژی در زیر نور به نمایش در آمده است.



شکل ۹۹: نمای شماتیکی از باند انرژی سلول‌های کادمیوم تلوراید

CdTe نیمه‌رسانایی است با گاف مستقیم $1/47$ الی $1/5$ الکترون‌ولت. این ترکیب دارای ضریب جذب 2 میکرومتر می‌باشد که برای جذب مقدار زیادی از انرژی خورشید کافی می‌باشد. این لایه توسط روش‌های فیزیکی رسوب بخار ساخته می‌شود. مانند فرایندهای CSS^{132} و تبخیر در خلأ.

CdS نیمه‌رسانایی است که دارای گاف مستقیم $2/42$ الی $2/5$ الکترون‌ولت می‌باشد. این لایه به عنوان لایه گذرده در سلول استفاده می‌شود. طول موج‌های بالاتر از 510 نانومتر می‌توانند از این لایه عبور کنند. لازم بذکر است که اگر لایه نازک‌تر باشد طول موج‌های کمتر از این مقدار نیز از آن عبور می‌کنند؛ البته باید توجه داشت که در صورت بسیار نازک بودن لایه، به دلیل ناهمگنی موجود در لایه ممکن است سوراخ‌هایی در سطح آن ایجاد شود که این اصلاً خوب نیست. برای ساخت این لایه‌ها نیز از روش‌هایی همچون تبخیر در خلأ، رسوب شیمیایی و کندوپاشی می‌توان استفاده کرد.

انواع مختلفی از ترکیبات می‌توانند به عنوان لایه گذرده اکسیدی (TCO) بکار روند. اکسید ایندیم قلع (ITO^{133})، اکسید قلع فلئور (FTO) و اکسید روی دوپ شده با آلومینیوم ($Al:ZnO$) از جمله‌ی این ترکیبات هستند. مهمترین خصوصیتی که این لایه می‌بایست داشته باشد گذردهی بالا است تا فوتون‌ها بتوانند به راحتی از آن عبور کنند. علاوه بر این رسانش بالا به منظور

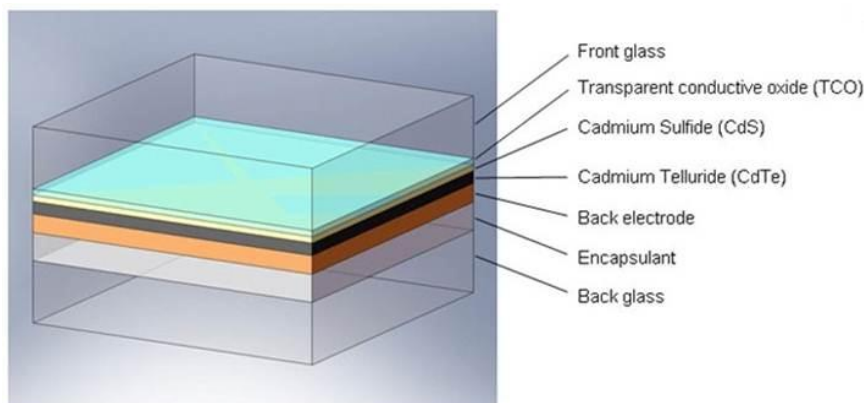
¹³² Closed Space Sublimation

¹³³ Indium Tin Oxide

فراهم آوردن جریان ناشی از تبدیل فوتون‌ها نیز از دیگر خصوصیت مهم این لایه‌ها می‌باشد. برای رسوب این لایه‌ها به طور عمده از روش کندوپاشی استفاده می‌شود.

از دیگر اجزای مهم این نوع سلول‌ها لایه پشتی می‌باشد. خصوصیت مهمی که این لایه می‌بایست داشته باشد فراهم‌سازی جریان است. مرسوم‌ترین ترکیب برای این لایه Cu-Au می‌باشد که اجازه‌ی ایجاد تماس اهمیک را می‌دهد. لازم بذکر است که ایجاد این شرایط به دلیل تمایل الکترونی بالا و باند گپ در سلول‌های کادمیوم‌تلورایدی آسان نیست. برای رسوب این لایه‌ها نیز از روش‌هایی همچون روش‌های لایه نشانی سطوح بالا استفاده می‌شود. بعد از لایه نشانی این سطوح، لازم است که حرارت‌دهی شوند تا همگن‌تر گردند.

شکل زیر ساختار سلول‌های کادمیوم‌تلورایدی را نشان می‌دهد.



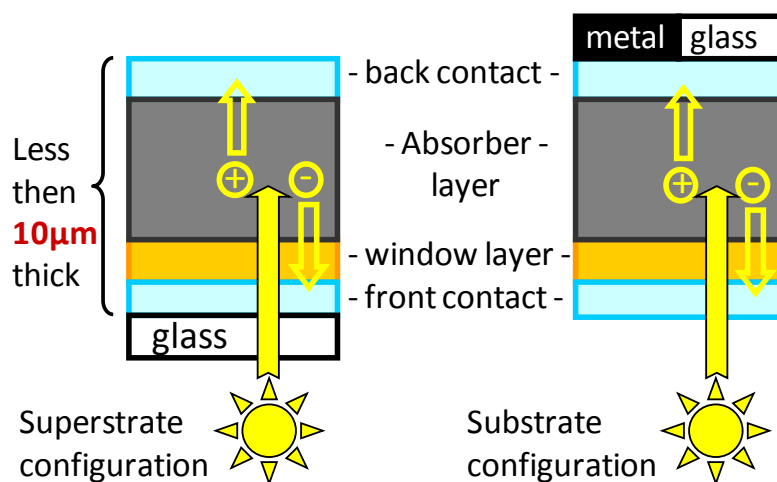
شکل ۱۰۰: ساختار سلول‌های کادمیوم‌تلورایدی

سلول‌های کادمیوم‌تلورایدی به منظور بهبود خواص الکترونیکی تحت فرایندهای بهبود رسوبی قرار می‌گیرند. این فرایندها سبب افزایش رسانش و همچنین تمرکز بیشتر حامل‌های بار می‌شود. به طور معمول این فرایند با ایجاد واکنش بین CdCl_2 و CdTe در درمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. در حین این پروسه دانه‌های CdTe بزرگتر می‌شوند، تراکم نواقص ساختاری کمتر می‌شود و دانه‌های مرزی passivate می‌شوند.

سلول‌های لایه نازک کادمیوم‌تلورایدی در ۲ نوع بستر substrate و superstrate می‌توانند قرار بگیرند. در حالت superstrate لایه‌ی شیشه‌ای در سمت جلوی سلول قرار می‌گیرد. در شکل زیر نحوه قرار گرفتن لایه‌ها در هر دو نوع بستر

نشان داده شده است. نور خورشید قبل از رسیدن به مرحله p-n junction از شیشه، لایه جلو و همچنین لایه CdS می‌بایست عبور کند و بعد جذب CdTe شود. در این نوع بستر مرحله ساخت از لایه نشانی لایه جلویی روی لایه گذردهی (شیشه) شروع می‌شود. سپس لایه نشانی لایه‌های CdS و CdTe انجام می‌شود. در آخر نیز بعد از فعال‌سازی CdTe، لایه پشتی روی آن قرار می‌گیرد.

در نوع substrate، جهت ساخت سلول برعکس است. در این حالت ساخت از لایه نشانی صفحه زیرین شروع می‌شود. قابل توجه است که لازم نیست این لایه شفاف باشد. سپس به ترتیب لایه‌های جذب CdTe و CdS لایه نشانی می‌شوند. در شکل زیر می‌توان ساختار این نوع بستر را نیز مشاهده کرد. همانطور که مشخص است در این روش نیاز به شیشه شفاف جلو نیست لذا گذردهی در این حالت بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۰۱: نحوه قرار گرفتن لایه‌ها در بسترهای substrate و superstrate

۲,۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های CIGS

از جمله مزایای سلول خورشیدی CIGS، رسوب‌گذاری لایه فعال (CIGS) بطور مستقیم بر روی مولیبدنوم روکش داده شده صفحه شیشه‌ای یا فلزی است که منجر به کاهش انرژی مصرفی در این فرایند می‌شود اما برتری آن نسبت به سلول خورشیدی CdTe، مصرف کمتر کادمیوم در کادمیوم سولفید است و حتی گاهی از زینک به جای کادمیوم استفاده می‌شود.

استقامت آنها از سلول‌های سیلیکونی بیشتر است و افزایش انعطاف‌پذیری و مقرون به صرفه بودن در فرایند تولید الکتریسیته خورشیدی می‌باشد.

دو مشکل عمده در این سلول‌ها وجود دارد: اول اینکه مانند دیگر سلول‌های لایه نازک بازده کمتری نسبت به سلول سیلیکونی دارند درحالیکه بیشترین بازده در میان سلول‌های لایه نازک متعلق به آنهاست و دومین مشکل، قیمت تولیدی بالاتر پنل‌های این سلول نسبت به سلول‌های سیلیکونی و CdTe است.

برخی از فناوری‌های تخصصی در این رابطه که در راستای افزایش بازدهی و کاهش هزینه در حال تحقیق و بررسی می‌باشند شامل موارد زیر است:

- نواحی مرزی و مرزخانه‌های شیمیایی مواد مورد استفاده
- رشد لایه‌های نازک بر روی بسترهای مناسب
- استفاده از مواد جدید مثل new chalcopyrites یا موادی با باندگپ بالا
- مهندسی باندگپ مانند تبدیل طیف و اثرات کوانتومی
- تکنیک‌های رسوب غیر خلاء
- الکترو رسوب
- استفاده از نانو ذرات
- بسترها و بسته‌بندی کم‌هزینه

۳,۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های نسل چند لایه

مزایای استفاده از این فناوری نسبت به صفحات معمول فتوولتائیک عبارتند از:

- کاهش نیاز به زمین جهت نصب پنل‌ها به نحوی که به ازاء هر ۱MW توان خروجی در حدود تنها ۶ هکتار زمین کفایت خواهد کرد.
- افزایش راندمان مجموع تبدیل نور به انرژی الکتریکی به حدود ۳۰٪

- آسانی ارتقاء توان خروجی هر یک از دیش‌ها به نسخه با توان بالاتر تنها با تعویض ماژول CPV در صورتی که در انواع پنلی، کل پنل‌ها باید تعویض گردند.

۴,۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های ارگانیک

مزایا و معایب: تولید سلول‌های فتوولتائیک بر پایه ارگانیک (OSC^{۱۳۴}) با استفاده از صنعت چاپ صفحه‌ای نشان داده است که می‌توان روزانه بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ مترمربع تولید داشت که این مقدار برای یک سال تولید سلول سیلیکونی بدست می‌آید.

توان فوق‌العاده بالای سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک در جذب نور، امکان استفاده از فیلم‌های نازکی به ضخامت تنها یک هزارم تا موی انسان یا یک دهم میکرون را فراهم می‌آورد. از آنجا که فیلم‌های فتوولتائیک معمولی ضخامتی بسیار بیشتر از این داشته و مانعی در عبور نور ایجاد می‌کنند، استفاده از سلول‌های فتوولتائیک معمولی در مکان‌هایی که نیاز به عبور نور است (نظیر پنجره‌ها) نظر محققان را به خویش جلب نموده است.

سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک به علت نوع و میزان ماده به کار رفته در ساخت و نیز هزینه‌های ساخت پایین‌تر، از یک سو امکان کاهش هزینه‌ها را به مقدار زیادی فراهم آورده و از سوی دیگر امکان استفاده از آنها در همه‌جا وجود دارد. گرچه در حال حاضر بازدهی این سلول‌ها در حدود ۵٪ است، با توجه به پایین بودن هزینه‌های ساخت برای استفاده در مراکز تجاری مناسب می‌باشند، لیکن تلاش‌های گسترده‌ای برای افزایش بازدهی این سلول‌ها در حال انجام است.

برای تجاری شدن سلول‌های ارگانیک باید مسائلی همچون بازده، طول عمر و پایداری مورد بررسی قرار گیرند. اولین سلول ارگانیک در سال ۱۹۸۶ با بازده ۱٪ توسط تانگ ساخته شد و از آن تاریخ به بعد تلاش‌های عدیده‌ای جهت افزایش بازده به مقدار تجاری ۱۰٪ انجام شده است. در سال ۲۰۰۵ بازده ۵٪ با طول عمر ۲۰۰۰۰ ساعت حاصل شد. برای خارج شدن از بازار نیچه (خاص) سلول ارگانیک باید تمام پارامترهای ذکر شده را به طور همزمان ارضا کند.

۵,۲,۲,۲ فناوری‌های تخصصی در زمینه سلول‌های رنگدانه‌ای

در حال حاضر ۹۰٪ از سهم بازار فتوولتائیک را سلول‌های سیلیکونی تشکیل می‌دهند اما به دلیل هزینه بالای تولید، استفاده از آنها در مقیاس بزرگ جهت تولید برق صرفه اقتصادی ندارد. از سویی دیگر امید می‌رود با ظهور نسل سوم سلول‌های خورشیدی نظیر سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ که به سلول خورشیدی رنگدانه‌ای معروف هستند، به دلیل هزینه تولید پایین‌تر، عدم پیچیدگی ساخت و بازده بالاتر، این امر را تسهیل کنند.

علاوه بر این با استفاده از مفهوم تولید انبوه چرخشی جهت بکارگیری و آماده‌سازی لایه‌های انعطاف‌پذیر DSSC در درجه حرارت پایین و فشار اتمسفر فرایند ساخت آن را آسان‌تر کرده است. این یک مزیت مهم نسبت به سلول‌های لایه نازک می‌باشد زیرا این سلول‌ها برای تولید نیاز به محیط خلا دارند که هزینه تولید را به شدت افزایش می‌دهد. کاهش هزینه تولید DSSC تقریباً ۴۰٪ در مقایسه با سلول سیلیکونی به ازای هر مگاوات است.

یکی از راه‌های کم هزینه در افزایش بازدهی این نوع سلول، افزایش گستره بیم جذبی است که سلول دریافت می‌کند. با افزایش گستره بیم جذبی، تعداد فوتون‌های نور بیشتری بوسیله سلول جذب شده و این باعث افزایش تولید فوتوالکترون‌های درون سلول می‌شود.

یکی از راه‌های ممکن در این راستا بکارگیری همزمان دو یا چند رنگدانه با بیم‌های جذبی مکمل هم است، بطوری که هر یک از آنها بتواند بخش‌های جداگانه‌ای از بیم خورشید را جذب کند. متأسفانه مشکل مهمی که در اجرای این روش وجود دارد، مخلوط شدن رنگدانه‌های بکار رفته با یکدیگر و ایجاد واکنش‌های شیمیایی مخرب در لایه TiO_2 بعنوان یکی از لایه‌های تشکیل‌دهنده سلول ساخته شده، است. از عوارض ناشی از این واکنش‌های شیمیایی می‌توان به مواردی همچون کاهش جذب فوتون‌های نور و تخریب لایه نازک TiO_2 اشاره کرد. انباشتگی رنگدانه‌ها در سطح لایه نازک تیتانیا نیز مشکل دیگری است که در هنگام بکارگیری بیش از یک رنگدانه، بطور جدی‌تری مطرح می‌شود.

توجه به این امر مهم است که در مراحل اولیه تکنولوژی ساخت DSSC، افزایش تولید، کاهش هزینه‌ها را در پی خواهد داشت. برای تولید ماژول‌های DSSC به مواد بهتر و ارزان‌تر نیاز است. این مواد به دو دسته فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند. مواد فعال برای DSSC شامل TiO_2 ، الکترولیت، کاتالیزور CE، لایه رسانا و اتصالات داخلی الکتریکی و مواد غیرفعال شامل مواد حفاظتی، پوشش کلی، سیم‌کشی اضافی برای اتصالات خارجی و مواد چندلایه‌ای می‌باشند. در کارهای قبلی زیرلایه‌ها به

عنوان مواد غیرفعال محسوب شده‌اند اما به دلیل نقش اساسی اتصالات داخلی الکتریکی و اثر آنها بر روی عملکرد فتوولتائیک بهتر است به عنوان مواد فعال در نظر گرفته شوند. زیرلایه شیشه‌ای TCO به عنوان گران‌ترین جز DSC می‌باشد که سهم هزینه‌ای ۸۰٪ مواد فعال را تشکیل می‌دهد. اگر زیرلایه TCO را بتوان با زیرلایه‌های پلاستیکی مانند ITO-PEN یا ITO-PET جایگزین کرد، کاهش هزینه قابل ملاحظه‌ای را شاهد خواهیم بود.

ورقه‌های فلزی می‌توانند برای جایگزینی یکی از زیرلایه‌های الکتروود استفاده شوند و در صورت استفاده از ورقه‌های آهنی ضدخش هزینه یک زیرلایه بطور میانگین ۵۰٪ کمتر از ITO-PEN و ۸۰٪ کمتر از FTO-Glass خواهد بود. در زیرلایه‌های منفرد اگر به جای TCO-Glass از مواد کم هزینه مانند آلومینیم استفاده کنیم کاهش هزینه بسیار زیادی را خواهیم داشت. استفاده از زیرلایه‌های انعطاف‌پذیر علاوه بر کاهش هزینه، برای تکنولوژی تولید چرخشی نیز مناسب می‌باشند اما مسئله مهم، مشکل پایداری اینگونه مواد است.

مواد غیرفعال سهم قابل توجهی از هزینه کلی را به خود اختصاص می‌دهند. کاهش این هزینه نیز مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد ماژول‌های انعطاف‌پذیر DSC متفاوت است و بر خلاف سلول‌های لایه نازک مواد گران نیز در آن بکار نمی‌روند. علاوه بر هزینه‌های ذکر شده عوامل دیگری نظیر ضمانت ماژول، هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات و دستمزد کارکنان به عنوان هزینه‌های جانبی بر هزینه کلی تولید تاثیرگذارند.

پیش‌بینی می‌شود با توجه به پیشرفت تکنولوژی تولید DSC و افزایش حجم تولید آن، این هزینه‌ها کاهش یابد و اگر از زیرلایه‌های انعطاف‌پذیر سبک استفاده شود، کاهش در هزینه‌ها بیشتر خواهد شد.

۳,۲ روندیابی فناوری فتوولتائیک

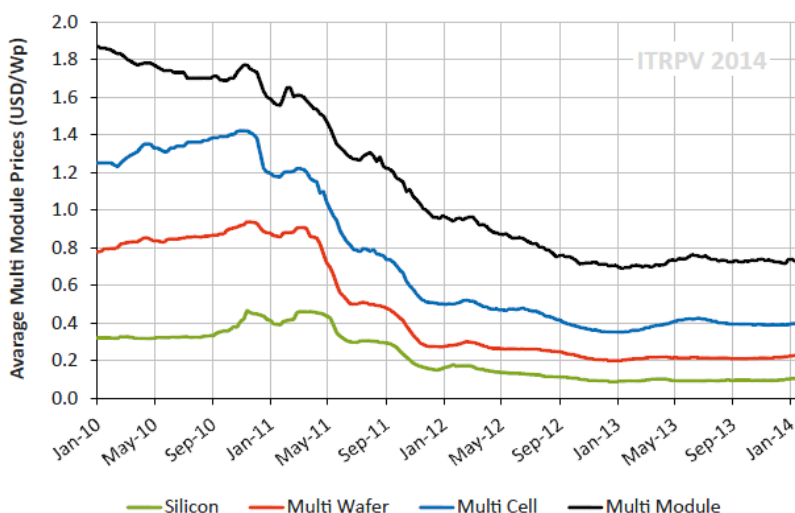
۱,۳,۲ سلول‌های کریستالی سیلیکونی

طبق اعلام مؤسسه ITRPV^{۱۳۵}، میزان ظرفیت تولید شده سلول‌های فتوولتائیک در سال ۲۰۱۴، ۶۲/۷ گیگاوات بوده که ۵۶/۶ گیگاوات از این سلول‌های کریستالی بودند. یعنی بیش از ۹۰٪ از ظرفیت تولید شده مربوط به سلول‌های کریستالی بوده و این

یعنی که این مشخصات و فناوری‌های این سلول می‌تواند تأثیر بسیار زیادی روی بازار سلول‌های فتوولتائیک داشته باشد. در ادامه به برخی از پیش‌بینی‌های ارائه شده در رابطه با فناوری‌های تخصصی اشاره می‌کنیم.

۱،۱،۳،۲ پیش‌بینی‌های فناوری‌های تخصصی

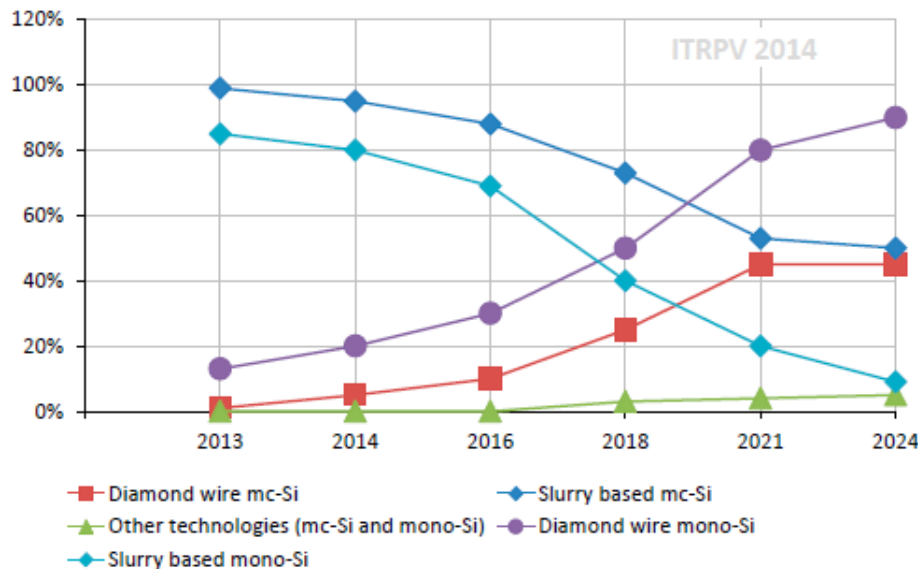
نمودار زیر مشخص‌کننده قیمت پلی‌کریستال خام، پلی‌کریستال ویفر شده، پلی‌کریستال در سلول و در نهایت پلی‌کریستال در ماژول می‌باشد. همانطور که مشخص است قیمت تمام شده در ماژول تفاوت زیادی با قیمت مواد اولیه دارد. لذا با استفاده از فناوری‌های ساخت و افزایش بازدهی می‌توان تأثیر زیادی روی قیمت‌ها گذاشت.



شکل ۱۰۲: تغییر قیمت پلی‌کریستال خام، پلی‌کریستال ویفر شده، پلی‌کریستال در سلول و پلی‌کریستال در ماژول در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴

همانطور که در قسمت فناوری‌ها گفته شد، یکی از فناوری‌های مهم در جهت کاهش هزینه‌ها، بحث ویفرینگ می‌باشد. شاید بتوان گفت مهمترین عاملی که تا سال‌های آینده سبب کاهش در هزینه‌های تمام شده خواهد بود، پیشرفت‌های فناوری ویفرینگ می‌باشد. طبق اعلام مؤسسه ITRPV با ظهور فناوری برش سیم الماس^{۱۳۶} بخصوص برای سلول‌های تک‌کریستال می‌توان آینده خوبی را پیش‌بینی کرد. از سویی دیگر، دیگر فناوری‌هایی که امروزه مورد استفاده قرار گرفته‌اند طبق پیش‌بینی، رفته رفته سهم خود از صنعت را از دست خواهند داد و جای خود را به فناوری‌های جدید خواهد داد. در نموداری که توسط این

مؤسسه کشیده شده است سهم هر کدام از این فناوری‌ها در آینده پیش‌بینی شده است. همانطور که مشخص است فناوری سیم الماسی در سلول‌های تک کریستال تا سال ۲۰۲۴ تقریباً ۹۰٪ صنعت را به خود اختصاص می‌دهد.

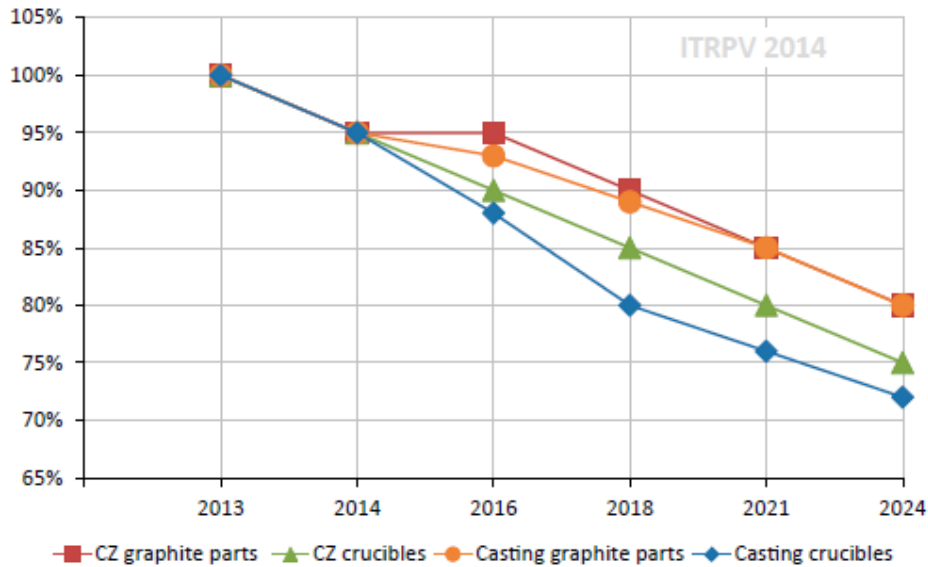


شکل ۱۰۳: پیش‌بینی سهم هر کدام فناوری‌های ویفرینگ در آینده

همانطور که در قبل نیز اشاره شد استفاده از مهمترین روش‌های کاهش هزینه، کم کردن میزان مصرف مواد اولیه است. این امر نیز از دو روش میسر است. اولی کاهش قطر ویفرها و دومی کاهش اتلافات کرف^{۱۳۷} است. از مهمترین عوامل تأثیرگذار در اتلافات کرف، قطر سیم برنده می‌باشد. لذا با کاهش هرچه بیشتر قطر آن، می‌توان میزان اتلافات را کاهش و در نتیجه هزینه را نیز کاهش داد.

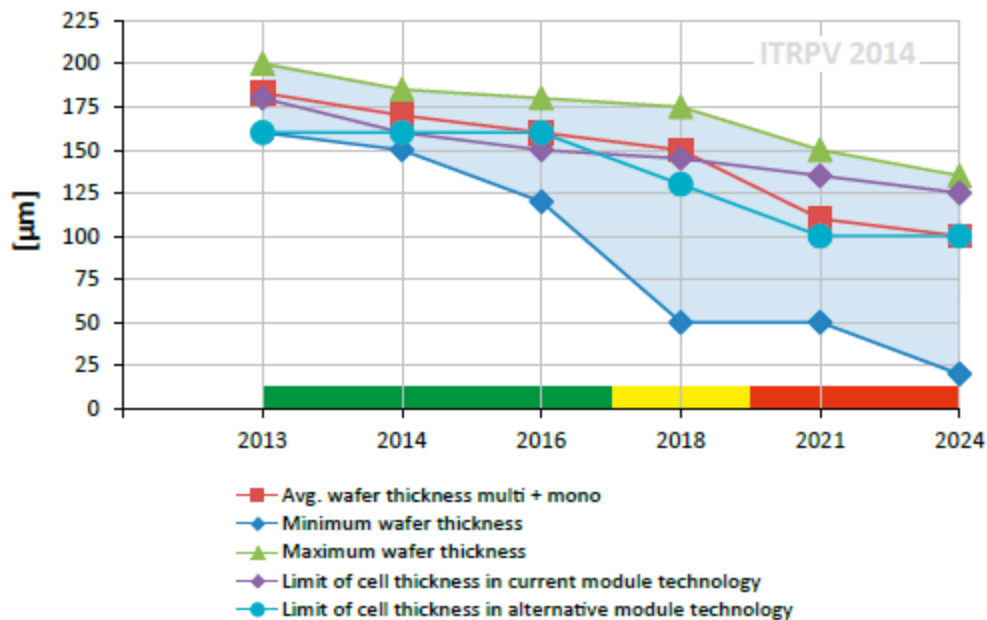
یکی دیگر از روش‌های کاهش هزینه، کاهش قیمت و میزان مواد مصرفی مورد استفاده در سلول‌های سیلیکونی می‌باشد. از جمله مواد مصرفی که پتانسیل کاهش هزینه دارند ظروف ضد حرارت، قطعات گرافیتی، دوغاب^{۱۳۸} و سیم برش می‌باشد. در نمودار زیر پتانسیل کاهش هزینه این مواد مصرفی در سال‌های آینده نشان داده شده است.

¹³⁷ kerf loss
¹³⁸ Slurry



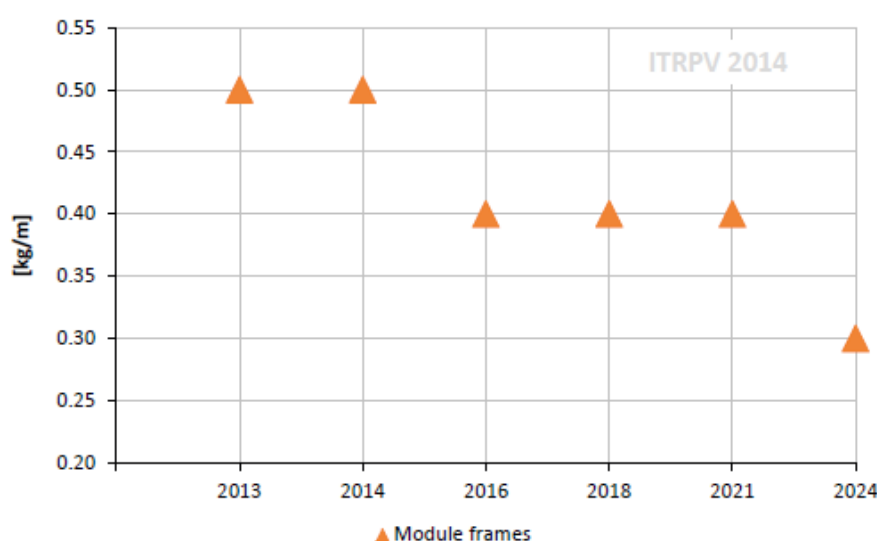
شکل ۱۰۴: پتانسیل کاهش هزینه مواد مصرفی مورد استفاده در سلول‌های سیلیکونی در سال‌های آینده

از طرفی دیگر همانطور که به آن اشاره شد با کاهش ضخامت لایه سیلیکونی علاوه بر افزایش بازدهی می‌توان میزان مواد مصرفی را نیز کاهش داد. پیش‌بینی مؤسسه ITRPV برای ضخامت لایه‌ها در سال‌های آینده به شکل زیر است.



شکل ۱۰۵: پیش‌بینی مؤسسه ITRPV برای ضخامت لایه‌ها در سال‌های آینده

علاوه بر این‌ها مواد زیادی نیز برای تولید فریم‌ها، backsheet^{۱۳۹}، encapsulant^{۱۴۰}، اتصالات درونی^{۱۴۰} و همچنین اتصالات، مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاهش در مواد مصرفی و استفاده از جایگزین‌های ارزاتر در این زمینه نیز می‌تواند در کاهش هزینه متمر ثمر باشد. به عنوان مثال طبق گزارش ITRPV، یکی از مواد جایگزین برای فریم‌های آلومینیومی، فریم‌های پلاستیکی می‌باشد که طبق گزارش این مؤسسه تا سال ۲۰۱۸، ۲۰٪ از سلول‌ها دارای این نوع فریم خواهند بود. نمودار زیر روند پیش‌بینی شده برای کاهش میزان مواد مصرفی در فریم‌ها می‌باشد.



شکل ۱۰۶: روند پیش‌بینی شده برای کاهش میزان مواد مصرفی در فریم‌ها

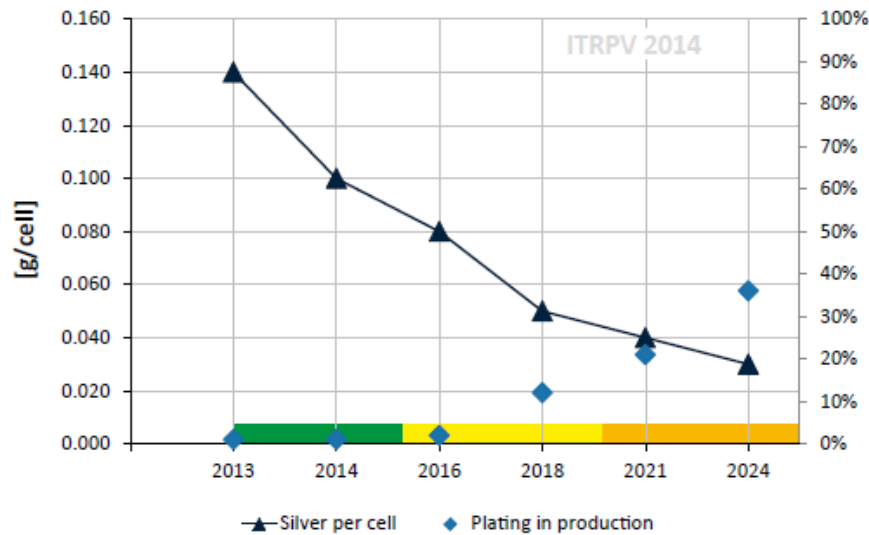
همانطور که در قسمت فناوری‌های تخصصی نیز به آن اشاره شد، یکی از مواد مصرفی گران قیمتی که در سلول‌های کریستالی استفاده می‌شود، نقره می‌باشد. طبق گزارش مؤسسه IRENA^{۱۴۱} در سال ۲۰۱۳، میزان مواد اولیه نقره مورد نیاز برای ساخت سلول‌های کریستالی امروزه در حدود ۸۰ الی ۹۰ میلیون گرم برای هر وات می‌باشد. منبع نقره موجود در جهان در حدود ۴۰۰ هزار تن می‌باشد. با توجه به ضخامت و چگالی نقره کاربردی، این منبع تنها توان تولید ۸۶۰ گیگاوات برق را دارد. اما در تحقیقات انجام شده توانستند عناصر دیگری همچون مس را بجای این عنصر بکار گیرند که در عین همان کارایی قیمتهای پایین‌تری

¹³⁹ a material used for encapsulating

¹⁴⁰ Interconnectors

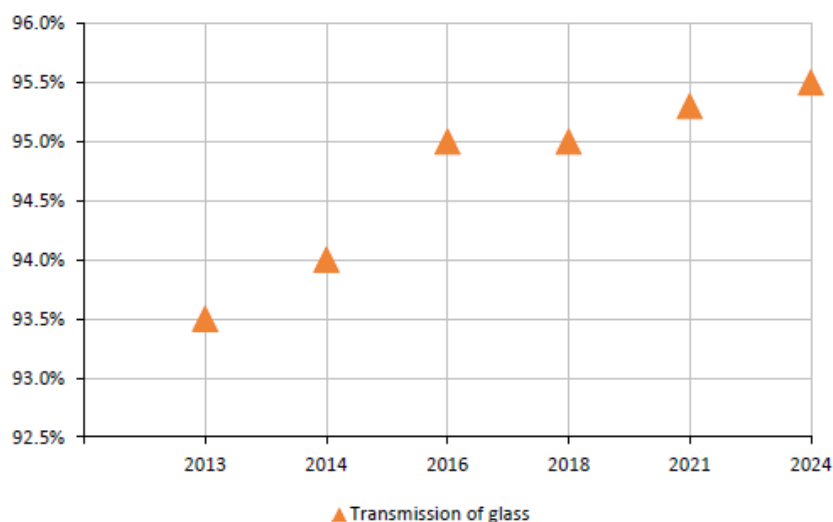
¹⁴¹ The International Renewable Energy Agency

دارند. بنابر آمار ارائه شده توسط مؤسسه ITRPV مقدار نقره استفاده شده در سلول‌های سیلیکونی تا سال ۲۰۲۴ به حدود ۰/۰۳ گرم برای هر سلول خواهد رسید که بسیار ناچیز است.



شکل ۱۰۷: پیش‌بینی کاهش میزان نقره مصرفی در سلول خورشیدی

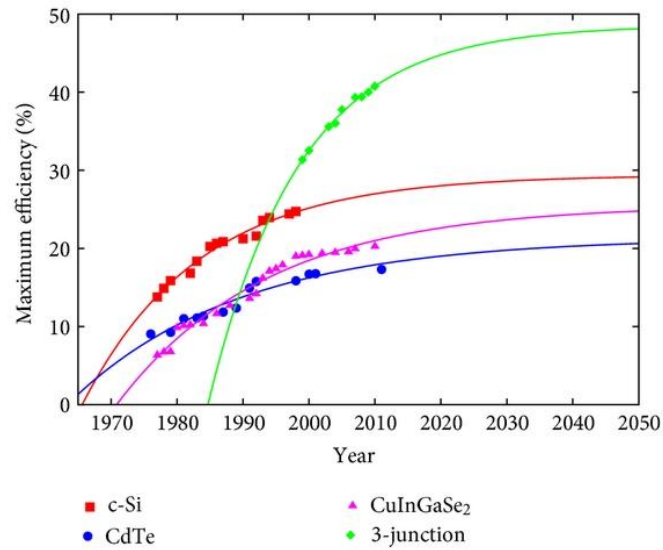
یکی از عوامل اتلاف در سلول‌های کریستالی، بازتابش مقداری از نور خورشید توسط شیشه محافظ می‌باشد. علاوه بر این مقداری نیز توسط این شیشه جذب می‌شود و در ادامه با نشر صورت گرفته مقداری دوباره به سطح جاذب می‌رسد. مقدار این اتلاف جذبی زیاد نمی‌باشد اما اتلاف بازتابشی تا حدی در بازدهی سلول تأثیرگذار می‌باشد. امروزه میزان گذردهی این شیشه‌ها در سلول‌های موجود در بازار در حدود ۹۶٪ می‌باشد. اما پیش‌بینی می‌شود تا سال‌های نه چندان دور با افزایش میزان گذردهی شاهد افزایش بازدهی باشیم. نمودار زیر در گزارش ITRPV در سال ۲۰۱۴ در رابطه پیش‌بینی افزایش گذردهی در سال‌های آینده منتشر شده است.



شکل ۱۰۸: پیش‌بینی افزایش گذردهی در سال‌های آینده

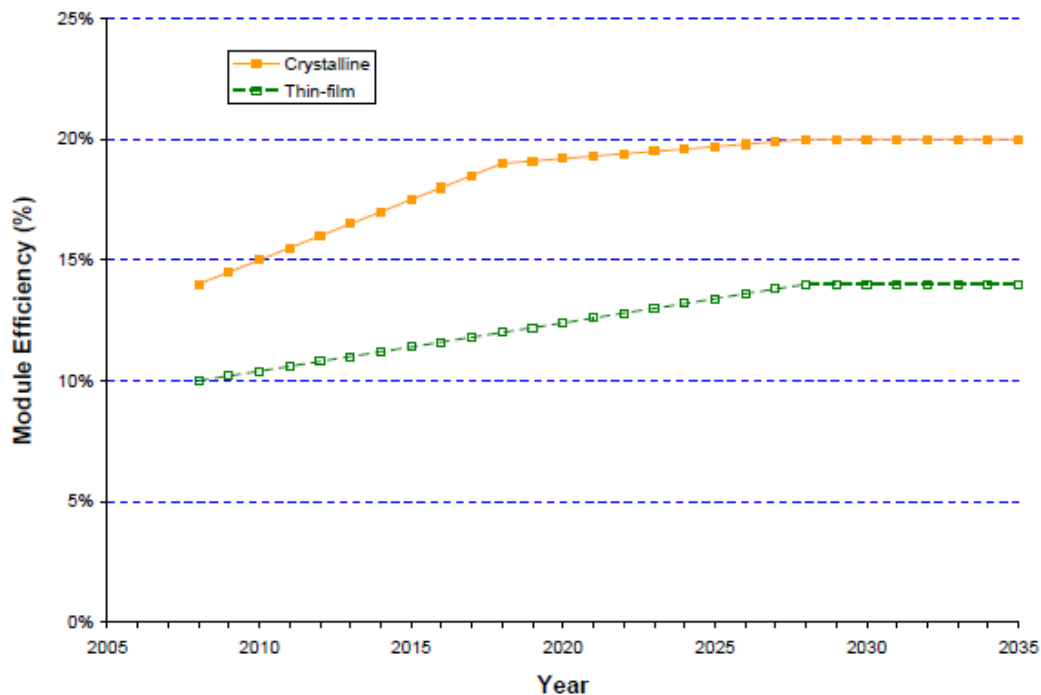
۲,۱,۳,۲ پیش‌بینی افزایش بازدهی

با توجه به مسائل بیان شده، مؤسسات و نهادهای بین‌المللی پیش‌بینی‌هایی در رابطه با پارامترها و مشخصات سلول‌های سیلیکونی ارائه داده‌اند. در رابطه با بازدهی مؤسسه IRENA نیز طی گزارشی در سال ۲۰۱۳ بیان کرده است که بازدهی مدول‌های تجاری از نوع سیلیکونی تا سال ۲۰۲۰ به ۲۳٪ خواهد رسید. همچنین طبق گزارش IEA در سال ۲۰۱۴، بازدهی سلول‌های تجاری شده از نوع تک‌کریستال در حدود بازه ۱۷٪ الی ۲۱٪ می‌باشد. این بازه برای سلول‌های پلی‌کریستال به ۱۵٪ الی ۱۷٪ کاهش می‌یابد. در ضمن این مؤسسه با در نظر گرفتن روند افزایش بازدهی، پیش‌بینی را برای سال‌های آینده در نظر گرفته است که به شکل زیر می‌باشد.



شکل ۱۰۹: پیش‌بینی افزایش بازدهی سلول‌های سیلیکونی توسط مؤسسه IRENA

در گزارشی دیگر نیز از همین مؤسسه که تحت عنوان تولید پراکنده مشخصات سیستم و هزینه‌ها در بخش ساخت و ساز در سال ۲۰۱۳ منتشر شد، بازدهی ماژول سلول‌های کریستالی و لایه نازک به شکل زیر ترسیم شد [23].



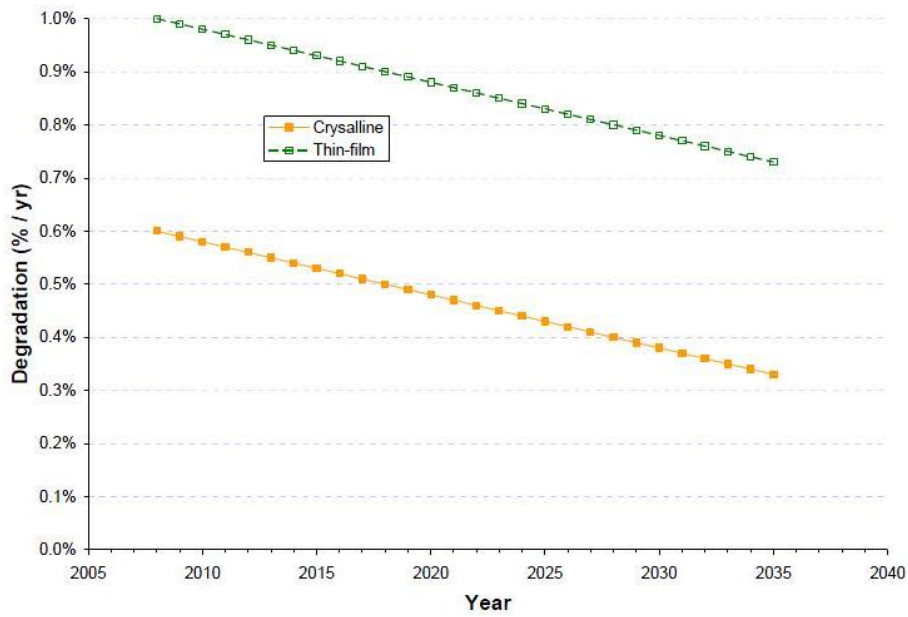
شکل ۱۱۰: پیش‌بینی بازدهی ماژول سلول‌های کریستالی و لایه نازک توسط مؤسسه IRENA

۳,۱,۳,۲ پیش بینی افزایش طول عمر

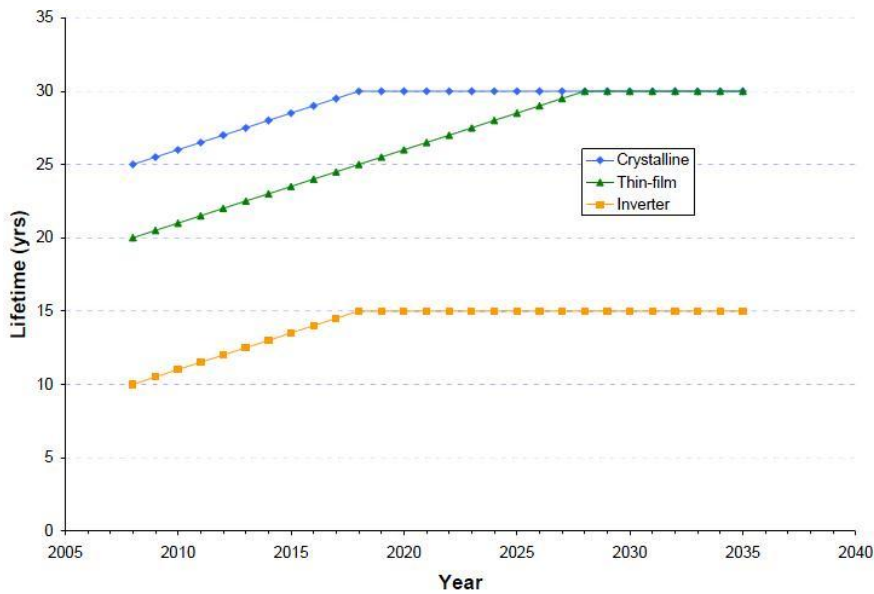
همانطور که گفته شد سلول‌های خورشیدی به دلیل عوامل مختلفی هر ساله مقداری از بازدهی خود را از دست می‌دهند. از دست رفتن بازدهی می‌تواند تأثیر زیادی در به صرفه بودن اقتصادی سلول داشته باشد. یکی از مهمترین مزیت‌های سلول‌های خورشیدی از نوع کریستالی، طول عمر بالای آنهاست. طبق گزارش مؤسسات IEA-ETSAP and IRENA در سال ۲۰۱۳، طول عمر سلول‌های تک کریستال و پلی کریستال در حدود ۲۵ الی ۳۰ سال می‌باشد [24]. طبق این گزارش طول عمر سلول‌های سیلیکونی تا سال ۲۰۳۰ به ۳۵ الی ۴۰ سال خواهد رسید.

یکی از پارامترهای تعیین کننده طول عمر میزان تخریب پذیری سالانه سلول می‌باشد. بعضی از مؤسسات و آزمایشگاه‌ها تعریف طول عمر را بر این اساس تعریف کردند به عنوان مثال طبق اعلام آزمایشگاه ملی وزارت انرژی آمریکا (NREL)، طول عمر یک سلول خورشیدی برابر است با تعداد سال‌هایی که بازدهی این سلول به مقدار ۲۰٪ از بازدهی اولیه خود کم شود.

بر این اساس مؤسسه EIA در سال ۲۰۰۸ نموداری در رابطه با پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب در سال‌های آتی ارائه داده است [23]. طبق این نمودار ضریب تخریب در سلول‌های خورشیدی در سلول‌های سیلیکونی به حدود ۰/۴۲٪ در سال خواهد رسید. همچنین نموداری دیگر در رابطه با طول عمر این نوع سلول‌ها رسم شده است. طبق این نمودار طول عمر سلول‌های کریستالی از سال ۲۰۱۸ به بعد تغییری نخواهد کرد و در ۳۰ سال متوقف خواهد شد.



شکل ۱۱۱: پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA



شکل ۱۱۲: پیش‌بینی طول عمر سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA

در مورد سلول‌های HIT نیز طبق اعلام شرکت پاناسونیک طول عمر این سلول‌ها در حدود ۲۵ سال می‌باشد.

۴,۱,۳,۲ میزان مواد اولیه مورد نیاز

همانطور که از نام سلول‌های سیلیکونی مشخص است بیشترین ماده استفاده شده در این نوع سلول‌ها عنصر سیلیکون می‌باشد. مشخصات و مخصوصاً بازدهی سلول‌های سیلیکونی تا حد زیادی بستگی به خلوص سیلیکون بکار برده شده دارد. میزان خلوص سیلیکون در سلول‌های پلی‌کریستالی در حدود ۹-۶ N می‌باشد. یکی از مهمترین منابع تأمین‌کننده این سیلیکون، مواد باقی مانده در صنایع الکترونیکی می‌باشد. چرا که میزان خلوص در سلول‌های خورشیدی در مقایسه با خلوص آن در صنایع الکترونیکی بسیار کمتر است. بنابراین معمولاً از باقی مانده مواد استفاده شده در این صنایع برای تولید سلول‌های سیلیکونی استفاده می‌کنند.

معمولاً در مراحل ساخت مقداری از مواد اولیه اتلاف می‌شود. در سلول‌های تک‌کریستال در فرایند CZ برای ساخت سلول‌های تک‌کریستال حدود ۴۰٪ از ماده اولیه هنگام بریدن و تست و ... هدر می‌رود که البته از آن در جاهای دیگر می‌توان استفاده کرد. مثلاً می‌توان آن را دوباره ذوب کرد و به عنوان ماده اولیه سلول‌های پلی‌کریستال مورد استفاده قرار داد. در ساخت سلول‌های پلی‌کریستال نیز در فرایند قطعه قطعه کردن سیلیکون اولیه، حدود ۵٪ الی ۱۰٪ از ماده اولیه از بین می‌رود.

تا دهه گذشته باقی مانده سیلیکون از صنایع الکترونیکی برای سولاریل‌ها کافی بود اما امروزه اینگونه نیست. بنابراین امروزه منبع سیلیکون برای سلول‌های خورشیدی به دو دسته تقسیم می‌شود: سیلیکون‌های از رده خارج شده صنایع الکترونیک و منابعی که بطور مستقل برای سلول‌های خورشیدی بکار می‌روند. در مورد استفاده از سیلیکون در سلول‌ها نیز طبق اعلام شرکت Solarbuzz میزان مصرف سیلیکون بازای هر وات از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ به میزان ۵۵٪ کاهش داشته است.

طبق گزارش مؤسسات IEA-ETSAP and IRENA در سال ۲۰۱۳، میزان مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت سلول‌های کریستالی در سال ۲۰۱۰، ۷ گرم سیلیکون بازای هر وات می‌باشد که این رقم تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۳ گرم سیلیکون بازای هر وات خواهد رسید. طبق اعلام این مؤسسه، قطر لایه‌های سلول‌های سیلیکونی که امروزه در حدود ۱۵۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر است تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر کاهش خواهد یافت که این امر می‌تواند تا حد زیادی در مصرف سیلیکون صرفه‌جویی کند [25].

همچنین طبق نقشه راه تبیین شده توسط مؤسسه IEA در سال ۲۰۱۴، میزان مصرف سیلیکون در این نوع سلول‌ها تا سال ۲۰۲۵ می‌بایست به زیر ۲ گرم بر وات برسد [26]. همچنین طبق گفته‌ی این سازمان قیمت سیلیکون در سال ۲۰۱۰، ۶۷ دلار بر کیلوگرم بوده که این عدد در سال ۲۰۱۲ به ۲۰ رسیده است. طبق گفته این مؤسسه این کاهش قیمت تا چند سال آینده نیز ادامه‌دار خواهد بود و می‌توانیم شاهد کاهش هزینه‌های مربوط به مواد اولیه باشیم.

اما همانطور که در بخش پیش‌بینی‌های فرایندهای تخصصی گفته شد. سلول‌های سیلیکونی محدود کننده‌ای به نام نقره دارند. توضیحات این بخش و پیش‌بینی‌های انجام شده در این رابطه در همان بخش پیش‌بینی فناوری‌های تخصصی آمده است.

برخی دیگر از مواد مورد استفاده در چرخه عمر این نوع سلول در جدول زیر آمده است. اطلاعات این جدول مربوط به ساخت یک ویفر تک کریستال با اندازه‌های ویفر استاندارد ۱۵۶×۱۵۶ میلی‌متر مربع و ضخامت ۲۷۹ میکرومتر می‌باشد.

نوع ماده اولیه	واحد	مقدار	توضیحات
poly-Si	kg	1.15	polycrystalline silicon of semiconductor or solar grade quality. This value is the total silicon needed minus internally recycled silicon from crystal cut-offs and broken wafers.
quartz crucible	kg	0.36	for melting the silicon
glass	kg	0.01	for temporarily attachment of bricks to wiresawing equipment, assumed same as multi wafers
steel wire	kg	1.49	for wafer cutting, assumed same as multi wafers
silicon carbide (SiC), virgin	kg	2.14	for sawing slurry, assumed same as multi wafers
silicon carbide (SiC), from external recycling	kg	0	
argon (Ar)	kg	6.2	for crystal growing
polyethylene glycol (PEG), virgin	kg	2.6	for sawing slurry, assumed same as multi wafers
polyethylene glycol (PEG), from external recycling	kg	0.3	
dipropylene glycol monomethyl ether (DPM)	kg	0.3	for wafer cleaning

نوع ماده اولیه	واحد	مقدار	توضیحات
adhesive	kg	0.002	for temporarily attachment of bricks to wire-sawing equipment
tenside (concentrated)	kg	0.24	for wafer cleaning
Sodium hydroxide, 50% in H ₂ O	kg	0.015	for wafer cleaning, assumed same as multi wafers
Hydrochloric acid, 30% in H ₂ O	kg	0.002 7	for wafer cleaning, assumed same as multi wafers
Acetic acid, 98% in H ₂ O	kg	0.039	for wafer cleaning, assumed same as multi wafers
tap water	kg	0.006	for ingot sawing
water, deionised	kg	65	for wafer cleaning
factory area	m ²	4.30E-04	same as for multi-Si wafer; assuming 25 years life of factory

جدول ۵: اطلاعات مربوط به مواد مورد استفاده در ساخت یک ویفر تک کریستال

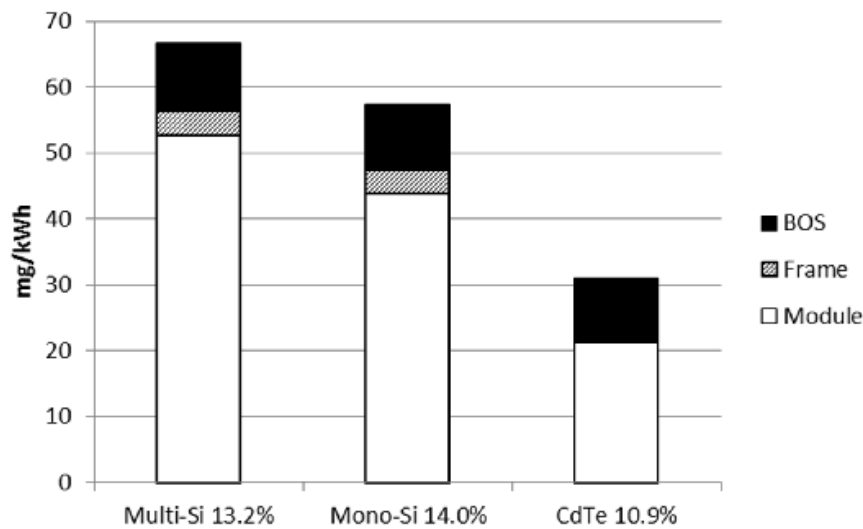
۲،۳،۱،۵ میزان استفاده از مواد غیر سمی

طبق مقاله منتشر شده توسط آقای [27] Fthenaki، تولید و استفاده از سلول‌های خورشیدی نوع سیلیکونی به دلایل زیر پتانسیل ایجاد خطراتی را دارد:

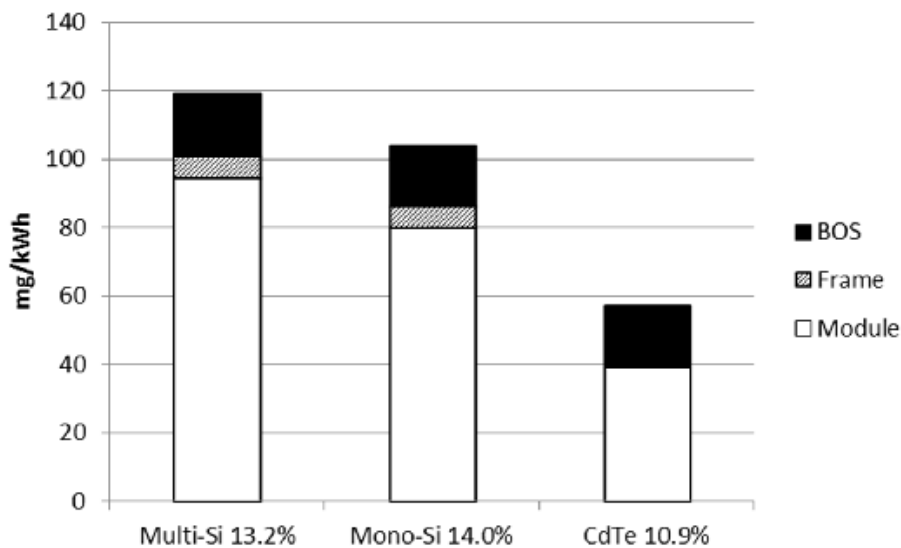
- خطرات سوختگی و استنشاق اسید هیدروفلوریک
- امکان آتش سوزی یا انفجار SiH_4
- لحیم سرب/دفع مازول
- گازهای ناخالص ساز و بخار آن همچون POCl_3

در این زمینه هیچگونه پیش‌بینی انجام نشده اما امید است با جایگزینی مواد بهتر و روش‌هایی بهتر در این زمینه نیز بهبودهایی به عمل آید.

البته در مقاله‌ای منتشر شده توسط IEA میزان تولید NO_x و SO_x در چرخه‌ی عمر سلول اندازه‌گیری شد که نتایج آن بصورت نمودارهای زیر است. نمودار اول مربوط به NO_x و نمودار دوم مربوط به SO_x می باشد [28].



شکل ۱۱۳: میزان تولید NO_x در چرخه‌ی عمر سلول‌های خورشیدی نوع سیلیکونی منتشر شده توسط IEA



شکل ۱۱۴: میزان تولید SO_x در چرخه‌ی عمر سلول‌های خورشیدی نوع سیلیکونی منتشر شده توسط IEA

۶,۱,۳,۲ نرخ اشغال سطح زمین

طبق گزارش مؤسسه IRENA [24]، در سال ۲۰۱۳، متوسط اشغال زمین توسط سلول‌های تک کریستال و پلی کریستال به ترتیب برابر با ۷ و ۸ مترمربع بازای هر کیلووات می‌باشد. طبق گفته‌ی این گزارش به طور کلی می‌توان گفت که هر ۱۰٪ بازدهی معادل است با ۱۰۰ وات بر متر مربع بازدهی.

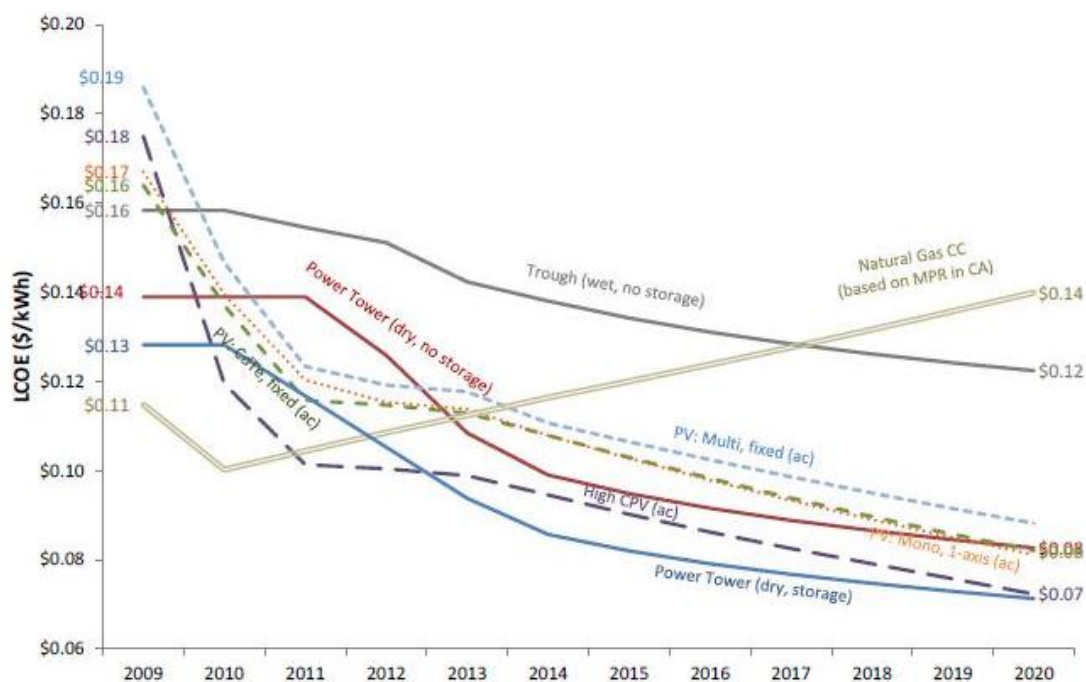
در سایت Panasonic برای سلول‌های HIT این عدد برابر با ۶ متر مربع برای هر کیلووات گزارش شده.

۷,۱,۳,۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری

طبق گزارش مؤسسه GTM Research [29]، هزینه سرمایه‌گذاری برای سلول‌های تک‌کریستال همراه با سیستم ردیاب یک محوره در سال ۲۰۱۴ برابر با ۳/۷۶ دلار و در سال ۲۰۲۰ برابر با ۲/۶۳ دلار برای هر وات خواهد بود. برای سلول‌های پلی‌کریستال ثابت نیز برابر ۲/۷۵ دلار برای ۲۰۱۴ و ۲/۰۶ دلار برای ۲۰۲۰ برای هر وات می‌باشد.

LCOE ۸,۱,۳,۲

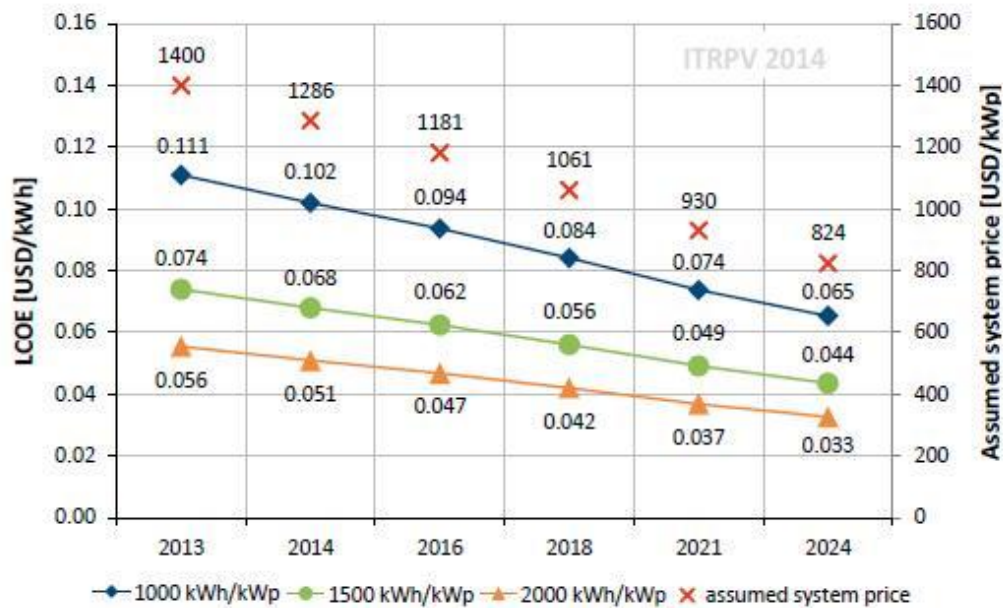
مؤسسه GTM Research نمودار روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی را بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده رسم کرده است. طبق این پیش‌بینی هزینه تراز شده برای سلول‌های تک‌کریستال و پلی-کریستال تا سال ۲۰۲۰ به ترتیب به ۰/۰۸ و ۰/۱ دلار برای هر کیلووات ساعت خواهد رسید.



شکل ۱۱۵: روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده توسط

مؤسسه GTM Research

همچنین طبق نقشه راه تدوین شده توسط مؤسسه ITRPV [30]، LCOE سلول‌های سیلیکونی برای تابش زیاد تا سال ۲۰۲۴ به ۰/۰۳۳ دلار برای هر کیلووات ساعت می‌رسد که بسیار ارزان است. همچنین طبق این نمودار نیز مقدار LCOE تا حد زیادی به تابش خورشید نیز بستگی دارد. به همین دلیل است که این هزینه تراز شده در مناطق مختلف دارای تفاوت‌های زیادی است.



شکل ۱۱۶: پیش‌بینی روند قیمت تراز شده سلول‌های سیلیکونی طبق نقشه راه تدوین شده توسط مؤسسه ITRPV

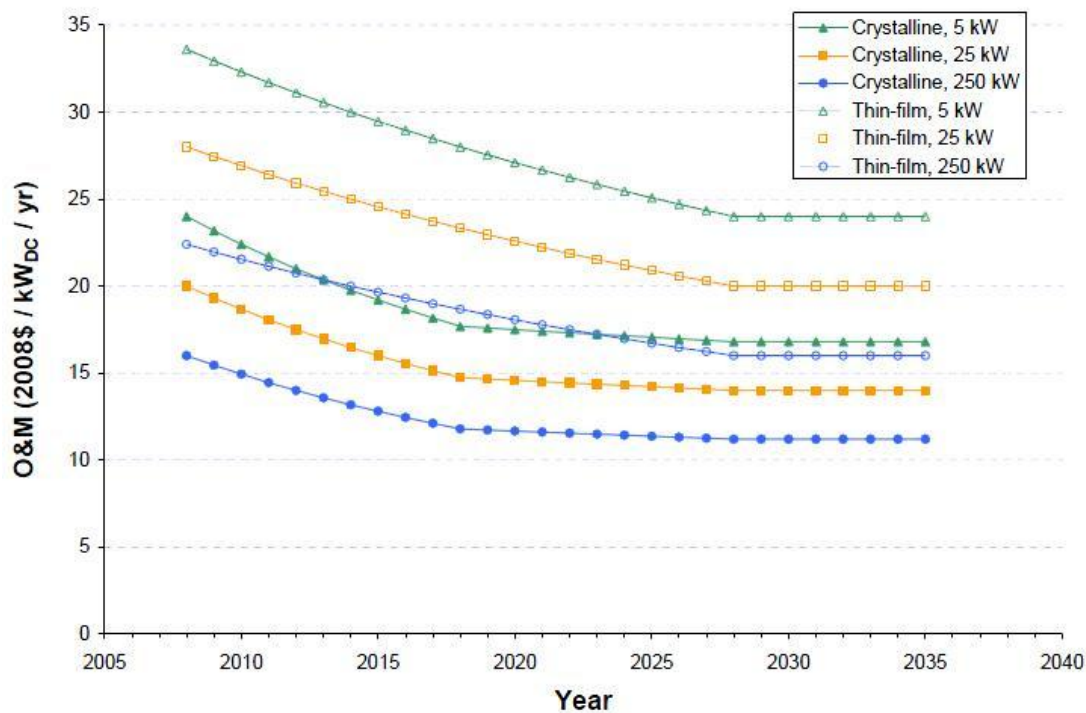
مؤسسه IRENA نیز در گزارشی در سال ۲۰۱۲، قیمت تراز شده سلول‌های سیلیکونی در سال ۲۰۲۰ را حدود ۷ الی ۱۲ سنت برای هر کیلووات پیش‌بینی کرد [24].

۹,۱,۳,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری

طبق گزارش مؤسسه GTM Research، در سال ۲۰۱۱، هزینه O&M^{۱۴۲} مربوط به نیروگاه‌های تک کریستال و پلی کریستال به ترتیب ۳۶ و ۳۰ دلار برای هر کیلووات می‌باشد [31].

¹⁴² Operations & Maintenance

طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA، هزینه O&M سلول‌های سیلیکونی تا سال ۲۰۳۵ با ۳۰٪ کاهش نسبت به سال ۲۰۰۸ در محدوده ی ۱۱/۲ الی ۱۶/۸ دلار برای هر کیلووات خواهد رسید [26]. این مؤسسه نموداری نیز در این رابطه ارائه داده است که در زیر آمده است. همانطور که در نمودار مشخص است میزان هزینه‌های O&M تا حد بسیار زیادی به ابعاد تولید توان دارد.



شکل ۱۱۷: هزینه O&M سلول‌های سیلیکونی بر طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA

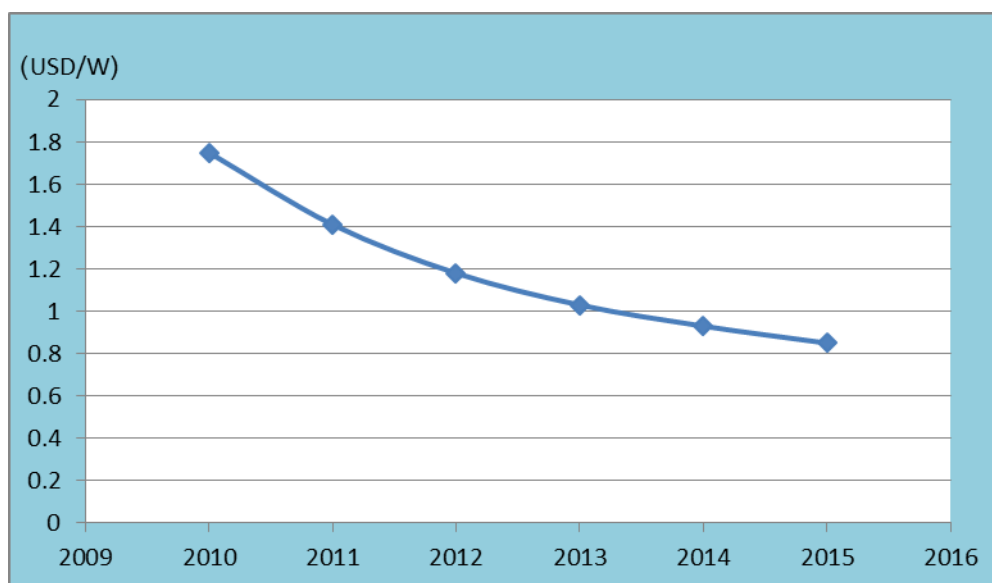
۱۰,۱,۳,۲ هزینه تولید ماژول

جدول زیر در گزارش منتشر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر منتشر شده است [24]. این جدول روند تغییرات در هر کدام از مراحل تولید ماژول سیلیکونی را نشان می‌دهد. همچنین پیش‌بینی سال ۲۰۱۵ نیز در این جدول آمده است همانطور که مشخص است تا سال ۲۰۱۵ هزینه نهایی تولید ماژول سیلیکونی به ۰/۸۵ دلار برای هر وات خواهد رسید.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
مقیاس تولید (MW)	150	400	650	900	1150	1400
تولید پلی سیلیکون (USD/W)	0.43	0.33	0.23	0.18	0.15	0.13
تولید ویفر سیلیکون (USD/W)	0.46	0.37	0.33	0.29	0.27	0.25

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
تولید سلول (USD/W)	0.36	0.29	0.25	0.23	0.2	0.19
تولید ماژول فتوولتائیک (USD/W)	0.5	0.42	0.37	0.33	0.31	0.29
کل هزینه (USD/W)	1.75	1.41	1.18	1.03	0.93	0.85

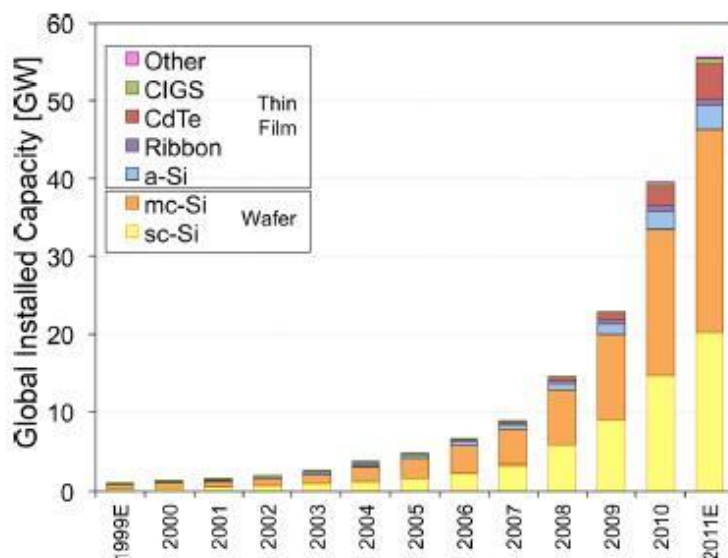
جدول ۶: روند تغییرات هزینه و مقیاس تولید در هر کدام از مراحل تولید ماژول سیلیکونی



شکل ۱۱۸: هزینه نهایی تولید ماژول سیلیکونی بر حسب دلار برای هر وات

۱۱،۱،۳،۲ سهم بازار

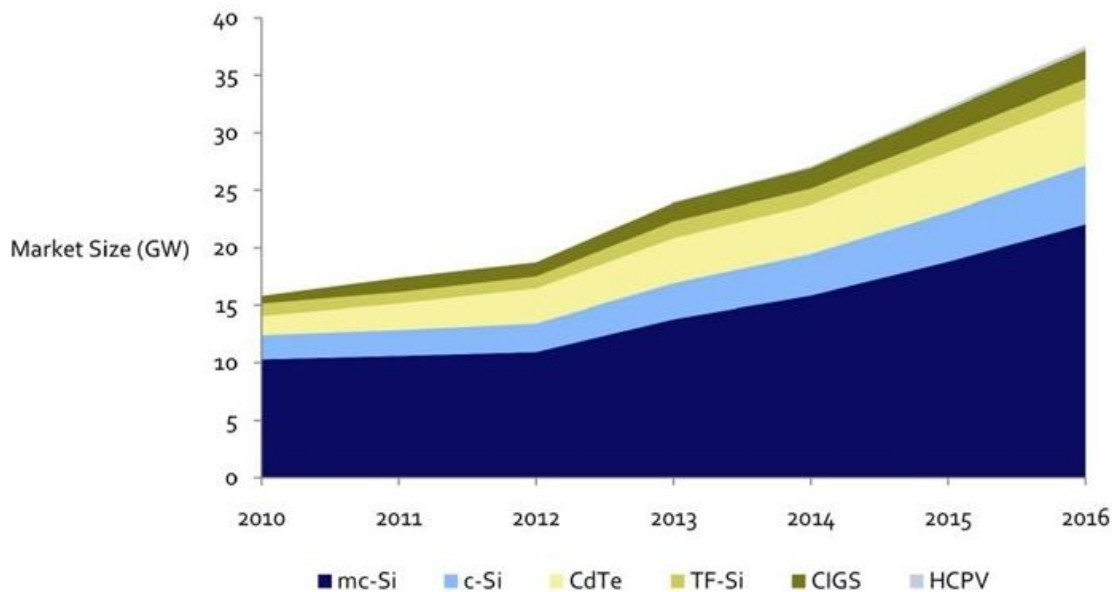
در مقاله‌ای منتشر شده در ژورنال Environmental Science and Technology میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک را در نموداری رسم کرد [32]. طبق این نمودار، در سال ۲۰۱۱ ظرفیتی بیش از ۵۵ گیگاوات نصب شده است. همانطور که در نمودار نیز مشخص است حدود ۹۰٪ از این بازار مربوط به سلول‌های سیلیکونی می‌باشد. هرچند این میزان سهم سال به سال در حال کاهش می‌باشد اما با توجه به سهم زیاد آن تا سال ۲۰۲۵ نیز پیش‌بینی می‌شود که همچنان اکثریت بازار دست این نوع سلول باشد. همچنین مشخص است که سلول‌های پلی کریستال به دلیل قیمت پایین‌تر سهم بیشتری از سلول‌های تک کریستال دارد. اما با توجه به پایین آمدن قیمت سلول‌های تک کریستال روند به نفع سلول‌های تک کریستال می‌باشد و در سال‌هایی که چندین دور می‌توان شاهد برتری سلول‌های تک کریستال باشیم.



شکل ۱۱۹: میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک در مقاله‌ای منتشر شده در ژورنال Environmental Science and

Technology

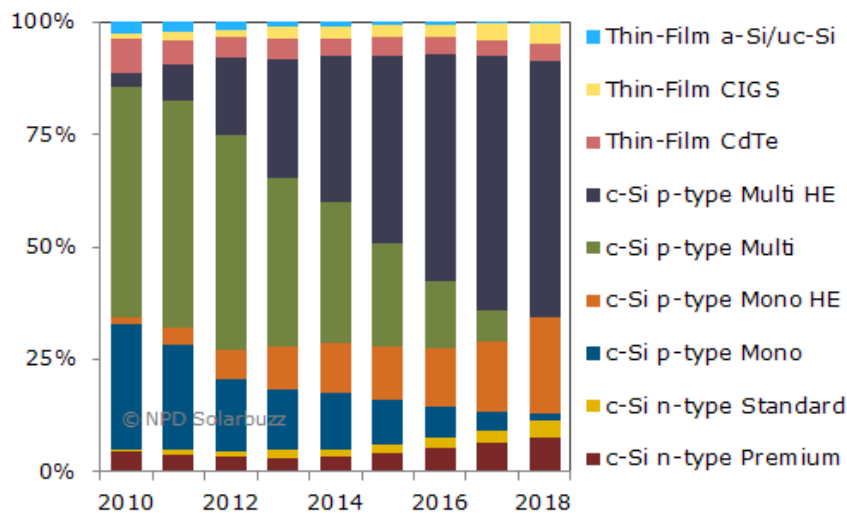
نمودار زیر توسط مؤسسه Lux Reaserch ترسیم شده [33]. مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها و روندشان مشخص است. سلول‌های پلی کریستال همانطور که مشخص است بیشترین سهم بازار را در اختیار دارند. اما شیب آن نسبت به شیب دیگر فناوری‌ها کمتر می‌باشد و این به معنی این است که در سال‌های آینده دیگر فناوری‌ها می‌توانند سهم بیشتری را از آن خود کنند.



شکل ۱۲۰: نمایش مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک و روندشان توسط مؤسسه Lux Reaserch

نمودار زیر توسط شرکت Solarbuzz تهیه شده و در آن سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها تا سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی شده است

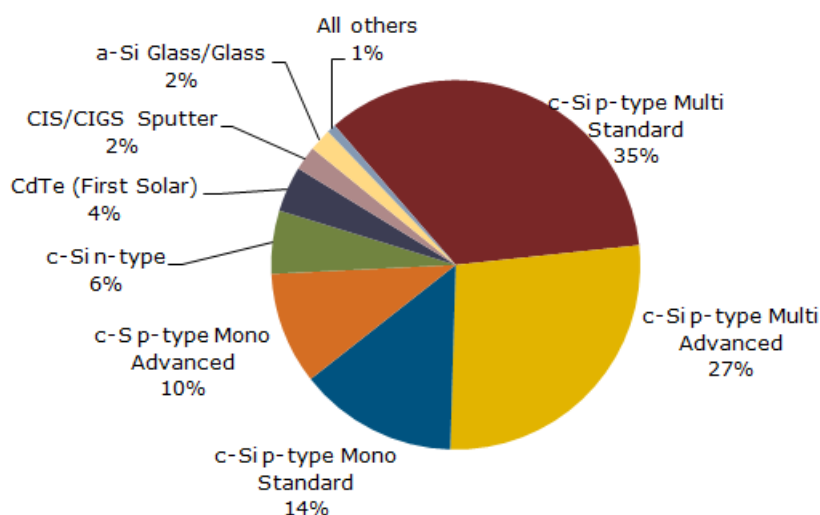
[34]



شکل ۱۲۱: سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها تا سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی توسط شرکت Solarbuzz

همچنین در گزارشی دیگر از این مؤسسه که در سال ۲۰۱۴ تدوین شد، میزان سهم هر کدام از فناوری‌ها در نموداری به شکل زیر ترسیم شد. طبق این گزارش میزان تولید برق اضافه شده از فتوولتائیک در سال ۲۰۱۴، ۴۹/۷ گیگاوات خواهد بود. این

مقدار در سال ۲۰۱۳، ۳۹/۷ گیگاوات بوده. همچنین طبق پیش بینی این مؤسسه مقدار تولید برق اضافه شده در سال ۲۰۱۵ به ۵۵ گیگاوات خواهد رسید.



شکل ۱۲۲: سهم هر کدام از فناوری‌ها در تولید برق منتشر شده توسط شرکت Solarbuzz

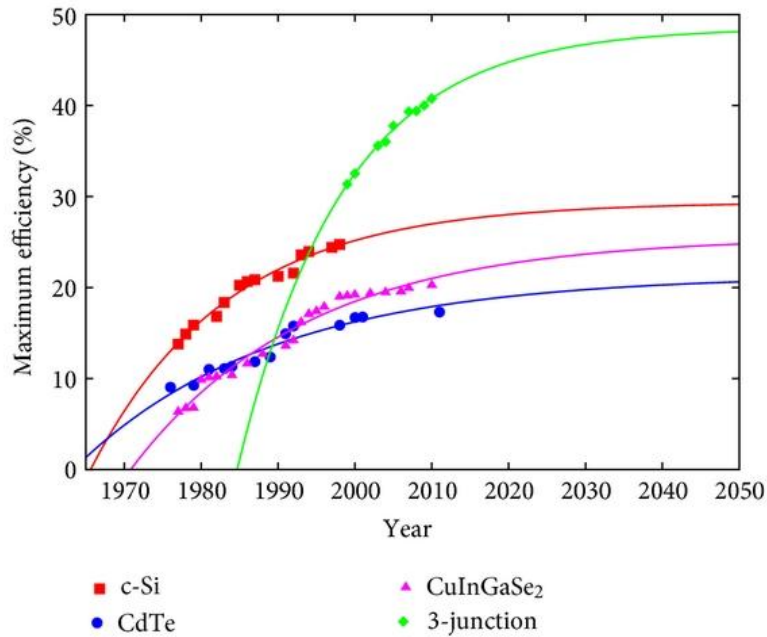
در مورد سلول‌های HIT نیز، مؤسسه تحقیقاتی Research & Markets اعلام کرده که میزان تولید برق از سلول‌های HIT در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ به ترتیب ۱ و ۲/۹ گیگاوات بوده. همچنین طبق پیش‌بینی این مؤسسه تولید این نوع سلول در سال ۲۰۱۵ به ۷/۴ گیگاوات خواهد رسید که رقم قابل ملاحظه ایست. اما در گزارشی دیگر تدوین شده توسط مؤسسه ITRPV سهم سلول‌های HIT در بازار سلول‌های سیلیکونی در سال ۲۰۱۳ تنها ۲٪ بوده است [30]. طبق پیش‌بینی این سازمان سهم این نوع سلول‌ها با توجه به روند رو به کاهش هزینه‌های آن در سال ۲۰۱۴ به ۵٪ و در سال ۲۰۲۴ به بیش از ۱۰٪ از بازار سلول‌های سیلیکونی دست خواهد یافت.

۲,۳,۲ سلول‌های لایه نازک

۱,۲,۳,۲ بازدهی

طبق گزارش IEA در سال ۲۰۱۴، بیشترین بازدهی بدست آمده برای سلول‌های کادمیوم تلورایدی ۲۰/۹٪ می‌باشد که مربوط به شرکت First Solar می‌باشد [26]. همچنین سلول‌های تجاری شده دارای بازدهی بین ۱۲٪ الی ۱۵٪ می‌باشند. همچنین طبق این گزارش، بهترین بازدهی بدست آمده برای سلول‌های CIGS برابر ۲۰/۳٪ بوده است. اما میزان بازدهی سلول‌های

موجود در بازار از این نوع در بازه ۷٪ الی ۱۲٪ می‌باشد. برای سلول‌های لایه نازک آمورف نیز بهترین درصد ۱۳/۲٪ و سلول‌های موجود در بازار در بازه ۷٪ تا ۹٪ می‌باشند. در ضمن این مؤسسه با در نظر گرفتن روند افزایش بازدهی، پیش‌بینی را برای سال‌های آینده در نظر گرفته است که به شکل زیر می‌باشد.



شکل ۱۲۳: پیش‌بینی افزایش بازدهی سلول‌های سیلیکونی لایه نازک توسط مؤسسه IRENA

لازم بذکر است محدودیت تئوریک بازدهی برای سلول‌های لایه نازک به شرح زیر می‌باشد

- سلول‌های کادمیوم تلورایدی: ۳۰٪
- سلول‌های آمورف: ۲۷٪
- سلول‌های CIGS: ۲۹٪

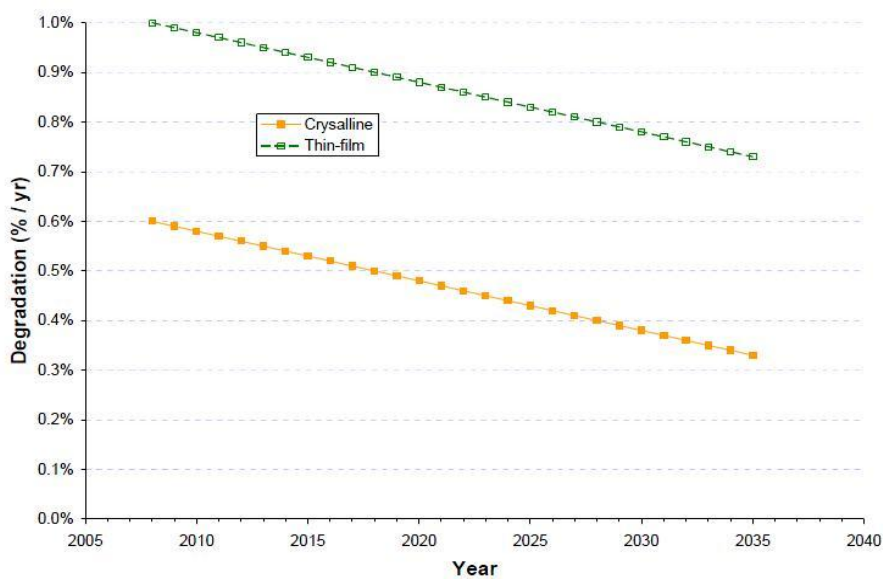
۲,۲,۳,۲ طول عمر

سلول‌های خورشیدی به دلیل عوامل مختلفی هر ساله مقداری از بازدهی خود را از دست می‌دهد. از دست رفتن بازدهی می‌تواند تأثیر زیادی در به صرفه بودن اقتصادی سلول داشته باشد. سلول‌های لایه نازک به عنوان سلول‌هایی با طول عمر بالا

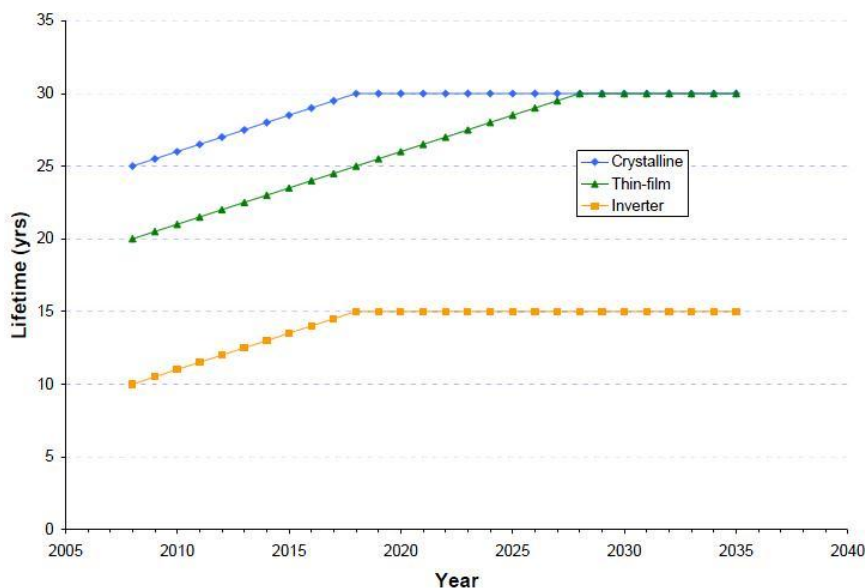
شناخته شده‌اند. طبق گزارش مؤسسه IRENA در سال ۲۰۱۳، طول عمر سلول‌های کادمیوم تلورایدی بیش از ۲۵ سال می‌باشد [24].

یکی از پارامترهای تعیین کننده طول عمر میزان تخریب‌پذیری سالانه سلول می‌باشد. بعضی از مؤسسات و آزمایشگاه‌ها طول عمر را بر این اساس تعریف کرده‌اند. به عنوان مثال طبق اعلام آزمایشگاه ملی وزارت انرژی آمریکا (NREL)، طول عمر یک سلول خورشیدی برابر است با تعداد سال‌هایی که بازدهی این سلول به مقدار ۲۰٪ از بازدهی اولیه خود کم شود.

مؤسسه EIA نموداری در رابطه با پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب در سال‌های آتی ارائه داده است. طبق این نمودار ضریب تخریب در سلول‌های خورشیدی در سلول‌های لایه نازک به حدود ۰/۸٪ در سال خواهد رسید. همچنین نموداری دیگر در رابطه با طول عمر این نوع سلول‌ها رسم شده است. طبق این نمودار طول عمر سلول‌های لایه نازک از سال ۲۰۲۸ به بعد تغییری نخواهد کرد و در ۳۰ سال متوقف خواهد شد.



شکل ۱۲۴: پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA



شکل ۱۲۵: پیش‌بینی طول عمر سلول‌های خورشیدی در سال‌های آتی توسط مؤسسه EIA

۳,۲,۳,۲ میزان مواد اولیه مورد نیاز

کادمیوم از عناصر خطرناک و سرطان‌زا می‌باشد. این محصول از محصولات دور ریز صنعت پالایش روی می‌باشد. با توجه به مقدار زیاد تولید این ماده، قیمت سلول‌های کادمیوم تلورایدی وابستگی بسیار کمی به این ماده دارد. علاوه بر این با استفاده آن در سلول‌ها، میزان خطر آن نیز کاهش می‌یابد. بنابراین از استفاده بدین شکل بجای دفن آن در محیط زیست بسیار استقبال می‌شود.

تلوریوم از عناصر با منابع محدود در جهان می‌باشد. عمدتاً از این عنصر به عنوان افزودنی در صنعت ماشین‌کاری فولاد استفاده می‌شود. این عنصر به عنوان محصول جانبی در پالایش مس بدست می‌آید. همچنین در تولیدات مس و طلا نیز این محصول بدست می‌آید. اما مقدار تولید این محصول سالانه تنها ۸۰۰ تن می‌باشد که بسیار کم است. طبق اعلام سازمان زمین‌شناسی آمریکا مقدار تلوریوم لازم برای تولید هر گیگاوات برق از سلول‌های کادمیوم تلورایدی ۹۳ تن می‌باشد.

در جدول زیر برخی دیگر از مواد اولیه‌ای که در ساخت سلول‌های کادمیوم تلورایدی مورد استفاده قرار می‌گیرند آمده است.

نوع ماده اولیه	واحد	مقدار	توضیحات
Sulfuric Acid	gr	39.6	50% sulfuric acid solution
Alcohol	gr	2.2	90-100% isopropyl alcohol

نوع ماده اولیه	واحد	مقدار	توضیحات
Argon	gr	16.2	100% argon gas
Multi Surface Polish	gr	0.1	5-10% dimethylpolysiloxane
Biocide	gr	0.3	1.1% 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one, 0.4% 2-methyl-4-isothiazolin-3-one
Cationic Coagulant	gr	31.2	>1% aluminum chloride hydroxide
Caustic Soda	gr	30.6	50% Caustic Soda
Degreaser	gr	0.3	
Citrus pray	gr	0.1	
Spot Cleaner	gr	0.1	
Detergent	gr	0.1	
Ethyl Alcohol	gr	1.8	
Glass Cleaner	gr	30.6	60-100% water, 1-5%, 2-butoxy ethanol, 0.5-1.5% 2-propanol, 0.1-1% ammonium hydroxide, 0.1-1% ethyl alcohol
Hydrogen Peroxide	gr	44.1	20-51% hydrogen peroxide solution
Inhibitor	gr	6	sodium benzotriazole
Hand Soap Cleaner	gr	0.6	
Nitric Acid Reagent	gr	0.2	<70% Nitric Acid, >30% Water
Anionic Emulsion	gr	5.8	
Potassium Ferricyanide	gr	17.2	
Soda Ash	gr	15.1	
Sodium Bisulfite 38-40%	gr	22.5	
Sodium Hydroxide Solution	gr	0.9	
Nitric Acid Solution	gr	253.8 20-30% nitric acid	
Stainless Steel Cleaner Polish	gr	0.01	
Water Softener Salt	gr	57.6	
13% Nitrogen in Argon	gr	1.8	

نوع ماده اولیه	واحد	مقدار	توضیحات
Helium	gr	0.2	
Sodium Hypochlorite	gr	0.4	

جدول ۷: اطلاعات مربوط به مواد مورد استفاده در ساخت سلول کادمیوم تلوراید

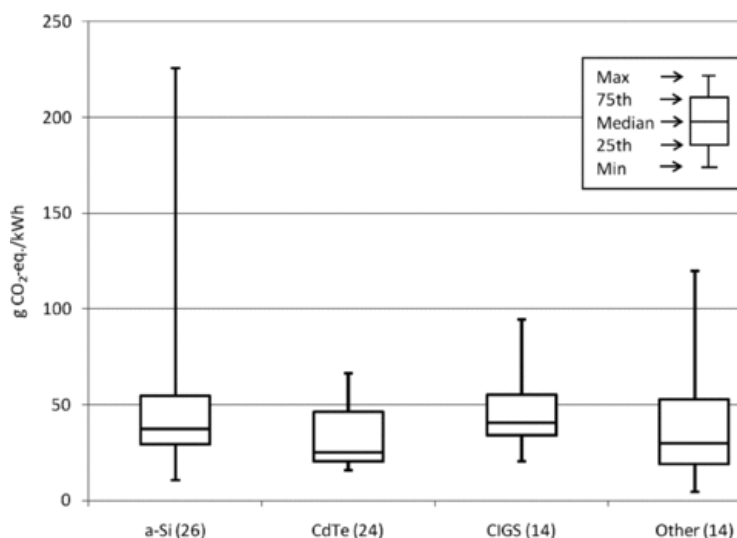
۴,۲,۳,۲ میزان استفاده از مواد غیر سمی

طبق اعلام مؤسسه IEA [24]، بعضی از سازندگان برای ساخت سلول‌های کادمیوم تلورایدی از ماده nitrogen trifluoride برای ایجاد شفافیت در پوشش سلول استفاده می‌کنند که این ماده اگر وارد جو شود می‌تواند ۱۷۰۰۰ مرتبه مضرتر از دی-اکسیدکربن باشد.

طبق مقاله منتشر شده توسط آقای Fthenakis، تولید و استفاده از سلول‌های خورشیدی نوع کادمیوم تلورایدی به دلایل زیر پتانسیل ایجاد خطراتی را دارد [35]:

- سمی بودن کادمیوم
- رسوب CdS
- سرطان‌زا بودن کادمیوم
- دفع ماژول

در مقاله منتشر شده توسط آقای Hyung Chul Kim، میزان انتشار گازهای سمی در مراحل ساخت و راه‌اندازی هر کدام از سلول‌های لایه نازک مورد بررسی قرار گرفت، با ضریبی تبدیل به تولید گاز دی‌اکسیدکربن شد و در نمودار زیر به نمایش در آمد. همانطور که مشخص است میزان انتشار گازهای سمی توسط سلول‌های کادمیوم تلورایدی کمتر از بقیه سلول‌های لایه نازک می‌باشد.



شکل ۱۲۶: میزان انتشار گازهای سمی توسط سلول‌های لایه نازک

۵,۲,۳,۲ نرخ اشغال سطح زمین

طبق گزارش مؤسسات IEA-ETSAP and IRENA در سال ۲۰۱۳، متوسط اشغال زمین توسط سلول‌های کادمیوم تلورایدی در حدود ۱۰ متر مربع بازای هر کیلووات می باشد [24].

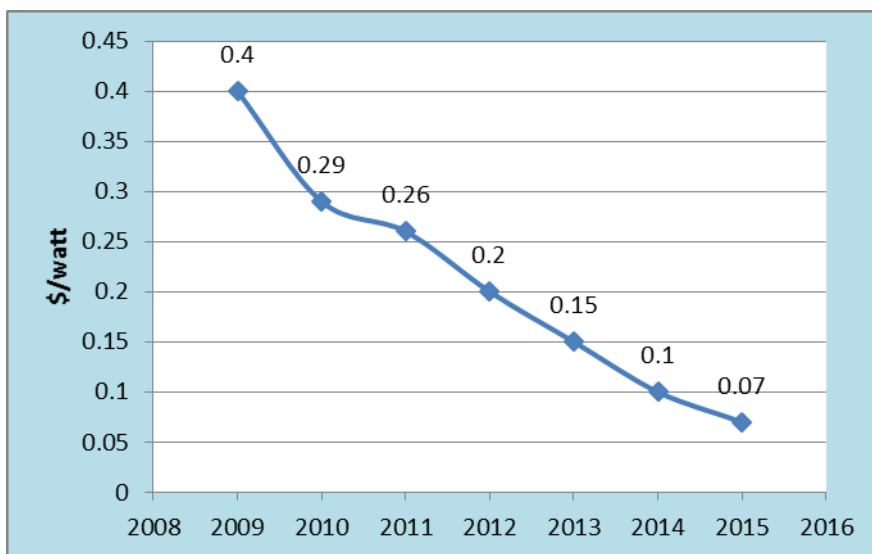
به طور کلی می توان گفت که هر ۱۰٪ بازدهی معادل است با ۱۰۰ وات بر متر مربع بازدهی [24].

۶,۲,۳,۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

طبق گزارش مؤسسه GTM Research، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای سلول‌های کادمیوم تلورایدی ۲/۸۱ دلار بازای هر وات برای سال ۲۰۱۴ می باشد [31]. برای سال ۲۰۲۰ نیز این عدد تا مقدار ۱/۹۷ دلار بازای هر وات کاهش یافته است.

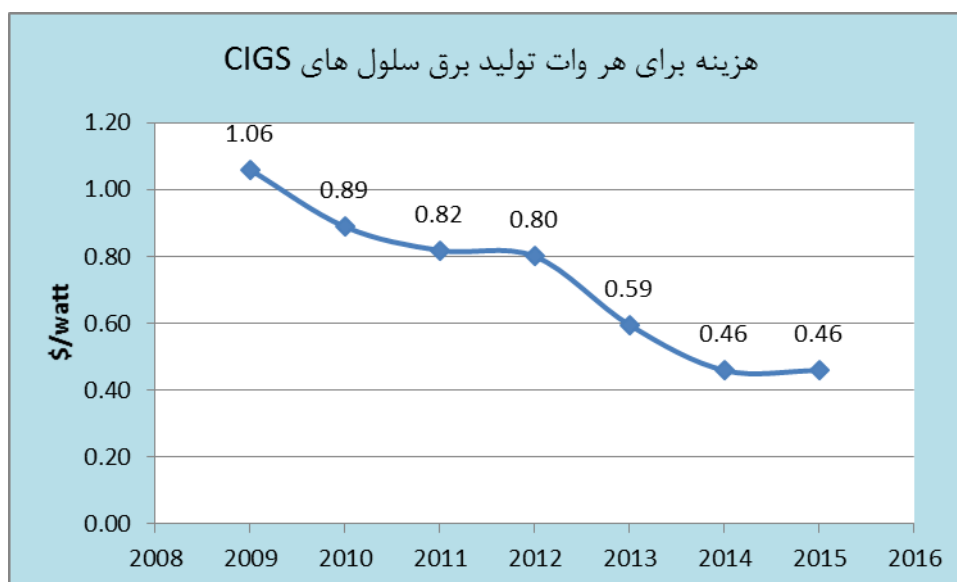
۷,۲,۳,۲ هزینه تولید الکتریسیته

در نمودار زیر روند تغییرات در هزینه بازای هر وات برای سلول‌های کادمیوم تلورایدی نشان داده شده است. همانطور که مشخص است تا سال ۲۰۱۵ هزینه تولید برق از این نوع سلول به ۰/۰۷ دلار خواهد رسید که بسیار پایین می باشد.



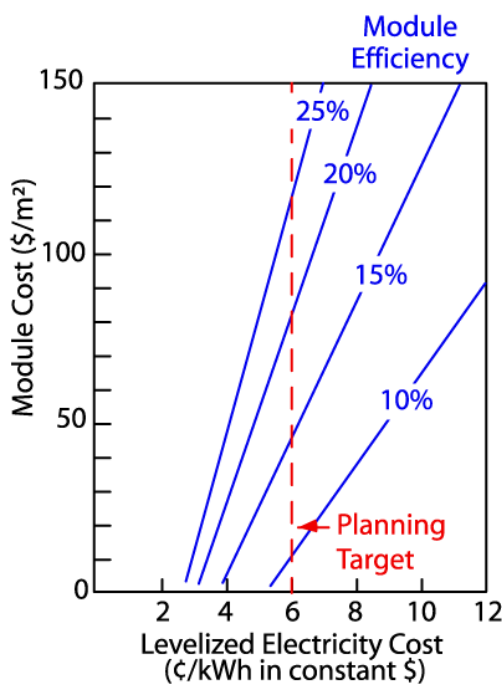
شکل ۱۲۷: روند تغییرات در هزینه تولید برق بازای هر وات برای سلول‌های کادمیوم تلوراید در سال‌های مختلف

در نمودار زیر نیز مقادیر مربوط به سلول‌های CIGS مشخص می‌باشد. هرچند روند رو به کاهش هزینه‌ها در تولید برق این نوع سلول مشخص است اما مقادیر آن در مقایسه با دیگر سلول‌ها هزینه‌های بالایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲۸: روند تغییرات در هزینه تولید برق بازای هر وات برای سلول‌های CIGS در سال‌های مختلف

استفاده کمتر از سیلیکون و محدودیت ناچیز در بکارگیری مواد جهت ساخت سلول سیلیکون آمورف، باعث کاهش در هزینه نهایی و در نتیجه، مناسب جهت تولید در سطح انبوه و تجاری شده است. هر چه بازده این سلول بالاتر برود، قیمت ساخت آن نیز بالاتر می‌رود. روند نوعی این افزایش در شکل زیر قابل مشاهده است.

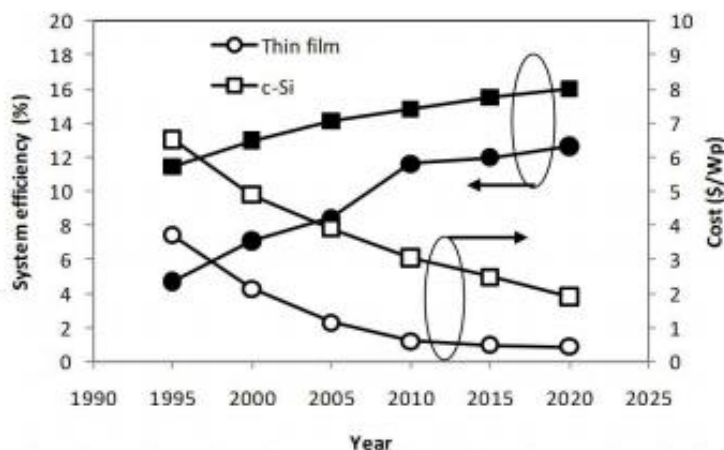


شکل ۱۳۹: روند نوعی بین بازدهی و قیمت مدول در سلول سیلیکون آمورف

بطور کلی می‌توان هزینه تخصیص یافته مربوط به سلول‌های آمورف را به چهار بخش اصلی تقسیم نمود:

- برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری ۱۵٪
- اینورتر ۹-۱۰٪
- هم‌ترازی سیستم و تاسیسات ۱۰-۳۰٪
- ماژول ۴۰-۶۶٪

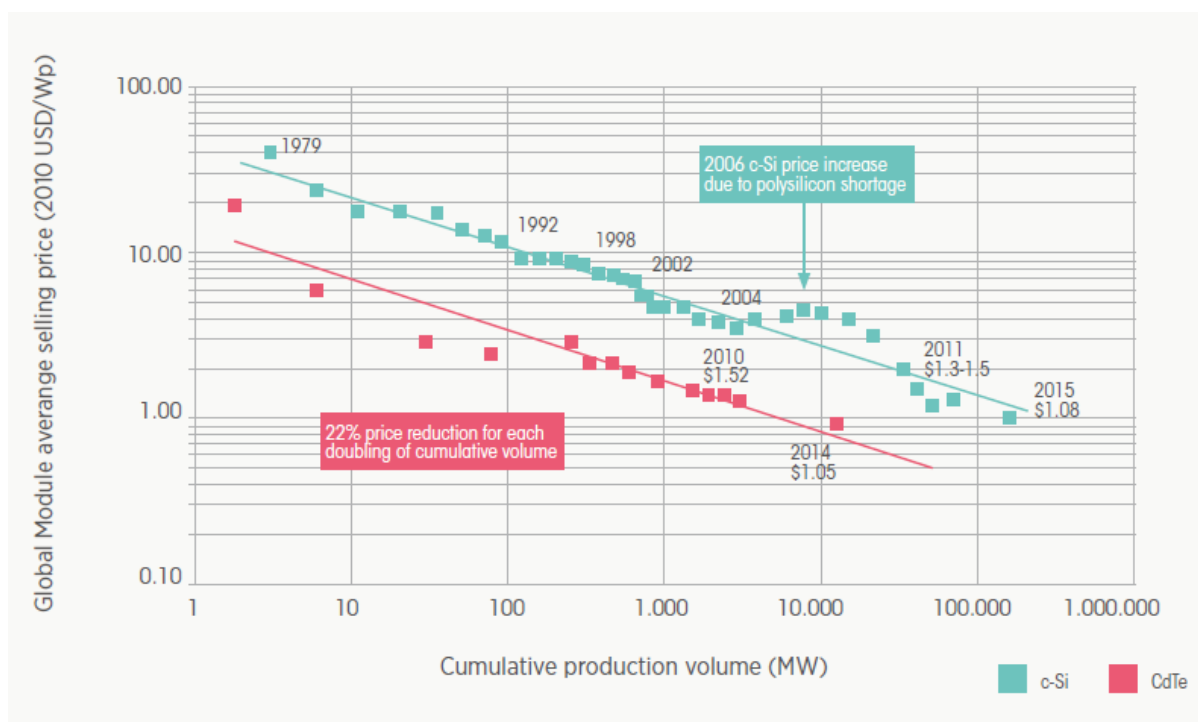
با توجه به اینکه درصد هزینه‌ها در یک بازه مخصوص به خود قابل تغییر است، با افزایش یا کاهش هر یک می‌توان سهم آنها در هزینه نهایی را تغییر داد. در نتیجه هزینه نهایی می‌تواند افزایش، کاهش و یا بدون تغییر باقی بماند. شکل زیر سیر تحول بازده و هزینه سلول‌های کریستالی و زیر لایه‌ها (آمورف) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳۰: سیر تحول بازده و هزینه سلول‌های کریستالی و زیر لایه‌ها (آمورف)

۸,۲,۳,۲ هزینه ماژول

نمودار زیر نیز توسط آژانس بین‌المللی انرژی منتشر شده است [24]. این نمودار مقایسه‌ای است بین هزینه تولید برق از سلول کادمیوم تلورایدی و سلول‌های سیلیکونی. همانطور که مشخص است این آژانس پیش‌بینی کرده که در سال ۲۰۱۵ هزینه تولید برق از ماژول کادمیوم تلورایدی به زیر ۱ دلار کاهش پیدا خواهد کرد.

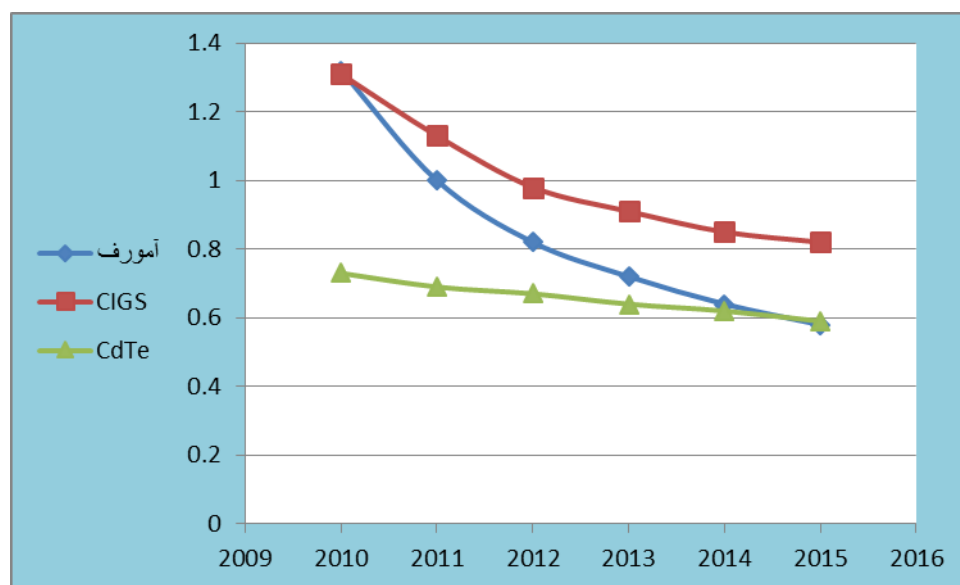


شکل ۱۳۱: مقایسه هزینه فروش سلول بین سلول کادمیوم تلورایدی و سلول‌های سیلیکونی

جدول زیر از اطلاعات منتشر شده توسط همین گزارش برگرفته شده است. اعداد این جدول بر اساس سناریوی خاص پیش-بینی شده است. اعداد جدول دارای واحد دلار برای هر وات می باشند. همانطور که مشخص است سلول‌های آمورف کمترین هزینه را برای تولید ماژول خواهند داشت. همچنین بیشترین هزینه نیز مربوط به سلول‌های CIGS می باشد.

\$/W	2010	2011	2012	2013	2014	2015
آمورف	1.32	1	0.82	0.72	0.64	0.58
CIGS	1.31	1.13	0.98	0.91	0.85	0.82
CdTe	0.73	0.69	0.67	0.64	0.62	0.59

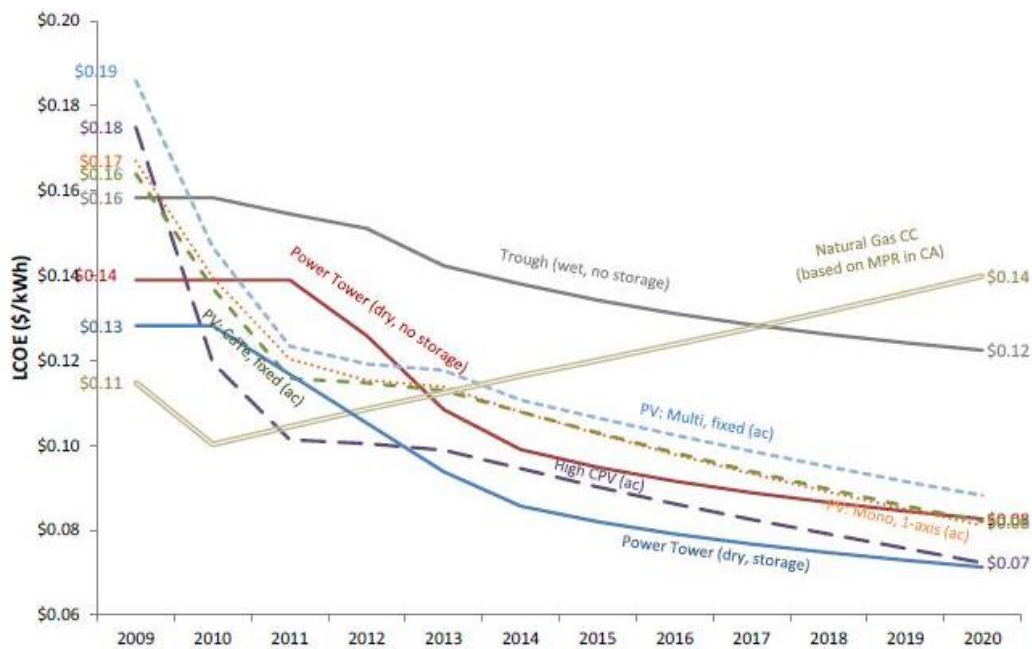
جدول ۸: هزینه تولید ماژول سلول‌های آمورف، CIGS و کادمیوم تلوراید



شکل ۱۳۲: نمودار رسم شده بر اساس جدول ۸ برای هزینه تولید ماژول

LCOE ۹,۲,۳,۲

مؤسسه GTM Research نمودار روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی را بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده رسم کرده است [31]. طبق این پیش‌بینی در سال ۲۰۲۰ هزینه تراز شده برای سلول کادمیوم تلورایدی به ۰/۰۸ دلار برای هر کیلووات ساعت خواهد رسید.



شکل ۱۳۳: روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده توسط

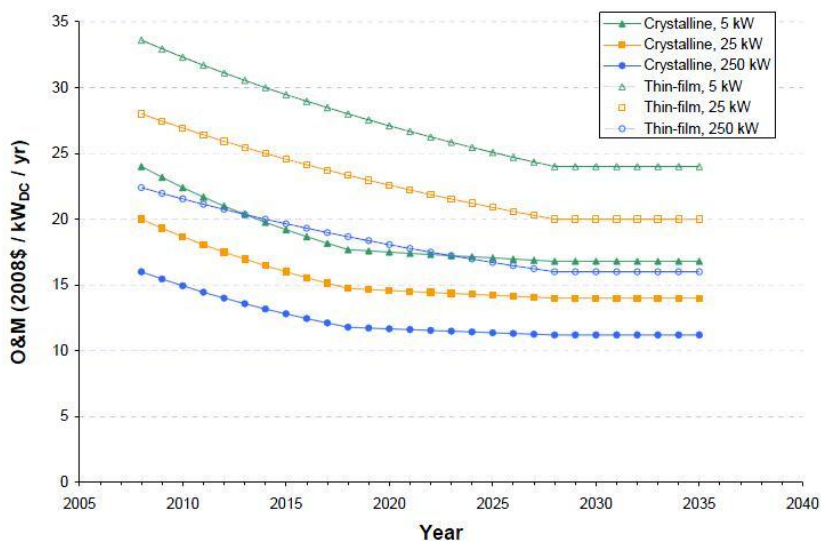
مؤسسه GTM Research

مؤسسه IRENA در گزارشی در سال ۲۰۱۲، قیمت تراز شده سلول‌های کادمیوم تلورایدی در سال ۲۰۲۰ را حدود ۶ الی ۱۰ سنت برای هر کیلووات پیش‌بینی کرد [24].

۱۰,۲,۳,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری

طبق گزارش مؤسسه GTM Research در سال ۲۰۱۱، هزینه O&M مربوط به سلول‌های خورشیدی کادمیوم تلورایدی ۳۲ دلار برای هر کیلووات بوده است.

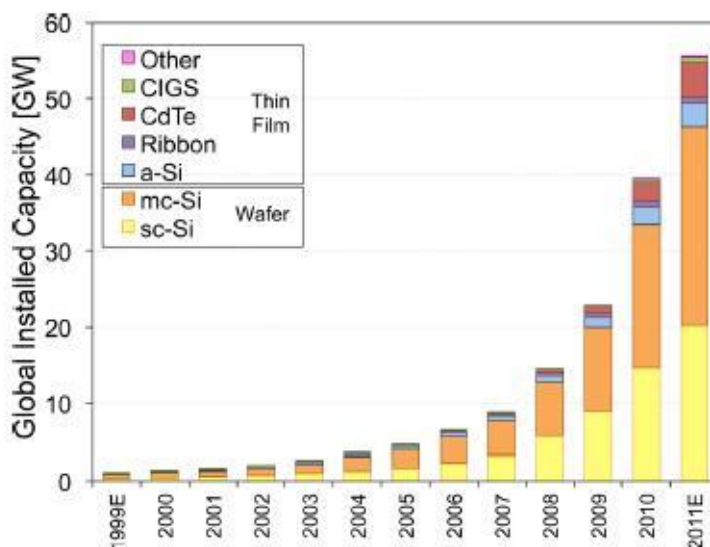
طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA هزینه O&M سلول‌های لایه نازک تا سال ۲۰۳۵ با ۲۹٪ کاهش نسبت به سال ۲۰۰۸ در محدوده‌ی ۱۶ الی ۲۴/۸ دلار برای هر کیلووات خواهد رسید. این مؤسسه نموداری نیز در این رابطه ارائه داده است که در زیر آمده است. همانطور که در نمودار مشخص است میزان هزینه‌های O&M تا حد بسیار زیادی به ابعاد تولید توان دارد.



شکل ۱۳۴: هزینه O&M سلول‌های سیلیکونی بر طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA

۱۱,۲,۳,۲ سهم بازار

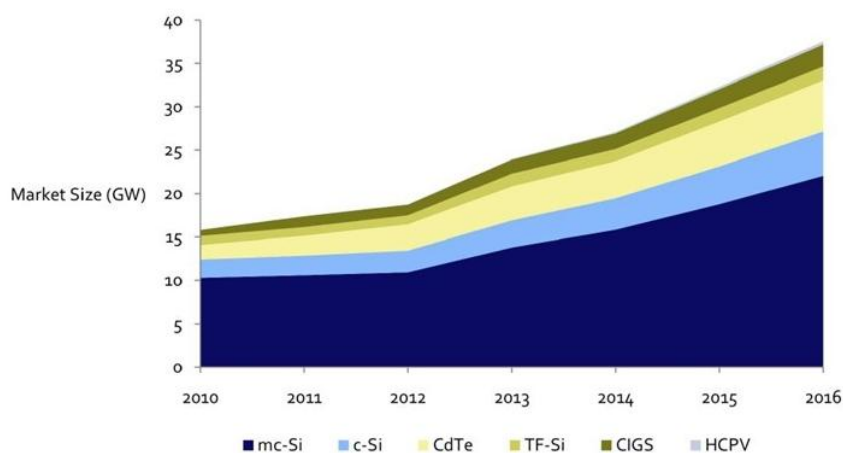
در مقاله‌ای منتشر شده در ژورنال Environmental Science and Technology میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک را در نموداری رسم کرد. طبق این نمودار در سال ۲۰۱۱ بیش از ۵۵ گیگاوات برق توسط سلول‌های فتوولتائیک تولید شده است. همانطور که در نمودار نیز مشخص است حدود ۷٪ از این بازار مربوط به سلول‌های کادمیوم تلوراید می‌باشد. سهم بازار سلول‌های CIGS نیز همانطور که مشخص است تا سال ۲۰۱۱ ناچیز می‌باشد. اما روند رو به رشدی دارد. سلول‌های سیلیکونی آمورف نیز همانطور که مشخص است در سال ۲۰۱۱ حدود ۳٪ از بازار را در اختیار داشتند.



شکل ۱۳۵: میزان سهم از بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک در مقاله‌ای منتشر شده در ژورنال Environmental Science and

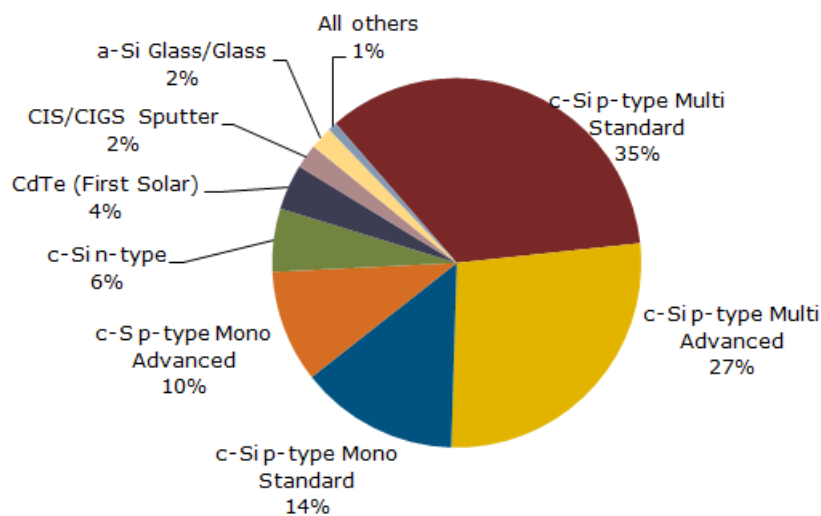
Technology

نمودار زیر توسط مؤسسه Lux Reaserch ترسیم شده [33]. مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها و روندشان مشخص است. سلول‌های کادمیوم تلورایدی همانطور که مشخص است با شیب زیادی در حال افزایش سهم خود در بازارهای فتوولتائیک می‌باشند. رنگ سبز کمرنگ نیز مربوط به سلول‌های لایه نازک آمورف می‌باشد و همانطور که مشخص است طبق پیش‌بینی روند رو به رشدی در بازار نخواهد داشت. اما سلول‌های CIGS نیز که با رنگ سبز پررنگ نشان داده شده است روند رو به رشدی در بازار خواهد داشت که در نمودار مشخص است.



شکل ۱۳۶: نمایش مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌های فتوولتائیک و روندشان توسط مؤسسه Lux Reaserch

همچنین در گزارشی دیگر از این مؤسسه که در سال ۲۰۱۴ تدوین شد، میزان سهم هر کدام از فناوری‌ها در نموداری به شکل زیر ترسیم شد. طبق این گزارش میزان تولید برق اضافه شده از فتوولتائیک در سال ۲۰۱۴، ۴۹/۷ گیگاوات خواهد بود. این مقدار در سال ۲۰۱۳، ۳۹/۷ گیگاوات بوده. همچنین طبق پیش‌بینی این مؤسسه مقدار تولید برق اضافه شده در سال ۲۰۱۵ به ۵۵ گیگاوات خواهد رسید. همانطور که در شکل مشخص است سهم سلول‌های کادمیوم تلورایدی در سال ۲۰۱۴، ۴٪ می‌باشد. سهم سلول‌های CIGS و لایه نازک آمورف نیز هر دو ۲٪ می‌باشد.



شکل ۱۳۷: سهم هر کدام از فناوری‌ها در تولید برق منتشر شده توسط شرکت Solarbuzz

مؤسسه Fraunhofer نیز گزارشی منتشر کرد و در آن نموداری را در رابطه با میزان ظرفیت تولید شده هر کدام از فناوری‌ها ترسیم کرد [36]. طبق این گزارش بیشترین سهم مربوط به سلول‌های کادمیوم تلوراید می‌باشد، هرچند در سال‌های اخیر سهم کلی سلول‌های لایه نازک کاهش یافته است اما با توجه به پتانسیل‌های کاهش قیمت، انتظار می‌رود روند صعودی تولید این نوع سلول‌ها تا سال‌های آتی دوبار شروع شود.



شکل ۱۳۸: تولید سالانه ماژول‌های PV فناوری فیلم نازک در سراسر جهان بر حسب مگاوات

۳،۳،۲ سلول‌های Multi-Junction

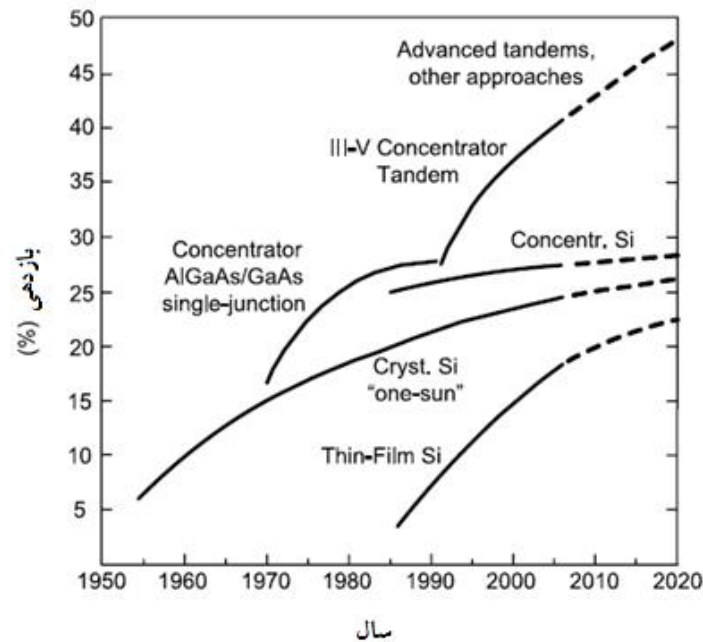
به علت اینکه این سلول‌ها به چندین ماده‌ی مختلف بر روی همدیگر نیاز دارد که با اتصالات تونلی خاصی بین لایه‌ها به هم متصل شده‌اند، خود سلول‌های خورشیدی بسیار گران می‌باشند. علت این گرانی، مواد و روش ساخت می‌باشد. گرانی مواد به علت نایابی برخی از مواد گروه III-V جدول تناوبی مانند In و Ga می‌باشد، اما دلیل اصلی گرانی آن استفاده از زیر لایه بسیار گران (Ge) می‌باشد.

یک روش برای به صرفه کردن این سلول‌ها ساخت یک سلول بسیار کوچک می‌باشد که انرژی را از یک محیط بزرگ توسط متمرکزکننده‌ها جذب کند. اما از موانع استفاده از متمرکزکننده‌ها این می‌باشد که زاویه برخورد نور به صفحه باید عمود باشد، بنابراین برای رسیدن به این مقصود باید از دنبال‌کننده‌ها که مسیر خورشید را در طول روز دنبال می‌کنند، استفاده شود. دنبال‌کننده‌ها گران قیمت می‌باشند، علاوه بر هزینه ثابتی که سلول‌های خورشیدی دارند، هزینه نگهداری این سیستم‌ها مانند نگهداری از موتور محرک آنها نیز هزینه‌ی چنین سیستم‌هایی را بسیار بالا می‌برد.

از دیگر مشکلات این سیستم‌ها این است که این سیستم‌ها در روزهای ابری بخوبی عمل نمی‌کنند و در نهایت اینکه به علت استفاده از متمرکزکننده‌ها سلول‌های خورشیدی به دمای بسیار بالایی می‌رسند که می‌توان برای این مشکل از مکانیزم‌های خنک‌کننده برای حفظ بازدهی بالای این سیستم‌ها استفاده کرد در حالیکه می‌توانند بطور غیر فعال باشند؛ مانند استفاده از فین-ها، یا بطور فعال مانند استفاده از پمپ‌های خنک‌کننده بر روی آنها. اما باید توجه داشت که هزینه‌ی این سیستم‌ها نیز به قیمت اولیه این سیستم‌ها افزوده می‌شود.

شکل زیر افزایش بازدهی سلول‌های Single-crystal Si, III-V و سلول‌های لایه نازک خورشیدی را در طی ۵۰ سال گذشته نشان می‌دهد و همچنین افزایش بازدهی در آینده توسط خطچین نشان داده شده است. می‌توان مشاهده کرد که بازدهی سلول‌ها، براساس لایه نازک و کریستال‌های سیلیکونی (یک خورشید و سلول‌های متمرکزکننده) به حداکثر میزان بازدهی خود (بازدهی تئوری) رسیده‌اند. روش سلول‌های خورشیدی لایه نازک یک روش امیدوار کننده برای کاهش قیمت سلول‌های خورشیدی می‌باشد.

آرایه‌های متمرکزکننده III-V در پیچه امید دیگری را برای پیدا کردن قیمتی پایین‌تر از آرایه‌های کریستال‌های سیلیکونی در ماژول‌هایی با بازدهی بالاتر از ۳۰٪ باز کرد. با توجه به تجربه‌های کسب شده تا اکنون پیشرفت سلول‌های خورشیدی چند اتصاله این نوید را می‌دهد که می‌توان با تعداد اتصال بیشتر مانند چهار، پنج و یا شاید بیشتر به بازدهی بالاتری رسید.



شکل ۱۳۹: افزایش بازدهی سلول‌های Single-crystal Si, III-V و سلول‌های لایه نازک خورشیدی در طی ۵۰ سال گذشته و در آینده (خط-چین)

(چین)

باید توجه داشت با افزایش تعداد اتصالات p-n در سلول‌های چند اتصاله هزینه‌ی این سازه‌ها افزایش پیدا نمی‌کند، این بدان علت است که ضخامت کل سلول بیشتر نمی‌شود. برای ثابت نگهداشتن ضخامت سلول، ضخامت هر لایه جذب‌کننده کاهش پیدا می‌کند. با افزایش پیچیدگی ساختار سلول‌های خورشیدی بالاخص ساختار سلول‌های چند اتصاله، میزان نیاز به خواص کلی مواد مورد استفاده قرار گرفته کاهش می‌یابد. در حقیقت هرچه تعداد اتصالات بیشتر شود، ناحیه‌ی فتوولتائیک در هر ناحیه باریک‌تر می‌شد و میزان تاثیرگذاری این خواص با کم شدن فاصله‌ی طی شده نور در طول ماده، کمتر می‌شود. روش جبران خواص نامناسب کلی مواد با استفاده از فناوری بهبود بخشی (کامل‌سازی) سلول‌های چند اتصاله به تازگی شروع شده و در آرایه‌های سلول‌های جدید لایه نازک مورد استفاده قرار گرفته است.

مطابق جدول زیر برای خرید یک متر مربع سلول خورشیدی چند اتصاله، قیمت تقریبی آن حدود ۵۰۰۰۰ دلار خواهد بود (۵ دلار بر سانتی‌متر مربع). با فرض قیمت متمرکزکننده و دنبال‌کننده خورشید ۲۰۰ دلار بر متر مربع و فرض اینکه خورشید ۱۰۰۰ وات بر متر مربع تابش کند که ۸۵۰ وات بر متر مربع از آن تابش مستقیم خواهد بود و با توجه به اینکه بهترین بازدهی یک سلول خورشیدی در دسترس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۳۷٪ خواهد بود ولی در دمای کارکرد ۳۰٪ می‌باشد، اگر سیستم

نوری بازدهی ۷۵٪ داشته باشد در آن حالت ۲۰۰ وات بر مترمربع توان تولید می‌شود، با حساب ۲۰۰ دلار بر متر مربع ردیاب و متمرکزکننده قیمت تولید برق ۱/۵ دلار در هر وات می‌باشد.

Parameter	Status 2007	Status 2009	Future Goal (2015)
\$/W installed cost	\$7-\$10/W	*	<\$2/W
¢/kWh	>30¢/kWh	*	<7¢/kWh
System reliability	5 years	*	20 years
Commercial system efficiency	17%	25% (champion module 29%)	29%-36%
Champion device efficiency	40.7%	41.6%	48%
Commercial device efficiency	35%-37%	Typically 39%	42%
Optical efficiency	75%-85%	*	80%-90%
III-V cell cost, \$/cm ²	\$10-\$15/cm ²	*	\$3-\$5/cm ²
Systems in the field	<1 MW**	~4 MW**	
Manufacturing capacity	<1 MW/y	~100 MW/y	

*These numbers are not well defined.

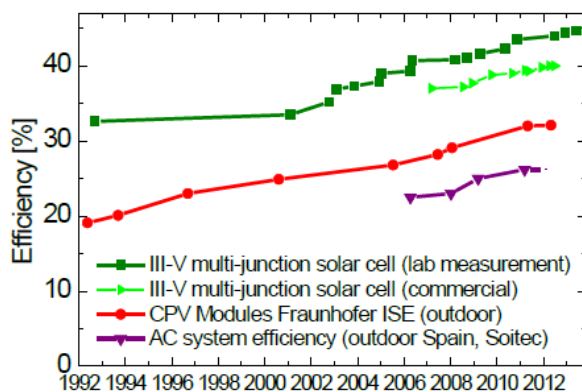
**Systems counted here incorporated multijunction cells.

جدول ۹: ارزیابی یک سیستم خورشیدی با سلول‌های Multijunction [37]

نمودار زیر توسط مؤسسه آلمانی Fraunhofer تنظیم شده است [36]. این نمودار نشان‌دهنده روند افزایش بازدهی سلول‌های CPV در سال‌های اخیر می‌باشد.

CPV Systems Basis for High Energy Yield of the System

Reported AC system efficiencies:
25 – 27 %



Graphic: Fraunhofer ISE; Data for solar cell efficiencies: Green et al. Progress in Photovoltaics (1993-2013)

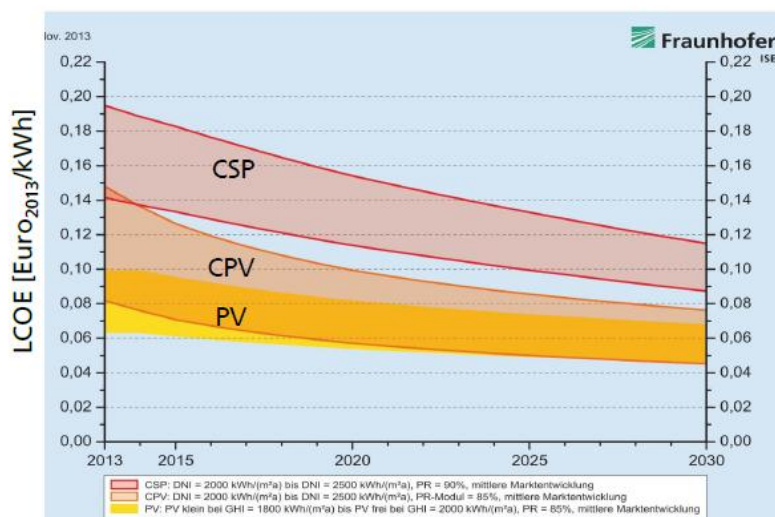
13

© Fraunhofer ISE

شکل ۱۴۰: نمایش روند افزایش بازدهی سلول‌های CPV

همچنین در نمودار دیگری نیز که توسط همین مؤسسه منتشر شده است هزینه تراز شده این نوع سلول محاسبه و نشان داده شده است. نمودار زیر نشان‌دهنده پیش‌بینی هزینه تراز شده یا LCOE این نوع سلول‌ها در سال‌های آینده می‌باشد. البته با توجه به اینکه این نوع سلول‌ها هنوز در مراحل اول تجاری شدن می‌باشند، نمی‌توان در مورد رقم دقیق آن اظهار نظر کرد و این ارقام بصورت بازه‌ای بیان شده‌اند.

Potential for Low-Cost Electricity in Sunny Regions DNI: 2000 – 2500 kWh/(m²a)



Source: Fraunhofer ISE, Studie: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, Nov. 2013; english version under preparation

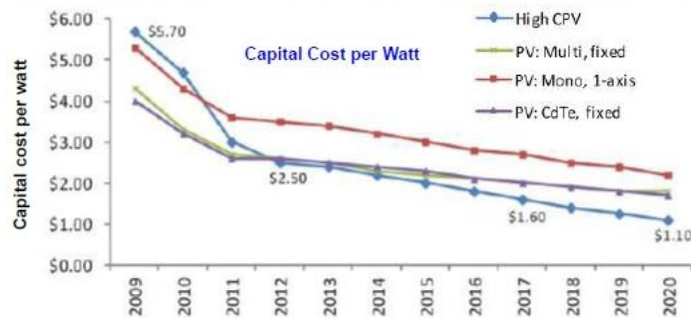
27

© Fraunhofer ISE

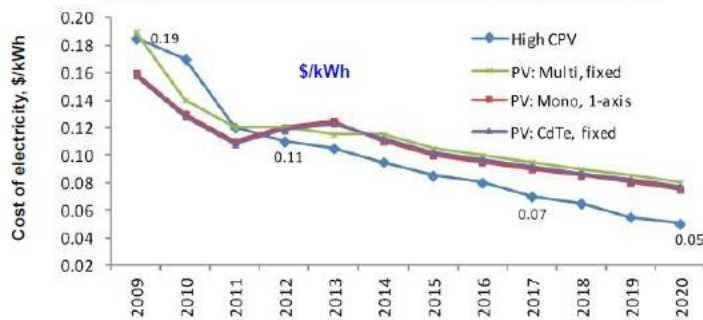
شکل ۱۴۱: پیش‌بینی هزینه تراز شده یا LCOE سلول‌های CPV در سال‌های آینده

مؤسسه V.Shah نیز در همین رابطه نموداری منتشر کرده و آن را با هزینه تراز شده دیگر فناوری‌ها مقایسه کرده. طبق پیش‌بینی این سازمان تا سال ۲۰۲۰، LCOE این نوع فناوری به ۰/۰۵ دلار در هر کیلووات ساعت خواهد رسید که تفاوت زیادی با دیگر فناوری‌ها دارد. همچنین در بخش دیگری از این گزارش در رابطه با هزینه اولیه نیز نموداری ترسیم شده است که به شکل زیر می‌باشد.

Advantage of CPV systems: CPV provides the lowest capital cost per watt...



...Which should translate to the lowest LCOE

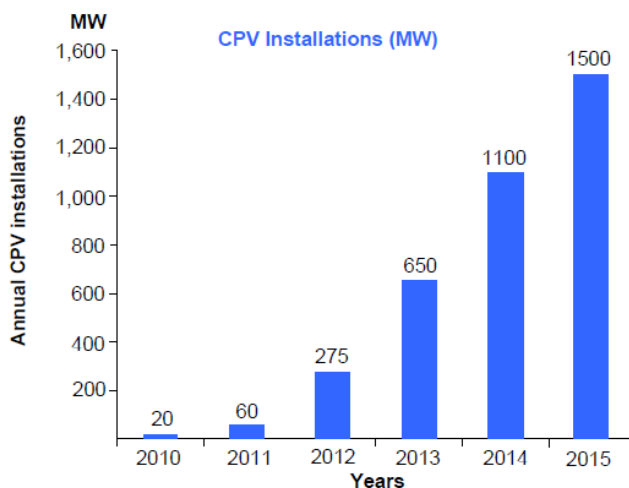


Source: V.Shah, CPV Technology Roundtable, Santa Barbara, 2012

شکل ۱۴۲: مقایسه هزینه تراز شده CPV با هزینه تراز شده دیگر فناوری‌ها

در رابطه با میزان نصب این نوع سلول نمودار زیر نیز توسط Deutsche Bank منتشر شده است. این نمودار نشان دهنده میزان ظرفیت نصب شده سلول‌های CPV در سال‌های اخیر می‌باشد. طبق این نمودار در سال ۲۰۱۵، ۱۵۰۰ مگاوات از این نوع سلول نصب خواهد شد.

Progress of strong growth potential of CPV market



Source: Deutsche Bank, CPV Consortium

شکل ۱۴۳: میزان ظرفیت نصب شده سلول‌های CPV

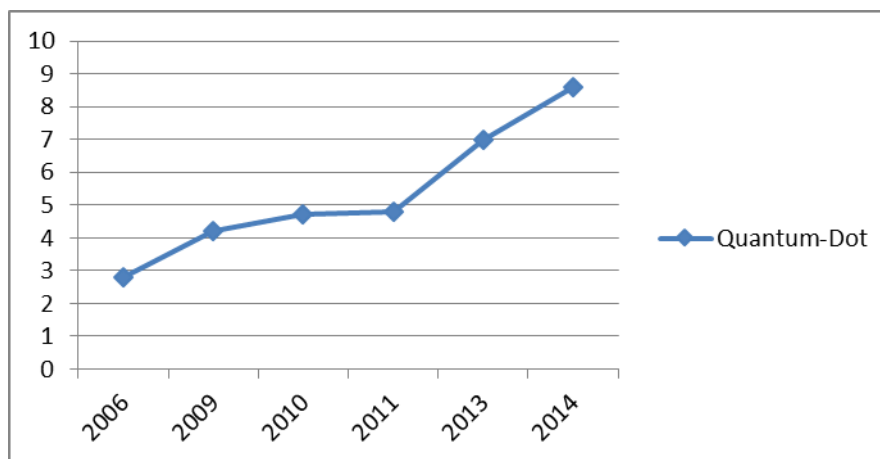
۴,۳,۲ سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات

در سال‌های اخیر از نقاط کوانتومی برای بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی ارگانیک پلیمری هم استفاده شده و دانشمندان در حال کار بر این حوزه نیز می‌باشند. نقاط کوانتومی به دلیل داشتن سایز بسیار کوچک می‌توانند در تعداد بالاتری بر روی سطح سلول بنشینند که موجب افزایش بازده سلول خواهد شد. از طرفی این مزیت موجب می‌شود که بتوان به راحتی آن‌ها را بر روی سلول‌ها اسپری کرد و هزینه ساخت سلول خورشیدی را بسیار پایین آورد.

اگرچه کاربر روی سلول‌های کوانتوم دات از اواخر دهه ۹۰ میلادی شروع شد اما پیشرفت سریع فناوری در این حوزه سبب تجارب علمی بسیار خوبی در این بازه زمانی شده است. در سال ۲۰۰۶ برای اولین بار بازده ۲/۸٪ برای سلول‌های حساس شده به نقاط کوانتومی ثبت شد. در سال ۲۰۰۹ با استفاده از ساختارهای کوانتومی CdSe و CdS دانشمندان توانستند به بازده ۴/۲۲٪ دست یابند. در سال ۲۰۱۰ بازده سلول‌های QDSC^{۱۴۳} به ۴/۷٪ رسید و در سال ۲۰۱۱ این میزان به ۴/۸٪ ارتقا یافت. در سال ۲۰۱۳ با جهشی بزرگ میزان راندمان این نوع سلول‌های خورشیدی به ۷٪ رسید و هم‌اکنون محققان توانسته‌اند به بازده ۸/۶٪ دست یابند.

¹⁴³ Quantum Dot Solar Cells

اگرچه این میزان نسبت به بازده سلول‌های تجاری سیلیکونی مقداری اندک است ولی با توجه به هزینه ساخت پایین این سلول‌ها گمان می‌رود که پیشرفت‌های بعدی بتواند این نوع سلول‌ها را به سطح تجاری برساند.



شکل ۱۴۴: میزان بازدهی سلول کوانتوم-دات در سال‌های اخیر

یکی از بزرگترین مشکلات این سلول‌ها علاوه بر بازده پایین، طول عمر کم آن‌ها است. این سلول‌ها در معرض هوا دچار اکسایش شده و کارایی خود را از دست می‌دهند. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با موادی که بتوانند از این اکسایش جلوگیری کنند در حال انجام است. در سال ۲۰۱۴ دانشگاه MIT سلولی را ارائه کرد که دارای بازده ۸/۵۵٪ بود و در هوای آزاد بیش از ۱۵۰ روز با کارایی اولیه خود کار کرد.

سلول‌های خورشیدی کوانتوم-دات خط تولید ارزان‌تری نسبت به سلول‌های خورشیدی معمول دارند و مواد اولیه به کار رفته در آن همچون سیلیکون گران قیمت نیست. از این رو در صورت افزایش طول عمر آن‌ها به بیش از ۵ سال می‌توان امیدوار بود که به فناوری جدید و ارزان قیمتی در زمینه انرژی خورشیدی دست یافت که در عین حال با طبیعت نیز سازگار است.

در حال حاضر فناوری کوانتوم-دات مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققان قرار گرفته است. برخی از فعالین این زمینه

عبارتند از: David V. Forbes و Antonio Marti، Yushitaka Osaka، Seth M. Hubbard

۵,۳,۲ سلول خورشیدی ارگانیک (OSC)

سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک به علت نوع و میزان مواد به کار رفته در ساخت و نیز هزینه‌های ساخت پایین‌تر، از یک سو امکان کاهش هزینه‌ها را به مقدار زیادی فراهم آورده و از سوی دیگر امکان استفاده از آنها در همه جا وجود دارد. گرچه در حال حاضر بازدهی این سلول‌ها در حدود ۵٪ بوده، با توجه به پایین بودن هزینه‌های ساخت برای استفاده در مراکز تجاری مناسب می‌باشند، لیکن تلاش‌های گسترده‌ای برای افزایش بازدهی این سلول‌ها در حال انجام است.

برای تجاری شدن سلول‌های ارگانیک باید مسائلی همچون بازده، طول عمر و پایداری مورد بررسی قرار گیرند. اولین سلول ارگانیک در سال ۱۹۸۶ با بازده ۱٪ توسط تانگ ساخته شد و از آن تاریخ به بعد تلاش‌های عدیده‌ای جهت افزایش بازده به مقدار تجاری ۱۰٪ انجام شده است. در سال ۲۰۰۵ بازده ۵٪ با طول عمر ۲۰۰۰۰ ساعت حاصل شد. برای خارج شدن از بازار نیچه (خاص) سلول ارگانیک باید تمام پارامترهای ذکر شده را بطور همزمان ارضا کند.

در راستای برآورد هزینه OSC، روندی نوعی که توسط بیکر و کلاوما ارائه شده است را مورد بررسی قرار می‌دهیم. به دلیل نداشتن اطلاعات کامل از هزینه ساخت می‌توان با یک بررسی از بالا به پایین به عنوان یکی از روش‌های تحلیل هزینه، هزینه‌های مواد، نیروی کار و جانی را محاسبه کرد.

هزینه ماژول از طریق تقسیم هزینه ساخت بازای هر متر مربع بر خروجی به ازای همان ناحیه بدست می‌آید. این واحد هزینه شامل بازده و بستر سلول و ماژول می‌شود و همچنین برای مقایسه با دیگر تکنولوژی‌های فتوولتائیک مناسب است. اصطلاح هزینه برق سطح‌بندی شده (LEC^{۱۴۴}) با واحد است که برای مقایسه OSC با منابع دیگر تولید برق مانند نیروگاه‌های فسیلی استفاده می‌شود. جدول ۱ هزینه نهایی ساخت ماژول ارگانیک را نشان می‌دهد.

¹⁴⁴ Levelized Electricity Cost

Cost category	Low estimate (\$/m ²)	High estimate (\$/m ²)
Materials	23.40	37.48
Capital	3.30	59.60
Labor	6.00	10.00
Overhead	13.78	25.21
Total manufacturing cost	46.48	132.29
<i>Cell Yield (95%)</i>		
Total manufacturing cost with cell yield ^a	48.80	138.90
<i>Module efficiency (5%)</i>		
<i>Module yield (98%)</i>		
Module Cost (\$/W _p) ^b	1.00	2.83

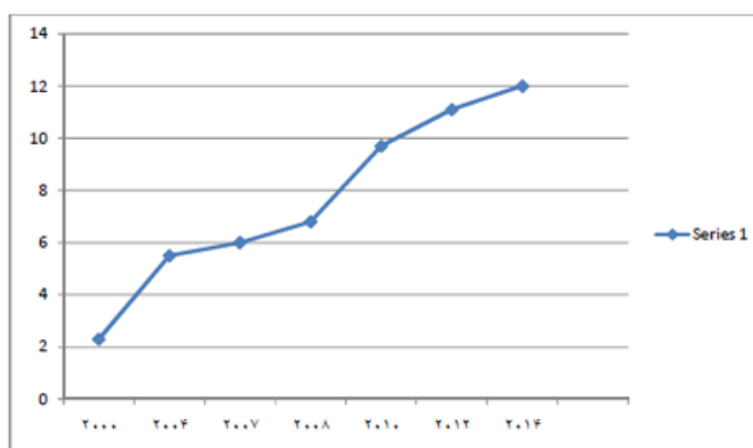
^a = \$46.48 * 1.05 and \$132.9 * 1.05.

^b = (\$48.8/m² * 1.02)/(1000 W_p * 5%) and (\$138.9/m² * 1.02)/(1000 W_p * 5%).

شکل ۱۴۵: هزینه نهایی ساخت ماژول ارگانیک

۶,۳,۲ سلول‌های خورشیدی غیرارگانیک

بازده سلول‌های CZTSSe در سال ۲۰۰۸ برابر ۶/۸٪ گزارش شده است که در سال ۲۰۰۹، وندی و همکارانش توانستند این میزان را به ۶/۹٪ افزایش دهند. در سال ۲۰۱۰ بازده سلول به ۹/۷٪ رسید و در سال ۲۰۱۲ تا ۱۱/۱٪ افزایش یافت. در اواسط ۲۰۱۴ وانگ و وینگر مقدار بازده را به ۱۲٪ ارتقا داده‌اند.



شکل ۱۴۶: افزایش بازدهی سلول‌های خورشیدی غیرارگانیک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴

مواد اصلی این نوع سلول‌ها خطرات زیست‌محیطی و مضرات انسانی ندارند و این یکی از برتری‌های این فناوری نسبت به سایر فناوری‌های نسل سوم می‌باشد. در حال حاضر این سلول‌ها در مرحله آزمایشگاهی به سر می‌برند و دانشمندان سعی در یافتن مواد جایگزین جهت بالا بردن خواص و بازدهی و همچنین روش‌های بهینه تولید می‌باشند.

۴،۲ آینده‌پژوهی فناوری CSP

نظام‌های کنونی تأمین انرژی به طور آشکار از لحاظ اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی غیر قابل تحمل هستند. بدون یک حرکت قاطعانه، انتشار دی‌اکسیدکربن مربوط به انرژی تا سال ۲۰۵۰ دوبرابر خواهد شد و افزایش درخواست نفت نگرانی در مورد امنیت منابع را فزونی خواهد بخشید [38]. ما می‌توانیم و باید راه کنونی را تغییر دهیم، اما این تغییر نیازمند یک انقلاب در مبحث انرژی است و فناوری انرژی‌های کم کربن یک نقش اساسی در این تغییرات خواهد داشت. کارایی انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، به دام انداختن و ذخیره‌سازی کربن (CCS^{145})، انرژی هسته‌ای و فناوری‌های جدید حمل و نقل همگی نیازمند به‌کارگیری نیروی وسیعی هستند.

انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) می‌تواند منابع انرژی تجدیدپذیر کم کربن را در مناطق با تابش عمودی قوی (DNI^{146}) تأمین کند. در آفتابی ترین کشورها انتظار می‌رود CSP به یک منبع تأمین انرژی دارای قدرت رقابت در زمان میانه و اوج مصرف تا سال ۲۰۲۰ مبدل شود و بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ این توانایی را در زمان مصرف پایه نیز به دست آورد [38].

امکان ذخیره‌سازی حرارتی یکپارچه یک خاصیت مهم نیروگاه‌های CSP می‌باشد و به طور مجازی همه‌ی آن‌ها دارای ظرفیت انرژی سوخت پشتیبان هستند. به علاوه CSP ظرفیت تولید برق پایدار و انعطاف‌پذیری را به اجرا کنندگان ابزار و شبکه ارائه می‌دهد در عین حال که مدیریت مؤثرتر سهم بزرگتری از انواع انرژی از منابع تجدیدپذیر دیگر را ممکن می‌سازد (به عنوان مثال انرژی‌های فتوولتائیک و باد).

CSP همچنین می‌تواند مقدار قابل توجهی گرما برای فرایندهای صنعتی ایجاد کرده و به طور خاص می‌تواند تقاضای روزافزون برای نمک‌زدایی از آب در مناطق خشک و بی‌آب را پاسخگو باشد.

¹⁴⁵ Carbon Capture & Storage

¹⁴⁶ Direct Normal Irradiation

با در نظر گرفتن طبیعت خشک و نیمه خشک مناطقی که برای CSP مناسب هستند، یک چالش کلیدی دسترسی به آب خنک‌کننده مورد نیاز برای نیروگاه CSP است. خنک‌کننده‌های خشک یا هیبرید خشک/تر می‌توانند در مناطق با منابع آب محدود مورد استفاده قرار گیرند.

تأسیسات CSP می‌توانند تا سال ۲۰۳۰ شروع به تأمین سوخت‌های مایع یا گازی فقط خورشیدی یا بهبود یافته‌ی خورشیدی کنند. تا سال ۲۰۵۰، CSP می‌تواند هیدروژن خورشیدی مورد نیاز برای پاسخگویی به ۳٪ از مصرف جهانی گاز طبیعی و تقریباً ۳٪ از مصرف جهانی سوخت‌های مایع را تأمین کند [38].

۱,۴,۲ چرا استفاده از CSP مناسب است؟

CSP از منبع تجدیدپذیر خورشیدی برای تولید برق استفاده می‌کند در حالی که مقدار بسیار کمی تولید گاز گلخانه‌ای دارد. بنابراین، این یک پتانسیل قوی برای تبدیل شدن به یک فناوری کلیدی برای کاهش تغییرات آب و هوایی است. علاوه بر این انعطاف‌پذیری نیروگاه‌های CSP ایمنی انرژی را افزایش می‌دهد.

هنگامی که با ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی توأم شوند، نیروگاه‌های CSP می‌توانند حتی هنگامیکه ابرها جلوی خورشید را گرفته‌اند یا بعد از غروب آفتاب، برق تولید کنند. نیروگاه‌های CSP همچنین می‌توانند با انرژی پشتیبان از طریق سوخت‌های قابل اشتعال مجهز شوند. این عوامل به CSP قابلیت تأمین قابل اطمینان برق را برای تأمین مصرف پایه می‌دهند. در مجموع این خصوصیات CSP را به یک فناوری پر امید برای آینده در تمامی مناطقی که نیازمند انرژی پاک، انعطاف‌پذیر و قابل اعتماد هستند، تبدیل نموده است.

در حالیکه حجم زیادی از برق CSP از نیروگاه‌های بزرگ متصل به شبکه خواهد آمد، این فناوری‌ها همچنین نشان دهنده پتانسیل قابل توجهی برای تغذیه تقاضاهای خاص چون فرآوری گرما برای صنعت، تولید همزمان گرمایش، سرمایه‌گذاری و انرژی، و نمک‌زدایی از آب نشان می‌دهد. همچنین CSP دارای پتانسیل برای تولید در مقیاس کوچک است.

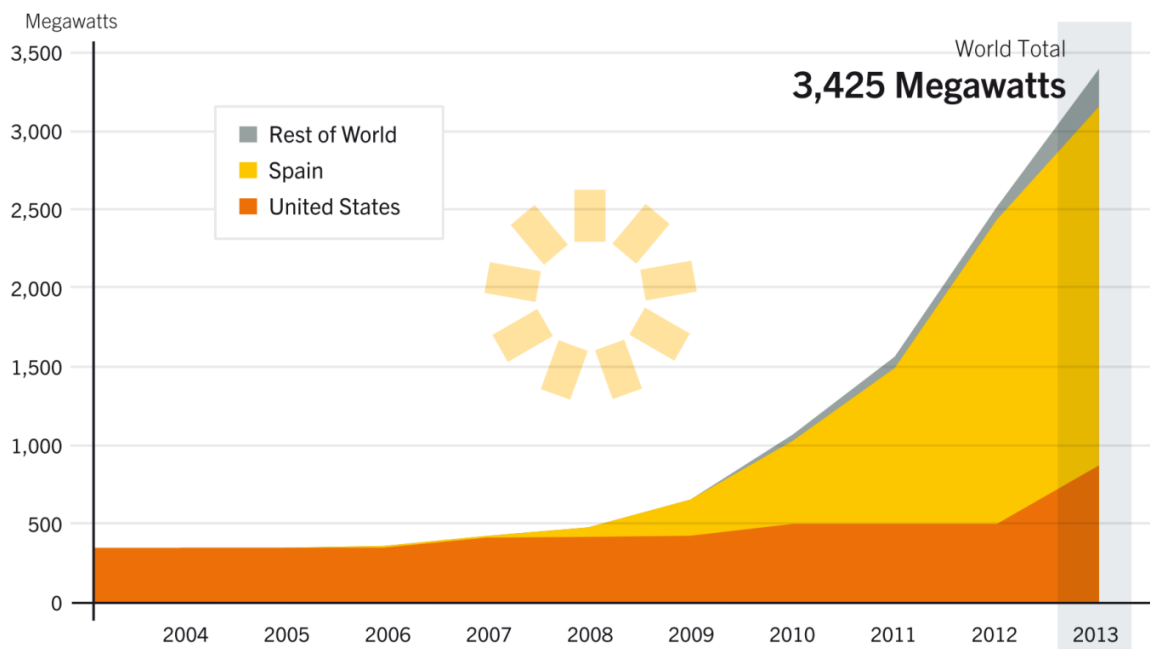
امکان استفاده از فناوری‌های CSP برای تولید سوخت‌های خورشیدی متمرکز (CSF^{۱۴۷}) (همچون هیدروژن و دیگر حامل‌های انرژی) یک بخش مهم برای تحقیقات و پیشرفت بیشتر است. هیدروژن تولیدی به وسیله‌ی خورشید می‌تواند به کربن‌زدایی از انتقال و دیگر بخش‌های مصرف‌کننده نهایی به وسیله‌ی ترکیب هیدروژن با گاز طبیعی در خطوط لوله و شبکه‌های توزیع و به وسیله‌ی تولید سوخت‌های مایع پاک تر کمک کند.

۲,۴,۲ خلاصه وضعیت کنونی CSP

مفهوم اصلی انرژی خورشیدی متمرکز نسبتاً ساده است: دستگاه‌های CSP انرژی موجود در پرتوهای خورشیدی را متمرکز می‌کنند تا یک دریافت‌کننده را به دمای بالا برسانند. این گرما ابتدا به انرژی مکانیکی تبدیل شده (به وسیله‌ی توربین یا دیگر موتورها) و سپس به برق تبدیل می‌شود. CSP همچنین دارای پتانسیل برای تولید دیگر حامل‌های انرژی است (سوخت‌های خورشیدی).

نخستین نیروگاه‌های تجاری در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۱ در کالیفرنیا شروع به کار کردند که توسط مشوق‌های دولت فدرال و مالیات ایالات و خرید قراردادهای بلند مدت حمایت می‌شدند. یک کاهش در قیمت سوخت‌های فسیلی باعث شد که دولت‌های فدرال و ایالتی چارچوب سیاستی را که از پیشرفت CSP حمایت می‌کرد تغییر دهند. در سال ۲۰۰۶ بازار در اسپانیا و آمریکا دوباره متولد شد.

در شکل زیر ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های CSP در دنیا از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در سال‌های اخیر سرعت رشد نیروگاه‌های CSP به شدت افزایش پیدا کرده است و دو کشور اسپانیا و آمریکا که بزرگترین ظرفیت نصب شده CSP را در دنیا دارند، همچنان به استفاده از این فناوری اقبال خوبی را نشان می‌دهند.



شکل ۱۴۷: روند نصب نیروگاه‌های CSP در ۱۰ سال اخیر [39]

در شکل ۱۴۸ ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های CSP به تفکیک کشورهای مختلف در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در سال ۲۰۱۳ بیشترین اهمیت برای توسعه نیروگاه‌های CSP در دنیا توسط کشورهای اسپانیا، آمریکا، امارات متحده عربی، هند و چین اتفاق افتاده است.

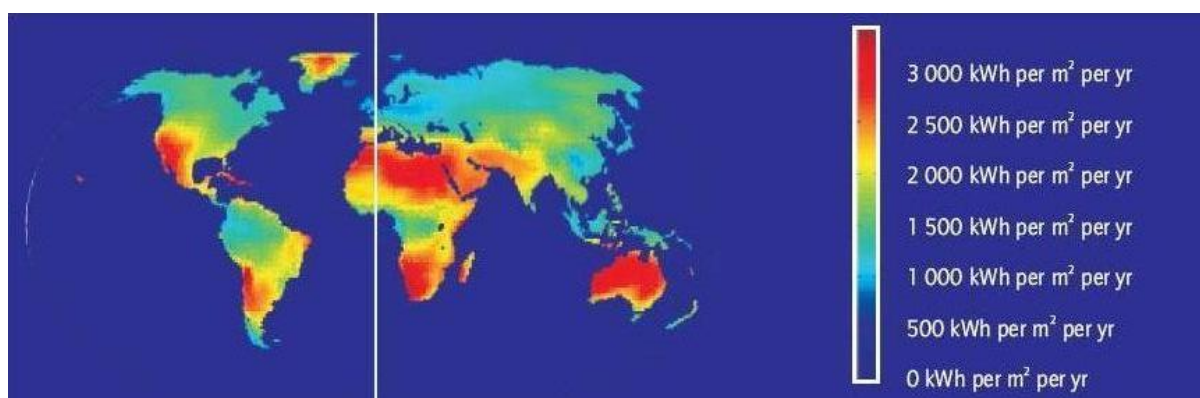
COUNTRY	TOTAL END-2012	ADDED 2013	TOTAL END-2013
		MW	
Spain	1,950	350	2,300
United States	507	375	882
United Arab Emirates	0	100	100
India	0	50	50
Algeria	25	0	25
Egypt	20	0	20
Morocco	20	0	20
Australia	12	0	12
China	0	10	10
Thailand	5	0	5
World Total	2,540	885	3,425

شکل ۱۴۸: ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های CSP به تفکیک کشورها در سال ۲۰۱۳ [39]

۳,۴,۲ تقسیم‌بندی منبع خورشیدی برای CSP

تفاوت اصلی میان تابش مستقیم خورشید در مناطق مختلف برخاسته از تفاوت آب و هوا و جو این مناطق است. DNI مناسب معمولاً در مناطق با آب و هوای خشک و نیمه خشک که دارای آسمانی صاف هستند یافت می‌شود که عموماً در عرض‌های جغرافیایی از ۱۵ تا ۴۰ درجه شمالی یا جنوبی قرار گرفته‌اند. در فضای نزدیکتر به خط استوا، جو معمولاً در تابستان بسیار ابری و مرطوب است. DNI همچنین به میزان قابل توجهی در ارتفاعات که پراکندگی نور خورشید بسیار کمتر است، بیشتر است. به این ترتیب بیشتر مناطق مساعد برای منابع CSP در شمال آفریقا، جنوب آفریقا، خاورمیانه، شمال غربی هند، جنوب غربی آمریکا، مکزیک، پرو، شیلی، قسمت غربی چین و استرالیا واقع شده‌اند. تلاش‌های اخیر برای دستیابی به نقشه جهانی منابع DNI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای در شکل ۱۴۹ ارائه شده است.

هرچند "کمربندهای خورشیدی" زمین نسبتاً باریک هستند پتانسیل فنی برای CSP بالاست. اگر CSP به طور کامل توسعه یابد، پتانسیل موجود در جنوب غربی آمریکا بسیار فراتر از تأمین برق مورد نیاز کل آمریکاست. پتانسیل موجود در خاورمیانه و شمال آفریقا تقریباً ۱۰۰ برابر مجموع نیاز فعلی خاور میانه، شمال آفریقا و اتحادیه‌ی اروپا را برآورده می‌کند [38]. در کوتاه مدت CSP دارای قابلیت بالایی برای تأمین برق و سوخت بدون کربن یا کم کربن برای کل جهان خواهد بود. هرچند چالش اساسی موجود این است که تقاضا برای برق همیشه در نزدیکی مناسب از منابع CSP قرار نگرفته است.



شکل ۱۴۹: نقشه جهانی منابع DNI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای

۴،۴،۲ فناوری‌های کنونی برای تولید نیرو

در حال حاضر ۴ فناوری اصلی CSP موجود است که می‌توانند به واسطه‌ی راه‌هایی که اشعه‌های خورشید را متمرکز می‌کنند و فناوری مورد استفاده برای دریافت انرژی خورشیدشان طبقه‌بندی شوند (جدول ۱۰).

		Focus type	
		Line focus	Point focus
Receiver type	Fixed	Collectors track the sun along a single axis and focus irradiance on a linear receiver. This makes tracking the sun simpler.	Collectors track the sun along two axes and focus irradiance at a single point receiver. This allows for higher temperatures.
	Mobile	Fixed receivers are stationary devices that remain independent of the plant's focusing device. This eases the transport of collected heat to the power block.	Mobile receivers move together with the focusing device. In both line focus and point focus designs, mobile receivers collect more energy.
		Linear Fresnel Reflectors	Towers (CRS)
		Parabolic Troughs	Parabolic Dishes

جدول ۱۰: چهار فناوری خانواده CSP [38]

۱،۴،۴،۲ بازتاب‌دهنده‌های سهموی خطی

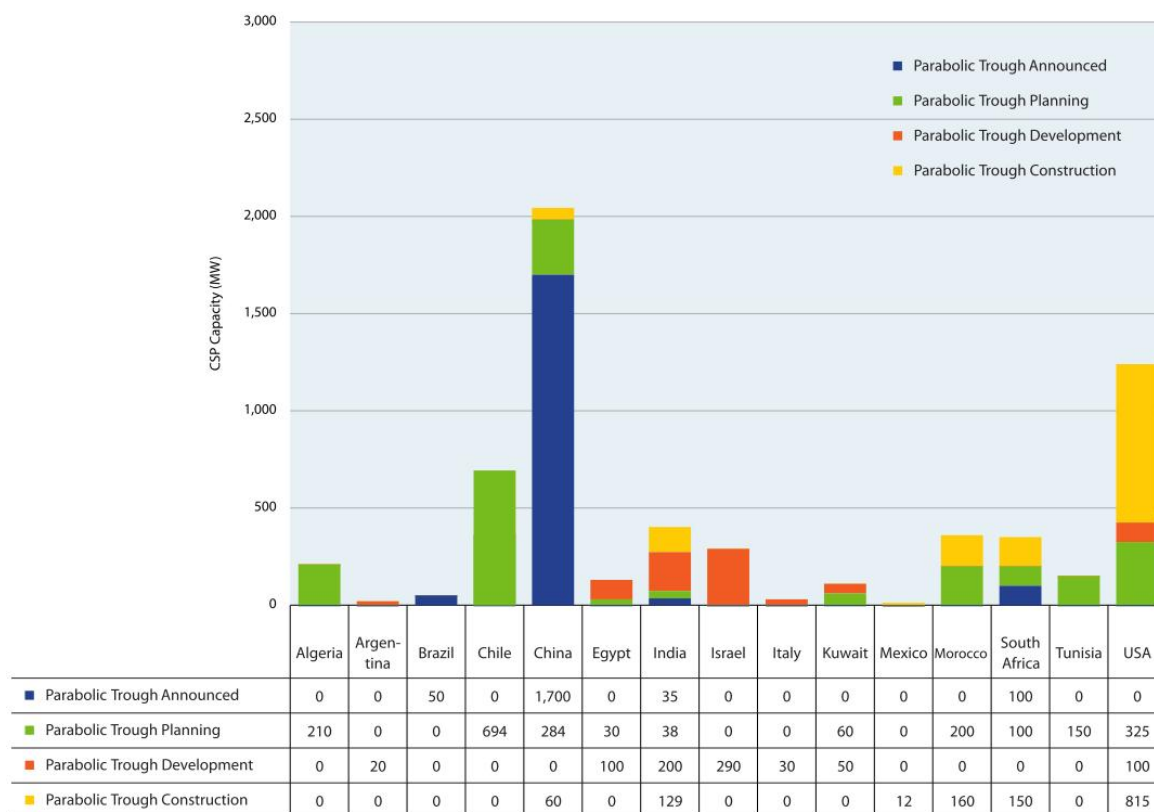
سیستم‌های سهموی خطی از دو ردیف موازی از آینه‌ها (بازتاب‌دهنده‌ها) که به یک جهت خم شده‌اند تا تابش خورشید را متمرکز کنند تشکیل شده‌اند. آینه‌ها می‌توانند تا بیش از ۱۰۰ متر طول داشته باشند با سطح خم‌شده‌ای بین ۵ تا ۶ متر. لوله‌های فولاد زنگ نزن (تیوب‌های جذب‌کننده) با پوشش انتخابی به عنوان دریافت‌کننده‌های گرما عمل می‌کنند. لوله‌ها در یک قاب شیشه‌ای در خلاء قرار گرفته‌اند. بازتاب‌دهنده‌ها و تیوب‌های جذب‌کننده همگام با خورشید که در آسمان حرکت می‌کند جابه‌جا می‌شوند.

تمامی نیروگاه‌های سهموی خطی مورد استفاده تجاری در حال حاضر وابسته به روغن ترکیبی به عنوان مایعی که گرما را از لوله‌های جذب به مبدل‌های حرارتی انتقال می‌دهد جایی که آب پیش گرم شده، تبخیر می‌شود و سپس فوق گرم می‌شود، هستند. بخار مافوق گرم یک توربین را می‌چرخاند که یک ژنراتور را برای تولید برق راه‌اندازی می‌کند. بعد از سرد و کندانس شدن، آب به مبدل حرارتی باز می‌گردد.



شکل ۱۵۰: نیروگاه سهموی خطی

سهموی خطی بالغ‌ترین نوع فناوری CSP است و قسمت عمده‌ی نیروگاه‌های تجاری کنونی را تشکیل می‌دهد. هرچند بیشترین نیروگاه‌های موجود دارای هیچ یا مقدار کمی از ذخیره‌سازی حرارتی هستند و به سوخت قابل اشتعال به عنوان یک پشتیبان وابسته هستند. برای مثال همه‌ی نیروگاه‌های CSP در اسپانیا ۱۲٪ تا ۱۵٪ از تولید سالانه‌ی برق خود را از سوزاندن گاز طبیعی تولید می‌کنند [38]. برخی نیروگاه‌های جدیدتر دارای ظرفیت‌های ذخیره‌سازی قابل توجهی هستند. در شکل زیر ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای فناوری سهموی خطی به تفکیک کشورهای مختلف برای سال ۲۰۱۳ را می‌توان مشاهده نمود.



Source: CSP Today Global Tracker, August 2013

شکل ۱۵۱: ظرفیت نصب شده و طراحی شده، برای فناوری سهموی خطی برای کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۳ [40]

۲,۴,۴,۲ بازتاب دهنده‌های خطی فرنلی (LFRs^{۱۴۸})

بازتاب دهنده‌های خطی فرنلی شکل تقریبی سهمی‌گون سیستم‌های سهموی خطی را دارا هستند اما با استفاده از صف‌های طولانی صاف یا با خمش بسیار کم آینه‌ها که برای بازتاب دادن اشعه‌ی خورشید به یک دریافت‌کننده ثابت خطی رو به پایین قرار گرفته است. یک طرح تازه‌تر که به نام بازتاب‌دهنده‌های خطی فشرده فرنلی (CLFRs^{۱۴۹}) شناخته می‌شود از دو دریافت‌کننده موازی برای هر ردیف از آینه‌ها استفاده می‌کند و بنابراین به فضای کمتری نسبت به سهموی خطی برای یک مقدار ثابت تولیدی نیازمند است. شکل زیر نمایش دهنده یک سیستم بازتاب دهنده فرنلی برای نیروگاه متمرکز کننده خورشیدی است.

¹⁴⁸ Linear Fresnel reflectors

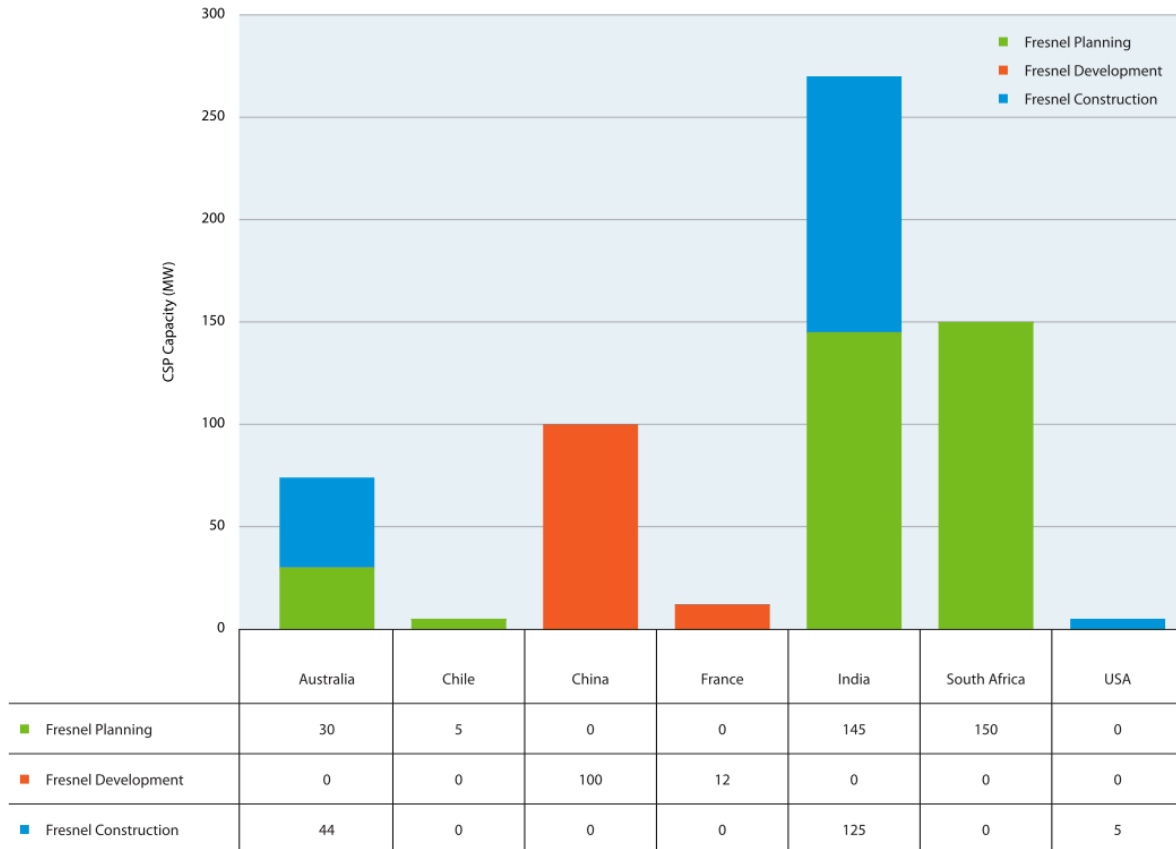
¹⁴⁹ Compact Linear Fresnel Reflectors



شکل ۱۵۲: فناوری بازتاب دهنده فرنی

مزیت اصلی سیستم‌های LFR این است که طراحی ساده‌ی آن‌ها از آینه‌های خم شده‌ی منعطف و دریافت کننده‌های ثابت نیازمند هزینه‌های سرمایه‌گذاری کمتر است و تولید مستقیم بخار (DSG^{150}) را تسهیل می‌کند، بنابراین نیاز و هزینه مایعات انتقال دهنده گرما و مبدل‌های حرارتی کاهش می‌یابند. اگرچه نیروگاه‌های LFR نسبت به سهمی‌گون‌ها در تبدیل انرژی خورشیدی به برق از تأثیرگذاری کمتری برخوردار هستند و با هم متحد کردن طراحی و ظرفیت ذخیره‌سازی آن‌ها با یکدیگر دشوار است.

در شکل زیر ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای سیستم فرنی به تفکیک کشورهای مختلف برای سال ۲۰۱۳ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که ظرفیت نصب شده فرنی نسبت به سهمی خطی بسیار کمتر است ولی با توجه به مزایای ذکر شده، قطعاً در سال‌های آینده ظرفیت‌های بیشتری از این سیستم نصب خواهد شد.



Source: CSP Today Global Tracker, August 2013

شکل ۱۵۳: وضعیت نصب شده و طراحی شده سیستم فرنی به تفکیک کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۳ [40]

۳,۴,۴,۲ برج‌های خورشیدی

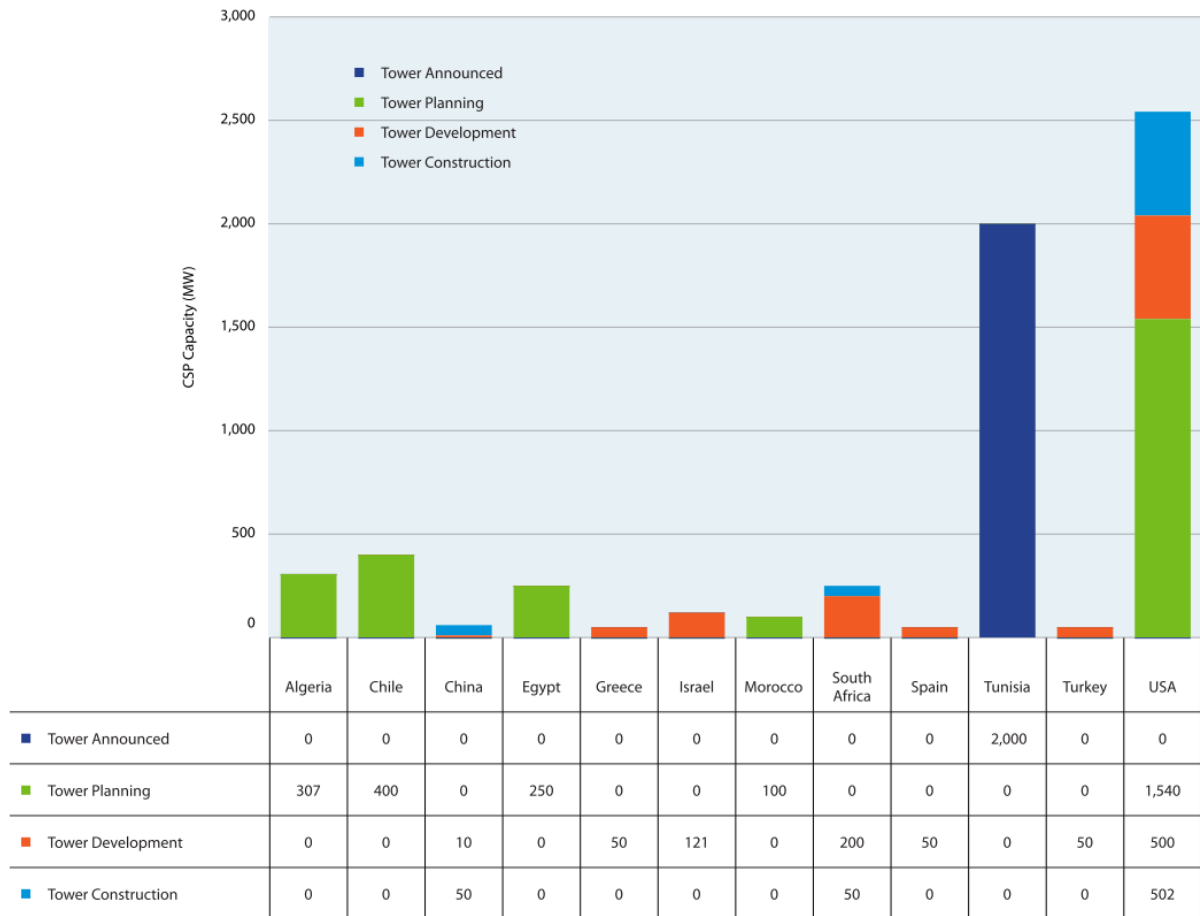
برج‌های خورشیدی که به نام سیستم‌های دریافت مرکزی (CRS^{151}) نیز شناخته می‌شوند از صدها یا هزاران بازتاب دهنده (چرخ آینه‌ای که پرتو را به یک طرف متمرکز می‌کنند) برای متمرکز کردن اشعه‌های خورشید روی یک دریافت کننده مرکزی که بالای یک برج قرار گرفته است استفاده می‌کنند. برخی از نیروگاه‌های برج تجاری که در حال حاضر در حال استفاده هستند از DSG در دریافت کننده استفاده می‌کنند؛ باقی از نمک گداخته هم به عنوان مایع منتقل کننده حرارت و هم به عنوان واسطه ذخیر سازی استفاده می‌کنند.



شکل ۱۵۴: نمایی از یک نیروگاه برج خورشیدی

قدرت تمرکز برج به دماهای بسیار بالا دست می‌یابد که باعث بالا رفتن تأثیرگذاری بهتر در بخش تبدیل گرما به الکتریسیته و کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی گرمایی می‌شود. به علاوه، این مفهوم بسیار انعطاف‌پذیر است؛ طراحان می‌توانند از یک طیف گسترده از آینه‌های چرخی، دریافت‌کننده‌ها، مایعات منتقل‌کننده و بلوک‌های نیرو انتخاب کنند.

در شکل ۱۵۵ ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای برج‌های خورشیدی در سال ۲۰۱۳ برای کشورهای مختلف ارائه شده است. مشاهده می‌شود که تونس به عنوان یکی از کشورهای آفریقایی که دارای شدت تابش بالایی است، طرح‌ریزی بزرگی برای تولید برق از طریق نیروگاه‌های برج خورشیدی دارد.



Source: CSP Today Global Tracker, August 2013

شکل ۱۵۵: ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای برج‌های خورشیدی در سال ۲۰۱۳ به تفکیک کشورهای مختلف [40]

۴,۴,۴,۲ بشقاب‌های سهمی گون

صفحه‌های سهمی گون اشعه‌های خورشید را در یک نقطه کانونی واقع در بالای مرکز صفحه متمرکز می‌کنند. کل دستگاه خورشید را تعقیب می‌کند و بشقاب و دریافت‌کننده به طور هم جهت حرکت می‌کنند. اکثر بشقاب‌ها یک موتور/ژنراتور مستقل (مانند یک ماشین استرلینگ یا یک میکرو توربین) در نقطه‌ی کانونی دارند. این طراحی نیاز به یک مایع منتقل‌کننده حرارت و آب خنک کاری را برطرف می‌کند.

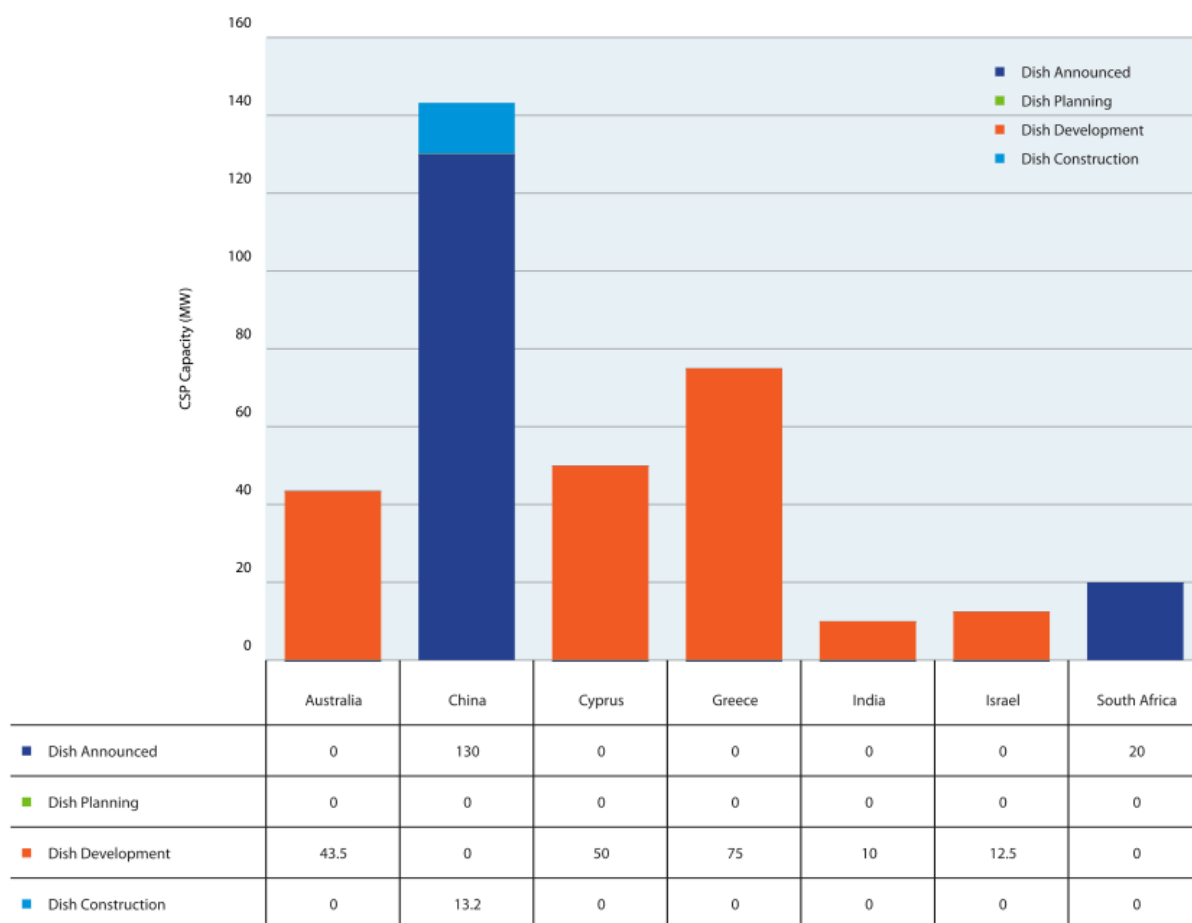


شکل ۱۵۶: نمایی از یک سیستم دیش-استرلینگ

بشقاب‌ها دارای مؤثرترین ضریب تبدیل گرما به برق نسبت به هر نوع سیستم CSP دیگر هستند. ویژگی‌های مختلف مانند اندازه کوچک، نبود آب خنک‌کاری و سازش‌پذیری کم با ذخیره‌سازی حرارتی و هیبریدیزاسیون، بشقاب‌های سهمی‌گون را در زمره رقبای ماژول‌های فتوولتائیک، به طور خاص فتوولتائیک‌های متمرکز کننده، به اندازه دیگر فناوری‌های CSP قرار داده است. اجرا کنندگان بر این نظرند که تولید انبوه قدرت رقابت‌پذیری با دیگر سیستم‌های گرمایی خورشیدی را به بشقاب‌ها خواهد داد.

بشقاب‌های سهمی‌گون دارای محدودیت اندازه‌ای هستند (به طور معمول چند ده کیلووات یا کوچکتر) و هرکدام به صورت مستقل برق تولید می‌کنند که بدین معنی است که برای ساخت یک نیروگاه در مقیاس بزرگ نیاز به کارگزاری صدها یا هزاران عدد از آن‌ها می‌باشد. بر خلاف این دیگر طراحی‌های CSP می‌توانند یک طیف گسترده از ظرفیت‌ها از عدد کمی همچون ۱ مگاوات به بالا را پوشش دهند. اندازه‌ی بهینه‌ی سهمی‌ها، LFR و برجها معمولاً از ۱۰۰ مگاوات تا ۲۵۰ مگاوات بسته به تأثیر عملکرد بلوک قدرت تغییر می‌کند.

همانطور که در شکل ۱۵۷ نشان داده شده است، به نسبت سیستم سهمی خطی و برج خورشیدی، ظرفیت بسیار کمی از بشقاب‌های سهمی‌گون نصب شده است، اما به دلیل بی‌نیازی به آب و همچنین امکان نصب در ظرفیت‌های کوچک، پیش‌بینی می‌شود که در آینده اقبال گسترده‌ای برای اینگونه سیستم‌ها صورت گیرد.



Source: CSP Today Global Tracker, August 2013

شکل ۱۵۷: ظرفیت نصب شده و طراحی شده برای نصب سیستم‌های دیش سهمی‌گون [40]

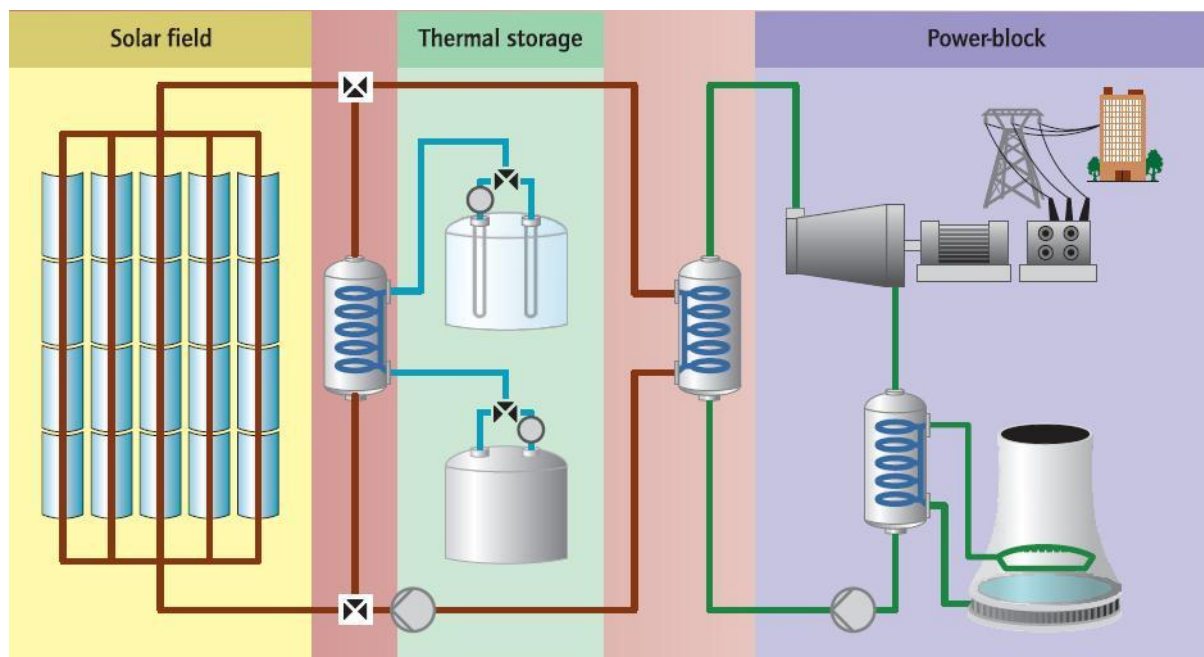
در جدول ۱۱ حداکثر میزان بازدهی الکتریکی، بازدهی سالانه الکتریکی و همچنین آب مورد نیاز برای انواع فناوری‌های CSP ارائه شده است. در این جدول مشاهده می‌شود که بیشترین بازدهی مربوط به فناوری دیش سهمی‌گون می‌باشد و همچنین کمترین میزان آب مورد نیاز نیز مربوط به همین فناوری است. با توجه به آنچه که قبلاً گفته شد، بنابراین فناوری دیش سهمی‌گون می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید پراکنده و در حجم کم در پیش روی ما قرار دهد.

CSP technology	Peak solar to electricity conversion efficiency (%)	Annual solar-to-electricity efficiency (%)	Water consumption, for wet/dry cooling (m ³ /MWh)
Parabolic troughs	23–27	15–16	3–4/0.2
Linear Fresnel systems	18–22	8–10	3–4/0.2
Towers (central receiver systems)	20–27	15–17	3–4/0.2
Parabolic dishes	20–30	20–25	<0.1

جدول ۱۱: مقایسه میزان راندمان و مقدار آب مورد نیاز برای خنک‌کاری سیستم‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی [41]

۵,۴,۲ ذخیره‌سازی حرارتی

تمامی نیروگاه‌های CSP دارای توانایی‌هایی در زمینه ذخیره‌سازی گرما برای کوتاه مدت هستند بنابراین دارای ظرفیت "میانگیری" هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به طور قابل توجهی تولید برق را روانسازی کنند و مانند دیگر فناوری‌های خورشیدی دارای تغییرات تولید در کوتاه مدت در روزهای ابری نباشند.



شکل ۱۵۸: سیستم ذخیره‌سازی در یک نیروگاه خورشیدی سهموی خطی

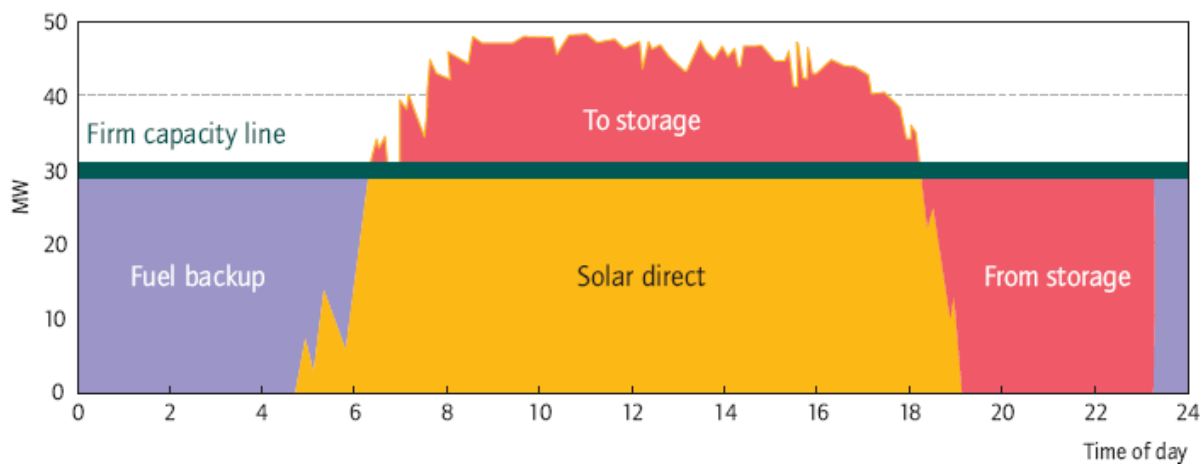
شکل ۱۵۸ نشان می‌دهد که در یک نیروگاه CSP ذخیره‌سازی چگونه صورت می‌گیرد. حرارت اضافی جمع‌آوری شده به یک مبدل حرارتی ارسال شده و نمک مذاب را که از محفظه سرد به سمت محفظه گرم حرکت می‌کند گرم می‌کند. در هنگام نیاز گرما از محفظه گرم می‌تواند به مایع منتقل‌کننده حرارت داده شده و سپس به تولیدکننده بخار منتقل شود.

مطالعات نشان می‌دهد که در مناطق با نور خورشید خوب (DNI بالا) افزایش تولید برق برای تأمین نیازها ظرفیت ذخیره‌سازی در حدود ۲ تا ۴ ساعت را می‌طلبد. در موارد دارای ذخیره‌ساز، صفحه خورشیدی به نسبت ظرفیت تولیدی بزرگتر خواهد بود. در نتیجه در زمانی که نور خورشید بیشترین قدرت را دارد صفحات خورشیدی گرمای بیشتری از میزانی که توربین‌های آنها می‌توانند جذب کنند، تولید می‌کنند. در نبود ذخیره‌سازی در آفتابی‌ترین ساعات، اجرا کنندگان نیروگاه نیازمند آن خواهند بود تا برخی از کلکتورهای خورشیدی که مورد نیاز نیستند را "غیر متمرکز" کنند. ذخیره‌سازی از هدر رفتن این انرژی جلوگیری کرده و در عین حال تولید پس از غروب را افزایش می‌دهد. برای مثال برخی نیروگاه‌های سهموی خطی در اسپانیا گرمای مورد نیاز برای تولید نیرو برای توربینی با ظرفیت ۵۰ MWe برای بیشتر از ۷ ساعت را در نمک‌های مذاب ذخیره می‌کنند [38].

۶,۴,۲ پشتیبان و هیبریدیزاسیون

به طور مجازی همه‌ی نیروگاه‌های CSP با یا بدون ذخیره‌سازی مجهز به سیستم‌های پشتیبان سوخت هستند که به روانسازی تولید و تضمین ظرفیت کمک می‌کنند به خصوص در زمان اوج یا میانه اوج مصرف سوخت (که می‌توانند از گاز طبیعی، سوخت فسیلی و یا سوخت‌های خورشیدی استفاده کنند) و می‌توانند انرژی لازم را برای مایع انتقال دهنده حرارت یا واسطه ذخیره‌ساز یا به طور مستقیم برای تولید توان فراهم کنند.

در مناطقی که DNI از مقدار ایده‌آل کمتر است سوخت پشتیبان تقریباً ضمانت ظرفیت تولید نیروگاه را با یک قیمت کمتر نسبت به زمانی که نیروگاه فقط وابسته به ذخیره‌سازی حرارتی و صفحه خورشیدی باشد، به طور کامل ممکن می‌سازد. فراهم آوردن ظرفیت ۱۰۰٪ با تنها ذخیره‌سازی حرارتی نیازمند سرمایه‌گذاری به طور قابل توجه بیشتری در زمینه صفحات خورشیدی ذخیره و ظرفیت ذخیره‌سازی است که باعث تولید انرژی کمتر در طول سال می‌شود.



شکل ۱۵۹: نمودار انرژی ترکیبی از ذخیره‌سازی و سوخت پشتیبان در یک نیروگاه خورشیدی در طول روز

۷,۴,۲ خنک کاری نیروگاه و نیاز به آب

همچون دیگر نیروگاه‌های تولید قدرت حرارتی، CSP برای فرآیندهای متراکم کردن و خنک کاری نیازمند آب است. نیاز به آب CSP نسبتاً بالا: در حدود ۳۰۰۰ لیتر بر مگاوات ساعت برای نیروگاه‌های سهموی خطی و LFR است (شبيهه به یک راکتور هسته‌ای) که نسبت به تقریباً ۲۰۰۰ لیتر بر مگاوات ساعت برای نیروگاه زغالی و فقط ۸۰۰ لیتر بر مگاوات ساعت برای نیروگاه سیکل ترکیبی گاز طبیعی عدد بالاییست [38]. نیروگاه‌های برج CSP آب کمتری برای هر مگاوات ساعت نسبت به

نیروگاه‌های سهموی خطی بسته به تأثیرگذاری فناوری نیاز دارند. بشقاب‌ها به وسیله‌ی هوای اطراف خنک می‌شوند و نیازی به آب خنک‌کاری ندارند.

دسترسی به مقادیر زیادی آب یک چالش مهم برای استفاده از CSP در یک منطقه خشک است به این دلیل منابع آب در دسترس توسط بسیاری از سهامداران ارزش‌گذاری بسیار بالایی شده است. خنک‌کاری خشک (با هوا) یک جایگزین مؤثر است که در نیروگاه‌های ISCC در حال ساخت در آفریقای شمالی استفاده شده است. اگرچه خنک‌کاری خشک پر هزینه‌تر است و تأثیرگذاری را کاهش می‌دهد.

خنک‌کاری خشک نصب شده بر روی نیروگاه‌های سهموی خطی در بیابان‌های داغ تولید سالانه الکتریسیته را تا ۷٪ کاهش و قیمت برق تولیدی را تا حدود ۱۰٪ افزایش می‌دهد. [38].

۸,۴,۲ زمین مورد نیاز

این‌که بازای هر کیلووات توان تولیدی، چی میزان از زمین برای احداث یک نیروگاه خورشیدی مورد نیاز است، مبحث مهم دیگری است که باید به آن پرداخت. با توجه به جدول ۱۲ می‌توان نتیجه گرفت که زمین مورد نیاز برای احداث نیروگاه CSP فقط از نیروگاه‌های بادی بیشتر است. این به این معناست که، می‌توان ظرفیت‌های مشابه نیروگاه متمرکزکننده خورشیدی را نسبت به دیگر فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (به جز باد) در زمین کمتری احداث نمود و طبعاً هزینه‌های خرید و آماده کردن زمین، مراقبت بعد از احداث و مشکلات فراهم کردن و جایابی آن به مراتب کمتر خواهد بود.

	Land use (m ² /(MWh/y))	Visual impact (m ² /MWh/y)
Parabolic solar power, Spain	11	15
Solar tower power, Spain	17	1100
Photovoltaic power plant, Germany	56*	
Wind power	<5	8600
Biomass plantation, France	550	
Open-cast mining (lignite), Germany	60	
High-voltage power transmission line across Europe	0.4	

*Photovoltaic power can also be placed on rooftops, in which case land use is essentially zero.

جدول ۱۲: زمین مورد نیاز برای انواع فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر [41]

۵,۲ روندیابی فناوری‌های CSP

۱,۵,۲ CSP برای بازارهای جانبی

نیروگاه‌های CSP می‌توانند مقدار قابل توجهی از گرمای فرآیندهای صنعتی را تولید کنند. برای مثال یک برج خورشیدی می‌تواند بخار مورد نیاز برای ریکواری نفت بهبود یافته را تأمین کند.

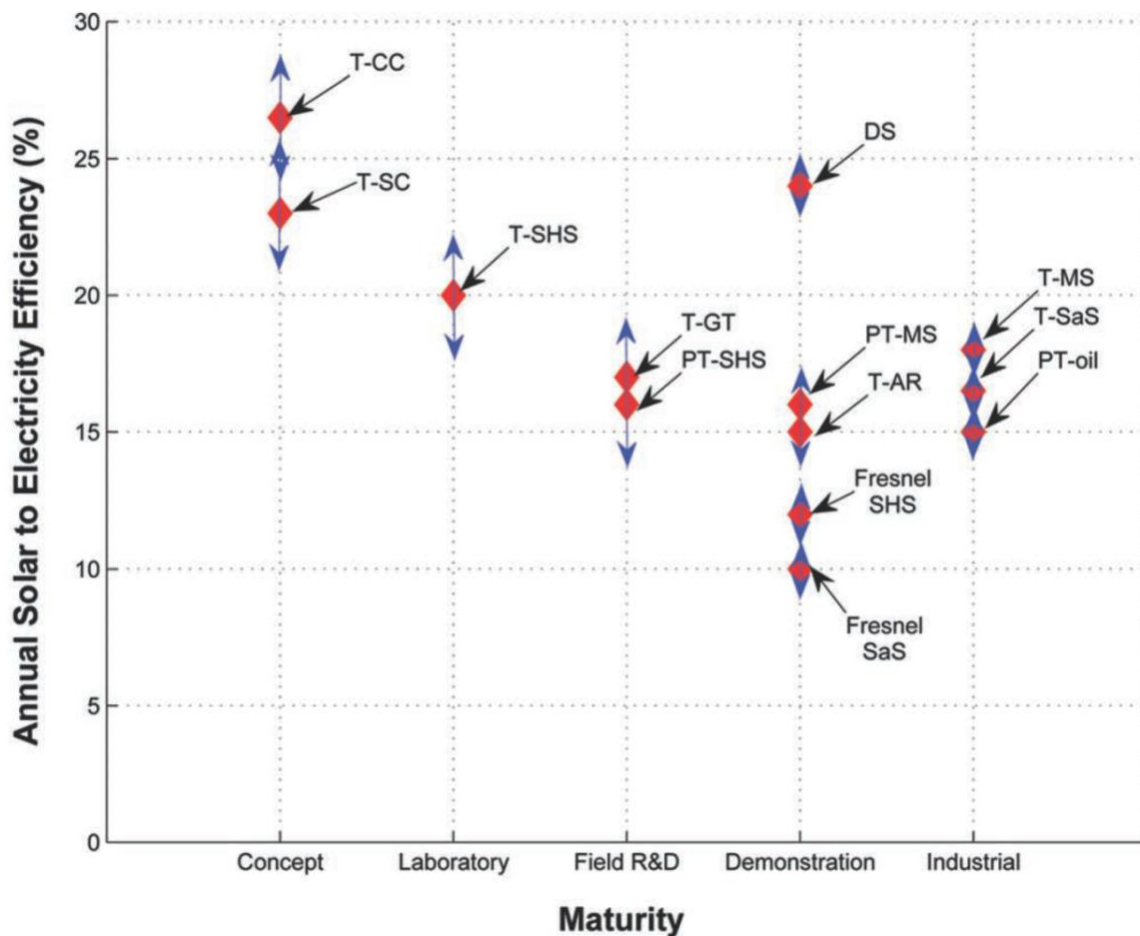
نیروگاه‌های عظیم CSP همچنین برای تولید همزمان به منظور نمک‌زدایی از آب مؤثر هستند. نیروگاه‌های CSP معمولاً در مناطق خشک یا نیمه خشک، جاهایی که آب در حال تبدیل شدن به مایعی نایاب است در عین حال که تقاضا به سرعت به دلیل رشد جمعیت و اقتصاد در حال افزایش است، واقع می‌شوند. نیروگاه‌های CSP می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که بخار کم فشار از توربین خارج شده و به راه‌اندازی عملیات تقطیر چند اثره ($MED^{۱۵۲}$) کمک کند. چنین نیروگاه‌هایی می‌توانند به همراه برق آب تازه نیز تولید کنند. تولید همزمان برق و آب شیرین در دماهای بالاتر مثلاً در برج‌ها بهتر اتفاق می‌افتد.

۲,۵,۲ جایگاه فناوری‌های مختلف CSP از نظر میزان بلوغ

هریک از چهار فناوری اصلی متمرکزکننده خورشیدی، خود شامل چندین گونه‌اند که بر اساس مایع جاذب حرارت و همچنین نوع سیستم ذخیره‌کننده تقسیم‌بندی می‌شوند. برخی از این فناوری‌ها در مرحله تحقیقات اولیه، برخی در فاز تحقیقاتی و برخی نیز صنعتی و تجاری‌سازی شده‌اند. در جدول ۱۳ نام اختصاری انواع فناوری‌های متمرکزکننده انرژی خورشیدی بیان شده است. بر اساس این جدول، می‌توان وضعیت بلوغ فناوری‌های هر یک از زیرشاخه‌های فناوری‌های متمرکزکننده خورشیدی را در شکل ۱۶۰ مشاهده نمود.

CSP technology	Technical options
Parabolic troughs (PT)	PT-oil: oil as HTF and molten salt storage PT-SHS: superheated steam as HTF PT-MS: molten salt as HTF and storage
Linear Fresnel systems (F)	Fresnel SaS: saturated steam as HTF Fresnel SHS: superheated steam as HTF
Towers (T)	T-SaS: saturated steam as HTF T-SHS: superheated steam as HTF T-MS: molten salt as HTF and storage T-AR: ambient pressure air as HTF and Rankine cycle T-GT: pressurised air as HTF and Brayton cycle T-SC: supercritical cycle T-CC: pressurised air as HTF and combined cycle
Parabolic dishes (DS)	DS: helium Stirling cycle

جدول ۱۳: معرفی نام اختصاری فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی



شکل ۱۶۰: وضعیت بلوغ و بازدهی سالانه انواع فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی [41]

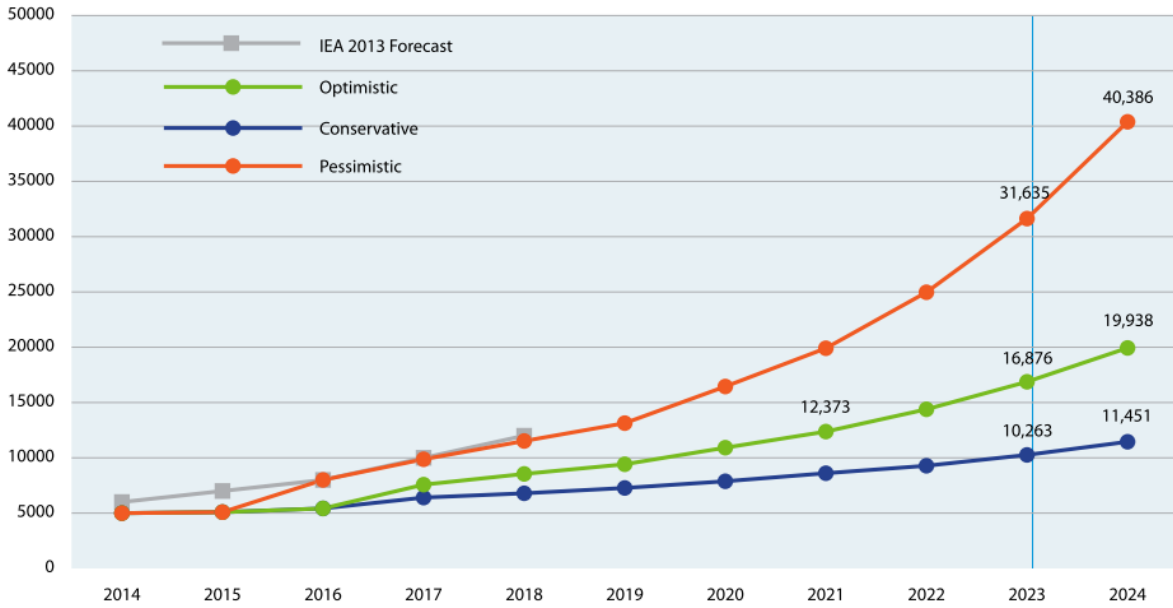
	Parabolic Trough	Solar Tower	Linear Fresnel	Dish-Stirling
Typical capacity (MW)	10-300	10-200	10-200	0.01-0.025
Maturity of technology	Commercially proven	Pilot commercial projects	Pilot projects	Demonstration projects
Key technology providers	Abengoa Solar, SolarMillennium, Sener Group, Acciona, Siemens, NextEra, ACS, SAMCA, etc.	Abengoa Solar, BrightSource, Energy, eSolar, SolarReserve, Torresol	Novatec Solar, Areva	
Technology development risk	Low	Medium	Medium	Medium
Operating temperature (°C)	350-550	250-565	390	550-750
Hybridisation	Yes and direct	Yes	Yes, direct (steam boiler)	Not planned
Grid stability	Medium to high (TES or hybridisation)	High (large TES)	Medium (back-up firing possible)	Low
Cycle	Superheated Rankine steam cycle	Superheated Rankine steam cycle	Saturated Rankine steam cycle	Stirling
Steam conditions (°C/bar)	380 to 540/100	540/100 to 160	260/50	n.a.

جدول ۱۴: مقایسه بین فناوری‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی [42]

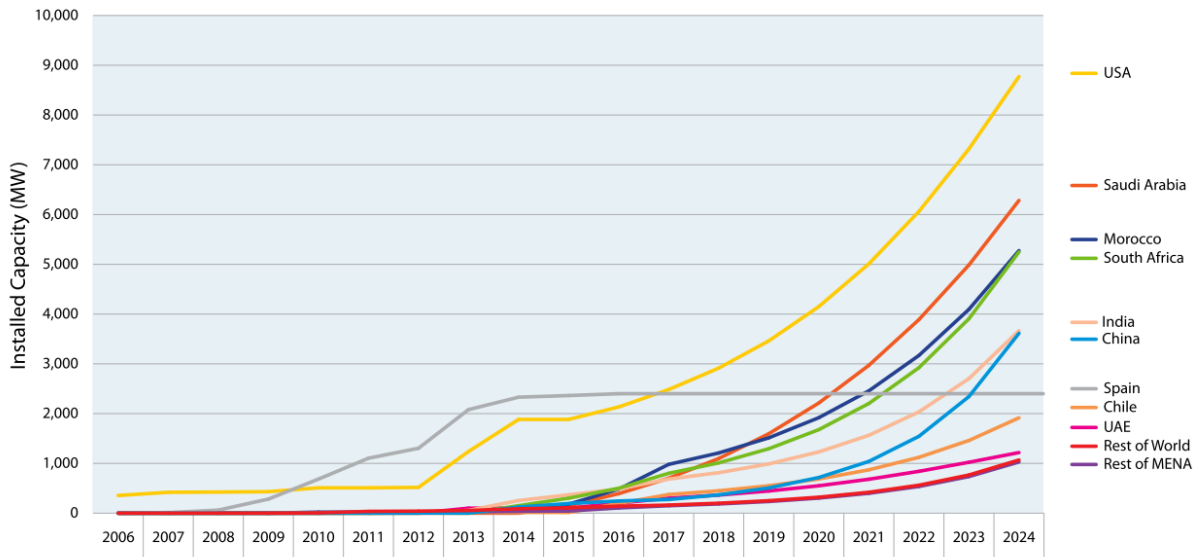
بر اساس اطلاعاتی که در جدول ۱۴ ارائه شده است، مشاهده می‌شود که ریسک جایگزینی فناوری با فناوری‌های نوظهور در فناوری سهموی خطی از همه کمتر است. همچنین بیشترین دمای بخار فوق داغ در فناوری برج خورشیدی دست یافتنی است. نکته قابل توجه تفاوت مشخصه‌های فناوری‌های بشقاب‌های سهمی‌گون نسبت به دیگر روش‌های متمرکزکننده خورشیدی است. این به این معناست که کاربردها و ضرورت‌های طراحی برای فناوری بشقاب‌های سهمی‌گون می‌تواند متفاوت با دیگر روش‌ها باشد.

۳,۵,۲ چشم انداز استقرار در آینده

بر اساس الگوهای طی شده برای نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی، بر اساس شکل ۱۶۱ پیش‌بینی می‌شود که تا ده سال آینده بر اساس پیش‌بینی‌های خوش‌بینانه حجم بازار این فناوری در دنیا حدود ۸ برابر و بر اساس پیش‌بینی‌های بدبینانه حجم بازار حدود ۲/۵ برابر شود. همچنین با بررسی شکل ۱۶۲ سرمایه‌گذاری عظیم کشورهای شمال آفریقا و خاورمیانه در این حوزه مشخص خواهد شد. نکته عجیب، عدم علاقه کشور اسپانیا به توسعه بیش از پیش نیروگاه‌های CSP از سال ۲۰۱۵ است.



شکل ۱۶۱: پیش‌بینی بازار CSP تا ۱۰ سال آینده بر اساس سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه [40]



شکل ۱۶۲: پیش‌بینی ظرفیت نصب شده CSP در ۱۰ سال آینده بر اساس کشورهای مختلف [40]

۴,۵,۲ دیدگاه‌های اقتصادی

اگرچه CSP در حال حاضر نیازمند سرمایه‌گذاری‌های عمده‌ی بیشتر نسبت به برخی منابع دیگر انرژیست، به دلیل حداقل قیمت‌های سوخت برای پشتیبان/هیبریدی‌زاسیون، سود بلند مدت قابل توجهی را ارائه می‌دهد. علاوه بر این قیمت‌های سرمایه‌گذاری اولیه احتمالاً به طور پیوسته بدلیل آن‌که نیروگاه‌ها بزرگتر می‌شوند، رقابت افزایش می‌یابد، تجهیزات به تولید انبوه می‌رسد، فناوری توسعه می‌یابد و جامعه‌ی مالی به CSP اعتماد پیدا می‌کند، سقوط خواهند کرد.

۵,۵,۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری

برای نیروگاه‌های سهموی خطی پیشرفته‌ی بزرگ، هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حال حاضر از ۴/۲ دلار بر وات تا ۸/۴ دلار بر وات بسته به کار و هزینه‌های زمین، فناوری‌ها، مقدار و توزیع DNI و بالاتر از همه مقدار ذخیره‌سازی و اندازه‌ی صفحه‌ی خورشیدی تغییر می‌کند. انتظار می‌رود هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای هر وات برای نیروگاه‌های سهموی خطی بزرگتر کاهش یابند و تا ۱۲٪ هنگامی که از ۵۰ به ۱۰۰ مگاوات می‌رسند و تقریباً ۲۰٪ هنگامی که تا ۲۰۰ مگاوات بزرگ می‌شوند، کم شوند. انتظار می‌رود هزینه‌های مربوط به بلوک‌های قدرت، بالانس نیروگاه و اتصال به شبکه ۲۰٪ تا ۲۵٪ در هنگامی که ظرفیت شبکه دو برابر می‌شود، کاهش یابد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری همچنین احتمال می‌رود به واسطه‌ی رقابت روز افزون میان ارائه دهندگان فناوری، تولید انبوه اجزا و تجربه‌ی بیشتر در جامعه‌ی مالی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های CSP، کاهش یابد.

[38].

	Cost (2010 USD million)	Share (%)
Labour cost: Site and solar field	62.4	17.1
Solar field	11.3	3.1
Site preparation and Infrastructure	21.2	5.8
Steel construction	9.1	2.5
Piping	6.4	1.8
Electric installations and others	14.4	4.0
Equipment: Solar field and HTF and system	140.3	38.5
Mirrors	23.1	6.4
Receivers	25.9	7.1
Steel construction	39.0	10.7
Pylons	3.9	1.1
Foundations	7.8	2.1
Trackers (hydraulics and electrical motors)	1.6	0.4
Swivel joints	2.6	0.7
HTF System (piping, insulation, heat exchanges, pumps)	19.5	5.4
Heat transfer fluid	7.8	2.1
Electronics, controls, electrical and solar equipment	9.1	2.5
Thermal storage system	38.4	10.5
Salt	18.6	5.1
Storage tanks	6.6	1.8
Insulation materials	0.7	0.2
Foundations	2.3	0.6
Heat exchanges	5.1	1.4
Pumps	1.6	0.4
Balance of system	3.5	1.0
Conventional plant components and plant system	52.0	14.3
Power block	20.8	5.7
Balance of plant	20.7	5.7
Grid connection	10.5	2.9
Others	71.0	19.5
Project development	10.5	2.9
Project management (EPC)	28.1	7.7
Financing	21.8	6.0
Other costs (allowances)	10.5	2.9
Total cost	364	100

Note: This analysis is for an Andasol-like power plant with a thermal storage capacity of 7.5 hours and a solar field size of 510 thousand m². Only key components are shown and prices will vary, depending on manufacturer, project size, market situation, country and other criteria.

Source: Ernst & Young and Fraunhofer, 2011.

جدول ۱۵: تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک نیروگاه سهموی خطی ۵۰ مگاواتی در سال ۲۰۱۰ [43]

۶,۵,۲ منابع فراوان از مواد خام

اکثر مواد خامی که در این فناوری استفاده می‌شود به وفور به صورت صنعتی تولید می‌شوند و فراهم آوردن آن مشکلی ایجاد نخواهد کرد. تنها نمک‌های مذاب برای ذخیره‌سازی حرارتی ممکن است مشکلات تولید را موجب شوند. آن‌ها در مقادیر زیاد به عنوان کود برای کشاورزی استفاده می‌شوند اما استفاده‌ی آن‌ها به عنوان واسطه‌ی ذخیره‌سازی نیازمند درجه‌ی خلوص بالاست. در جدول ۱۶ مصالح مورد نیاز برای ساخت نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت نامی ۱۰۰ مگاوات و سیستم ذخیره انرژی حرارتی (TES) ۶ ساعته نشان داده شده است. [44]

همچنین در جدول ۱۷ میزان مورد نیاز مواد خام اولیه برای ساخت نیروگاه‌های CSP با ظرفیت ۴ گیگا وات نمایش داده شده است.

Material	Trough Plant Subsystem (MT)				
	Solar Field	HTF System	Power Block	Thermal Storage	Total
Aluminum	16	51	18	0	86
Other Non-Ferrous Metal	68	6	66	2	142
Steel and Iron	17,556	3,346	2,277	3,654	26,833
Glass	10,971	-	11	0	10,982
Concrete	27,184	5,709	18,738	9,339	60,970
Synthetic Oil	0	4,146	0	0	4,146
Nitrate Salts	0	0	0	57,328	57,328

Source: Adapted from Burkhardt et al. (2010)

جدول ۱۶: مصالح ساختمانی برای نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت نامی ۱۰۰ مگاوات و سیستم ذخیره انرژی حرارتی ۶ ساعته

Scenario	Material Requirements (MT)				
	Glass	Aluminum	Steel and Iron	Synthetic Oil	Molten Salt
SunShot	360,000	2,700	840,000	—	1,000,000

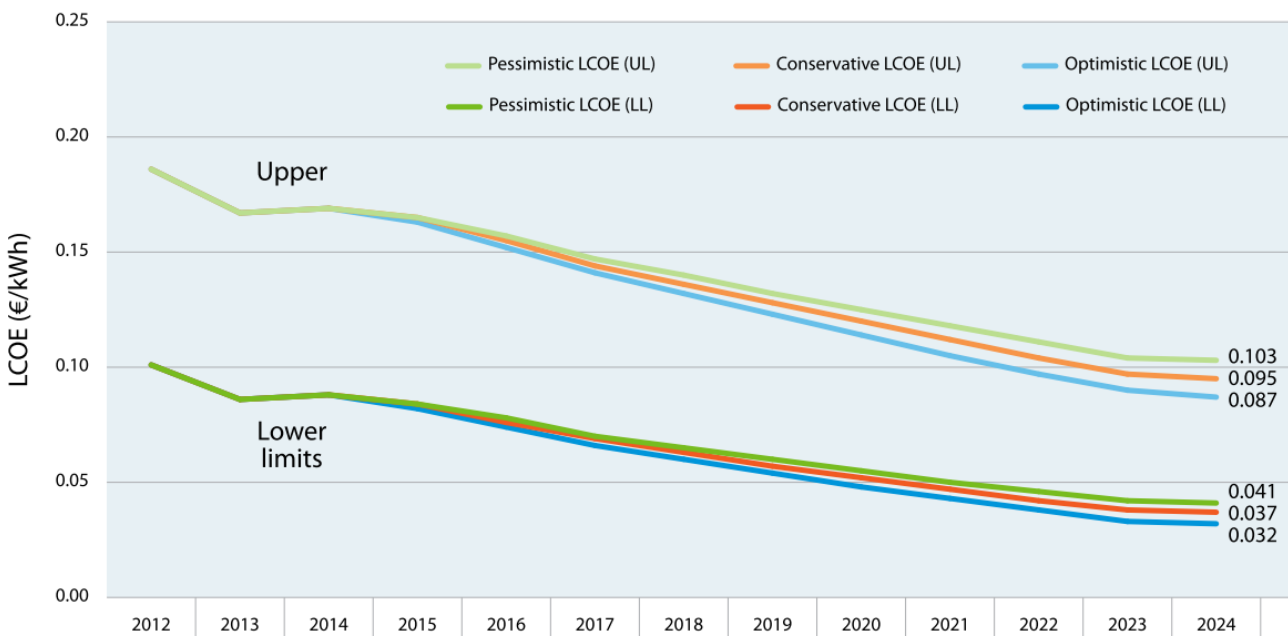
جدول ۱۷: پیش بینی مواد مورد نیاز سالانه برای CSP با فرض حداکثر تابش خورشید (4 GW/year)

۷,۵,۲ هزینه‌های تعمیر و نگهداری (O&M)

هزینه‌های تعمیر و نگهداری برای CSP شامل تعمیر نیروگاه، هزینه‌های سوخت در مورد پشتیبان و هیبریدیزاسیون، خوراک و آب خنک‌کاری، و هزینه‌های نگهداری زمین می‌باشد. یک نمونه‌ی نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی نیازمند ۳۰ کارمند برای تعمیر نیروگاه و ۱۰ نفر برای نگهداری زمین است. هزینه‌های تعمیر و نگهداری از ۱۳ دلار برای هر مگاوات ساعت تا ۳۰ دلار برای هر مگاوات ساعت شامل هزینه‌های سوخت و پشتیبان ارزیابی شده است. همانگونه که نیروگاه‌ها بزرگتر می‌شوند، هزینه‌های تعمیر و نگهداری پایین می‌آیند [38].

۸,۵,۲ هزینه‌های تولید

بر اساس گزارش ارائه شده توسط مؤسسه CSP Today مقدار معیار LCOE برای نیروگاه‌های CSP در بازه‌ای بین ۰/۱ تا ۰/۲ یورو بر هر کیلو وات ساعت در سال ۲۰۱۲ بوده است. بر اساس پیش‌بینی‌های این مؤسسه، این میزان در طی سال‌های آینده به شدت کاهش می‌یابد، به طوری که تا ۱۰ سال آینده حدود نصف قیمت خواهد شد. شکل ۱۶۳ به خوبی بیانگر این پیش‌بینی خواهد بود. این پیش‌بینی بر اساس سه روش خوش‌بینانه، بدبینانه و متعادل صورت گرفته است. [40]



شکل ۱۶۳ LCOE برای نیروگاه‌های CSP طی ۱۰ سال پیش رو [40]

همچنین در جدول ۱۸ پیش‌بینی تفکیک هزینه‌های راه‌اندازی نیروگاه‌های سهموی خطی و برج خورشیدی نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که هزینه‌های تعمیر و نگهداری، راه‌اندازی و مواد اولیه رو به کاهش می‌نهد در حالیکه از فناوری‌های جدیدتر استفاده می‌شود که نیاز به آب کمتری را هم خواهد داشت. همچنین مقدار LCOE پیش‌بینی شده هم کاهش می‌یابد و این امر رقابت‌پذیری این فناوری‌ها در بازار برق را افزایش خواهد داد.

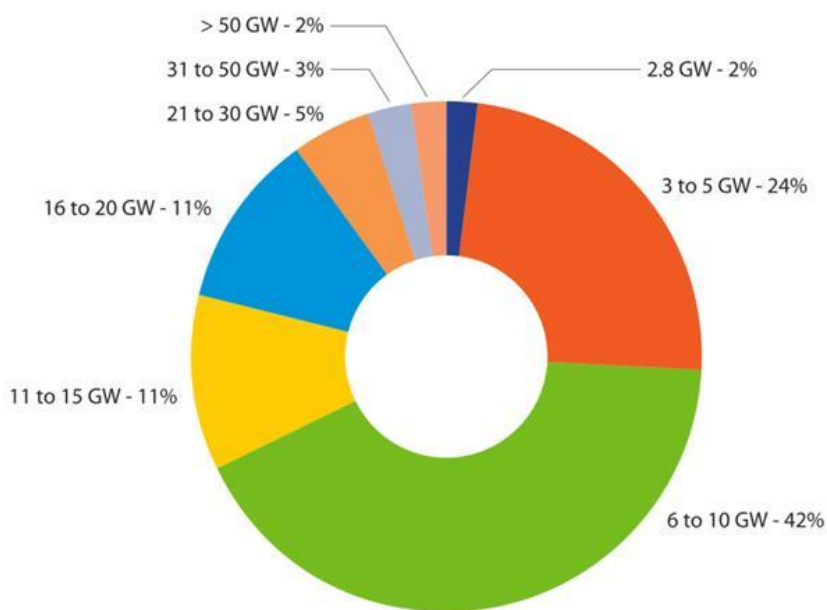
Case	2010 Trough	2015 Trough Roadmap	2015 Tower Roadmap	2020 Trough Roadmap	2020 Tower Roadmap	2020 SunShot Target
Design Assumptions						
Technology	Oil-HTF trough	Oil-HTF trough	Salt tower	Salt-HTF trough	Salt tower	Supercrit. CO ₂ combined cycle tower
Solar Multiple	1.3	2.0	1.8	2.8	2.8	2.7
TES (hours)	-	6	6	12	14	14
Plant Capacity (MW, net)	100	250	100	250	150	200
Power Cycle Gross Efficiency	0.377	0.356	0.416	0.397	0.470	0.550
Cooling Method	wet	dry	dry	dry	dry	dry
Cost Assumptions						
Site Preparation (\$/m ²)	20	20	20	20	20	10
Solar Field (\$/m ²)	295	245	165	190	120	75
Power Plant (\$/kW)	940	875	1,140	875	1,050	880
HTF Sys or Tower/Rcvr (\$/m ² or \$/kW _{th})	90	90	180	50	170	110
Thermal Storage (\$/kWh _{th})	-	80	30	25	20	15
Contingency	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Indirect (% of direct costs + contingency)	17.6%	17.6%	17.6%	17.6%	17.6%	13%
Interest during Construction (% of overnight installed cost)	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
O&M (\$/kW-yr)	70	60	65	50	50	40
Performance and Cost						
Capacity Factor	25.3%	42.2%	43.1%	59.1%	66.4%	66.6%
Total Overnight Installed Cost (\$/kW) ^a	4,250	7,420	5,600	6,160	6,070	3,560
Total Installed Cost (\$/kW) ^a	4,500	7,870	5,940	6,530	6,430	3,770
LCOE (cents/kWh, real) [SunShot financial assumptions]	20.4	19.4	14.4	11.6	9.8	6.0

Costs for trough and tower systems are based on analyses made in 2009 and 2010 dollars. No adjustments were made to these costs—net changes in labor and commodity prices for the period are assumed to be within the error of the analysis.

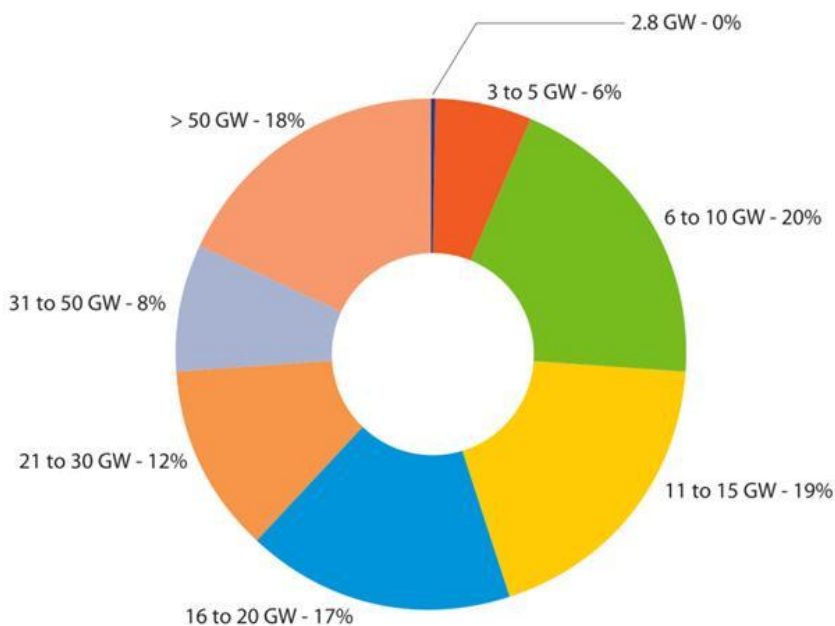
^a A project's "overnight installed cost" is the total direct and indirect costs that would be incurred if the project was built in an instant, that is, there are no additional costs for financing the construction period. A project's "total installed cost" is its overnight installed cost plus any financial costs incurred to cover payments made during the period between the start of construction and plant commissioning.

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در قیمت تمام شده برق تولیدی در نیروگاه‌های CSP، اندازه نیروگاه‌هاست. در شکل ۱۶۴ مشاهده می‌شود که در آینده نیروگاه‌های بزرگتری از CSP نصب خواهند شد که خود آن عامل باعث کاهش نرخ برق تولیدی این نیروگاه‌هاست.

Cumulative CSP Plant Capacity by 2018



Cumulative CSP Plant Capacity by 2023



شکل ۱۶۴ سهم نیروگاه‌های CSP نصب شده در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ بر اساس ظرفیت نیروگاه‌ها [40]

۹,۵,۲ پیشرفت‌های مورد انتظار در آینده

برای هریک از زیرشاخه‌های فناوری CSP میتوان نقاط عطفی را تعیین کرد که سرمایه‌گذاری و تمرکز تحقیقات در آن بخش‌ها بیشترین افزایش راندمان و کاهش هزینه را به دنبال داشته باشد. در جدول ۱۹ انواع فناوری‌های CSP به همراه نقاط عطف توسعه تحقیقات به تفکیک انواع زیر سیستم‌های فناوری‌ها ارائه شده است.

Subsystems	Concentrating system	Solar receiver	Storage and heat exchangers
Technology			
Parabolic troughs Data from AT Kearney and ESTELA (2010) except if specified	Mirror reflectivity (93% today) and new materials: 25% cost reduction by 2020 Size and accuracy: 7.5% cost reduction by 2012, 13% by 2020 Support structure: 12% by 2015, 33% by 2025	Thermal performance (mainly optical): +4% efficiency Glass-metal seal: 2-5% cost reduction Higher operating temperature: molten salt, 20% cost reduction (including effect on storage), +6% efficiency DSG: 5% cost reduction, +7% efficiency	Heat exchanger: 10% cost reduction Steam generator: 15% cost reduction New materials and design: reduction 16-18% of LEC (Pitz-Paal et al., 2005)
Linear Fresnel systems Data from AT Kearney and ESTELA (2010)	Mirrors and mirror assembly: 17% cost reduction Support structure: 10% cost reduction by 2015	Thermal performances (mainly optical) Higher operating temperatures: +17% efficiency (increase from 270 °C to 500 °C)	Storage development for direct steam generation
Towers (central receiver systems) Data from AT Kearney and ESTELA (2010) except if specified	Thin glass mirrors: 1-4% LEC reduction (Pitz-Paal, et al., 2005) Heliostat size optimisation: 7-16% cost reduction Field optimisation: cost reduction 10%, efficiency +3% Tracking system: cost reduction 40% Support structure design	Tower (multi-tower): 25% cost reduction, +5% efficiency Higher operating temperature: 40-60% efficiency increase	Thermocline tank (molten salt): 25-30% cost reduction, 1% LEC reduction (Pitz-Paal et al., 2005) Advanced storage (DSG): 5-7.5% LEC reduction (Pitz-Paal et al., 2005)
Parabolic dishes Data from Pitz-Paal et al (2005)	Concentrator: 43-47% LEC reduction	Receiver design for reducing losses and increasing lifetime: 39-40% LEC reduction	Engine Stirling engine: 41-45% LEC reduction Brayton cycle: 44-51% LEC reduction

جدول ۱۹: نقاط عطف فناوری‌های CSP برای تمرکز تحقیقات [40]

مراجع

- [1] E. Sjoberg, "Technology Analysis & Strategic Management," vol. 7, no. 1, 1995.
- [2] "Grupp, 1996".
- [۳] ب. م. آراستی, فناوری پیل سوختی و هیدروژن, اولویت ها و استراتژی‌های توسعه در کشور, علم و ادب, ۱۳۸۷.
- [4] C. Hammer, Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution, HarperCollins Publishers, 2003.
- [5] T. M. Khalil, Management of Technology, McGraw-Hill, 2000.
- [6] IEO, "Annual Energy Outlook 2013," U.S. Energy Information Administration, 2013.
- [7] IRENA, 2014. [Online]. Available: www.irena.org.
- [8] "سازمان انرژی‌های نو ایران", سانا, 2014. [Online].
- [9] "solargis.info," 2014. [Online].
- [10] AEO2014, "Annual Energy Outlook," 2014.
- [11] e. a. coby tao, "Natural Resource Limitations to Terawatt Solar Cell Deployment," vol. 33, no. 17, 2011.
- [12] M. Geyer, "Dish stirling activiies at Schlaich Bergermann und partner," NREL, 2007.
- [13] A. O. Amel Dhahri, "A Review of solar Chimney Power Generation

Technology," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 2, no. 3, 2013.

[14] A. D. & A. Omri, "A Review of solar Chimney Power Generation Technology ,International Journal of Engineering and Advanced Technology, Volume-2, Issue-3," 2013.

[15] A. G. T.W. von Backstrom, "Solar chimney turbine characteristics," *Solar Energy* 76, vol. 76, no. 235-241, 2004.

[16] C. M. S. L. M. C. A. S. M. F. M. M. Bravo Y, "Dish-Stirling technology for power generation. Environmental evaluation.," 2010.

[17] C. Roos, "Concentrating solar collectors," Washington State University, 2008.

[18] خزایی‌زاده, "برنامه ریزی برای آینده؛ پیش بینی یا آینده نگاری؟ 1384,"

[19] ملکی‌فر, نو اندیشی برای هزارهٔ نوین, مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی. 1386,

[20] "<http://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data>," [Online].

[21] i. International, "Distributed Generation System Characteristics and Costs in the Buildings Sector," U.S. Department of Energy, 2013.

[22] IRENA, "Solar Photovoltaics Technology Brief," IEA-ETSAP and IRENA, 2013.

[23] "Solar Photovoltaics Technology Brief, IEA-ETSAP and IRENA© Technology Brief E11 – January 2013".

[24] i. e. agency, "Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy," 2014.

- [25] T. Markvart, "Fundamentals and Applications," 2003.
- [26] "Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems," Report IEA-PVPS , 2011.
- [27] "GTM Research Cost and LCOE by Generation Technology, 2009-2020 November 2011".
- [28] "International Technology Roadmap for Photovoltaic," (ITRPV), 2013.
- [29] B. Prior, "GTM Research Cost and LCOE by Generation Technology," GTM Research, 2011.
- [30] S. M. B. Michael Dale, "Energy Balance of the Global Photovoltaic (PV) Industry - Is the PV Industry a Net Electricity Producer?," Stanford University, 2013.
- [31] "The Lux Research report "Market Size Update 2011: Putting the Rest of the World on the Map of Global Solar Demand"," 2011.
- [32] "<http://www.solarbuzz.com/news/recent-findings/multicrystalline-silicon-modules-dominate-solar-pv-industry>," 2014. [Online].
- [33] V. M. Fthenakis, "Life cycle impact analysis of cadmium in CdTe," Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2004.
- [34] "www.fraunhofer.de/en.html," [Online].
- [35] Kurtz sarah, "Opportunities and Challenges for Development of a Mature Concentrating Photovoltaic Power Industry," nrel, 2012.

- [36] iea, "Technology Roadmap of CSP," International Energy Agency, 2014.
- [37] REN21, "Renewables Global Status Report," REN21, 2014.
- [38] "CSP Today Market Report," 2014. [Online].
- [39] easac, Concentrating solar power: its potential contribution to a sustainable energy future, European Academies Science Advisory Council, 2012.
- [40] IRENA, Concentrating Solar Power, IRENA, 2012.
- [41] E. & Y. a. Fraunhofer, "Breakdown of the investment cost of a 50MW a parabolic trough power plan," *IRENA 2012*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [42] SunShot, "SunShot Vision Study," U.S Department of energy, 2012.
- [43] 1391, وزارت نیرو, 1391 ترازنامه انرژی سال, انرژی ترازنامه [43].
- [44] "سند راهبرد ملی توسعه صنعت برق بادی ایران، گزارش شناخت ساختار بخش باد، سازمان انرژی‌های نو ایران" [44].
- [45] E. S. O. A. G. V. C. Sebastián Mendoza, "MODELING GENERATION SYSTEMS FROM USING SOLAR STIRLING ENGINES PARABOLIC DISHES (SOLAR / DISH)," *WREF*, 2012.
- [46] S. P. D. M. K. Max We, "Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?," university of california berkeley, 2010.
- [47] "آمار تفصیلی صنعت برق ایران،" ۱۳۹۲.
- [48] "شرکت سهامی مدیریت تولید و توزیع برق ایران" [Online]. Available:

<http://www.Tavanir.org.ir>.

[49] "Center for Environment and Energy Resarch & Studio," [Online]. Available: <http://www.Ceers.org>.

[50] "دانشگاه صنعتی شریف," [Online]. Available: <http://www.Sharif.ir>.

[51] "سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران," [Online]. Available: <http://www.Irost.org>.

[52] "دانشگاه علم و صنعت ایران," [Online]. Available: <http://www.Iust.ac.ir>.

[53] "مجمع تشخیص مصلحت نظام," [Online]. Available: <http://www.Maslahat.ir>.

[54] "پژوهشگاه مواد و انرژی," [Online]. Available: <http://www.Merc.ac.ir>.

[55] "دانشگاه تهران," [Online]. Available: <http://www.Ut.ac.ir>.

[56] "وزارت علوم تحقیقات و فناوری," [Online]. Available: <http://www.Msrt.ir>.

[57] "مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه ریزی انرژی," [Online]. Available:

<http://www.Riemp.ut.ac.ir>.

[58] "پژوهشگاه علم و فناوری و اطلاعات ایران," [Online]. Available: <http://www.Irandoc.ac.ir>.

[59] "Natural Resources institute," [Online]. Available: <http://www.Nri.ir>.

[60] "دانشگاه شهید عباس پور تهران," [Online]. Available: <http://www.Pwut.ac.ir>.

[61] "U.S. Energy Information Administration (EIA)," [Online]. Available: <http://www.Eia.iis.org>.



فهرست مطالب

۱.	مطالعه تطبیقی کشور ایالات متحده آمریکا (بررسی روند توسعه فناوریهای فتوولتائیک (PV) و انرژی خورشیدی متمرکز (CSP))	۱
۱	مقدمه:	۱
۲	تاریخچه مصرف سوخت در ایالات متحده:	۲
۴	سیاستگذاری انرژی های تجدید پذیر در ایالات متحده آمریکا:	۴
۶	۱,۱ فناوری فتوولتائیک (PV) در آمریکا:	۶
۸	۱,۱,۱ تاریخچه فناوری فتوولتائیک	۸
۹	۱,۱,۱,۱ کریستال سیلیکون	۹
۱۰	۲,۱,۱,۱ سیلیکون آمورف	۱۰
۱۰	۳,۱,۱,۱ CIGS	۱۰
۱۰	۴,۱,۱,۱ CdTe	۱۰
۱۰	۲,۱,۱ نحوه ورود افراد، شرکتها و سیاستهای تأثیرگذار در آمریکا	۱۰
۲۱	۳,۱,۱ نهادهای مربوطه	۲۱
۲۳	۴,۱,۱ هزینهها	۲۳
۳۱	۵,۱,۱ اشتغال زایی	۳۱
۳۴	۶,۱,۱ شرکتها	۳۴
۳۵	۱,۶,۱,۱ شرکت Solar World	۳۵
۳۵	۲,۶,۱,۱ شرکت First Solar	۳۵
۳۶	۳,۶,۱,۱ شرکت Suniva	۳۶
۳۶	۴,۶,۱,۱ شرکت EverGreen	۳۶
۳۶	۷,۱,۱ فتوولتائیک در مقیاس نیروگاهی	۳۶

۳۷	.....:Desert Sunlight Solar Farm ۱,۷,۱,۱
۳۷	.....:Topaz Solar Farm ۲,۷,۱,۱
۳۷	.....:California Valley Solar Ranch ۳,۷,۱,۱
۳۸	.....:Agua Caliente Solar Project ۴,۷,۱,۱
۳۸	.....:Antelope Valley Solar Ranch ۵,۷,۱,۱
۳۸	.....:Mesquite Solar project ۶,۷,۱,۱
۳۹	.....:Copper Mountain Solar Facility ۷,۷,۱,۱
۳۹	.....:Campo Verde Solar Project ۸,۷,۱,۱
۳۹	.....:Imperial Solar Energy Center South ۹,۷,۱,۱
۳۹	.....: فناوری مورد استفاده در نیروگاهها: ۱۰,۷,۱,۱
۴۲	..... مکانیزم های توسعه فناوری و چشم اندازهای توسعه فناوری ۸,۱,۱
۵۹	.....: فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) در آمریکا: ۲,۱
۵۹	.....: تجاری شدن CSP در جهان: ۱,۲,۱
۶۳	.....: بررسی فناوری CSP در ایالات متحده: ۲,۲,۱
۶۳	.....: کلکتور سهموی خطی (PTC) ۱,۲,۲,۱
۷۰	..... الف. نیروگاههای در دست احداث یا احداث شده با فناوری PTC در ایالات متحده آمریکا [46]
۷۲	..... ب. بررسی توسعه دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاههای PTC در ایالات متحده آمریکا:
۷۲	..... ب.۱. نیروگاههای SEGS1-9:
۷۴	..... ب.۲. نیروگاه Solana:
۷۴	..... ب.۳. نیروگاه Mojave:
۷۴	..... ب.۴. نیروگاه Gensis:
۷۵	..... ب.۵. نیروگاه Martin:
۷۵	..... ب.۶. نیروگاه Nevada Solar One:

- ب.۷ نیروگاه Stillwater: ۷۵
- ب.۸ نیروگاه Keahole: ۷۶
- ب.۹ نیروگاه Colorado: ۷۶
- ب.۱۰ نیروگاه Saguaro: ۷۶
- ۲,۲,۲,۱ نیروگاه برج خورشیدی (TSP) ۷۷
- الف. نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری TSP در ایالات متحده آمریکا [80]: ۷۹
- ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های TSP در ایالات متحده آمریکا: ۸۰
- ب.۱ نیروگاه BrightSource PG&E(5,6,7): ۸۰
- ب.۲ نیروگاه Palen: ۸۰
- ب.۳ نیروگاه BrightSource Coyote Springs: ۸۱
- ب.۴ نیروگاه Ivanpah: ۸۱
- ب.۵ نیروگاه Rice: ۸۱
- ب.۶ نیروگاه Crescent Dunes: ۸۱
- ب.۷ نیروگاه Sierra SunTower: ۸۲
- ۳,۲,۲,۱ فناوری کلکتور خطی فرنل (LFC) ۸۲
- الف. نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری LFC در ایالات متحده آمریکا [80]: ۸۴
- ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های LFC در ایالات متحده آمریکا: ۸۴
- ب.۱ نیروگاه Kimberlina: ۸۴
- ب.۲ نیروگاه Sundt Power: ۸۴
- ۴,۲,۲,۱ فناوری دیش استرلینگ (SDC) ۸۵
- الف (نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری SDC در ایالات متحده آمریکا [80]: ۸۵
- ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های SDC در ایالات متحده آمریکا: ۸۶
- ب.۱ نیروگاه Tooele: ۸۶

- ب.۲ نیروگاه Maricopa: ۸۶
- ۳,۲,۱ نتیجه گیری: ۸۶
۲. مطالعه تطبیقی کشور اسپانیا (بررسی روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP)) ۸۸
- مقدمه: ۸۸
- برنامه‌های حمایتی دولت ۸۹
- ۱,۲ فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) در اسپانیا: ۹۱
- ۱,۱,۲ میزان تابش در اسپانیا: ۹۱
- ۲,۱,۲ سیر تاریخی تکامل ظرفیت نصب شده در اسپانیا: ۹۳
- ۳,۱,۲ فاکتور ظرفیت انرژی خورشیدی: ۹۴
- ۴,۱,۲ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در اسپانیا: ۹۵
- ۵,۱,۲ بررسی توسعه دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه های PTC در اسپانیا: ۹۹
- ۱,۵,۱,۲ Solaben نیروگاه: ۹۹
- ۲,۵,۱,۲ Solnova نیروگاه: ۹۹
- ۳,۵,۱,۲ Andasol نیروگاه: ۱۰۰
- ۴,۵,۱,۲ Extresol نیروگاه: ۱۰۰
- ۵,۵,۱,۲ Palma نیروگاه: ۱۰۱
- ۶,۵,۱,۲ Manchasol نیروگاه: ۱۰۱
- ۷,۵,۱,۲ Valle نیروگاه: ۱۰۱
- ۸,۵,۱,۲ Helioenergy نیروگاه: ۱۰۱
- ۹,۵,۱,۲ Aste نیروگاه: ۱۰۲
- ۱۰,۵,۱,۲ Solacor نیروگاه: ۱۰۲
- ۱۱,۵,۱,۲ Helios نیروگاه: ۱۰۲
- ۱۲,۵,۱,۲ Termosol نیروگاه: ۱۰۳

- ۱۰۳.....:El Reboso نیروگاه ۱۳,۵,۱,۲
- ۱۰۴.....:Ibersol Ciudad Real (Puertollano) نیروگاه ۱۴,۵,۱,۲
- ۱۰۴.....:La Risca نیروگاه ۱۵,۵,۱,۲
- ۱۰۴.....:La Florida نیروگاه ۱۶,۵,۱,۲
- ۱۰۵.....:Majadas نیروگاه ۱۷,۵,۱,۲
- ۱۰۵.....:La Dehesa نیروگاه ۱۸,۵,۱,۲
- ۱۰۵.....:Lebrija-1 نیروگاه ۱۹,۵,۱,۲
- ۱۰۶.....:Astexol 2 نیروگاه ۲۰,۵,۱,۲
- ۱۰۶.....:Moron نیروگاه ۲۱,۵,۱,۲
- ۱۰۶.....:La Africana نیروگاه ۲۲,۵,۱,۲
- ۱۰۷.....:Guzman نیروگاه ۲۳,۵,۱,۲
- ۱۰۷.....:Olivenza 1 نیروگاه ۲۴,۵,۱,۲
- ۱۰۷.....:Orellana نیروگاه ۲۵,۵,۱,۲
- ۱۰۸.....:Enerstar نیروگاه ۲۶,۵,۱,۲
- ۱۰۸.....:Arenales نیروگاه ۲۷,۵,۱,۲
- ۱۰۸.....:Casablanca نیروگاه ۲۸,۵,۱,۲
- ۱۰۸.....:Borges Termosolar نیروگاه ۲۹,۵,۱,۲
- ۱۰۹.....:۶,۱,۲ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی TSP در اسپانیا:
- ۱۰۹.....:۷,۱,۲ بررسی توسعه دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های TSP در اسپانیا:
- ۱۰۹.....:Planta Solar 20 (PS20) نیروگاه ۱,۷,۱,۲
- ۱۱۰.....:Gemasolar نیروگاه ۲,۷,۱,۲
- ۱۱۰.....:Planta Solar 10 (PS10) نیروگاه ۳,۷,۱,۲
- ۱۱۰.....:۸,۱,۲ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی LFC در اسپانیا:

- ۹,۱,۲ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاههای LFC در اسپانیا: ۱۱۱.....
- ۱,۹,۱,۲ نیروگاه Puerto Errado: ۱۱۱.....
- ۱۰,۱,۲ نیروگاههای در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی SDC در اسپانیا: ۱۱۱.....
- ۱۱,۱,۲ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاههای SDC در اسپانیا: ۱۱۲.....
- ۱,۱۱,۱,۲ نیروگاه Renovalia: ۱۱۲.....
- ۱۲,۱,۲ نتیجه‌گیری: ۱۱۲.....
۳. مطالعه تطبیقی کشور امارات متحده عربی (UAE) (بررسی روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP)) ۱۱۲.....
- مقدمه: ۱۱۲.....
- ۱,۳ خلاصه ای از سیاست گذاری انرژی تجدیدپذیر در کشورهای مطرح: ۱۱۵.....
- ۲,۳ سیاستگذاری انرژی تجدیدپذیر در ابوظبی: ۱۱۵.....
- ۱,۲,۳ هزینههای برق: ۱۱۵.....
- ۲,۲,۳ توسعه انرژی های تجدیدپذیر در ابوظبی: ۱۱۶.....
- ۳,۲,۳ محدودیتهای موجود برای توسعه RE: ۱۱۶.....
- ۴,۲,۳ به سوی یک سیاست RE جامع برای ابوظبی: ۱۱۷.....
- ۵,۲,۳ فاکتورهایی که سیاستگذاری RE را در ابوظبی تحت تأثیر قرار می دهند ۱۲۰.....
- ۶,۲,۳ نیروگاههای در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در امارات متحده عربی: ۱۲۲.....
- ۷,۲,۳ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه PTC در امارات متحده عربی: ۱۲۲.....
- ۱,۷,۲,۳ نیروگاه شمس یک: ۱۲۲.....
- ۸,۲,۳ نتیجه گیری: ۱۲۲.....
۴. مطالعه تطبیقی کشور هند (بررسی روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP)) ۱۲۳.....
- مقدمه: ۱۲۳.....
- ۱,۴ پتانسیل خورشیدی در هند: ۱۲۴.....

- ۱۲۶ ۲,۴ برنامه ملی ۵ ساله (FYP):
- ۱۲۶ ۱,۲,۴ اولین FYP (۱۹۵۵-۱۹۵۰) و دومین FYP (۱۹۶۰-۱۹۵۶):
- ۱۲۷ ۲,۲,۴ سومین FYP (۱۹۶۶-۱۹۶۱):
- ۱۲۷ ۳,۲,۴ چهارمین FYP (۱۹۷۴-۱۹۶۹) و پنجمین FYP (۱۹۷۹-۱۹۷۴):
- ۱۲۷ ۴,۲,۴ ششمین FYP (۱۹۸۵-۱۹۸۰):
- ۱۲۸ ۵,۲,۴ هفتمین FYP (۱۹۹۰-۱۹۸۵):
- ۱۲۹ ۶,۲,۴ هشتمین FYP (۱۹۹۷-۱۹۹۲):
- ۱۲۹ ۷,۲,۴ نهمین FYP (۲۰۰۲-۱۹۹۷):
- ۱۳۰ ۱,۷,۲,۴ طرح اقدام ویژه (SAP):
- ۱۳۰ ۸,۲,۴ دهمین FYP (۲۰۰۷-۲۰۰۲):
- ۱۳۲ ۹,۲,۴ یازدهمین FYP (۲۰۱۲-۲۰۰۷):
- ۱۳۳ ۱۰,۲,۴ دوازدهمین FYP (۲۰۱۷-۲۰۱۲):
- ۱۳۳ ۳,۴ طرح دولت برای ترویج انرژی خورشیدی:
- ۱۳۴ ۴,۴ مسائل مربوط به رشد انرژی خورشیدی:
- ۱۳۵ ۱,۴,۴ موانع فنی:
- ۱۳۹ ۴,۴,۴ چالشهای نهادی
- ۱۴۰ ۵,۴,۴ نیروگاههای در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در هند
- ۱۴۰ ۶,۴,۴ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاههای PTC در هند:
- ۱۴۰ ۱,۶,۴,۴ نیروگاه Diwakar [257] :
- ۱۴۱ ۲,۶,۴,۴ نیروگاه KVK Energy Solar Project [260]:
- ۱۴۱ ۳,۶,۴,۴ نیروگاه Megha Solar Plant [262]:
- ۱۴۱ ۴,۶,۴,۴ نیروگاه Godawari Green Energy Limited
- ۱۴۱ ۵,۶,۴,۴ نیروگاه Abhijeet Solar Project

- ۱۴۲ [269] Gujarat Solar One ۶,۴,۴,۴ نیروگاه
- ۱۴۲ [279] National Solar Thermal Power Facility ۷,۶,۴,۴ نیروگاه
- ۱۴۲ ACME Solar Tower ۸,۶,۴,۴ نیروگاه
- ۱۴۳ ۵. مطالعه تطبیقی کشور آلمان (بررسی روند توسعه فناوری فتوولتائیک (PV))
- ۱۴۳ ۱,۵ مقدمه
- ۱۴۵ ۲,۵ اقتصاد آلمان
- ۱۴۸ ۳,۵ نظام انرژی در آلمان
- ۱۴۹ ۴,۵ نظام انرژی تجدیدپذیر در آلمان
- ۱۴۹ ۱,۴,۵ تاریخچه انرژی تجدیدپذیر در آلمان
- ۱۵۲ ۲,۴,۵ بازیگران اصلی
- ۱۵۲ ۱,۲,۴,۵ وزارت محیط‌زیست، محافظت از طبیعت و امنیت هسته‌ای (BMUB)
- ۱۵۳ ۲,۲,۴,۵ وزارت اقتصاد و تکنولوژی (BMWV)
- ۱۵۳ ۳,۲,۴,۵ وزارت تغذیه، کشاورزی و حمایت از حقوق مصرف‌کننده (BMELV)
- ۱۵۵ ۳,۴,۵ سیاستها و قوانین مربوط به بهره‌برداری و گسترش انرژیهای تجدیدپذیر
- ۱۵۶ ۱,۳,۴,۵ سیاستهای اجرایی
- ۱۶۰ [298] (EEG) : قانون منابع انرژی تجدیدپذیر
- ۱۶۳ ۴,۴,۵ چشم انداز و برنامه اجرایی برای سال ۲۰۲۰
- ۱۶۸ ۶. مطالعه تطبیقی کشور ترکیه (بررسی روند توسعه فناوری فتوولتائیک (PV))
- ۱۶۸ مقدمه:
- ۱۶۸ ۱,۶ معرفی کشور ترکیه
- ۱۶۹ ۲,۶ نگاهی اجمالی به بخش انرژی در ترکیه
- ۱۷۰ ۱,۲,۶ پراکندگی کلی منابع انرژی
- ۱۷۱ ۲,۲,۶ تولیدات و نیازمندیها

۱۷۱	..... تقاضا ۳,۲,۶
۱۷۳	..... بهینه سازی انرژی ۴,۲,۶
۱۷۵	..... بخش های تاثیر گذاردر بخش انرژی ۳,۶
۱۷۵	..... وزارت انرژی و منابع طبیعی : ۱,۳,۶
۱۷۵	..... اداره کل امور انرژی ۲,۳,۶
۱۷۵	..... اداره کل امور نفت ۳,۳,۶
۱۷۵	..... اداره بررسی و توسعه منابع برق و قدرت ۴,۳,۶
۱۷۶	..... سازمان تنظیم مقررات بازار انرژی ۵,۳,۶
۱۷۶	..... سازمان رقابت ۶,۳,۶
۱۷۶	..... سازمان برنامه ریزی دولت ۷,۳,۶
۱۷۶	..... سازمان انرژی اتمی ترکیه ۸,۳,۶
۱۷۷	..... قوانین حوزه‌ی انرژی در ترکیه ۴,۶
۱۸۰	..... چارچوب قانونی و طراحی بازار ۱,۴,۶
۱۸۱	..... مراحل لازم برای دریافت مجوز: [306] ۲,۴,۶
۱۸۲	..... اطلاعات آماری [307] ۳,۴,۶
۱۸۳	..... تعریف نیروگاه‌های استفاده‌کننده از منابع تجدیدپذیر در قانون ۴,۴,۶
۱۸۳	..... نگاهی اجمالی بر مکانیزم حمایتی از انرژی‌های نو [307] ۵,۴,۶
۱۸۴	..... نقشه استراتژیک ۲۰۱۰-۲۰۱۴ [308] ۶,۴,۶
۱۸۶	..... انرژی‌های تجدید پذیر ۵,۶
۱۸۶	..... انرژی خورشیدی ۱,۵,۶
۱۸۷	..... پتانسیل متمرکزکننده‌های خورشیدی در ترکیه [302] ۲,۵,۶
۱۸۸	..... بررسی کاربری زمین و پوشش گیاهی ۳,۵,۶
۱۸۸	..... سایر عوامل ۴,۵,۶

- ۵,۵,۶ آینده‌ی انرژی خورشیدی در ترکیه و مسیر راه: ۱۸۹
- ۶,۶ بازیگران اصلی ۱۹۰
- ۱,۶,۶ سازمان بررسی و توسعه منابع برق ۱۹۰
- ۷,۶ فتولتائیک در ترکیه: ۱۹۰
- ۸,۶ فعالیتهای صورت گرفته در زمینه انرژی خورشیدی در ترکیه: ۱۹۲
- ۹,۶ وضعیت توسعه و تحقیق بر روی سلولهای فتولتائیک در ترکیه ۱۹۴
- ۱۰,۶ استراتژی آینده ترکیه ۱۹۴
- منابع ذکر شده ۱۹۶

فهرست جداول

- جدول ۱: شرکتهای بزرگ نفتی آمریکا که در زمینه انرژی خورشیدی سرمایه‌گذاری کردند ۱۹۷۰-۱۹۸۰..... ۱۴
- جدول ۲: تولید الکتریسیته توسط منبع انرژی در کشورهای انتخاب شده در زمانهای معیار ۲۰۰۹-۱۹۷۵ (هزاران GW و درصد سهم)..... ۱۹
- جدول ۳: ظرفیتهای سالانه نصب شده فتوولتائیک در کشورهای منتخب و جهان، ۲۰۰۹-۱۹۹۸..... ۱۹
- جدول ۴: تولید سالانه فتوولتائیک آمریکا..... ۲۰
- جدول ۵: تولید سالانه فتوولتائیک بر اساس کشور، ۲۰۰۹-۱۹۹۵..... ۲۰
- جدول ۶: ردهبندی تولیدکنندگان و سهم بازار جهانی در تاریخهای معیار: ۲۰۱۱-۱۹۸۸..... ۲۱
- جدول ۷: نمونه داده بر اساس سال نصب و بخش بازار..... ۲۵
- جدول ۸: تولیدکنندگان آمریکایی بر اساس بهترین بزرگی سطح، بازدهی و توان مدولهای لایه نازک (شرایط استاندارد)..... ۵۱
- جدول ۹: سوالات مطالعاتی و ارزیابی روشهای استفاده شده برای از بین بردن موانع موجود در راه توسعه فناوری فتوولتائیک..... ۵۲
- جدول ۱۰: تجزیه و تحلیل کارگاهی نقشه راه از یک مانع فنی پیش روی فرآیندهای تولید..... ۵۳
- جدول ۱۱: موانع فنی موجود برای توسعه برق خورشیدی..... ۵۴
- جدول ۱۲: اجماع کارگاه نقشه راه در استراتژیهای خاص که صنعت باید برای غلبه بر موانع بازار دنبال کند..... ۵۴
- جدول ۱۳: موانع موجود در بازار برای توسعه برق خورشیدی..... ۵۵
- جدول ۱۴: موانع سازمانی موجود برای توسعه برق خورشیدی..... ۵۵
- جدول ۱۵: فعالیت ها/ نقشهای صنعت خورشیدی الکتریکی و دولت (۳۱)..... ۵۸
- جدول ۱۶: مشخصه‌های فناوری CSP..... ۶۳
- جدول ۱۷: سیالات مورد استفاده در نیروگاههای CSP (۳۷)..... ۶۸
- جدول ۱۸: نیروگاههای دارای فناوری PTC در ایالات متحده آمریکا..... ۷۱
- جدول ۱۹: نیروگاههای دارای فناوری TSP در ایالات متحده آمریکا..... ۸۰

- جدول ۲۰: نیروگاه‌های دارای فناوری LFC در ایالات متحده آمریکا ۸۴
- جدول ۲۱: نیروگاه‌های دارای فناوری SDC در ایالات متحده آمریکا ۸۶
- جدول ۲۲: میزان یارانه FIT و FIP تعیین شده برای نیروگاه خورشیدی ۹۰
- جدول ۲۳: نیروگاه‌های دارای فناوری PTC در اسپانیا ۹۹
- جدول ۲۴: نیروگاه‌های دارای فناوری TSP در اسپانیا ۱۰۹
- جدول ۲۵: نیروگاه‌های دارای فناوری LFC در اسپانیا ۱۱۰
- جدول ۲۶: نیروگاه‌های دارای فناوری SDC در اسپانیا ۱۱۱
- جدول ۲۷: جدول مقایسه انواع سیاست‌گذاریهی انرژی تجدیدپذیر بین چند کشور مطرح در این زمینه (۲۲۲) ۱۱۵
- جدول ۲۸: محدودیت‌های مربوط به زیرساختها و مؤسسات در توسعه RE در ابوظبی ۱۱۷
- جدول ۲۹: پتانسیلهای سیاستگذاری RE در ابوظبی ۱۱۹
- جدول ۳۰: مقایسه سرانه تعرفه‌های برق و درآمد ناخالص ملی بین امارات متحده عربی و برخی کشورهای توسعه یافته (۲۲۶) ۱۲۱
- جدول ۳۱: نیروگاه دارای فناوری PTC در امارات متحده عربی ۱۲۲
- جدول ۳۲: پتانسیل فنی جهانی برای منابع تجدیدپذیر (۲۳۴) ۱۲۴
- جدول ۳۳: مقایسه Res هند با کشورهای پیشگام و وضعیت ایالت‌های پیشگام دولت هند (۲۳۴) ۱۲۶
- جدول ۳۴: دستاوردها در دهمین برنامه پنج ساله (۲۳۴) ۱۳۱
- جدول ۳۵: پتانسیل و دستاوردها در ۳۱ مارس ۲۰۰۷ (۲۳۴) ۱۳۲
- جدول ۳۶: ظرفیت نصب شده تا ۳۱ مارس ۲۰۱۲ (۲۳۴) ۱۳۳
- جدول ۳۷: موانع فنی وارد به انرژی خورشیدی ۱۳۵
- جدول ۳۸: سیاست تدوین شده و موانع قانونی برای استفاده از انرژی خورشیدی ۱۳۶
- جدول ۳۹: چالش‌های مهم اجتماعی و اقتصادی در توسعه انرژی خورشیدی ۱۳۸

- جدول ۴۰: عوامل مربوط به چالشهای نهادی، نگرانی مربوط به توسعه منابع انسانی، انتشار اطلاعات و سطح وجود تحقیق و توسعه ۱۴۰
- جدول ۴۱: نیروگاههای با تکنولوژی PTC در هند ۱۴۰
- جدول ۴۲: نیروگاه با تکنولوژی TSP در هند ۱۴۲
- جدول ۴۳: نیروگاههای با تکنولوژی LFC در هند ۱۴۳
- جدول ۴۴: ظرفیت نصب شده در سالهای برنامه ۱۰ ساله آلمان (۲۸۹) ۱۵۶
- جدول ۴۵: میزان قیمت کارفرمایی (management price) برای منابع متفاوت (۲۹۷) ۱۵۷
- جدول ۴۶: جدول یارانه انرژی خورشیدی بر اساس EEG ۱۶۲
- جدول ۴۷: FIT برای انرژی خورشیدی در سال ۲۰۱۲ (۲۹۸) ۱۶۳
- جدول ۴۸: GFCE برای هر سناریو از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ (۲۸۹) ۱۶۵
- جدول ۴۹: نسبت سهم توسعه بخش های مختلف انرژی از انرژی تجدیدپذیر (۲۸۹) ۱۶۵
- جدول ۵۰: سهم توسعه بخشهای مختلف انرژی از انرژی تجدیدپذیر (۲۸۹) ۱۶۶
- جدول ۵۱: روند تغییرات GDP، PCE و FCE برای دو سناریو (۲۹۱) ۱۶۶
- جدول ۵۲: مصرف ناخالص نهایی انرژی (۳۰۱) ۱۶۷
- جدول ۵۳: ظرفیت نیروگاههای نصب شده در ترکیه ۱۸۲
- جدول ۵۴: پتانسیل منابع مختلف در ترکیه ۱۸۳
- جدول ۵۵: مباحث تکنیکی و اقتصادی راهاندازی نیروگاههای خورشیدی استفادهکننده از متمرکزکنندههای خورشیدی ۱۸۷

فهرست تصاویر

- شکل ۱: مصرف انرژی ایالات متحده در هر بخش در سال ۲۰۱۲ ۳
- شکل ۲: مصرف انرژی ایالات متحده از منابع در سال ۲۰۱۲ ۴
- شکل ۳: میزان تابش متوسط در ایالت‌های مختلف آمریکا ۷
- شکل ۴: روند رو به کاهش هزینه فتوولتائیک در ایالات متحده آمریکا ۲۴
- شکل ۵: قیمت نصب سیستم‌های PV مسکونی و تجاری در طول زمان ۲۵
- شکل ۶: نمونه داده مقایسه شده با ظرفیت PV کلی متصل به شبکه ایالات متحده ۲۶
- شکل ۷: هزینه نصب، قیمت شاخص ماژول، و هزینه‌های ضمنی غیرماژول در طول زمان برای سیستم‌های PV کمتر از ۱۰ کیلووات مسکونی و تجاری ۲۶
- شکل ۸: مشوق‌های دولتی برای سیستم‌های PV تجاری و مسکونی ۲۷
- شکل ۹: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV کمتر از ۱۰ کیلووات مسکونی و تجاری ۲۷
- شکل ۱۰: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلووات مسکونی و تجاری ۲۸
- شکل ۱۱: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV بیش از ۱۰۰ کیلووات مسکونی و تجاری ۲۸
- شکل ۱۲: توسعه صنعت PV ایالات متحده از سال ۱۹۷۴ تا سال ۲۰۰۸ ۲۹
- شکل ۱۳: ظرفیت تجمعی PV نصب شده در ایالات متحده توسط اتصال داخلی ۳۰
- شکل ۱۴: سرمایه‌گذاری DOE در سیستم‌های انرژی PV (در سال ۲۰۰۸، تورم دلار را تعدیل کرد) ۳۰
- شکل ۱۵: عمده طرح‌های زیربرنامه خورشیدی فتوولتائیک DOE ۳۱
- شکل ۱۶: مشاغل صنایع خورشیدی ۳۲
- شکل ۱۷: میزان اشتغالزایی در بخش‌های مختلف صنعت خورشیدی ۳۳
- شکل ۱۸: فرصت‌های شغلی مستقیم و غیرمستقیم تا سال ۲۰۲۰ ۳۳
- شکل ۱۹: سهم بازار هر کدام از شرکتها در بخش خورشیدی ۳۴
- شکل ۲۰: میزان تغییرات سهم بازار هر کدام از شرکت‌های خورشیدی ۳۵
- شکل ۲۱: درصد فناوری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های فتوولتائیک تا سال ۲۰۱۲ ۴۰
- شکل ۲۲: درصد فناوری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های فتوولتائیک در حال ساخت ۴۱
- شکل ۲۳: نمودار گردشی تولید تا مصرف [31] ۴۳
- شکل ۲۴: تکامل بازده سلول‌های خورشیدی تحقیقاتی ۵۱

- شکل ۲۵: ظرفیت جهانی CSP از سال ۱۹۸۴ بر حسب مگاوات [33] [36] ۶۰
- شکل ۲۶: ظرفیت جهانی CSP بر حسب مگاوات در سال ۲۰۱۳ [33] ۶۰
- شکل ۲۷: اولین دوره از توسعه CSP، عصر نیروگاه‌های آزمایشی گوناگون و اعتبارسنجی نیروگاه‌های صنعتی خورشیدی [37] ۶۱
- شکل ۲۸: دوره دوم توسعه CSP، عصر دستاوردهای صنعتی و پیشرفت فناوری [37] ۶۲
- شکل ۲۹: طرح کلی فناوری PTC ۶۳
- شکل ۳۰: پتانسیل CSP در آمریکا [42] ۶۵
- شکل ۳۱: طرح کلی فناوری TSP ۷۷
- شکل ۳۲: طرح کلی فناوری LFC ۸۲
- شکل ۳۳: طرح کلی فناوری SDC ۸۵
- شکل ۳۴: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، بر اساس فناوری [39] ۸۷
- شکل ۳۵: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، بر اساس فناوری و کشور [39] ۸۷
- شکل ۳۶: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، کشور [39] ۸۸
- شکل ۳۷: نگاه کلی به اهداف کلی و اقدامات انرژی تجدیدپذیر در اروپا ۸۹
- شکل ۳۸: تابش افقی جهانی در اسپانیا [103] ۹۱
- شکل ۳۹: سهم هر بخش در انرژی در سال ۲۰۱۳ در اسپانیا ۹۳
- شکل ۴۰: ظرفیت کلی نصب شده در اسپانیا در طی ۲۳ سال ۹۳
- شکل ۴۱: تکامل ظرفیتهای نصب شده برای باد، خورشید، سوخت و گاز در اسپانیا [109] ۹۴
- شکل ۴۲: فاکتور ظرفیت برای انرژی خورشیدی در اسپانیا [105] ۹۵
- شکل ۴۳: تابش سالانه خورشید در امارات متحده عربی در سال ۲۰۱۰ [214] ۱۱۴
- شکل ۴۴: مقایسه تعرفه‌های برق امارات متحده عربی و برخی کشورهای توسعه یافته [220] ۱۲۱
- شکل ۴۵: نقشه تابش خورشیدی هند ۱۲۵
- شکل ۴۶: تصویر کلی برای مقررات و سیاستهای مختلف توسط دولت‌های مرکزی و ایالتی [227] ۱۳۴
- شکل ۴۷: تقسیم جمعیت آلمان براساس ایالت [279] ۱۴۵
- شکل ۴۸: سبد منابع انرژی آلمان [282] ۱۴۷
- شکل ۴۹: سهم انرژیهای تجدیدپذیر در آلمان ۱۵۰
- شکل ۵۰: سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۰۵ [282] ۱۵۱

- شکل ۵۱: پیشبینی سهم انواع انرژیهای تجدیدپذیر در سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۲۰ [282] ۱۵۲
- شکل ۵۲: نرخ افزایش قیمت قبوض برق بخش خانگی [293] ۱۶۱
- شکل ۵۳: طرح انتقال سوخت از طریق ترکیه [303] ۱۷۰
- شکل ۵۴: منابع اصلی انرژی ترکیه [303] ۱۷۲
- شکل ۵۵: میزان افزایش استفاده منابع اصلی انرژی [303] ۱۷۲
- شکل ۵۶: سهم هر بخش از انرژی گاز [303] ۱۷۳
- شکل ۵۷: کل سرمایهگذاری انجام شده در بخش توسعه و تحقیق (میلیون لیره) [308] ۱۸۶
- شکل ۵۸: میزان تابش خورشید در ترکیه [302] ۱۸۷

۱. مطالعه تطبیقی کشور ایالات متحده آمریکا (بررسی روند توسعه فناوری‌های فتوولتائیک (PV^۱) و انرژی خورشیدی متمرکز (CSP^۲))

مقدمه:

سیاست‌گذاری انرژی در ایالات متحده آمریکا بر سه هدف اساسی تمرکز یافته است: اطمینان از تأمین انرژی ایمن، پایین نگاه داشتن هزینه‌های انرژی و حفاظت از محیط‌زیست [1].

سیاست‌گذاری انرژی در ایالات متحده آمریکا توسط دولت، ایالت و نهادهای محلی تعیین می‌شود که مسائل مربوط به تولید انرژی، توزیع و مصرف، کدهای ساختمانی و استانداردهای مسافت‌های پیموده شده گاز را شامل می‌شود. سیاست‌گذاری انرژی ممکن است شامل قوانین، معاهدات بین‌المللی، یارانه‌ها و مشوق‌های سرمایه‌گذاری، دستورالعمل‌هایی برای حفاظت از انرژی، مالیات و سایر روش‌های سیاست عمومی باشد [2].

در طول سال‌ها احکام زیادی پیشنهاد داده شده است، مانند اینکه یک گالن بنزین از ۱ دلار تجاوز نخواهد کرد (نیکسون) و دولت آمریکا هرگز واردات نفت به اندازه آن در سال ۱۹۷۷، انجام نخواهد داد (کارتر) [3]، اما هیچ سیاست انرژی بلند مدت جامعی مطرح نشده است اگر چه نگرانی از این شکست وجود دارد [4].

سه سیاست‌گذاری انرژی در سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ اعمال شدند که شامل مفاد زیادی برای محافظت از محیط‌زیست بود [5]، مانند برنامه انرژی ستاره^۳ و توسعه انرژی با کمک‌های مالی و مشوق‌های مالیاتی برای هر دو انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدیدناپذیر.

پس از بحران نفتی سال ۱۹۷۳، ایالات متحده به سرعت به ضرورت محافظت از منابع انرژی پرارزش پی برد. بنابراین این امر آغازی برای توسعه انرژی‌های نو بود. همچنین هنوز نقدهایی وجود دارد که سیاست‌های انرژی دولت را از بحران نفتی در سال

¹ Photovoltaic

² Concentrating Solar Power

³ Energy Star Program

۱۹۷۳ توسط تفکر ذهنیت بحران که ترویج راه‌حل‌های سریع‌العمل، گران‌قیمت و یک‌طرفه، که بازار و واقعیت‌های فناوری را نادیده می‌گیرد غالب شده است، وجود دارد. بجای ارائه قوانین پایدار در حمایت از تحقیقات پایه‌ای در حالیکه میزان زیادی از گستره کارآفرینی و نوآوری در آمریکا را رها کرده‌اند، کنگره و دولت ریاست جمهوری، سیاست‌های حمایتی، که راه‌حلی به مصلحت سیاسی هستند را وعده می‌دهند، اما دارای چشم‌اندازهایی با تردید، بدون در نظر گرفتن هزینه‌های دلاری کافی، هزینه‌های زیست‌محیطی یا هزینه‌های امنیت ملی ناشی از اعمال خویش است [6].

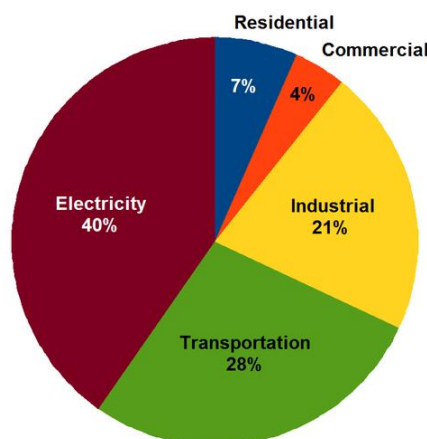
همچنین برنامه‌های تشویقی بهره‌وری انرژی مخصوص ایالتی نقش مهمی در سیاست‌گذاری کلی انرژی در ایالات متحده آمریکا بازی می‌کنند [7]. ایالات متحده از پذیرش پروتکل کیوتو امتناع کرد که ترجیح این پروتکل بر کاهش CO_2 در صنایع محرک برای کاهش گرم شدن کره زمین است و مبتنی بر پرداخت مالیات برای CO_2 تولیدی است. دولت باراک اوباما، اصلاح مصممانه سیاست انرژی را پیشنهاد داده است که شامل نیاز به کاهش آلودگی CO_2 با یک برنامه تجاری است که بتواند توسعه بیشتر انرژی پایدار و تجدیدپذیر را تشویق کند [8]. با تشکر از فناوری‌های جدید مانند Fracking، ایالات متحده در سال ۲۰۱۴ نقش پیشین خود در بیشترین تولید نفت در جهان را از سر گرفت [9].

تاریخچه مصرف سوخت در ایالات متحده:

در دوران استعمار سیاست‌گذاری ایالات متحده بر مصرف بدون مرز از چوب برای گرمایش و صنعت بود. در قرن نوزدهم، استفاده از زغال‌سنگ در حمل‌ونقل، گرمایش و صنایع ارجحیت داده شد. از روغن نهنگ، برای روغن چراغ استفاده می‌شد [10] و بعدها از گاز زغال‌سنگ برای روشنایی و گاز شهری استفاده شد. گاز طبیعی برای اولین بار در آمریکا در سال ۱۸۱۶ برای روشنایی استفاده شد [11]. به دلیل اهمیت استفاده در مصارف خانگی، صنایع و نیروگاهها، رشد کرد اما تولید گاز طبیعی در سال ۱۹۷۳ به بیشترین مقدار خود رسید و از آن زمان قیمت گاز به طور قابل توجهی رو به افزایش است.

زغال‌سنگ بخش مهمی از انرژی ایالات متحده آمریکا را در قرن بیستم تأمین می‌کرد. اکثر خانه‌های شهری دارای انبار زغال-سنگ و کوره سوزاندن زغال‌سنگ بودند. در گذر سال‌ها، این نوع کوره‌ها با کوره‌های نفتی جایگزین شدند. بیشترین استفاده از نفت با توسعه خودروها آغاز گردید.

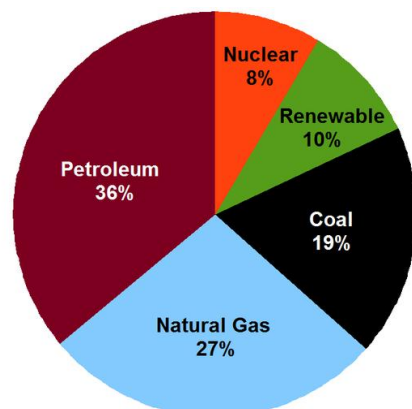
نفت برای ایالات متحده آمریکا بسیار پرارزش گردید و از آغاز سال ۱۹۴۰، دولت آمریکا و صنایع نفتی آن، برای کنترل منابع نفتی جهان وارد یک همکاری متقابلاً سودمند شدند [12]. در سال ۱۹۵۰، مصرف نفت از مصرف زغال‌سنگ پیشی گرفت [13]. فراوانی نفت در کالیفرنیا، تگزاس و نیز کانادا و مکزیک، به همراه قیمت پایین، سهولت حمل و نقل، تراکم بالای انرژی و استفاده در خودروهای احتراق داخلی، منجر به افزایش استفاده از نفت شد. به دنبال جنگ جهانی دوم، دیگ‌های گرمایشی نفتی بیش از مشعل‌های زغال‌سنگی در امتداد حاشیه شرقی مورد استفاده واقع گردید، لکوموتیوهای دیزلی بیش از موتورهای بخار با سوخت زغال‌سنگ گردید، نیروگاه‌های تولید برق با سوخت نفتی ساخته شد، توسط جنرال موتور (GM⁴) اتوبوس‌های بنزین‌سوز جایگزین ترامواهای برقی گردید و خودروهای بنزین‌سوز به سرعت رو به فزونی نهاد [14]. در سال ۲۰۱۲ آمریکا ۸۲٪ از انرژی خود را از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کرد و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر تنها ۱۰٪ بود [15].



Data Source: US Energy Information Agency

شکل ۱: مصرف انرژی ایالات متحده در هر بخش در سال ۲۰۱۲

⁴ General Motors



Data Source: US Energy Information Agency

شکل ۲: مصرف انرژی ایالت متحده از منابع در سال ۲۰۱۲

دولت آمریکا در طول سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۲ یارانه‌های نقدی قابل ملاحظه‌ای برای سوخت‌های فسیلی نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر قائل شد. این یارانه برای سوخت‌های فسیلی ۷۲ میلیارد دلار و برای سوخت‌های تجدیدپذیر ۲۹ میلیارد دلار در همان دوره بود [16].

سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در ایالات متحده آمریکا:

در ایالات متحده آمریکا و در سال ۲۰۱۳ انرژی‌های تجدیدپذیر، ۱۲/۹٪ برق داخل کشور را تولید می‌کنند [17]. در سه ماهه اول سال ۲۰۱۱، انرژی‌های تجدیدپذیر با تولید ۱۱/۷٪ از تولید کلی انرژی تولیدی به یک نقطه عطف بزرگ رسیده است [18].

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بازدهی انرژی بنا بر گفته باراک اوباما، "عصر جدیدی از اکتشاف انرژی" را در ایالات متحده نشان می‌دهد [19]. در سخنرانی باراک اوباما در مجلس در ۲۴ فوریه سال ۲۰۰۹، از دو برابر کردن انرژی‌های تجدیدپذیر در سه سال آینده خبر داد [20] و در سخنرانی سال ۲۰۱۲، تعهداتش را در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر بیان و به تعهد بلند مدت وزارت کشور برای صدور مجوز در زمینه پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۰۰۰۰ مگاواتی تا سال ۲۰۱۲ اشاره کرد [21].

قانون سرمایه‌گذاری مجدد و بازیابی آمریکایی ۲۰۰۹ رییس جمهور باراک اوباما، شامل بیش از ۷۰ میلیارد دلار هزینه‌های مستقیم و اعتبارهای مالیاتی برای انرژی پاک و برنامه‌های مرتبط با آن است [22]. ترکیب این محرک‌های سیاسی، نشانگر

بزرگترین تعهد دولت آمریکا در زمینه انرژی‌های نو، حمل‌ونقل پیشرفته و حفاظت از انرژی است. در فوریه ۲۰۱۱، دپارتمان انرژی آمریکا طرح سان شات^۵ را راه اندازی کرد که یک تلاش ملی مشترک برای کاهش هزینه‌های کلی سیستم‌های انرژی خورشیدی فتوولتائیک تا ۷۵٪ تا سال ۲۰۲۰ بود [23]. رسیدن به این هدف سبب می‌گردد که هزینه بدون یارانه انرژی خورشیدی، قابل رقابت با انواع دیگر الکتریسیته باشد.

در هر حال در سال ۲۰۱۳ افکار عمومی ایالات متحده نیز بر استفاده از انرژی خورشیدی و باد (۵۹٪) بجای سوخت‌های فسیلی (۳۱٪) تأکید دارند [24].

کشور آمریکا به دلیل داشتن فضای صنعتی و تولیدی قوی و همینطور جمعیت زیاد، جزو بزرگترین مصرف‌کننده‌های برق دنیا می‌باشد. انرژی الکتریسیته در این کشور از منابع متعددی از قبیل سوخت‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای، باد و خورشید تأمین می‌شود. در سال ۲۰۱۳ در کل ۴۰۵۸ میلیارد کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در آمریکا تولید شده است. ۶۷٪ این مقدار از منابع فسیلی تأمین شده است. سهم تولید انرژی الکتریسیته از منابع مختلف به این صورت است: زغال سنگ (۳۵٪)، گاز طبیعی (۳۰٪)، انرژی هسته‌ای (۱۸/۷٪)، برق آبی (۱۲/۳٪)، خورشیدی (۰/۲٪)، بادی (۳/۴٪)، نفت (۰/۴٪)

بنابر گزارش‌های ارائه شده پیش بینی می‌شود مصرف برق در آمریکا تا ۲۵ سال آینده با ۲۵٪ رشد همراه باشد. این در حالی است که با قوانین جدید محیط‌زیستی، میزان گازهای گلخانه‌ای تنها ۱۱٪ قابلیت افزایش دارد. همچنین طبق این پیش‌بینی‌ها قیمت هر کیلووات ساعت از ۹/۸ سنت دلار بر کیلووات ساعت تا ۱۱/۷ سنت دلار در هر کیلووات ساعت تا سال ۲۰۴۰ افزایش خواهد یافت. این اعداد برای قیمت برق به طور میانگین بین سه مصرف‌کننده خانگی، تجاری و صنعتی اعلام می‌شود. نرخ دقیق قیمت برق برای هر مصرف‌کننده در سال ۲۰۱۲ به این ترتیب بوده است: خانگی (۱۱/۸)، تجاری (۱۰/۱)، صنعتی (۶/۶).

بنابراین با توجه به مسائل بیان شده امروزه انرژی خورشیدی یکی از گزینه‌های مطرح برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته شده است. استفاده از انرژی خورشیدی به دلیل پتانسیل تولید انرژی بدون اثرات گرمایشی برای زمین، نداشتن آلودگی، نداشتن هزینه برای سوخت و در نتیجه نبود ریسک تغییرات قیمت سوخت، همواره به عنوان یکی از بهترین منابع

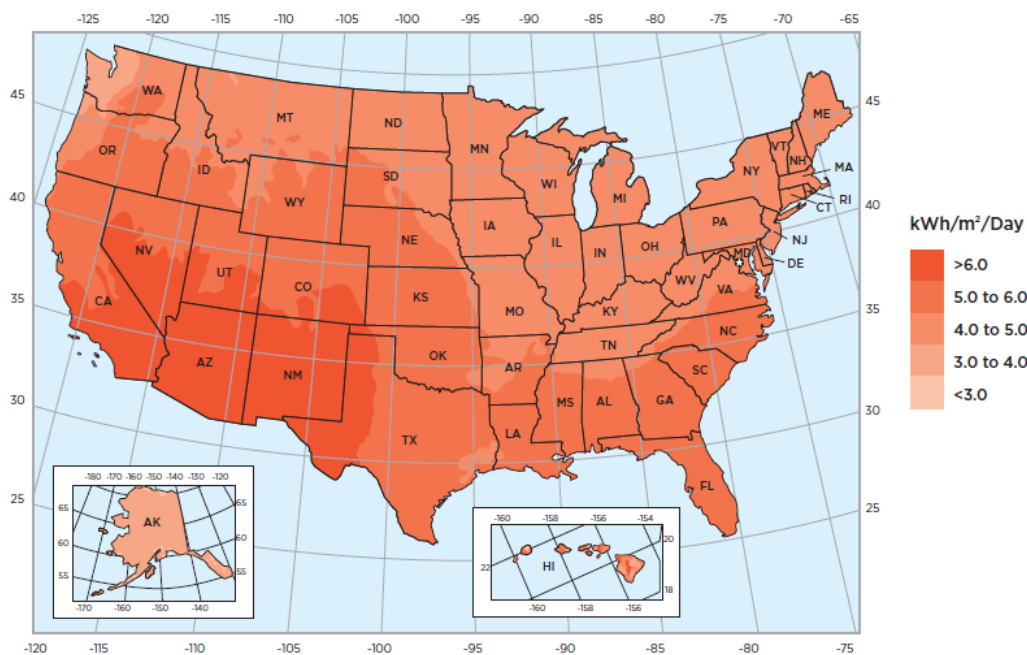
⁵ SunShot

تأمین انرژی معرفی می‌شده. همچنین به دلیل اینکه میزان تابش خورشید در تمامی این کشور در حد مناسبی می‌باشد، این نوع منبع انرژی در مقایسه با سایر منابع تجدیدپذیر در جایگاه مناسبی می‌باشد.

استفاده از منبع خورشیدی برای تولید برق را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: فتوولتائیک و حرارتی. در سیستم‌های حرارتی انرژی خورشید ابتدا تبدیل به گرما شده و سپس با استفاده از سیکل‌های تبدیل حرارت به کار، انرژی برق تولید می‌شود. اما در سیستم‌های فتوولتائیک انرژی خورشیدی بصورت مستقیم به الکتریسیته تبدیل می‌شوند. به طور خلاصه می‌توان گفت که در این سیستم‌ها فوتون‌ها با برخورد به مواد نیمه رسانا بکار گرفته شده در سلول سبب ایجاد ولتاژ و جریان شده و با وصل کردن آن به یک مدار می‌توان از انرژی تبدیل شده استفاده کرد. سیستم‌های فتوولتائیک هیچگونه بخش حرکتی ندارند، هیچ سوختی مصرف نمی‌کنند و هیچ ورودی یا ماده مصرف شونده‌ای ندارند.

۱,۱ فناوری فتوولتائیک (PV) در آمریکا:

با توجه به فراوانی تابش خورشید در کشور آمریکا، سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک پتانسیل زیادی برای افزایش سهم در تولید انرژی دارند. در شکل زیر میزان تابش متوسط در ایالت‌های مختلف نشان داده شده است. مسائل اقتصادی و زیست-محیطی نیز سبب جذاب‌تر شدن این سیستم‌ها شده‌اند. به طوریکه بیش از سه چهارم سیاستمداران آمریکایی از طیف‌های مختلف سیاسی معتقدند این انرژی بهترین جایگزین سوخت‌های فسیلی می‌باشد. از طرفی سرمایه‌گذاری‌های زیاد در بخش نوآوری‌های فنی و تحقیقاتی در این زمینه در راستای کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی و بهبود عملکرد آینده، روشنی را برای این صنعت در پی خواهد داشت. همچنین سیاست‌هایی در این کشور اتخاذ شده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است و در این راستا کمک شایانی به گسترش سهم سلول‌های خورشیدی کرده‌اند.



شکل ۳: میزان تابش متوسط در ایالت‌های مختلف آمریکا

با توجه به دلایل گفته شده می‌توان گفت امروزه استفاده از انرژی خورشیدی فتوولتائیک در آمریکا فراگیر شده و سرعت رشد آن نیز چشمگیر است. در زیر به چند نمونه آمار ارائه شده از منابع معتبر انرژی در آمریکا اشاره می‌کنیم:

- میزان نصب سیستم‌های فتوولتائیک در آمریکا از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۳ با رشد چشمگیر ۴۸۵ درصدی مواجه بوده است [25].
- در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ سیستم‌های خورشیدی به طور متوسط ۱۶٪ از ظرفیت نصب شده تولید الکتریسیته را به خود اختصاص دادند. این عدد برای سال ۲۰۱۳ به ۳۰٪ رسید [26].
- تا اوایل سال ۲۰۱۴ کشور آمریکا بیش از ۴۸۰۰۰۰ سیستم نصب شده خورشیدی دارد که ظرفیتی معادل ۱۳۴۰۰ مگاوات برق تولید می‌کند. این مقدار برق مصرفی حدود ۲/۴ میلیون نفر را تأمین می‌کند [27].

- با این وجود به دلیل مصرف زیاد انرژی در آمریکا همچنان سهم کمی از تولید برق مربوط به سیستم‌های خورشیدی می‌باشد. این سهم برای ایالت‌هایی همچون آریزونا، کالیفرنیا و نوادا حدود ۲٪ می‌باشد. هرچند برای ایالت کالیفرنیا در ماه ژوئن ۲۰۱۴ رکورد ۸٪ نیز ثبت شده است.

۱,۱,۱ تاریخچه فناوری فتوولتائیک

عصر مدرن فناوری فتوولتائیک در سال ۱۹۵۰ در آزمایشگاه تلفن بل شروع شده است. هنگامی که دوره فضایی رسماً با راه اندازی ماهواره اسپوتنیک^۶ روسیه در سال ۱۹۵۷ آغاز شد، فناوری فتوولتائیک و ماهواره برای یکدیگر ایده‌آل بودند. اما بحران نفتی سال ۱۹۷۳ نگرش استفاده از فتوولتائیک را تغییر داد. مشکلات قابلیت فتوولتائیک برای تولید برق بر روی زمین نسبت به استفاده آن در سفینه‌های فضایی بسیار بیشتر بوده است. نمونه آن سال ۱۹۷۵ در مؤسسه تحقیق و توسعه انرژی که دو سال بعد با دیپارتمان انرژی آمریکا تلفیق شد، بوده است.

به دلیل تجربه استفاده از فتوولتائیک در فضا، مؤسسه ملی هوا و فضای آمریکا با بکارگیری دو آزمایشگاه خود JPL^۷ در کالیفرنیا و LRC^۸ در اوهایو مشغول به تحقیق و بررسی در این زمینه شد. JPL بر روی یک برنامه بلوک شده و تهیه ماژول‌های به‌روز و تست کردن آنها، مشغول بکار بوده است.

بر اساس تجارب و تحلیل ماژول‌ها و تست‌های فشار دقیق، اطلاعات ارزشمندی برای تدوین استانداردهایی مانند IEC^۹ 61215 جمع‌آوری شد. این آزمون‌ها بر روی تأسیسات نصب شده مختلفی از جمله در مرکز تحقیقاتی لوییز و آزمایشگاه لینکون^{۱۰} MIT صورت گرفت که اولین آزمون هماهنگ کاربرد بیرونی فتوولتائیک بوده است.

از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۵ شرکت Atlantic Richfield Oil اولین سایت فتوولتائیک را که امروزه به نام Carrizo Plain National Monument معروف است را در مرکز کالیفرنیا بنا کرد. برق تولیدی آن به شرکت Pacific Gas and Electric

⁶ Sputnik 1

⁷ Jet Propulsion Laboratory

⁸ Lewis Research Center

⁹ International Electrotechnical Commission

¹⁰ Massachusetts Institute of Technology

فروخته می‌شد. پروژه دیگر به نام Carissa Plains project بوده که از آینه‌های گسترده جهت افزایش دمای ماژول‌ها استفاده می‌کرده است.

در سال ۱۹۸۶ پروژه PVUSA^{۱۱} آغاز شد که اختصاص یک تعرفه قیمتی مشترک میان دولت و شرکت‌های خصوصی بوده است. این پروژه جهت از بین بردن فاصله شناخت میان شرکت‌های بزرگ و صنعت فتوولتائیک به انجام رسید. علاوه بر تجارب ارزشمند در دسترس حال و شفاف‌سازی جزئیات هزینه تعمیر و نگهداری، PVUSA همچنین روش نرخ‌گذاری جدیدی را فراهم آورد که امروزه نیز در حال استفاده می‌باشد.

با یک بررسی گسترده بر روی ماژول‌های بلوک ۵ و ماقبل آن Rosenthal پی برد که نرخ خرابی آنها بطور قابل توجهی از ۴۵٪ بلوک قبلی به ۱٪ برای بلوک ۵ و نرخ تنزل به ۱٪ در سال رسیده است و همچنین Atmaram گزارش داد سیستم‌های چند کریستالی سیلیکونی بلوک‌های ۴ و ۵ در فلوریدا پیاده‌سازی شده‌اند که نرخ تنزل آنها زیر ۱٪ در سال است.

در سال ۱۹۷۷ دپارتمان انرژی، مؤسسه تحقیقاتی انرژی خورشیدی را در گلدن کلرادو تأسیس کرد و در سال ۱۹۹۱ آنرا NREL^{۱۲} نامید. از سال ۱۹۸۲ تست‌های بیرونی ماژول توسط این مؤسسه انجام می‌شد. زمانی که برای اولین بار سیلیکون آمورف به صورت تجاری در بازار رواج یافت، NREL شروع به تهیه گزارش مبنی بر تعیین نرخ تنزل ماژول‌های آمورف که ۱٪ در سال بوده، کرده است. در سال ۱۹۸۷، Pratt and Burdick پیشرفت آرایه سیلیکونی ۴ کیلوواتی اجرا شده در میشیگان را گزارش داده‌اند. همچنین Pratt and Burdick گزارشی مبنی بر نرخ تنزل کمتر از ۱٪ در سال سیستم‌های منفرد و چندلایه سیلیکون آمورف را ارائه داده‌اند.

۱،۱،۱،۱ کریستال سیلیکون

Quintana در مورد سیستم یوتا در آمریکا بیان کرد نرخ تنزل سالانه کل سیستم از یک ماژول منفرد بیشتر است. Reis، ۱۹۲ ماژول تک سیلیکونی را در Arcata مورد بررسی قرار داد که بعد از ۱۱ سال استفاده، نرخ تنزل ۴٪ در سال بدست آمد. Bing پس از ۲۰ سال شاهد پایداری مناسب برای دو سیستم مجزا در آب‌وهوای قاره‌ای مشابه در Massachusetts آمریکا بوده است. Tang نرخ تنزل مشابهی برای سیستمی در همان سال‌ها در آب‌وهوای مشابه در Phoenix بدست آورد.

¹¹ Photovoltaic Utility Scale Application

¹² National Renewable Energy Laboratory

همچنین Adelstein Marion در گلدن، Vignola در Oregon مشغول تحلیل و بررسی در این زمینه بوده‌اند.

۲,۱,۱,۱ سیلیکون آمورف

Dhere یک سیستم اتصال سه بخشی واقع در فلوریدا را در آب‌وهوای گرم و مرطوب مورد آزمایش قرار داد که نرخ تنزل ۰/۵٪ سالانه را بدست آورد. Davis و Moaveni دو سیستم تک سیلیکونی و آمورف سیلیکون را از نظر اقتصادی در فلوریدا مورد مقایسه قرار دادند.

۱۳,۱,۱,۱ CIGS

Tarrant اجرای سیستم‌های CIGS را در مناطق مختلف آمریکا گزارش داده است. Del Cueto با بکارگیری سه نمونه تست در کلرادو در طی دو دهه جزییات پایداری بیرونی CIGS را بیان کرد. Jordan در NREL تحقیقات مشابهی را به انجام رسانده است.

۱۴,۱,۱,۱ CdTe

Marion یک سیستم CdTe را در NREL تحت بررسی قرار داد. بازده‌های مازول‌های منحصر به فرد در گستره وسیعی تغییر می‌کردند که دارای نرخ تنزل ۰/۶٪ سالانه بوده است. در همین زمینه Ross سیستمی مشابهی در Tucson در طی سه سال بررسی کرده و نتایجی یکسان بدست آورده است.

(اطلاعات بیشتر در زمینه روند رو به رشد فتوولتائیک از سال ۱۸۳۹ تا به امروز و نقش آمریکا و افراد آن را می‌توانید در لینک

<http://inventors.about.com/od/timelines/a/Photovoltaics.htm> مشاهده کنید.)

۲,۱,۱,۱ نحوه ورود افراد، شرکت‌ها و سیاست‌های تأثیرگذار در آمریکا

اولین فردی که در زمینه نیروگاه خورشیدی در آمریکا شروع به تحقیق جدی کرد، فردی به نام Shuman بود. وی در سال ۱۹۱۱ در مورد آینده انرژی خورشیدی و نامحدود بودن پیشرفت آن در Scientific American توضیح داد اما به علت عدم جذب سرمایه‌گذار در آمریکا راهی لندن شد.

¹³ Copper Indium Gallium Selenide

¹⁴ Cadmium Telluride

نقطه عطف توجه آمریکا به مسئله انرژی خورشیدی در دوران جنگ جهانی دوم بود، زمانی که کمبود انرژی موضوع مهمی را رقم زد. از طرفی پیشرفت در صنعت شیشه به خانه‌سازان اجازه داده بود تا در آب و هوای سرد بتوانند از پنجره‌های بزرگتر استفاده کنند. در سال ۱۹۴۵ شرکت Ford Glass اولین پروژه خانه خورشیدی را که چندین خریدار علاقه‌مند به داشتن خانه‌های با انرژی کارآمد، درخواست داده بودند، در ۴۸ ایالت به انجام رسانید. ولی تحقیقات پروفیسور Hutchison نشان داد که از لحاظ اقتصادی این پروژه کارآمد نیست زیرا هزینه گرمایش را بالا می‌برد و در نهایت در سال ۱۹۴۷ این پروژه با شکست مواجه شد. از طرفی انجام این پروژه معماران در دهه ۱۹۴۰، سبب افزایش علاقه‌مندی در طرح‌های سرمایه‌گذاری/گرمایش در خانه‌های برقی شدند.

در سال ۱۹۴۱ فردی به نام Koch فارغ‌التحصیل دانشگاه هاروارد پروژه Snack hill را در ماساچوست اجرا کرد که یکی از گرانترین خانه‌ها برای خود و خانواده خود را شروع به ساختن کرد. وی همچنین در سال ۱۹۵۴ Techbuilt House را توسعه داد.

در ۱۹۷۰ که قیمت انرژی افزایش یافت، سیستم‌های گرم‌کن خورشیدی مجدداً در آمریکا احیا شد و شرکت‌های کوچک شروع به فعالیت در این زمینه کردند.

با پیدایش سلول فتوولتائیک، صنعت خورشیدی در آمریکا جان تازه‌ای گرفت. اولین زمزمه‌های ورود فتوولتائیک از آزمایشگاه بل شروع شد. اختراع باتری سیلیکونی خورشیدی توسط Russell Ohl که در سال ۱۹۲۷ به آزمایشگاه بل ملحق شد، کلید موفقیت در این زمینه بود. در سال ۱۹۳۹، Ohl مشکلات اتصال P-N در مورد مکانیزم و ناخالصی جهت ساختار کریستالی را واکاوی کرد. سپس دریافت، ژرمانیم بهترین ماده برای ساخت نیمه رسانای دیودها می‌باشد. در همین راستا اولین سلول خورشیدی سیلیکونی را در سال ۱۹۴۶ به ثبت رساند.

در ۱۹۵۴ آزمایشگاه بل اولین سلول فتوولتائیک که قابلیت تولید برق مناسب را دارا بود، تولید کرد. قبل از تولید این سلول، در ۱۹۳۰ فردی به نام Darly Chaplin و همکارانش به بل ملحق شدند. آنها در زمینه منبع توان برای ترانزیستورهای تلفن فعالیت به انجام می‌رساندند. بررسی عمکرد رشته‌های سیلیکونی در زیر تابش خورشید جهت دریافت الکترون آزاد، منجر به انتشار مقاله‌ای در سال ۱۹۵۴ در نیویورک تایمز مبنی بر دستیابی به منبع انرژی نامحدود که آرزوی بشریت بوده، شد.

اختراع سلول فتوولتائیک بل با علاقه‌مندی مجدد افکار با انرژی خورشیدی همزمان شده بود. در سال ۱۹۵۳ گزارشی از سوی Parly به رییس جمهور وقت مبنی بر کاهش منابع و عرضه سوخت‌های فسیلی ارسال شد. این نامه محرک تشکیل انجمن کاربردی انرژی خورشیدی در سال ۱۹۵۴ بود. در نوامبر همین سال دو کنفرانس تشکیل شد، یکی بر اساس مبانی انرژی خورشیدی در Tuscon، و دیگری نشست جهانی کاربرد انرژی خورشیدی در Phoenix. در این دو جلسه ۳۷ کشور حضور داشتند که سلول فتوولتائیک بل نیز به نمایش گذاشته شد. در سال ۱۹۵۷ رقابت بین‌المللی معماران خانه‌های خورشیدی که بیش از ۱۰۰۰ معمار از ۳۶ کشور حضور داشتند، برگزار شد. قابل توجه است که طرحی که در این رقابت اول شد هیچگاه ساخته نشد!

تجاری کردن سلول‌های فتوولتائیک پیچیده‌تر از حد انتظار بود و در نهایت توسط شرکت‌های کوچک کارآفرین اجرا شد. اولین شرکت Hoffman Electronics تأسیس شده در سال ۱۹۴۶ در لس‌آنجلس بود. این شرکت در دهه ۱۹۵۰ شروع به ساخت نیمه‌رساناها کرد. در ۱۹۵۶ گواهی رسمی تولید سلول فتوولتائیک فناوری آزمایشگاه بل را دریافت کرد. سلول‌های تولیدی در سفینه‌های فضایی مورد استفاده قرار گرفتند که اولین آنها Vanguard I در سال ۱۹۵۸ بود. پس از آن شرکت Hoffman به شدت در زمینه بازده سلول تلاش کرد و در نهایت در سال ۱۹۵۸ به بازده ۸٪ نایل شد و دو سال پیش از آن بازده ۱۴٪ را به ثبت رسانید.

دومین کارآفرین فردی به نام Alfred Mann بود که در دهه ۱۹۴۰ در UCLA مشغول به تحصیل رشته فیزیک بوده است. علاقه او به مبحث نور باعث شد اولین کارش در شرکت Technicolor در لس‌آنجلس باشد. پس از جدایی او از این شرکت و تشکیل شرکت Spectrolab در سال ۱۹۵۶، قراردادی معادل ۱۱۲۰۰ دلار با ارتش بست. در ۱۹۵۸ فردی از شرکت Air Force برای رفع مشکل کاهش بازده سلول در اثر گرم شدن آن در سفینه به وی مراجعه کرد. این قرارداد باعث شد Mann فناوری Coating و ساخت پنل خورشیدی را آغاز کند. در سال ۱۹۶۰، Mann شرکت Spectrolab و Heliootech که یکی دیگر از شرکت‌های آن بود را به Textron، تهیه‌کننده تدارکات نظامی، فروخت. در همان سال این شرکت، سفینه بل را نیز خریداری کرد که در نهایت منجر به ساخت اولین سفینه‌ای شد که سرعت صوت را شکست.

چشم‌انداز دولت و قراردادهای آن شرکت‌هایی مانند RCA ، Texas Instrument و همچنین دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی را به فعالیت در این زمینه ترغیب کرد.

با اینکه بازار سلول خورشیدی کوچک بود و تنها به بازار تأمین توان سفینه‌ها محدود شده بود،^{۱۵} NASA بخش عظیمی از این بازار را در دست داشت. در سال ۱۹۶۴، NASA اولین سفینه Nimbus را با آرایه‌های فتوولتائیک و توان ۴۷۰ وات اجرا کرد. در دوران دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بازار سالانه سلول خورشیدی در حدود ۵ تا ۱۰ میلیون دلار برای ظرفیت ۵۰ تا ۱۰۰ کیلووات بوده است.

قیمت پایین سوخت‌های فسیلی، استفاده از سلول فتوولتائیک را تنها به کاربرد در موارد خاص محدود کرده بود و پس از جنگ نیز ابتدا انرژی هسته‌ای به عنوان سوختی نامحدود و ارزان معرفی شد. در همان زمان صنعت خورشیدی در زمره‌ی تجدیدپذیر قرار گرفت، درحالی‌که به علت استفاده از فلزات سنگین در ساخت نیمه‌رساناها، بدون عوارض برای محیط‌زیست نبود و مشکل طول عمر در مدت عملکرد نیز وجود داشت.

در سال ۱۹۷۲ به علت افزایش نگرانی محیط‌زیست سازمان ملل متحد کنفرانسی در Stockholm برگزار کرد و بحران نفتی سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۷۴ و ۱۹۷۸-۱۹۷۹، نگاه به انرژی جایگزین از جمله انرژی خورشیدی را تغییر داد.

با توجه به اینکه آمریکا هر دو انرژی هسته‌ای و نفتی را دارا بود، پس از بحران نفتی به فکر انرژی جایگزین افتاد. Peter Glaser، معاون رئیس جمهور، کمبریج، مشاوران مدیریت شرکت ماساچوست، قبل از بحران نفتی موافق انرژی خورشیدی بوده‌اند. پس از ۱۹۷۳ شرکت مذکور پروژه چندجانبه‌ای در مورد انرژی خورشیدی را آغاز کرد. قراردادی با NASA جهت بررسی کاربرد انرژی خورشیدی در فضاپیما منعقد کرد.

در سال ۱۹۷۴ شکل Ford گزارشی با عنوان "زمان انتخاب: آینده انرژی آمریکا" انتشار داد. این گزارش مرور بلند مدت و کوتاه مدت تمام منابع انرژی را در بر می‌گرفت و همچنین مسائل زیست‌محیطی و سرمایه‌گذاری/گرمایش خانگی نیز ارائه گردید که در نهایت حمایت از انرژی خورشیدی را منتج شد. این سطح حمایتی به تغییر در روند نگاه دولت به مبحث انرژی انجامید. در همین راستا دولت، اداره توسعه و تحقیق انرژی را تأسیس کرد. با وجود اینکه هنوز سوخت فسیلی و هسته‌ای منابع اصلی تأمین

¹⁵ National Aeronautics and Space Administration

برق بودند اما نگاه ویژه‌ای به انرژی خورشیدی و بادی اختصاص یافت. مهمترین فعالیت دولت تأسیس Solar Energy Research Institute بوده است. سپس NREL در سال ۱۹۷۷ در کلرادو^{۱۶} آغاز به کار کرد.

در سال ۱۹۷۸ یک سری سیاست‌های هدف‌گذاری شده برای متقاضیان مایل به انرژی جایگزین، اهمیت بازار انرژی بادی و خورشیدی را در آمریکا نشان داد. PURPA^{۱۷}، درهای رقابتی برای خرید برق شرکت‌های همگانی از شرکت‌های تولیدی غیر مرسوم مانند نیروگاه‌های تجدیدپذیر را باز کرد. همچنین در این سال قانون مالیاتی به شرح اعتبار مالیاتی ۳۰ درصدی برای بخش مسکونی ۱۰ درصدی بخش تجاری در صورت استفاده از تأسیسات فناوری خورشیدی، بادی و زمین‌گرایی جهت تأمین برق مورد نیاز خود وضع شد. ایالت کالیفرنیا اعتبار مالیاتی خود را تا ۵۵٪ برای کسانی که سیستم خورشیدی می‌خریده‌اند بالا برد.

حمایت‌های دولتی تحت نظر رییس جمهور وقت، کارتر افزایش یافت. بعد از انقلاب ایران و دوره دوم بحران نفتی ۱۹۷۹ طرح‌هایی جهت تحریک تولید داخلی، توسعه سوخت‌های فسیلی مصنوعی، قیود مصرف نفت و توسعه توان بادی و خورشیدی، شکل گرفت. در سال ۱۹۷۹ اداره مذکور برنامه جدید ۳ بیلیون دلاری برای تحقیق در مورد صنعت خورشیدی را اعلام کرد. در اوایل دهه ۱۹۸۰، آمریکا ۸۰٪ از بازار جهانی انرژی خورشیدی را در دست داشت. سرمایه‌گذاری دولت مرکزی و ایالتی سبب شد تا بازیگران جدیدی پا به عرصه این صنعت بگذارند و کاربرد انرژی خورشیدی را تا قبل از این مختص به برنامه‌های فضایی بود، روی زمین اجرا کنند.

در آمریکا شرکت‌های نفتی به عنوان سرمایه‌گذاران اصلی ظهور کردند.

¹⁶ Colorado

¹⁷ Public Utility Regulatory Policies Act

Date	Firm	Strategy	Outcome
1973	Exxon	Creates Solar Power	Sold to Solarex in 1984
1974	Mobil	Joint Venture with Tyco	Sold to ASE 1994
1977	Arco	Acquires Solar Power	Sold to Siemens 1990
1979	Amoco	Invests in Solarex (100% in 1983)	Amoco acquired by BP 1999

جدول ۱: شرکت‌های بزرگ نفتی آمریکا که در زمینه انرژی خورشیدی سرمایه‌گذاری کردند ۱۹۷۰-۱۹۸۰

سرمایه‌گذاری عظیم در صنعت خورشیدی با فعالیت Elliot Berman در نیوجرسی آغاز شد. در سال ۱۹۷۲ سلول خورشیدی جدید، ارزان و ارگانیک به نام Dye را معرفی کرد. در دهه ۱۹۶۰، Berman برای شرکت Itek مشغول بکار بوده است. در سال ۱۹۶۸ شرکت نامبرده برای فعالیت در یک تجارت جدید از وی دعوت به عمل آورد. او خواسته خود را مبنی بر توسعه تولید محصولات با تأثیرات مهم اجتماعی را تعیین کرد. او بیان کرد که کیفیت زندگی در گرو دسترسی به انرژی است از این‌رو تلاش خود را برای فراهم کردن انرژی مناطق محروم آغاز کرد. اما به علت گران بودن سلول خورشیدی سیلیکونی، درخواست فناوری جدید غشای فتوگرافیک را که خودش بر روی آن کار می‌کرده است را به شرکت Itek داد ولی Itek آن را نپذیرفت. بعد از بیرون آمدن از این شرکت، پس از ۱۸ ماه، Berman به شرکت Exxon پیوست و تحقیقات خود را بر روی سلول‌های ارگانیک آغاز کرد.

در عین حال، وی برای اینکه بتواند تجارت خود را حفظ کند، قصد خرید سلول سیلیکونی کرد اما دریافت که باید تولید آن را خودش به عهده بگیرد تا اینکه در سال ۱۹۷۳ شرکت انرژی خورشیدی را که کاملاً تحت حمایت Exxon بود، راه‌اندازی کرد. این اولین شرکتی آمریکایی بود که اختصاصاً تولید سلول فتوولتائیک برای کاربرد زمینی انجام می‌داد.

دومین شرکت نفتی بزرگ آمریکا که در زمینه خورشیدی کار می‌کرد Mobil نام داشت. مانند Exxon نیروی محرک این شرکت نیز فردی خارج از شرکت به نام Abraham Mlavsky در دهه ۱۹۶۰ بود که در شرکت Tyco شهر Waltham ماساچوست مشغول بوده است. در سال ۱۹۷۱، NASA پروژه‌ای جهت ساخت سلول فتوولتائیک سبک‌تر به Tyco پیشنهاد داد ولی این شرکت توانایی انجام آن را نداشت. اما در سال ۱۹۷۴ با توجه به پیگیری NASA دو شرکت Tyco و Mobil با

یکدیگر ترکیب شدند تا بتوانند سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی را توسعه دهند. همکاری این دو شرکت تا پایان دهه ۱۹۸۰ کاهش هزینه ساخت سلول سیلیکونی به نصف را در پی داشت. در اوایل دهه ۱۹۹۰ سعی در تولید و فروش این سلول‌ها به مناطق بیابانی غرب آمریکا را داشتند اما کاهش شدید قیمت گاز منجر به فروش Mobil به شرکت آلمانی ASE شد.

سومین شرکت Arco نام داشت. فعالیت‌های Joseph Lindmeyer و Peter Varadi که در دهه ۱۹۷۰ بر روی سلول خورشیدی فضایی شرکت COMSAT^{۱۸} کار می‌کرده‌اند، باعث رشد این شرکت گردید. Lindmeyer زمانیکه در شرکت COMSAT بود، بازده سلول را تا ۵۰٪ حالت قبلیش افزایش داد در حالیکه هیچ منفعتی از سوی شرکت عاید آن نشد.

در سال ۱۹۷۳ این دو فرد شرکت Solarex را بنیان‌گذاری کردند. این شرکت تنها با سرمایه ۲۵۰۰۰۰ دلار که توسط Vardi جمع‌آوری شد شروع به کار کرد. شکایت COMSAT از Solarex مبنی بر تخلف در ثبت اختراع، منتفی اعلام شد. Solarex به سرعت رشد کرد و در سال اول تنها به بازار کوچک و خاص معطوف شده بود. Solarex اولین شرکت آمریکایی بود که با شرکت‌های ژاپنی برای تولید ماشین حساب خورشیدی و منبع تغذیه بلنگوی رادیو همکاری کرده است.

سال ۱۹۷۹، سرمایه‌گذاری دو شرکت اروپایی Holec هلند و Leory-Somer فرانسه، نقطه عطف بزرگی برای Solarex گشت. اما سرمایه‌گذاری ۷ میلیون دلاری Amoco یکی از مهمترین آنها بود. اوایل دهه ۱۹۸۰ دو عامل کاهش قیمت نفت و عدم حمایت دولت مرکزی، ضربه سنگینی بر بازار Solrex وارد کرد. در سال ۱۹۸۳ بانک Maryland خواستار باز پس دادن بدهی ۷ میلیون دلاری Solarex در مدت سه ماه شد.

Bill Yerkes، کارمند سابق Spectrolab در سال ۱۹۷۵، STI^{۱۹} را در نیوجرسی بنیان‌گذاری کرد. وی بر روی پروژه Apolo 11 در شرکت Spectrolab مشغول به کار بوده است اما پس از واگذاری به Hughes Aircraft اخراج شد. او مشکلات نگهداری سلول سیلیکونی را تا حد خوبی برطرف کرد. روش‌ها و مواد معرفی شده از سوی او در دهه ۱۹۷۰ به استانداردی برای صنعت تبدیل شد. در سال ۱۹۷۶ شرکت STI را متقاعد کرد تا برای خانه‌های متحرک خود از پنل‌های خورشیدی استفاده کند. در اواسط ۱۹۷۷، Yerkes شرکت خود را به یک شرکت نفتی بزرگ آمریکا یعنی ARCO^{۲۰} فروخت. سرمایه‌گذار اصلی این شرکت Robert O Anderson بودند که در سال ۱۹۴۰ آن را تأسیس کردند. در دهه ۱۹۸۰، ARCO بالغ بر ۲۰۰ میلیون

¹⁸ Communications Satellite Corporation

¹⁹ Solar Technology International

²⁰ Atlantic Richfield Oil Company

مالیاتی به منظور کمک ۳۰ درصدی هزینه سیستم خورشیدی وضع شد. به منظور درمان کوتاه مدت در سال ۲۰۰۸، Emergency Economic Stabilization Act اعتبار مالیاتی ۳۰٪ را تا سال ۲۰۱۶ تصویب کرد. در همین راستا، ایالات دیگر نیز اقدامات حمایتی انجام دادند. مانند کالیفرنیا که در سال ۲۰۰۷ مشوق‌های پایداری برای نصب پنل خورشیدی بر روی سقف خانه‌ها ارائه کرد.

در این بین شرکت‌های داخلی دوباره جان تازه‌ای گرفتند. جلودار همه آنها شرکت First Solar در آریزونا بوده است که با فروش به کشور آلمان در ۲۰۰۶ معروف شده است. در سال ۲۰۰۵، Solyndra پروژه‌ای با پشتوانه مالی ۱ میلیارد دلاری برای استفاده از سلول فتوولتائیک استوانه‌ای به جای تخت، اجرا کرد. در سال ۲۰۰۹ از طرف دولت، پس از بحران مالی، ۵۳۵ میلیون دلار تضمین مالی دریافت کرد.

سه دلیل عمده پس از بحران مالی ۲۰۰۸ صنعت فتوولتائیک را تهدید می‌کرد:

- رشد دسترسی به گاز طبیعی و سوخت‌های فسیلی
- مدل‌های تجارت غرب توسط افزایش ظرفیت و کاهش قیمت مخصوصاً توسط شرکت‌های چینی: در سال ۲۰۱۱ شرکت Solyndra و Evergreen Solar که فناوری نوار رشته‌ای را جهت استفاده سیلیکون برای اخذ بازده بیشتر، ابداع کرده بودند، ورشکست شدند.
- بحران در ناحیه پولی یورو و کاهش حمایت‌های دولتی

در جداول زیر خلاصه‌ای از مقایسات میان کشورها بر اساس تولید، ظرفیت و غیره ارائه شده است.

Country	Product	1975	1980	1990	2000	2008	2009
Canada	Electricity Generated	273236	367206	467733	586651	621310	585036
	Nuclear %	4.340	9.771	14.717	11.707	14.266	14.580
	Hydro %	74.074	68.353	62.837	60.525	59.664	61.596
	Geothermal%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Solar %	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.017
	Wind %	0.000	0.000	0.000	0.044	0.596	0.774
	All Combustible Fuels%	21.586	21.875	22.441	27.716	25.463	23.027
United States	Electricity Generated	1918644	2286106	3029842	3816731	4152092	3978759
	Nuclear %	8.996	10.984	19.043	19.752	19.417	20.078
	Hydro %	15.647	12.074	9.443	7.205	6.746	7.446
	Geothermal%	0.169	0.222	0.499	0.369	0.357	0.377
	Solar %	0.000	0.000	0.022	0.018	0.048	0.061
	Wind %	0.000	0.000	0.100	0.147	1.333	1.857
	All Combustible Fuels%	75.188	76.720	70.894	72.509	72.079	70.165

جدول ۲: تولید الکتریسیته توسط منبع انرژی در کشورهای انتخاب شده در زمان‌های معیار ۲۰۰۹-۱۹۷۵ (هزاران GW و درصد سهم)

Year	Germany	Italy	Japan	U.S.	Spain	Others
	----- Megawatts -----					
c1970						
1998	10	n.a.	69	n.a.	0	76
1999	12	n.a.	72	17	1	95
2000	40	n.a.	112	22	n.a.	94
2001	78	n.a.	135	29	2	90
2002	80	n.a.	185	44	9	121
2003	150	n.a.	223	63	10	148
2004	600	n.a.	272	90	6	84
2005	850	n.a.	290	114	26	41
2006	850	10	287	145	88	223
2007	1,107	70	210	207	560	276
2008	2,002	338	230	342	2,605	766
2009	3,800	730	484	477	69	1,656

Source: Earth Policy Institute, http://www.earth-policy.org/?/data_center/C23/, retrieved on April 27, 2012; 1960 data Phech Colatat, Georgeta Vidican, and Richard K. Lester, "Innovation Systems in the Solar Photovoltaic Industry: The Role of Public Research Institutions", Massachusetts Institute of Technology, Working Paper Series, MIT-IPC-09-007, June 2009.

جدول ۳: ظرفیت‌های سالانه نصب شده فتوولتائیک در کشورهای منتخب و جهان، ۲۰۰۹-۱۹۹۸

Year	Annual Production	Cumulative Production
Megawatts		
1976	0.3	0.3
1977	0.4	0.7
1978	0.8	1.6
1979	1.2	2.8
1980	2.5	5.3
1981	3.5	8.8
1982	5.2	14.0
1983	8.2	22.2
1984	8.0	30.2
1985	7.7	37.9
1986	7.1	45.0
1987	8.7	53.7
1988	11.1	64.8
1989	14.1	78.9
1990	14.8	93.7
1991	17.1	110.8
1992	18.1	128.9
1993	22.4	151.4
1994	25.6	177.0
1995	34.8	211.8

Source: EPI, http://www.earth-policy.org/?/data_center/C23/, retrie

جدول ۴: تولید سالانه فتوولتائیک آمریکا

Year	China	Japan	Taiwan	Germany	United States	Others	Total
Megawatts							
1995	n.a.	16	n.a.	n.a.	35	n.a.	78
1996	n.a.	21	n.a.	n.a.	39	n.a.	89
1997	n.a.	35	n.a.	n.a.	51	n.a.	126
1998	n.a.	49	n.a.	n.a.	54	n.a.	155
1999	n.a.	80	n.a.	n.a.	61	n.a.	201
2000	3	129	n.a.	23	75	48	277
2001	3	171	4	24	100	70	371
2002	10	251	8	55	121	97	542
2003	13	364	17	122	103	131	749
2004	40	602	39	193	139	186	1,199
2005	128	833	88	339	153	241	1,782
2006	342	926	170	469	178	374	2,459
2007	864	938	387	744	269	545	3,746
2008	2,013	1,268	813	1,334	401	1,261	7,089
2009	3,782	1,508	1,439	1,364	587	2,000	10,680

Notes: n.a. = data not available. Rows may not add to totals due to rounding.

Source: EPI, http://www.earth-policy.org/?/data_center/C23/, retrieved on April 27, 20

جدول ۵: تولید سالانه فتوولتائیک بر اساس کشور، ۲۰۰۹-۱۹۹۵

Year	Company	Country	World production (%)
1988	Siemens Solar	Germany	17.5
	Solec/Sanyo	Japan	16.5
	Solarex	U.S.	10
	ASE (RWE Schott Solar)	Germany	8
	Kyocera	Japan	5.5
	BP Solar	U.K.	4.5
	Photowatt	France	2
	Sharp	Japan	2
	Helios	Italy	1.5
	Top 9 total production as % Total			67.5
WORLD TOTAL PRODUCTION (MW)			33.9
2001	Sharp	Japan	19.2
	BP Solar	U.K.	13.9
	Kyocera	Japan	13.8
	Shell Solar	Netherlands/UK	10.0
	General Electric	U.S.	6.7
	Schott Solar	Germany	5.9
	Sanyo	Japan	4.9
	Isofoton	Spain	4.6
	Photowatt	France	3.6
	Mitsubishi	Japan	3.6
Top 10 total production as % Total			82.5%
WORLD TOTAL PRODUCTION (MW)			390.5
2006	Sharp	Japan	17.6
	Q-cells	Germany	10.3
	Kyocera	Japan	7.3
	Suntech	China	6.5
	Sanyo	Japan	6.3
	Mitsubishi	Japan	4.5
	Motech	Taiwan	4.5
	Schott Solar	Germany	3.9
	BP Solar	U.K.	3.5
	Shell Solar	Netherlands/UK	3.5
Top 10 total production			67.9
WORLD TOTAL PRODUCTION (MW)			2,459
2011	LDK Solar	China	10.2
	Sharp	Japan	9.5
	Suntech	China	8.1
	First Solar	U.S.	7.8
	JA Solar	China	7.5
	Canadian Solar	China (Canadaregistered)	6.8
	Trina Solar	China	6.4
	Yingli Solar	China	5.8
	Hanwha Solar	China	5.1
	Jinto Solar	China	5.1
Top 10 total production			72.2
WORLD TOTAL PRODUCTION (MW)			29,500

جدول ۶: رده‌بندی تولیدکنندگان و سهم بازار جهانی در تاریخ‌های معیار: ۲۰۱۱-۱۹۸۸

۳,۱,۱ نهادهای مربوطه

اصلی‌ترین ارگان دولتی مسئول در قبال انرژی، در کشور آمریکا، دپارتمان انرژی آمریکا (DOE^{۲۲}) می‌باشد. این دپارتمان در سطح کابینه دولتی می‌باشد. این دپارتمان وظیفه سیاست‌گذاری در مورد انرژی را بر عهده دارد. یکی از بخش‌های مهم این دپارتمان آزمایشگاه‌های ملی آن می‌باشد. این آزمایشگاه‌ها وظیفه پیش‌برد فناوری را بر عهده دارند. تمامی مؤسسات تحقیقاتی در رابطه با انرژی با این آزمایشگاه‌ها در ارتباط هستند. در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر آزمایشگاه مربوطه، آزمایشگاه ملی تجدیدپذیر یا NREL می‌باشد. این آزمایشگاه در سال ۱۹۷۷ و در زمان ریاست جمهوری جیمی کارتر در کلرادو بنا نهاده شد.

²² Department of Energy

این نهاد دارای بودجه‌ی زیادی می‌باشد که موظف است آن را در راستای تحقیقات و توسعه در زمینه انرژی‌های خورشیدی بکار گیرد. در سال ۲۰۱۰ بودجه‌ی این آزمایشگاه در زمینه انرژی‌های خورشیدی برابر بود با ۱۹/۷ میلیون دلار. این رقم از همه بودجه‌های دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر است. به عنوان مثال بودجه مربوط به انرژی‌های بادی حدود ۳۸/۸ میلیون دلار و بودجه مربوط به انرژی‌های زمین‌گرمایی^{۲۳} تنها ۴/۸ میلیون دلار می‌باشد. این مؤسسه تاکنون ۱۰۰ جایزه مختلف در زمینه نوآوری کسب کرده است.

مهمترین وظیفه‌ای که این نهاد بر عهده دارد بحث انتقال فناوری است. بدین معنا که گسترش و تحقیقات انجام شده را می‌بایست به بازار و صنعت انتقال دهد. ایده‌ی انجام این کار به منظور ایجاد ابزاری برای ایجاد تأثیرات تجاری و سودهای اجتماعی از پیشرفت‌های فناوری و در نتیجه برای توجیه‌پذیری مالیات‌های گرفته شده از مردم برای امور اینگونه آزمایشگاه‌ها، صورت گرفت.

وظیفه‌ی گسترش فناوری‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر را بر عهده دارد. یکی از مهمترین بخش‌های این آزمایشگاه بخش مربوط به سلول‌های فتوولتائیک می‌باشد. در این بخش سلول‌های پیشرفته فتوولتائیک با بازدهی‌های بالا ساخته می‌شوند و مورد آزمایش قرار می‌گیرند. همچنین هر مؤسسه یا شرکتی که ادعای ساخت سلولی با مشخصات خاصی را دارد می‌بایست در آزمایشگاه‌های این مؤسسه مورد آزمایش قرار گیرد تا صحت آن تأیید شود. این آزمایشگاه دستاوردهایی در رابطه با سلول‌های فتوولتائیک دارد که به شرح زیر است:

- دستاوردها در زمینه سلول‌های کریستالی
- دستاوردها در زمینه سلول‌های لایه نازک
- دستاوردها در زمینه سلول‌های نسل جدید
- فتوولتائیک در مقیاس پشت بامی

سیستم‌های فتوولتائیک در اشل کوچک معمولاً با نام پشت بامی شناخته می‌شوند. چرا که محل نصب اینگونه سلول‌ها معمولاً روی پشت بام خانه‌ها یا ساختمان‌های اداری می‌باشد. ولی محل نصب می‌تواند مکان‌هایی همچون روی پارکینگ و یا روی

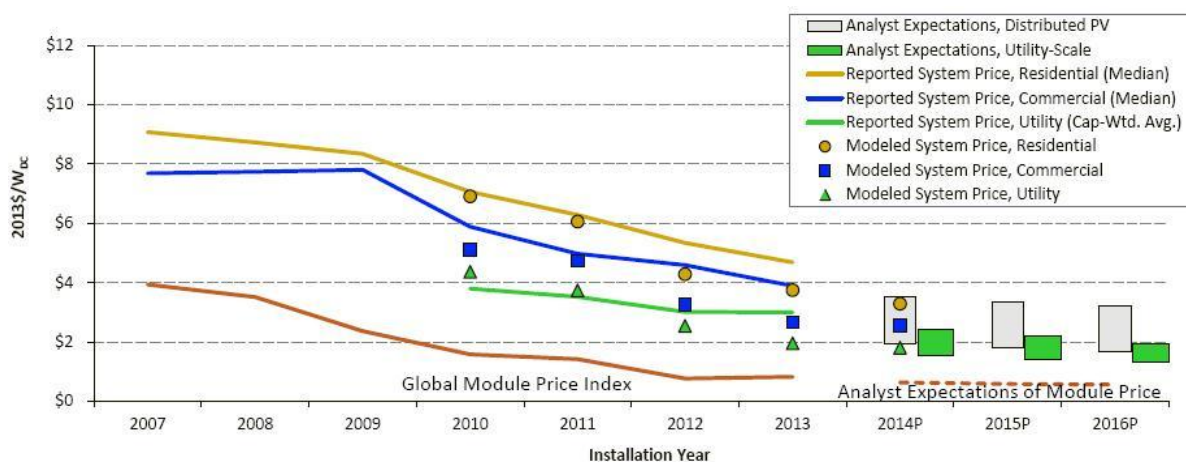
²³Geothermal

زمین نیز باشد. می‌توان گفت بیشترین نمود در جهت‌گیری به سمت انرژی پاک، قابل اطمینان و مقرون به صرفه در ایالات متحده در پشت بام‌های دارای سلول‌های خورشیدی قابل مشاهده است. بین سال‌های ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۳ استفاده از سلول‌های پشت بامی در اماکن مسکونی، تجاری و سازمانی رشد ۵۰٪ را شاهد بوده [28]؛ همچنین طی این چند سال قیمت این نوع سیستم‌ها به اندازه ۳۰٪ کاهش داشته است. تقریباً تمامی این سیستم‌ها از نوع فتوولتائیک می‌باشند. این سیستم‌ها معمولاً به شبکه برق متصل می‌باشند. برق تولید شده در این سلول‌ها در ابتدا به مصرف همان محل می‌رسد و در صورتیکه میزان مصرف کمتر از میزان برق تولیدی باشد برق تولید شده به شبکه وارد می‌شود و در جاهای دیگر مصرف می‌شود. همچنین در صورتیکه میزان مصرف بیشتر از میزان تولید برق توسط سلول باشد، برق شبکه برای تأمین نیاز کمک می‌کند و کمبود آن را جبران می‌کند. به عنوان مثال در زمانیکه تابش خورشید نداریم این شبکه برق است که برق مصرفی خانه یا اداره را تأمین می‌کند. البته اینکه معمولاً مصرف زیاد برق در مواقعی اتفاق می‌افتد که تابش خورشید نیز زیاد است (برای سرمایش) امتیاز مهمی برای این نوع منبع انرژی تجدیدپذیر به حساب می‌آید. البته شبکه‌هایی که توانایی این نوع کار را دارند بسیار پیشرفته و پرخرج می‌باشند. تشعشع خورشید در تمامی ایالت‌ها تقریباً در حد خوبی است. در مناطق با تشعشع بالا همچون لس‌آنجلس یا فونیکس، یک ماژول ۵ کیلوولتی به طور متوسط بین ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ کیلوولت ساعت در سال برق تولید می‌کند. برای ایالت‌های شمالی همچون پرتلند و ME، تقریباً ۸۰٪ لس‌آنجلس متوسط تولید برق در سال برای این ماژول می‌باشد [28].

۴,۱,۱ هزینه‌ها

به لطف کاهش هزینه‌ها در فناوری، سیستم‌های پشت بامی به طور فزاینده‌ای در حال کاهش قیمت هستند. در نمودار زیر این کاهش قیمت در سال‌های اخیر قابل مشاهده است. قیمت سیستم‌های خانگی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳، ۲۹٪ کاهش قیمت داشته است و از قیمت ۳۲۰۰۰ دلار برای هر ۵ کیلووات به ۲۳۰۰۰ دلار برای هر ۵ کیلووات رسیده است [28]. البته سازمان سرمایه گذاری انرژی خورشیدی در آمریکا، ۳۰٪ از هزینه را تقبل می‌کند که سبب پایتتر آمدن قیمت نیز می‌شود.

روند رو به کاهش هزینه فتوولتائیک در آمریکا در شکل زیر قابل مشاهده است [29].

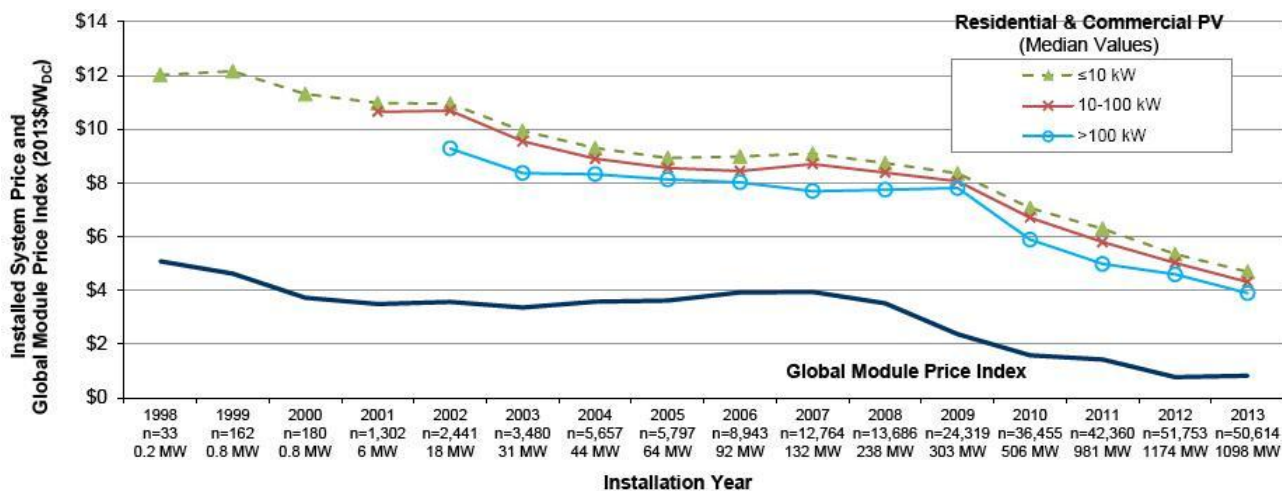


Note: The reported system price for the residential market is the median price reported for systems less than or equal to 10 kW. The modeled residential system price represents a ~5 kW system. The reported system price for the commercial market is the median price reported for commercial systems greater than 100 kW. The modeled commercial system price represents a ~200 kW rooftop system. The reported system price for the utility-scale market is the capacity-weighted average reported price for ground-mounted systems greater than or equal to 5 MW in size, with a capacity-weighted average project size of 150 MW in 2013. The modeled system price of utility-scale systems represents a ~175 MW fixed-tilt ground-mounted system. Modeled system prices for all sectors are representative of bids issued in the fourth quarter of the previous year. The Global Module Price Index is the average module selling price for the first buyer (P Mints SPV Market Research).

شکل ۴: روند رو به کاهش هزینه فتوولتائیک در ایالات متحده آمریکا

در سال ۲۰۱۱ آمریکا به تنهایی ۲ گیگاوات از ۲۱ گیگاوات تولیدی در دنیا را تولید کرده است. این امر به خاطر کاهش قیمت فتوولتائیک، مشوق‌های دولتی و دیگر سیاست‌های حمایتی از سوی دولت می‌باشد. ابتکار SunShot دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) برای دستیابی به هدف کاهش ۷۵ درصدی قیمت فتوولتائیک از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، کمک شایانی به این موضوع کرده است.

کاهش قیمت فتوولتائیک در جهت افزایش بهره‌برداری از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۱ در شکل زیر آمده است.



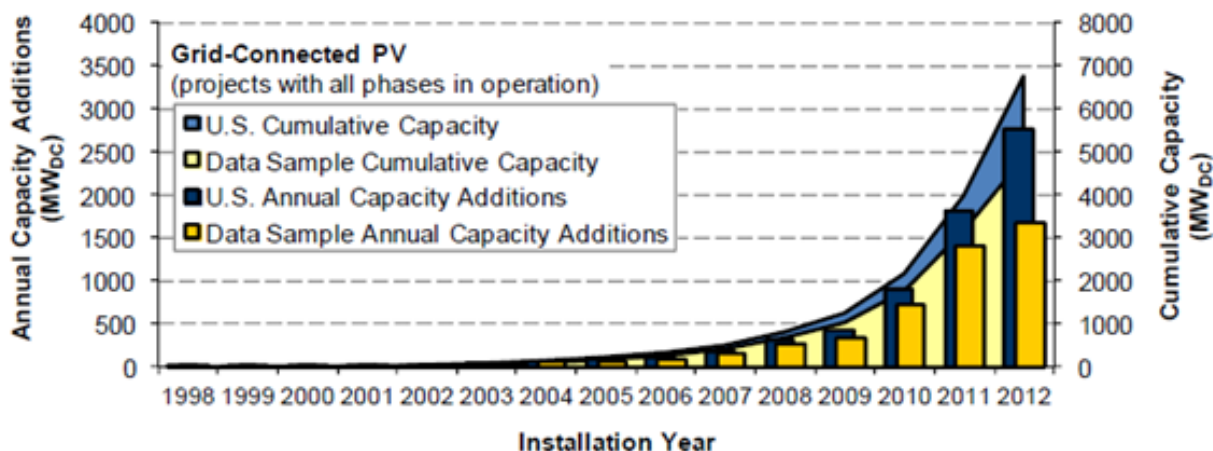
Note: Median installed prices are shown only if 15 or more observations are available for the individual size range. The Global Module Price Index is SPV Market Research's average module selling price for the first buyer (P. Mints).

شکل ۵: قیمت نصب سیستم‌های PV مسکونی و تجاری در طول زمان

روند نصب ، بازار و هزینه سالانه آمریکا در شکل‌ها و جداول زیر نشان داده شده است.

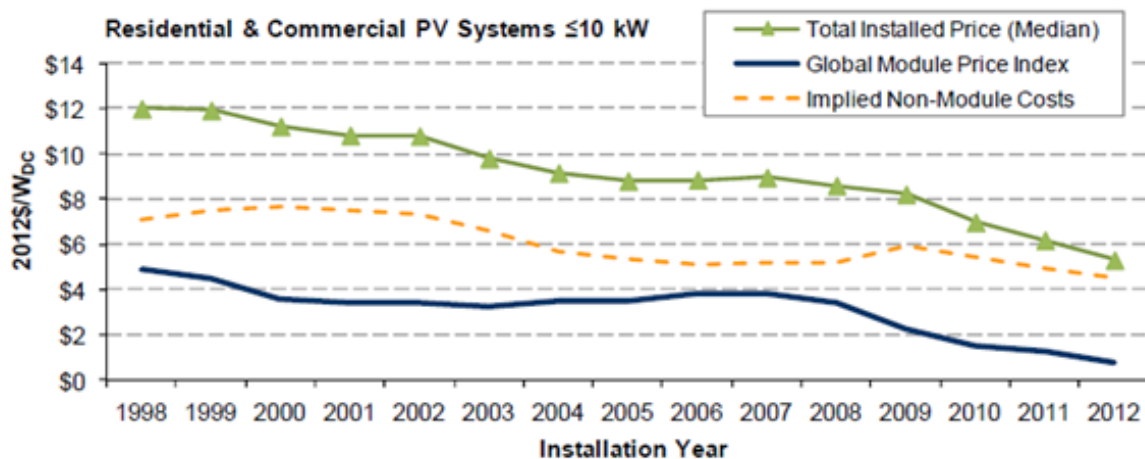
Installation Year	No. of Systems			Capacity (MW _{DC})		
	Residential & Commercial	Utility-Scale	Total	Residential & Commercial	Utility-Scale	Total
1998	34	0	34	0.2	0	0.2
1999	165	0	165	0.8	0	0.8
2000	186	0	186	0.8	0	0.8
2001	1,308	0	1,308	5.7	0	5.7
2002	2,449	0	2,449	18	0	18
2003	3,461	0	3,461	31	0	31
2004	5,626	2	5,628	44	10	54
2005	5,754	0	5,754	64	0	64
2006	8,887	0	8,887	91	0	91
2007	12,936	2	12,938	133	22	155
2008	14,165	4	14,169	241	20	261
2009	24,664	5	24,669	288	61	349
2010	36,780	18	36,798	494	236	730
2011	42,397	53	42,450	878	502	1380
2012	49,717	106	49,823	940	744	1684
Total	208,529	190	208,719	3,231	1,595	4,826

جدول ۷: نمونه داده بر اساس سال نصب و بخش بازار



Data source for U.S. total grid-connected PV capacity additions: Sherwood (2013). LBNL modified those values by deducting the capacity associated with the operational phases of several large utility-scale PV projects that were still under construction as of year-end 2012.

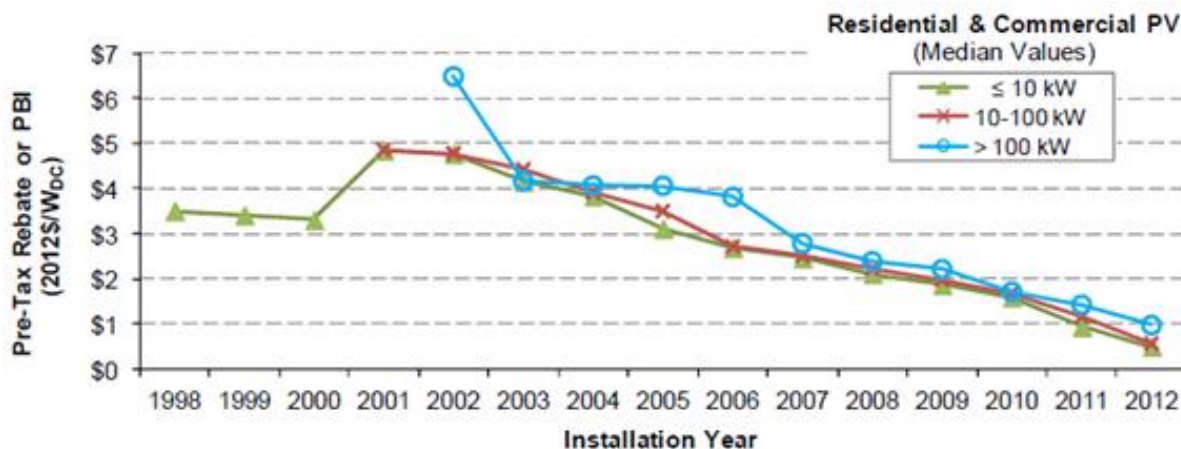
شکل ۶: نمونه داده مقایسه شده با ظرفیت PV کلی متصل به شبکه ایالات متحده



Notes: The Global Module Price Index is Navigant Consulting's module price index for large-quantity buyers (Mints 2012) and the successor index for first-buyer ASPs published by Paula Mints Solar PV Market Research (Mints 2013). "Implied Non-Module Costs" are calculated as the Total Installed Price minus the Global Module Price Index.

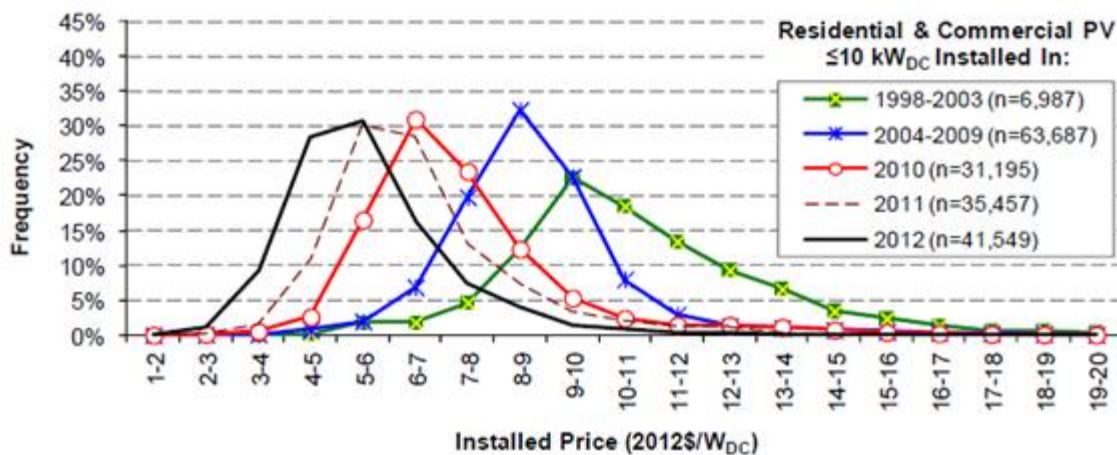
شکل ۷: هزینه نصب، قیمت شاخص ماژول، و هزینه‌های ضمنی غیرماژول در طول زمان برای سیستم‌های PV کمتر از ۱۰ کیلووات مسکونی و

تجاری

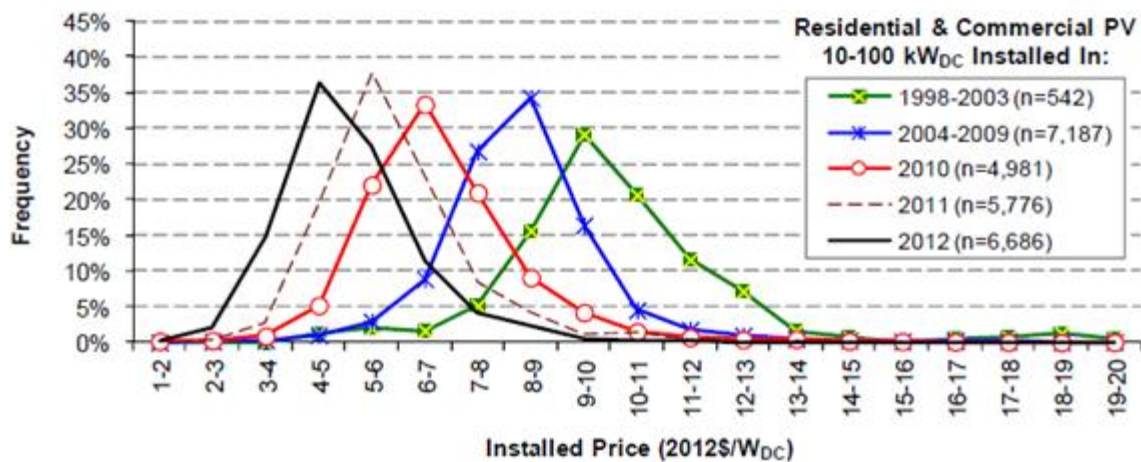


Notes: The figure depicts the pre-tax value of rebates and PBI payments provided through state/utility PV incentive programs, excluding systems that received incentives solely in the form of ongoing SREC payments over time. The high median incentive for >100 kW systems in 2002 reflects the large percentage of systems that received an incentive through LADWP's PV incentive program, which provided especially lucrative incentives in that year. Results are excluded if fewer than 15 observations are available.

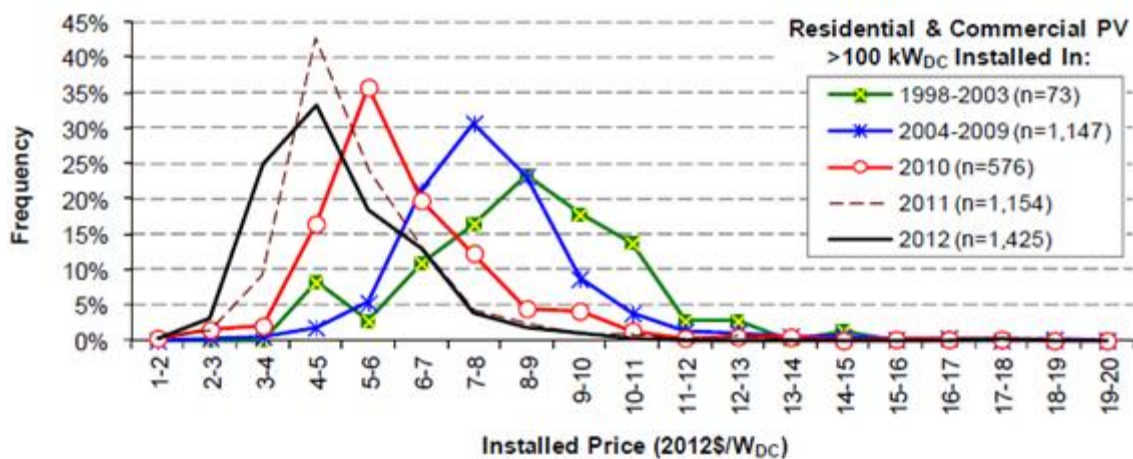
شکل ۸: مشوق‌های دولتی برای سیستم‌های PV تجاری و مسکونی



شکل ۹: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV کمتر از ۱۰ کیلووات مسکونی و تجاری



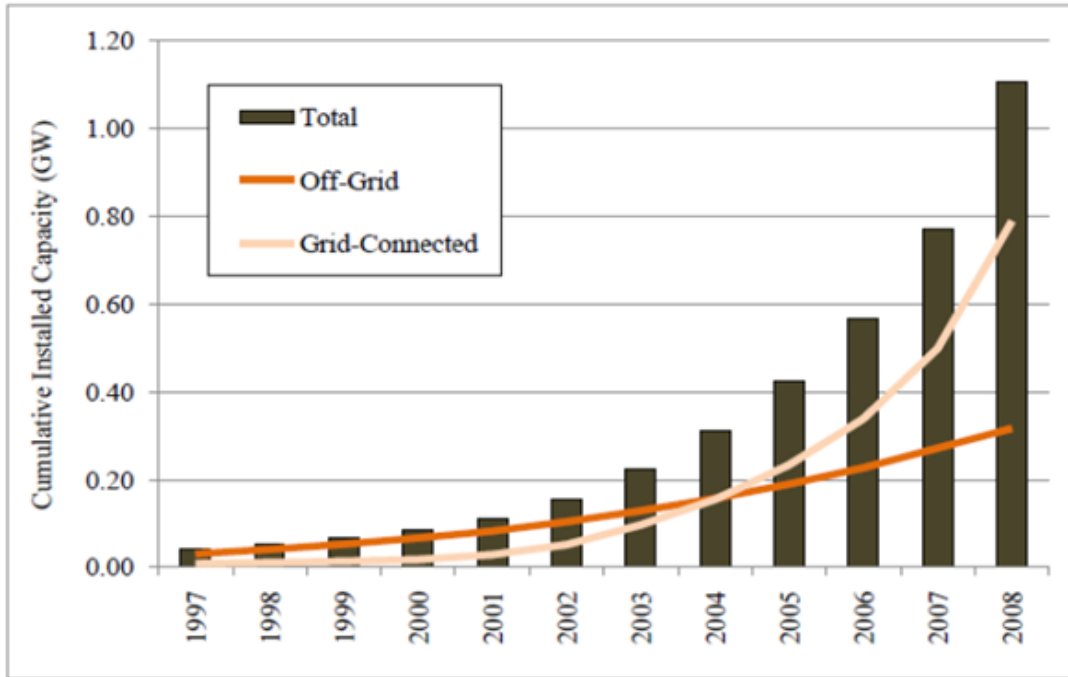
شکل ۱۰: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلووات مسکونی و تجاری



شکل ۱۱: پراکندگی قیمت نصب برای سیستم‌های PV بیش از ۱۰۰ کیلووات مسکونی و تجاری

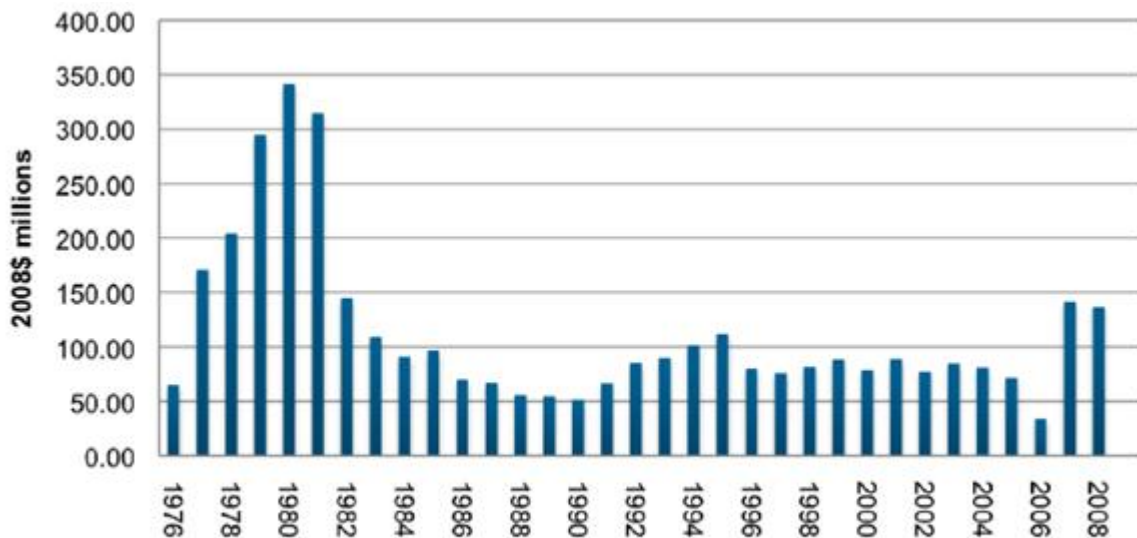
Year	Module Production (MW)			Production Cost (\$/W)	Reliability (Years)	Notable Technology Developments
	c-Si	Thin Films	Total			
1974	0.19	0.00	0.19	\$114.44	2	
1975	0.37	0.00	0.37	\$83.86	2	
1976	0.80	0.00	0.80	\$53.28	2	DOE's Flat-Plate Solar Array Project <ul style="list-style-type: none"> • Block Purchases I-V • EVA for encapsulants • UCC silicon refining process • Silicon ingot growth • Silicon ribbon growth • Automated module assembly • Design and test methods for durability, performance, and safety • Laboratory cells reaching 22% efficiency • 10-year module warranties
1977	1.22	0.00	1.22	\$37.60	2	
1978	1.65	0.00	1.65	\$25.64	2	
1979	2.07	0.00	2.07	\$23.93	2	
1980	2.50	0.00	2.50	\$22.22	2	
1981	4.46	0.00	4.46	\$19.65	2	
1982	5.05	0.00	5.05	\$17.09	5	
1983	5.63	0.00	5.63	\$14.53	5	
1984	6.22	0.05	6.27	\$11.96	5	
1985	7.30	0.50	7.80	\$9.40	10	
1986	6.40	0.85	7.25	\$8.99	10	
1987	7.45	1.40	8.85	\$8.58	10	
1988	9.70	1.85	11.55	\$8.16	10	
1989	12.95	1.45	14.40	\$7.75	10	
1990	13.78	1.37	15.15	\$7.34	20	
1991	16.48	1.00	17.48	\$6.93	20	DOE's Thin-Film PV Partnerships <ul style="list-style-type: none"> • National teams • Basic research in a-Si, CdTe, and CIS • a-Si modules (ECD/Uni-Solar) • CdTe modules (First Solar [Solar Cells Inc.]) • CIS/CIGS modules (Global Solar)
1992	16.95	1.65	18.60	\$6.00	20	
1993	20.91	1.53	22.44	\$5.69	20	
1994	24.31	1.95	26.26	\$4.84	20	
1995	33.30	1.66	34.96	\$4.53	20	
1996	37.35	2.46	39.81	\$3.93	20	
1997	48.00	3.10	51.10	\$3.77	25	DOE's PV Manufacturing Technology Project <ul style="list-style-type: none"> • Wire saw technology adoption for silicon ingot wafering • Automated cell and module assembly processes • In-line diagnostics and monitoring • High-efficiency c-Si cells • Cost reductions from \$6.93 per watt in 1991 to \$1.92 per watt in 2008 • 25-year module warranties • Funding to AstroPower (GE), BP Solar (Solarex), Evergreen, First Solar, Global Solar, SCHOTT Solar, SolarWorld USA (Arco/Siemens/Shell), SunPower, Uni-Solar
1998	48.10	5.80	53.90	\$3.71	25	
1999	53.80	7.00	60.80	\$3.45	25	
2000	66.00	9.00	75.00	\$2.96	25	
2001	86.70	13.80	100.50	\$3.00	25	
2002	109.40	18.20	127.60	\$2.85	25	
2003	86.82	15.80	102.62	\$2.91	25	
2004	115.20	23.50	138.70	\$2.80	25	
2005	133.60	44.50	178.10	\$2.96	25	
2006	175.30	92.50	267.80	\$2.67	25	
2007	189.20	263.00	452.20	\$2.11	25	
2008	379.90	642.70	1,022.60	\$1.92	25	

شکل ۱۲: توسعه صنعت PV ایالات متحده از سال ۱۹۷۴ تا سال ۲۰۰۸



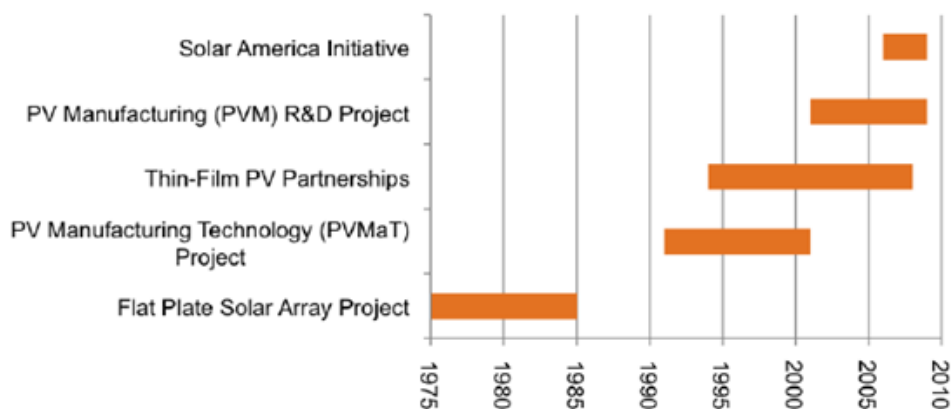
Source: DOE 2008 Solar Technologies Market Report, Fig. 1.6 (2009).

شکل ۱۳: ظرفیت تجمعی PV نصب شده در ایالات متحده توسط اتصال داخلی



Source: The graph is prepared from data provided by DOE and included in O'Connor, et al. (2010).

شکل ۱۴: سرمایه‌گذاری DOE در سیستم‌های انرژی PV (در سال ۲۰۰۸، تورم دلار را تعدیل کرد)



شکل ۱۵: عمده طرح‌های زیربرنامه خورشیدی فتوولتائیک DOE

۵,۱,۱ اشتغال زایی

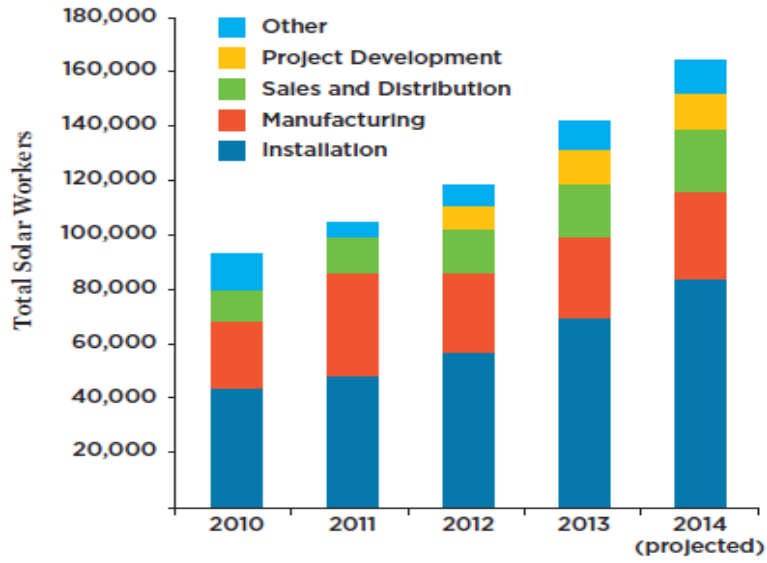
سیستم‌های فتوولتائیک در مقیاس‌های کوچک تا حد زیادی سبب اشتغال‌زایی نیز شده‌اند. در سال ۲۰۱۳ این صنعت سبب اشتغال‌زایی حدود ۱۴۰۰۰۰ نفر در آمریکا شده است که نسبت به سال ۲۰۱۳، ۵۳٪ افزایش داشته است. تا نوامبر سال ۲۰۱۴، صنعت خورشیدی، ۱۷۳۸۰۷ گارگر خورشیدی را استخدام کرد که نمایانگر رشد ۲۱/۸٪ از نوامبر سال ۲۰۱۳ است.

شکل ۱۶: مشاغل صنایع خورشیدی

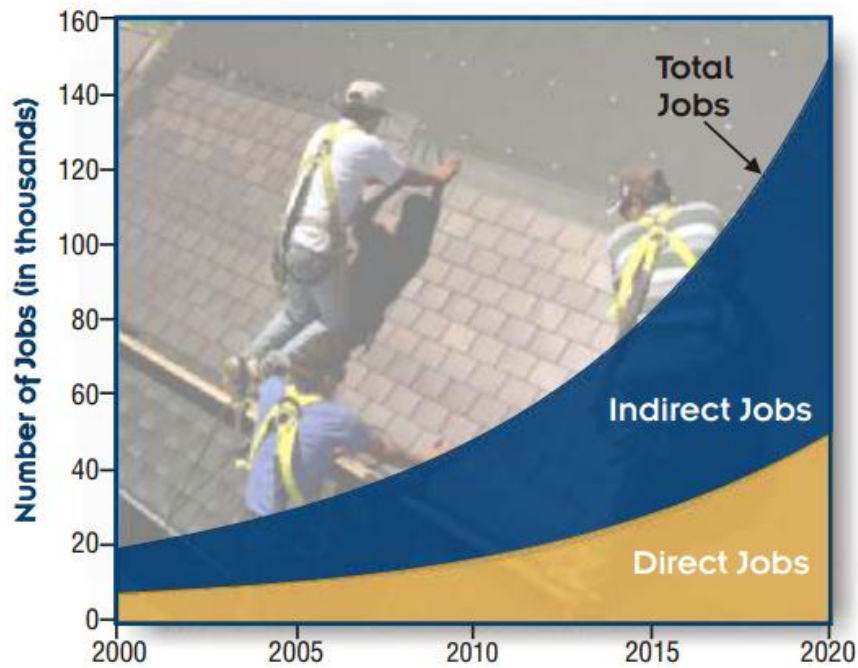
در سال ۲۰۱۴ [314]



هم اکنون ۶۰۰۰ شرکت خورشیدی در این زمینه فعال می‌باشند. سالانه میزان سرمایه‌گذاری در این بخش حدود ۱۵ میلیارد دلار می‌باشد [30]. در نمودار زیر میزان اشتغال‌زایی در بخش‌های مختلف این صنعت قابل رویت است.



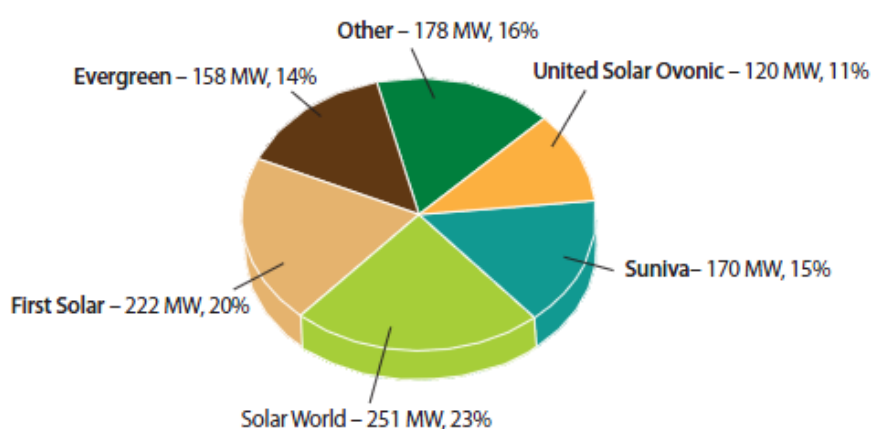
شکل ۱۷: میزان اشتغال‌زایی در بخش‌های مختلف صنعت خورشیدی



شکل ۱۸: فرصت‌های شغلی مستقیم و غیرمستقیم تا سال ۲۰۲۰

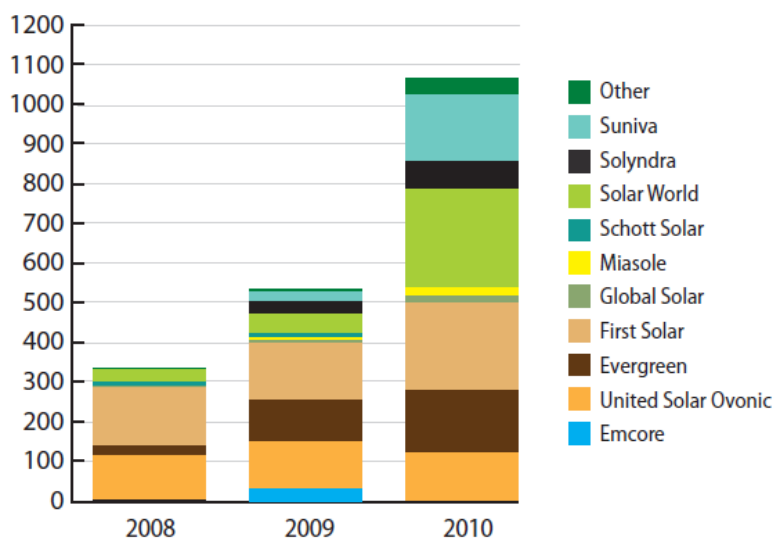
۶,۱,۱ شرکت‌ها

همانطور که گفته شد شرکت‌های زیادی در زمینه سلول‌های فتوولتائیک در حال رقابت می‌باشند. در سال ۲۰۱۱ شرکت Solar World با در دست داشتن ۲۳٪ از سیستم‌های فتوولتائیک در مقیاس کوچک، در رتبه اول قرار گرفت. شرکت‌های First Solar و Suniva نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در نمودار زیر سهم بازار هر کدام از این شرکت‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۱۹: سهم بازار هر کدام از شرکت‌ها در بخش خورشیدی

همچنین در نمودار زیر میزان تغییرات سهم بازار هر کدام از شرکت‌ها در سال‌های اخیر نشان داده شده است. همانطور که مشخص است شرکت‌هایی همچون Suniva و Solar World طی این چند سال پیشرفت بسیار زیادی داشته‌اند. در ادامه تعدادی از این شرکت‌های صاحب نام معرفی می‌گردند.



شکل ۲۰: میزان تغییرات سهم بازار هر کدام از شرکت‌های خورشیدی

۱,۶,۱,۱ شرکت Solar World

این شرکت ملیت آلمانی دارد که در سال ۱۹۸۸ توسط آقای Frank Asbeck تأسیس شد. حیطة تخصصی این شرکت سلول‌های سیلیکونی می‌باشد. به دلیل کارایی خوب، بازدهی بالا و عدم نیاز به تعمیرات و ... این سلول‌ها توانسته‌اند سهم خوبی از سیستم‌های خانگی را در اختیار بگیرند.

۲,۶,۱,۱ شرکت First Solar

شرکت First Solar شرکتی آمریکایی است که تنها از فناوری لایه نازک کادمیوم تلوراید برای تولید برق از سلول فتوولتائیک بهره می‌گیرد. این شرکت در سال ۲۰۰۹ توانست برای اولین بار هزینه تمام شده ماژول برای هر وات را به زیر ۱ دلار برساند. در سال ۲۰۱۳ این شرکت توانست با رساندن بازدهی سلول‌های کادمیوم تلورایدی به ۱۴٪، این هزینه را به ۵۹ سنت برای هر وات کاهش دهد.

این شرکت توسط آقای Harold McMaster در سال ۱۹۹۰ تأسیس شد. دفتر اصلی این شرکت در آریزونا می‌باشد. این شرکت به عنوان دومین تولیدکننده بزرگ سلول‌های فتوولتائیک شناخته شده است. همچنین این شرکت رتبه ششم از بین ۵۰ شرکت نوآور را از آن خود کرده است. در سال ۲۰۱۳ نیز مجله‌ی Solar Power World magazine این شرکت را به عنوان بزرگترین شرکت در زمینه فتوولتائیک انتخاب کرد.

بیشترین بازدهی مربوط به سلول‌های کادمیوم تلورایدی در اختیار این شرکت می‌باشد. این شرکت بازدهی سلول کادمیوم تلورایدی را به ۱۷٪ و بازدهی ماژول آن را به ۲۰/۴٪ رساند که هر دو توسط مؤسسه NREL تأیید شدند.

۳,۶,۱,۱ شرکت Suniva

شرکت Suniva ملیتی آمریکایی دارد. این شرکت در زمینه تولید سلول‌های کریستالی با بازدهی بالا فعال می‌باشد. این شرکت در ابتدا از شرکت‌های وابسته به دانشگاه جورجیا بوده است. دانشگاه جورجیا به دلایلی که بعداً ذکر خواهد شد به عنوان قطب ساخت و ساز فتوولتائیک نام‌گذاری شد. این شرکت نیز به دلیل سطح بالای فناوری در این دانشگاه توانست با تولید سلول‌هایی با کیفیت بالا و قیمت پایین سهم خوبی را در بازار فتوولتائیک خانگی از آن خود کند. این شرکت در بازار بین‌المللی و از جمله در کشورهایی همچون هند نیز بازار خوبی دارد. هرچند تخصص این شرکت سلول‌های مونوکریستال می‌باشد اما سلول‌های پلی‌کریستال خوبی هم توسط این شرکت ساخته شده است.

۴,۶,۱,۱ شرکت EverGreen

این شرکت که در سال ۱۹۹۴ در آمریکا تأسیس شد، توانست روشی جدید در تولید سلول‌های پلی‌کریستال را نوآوری کند که امروزه به آن String Ribbon می‌گویند. در این روش از سیم‌هایی داغ با مقاومت بالا برای تبدیل نوارهای سیلیکونی به سیلیکون‌های کریستالی استفاده می‌شود. با ابداع این روش و با توجه به مزایای آن، این شرکت توانست با تولید سلول‌های پلی‌کریستال ارزان قیمت، بازار خوبی برای خود بسازد. در سال ۲۰۱۱ بالغ بر ۸۰۰ نفر در کارخانه‌ی تولید این سلول‌ها همکاری داشتند. هرچند در سال‌های بعد این کارخانه به دلایل اقتصادی به چین منتقل شد.

۷,۱,۱ فتوولتائیک در مقیاس نیروگاهی

نیروگاه‌های فتوولتائیک را می‌توان بر حسب ظرفیت به ۳ دسته تقسیم کرد: کوچک (۵ الی ۲۰ مگاوات)، متوسط (۲۰ الی ۵۰ مگاوات) و بزرگ (بیش از ۵۰ مگاوات)

آمار منتشر شده توسط مؤسسه NREL نشان می‌دهد میزان ظرفیت نیروگاه‌های فتوولتائیکی از ۷۰ مگاوات در سال ۲۰۰۹ به ۷۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۱ رسیده است که رشدی حیرت‌آور را نشان می‌دهد. این آمار در سال ۲۰۱۲ به ۱۱ گیگاوات می‌رسد. با توجه به رشد میزان انرژی مورد نیاز می‌توان انتظار داشت رشد تولید برق از نیروگاه‌های فتوولتائیک همچنان ادامه داشته

باشد. هرچند که با توجه به نیروگاه‌های در حال ساخت نیز این پیش‌بینی انجام‌پذیر است. به چند نمونه از بزرگترین نیروگاه‌های نصب شده و در حال نصب در این زمینه و همچنین نوع فناوری بکار گرفته شده در آن اشاره خواهیم کرد.

۱,۷,۱,۱: Desert Sunlight Solar Farm

این نیروگاه با ظرفیت ۵۵۰ مگاوات در کویر Sonoran در ایالت کالیفرنیا در حال ساخت می‌باشد. در این نیروگاه ۸/۸ میلیون ماژول فتوولتائیک از نوع لایه نازک کادمیوم تلورایدی نصب شده است. این ماژول‌ها توسط شرکت First Solar ساخته شده‌اند. با توجه به برنامه‌ریزی انجام شده این پروژه در سال ۲۰۱۵ به اتمام می‌رسد و بعد از آن بزرگترین نیروگاه فتوولتائیک در جهان خواهد بود.

این پروژه در ۲ فاز طراحی گردیده است. فاز اول این نیروگاه با ظرفیت ۳۰۰ مگاوات برق خود را به شرکت Pacific Gas & Electric خواهد فروخت. فاز دوم نیز با ظرفیت ۲۵۰ مگاوات برق خود را به Southern California Edison خواهد فروخت. هم‌اکنون بیش از ۵۵۰ نفر در ساخت این نیروگاه مشارکت دارند. دپارتمان انرژی آمریکا (DOE)، ۱/۴۶ میلیارد دلار وام برای ساخت این نیروگاه اهدا کرد. کارفرمای این پروژه، سرمایه‌گذارانی خصوصی با سرپرستی شرکت Goldman Sachs و همکاران می‌باشد.

۱,۷,۱,۱: Topaz Solar Farm

علاوه بر نیروگاه بالا، نیروگاه دیگری نیز با ظرفیت ۵۵۰ مگاوات تولید برق در سال ۲۰۱۱ شروع به ساخت شده و تا سال ۲۰۱۵ به بهره‌برداری خواهد رسید. ماژول‌های بکار گرفته شده در این نیروگاه نیز از نوع لایه نازک کادمیوم تلورایدی می‌باشند. شرکت سازنده این ماژول‌ها نیز First Solar می‌باشد. اشتغال‌زایی این نیروگاه ۴۰۰ نفر می‌باشد. محل این نیروگاه نیز در San Luis Obispo County ایالت کالیفرنیا می‌باشد. انتظار می‌رود میزان تولید برق سالانه این نیروگاه ۱۰۹۶ گیگاوات ساعت باشد. تعداد ۹ میلیون ماژول در این نیروگاه نصب خواهد شد.

۱,۷,۱,۱: California Valley Solar Ranch

این نیروگاه با ظرفیت ۲۵۰ مگاوات در شمال کالیفرنیا مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. این پروژه توسط شرکت‌های NRG Energy و SunPower انجام شده‌اند. نوع سلول‌های بکار گرفته شده در این نیروگاه از نوع تک‌کریستالی می‌باشد که توسط

شرکت SunPower ساخته شده‌اند. همچنین سلول‌ها همگی دارای سیستم ردیاب^{۲۴} می‌باشند که سبب افزایش ظرفیت آن‌ها می‌شود. ساخت این نیروگاه در سال ۲۰۱۱ شروع شد و در سال ۲۰۱۳ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. این نیروگاه برق مورد نیاز بیش از ۱۰۰۰۰۰ خانه در کالیفرنیا را تأمین می‌کند. مساحت زمین بکار گرفته شده ۱۹۶۶ هکتار می‌باشد. ظرفیت تولید برق سالانه این نیروگاه ۵۵۰ گیگاوات ساعت می‌باشد. میزان وام گرفته شده از دپارتمان انرژی آمریکا (DOE)، ۱/۲۳ میلیارد دلار می‌باشد. کل هزینه ساخت ۱/۶ میلیارد دلار بود.

۴,۷,۱,۱: Agua Caliente Solar Project

ظرفیت این نیروگاه ۲۹۰ مگاوات می‌باشد. در سال ۲۰۱۱، ۳۹ مگاوات و در سال ۲۰۱۲، ۲۴۷ مگاوات از این نیروگاه مورد بهره‌برداری قرار گرفت. ۹۶۷ میلیون دلار وام توسط دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) به شرکت NRG Solar برای احداث این نیروگاه اعطا شد. اشتغال‌زایی این نیروگاه ۴۰۰ نفر بود. برق تولید شده نیز همانند نیروگاه‌های پیشین به شرکت Pacific Gas & Electric فروخته می‌شود. سلول‌های استفاده شده در این نیروگاه از نوع لایه نازک کادمیوم تلورایدی می‌باشد. محل نصب این نیروگاه ایالت آریزونا می‌باشد.

۵,۷,۱,۱: Antelope Valley Solar Ranch

این نیروگاه که در جنوب کالیفرنیا قرار دارد دارای ظرفیتی معادل ۲۳۰ مگاوات تولید برق دارد. این پروژه توسط شرکت First Solar ساخته شد و بعدها توسط شرکت Exelon Corporation مورد خریداری قرار گرفت. میزان وام اعطا شده توسط دپارتمان DOE به این پروژه ۶۴۶ میلیون دلار بود. ۳۵۰ نفر در این پروژه اشتغال داشتند. ۲۰ نفر نیز هم اکنون به صورت دائمی در این نیروگاه در حال کار می‌باشند. ۳/۸ میلیون پنل در این نیروگاه نصب شد که ۲۰٪ آنها دارای سیستم ردیاب بودند. این نیروگاه برق ۷۵۰۰۰ خانه را تأمین کرده و همچنین ۱۴۰۰۰۰ تن تولید دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد. مساحت اشتغال شده توسط این نیروگاه نیز ۲۱۰۰ هکتار می‌باشد.

۶,۷,۱,۱: Mesquite Solar project

این پروژه در ایالت آریزونا آمریکا انجام شد. در این نیروگاه ۸۰۰۰۰۰ پنل که توسط شرکت Suntech Power ساخته شده بودند مورد استفاده قرار گرفتند. کارفرمای این پروژه شرکت Sempra Generation بود. ظرفیت کنونی این نیروگاه ۱۵۰ مگاوات می باشد اما این شرکت قصد دارد در آینده با گسترش آن ظرفیت را به ۷۰۰ مگاوات برساند که در نوع خود بی نظیر است. این نیروگاه سبب کاهش تولید سالانه ۲۰۰۰۰۰ تن دی‌اکسیدکربن می‌شود. ظرفیت تولید سالانه این نیروگاه اکنون ۳۵۰ گیگاوات ساعت می‌باشد. هزینه سرمایه‌گذاری آن نیز ۶۰۰ میلیون دلار تخمین زده شد.

۱,۱,۷,۷:Copper Mountain Solar Facility

این نیروگاه با ظرفیت ۱۵۰ مگاوات در نوادا ساخته شده است. این نیروگاه در سال ۲۰۱۰ ساخته شد و در آن زمان بزرگترین نیروگاه فتوولتائیک جهان بود. خروجی این نیروگاه تولید برق ۱۰۰ گیگاوات ساعت در هر سال بود. مساحت اشغال شده توسط این نیروگاه ۴۵۰ هکتار بود.

۱,۱,۷,۸:Campo Verde Solar Project

ظرفیت این نیروگاه ۱۳۹ مگاوات بوده و سلول‌های به کار گرفته شده در آن از نوع لایه نازک کادمیوم تلورایدی می‌باشند. این سلول‌ها توسط شرکت First Solar ساخته شده‌اند. محل قرارگیری این نیروگاه ایالت کالیفرنیا می‌باشد.

۱,۱,۷,۹:Imperial Solar Energy Center South

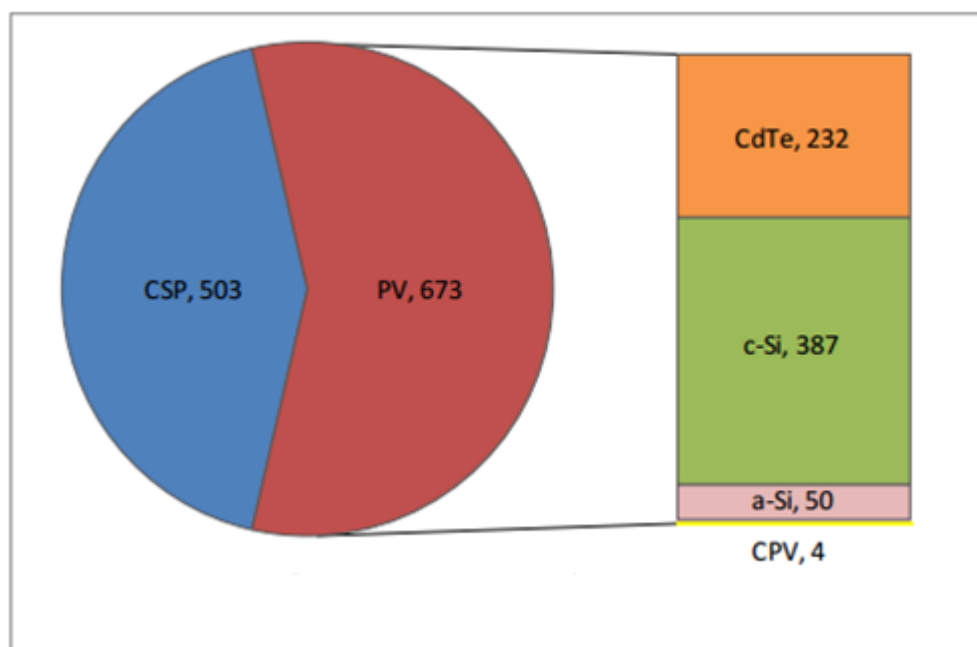
این نیروگاه نیز همانند نیروگاه قبلی از سلول‌های کادمیوم تلورایدی ساخته شده توسط شرکت First Solar تشکیل شده است. ظرفیت این نیروگاه ۱۵۰ مگاوات می‌باشد و در ایالت کالیفرنیا قرار دارد.

علاوه بر این نیروگاه‌های ساخته شده یا در دست ساخت، نیروگاه‌های عظیم دیگری نیز در مرحله مطالعاتی قرار دارند. از جمله- ی این نیروگاه‌ها می توان به نیروگاه ۲/۷۰۰ مگاواتی Westlands Solar Park اشاره کرد. ظرفیت نیروگاه‌های که در مرحله مطالعاتی قرار داند به ۴۵ الی ۷۶ گیگاوات می‌رسد.

۱,۱,۷,۱۰: فناوری مورد استفاده در نیروگاه‌ها:

همانطور که در بررسی نیروگاه‌های فتوولتائیک ساخته شده در آمریکا مشاهده شد، فناوری مورد استفاده در نیروگاه‌ها عموماً از نوع سلول‌های کریستالی و یا سلول‌های لایه نازک کادمیوم تلورایدی بودند. طبق آمار منتشر شده توسط NREL تا سال

۲۰۱۲، ۱۱۷۶ مگاوات برق توسط منبع خورشیدی تولید شد که ۴۳٪ از این عدد مربوط به سیستم‌های حرارتی می‌باشد. بنابراین ۵۷٪ باقی مانده مربوط به فتوولتائیک می‌باشد. طبق آمار منتشر شده از این مؤسسه تا سال ۲۰۱۲، ۵۸٪ از این مقدار از فناوری سلول‌های کریستالی برای تولید برق استفاده کردند. ۳۴/۵٪ نیز استفاده از سیستم‌های لایه نازک کادمیوم تلورایدی را ترجیح داده‌اند. بقیه فناوری‌ها مانند سلول‌های سیلیکونی آمورف، سلول‌های ^{۲۵}CIGS و ... نیز در مجموع ۷٪ از سلول‌های مورد استفاده در نیروگاه‌ها را تشکیل داده‌اند. سلول‌های مدرن ^{۲۶}CPV نیز دارای سهم ۰/۵٪ می‌باشند. در شکل زیر این درصدها مشخص‌اند.

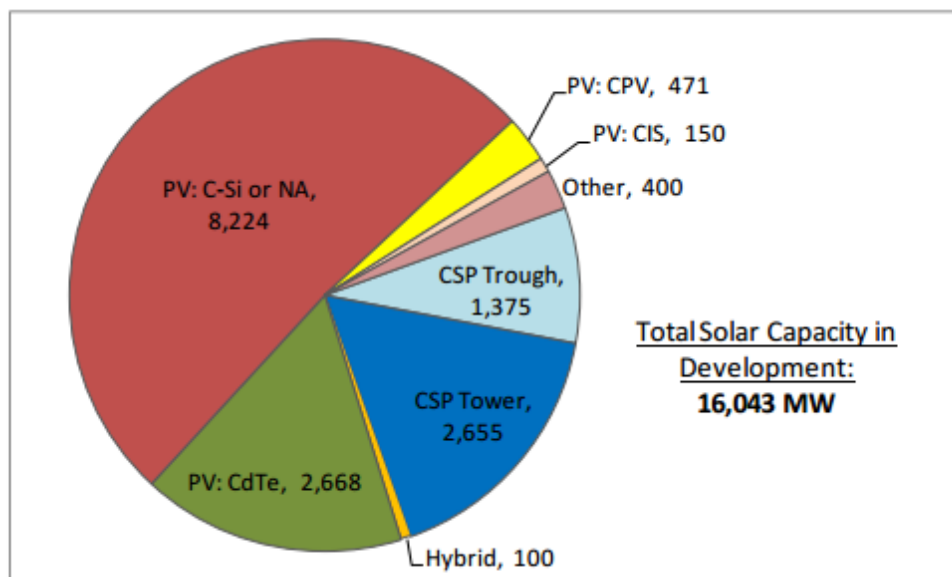


شکل ۲۱: درصد فناوری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های فتوولتائیک تا سال ۲۰۱۲

اما همانطور که گفته شد این درصدها مربوط به سیستم‌های راه اندازی شده می‌باشند. طبق آمار تا سال ۲۰۱۲، درصد استفاده از فناوری‌های مختلف در نیروگاه‌های در حال ساخت تا حد زیادی با درصدهای نیروگاه‌های ساخته شده متفاوت است. در نمودار زیر این درصدها قابل مشاهده‌اند:

^{۲۵} Copper Indium Gallium Selenide

^{۲۶} Concentrating Photovoltaic



شکل ۲۲: درصد فناوری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های فتوولتائیک در حال ساخت

با بررسی نیروگاه‌های بزرگ فتوولتائیک می‌توان به طور مشخص مشاهده کرد که تولید ماژول‌های مورد استفاده در این نیروگاه‌ها تنها توسط چند شرکت صورت می‌گیرد. یکی از این شرکت‌ها شرکت First Solar می‌باشد. طبق آمار NREL تا سال ۲۰۱۱ شرکت First Solar بیش از ۱۹۲۰ مگاوات ماژول ساخته شده یا در حال ساخت برای قرار گرفتن در نیروگاه‌ها دارد. این مقدار تقریباً ۵/۱ کل ظرفیت نیروگاه‌های در ابعاد بزرگ می‌باشد (بیش از ۵۰ مگاوات). همچنین دو پروژه عظیم Topaz Solar Farm و Desert Sunlight Solar Farm نیز در دست این شرکت می‌باشد. شرکت First Solar شرکتی آمریکایی است که تنها از فناوری لایه نازک کادمیوم تلوراید برای تولید برق از سلول فتوولتائیک بهره می‌گیرد. این شرکت در سال ۲۰۰۹ توانست برای اولین بار هزینه تمام شده ماژول برای هر وات را به زیر ۱ دلار برساند. در سال ۲۰۱۳ این شرکت توانست با رساندن بازدهی سلول‌های کادمیوم تلورایدی به ۱۴٪، این هزینه را به ۵۹ سنت برای هر وات کاهش دهد.

این شرکت توسط آقای Harold McMaster در سال ۱۹۹۰ تأسیس شد. دفتر اصلی این شرکت در آریزونا می‌باشد. این شرکت به عنوان دومین تولیدکننده بزرگ سلول‌های فتوولتائیک شناخته شده است. همچنین این شرکت رتبه ششم از بین ۵۰ شرکت نوآور را از آن خود کرده است. در سال ۲۰۱۳ نیز مجله‌ی Solar Power World magazine این شرکت را به عنوان بزرگترین شرکت در زمینه فتوولتائیک انتخاب کرد.

بیشترین بازدهی مربوط به سلول‌های کادمیوم تلورایدی در اختیار این شرکت می‌باشد. این شرکت بازدهی سلول کادمیوم تلورایدی را به ۱۷٪ و بازدهی ماژول آن را به ۲۰/۴٪ رساند که هر دو توسط مؤسسه NREL تأیید شدند.

یکی دیگر از شرکت‌های مهم در این زمینه شرکت SunPower می‌باشد. این شرکت در ابتدا در سال ۱۹۹۷ به منظور ساخت راهیاب برای ناسا تأسیس شد اما رفته رفته مسیرش به سمت سلول‌های فتوولتائیک تغییر پیدا کرد به طوری که در سال ۲۰۰۷ با خرید شرکت PowerLight که از شرکت‌های مهم در زمینه انرژی خورشیدی بود، توانست نام خود را بر زبان‌ها آورد. همچنین این شرکت در سال ۲۰۱۰ شرکت اروپایی SunRay را خریداری نمود تا بدین وسیله حرف اول را در زمینه فناوری سلول‌های سیلیکونی بزند. این شرکت سلولی با عرض ۱۲۵ میلیمتر از نوع تک کریستال ساخت که به دلیل بازدهی بالا، ظرفیت بالا و حذف کردن سیم‌ها در سلول توانست جایگاه مناسبی را در بازار سلول‌های نیروگاهی باز کند. این سلول از فناوری‌های rear-contact design و front-side metallization نیز بهره‌مند بود. در سال ۲۰۱۰ این شرکت توانست بازدهی سلول‌های خود را به ۲۴/۲٪ برساند که در نوع خود بی نظیر است. این بازدهی توسط مؤسسه NREL نیز تأیید شده است. همچنین سیستم ردیاب این شرکت نیز از بهترین ردیاب‌های جهان می‌باشد. این شرکت در کشور اسپانیا بیش از ۶۱ مگاوات سلول نیروگاهی نصب کرده است. همچنین در کشورهایی همچون کره نیز بازار خوبی در اختیار دارد.

۱،۱،۱ مکانیزم های توسعه فناوری و چشم اندازهای توسعه فناوری

آمریکا همواره جزو پیشتازان عرصه فناوری خورشیدی و مخصوصاً سلول‌های فتوولتائیک بوده است. از دو یا سه دهه‌ی گذشته تاکنون، چه در زمینه‌ی صنعتی و چه در زمینه‌ی دانشگاهی، مراکز گسترده‌ای مشغول فعالیت در گسترش و بهبود سیستم‌های فتوولتائیک و فناوری‌های مختلف در این رابطه هستند. فناوری‌های بلوغ یافته‌ای مانند سیلیکون‌های کریستالی، آمورف، لایه نازک و... و همچنین فناوری‌های در حال مطالعه‌ای همانند سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک.



A wide variety of manufacturers, businesses, regulatory boards, and educational organizations help bring high-quality solar-electric power to consumers.

شکل ۲۳: نمودار گردش تولید تا مصرف [31]

دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) به نوعی ارتباط دهنده‌ی آزمایشگاه‌های ملی، دانشگاه‌ها و صنعت می‌باشد. هدف این دپارتمان توسعه فناوری در سیستم‌های انرژی و از جمله خورشیدی می‌باشد. در زمینه سلول‌های خورشیدی هدف اول این مجموعه سرعت بخشی به تحقیق و توسعه فناوری به منظور کاهش هزینه‌ها، رقابت‌پذیری سلول‌ها، کاهش دی‌اکسیدکربن تولیدی و همچنین ایجاد شریطی برای حصول اطمینان از این منبع انرژی به عنوان منبعی قابل اعتماد و داخلی می‌باشد. از مهمترین راه‌های رسیدن به اهداف گفته شده، کاهش هزینه تراز شده (LCOE^{۲۷}) می‌باشد. بنابراین تمرکز اصلی این مجموعه روی این موضوع قرار دارد.

²⁷ Levelized Cost Of Energy

همانطور که گفته شد برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری در این زمینه بر عهده این سازمان می‌باشد. این سازمان با تدوین برنامه به نام SETP^{۲۸} سیاست‌های مربوط به پیشرفت در این عرصه را مشخص نمود. آزمایشگاه‌های ملی، شرکت‌های دانشگاهی، دانشگاه‌ها و تیم‌های صنعتی بازیگران این برنامه هستند. هدف این برنامه نیز رسیدن به فناوری‌هایی قابل رقابت با منابع متداول تا سال ۲۰۱۵ می‌باشد. لازم بذکر است که فناوری‌های مورد سرمایه‌گذاری توسط این نهاد شامل سلول‌های تک-کریستال، پلی کریستال، آمورف، لایه نازک سیلیکونی، کادمیوم تلورایدی لایه نازک، CIGS لایه نازک، شبه رساناهای پربازده، سلول‌های ارگانیک و همچنین سلول‌های dye می‌باشد. در ادامه خلاصه‌ای از سیاست‌های این برنامه را شرح می‌دهیم.

مرحله اول این برنامه با پروژه‌های نسل جدید آغاز می‌شود. پروژه‌های نسل جدید دارای ریسک زیادی می‌باشند. سرمایه‌گذاری (اصطلاحاً بذر پاشی) برای شروع این پروژه‌ها توسط این سازمان (DOE) می‌بایستی صورت گیرد. در حقیقت پر کردن فاصله بین تحقیقات پایه‌ای و تحقیقات کاربردی از اهداف این قسمت از برنامه است. چرا که شروع اینگونه تحقیقات پر ریسک می‌باشد و شرکت‌ها به دلیل ریسک بالا این سرمایه‌گذاری را انجام نمی‌دهند. اولین خصوصیتی که این نسل‌های جدید باید داشته باشند هزینه پایین تر نسبت به فناوری‌های امروزی است. طبق برنامه این سازمان، تا سال ۲۰۱۵ این نسل‌های جدید می‌بایست به مرحله ساخت نمونه آزمایشگاهی برسند و تا سال ۲۰۲۰/۲۰۳۰ می‌بایستی قابل رقابت با دیگر فناوری‌ها باشند.

برنامه بعدی این سازمان تحت عنوان پروژه‌های در مرحله پیش از رشد تعریف شده است. این برنامه کمک می‌کند تا پروژه‌هایی که در مرحله مفهومی قرار دارند گسترش یابند و تا سال ۲۰۱۲ به نمونه آزمایشگاهی قابل رقابت با فناوری‌های دیگر برسند. به نوعی دیگر می‌توان گفت هدف از این قسمت از برنامه سرعت بخشی به تحقیقات و توسعه پروژه‌هایی است که مرحله مطالعاتی را گذرانده‌اند و می‌بایستی نمونه‌ای آزمایشگاهی از آن تولید شود و به مرحله‌ای از پیشرفت برسد که آماده تولید در مقیاس بزرگ شود.

مرحله بعدی نیز مربوط به پروژه‌های رشد یافته می‌باشد. هدف از این قسمت پرورش دادن نوآوری‌ها و رشد آنها در صنعت PV داخلی است. از نگاهی دیگر در این مرحله، سرعت بخشی به مجموعه‌ای متنوع از فناوری‌های امیدوارکننده‌ای که در مرحله نمونه آزمایشگاهی ثابت شده‌اند، صورت می‌گیرد.

²⁸ Solar Energy Technologies Program

علاوه بر این در نقشه راهی که در سال ۲۰۰۳ توسط NREL برای صنعت فتوولتائیک تدوین شده بود، در بخش گسترده‌ای از این نقشه راه، سیاست‌هایی برای پیشرفت فناوری در این صنعت تبیین شده بود. چرا که طبق گفته‌ی این سند حفظ بازار و پیشرفت در صنعت مستلزم پیشرفت فناوری آن صنعت و ارتباط آن با بخش صنعت می‌باشد. به منظور شناخت مکانیزم‌های توسعه فناوری در آمریکا، سیاست‌های تدوین شده در این نقشه راه را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

در این نقشه راه ۴ استراتژی برای پیشرفت صنعت فتوولتائیک تبیین گردید که شامل موارد زیر است:

۱. حفظ پیش قدم بودن فناوریکی صنعت فتوولتائیک آمریکا در جهان:

پیش قدم بودن از لحاظ فناوریکی، هم برای رقابت اقتصادی و هم برای تبدیل شدن صنعت فتوولتائیک به مهمترین تأمین‌کننده‌ی سید انرژی کشور ضروری است. استفاده و واردات صنایع خارج به کشور سبب کم شدن سهم کشور آمریکا در بازار می‌شود. علاوه بر این سبب عقب افتادن فناوری مورد استفاده در صنعت از R&D^{۲۹} می‌شود که این خوب نیست. پیشرفت بخش تحقیق و توسعه و همچنین کم بودن فاصله آن با صنعت عامل مهمی برای در دست داشتن بازار در آینده است.

هسته‌ی تحقیقات و توسعه باید با نیازها و علاقه‌مندی‌های صنعت، مطابقت داشته باشد. تنها در اینصورت است که بخش تحقیقات و توسعه کشور می‌تواند اولین رتبه را در جهان داشته باشد. عنصر حیاتی برای شکل‌گیری این موضوع مشارکت پایدار میان صنعت برق خورشیدی ایالات متحده و آزمایشگاه‌های ملی و دانشگاه‌های آمریکاست.

۲. دستیابی به رقابت اقتصادی با فناوری‌های متداول:

در طی ۲۵ سال گذشته، هزینه‌های فتوولتائیک به مراتب کم شده است. همزمان صنعت فتوولتائیک آمریکا نیز رشد ۱۵٪ الی ۲۰٪ را شاهد بود. این رشد به قدری بوده که حتی با رشد صنعت کامپیوتر قابل رقابت است. بر اساس هزینه‌های واقعی برق در محل استفاده، هزینه‌های سیستم‌های فعلی PV، ۲ تا ۵ برابر برق تولید شده از منابع متعارف می‌باشد (این گزارش برای سال ۲۰۱۰ می‌باشد). بازار بزرگ تنها زمانی بدست می‌آید که فناوری‌های متداول بازار هزینه‌ها را در حد مناسبی نگهدارند.

²⁹ Research & Development

۳. حفظ پایداری بازار فتوولتائیک همراه با رشد در تولید:

رشد پایدار در تولید و بازار مهمترین عامل تبدیل شدن انرژی خورشیدی به تأمین‌کننده سبد انرژی مورد نیاز آمریکاست. در سال ۲۰۰۰، میزان برق مورد نیاز در زمان پیک ۸۲۵ گیگاوات بوده. انتظار رشد صنعت فتوولتائیک سالانه ۲۵٪ می‌باشد. اگر به این مقدار دست بیابیم تا سال ۲۰۳۰، این انرژی می‌تواند ۱۰٪ انرژی مورد نیاز آمریکا را تأمین کند.

۴. تبدیل صنعت فتوولتائیک به صنعتی سودآور و جذاب برای سرمایه‌گذاران:

استراتژی رشد تهاجمی ما به سرمایه‌گذاری خصوصی قابل توجهی نیاز دارد. برای تحقق استراتژی پیش‌رونده در بازار، یکی از نیازهای مهم سرمایه‌گذاری‌های خصوصی است. صنعت فتوولتائیک می‌بایست برای جذب حمایت‌های مالی پایدار و جذاب باشند. هدف تأمین شده برای سرمایه‌گذاری، ۱۰ الی ۱۵ میلیارد دلار برای هر سال می‌باشد.

در بخش دیگری از این نقشه راه‌حلی برای رسیدن به اهداف تعیین شده بیان گردیده است. با توجه به اینکه این نقشه راه در سال ۲۰۱۰ تدوین شده، هدف بیان شده ایجاد ظرفیت ۲۰۰ مگاوات برق فتوولتائیک تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد. برای رسیدن به این ظرفیت نقشه، راهی بیان شده که اشاره‌ای به بخش‌های مهم آن می‌کنیم. در قسمتی از این نقشه راهبردی، نیازهای تدریجی که برای رسیدن به هدف مورد نظر به آن احتیاج خواهیم داشت را بیان کرده. این نیازهای تدریجی شامل موارد زیر می‌شوند:

- کاهش ۵ برابری در هزینه‌های تولید ماژول تا سال ۲۰۱۰
- کاهش ۱۰ برابری در هزینه‌های تولید ماژول تا سال ۲۰۲۰
- افزایش ۴۰ برابری در تولید ماژول تا سال ۲۰۲۰

عملیات‌های صنعتی کوتاه مدت (تا ۳ سال آینده) که برای رسیدن به هدف مورد نظر می‌بایست طی این سال‌ها انجام شوند عبارتند از:

- توسعه، مشارکت و ارتباطات، که این عامل سبب می‌شود سازندگان نسل‌های جدید فتوولتائیک بتوانند با نهادهای دولتی (به منظور تأمین بودجه و ...) همکاری‌های لازم را برای گسترش فناوری در زمینه سلول‌های نسل جدید را داشته باشند. (تعامل دولت و سازندگان)
 - توسعه فناوری در زمینه in-line diagnostic tools and systems به منظور افزایش کنترل فرآیند و توسعه (نیازمند رابطه بین دانشگاه و صنعت)
 - برگزاری نمایشگاه‌های تجهیزات در مقیاس‌های بزرگ به منظور آشنایی صنعت‌کاران با این زمینه برای جذب بیشتر سرمایه‌گذاری‌های خصوصی
 - شناسایی نیازهای صنعت‌کاران خورشیدی و انتقال آن به بخش‌های تحقیقاتی و نوآوری
- عملیات‌های صنعتی بلند مدت (بیش از ۳ سال) نیز شامل موارد زیر می‌شوند.
- طراحی پکیج‌های مازول با قیمتی پایین‌تر
 - توسعه و پیشرفت در زمینه سلول‌های با حجم بالا، توان بالا و بازدهی بالا
 - ایجاد هماهنگی برای اینکه شرکت‌های سازنده تجهیزات به جای تولید تجهیزات خاصی که توسط یک سازنده مورد استفاده باشد، تجهیزاتی طراحی کنند و بسازند که در چندین محصول قابل استفاده باشد. (همسکلی سازی محصولات)
- در قسمتی دیگر از این گزارش، کمبودهایی که برای رسیدن به اهداف در کشور وجود دارد مورد بررسی قرار گرفتند. این کمبودها شامل موارد زیر می‌باشند:
- عدم دسترسی به منابع گسترده‌ای از مواد اولیه ارزان قیمت
 - هزینه‌های بالا در ساخت سلول‌های با بازدهی بالا و سلول‌های لایه نازک
 - عدم وجود استاندارد برای تولید، بسته‌بندی و ارائه خدمات در زمینه سلول‌های فتوولتائیک
 - نبود قطب علمی در زمینه فتوولتائیک
 - عدم آگاهی از فرآیندهای پرتوان

در بخش دیگری از این نقشه راه سیاست‌ها، مکانیزم‌ها و وظایف هر کدام از نهادها به منظور پیشرفت و توسعه در فناوری صنعت فتوولتائیک بیان شده است. این دستورات به ۳ مقطع زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت تقسیم شده‌اند و همچنین به دو گروه وظایف و نقش صنعت و دولت تقسیم شده است. در ادامه این سیاست‌ها را بیان می‌کنیم. لازم بذکر است در بعضی از جملات اشاره‌ای به قطب ساخت و ساز فتوولتائیک شده است. این پیشنهاد شامل ایجاد کنسرسیومی در رابطه با فناوری صنعت، متشکل از تولیدکنندگان تجهیزات، نمایندگان صنعت ساخت فتوولتائیک و تیم‌های تحقیقاتی آزمایشگاه‌های ملی و دانشگاه‌ها. بعد از این پیشنهاد مؤسسه فناوری فتوولتائیک جورجیا در دانشگاه جورجیا شکل گرفت.

نقش صنعت:

• کوتاه مدت (۱ الی ۳ سال):

- توسعه تجهیزات برای تولید سلول‌های فتوولتائیک پیشرفته
- افزایش خروجی (محصولات) در فرآیندهای تولید
- افزایش سرمایه‌گذاری
- یکپارچه‌سازی فعالیت‌های R&D
- ایجاد مشارکت‌های تولیدی
- Garner industry consensus and framework for Manufacturing Center of Excellence, and initiate operations
- توسعه سیستم‌های prepackaged فتوولتائیک به منظور کاهش هزینه و افزایش قابلیت اطمینان

• میان مدت (۴ الی ۱۰ سال)

- توسعه و پیشرفت در مدل تولید با حجم بالا
- اطمینان از جریان ثابت سیلیکون در دسترس
- توافق براسانداردهای تجهیزات مورد استفاده
- تحقیقات در رابطه با پکیج‌های لایه نازک
- توسعه فناوری‌های جانبی (به عنوان مثال ساختمان یک پارچه فتوولتائیک، شیشه‌های معماری فتوولتائیک)

- توسعه و پیشرفت در زمینه سیستم‌های مقیاس کوچک با نصب بسیار آسان برای بازارهای do-it-yourselfer
- استانداردسازی سیستم‌های PV برای نصب در شبکه‌های سراسری
- تکمیل مؤسسه قطب ساخت و سازهای مربوط به فتوولتائیک
- بلند مدت (۱۱ الی ۲۰ سال)
- استفاده از مواد جدید در سیستم‌های فتوولتائیک برای بهره‌وری بالا و هزینه کم
- توسعه روش‌های کنترل- ایجاد امکاناتی برای تست کیفیت در سایت
- گسترش قطب علمی ساخت و ساز فتوولتائیک

نقش دولت

- کوتاه مدت (۱ الی ۳ سال):
- افزایش تحقیق و توسعه با تأکید بر بهبود روش‌های ساخت
- گسترش استفاده از فتوولتائیک در اماکن دولتی
- پیشبرد فعالیت‌های R&D
- حمایت از قطب ساخت و ساز فتوولتائیک
- میان مدت (۴ الی ۱۰ سال)
- حمایت از R&D جهت بهبود طول عمر ماژول و سیستم‌های فتوولتائیک
- ادامه فعالیت‌های مربوط به R&D فتوولتائیک
- ادامه حمایت از تشکیل مؤسسه قطب ساخت و ساز فتوولتائیک
- بلند مدت (۱۱ الی ۲۰ سال)
- حمایت از پژوهش‌های پایه در رابطه با کشف مواد جدید برای نسل‌های بعدی سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی
- ادامه حمایت از تشکیل مؤسسه قطب ساخت و ساز فتوولتائیک

فعالیت‌های اصلی در حال حاضر به دو بخش عمده تقسیم می‌شود:

۱. بهبود عملکرد فناوری‌های موجود و رساندن کارایی آنها تا حداکثر ممکن (بیشترین سهم تحقیقات)

۲. قرار گرفتن آمریکا به عنوان پیشرو، تصمیم‌گیرنده و مالکیت فناوری آینده (مانند نسل سوم)

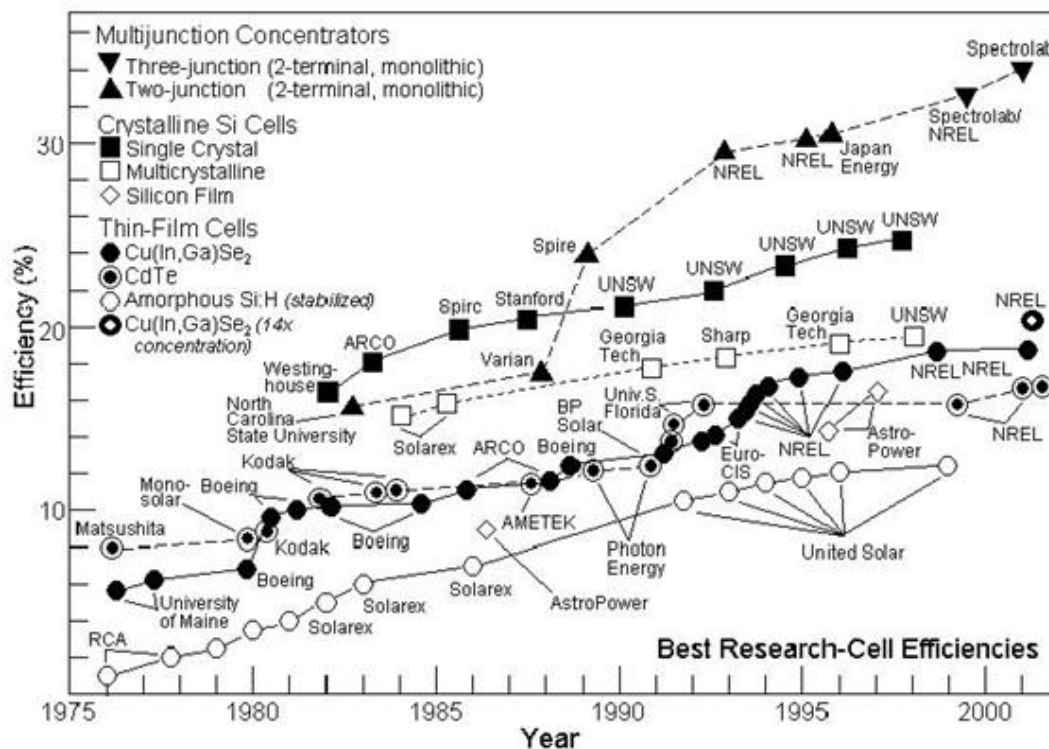
فعالیت در ناحیه اول به توسعه فناوری حاضر و آینده نزدیک کمک خواهد کرد که شامل سلول‌های نسل اول و دوم می‌باشد. تلاش‌های کنونی در فرایند تحقیق و مجتمع‌سازی و توسعه تشخیصی با مطالعات و ساخت پایه‌ای ترکیب شده است تا بتواند وقفه میان تولید آزمایشگاهی و رسیدن به صنعت و تجاری شدن را از بین ببرد.

ناحیه دوم به فناوری‌هایی مربوط می‌شود که بازده آن‌ها فراتر از نیمه‌رسانای مرسوم، ارگانیک، پلیمری و غیره می‌باشد. تحقیق و بررسی در این حوزه ورای مازول‌های مرسوم است و شامل الکترونیک نوین و هوشمند، یکپارچه‌سازی مؤلفه‌های منفرد، معماری بر پایه انرژی، ذخیره‌سازی و الکترونیک قدرت پیشرفته می‌باشد.

چشم‌انداز توسعه صنعت فتوولتائیک در آمریکا بر اساس همکاری مراجع اصلی در دانشگاه‌ها، صنعت و آزمایشگاه‌های ملی بنا نهاده شده است. در سطوح دولتی برنامه‌ها و طرح‌های خورشید در سطح کلان ارائه و حمایت می‌شود. این چشم‌انداز مبتنی بر R&D پایه و کاربردی، توسعه فناوری و سیستم‌های مهندسی و کاربردی خواهد بود.

آمریکا پس از آلمان، ژاپن و اسپانیا بزرگترین بازار فتوولتائیک را داراست.

در شکل زیر روند توسعه بازده سلول‌های فتوولتائیک را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۲۴: تکامل بازده سلول‌های خورشیدی تحقیقاتی

Module	Efficiency (%)	Power (W)	Aperture Area (cm ²)	Manufacturer
a-Si:H/a-SiGe:H/a-SiGe:H	7.6	70.8	9276	United Solar (9/97)
a-Si:H/a-SiGe:H	7.6	56	7414	BP Solar (9/96)
a-Si:H/a-SiGe:H/a-SiGe:H	7.9	35.7	4519	United Solar (6/97)
CdS/CIGSeS	12.1	44.3	3651	Shell Solar (Siemens) (3/99)
CdS/CIGS	6.2	19.7	3158	EPV (4/97)
CdS/CIGS/metal foil	7.4	57.3	7714	Global Solar (3/02)
CdS/CdTe	11.0	92.5	8390	BP Solar (9/01)
CdS/CdTe	10.1	67.1	6612	First Solar (12/01)

جدول ۸: تولیدکنندگان آمریکایی بر اساس بهترین بزرگی سطح، بازدهی و توان مدول‌های لایه نازک (شرایط استاندارد)

سوالات مطالعاتی و ارزیابی روش‌های استفاده شده برای پاسخ به آنها، برای از بین بردن موانع موجود در راه توسعه این فناوری

به همراه چالش‌های این فناوری در زیر خلاصه شده است.

Study Question	Method Used
Did the results of DOE's research in solar PV reach a downstream audience well-positioned to take the research results into commercial development for electricity production from solar energy?	Bibliometrics: Starting with 2 groups of potential users, (1) top U.S. solar PV producers & (2) leading innovative companies in solar energy worldwide, backward patent tracing determines if company patents are linked to earlier DOE-funded PV research
How does the influence of DOE's body of solar PV patents compare with that of the leading companies in the field?	Bibliometrics: Comparing organizations on the extent of citing by others of their bodies of patents
Which DOE-attributed PV patents have most strongly influenced subsequent solar energy innovations?	Bibliometrics: Backward patent tracing at the individual patent level
Which patents of leading companies have the most citation links back to DOE-attributed solar PV patents?	Bibliometrics: Backward patent tracing at the individual patent level
What are the highest-impact solar patents of leading companies that link back to DOE-attributed solar PV patents?	Bibliometrics: Backward patent tracing at the individual patent level
Within the solar energy industry, who, beyond the leading companies, have used the DOE solar PV research results?	Bibliometrics: Forward patent tracing at the organizational level, to assess the broader influence on solar energy of DOE's solar PV research
Were there indications of interest in the DOE solar PV research results outside of the solar energy industry?	Bibliometrics: Forward patent tracing at the organizational level, to assess the broader influence beyond solar energy of DOE's solar PV research
What have been the principal downstream innovations in all fields and by all organizations flowing from DOE's solar PV research?	Bibliometrics: Forward patent tracing at the individual patent level
To what extent has authoring/co-authoring of PV publications provided a path of knowledge dissemination?	Bibliometrics: Analysis of publication authoring/co-authoring
Who has cited DOE PV publications, and to what extent?	Bibliometrics: Analysis of publication citations
What has been the direct involvement of companies and universities with the DOE Solar PV Subprogram?	Database and document review to identify funded companies and universities
What are other modes of transferring the results of DOE-funded PV research to others?	Document review and interview

جدول ۹: سوالات مطالعاتی و ارزیابی روش‌های استفاده شده برای از بین بردن موانع موجود در راه توسعه فناوری فتوولتائیک

The Problem

- Achieving flexible high-speed manufacturing to reach the 2020 roadmap goals

The Solution

- Create a 200-MW factory by 2020

Incremental Needs

- A 5-fold reduction in module manufacturing costs by 2010
- A 10-fold reduction in module manufacturing costs by 2020
- A 40-fold increase in module manufacturing by 2020
- Realize that PV — as systems are now designed — is not always geared for mass production

Short-Term Industry Actions (0-3 Years)

- Develop partnerships so manufacturers can work with suppliers to develop next-generation PV equipment — a "key" industry-government interaction
- Develop in-line diagnostic tools and systems to enhance process control and development — a "key" industry-university interaction
- Conduct equipment demonstrations at high volume so other industry members can observe and analyze data for common goals
- Identify common equipment needs among all members of the PV industry

Longer-Term Industry Actions (>3 Years)

- Design lower-cost module packaging
- Develop high-volume, high-throughput, high-efficiency cell processes
- Move from company-specific equipment manufacturing toward equipment designs that can be transferred to and used by more than one manufacturer

جدول ۱۰: تجزیه و تحلیل کارگاهی نقشه راه از یک مانع فنی پیش روی فرآیندهای تولید

- Lack of widespread availability of low-cost feedstock and packaging materials
- Performance and manufacturing costs of high-efficiency silicon, thin-film, and concentrator cells and modules
- Improved reliability of modules and, especially, of balance-of-systems components
- Lack of standard products, packages, and service offerings
- Need for Manufacturing Center of Excellence
- Lack of knowledge of high-throughput processes
- Lack of standard module electrical/mechanical "interfaces"

جدول ۱۱: موانع فنی موجود برای توسعه برق خورشیدی

- Increase value proposition to customers
- Develop alliances with other groups
- Develop a common message
- Form an industry coalition to strategize
- Strengthen the industry's trade association
- Lower product price
- Improve the distribution infrastructure
- Consider developing alliances with energy service companies
- Target end-user groups with appropriate messages
- Reduce technical jargon in advertising
- Reduce all market barriers with a plug-and-play application
- Develop a killer application

جدول ۱۲: اجماع کارگاه نقشه راه در استراتژی‌های خاص که صنعت باید برای غلبه بر موانع بازار دنبال کند

- Lack of consumer awareness and understanding
- Disincentives against net metering
- Lack of purchasing channels
- Lack of trained installers and inspectors
- Inadequate codes and standards related to PV
- Minimal financing options for PV systems

جدول ۱۳: موانع موجود در بازار برای توسعه برق خورشیدی

- Lack of communication within industry in identifying common technical problems
- Insufficiently trained and available PV manufacturing labor force
- No solar-electric appliance ratings/standards
- Interconnection standards that inhibit solar-electric development
- Inconsistent government policy related to photovoltaics

جدول ۱۴: موانع سازمانی موجود برای توسعه برق خورشیدی

برای تعیین چشم‌انداز آمریکا به فناوری فتوولتائیک، بررسی عملکرد NREL که یکی از مراکز مهم تحقیقاتی آمریکا می‌باشد خالی از لطف نخواهد بود.

تحقیقات حوزه فتوولتائیک NREL، مرکز تحقیقاتی ملی آمریکا، بر روی افزایش بازده سلول خورشیدی، کاهش قیمت سلول و ماژول خورشیدی و افزایش پایداری اجزاء و سیستم فتوولتائیک متمرکز شده است.

در حال حاضر تلاش این مرکز جهت کمک به U.S. Department of Energy's SunShot Initiative برای ساخت سیستم انرژی خورشیدی در مقیاس بسیار بزرگ و رقابتی با سایر منابع انرژی تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد.

زمینه‌های اصلی فعالیت به بخش‌های زیر تقسیم می‌شود:

● تجهیزات و مواد سیلیکونی: NREL در زمینه تحقیق و بررسی تجهیزات و مواد سیلیکونی بخصوص سلول فتوولتائیک سیلیکونی در جهان پیشرو است. امروزه تلاش برای افزایش بازده در قیمت پایین در حال انجام است. سلول‌های سیلیکونی در سال ۲۰۱۱، ۹۰٪ بازار را در اختیار داشتند. انواع مختلف آنها شامل تک‌کریستالی، چند-کریستالی، نوارهای ذوب‌شونده، آمورف و لایه‌های میکروکریستال می‌باشد که NREL بر روی تعدادی از آنها در حال تحقیق است.

● تجهیزات و مواد چندکریستال‌های لایه نازک: NREL مهارت و تجربه کافی و طولانی در زمینه CdTe و CIGS داراست و امروزه دو نهاد تحقیقاتی جداگانه برای هر یک در این مرکز در نظر گرفته شده است.

● تجهیزات و مواد III-V multijunction: توانایی بسیار در این زمینه دستیابی به فناوری جدید IMM^{۳۰} را با عملکرد و هزینه مناسب، به ارمغان آورده است. این نوع سلول که دارای بازده ۴۰٪ می‌باشد اولین بار توسط محققان این مرکز معرفی شد.

● اندازه‌گیری و بررسی

● عملکرد و قابلیت اطمینان

● مهندسی

در انجام این امر، دانشگاه‌ها و صنعت خورشیدی از طریق همکاری تحقیقاتی و حمایت مستقیم R&D فتوولتائیک در مرکز ملی فتوولتائیک، سهیم می‌باشند. علاوه بر این پروژه‌های زیر نیز در NREL در حال انجام است که نقش راهبردی در صنعت فتوولتائیک آمریکا دارند:

● پروژه فتوولتائیک با عملکرد بالا

● پروژه تحقیق و توسعه ساخت فتوولتائیک

● پروژه مشارکت لایه نازک

³⁰ Inverted Metamorphic Multijunction

هدف آمریکا در کشور برای سال ۲۰۲۰ تأمین ظرفیت قابل توجهی از سهم برق تولیدی با استفاده از فتوولتائیک و تا ۲۰۳۰ تولید حداقل ۱۰٪ از برق مصرفی در زمان اوج مصرف می‌باشد.

برنامه کوتاه مدت: رشد صنعت در داخل و خارج از ایالت آمریکا و چشم‌انداز افزایش ارزش اقتصادی تا ۱۵۰ میلیارد دلار در صنعت تا سال ۲۰۲۰ و استخدام ۱۵۰۰۰۰ آمریکایی در این حوزه از اهداف این بازه زمانی می‌باشد.

نقش دولت در این میان حائز اهمیت است. از جمله فعالیت‌های دولت می‌تواند موارد زیر باشد:

- نظارت بر اندازه‌گیری رشد ناخالص ملی
- تعادل در اعتبارات مالیاتی بخش مسکونی
- خلق انگیزه
- همکاری جهت انتشار استاندارد و گواهی‌نامه معتبر
- استفاده از برق خورشیدی در پروژه‌های دولتی تا حد ممکن

برنامه میان مدت و بلند مدت در جدول زیر خلاصه شده‌اند.

	Near-Term (1-3 Years)	Mid-Term (4-10 Years)	Long-Term (11-20 Years)
Research and Development (Technical Issues)			
Industry Role	<ul style="list-style-type: none"> Develop advanced PV production equipment Improve throughput of products in manufacturing processes Enhance investment capital Integrate R&D activities Create manufacturing partnerships Garner industry consensus and framework for Manufacturing Center of Excellence, and initiate operations Develop prepackaged PV systems for reduced cost and improved reliability 	<ul style="list-style-type: none"> Develop model for high-volume manufacturing Ensure steady flow of available silicon Agree on common equipment standards Research thin-film packaging Develop technology (e.g., building-integrated PV, architectural glass) Develop small-scale, standardized PV products for easy installation suitable for do-it-yourself market Standardize PV systems for utility installation on utility grids Complete fully operational Manufacturing Center of Excellence 	<ul style="list-style-type: none"> Create new materials and devices with high efficiency and low cost Develop quality assurance/quality control methods to test products on site Expand operation of Manufacturing Center of Excellence in response to technology directions
Government Role	<ul style="list-style-type: none"> Increase R&D emphasis on manufacturing improvements Expand the use of PV in government facilities where it makes economical/technical sense Continue PV R&D activities Support Manufacturing Center of Excellence 	<ul style="list-style-type: none"> Sponsor R&D to improve lifetime of PV modules and systems Continue PV R&D activities Continue support for Manufacturing Center of Excellence 	<ul style="list-style-type: none"> Support basic research on materials for the next generations of solar-electric PV systems Continue support for Manufacturing Center of Excellence
Market Opportunities (Market Issues)			
Industry Role	<ul style="list-style-type: none"> Increase sales and marketing budgets Invest in manufacturing capabilities to meet demand in USA and abroad Support an independent, proactive industry association 	<ul style="list-style-type: none"> Obtain long-term, low interest financing for PV Build manufacturing capabilities Develop business models, rules, and products for utility and power generator use of PV as peak shaving alternative 	<ul style="list-style-type: none"> Foster robust domestic and international market for PV
Government Role	<ul style="list-style-type: none"> Establish moderate residential tax credits (state and federal) Create manufacturing incentives (equity with other energy-product producers) Invest in PV for facilities owned and operated by government Support retail competition, as well as customer options under traditional regulation, as opportunities for customer acquisition of PV 	<ul style="list-style-type: none"> Invest in retail infrastructure distribution network Continue outreach, training, and public awareness projects 	<ul style="list-style-type: none"> Fully develop outreach, training, and public awareness program Lobby for utility regulatory policies and practices that provide open and competitive market for PV
Policy and Institutional Initiatives (Institutional Issues)			
Industry Role	<ul style="list-style-type: none"> Increase understanding and public awareness for business executives, federal and state policy makers, and consumers about solar electricity Lobby for fair and equitable utility practices that allow solar electricity to compete on a level playing field Support retail competition, as well as customer options under traditional regulation, as opportunities for customer acquisition of PV 	<ul style="list-style-type: none"> Invest in retail infrastructure distribution network Continue outreach, training, and public awareness projects 	<ul style="list-style-type: none"> Fully develop outreach, training, and public awareness training Lobby for utility regulatory policies and practices that provide open and competitive market for PV
Government Role	<ul style="list-style-type: none"> Adopt net metering in all 50 states Adopt uniform interconnection standards in all 50 states Establish fair and equitable utility business practices for PV, e.g., standby charges, customer retention fees Support broad outreach aimed at business executives, state and federal policy makers, and consumers regarding solar electricity Give credit for PV in "urban airshed" programs for offsetting emissions 	<ul style="list-style-type: none"> Support national and international standards for PV products and components (e.g., ratings, verification tools) Support PV infrastructure development (codes, standards, certification) Establish environmental regulations that explicitly value clean energy solutions such as PV 	<ul style="list-style-type: none"> Continue to develop regulatory and policy framework that supports PV Support tax incentive structure that encourages development of clean energy

جدول ۱۵: فعالیت‌ها/ نقش‌های صنعت خورشیدی الکتریکی و دولت [31]

۲,۱ فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP^{۳۱}) در آمریکا:

سیستم‌های انرژی خورشیدی متمرکز، از آینه‌ها و یا لنزهایی برای متمرکز کردن سطح وسیعی از نور خورشید یا انرژی گرمایی خورشیدی بر یک سطح کوچک استفاده می‌کنند. الکتریسیته هنگامی تولید می‌شود که نور متمرکز شده به گرما تبدیل می‌شود که باعث حرکت موتور گرمایی (معمولاً توربین بخار) که متصل به یک ژنراتور است یا تأمین قدرت یک واکنش حرارتی می‌شود [32].

CSP به طور وسیعی تجاری شده است و بین سال‌های ۲۰۰۷ تا آخر ۲۰۱۰ در حدود ۷۴۰ مگاوات به ظرفیت تولیدی آن افزوده شده است. بیش از نصف این مقدار (در حدود ۴۷۸ مگاوات) در طی سال ۲۰۱۰ نصب گردید و ظرفیت جهانی را به ۱۰۹۵ مگاوات رساند. اسپانیا ۴۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ اضافه کرد و با تولید ۶۳۲ مگاوات پیش‌تاز در جهان شد در حالیکه ایالات متحده آمریکا این سال را با ۵۰۹ مگاوات پس از افزودن ۷۸ مگاوات، که شامل دو نیروگاه فسیلی-CSP بود، به پایان رساند [33]. خاورمیانه نیز به طرح‌های برای پروژه‌های CSP سرعت بخشید و به عنوان بخشی از برنامه خود، شمس یک^{۳۲}، بزرگترین پروژه CSP در جهان را در ابودهبی^{۳۳} توسط ماسدار^{۳۴} نصب گردانید [34].

انتظار می‌رود که رشد CSP سریع ادامه یابد. در ژوئن سال ۲۰۱۴، اسپانیا دارای ظرفیت کل ۲۲۰۴ مگاوات و پیش‌تاز است. علائق در آفریقای شمالی، خاورمیانه، هند و چین وجود دارد. سرمایه‌گذاری جهانی بر نیروگاه‌های سهموی خطی است که بیش از ۹۰٪ نیروگاه‌های CSP را شامل می‌شود [33].

۱,۲,۱ تجاری شدن CSP در جهان:

تجاری شدن نیروگاه‌های CSP در سال ۱۹۸۴ در آمریکا با نیروگاه‌های SEGS^{۳۵} شروع و تا سال ۱۹۹۰ که آخرین نیروگاه SEGS تکمیل گردید، ادامه یافت. از سال ۱۹۹۱ تا سال ۲۰۰۵ هیچ نیروگاه CSP در هیچ جای دنیا ساخته نشد. در سال ۲۰۱۳، در سراسر جهان، ظرفیت نصب شده ۳۶٪ افزایش یافت یا تقریباً ۰/۹ گیگاوات به بیش از ۳/۴ گیگاوات. اسپانیا و آمریکا، پیش‌تازان عرصه جهانی در این زمینه باقی ماندند در حالیکه شمار کشورهای CSP نصب کرده اند رو به افزایش

³¹ Concentrating Solar Power

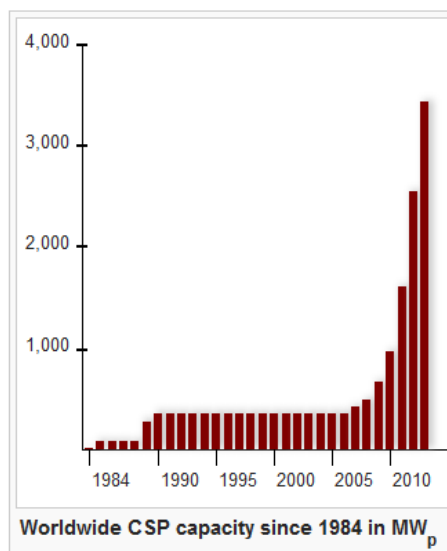
³² Shams-1

³³ Abu Dhabi

³⁴ Masdar

³⁵ Solar Energy Generating Systems

است. ظرفیت جهانی CSP نصب شده از سال ۲۰۰۴ تقریباً ۱۰ برابر شده است و به طور میانگین ۵۰٪ در هر سال در طی ۵ سال گذشته [35].



Year	1984	1985	1989	1990	...	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Installed	14	60	200	80	0	1	74	55	179	307	629	803	872
Cumulative	14	74	274	354	354	355	429	484	663	969	1,598	2,553	3,425

شکل ۲۵: ظرفیت جهانی CSP از سال ۱۹۸۴ بر حسب مگاوات [33] [36].

National CSP capacities in 2013 (MW_p)

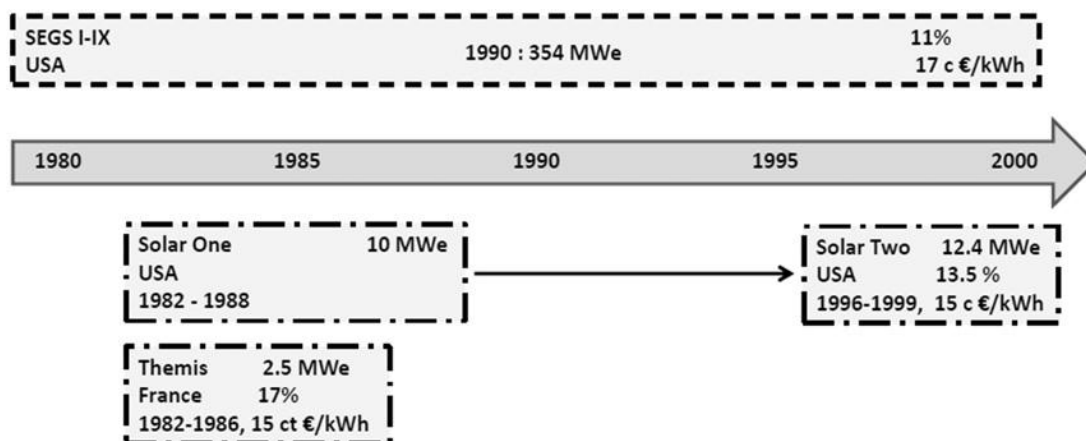
Country	Total ⇅	Added ⇅
Spain	2,300	+350
United States	882	+375
United Arab Emirates	100	+100
India	50	+50
Algeria	25	0
Egypt	20	0
Morocco	20	0
Australia	12	0
China	10	+10
Thailand	5	0

شکل ۲۶: ظرفیت جهانی CSP بر حسب مگاوات در سال ۲۰۱۳ [33]

از نظر توسعه تاریخی فناوری‌های CSP، ما می‌توانیم دو دوره اصلی را در نظر بگیریم:

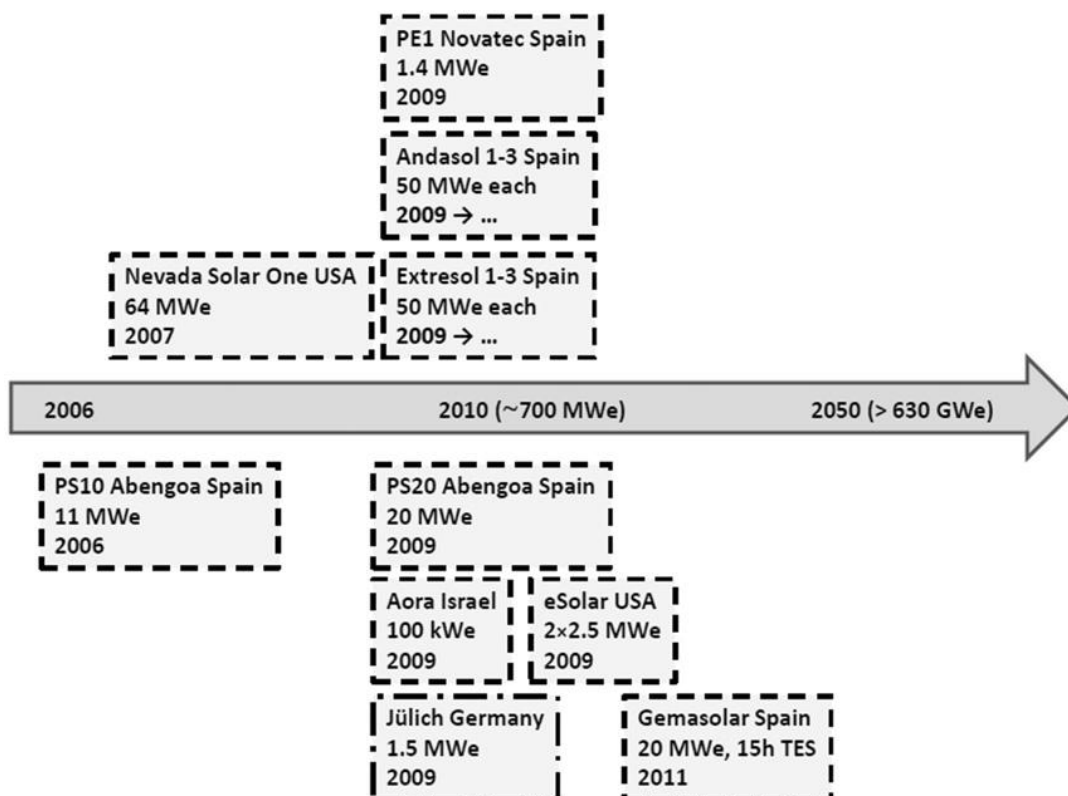
- ۱- دهه هشتاد یا عصر نمونه‌های اولیه و اعتبارسنجی صنعتی فناوری خورشیدی مقعر
- ۲- از سال ۲۰۰۰ به بعد، عصر توسعه دستاوردهای صنعتی به همراه تلاش‌های بخش توسعه و تحقیق (R&D)

[37]



شکل ۲۷: اولین دوره از توسعه CSP، عصر نیروگاه‌های آزمایشی گوناگون و اعتبارسنجی نیروگاه‌های صنعتی خورشیدی [37]

.Major:(---)industrialscale,(-.-)pilotscale, (above)solar trough, (below)CSPtowers.



شکل ۲۸: دوره دوم توسعه CSP، عصر دستاوردهای صنعتی و پیشرفت فناوری [37]

.Major:(---)industrialscale,(-.-)pilotscale, (above)solar trough, (above)Linear-Fresnel,(below)CSPtowers.

Characteristics of CSP technologies.
Source: (IEA, 2010; IRENA, 2012).

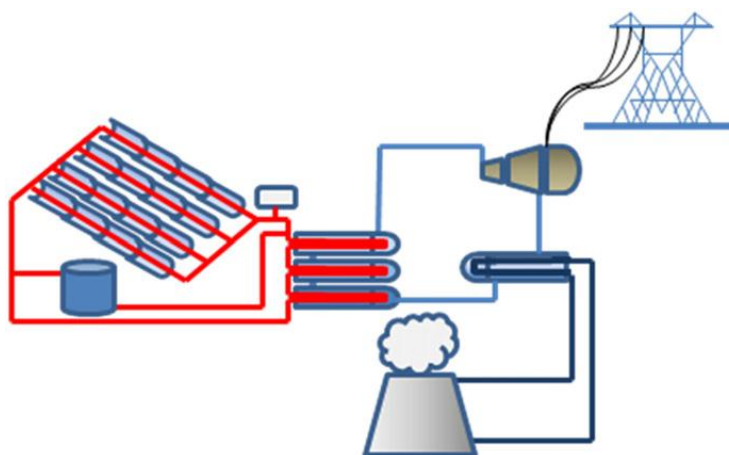
Characteristic	Unit	PTC	CRS	IFR	Dish
Plant power	MW	30-300	100-200	1-100	5-25
Annual capacity factor	%	23-56	20-78	20-25 (without TES)	24-25
Focus type	-	Linear	Point	Linear	Point
Maximum cycle temperature	°C	300-400	585	150-500	800
Optical concentration ratio (from collector)	-	28:1	100:1 -More	8-1	500:1-50:1
Peak efficiency	%	20	19-23	10	29.4
Annual net efficiency (solar to electric)	%	11-16	7-20	8-10	12-32
Cycle	-	Steam Rankine/Organic Rankine	Steam Rankine/Bryaton (Gas turbine)	Steam Rankine/Organic Rankine	Sterling/Steam Rankine/Brayton
Area collector/heliostat	m ²	34-550	40-120	-	92
Receiver absorptive	-	0.94-0.99	> 0.94	0.94-0.99	> 0.95
Receiver efficiency	-	-	-	-	0.90
Thermal storage	h	1-12	7-15	1-12	Not possible
Storage system	-	Indirect two-tank molten salt at (dT=1000 °K) or Direct Two-tank molten salt at 550 °C (dT=1000 °K)	Direct two-tank molten salt at 550 °C (dT=300 K)	Short term pressurized steam storage (< 10 min)	No storage for Stirling dish, chemical storage under development
Land requirement	m ² /MW	40,000	83,600	18,000	16,000
Cooling process	-	Closed circuit	Close circuit	Closed circuit	Direct in the power cycle
Water consumption	m ³ /MW h	3.0 (wet cooling) 0.3 (dry cooling)	2.0-3.0 (wet cooling) 0.25(dry cooling)	3.0 (wet cooling) 0.2 (dry cooling)	0.05-0.1 (mirror washing)
Hybridization	-	Yes, Direct	Yes	Yes, Direct (steam-boiler)	Not planned
Grid stability	-	Medium to high (TES or Hybrid)	High (large TES)	Medium (back-up firing possible)	Low
Application	-	On-grid	On-grid	On-grid	On grid/off grid
Commercial maturity	-	High	Medium	Medium	Low

جدول ۱۶: مشخصه‌های فناوری CSP

[38]

۱،۲،۲،۱ بررسی فناوری CSP در ایالات متحده:

۱،۲،۲،۱ کلکتور سهموی خطی (PTC^{۳۶})



شکل ۲۹: طرح کلی فناوری PTC

در میان تمامی فناوری‌های خورشیدی از لحاظ فناوری و تجاری ثابت شده است. استفاده از فناوری PTC در پروژه‌های عملیاتی ۹۵/۷٪ و در پروژه‌های در دست ساخت به ۷۳/۴٪ کاهش یافته است [39].

اولین خورشیدی خطی (solar trough) در سال ۱۸۷۰ در آمریکا آزمایش شد [37].

توسعه سیستم‌های در ابعاد بزرگ PTC با کاربردهای صنعتی و تولید دمای ۵۰۰C در اواسط ۱۹۷۰ توسط سازمان تحقیق و توسعه انرژی (ERDA^{۳۷}) آغاز و با تأسیس دپارتمان انرژی آمریکا (DOE^{۳۸}) در سال ۱۹۷۸ به کار خود ادامه داد. در طی این دوره کلید ساخت سیستم‌های سهموی با شرکت‌های ACUREX، SunTec و Solar Kinetics در دست آمریکا بود. در سال ۱۹۸۱ آژانس بین‌المللی انرژی اروپا (IEA) یک سیستم خورشیدی کوچک سهموی (SSPS/DCS) در اسپانیا ساخت [39].

شرکت LUZ بر اساس تجاری که از DOE/Sandia و پروژه‌های SSPS در محدوده بین‌المللی بدست آورد، یک مدول سهموی برای کاربرد صنعتی ساخت.

در سال ۱۹۸۳ شرکت ACUREX با کمپانی ادیسون کالیفرنیا جنوبی (SCE^{۳۹})، قراردادی بست تا برق حاصله از نیروگاه سهموی را بفروشد. اما چون بودجه پروژه زیاد بود، شرکت ACUREX نتوانست بودجه خود را بالا ببرد تا پروژه را اجرا کند که منجر به بستن قرارداد با شرکت LUZ برای ساخت اولین پروژه تجاری PTC در سطح جهانی با نام SEGS1 در کالیفرنیا در سال ۱۹۸۴ شد و پس از یک سال SEGA2 را ساخت و تا سال ۱۹۹۰ با افزودن ۹ واحد دیگر کار ساخت کلی با SEGA9 به پایان رسید و طی ۶ سال از ظرفیت ۱۴ MWe به ۳۵۴ MWe رسید [39].

در سال ۱۹۹۱ با کاهش مالیات، قیمت سوخت کاهش یافت و تغییر رویه در بستن قراردادها، شرکت LUZ برشکسته شد و سبب گردید که نیروگاه‌ها را به عهده‌ای از سرمایه‌گذارها بفروشد. SEGA1 و SEGA2 توسط شرکت Dagget Leasing،

³⁷ Energy Research and Development Administration

³⁸ Department of Energy

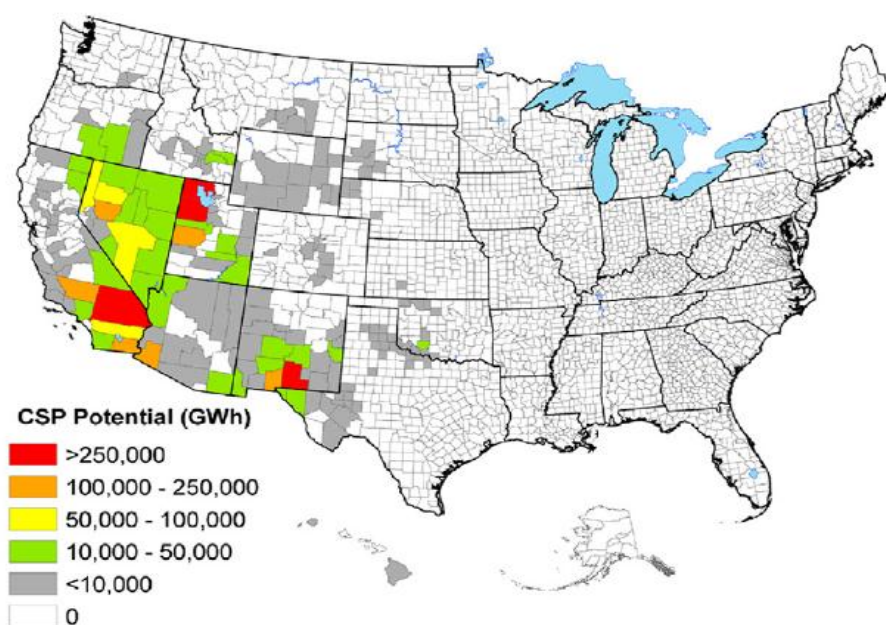
³⁹ Southern California Edison

SEGA 3-7 توسط شرکت KarmerJuncion و SEGA8 و SEGA9 توسط کمپانی Harper Lake اداره می‌شوند و بازده

نیروگاه‌ها را بهبود بخشیدند. هم‌اکنون مالکیت تمامی نیروگاه‌های SEGA در دست کمپانی NER^{۴۰} می‌باشد.

در سال ۲۰۱۲، مؤسسه فرانهورفر^{۴۱} برای سیستم‌های خورشیدی (ISE) برای انرژی‌های تجدید پذیر، LCOE^{۴۲} را در کشورهای پیشگام (اسپانیا، آمریکا، عربستان) بررسی کرد و بدین نتیجه رسید که فناوری PTC به عنوان ارزانه‌ترین نیروگاه خورشیدی در ابعاد بزرگ موجود در حال حاضر است. این فناوری بالغ است و به مدت ۲۸ سال در بسیاری از پروژه‌های تجاری استفاده شده است [40].

آزمایشگاه ملی انرژی‌های نو در چشم‌انداز مطالعات طرح Sunshot، پیش‌بینی کرده است که در ۵۰ سال آینده، انرژی خورشیدی، منبع اولیه تأمین انرژی در آمریکا است. جنوب غربی آمریکا بدلیل دارا بودن بهترین منابع خورشیدی در جهان بهترین گزینه برای CSP بخصوص نیروگاه‌های PTC و Power Tower است که منبع کلی انرژی در این مکان ۱۷/۵ میلیون گیگاوات بر ساعت است که چهار برابر انرژی مورد نیاز آمریکا است [41].



شکل ۳۰: پتانسیل CSP در آمریکا [42]

⁴⁰Nextra Energy Resources

⁴¹Fraunhoferinstitute

⁴²Levelized Cost Of Energy

بر اساس سناریوهای نوشته شده توسط آزمایشگاه ملی انرژی نو ایالات متحده (۲۰۱۲) در سال ۲۰۵۰، ۲۵٪ تا ۳۵٪ تقاضای انرژی کلی آمریکا توسط انرژی خورشیدی تأمین می‌شود.

یکی از مشکلات بزرگ برای راه اندازی این سیستم‌ها در مقیاس بزرگ هزینه‌های بالای آنهاست و این امر سبب کاهش سرمایه‌گذاران می‌شود. بر خلاف بازده بالای PTC، این سیستم‌ها بسیار گران هستند [43].

در ۹ سپتامبر ۲۰۰۹، هزینه ساخت ایستگاه CSP به طور معمول ۲/۵ تا ۴ دلار آمریکا بر وات بود. بنابراین یک ایستگاه MW ۲۵۰، ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون دلار هزینه ساخت دارد. به عبارتی ۰/۱۲ تا ۰/۱۸ دلار آمریکا بر کیلووات ساعت [43]. ایستگاه‌های جدید CSP از نظر اقتصادی با سوخت‌های فسیلی قابل رقابتند. ناتانیل بولارد^{۴۳}، یک آنالیزگر خورشیدی در مؤسسه مالی انرژی‌های نو بلومبرگ^{۴۴}، هزینه‌های برق را در تأسیسات انرژی خورشیدی ایوانپا^{۴۵}، پروژه در دست ساخت در جنوب کالیفرنیا را کمتر از انرژی فوتوولتائیک می‌داند و به همین ترتیب در مورد گاز طبیعی. از مارس ۲۰۱۲، ۱/۹ گیگاوات CSP نصب گردیده است که ۱/۸ آنها سهموی خطی بودند.

نیاز اولیه برای کاهش هزینه‌ها شامل بهبود فناوری و کاهش هزینه‌های سه بخش مهم نیروگاه است: I. حوزه خورشیدی (Solar field)، II. سیال انتقال‌دهنده‌گرم (HTF)، III. ذخیره‌کننده انرژی حرارتی (TES).

I. حوزه خورشیدی^{۴۶}:

بزرگترین سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های CSP، مربوط به حوزه خورشیدی است (در حدود ۵۰٪ از هزینه سرمایه‌گذاری یک نیروگاه CSP) [37].

بنابراین، کاهش هزینه‌های حوزه خورشیدی، بیشترین منفعت را برای سرمایه‌گذاران دارد. پتانسیل کاهش هزینه‌ها در دو جزء حوزه خورشیدی بالاست. ساختار نگهدارنده و بازتابنده‌ها.

⁴³ Nathaniel Bullard

⁴⁴ Bloomberg New Energy Finance

⁴⁵ Ivanpah Solar Power Facility

⁴⁶ Solar Field

ساختار نگهدارنده باید به قدر کافی مستحکم باشد تا وزن بازتابنده‌ها را تحمل کند و همچنین در مقابل شدیدترین باد ایستادگی داشته باشد. مواد و طراحی قاب، نقش بزرگی در هزینه ساختار نگهدارنده و بازدهی آن ایفا می‌کنند. استفاده از طرح‌های پیشرفته در طراحی قاب، می‌تواند هزینه‌های قاب را کاهش دهد. همچنین استفاده از بازتابنده‌ها با ساختار یکپارچه، امکان موتناژ سریع‌تر و آسان‌تر را فراهم می‌آورد که این امر هزینه‌های نصب را کاهش می‌دهد.

عملکرد بازتابنده‌ها مستقیماً وابسته به هزینه‌های انرژی است. بازاء هر ۱٪ افزایش بهبود عملکرد، ۱٪ کاهش در هزینه‌های انرژی رخ می‌دهد [44]. بنابراین برای دستیابی به کاهش هزینه‌ها، افزایش عملکرد نوری^{۴۷} بازتابنده‌ها مهم است. جایگزین ساختن آینه‌های شیشه‌ای سنگین با بازتابنده‌های لایه نازک سبک وزن، توانایی کاهش هزینه‌ها، افزایش بازتابندگی و کاهش شکنندگی را دارد. منعکس کننده‌های پیشرفته دیگری در حال حاضر در دست توسعه است که امکان افزایش بازتابندگی تا ۱/۵٪ را دارند [44].

نگهداری از حوزه خورشیدی نیز خود یک مسئله کلیدی است. تجهیزات CSP معمولاً در زمین‌های خورشیدگیر نصب می‌شوند و اغلب در زمین‌های خشک پوشیده از شن و گرد و غبار ساخته می‌شوند. بنابراین هنگامیکه شار تابشی مستقیم خورشید بالاست، بازده نوری به دلیل پوشیده شدن سطوح انعکاس‌دهنده با گرد و غبار به میزان زیادی کاهش می‌یابد. تکنیک‌هایی برای تمیز کردن آنها با استفاده از آب دارای املاح یا هوای فشرده یا اخیراً برس‌های خشک اتوماتیک موتوردار وجود دارد. این عوامل باعث عملیات‌های اضافی و هزینه آب می‌شود که نمی‌توان از آن جلوگیری کرد. بنابراین بخش توسعه و تحقیق (R&D) در تلاش است تا تکنیک‌های جدید یا پوشش‌های خاصی را بیابد [37].

II. سیال انتقال‌دهنده گرما (HTF^{۴۸}):

در حال حاضر، عملکرد سیستم‌های سهموی خطی با بیشترین دمای کارکرد سیال انتقال‌دهنده گرما (HTF)، محدود شده است. تا دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، سیال اصلی که به طور گسترده در سیستم‌های سهموی خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیالی با نام مایع خورشیدی است. این روغن مصنوعی (اکسید بیفنیل biphenyl oxide)، گران است (در حدود ۷/۵۱ دلار بازاء هر لیتر)، بسیار خطرناک است (از نظر زیست‌محیطی و بسیار آتش‌زا است)، در انحصار کاربردهای صنعتی و زیر دمای

⁴⁷ Optical Performance

⁴⁸ Heat Transfer Fluid

۴۰۰ درجه سانتی‌گراد محدود شده است (بیشترین دمای کارکرد کنونی روغن‌های مصنوعی ۳۹۰ درجه سانتی‌گراد است).

[37] [43].

بنابراین نیاز به HTF جدیدی است که دوست‌دار محیط‌زیست، پایه، تحت دمای محیط منجمد نشود و با هزینه کم بدون سختی در استفاده، در دسترس باشد. HTFها را می‌توان از لحاظ انتقال حرارت هدایتی (با افزودن نانوذرات) و ظرفیت حرارتی (micro-PCMs^{۴۹}) بهبود بخشید.

با توجه به ملاحظات فوق، در بازه دمایی پایین تا متوسط، بهترین سیال در دسترس آب/بخار باقی می‌ماند.

Heat transfer fluids (HTF) used in concentrated solar power plants.

HTF	Plants	Maxi T (°C)	Drawbacks	Advantages	ρ, C_p, λ, μ (at operating T)
Mineral oil	SEGS I-III	< 400	Inflammable	Good perf.	equ.synth.
Synthetic oil (Therminol VP1) 390 °C	SEGS > III Andasol Extresol	< 400	Inflammable Highly toxic expensive	Good perf.	709 kg/m ³ 2588 J/(kg K) 0.078 W/(m K) 0.152 mPa s
Water/steam 250 °C 40 bars	Solar One PS10, PS20 PEI	-	High T leads to high P and cost	Cheap HTF inert	Depend T, P
Moten salt (nitrates)	Themis Solar Two	600	Corrosion freezing point	HTH and storage media	900-2600 1500 0.15-2.0
Air (700 °C)	Julich	-	Low performances	Cheap	Depend T, P

جدول ۱۷: سیالات مورد استفاده در نیروگاه‌های CSP [37]

با توجه به مطالعاتی که توسط Turchi et al (2010) انجام شده است، استفاده از آب/بخار و نمک مذاب، می‌تواند دمای کارکرد HTF را تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دهد. بهینه کردن مواد که اجازه کارکرد در دماهای بالاتری را می‌دهد، سبب بهبود راندمان حرارتی به میزان قابل توجه و کاهش شدید هزینه‌ها می‌شود.

در حال حاضر سیستم‌های برج خورشیدی، توانایی کارکرد در دمای حدود ۵۶۵ درجه سانتی‌گراد را دارند که سبب می‌گردد تا لوله‌کشی کمتری برای HTF در این سیستم‌ها مورد نیاز باشد. آزمایشگاه بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (NREL)، در حال حاضر به دنبال پیدا کردن ماده‌ای است که توانایی کارکرد در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر را داشته باشد. اگر تحقیقات HTF موفقیت‌آمیز باشد، بازده برج‌های انرژی شدیداً افزایش یافته و هزینه‌های CSP بیشتر کاهش می‌یابد.

III. ذخیره‌کننده انرژی حرارتی (TES^{۵۰}):

⁴⁹ Microencapsulated Phase Change Material

سیستم‌های خورشیدی رایج تنها توانایی تولید الکتریسیته را زمانیکه خورشید می‌تابد دارند. این محدودیت باعث کاهش در میزان الکتریسیته‌ای می‌شود که یک نیروگاه خورشیدی می‌تواند تولید کند. به هر حال، فناوری TES می‌تواند به برطرف کردن این مشکل کمک کند. استفاده از فناوری TES، سبب می‌شود که تولید انرژی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا کند بنابراین بازدهی کلی نیروگاه خورشیدی نیز افزایش می‌یابد.

ذخیره‌کننده انرژی، ۱۵٪ هزینه سرمایه‌گذاری را شامل می‌شود [37]. به منظور تسهیل در TES، مساحت بازتابنده‌ها باید بیشتر شود و مخازن ذخیره باید اضافه گردد. افزودن این اجزاء نیازمند افزایش در سرمایه‌گذاری است اما افزایش تولید انرژی توسط TES، افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری شده را پوشش می‌دهد. در حال حاضر آزمایشگاه بین‌المللی انرژی‌های نو، بر روی تعدادی از فناوری‌های TES مانند: ذخیره سازی ماده جامد (solid-media storage)، سیستم‌های با مواد تغییر فاز دهنده (phase-change material systems)، ذخیره‌سازی ترموشیمیایی (thermochemical storage) و مواد افزودنی نانوذرات (nanoparticle additives)، کار می‌کند [44]. پیشرفت‌ها در فناوری TES به سیستم‌های CSP اجازه می‌دهد تا الکتریسیته بیشتری را برای مدت زمان طولانی‌تری تولید کنند، بنابراین سودبخشی CSP را افزایش می‌دهد [44].

بهبود بیشتر هر کدام از موارد فوق باعث کاهش بیشتر هزینه‌ها و افزایش سرمایه‌گذاران می‌شود. در همین راستا دولت ایالات متحده کمک‌های مالی به بخش‌های تحقیقاتی خود مثل مرکز تحقیق و توسعه انرژی‌های نو تزریق می‌کند. بودجه سال ۲۰۱۲ آمریکا که توسط رییس جمهور باراک اوباما ارائه گردید، ۷۰ درصد افزایش نسبت به سال ۲۰۱۱ برای تحقیقات دولتی و توسعه فعالیت‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر بود. بخش دفتر علوم^{۵۱} دپارتمان انرژی مبلغ ۲ میلیارد دلار را برای علوم پایه‌ای انرژی به منظور اکتشاف راه‌های جدید برای تولید، ذخیره‌سازی و استفاده از انرژی دریافت می‌کند که میزان ۴۵۷ میلیون دلار به انرژی خورشیدی، ۳۴۱ میلیون دلار به توسعه و تحقیق سوخت‌های زیستی و زیست توده^{۵۲} و ۱۰۲ میلیون دلار به انرژی زمین گرمایی تخصیص داده شده است. همچنین بودجه شامل مبالغی در زمینه شتاب دادن به توسعه طرح‌های تحقیقات علمی است که شامل ۵۵۰ میلیون دلار برای آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته است. و این روند در سال‌های آتی ادامه خواهد

⁵⁰ Thermal Energy Storage

⁵¹ Office of Science

⁵² Biofuel & Biomass

داشت به طوری که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ با کاهش هزینه‌های سه بخش اصلی نیروگاه و دادن مشوق‌های مالی توسط دولت برای سرمایه‌گذاری، هزینه‌های سیستم‌های خورشیدی ۷۵٪ کاهش یابد [45].

هر چند پیشرفت فناوری سبب کاهش هزینه‌ها می‌شود، در حال حاضر مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاران خورشیدی وجود دارد و برنامه‌های تأمین مالی که به سرمایه‌گذاری در آینده کمک خواهد کرد. در حال حاضر سرمایه‌گذاران می‌توانند از مزایای اعتبارات مالیاتی دولت فدرال در قالب اعتبار مالیاتی سرمایه‌گذاری (ITC⁵³) و شتاب ۵ سال استهلاک مالیاتی استفاده کنند. ارزش ترکیبی از این دو اعتبار مالیاتی ۵۶٪ از هزینه‌های خورشیدی نصب شده است [45].

با این وجود این اعتبار مالیاتی در سال ۲۰۱۷ منقضی خواهد گشت و بحران مالی اخیر جهانی موجب شده است تا عدم اطمینان در مورد میزان مالیات پروژه‌های خورشیدی وجود داشته باشد. مشوق‌های محلی و ایالتی مانند تخفیف در پیش پرداخت، مشوق بر اساس عملکرد، اعتبارهای مالیاتی، معافیت مالیات بر دارایی و وام‌های کم بهره، مزایای بیشتری را برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌کنند [45].

انگیزه‌هایی برای آینده شامل تضمین وام توسط دولت، استانداردهای اجباری سبد خورشیدی برای تأسیسات الکتریکی و برنامه حمایتی قیمت خورشیدی برای تعرفه‌های اشتراکی (FIT⁵⁴). برنامه‌های FIT، خرید هزینه انرژی تولید شده توسط نیروگاه‌های خورشیدی را تضمین می‌کند. FIT به عنوان یارانه برای تفاوت هزینه بین انرژی تولید شده توسط تجهیزات خورشیدی و قیمت انرژی در بازار عمل می‌کند. در حال حاضر FIT میزان یارانه ۰/۱۱ دلار بازاء هر کیلووات ساعت را برای CSP تقبل می‌کند. در اروپا نیز برنامه‌های تغذیه در تعرفه، بهبود یافته FIT هستند که راه مؤثری برای افزایش توسعه برنامه‌های خورشیدی است. آزمایشگاه بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر پیش‌بینی می‌کند که در سال ۲۰۲۰، نیروگاه‌های خورشیدی از نظر هزینه رقابتی می‌شوند. هنگامی که نیروگاه‌های خورشیدی رقابتی شوند، دیگر نیازی به یارانه‌های نقدی دولت نخواهد بود [45].

الف. نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری PTC در ایالات متحده آمریکا [46]

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
354	Solar Energy Generating	Mojave Desert,	35°01'54"N 117°20'53"W	Collection of 9 units	Cogentrix &NextEra Energy

⁵³ Investment Tax Credit

⁵⁴ Feed-in-tariff

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
	Systems	California			Resources (American Cos.)
280	Solana Generating Station	Gila Bend, Arizona	32°55'N 112°58'W	Completed in October 2013, with 6 th thermal energy storage	Abengoa Solar (Spanish Co.)
280	Mojave Solar Project	Harper Dry Lake, California	35°1' N 117°20' W	Under Construction	Mojave Solar, LLC ⁵⁵ (American)
250	Genesis Solar Energy Project	Blythe, California	33°38'37.68"N 114°59'16.8"W	Online April 24, 2014	Genesis Solar, LLC (American)
75	Martin Next Generation Solar Energy Center	Indiantown Florida	27°03'11"N 80°33'00"W	Completed December 2010	Florida Power & Light Co. (American)
75	Nevada Solar One	Boulder City, Nevada	35°48.0'N 114°58.6'W	Operational since 2007	Acciona Energy (Spanish Co.)
17	Stillwater	Nevada		Under Construction	Enel Green Power (Italian)
2	Keahole Solar Power	Hawaii	19°42'54"N 156°2'7"W	Start year 2009	Keahole solar power, LLC (American)
2	Colorado Integrated Solar Project	Palisade, Colorado	39°8'54.96"N 108°19' 5.1234" W	Currently non-Operational Start year 2010	Xcel Energy (American)
1.16	Saguaro Solar Power Station	Red Rock, Arizona		Start year 2006	Arizona Public Service (American)

جدول ۱۸: نیروگاه‌های دارای فناوری PTC در ایالات متحده آمریکا

⁵⁵Limited Liability Company

ب. بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های PTC در ایالات متحده آمریکا:

ب.۱ نیروگاه‌های SEG1-9:

ب.۱.۱ SEG1:

این نیروگاه در سال ۱۹۸۴ با توانایی تولید ۱۳/۸ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ که در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی فعالیت دارد ساخته شد. مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه، شرکت آمریکایی Cogentrix است که در چهار زمینه سهام خصوصی^{۵۶}، دارایی‌های واقعی^{۵۷}، استراتژی‌های بازار^{۵۸} و صندوق وجوه^{۵۹} سرمایه‌گذاری می‌کند. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [47].

ب.۱.۲ SEG2:

در راستای توسعه نیروگاه‌های SEG1، این نیروگاه در سال ۱۹۸۵، با توانایی تولید ۳۳ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه، شرکت آمریکایی Cogentrix است. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [48].

ب.۱.۳ SEG3:

SEG3 در سال ۱۹۸۵ با ظرفیت ۳۳ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۵۰٪) و گرداننده این نیروگاه، شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد که یک شرکت بزرگ تأمین‌کننده برق به صورت عمده می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [49].

ب.۱.۴ SEG4:

⁵⁶Private equity

⁵⁷Real assets

⁵⁸Market strategies

⁵⁹Fund of funds

SEGS4 در سال ۱۹۸۹ با ظرفیت ۳۳ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۳۸٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [50].

ب.۱.۵: SEGS5

SEGS5 در سال ۱۹۸۹ با ظرفیت ۳۳ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۴۶٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [51].

ب.۱.۶: SEGS6

SEGS6 در سال ۱۹۸۹ با ظرفیت ۳۵ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۴۱٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [52].

ب.۱.۷: SEGS7

SEGS7 در سال ۱۹۸۹ با ظرفیت ۳۵ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۵۰٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [53].

ب.۱.۸: SEGS8

SEGS8 در سال ۱۹۸۹ با ظرفیت ۸۹ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۵۰٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [54].

ب.۱.۹: SEGS9

SEGS9 در سال ۱۹۹۰ با ظرفیت ۸۹ مگاوات توسط شرکت اسرائیلی LUZ ساخته شد. مالک (۵۰٪) و گرداننده این نیروگاه،

شرکت آمریکایی NextEra می‌باشد. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [55].

✓ تمامی نیروگاه‌های SEGS، از مشوق‌های دولتی و ایالتی برای سرمایه‌گذاری و نیز حذف مالیات از تجهیزات

برخوردار شدند.

ب.۲ نیروگاه Solana:

این نیروگاه در سال ۲۰۱۳ با توانایی تولید ۲۸۰ مگاوات توسط شرکت اسپانیایی Abengoa Solar، که یک شرکت خصوصی است که در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی فعالیت دارد، ساخته شد. مالکین این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar و شرکت آمریکایی چندرسانه ای LIC^{۶۰} هستند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC^{۶۲}) توسط شرکت اسپانیایی Abener-Teyma که در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند صورت گرفته. خریدار برق تولیدی این نیروگاه، شرکت خدمات عمومی آریزونا^{۶۳} است. هزینه ساخت نیروگاه، ۲ میلیارد دلار بود که شرکت Abengoa، توانست مبلغ ۱/۴۵ میلیارد دلار از دولت آمریکا وام دریافت کند [56].

ب.۳ نیروگاه Mojave:

کار ساخت این نیروگاه از سال ۲۰۱۴ آغاز گردیده و دارای ظرفیت ۲۸۰ مگاوات می‌باشد. شرکت آمریکایی Mojave Solar, LLC به همراه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar، سازندگان این نیروگاهند و مالکیت این نیروگاه در دست شرکت آمریکایی Mojave Solar, LLC است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC) توسط شرکت اسپانیایی Abener-Teyma که در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند صورت می‌گیرد. شرکت PG&E^{۶۴}، خریدار برق تولیدی این نیروگاه خواهد بود. هزینه ساخت نیروگاه، ۱/۶ میلیارد دلار است که شرکت Abengoa، توانست مبلغ ۱/۲ میلیارد دلار از دولت آمریکا وام دریافت کند [57].

ب.۴ نیروگاه Genesis:

این نیروگاه از سال ۲۰۱۴، عملیاتی شد و دارای ظرفیت تولید ۲۵۰ مگاوات است. شرکت‌های آمریکایی Genesis Solar, LLC و NextEra Energy Resource سازندگان این نیروگاه هستند و مالک و گرداننده این نیروگاه شرکت Genesis Solar, LLC است. شرکت PG&E خریدار برق تولیدی این نیروگاه است [58].

⁶⁰ Multimedia

⁶¹ Liberty Interactive Corporation

⁶² Engineering, Procurement & Construction

⁶³ Arizona Public Service

⁶⁴ Pacific Gas & Electric

ب.۵ نیروگاه Martin:

در سال ۲۰۱۰ با ظرفیت ۷۵ مگاوات توسط کمپانی آمریکایی Florida Power & Light که خود زیرمجموعه شرکت NextEra Energy می‌باشد، ساخته شد که مالکیت ۱۰۰٪ نیروگاه نیز با همین کمپانی است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC) توسط شرکت آمریکایی Lauren Engineers & Constructors صورت می‌گیرد. همچنین گرداننده و استفاده کننده برق تولیدی نیروگاه، کمپانی آمریکایی Florida Power & Light می‌باشد [59].

هزینه ساخت این نیروگاه تقریباً ۱۴۱ میلیون دلار آمریکاست. در طول ۳۰ سال عمر این نیروگاه انتظار می‌رود که مبلغ ۱۷۸ میلیون دلار صرفه‌جویی در هزینه سوخت و ۲/۷۵ میلیون تن کاهش آلودگی دی اکسیدکربن را شاهد باشیم [60].

ب.۶ نیروگاه Nevada Solar One:

این نیروگاه در سال ۲۰۰۷ با ظرفیت ۷۵ مگاوات توسط کمپانی اسپانیایی Acciona Solar Power ساخته شد. مالکیت ۱۰۰٪ این نیروگاه با کمپانی Acciona Energia است که در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند و کمپانی Acciona Solar Power زیرمجموعه آن است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC) توسط شرکت آمریکایی Lauren Engineers & Constructors صورت می‌گیرد. گرداننده این نیروگاه نیز شرکت اسپانیایی Acciona Solar Power است. شرکت NV Energy خریدار برق این نیروگاه است [61].

ب.۷ نیروگاه Stillwater:

این نیروگاه در سال ۲۰۰۹ با تولید ۳۳ مگاوات از طریق زمین گرمایی^{۶۵} شروع به کار کرد و بخش سلول‌های فوتوولتائیک آن با تولید ۲۶ مگاوات در سال ۲۰۱۲ تکمیل شد. هم‌اکنون برنامه تولید ۱۷ مگاوات توسط فناوری PTC در این نیروگاه در دست ساخت است تا ظرفیت کلی نیروگاه به ۶۶ مگاوات در سال‌های آتی برسد. سازنده و مالک نیروگاه شرکت ایتالیایی Enel Green Power است که یک کمپانی تولید کننده برق و دومین کمپانی بزرگ در اروپاست. شرکت NV Energy خریدار برق این نیروگاه است. هزینه ساخت این نیروگاه ۶۰ میلیون دلار است که مبلغ ۴۰ میلیون آن توسط حمایت مالی دولت آمریکا تأمین گردید [62] [64] [65] [66].

⁶⁵Geothermal

ب.۸ نیروگاه Keahole:

در حال حاضر این نیروگاه ۱۲ مگاوات برق تولید می‌کند که تنها ۲ مگاوات آن با فناوری PTC تولید می‌گردد. هدف کمپانی رسیدن به میزان تولید ۳۰ مگاوات در آینده نه چندان دور است [66].

این پروژه زیر نظر آزمایشگاه انرژی‌های طبیعی هاوایی (NELHA⁶⁶) و با ساخت و مالکیت شرکت آمریکایی Keahole Solar Power, LLC آغاز به کار کرد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC)، توسط شرکت آمریکایی Energy Industrial Corporation صورت می‌گیرد. برق تولیدی این نیروگاه برای مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد [67].

ب.۹ نیروگاه Colorado:

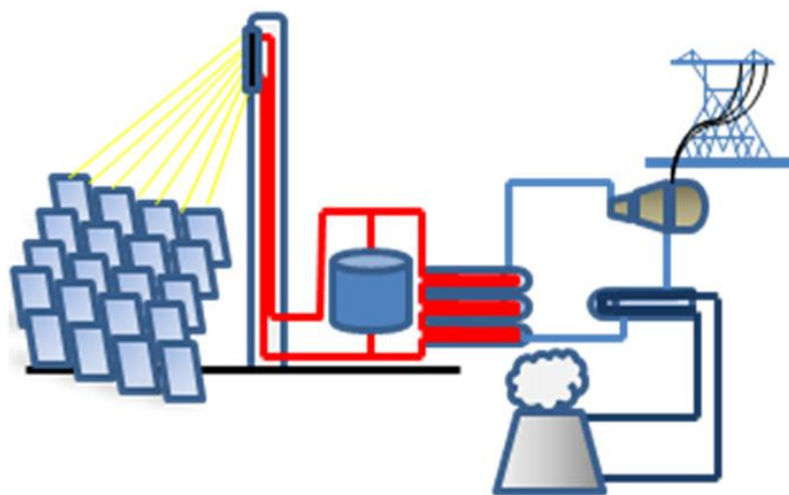
ساخت این نیروگاه در سال ۲۰۱۰ آغاز شد و در حال حاضر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این نیروگاه با توانایی تولید ۲ مگاوات، توسط شرکت آمریکایی Xcel Energy، که در زمینه تولید و توزیع برق و گاز فعالیت می‌کند و شرکت اسپانیایی Abengoa Solar ساخته شد. مالک و گرداننده نیروگاه شرکت Xcel Energy است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC) بر عهده شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است [68].

ب.۱۰ نیروگاه Saguario:

این نیروگاه در سال ۲۰۰۶ با ظرفیت ۱/۶ مگاوات شروع به کار کرد. سازنده، مالک (۱۰۰٪)، گرداننده و مصرف‌کننده این نیروگاه شرکت آمریکایی خدمات عمومی آریزونا است و مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز (EPC)، توسط شرکت آمریکایی Solargenix انجام می‌پذیرد.

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های PTC موجود در ایالات متحده آمریکا، ۵۰٪ توسط آمریکا، ۳۰٪ توسط اسپانیا، ۱۰٪ توسط اسرائیل و ۱۰٪ توسط ایتالیا ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های PTC در ایالات متحده آمریکا، مالکیت ۷۵٪ با آمریکا، ۱۵٪ با اسپانیا و ۱۰٪ با ایتالیا می‌باشد [69].

⁶⁶ Natural Energy Laboratory of Hawaii

۱،۲،۲،۲،۱ نیروگاه برج خورشیدی (TSP^{۶۷})

شکل ۳۱: طرح کلی فناوری TSP

در سال ۱۹۷۶، کمیسیون اتحادیه اروپا (CEC^{۶۸})، تصمیم گرفت تا کارایی فناوری برج خورشیدی را برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به الکتروسیته از طریق ساختن اولین نیروگاه در محدوده مگاوات، بدلیل اهمیت تولید الکتروسیته پاک با استفاده از انرژی خورشید در اتحادیه اروپا را نشان دهد [70] [71].

نام پروژه EURELIOS بود و در دره بزرگی در حدود ۳۰ کیلومتری از دریا در آدرانو^{۶۹}، سیسیل، ایتالیا واقع شده است [72].

در همان سال یک انجمن صنعتی بین‌المللی متشکل از ANSALDO S.P.A. و ENEL^{۷۰} از ایتالیا، CETHEL (که ترکیبی از Renault، Five- Cail- Babcock، Saint- Gobain Ponta-Mousson و Heurtey S.A. از فرانسه و MBB^{۷۱} از جمهوری فدرال آلمان، شروع به ساخت نیروگاه کردند. در سال ۱۹۷۸، این شرکت‌ها ساخت و ساز را به اتمام رساندند و نمونه اولیه را تست کردند و در انتهای سال ۱۹۸۰، تمامی ساخت و سازهای EURELIOS کامل گردید و به شبکه انجمن برق ملی ایتالیا متصل گردید.

⁶⁷ Tower Solar Plant

⁶⁸ Commission of the European Communities

⁶⁹ Adrano

⁷⁰ Ente Nazionale per l' Energia Elettrica

⁷¹ Messerschmitt-Bolkow-Blohm

دپارتمان انرژی آمریکا که در اواخر دهه هفتاد آغاز به کار کرد، با درس‌هایی که از موفقیت‌ها و شکست‌های پروژه EURELIOS آموخت، اقدام به بهترین طراحی هلیوستات و اولین نیروگاه برج خورشیدی در مقیاس بزرگ به همراه واحد ذخیره‌کننده انرژی کرد.

نیروگاه به اسم خورشیدی یک^{۷۲} خوانده شد و توسط دپارتمان انرژی آمریکا، شرکت ادیسون کالیفرنیا جنوبی، دپارتمان آب و برق لس آنجلس^{۷۳} و کمیسیون انرژی کالیفرنیا برای تولید ۱۰ مگاوات طراحی شده است. در سال ۱۹۸۱ این نیروگاه ساخته شد و در سال ۱۹۸۲، نیروگاه برای ۶ سال متوالی کار کرد و در طی این سال‌ها، زمان کارکرد شامل ۸ ساعت در روزهای تابستانی و ۴ ساعت در روزهای زمستانی [74] [75]، با بازده سالانه ۷٪، تنها به دلیل عدم توانایی اعزام برق، شوک حرارتی توربین در زمان‌هایی که ابرها از روی هلیوستات‌ها می‌گذشتند و پیچیدگی ذخیره حرارتی که سبب تلفات ترمودینامیکی بالایی می‌شود [76] [77]. در سال ۱۹۸۸، نیروگاه خورشیدی یک، از رده خارج گردید [74].

اما در طی سال‌های کارکرد نیروگاه، دپارتمان انرژی و صنعت، سعی در حذف معایب نیروگاه خورشیدی یک از طریق سرمایه‌گذاری در مجموعه‌ای از تحقیقات برای تغییر سیال مورد استفاده در گیرنده^{۷۴} داشته‌اند [78].

در سال ۱۹۹۶، دپارتمان انرژی آمریکا با مجموعه‌ای که شامل شرکت خدمات عمومی آریزونا، شرکت بچتل^{۷۵}، کمیسیون انرژی کالیفرنیا^{۷۶}، مؤسسه تحقیقاتی برق^{۷۷}، شرکت برق آیداهو^{۷۸}، دپارتمان آب و برق لس آنجلس، شرکت پسیفی^{۷۹}، صنایع همگانی شهری ساکرامنتو^{۸۰}، SRP^{۸۱} و شرکت ادیسون کالیفرنیا جنوبی، نیروگاه خورشیدی دو^{۸۲} را با افزودن ۱۰۸ هلیوستات که هر کدام ۹۵ مترمربع مساحت داشت با مساحت دهانه ۱۰۲۰۰ مترمربع، دریافت کننده نترات نمک (۴۳ مگاوات)، سیستم ذخیره نمک (۳ ساعت و ۱۰۵ مگاوات)، ژنراتور بخار (۳۵ مگاوات) و یک سیستم کنترلی پیشرفته جدید به اجزای باقی مانده از نیروگاه خورشیدی یک راه اندازی کرد [79].

⁷²Solar One

⁷³LA Department of Water and Power

⁷⁴receiver

⁷⁵Bechtel Corporation

⁷⁶California Energy Commission

⁷⁷Electric Power Research Institute

⁷⁸Idaho Power Company

⁷⁹PacifiCorp

⁸⁰Sacramento Municipal Utility District

⁸¹Salt River Project

⁸²Solar Two

نیروگاه توسط یک کمیته راهبردی به ریاست شرکت ادیسون کالیفرنیا جنوبی و کمیته مشاوره فنی به ریاست ساندا^{۸۳} هدایت می‌شد. کمیته راهبردی سیاست‌ها و اهداف راهبردی را تعیین می‌کند و از اجرایی شدن اهداف با توجه به منابع، اطمینان حاصل می‌کند. کمیته مشاوره فنی، بررسی طرح‌ها و پیشنهادات و حمایت از انتقال اطلاعات به تمام اعضا و مشاوره تجاری به ریاست شرکت بچتل برای استفاده از نیروگاه خورشیدی دو، به عنوان سنگ بنایی برای تجاری سازی نیروگاه‌های برج خورشیدی را به عهده دارد. در طی ساخت پروژه، آزمایشگاه ملی ساندا^{۸۴}، اطلاعات فنی لازم را فراهم می‌کرد [80].

نیروگاه خورشیدی دو، با تولید ۱۰ مگاوات، سه سال عملیاتی بود و در طی ۲ سال اول بازدهی آن به بالای ۸۰٪ رسید و در سال آخر به ۹۶٪ رسید. در سال ۱۹۹۹، نیروگاه خورشیدی دو از مدار خارج شد [79].

موفقیت نیروگاه خورشیدی دو، سبب ساخت نیروگاه خورشیدی سه^{۸۵}، با ابعاد سه برابر بزرگتر از نیروگاه خورشیدی دو، در اسپانیا گردید.

الف. نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری TSP در ایالات متحده آمریکا [80]:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
600	BrightSource PG&E(5,6,7)	TBD, California	-	Power Tower (Collection of three units)	Under Development, start year 2016
500	Palen Solar Electric Generating System	Desert Center, California	33°50'56.0"N 115°14' 22.0" W	Power tower	Under Development, start year 2016
400	BrightSource Coyote Springs or PG&E(3,4)	Coyote Springs, Nevada, United States	36.799595°N 114.924302°W	Power tower (Collection of two units)	Under Development, start year 2015
392	Ivanpah Solar Power Facility	San Bernardino Country, California	35°34'N 115°28'W	Solar power tower	Completed in February 13, 2014

⁸³Sandia

⁸⁴Sandia National Laboratories

⁸⁵Solar Tres or Solar Three

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
150	Rice Solar Energy Project	Rice, California (Mojave Desert, near Blythe)	34°4' N, 114°49' W	Power tower	Under Development, start year 2016
110	Crescent Dunes Solar Energy Project	Tonopah, Nevada (Northern Nevada, northwest of Tonopah)	38°14' N, 117°22' W	Power tower	Under Development, start year 2013/2014
5	Sierra SunTower	Lancaster, California	34°46'0.0"N 118°8'0.0"W	solar power tower	completed August 2009

جدول ۱۹: نیروگاه‌های دارای فناوری TSP در ایالات متحده آمریکا

ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های TSP در ایالات متحده آمریکا:

ب.۱ نیروگاه BrightSource PG&E(5,6,7):

این نیروگاه با ظرفیت کل ۶۰۰ مگاوات، از سه بخش ۲۰۰ مگاواتی تشکیل می‌شود که آغاز ساخت PG&E5,6 در سال ۲۰۱۶ و PG&E7 در سال ۲۰۱۷ خواهد بود. سازنده این نیروگاه شرکت BrightSource Energy است که در زمینه طراحی، ساخت، تأمین هزینه مالی و اجرای طرح‌های نیروگاه‌های خورشیدی فعالیت دارد. این شرکت با نام پیشین LUZ2، چند سال پس از ورشکستگی شرکت LUZ، تشکیل گردید. خریدار آینده برق تولیدی این نیروگاه شرکت PG&E خواهد بود [81] [82] [83].

ب.۲ نیروگاه Palen:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰۰ مگاوات است. ساخت این نیروگاه از سال ۲۰۱۶ آغاز خواهد شد. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه شرکت BrightSource Energy است. گرداننده و نگهدارنده این نیروگاه، شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است. خریدار آینده برق تولیدی این نیروگاه شرکت برق ادیسون کالیفرنیا خواهد بود [84].

ب.۳ نیروگاه BrightSource Coyote Springs:

این نیروگاه با ظرفیت کل ۴۰۰ مگاوات، از دو بخش ۲۰۰ مگاواتی تشکیل می‌شود که آغاز ساخت PG&E3 در سال ۲۰۱۴ و PG&E4 در سال ۲۰۱۵ خواهد بود. سازنده این نیروگاه شرکت BrightSource Energy است. خریدار آینده برق تولیدی این نیروگاه شرکت PG&E خواهد بود [85].

ب.۴ نیروگاه Ivanpah:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۳۹۲ مگاوات است. این نیروگاه هم اکنون عملیاتی است. دولت فدرال ۱/۶ میلیارد دلار وام به این نیروگاه اختصاص داده است. سازنده این نیروگاه شرکت BrightSource Energy است. مالکین این نیروگاه شرکت‌های NRG Energy، BrightSource Energy و Google هستند. نگهدارنده این نیروگاه، شرکت آمریکایی بچتل است که بزرگترین شرکت عمرانی در ایالات متحده آمریکاست. خریدار برق تولیدی این نیروگاه شرکت هایبرق ادیسون کالیفرنیا و جنوبی و PG&E می‌باشند [86].

ب.۵ نیروگاه Rice:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۱۵۰ مگاوات است. ساخت این نیروگاه از سال ۲۰۱۶ آغاز خواهد شد. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت آمریکایی SolarReserve's Rice Solar Energy, LLC است. نگهدارنده این نیروگاه، شرکت هوا فضای آمریکایی UTC-PWPS^{۸۶} می‌باشد. خریدار آینده برق تولیدی این نیروگاه شرکت PG&E خواهد بود [87].

ب.۶ نیروگاه Crescent Dunes:

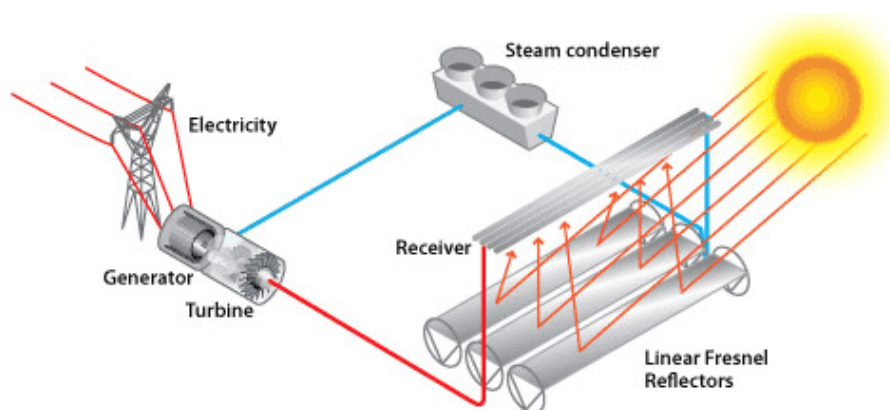
این نیروگاه دارای ظرفیت ۱۱۰ مگاوات است. ساخت این نیروگاه از سال ۲۰۱۳ آغاز شده است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت آمریکایی SolarReserve's Rice Solar Energy, LLC است. نگهدارنده این نیروگاه، شرکت عمرانی اسپانیایی ACS Cobra است. خریدار آینده برق تولیدی این نیروگاه شرکت NV Energy خواهد بود [88].

ب. ۷ نیروگاه Sierra SunTower:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵ مگاوات است. این نیروگاه هم اکنون عملیاتی است. دولت فدرال ۳۰٪ اعتبار مالیاتی، در نیروگاه سرمایه‌گذاری کرده است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت آمریکایی eSolar است که در زمینه توسعه نیروگاه‌های CSP فعالیت می‌کند. خریدار برق تولیدی این نیروگاه شرکت برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی است [89].

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های TSP موجود در ایالات متحده آمریکا، ۵۷٪ توسط اسرائیل، ۴۳٪ توسط آمریکا ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های TSP در ایالات متحده آمریکا، ۵۰٪ مالکیت با آمریکا و ۵۰٪ مالکیت با اسرائیل است.

۱،۲،۳ فناوری کلکتور خطی فرنل^{۸۷} (LFC)



شکل ۳۲: طرح کلی فناوری LFC

در سال ۱۹۵۷ بایوم^{۸۸}، قوانین کلکتور خطی فرنل را توسعه بخشید. سپس در سال ۱۹۶۱، جیورجیو فرانسیا^{۸۹} که یک ریاضیدان ایتالیایی است و هر دو رفلکتور خطی و دو محوره فرنل را طراحی کرده است، این فناوری را مورد استفاده قرار داد [90].

سپس دو سال بعد، فرانسیا در نیروگاه خورشیدی Lacedemone-Marseilles، اولین نمونه آزمایشی LFC را طراحی کرد و ساخت [92].

⁸⁷ Linear Fresnel Collector

⁸⁸ Baum et al

⁸⁹ Giorgio Francia

پس از آن در سال ۱۹۶۴، فراسنل نمونه دیگری را که در فشار ۱۰۰ اتمسفر و دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در هر ساعت ۳۸ کیلوگرم بخار تولید می‌کرد، ساخت [92].

شرکت آمریکایی^{۹۰} FMC، در اواخر دهه هفتاد میلادی، سیستم‌های خطی فرنل را توسعه داد تا نیروگاه LFC در مقیاس بزرگ با توانایی تولید ۱۰ و ۱۰۰ مگاواتی ایجاد کند. اولین اجزای نیروگاه مورد آزمایش قرار گرفت اما به دلیل فقدان بودجه، کار متوقف گردید. در سال ۱۹۹۱ کمپانی اسرائیلی پز^{۹۱}، یک کولکتر خطی فرنل در مرکز تست فناوری خورشیدی بن‌گورین^{۹۲} ساخت. در سال ۱۹۹۳ در دانشگاه سیدنی^{۹۳}، نمونه پیشرفته‌ای از کلکتور خطی فرنل طراحی شد و CLFC^{۹۴} نامیده شد [93]. شرکت آستا انرژی^{۹۵} و استن ول^{۹۶}، بین‌المللی سولاهارت^{۹۷} و سولسرچ^{۹۸}، در سال ۱۹۹۹ تصمیم به ساخت اولین نیروگاه CLFC در نیروگاه استن ول در استرالیا، تحت نظارت AGRE^{۹۹} کردند. شرکت استن ول و دانشگاه‌های سیدنی و نیو ساوت ولز^{۱۰۰}، برای تجاری‌سازی فناوری پیشرفته LFC با ساخت نیروگاه خورشیدی ۱۴ مگاواتی در کنار نیروگاه زغال‌سنگی ۱۴۴۰ مگاواتی با یکدیگر همکاری کردند.

نیروگاه‌های LFC دیگری در سال‌های بعدی در نقاط دیگر دنیا ساخته شد. از سال ۲۰۰۵ در ایالات متحده، کلکتورهای خطی مانند HD10 و HD16، برای کاربردهای گرمایی در صنعت و خنک‌کننده خورشیدی در نقاط مختلف ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرند [94].

⁹⁰ Food Machinery Corporation

⁹¹ Paz

⁹² Ben Gurion

⁹³ Sydney

⁹⁴ Compact Linear Fresnel Collector

⁹⁵ Austa Energy

⁹⁶ Stanwell

⁹⁷ Solahart

⁹⁸ Solsearch

⁹⁹ Australian Greenhouse Renewable Energy

¹⁰⁰ New South Wales

الف. نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری LFC در ایالات متحده آمریکا: [80]

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
5	Kimberlina Solar Thermal Energy Plant	Bakersfield, California	35°34'06"N 119°12'06"W	Linear Fresnel reflector	Start year: October 2008
5	Sundt Power Plant	Arizona		Linear Fresnel reflector	Start year 2014

جدول ۲۰: نیروگاه‌های دارای فناوری LFC در ایالات متحده آمریکا

ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های LFC در ایالات متحده آمریکا:

ب.۱ نیروگاه Kimberlina:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵ مگاوات است. این نیروگاه هم اکنون عملیاتی است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت آمریکایی اوسرا^{۱۰۱} است. خریدار برق تولیدی این نیروگاه شرکت California ISO است. اعتبارات مالیاتی دولت فدرال در قالب اعتبار مالیاتی سرمایه‌گذاری (ITC) برای این نیروگاه در نظر گرفته شده است [95].

ب.۲ نیروگاه Sundt Power:

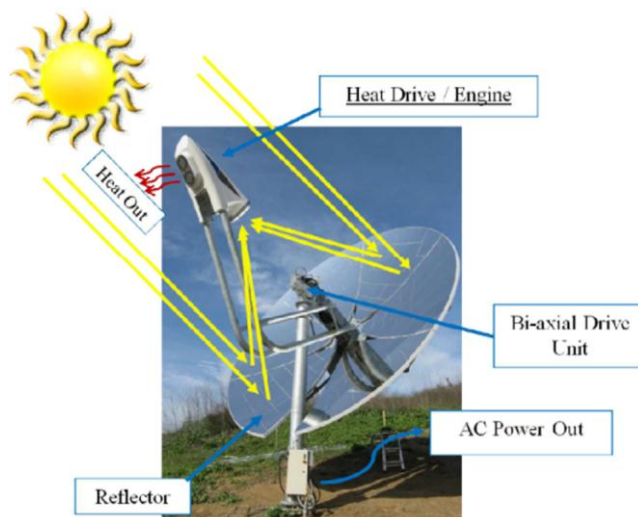
این نیروگاه دارای ظرفیت ۵ مگاوات است. نیروگاه شامل یک بخش ۱۵۶ مگاواتی دو سوخته و یک بخش ۵ مگاواتی خورشیدی است. ساخت بخش خورشیدی نیروگاه از سال ۲۰۱۴ آغاز می‌شود. سازنده این نیروگاه، شرکت برق توکسن^{۱۰۲} و شرکت آروا سولار^{۱۰۳} است [96].

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های LFC موجود در ایالات متحده آمریکا، هر دو نیروگاه توسط آمریکا (۱۰۰٪) ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های LFC، مالکیت ۱۰۰٪ آنها با آمریکاست.

¹⁰¹Ausra

¹⁰²Tucson

¹⁰³AREVA Solar

۴,۲,۲,۱ فناوری دیش استرلینگ (SDC^{۱۰۴})

شکل ۳۳: طرح کلی فناوری SDC

در اواخر دهه هفتاد و اوایل دهه هشتاد میلادی، سیستم‌های توان خورشیدی مبتنی بر استرلینگ و بخار-رنکین، توسعه یافت و توسط بسیاری از شرکت‌ها مانند استرلینگ متحده ای بی^{۱۰۵}، شرکت آدونکو^{۱۰۶}، شرکت هوا فضای مکدونل داگلاس (MDA)^{۱۰۷}، آزمایشگاه پیشرانس جت ناسا و DOE عرضه گردید. بنابراین در میان تمامی فناوری‌های CSP، دیش سهموی از همه قدیمی‌تر است. از سال ۱۹۸۲ در کشورهایی چون آلمان و آمریکا کارهایی برای پیشرفت و بهبود این فناوری انجام گردید که اکثراً خروجی تمامی این نمونه‌های اولیه در مقیاس کیلووات بود تا اینکه نیروگاه Moricopa در آریزونا آمریکا ساخته شد.

الف) نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با فناوری SDC در ایالات متحده آمریکا [80]:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
1.5	Tooele Army Depot	Tooele, Utah	40°19'N 112°18'W	Dish/Engine	Under Development, start year 2013
1.5	Maricopa	Peoria, Arizona	33°33' 31.0"	Dish/Engine	Currently

¹⁰⁴ Stirling Dish Technology¹⁰⁵ United Stirling AB¹⁰⁶ Advanco Corporation¹⁰⁷ McDonnell Douglas Aerospace

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
	Solar Project		N, 112°13' 7.0" W		Non-Operational Start year 2010

جدول ۲۱: نیروگاه‌های دارای فناوری SDC در ایالات متحده آمریکا

ب. بررسی سازندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های SDC در ایالات متحده آمریکا:

ب.۱ نیروگاه Tooele:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۱/۵ مگاوات است. ساخت این نیروگاه از سال ۲۰۱۳ آغاز گردیده است. سازنده این نیروگاه شرکت اینفینیا^{۱۰۸} که یک شرکت اسرائیلی فعال در زمینه‌های مختلف انرژی از جمله فناوری استرلینگ است، مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه شرکت پستی Tooele است که متعلق به ارتش است.

ب.۲ نیروگاه Maricopa:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۱/۵ مگاوات است. این نیروگاه هم اکنون عملیاتی نیست. سازنده، مالک و گرداننده این نیروگاه شرکت شرکت برق تسرا^{۱۰۹} است. خریدار برق تولیدی این نیروگاه شرکت SRP است.

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های SDC موجود در ایالات متحده آمریکا، ۵۰٪ توسط اسرائیل، ۵۰٪ توسط آمریکا ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های SDC در ایالات متحده آمریکا، ۱۰۰٪ مالکیت با آمریکا است.

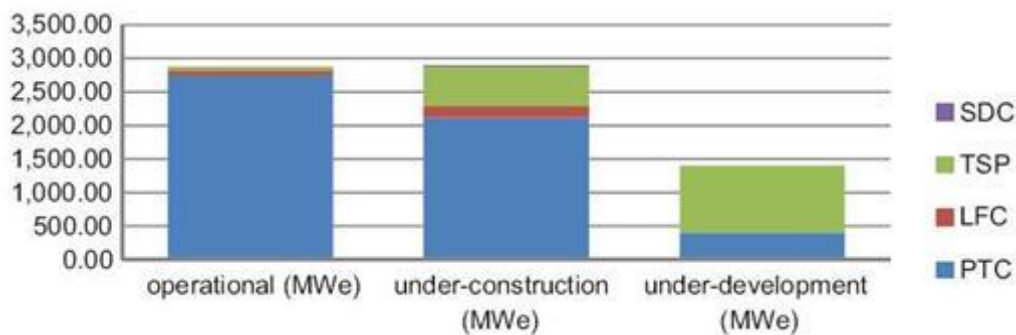
۳،۲،۱ نتیجه گیری:

در مجموع از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های CSP موجود در ایالات متحده آمریکا، ۵۲٪ توسط آمریکا، ۲۸٪ توسط اسرائیل، ۱۵٪ توسط اسپانیا و ۵٪ توسط ایتالیا ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های CSP در ایالات متحده آمریکا، ۷۱٪ مالکیت با آمریکا، ۱۷٪ مالکیت برای اسرائیل، ۷٪ مالکیت برای اسپانیا و ۵٪ برای ایتالیا است.

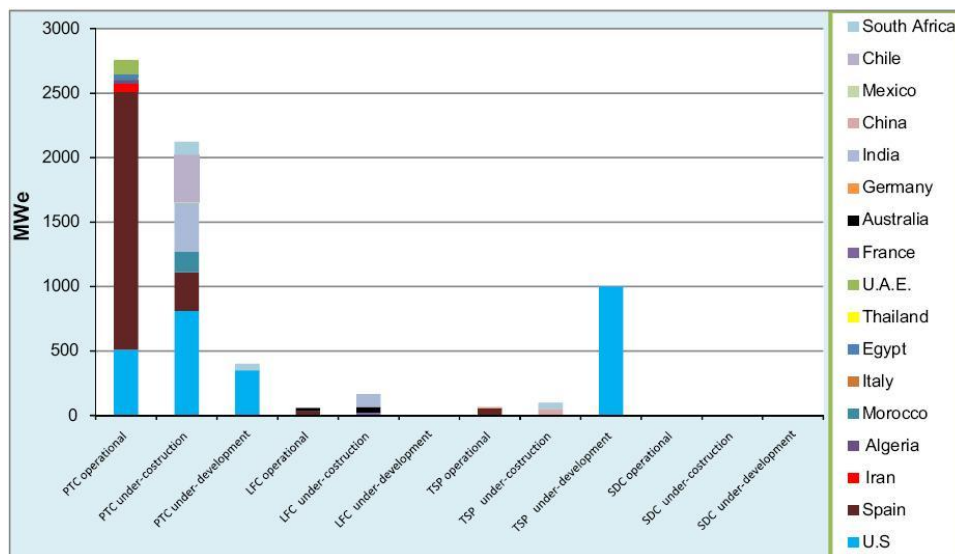
¹⁰⁸Infinia

¹⁰⁹Tessera

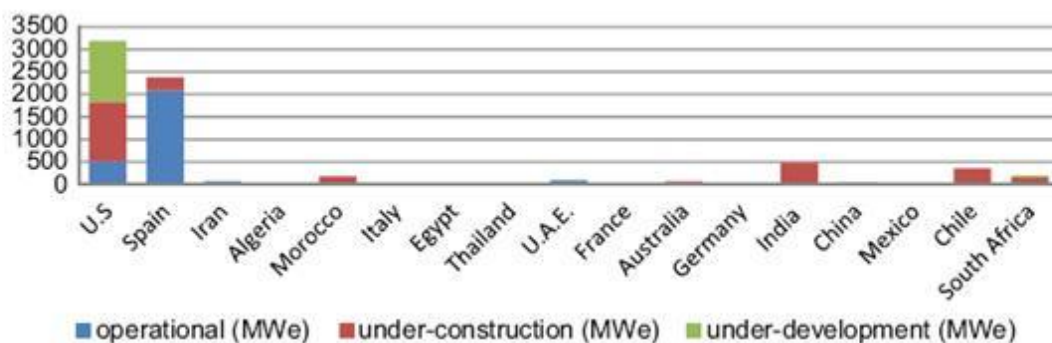
در میان فناوری‌های ذکر شده، فناوری PTC، در زمان حاضر یک فناوری غالب است و در میان فناوری‌های در دست توسعه، فناوری TSP، فناوری غالب است [39].



شکل ۳۴: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، بر اساس فناوری [39]



شکل ۳۵: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، بر اساس فناوری و کشور [39]



شکل ۳۶: ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های CSP عملیاتی، تحت ساخت و تحت توسعه، کشور [39]

۲. مطالعه تطبیقی کشور اسپانیا (بررسی روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی متمرکز ((CSP))

مقدمه:

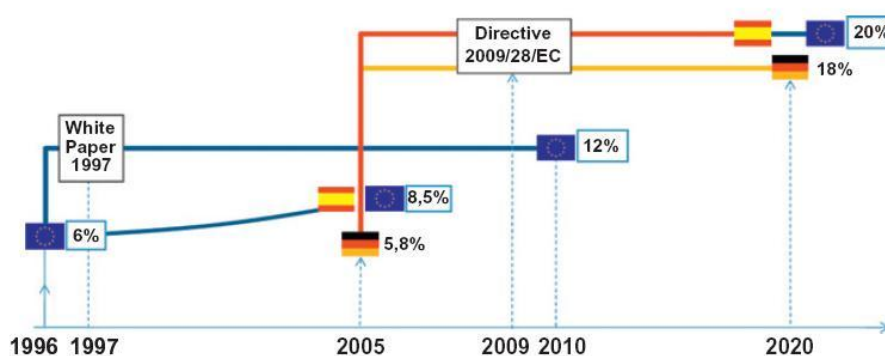
در یازدهم دسامبر ۱۹۹۷، بیشتر کشورهای پیشرفته در شهر کیوتو^{۱۱۰} برای اجرای اقداماتی در جهت کاهش آلودگی گازهای گلخانه‌ای به میزان ۵٪ تا سال ۲۰۱۲ نسبت به سطح آن در سال ۱۹۹۰ متعهد شدند. اتحادیه اروپا به عنوان عامل کلیدی در این قطعنامه، متعهد به کاهش بیشتر تولید گازهای گلخانه‌ای تا ۸٪ با تنظیم اهداف فردی برای هر یک از اعضا با توجه به شرایط اقتصادی و زیست‌محیطی می‌گردد. بنابراین هدف کاهش در برخی کشورها مانند آلمان تا ۲۱٪ تعیین گردید در حالیکه برخی دیگر مانند اسپانیا را از افزایش بیش از ۱۵٪ منع می‌کرد. رشد اقتصادی اسپانیا از سال ۱۹۹۰ سبب تقاضای بیشتر انرژی و افزایش آلودگی شد به طوری که در سال ۲۰۰۷، درصد افزایش آلودگی اسپانیا به ۵۲/۶٪ رسید در حالیکه آلمان برای اولین بار در اهداف اتحادیه اروپا، آن سال را با ۲۲/۴٪ کاهش به پایان رساند [97].

در سال ۱۹۹۷، برای اولین بار در اروپا راهکار و نقشه راه برای نفوذ در بازار RES^{۱۱۱} تعریف گردید. هدف آن کاهش وابستگی به واردات، افزایش امنیت منابع و حمایت از توسعه فنی داخلی، ایجاد اشتغال و تعیین یک هدف جهانی برای دو برابر شدن استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از ۶٪ در سال ۱۹۹۶ تا ۱۲٪ در سال ۲۰۱۰. در دستورالعمل 2001/77/EC، کشورهای عضو

¹¹⁰ Kyoto

¹¹¹ Renewable Sources

می‌بایست روش‌های مجاز در چارچوب مقررات برای کاهش موانع در تولید برق در نیروگاه‌ها با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و نیز تعیین اهداف ملی را بررسی کنند. سرانجام در دستورالعمل 2009/28/EC، برای اولین بار اهداف هر کشور تا سال ۲۰۲۰ در رابطه با NREAP^{۱۱۲} مشخص گردید. هدف اسپانیا رسیدن به سهم ۲۰٪ در سال ۲۰۲۰ (برابر با سهم اتحادیه اروپا) نسبت به سهم ۸/۵٪ آن در سال ۲۰۰۵ می‌باشد [98].



شکل ۳۷: نگاه کلی به اهداف کلی و اقدامات انرژی تجدیدپذیر در اروپا

بدلیل رشد بالای تقاضای انرژی در اسپانیا در طی این سال‌ها و دستورالعمل اتحادیه اروپا در توسعه استفاده از انرژی تجدیدپذیر، دولت اسپانیا در سال ۲۰۰۵ با هدف رسیدن به سهم ۱۲/۱٪ تولید انرژی برق تا سال ۲۰۱۰ از انرژی تجدید پذیر، نقشه راه انرژی تجدیدپذیر را تعیین کرد که در آخر به سهم تولید ۲۲/۷٪ و ۳۷/۵٪ در تولید برق برسد [100].

برنامه‌های حمایتی دولت

به منظور توسعه سیاست‌گذاری‌های انرژی تجدیدپذیر در اسپانیا، راهکاری بر اساس سه نقطه عطف در پیش گرفته شد: ۱- حذف موانع غیر اقتصادی در توسعه RES-E^{۱۱۳} ۲- جبران هزینه‌های تولید ۳- نزدیک ساختن قیمت برق تولیدی به قیمت برق موجود در بازار.

¹¹² National Renewable Energy Action Plans

¹¹³ electricity from renewable energy sources

سیستم نزدیک‌سازی قیمت برق تولیدی به برق موجود در بازار، ^{۱۱۴} FIT نامیده می‌شود که تضمین دسترسی بلند مدت به شبکه برق، حصول اطمینان از خرید برق تولیدی با تعرفه ثابت و بالاتر از قیمت برق موجود در بازار را شامل می‌شود. این سیاست-گذاری در سال ۲۰۰۴ توسط دولت آلمان و اسپانیا تعیین گردید [100].

سازندگان پروژه‌های تجدیدپذیر می‌بایست یکی از گزینه‌های زیر را انتخاب کنند:

۱- انتقال برق به سیستم از طریق نقل و انتقال یا شبکه توزیع، که در این صورت یارانه FIT را در طول دوره دریافت می‌کنند.

۲- فروش برق در بازار برق عمده‌فروشی. در این مورد قیمت فروش برق با حق بیمه بر حسب ساعت در بازار خواهد بود و دارای کف و سقف خرید و فروش است.

	Life (y)	Feed in tariff	Feed-in premium		
		Feed in tariff (c€/kWh)	Reference feed-in premium (c€/kWh)	Upper limit (c€/kWh)	Lower limit (c€/kWh)
CSP	0-25	26.9375	25.4000	34.3976	25.4038
	>25	21.5498	20.3200		

جدول ۲۲: میزان یارانه FIT و FIP تعیین شده برای نیروگاه خورشیدی

در هر چهار سال بر قیمت‌ها و قوانین بازنگری می‌شود [102].

هزینه سرمایه‌گذاری بین ۳ تا ۶ میلیون یورو بر مگاوات و ^{۱۱۵} LCOE از ۱۴ تا ۲۱ c€/kWh بسته به میزان تابش، ظرفیت ذخیره‌سازی و ابعاد سازه. هزینه LCOE در سال ۲۰۲۰ به ۷ تا ۱۰ c€/kWh می‌رسد [102].

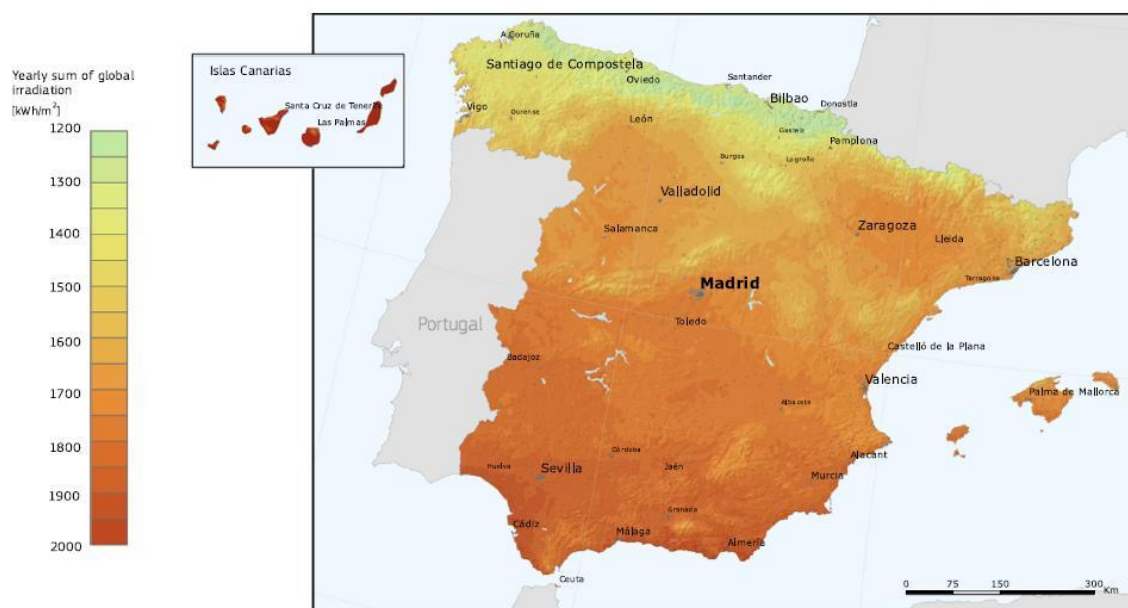
¹¹⁴ Feed-In Tariff

¹¹⁵ Levelized Cost Of Energy

۱,۲ فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) در اسپانیا:

۱,۱,۲ میزان تابش در اسپانیا:

اسپانیا تقریباً از سایر کشورهای اروپایی و کشورهای موجود در قوس مدیترانه‌ای دارای ساعات تابش خورشید بیشتری است و بنابراین شرایط بهینه‌ای برای انرژی خورشیدی وجود دارد. ارزش میانگین تابش (بر حسب ساعت در سال)، از ۱۶۰۰ ساعت در نواحی شمالی تا ۳۱۰۰ ساعت در نواحی جنوبی متغیر است. میانگین تابش خورشید بین $1/5 \text{ kWh/m}^2$ در زمستان و 7 kWh/m^2 در تابستان، در مناطق جنوب کشور متغیر است. میانگین در سال، 1600 kWh/m^2 . شکل زیر سطح تابش سالانه انباشته را در اسپانیا نشان می‌دهد.



شکل ۳۸: تابش افقی جهانی در اسپانیا [103]

فناوری انرژی خورشیدی متمرکز (CSP)^{۱۱۶}، برخلاف وجود نیروگاه‌های تجربی از دهه ۱۹۸۰ همچنان در مرحله آغازین است. اسپانیا در تجاری سازی نیروگاه‌های CSP و توسعه فنی آنها در جهان پیشگام است. در همین زمان، اسپانیا همچنین پیشگام در تولید برق با استفاده از نیروگاه‌های CSP است و پس از آن ایالات متحده آمریکا قرار دارد.

در پایان سال ۲۰۱۲، اسپانیا میزان ۱۹۵۰ مگاوات برق را از ۴۳ عدد از تأسیسات که عمده آنها در مناطق جنوبی که تابش در آنجا فراوان تر است (آندلس^{۱۱۷}، اکسترمادورا^{۱۱۸}، کاستیلا-لامانچا^{۱۱۹} و مورسیا^{۱۲۰})، تأمین می‌کرد. برخلاف فناوری PV^{۱۲۱}، ادامه توسعه فناوری CSP قابل انتظار است چرا که بر اساس گزارشات کمیته ملی انرژی، درخواست دسترسی و تأیید ۱۵۵۶۳ مگاوات برای شبکه برق تا پایان سال ۲۰۱۰ وجود داشته است. نرخ رشد فناوری CSP همچنان ادامه دارد و از سال ۲۰۰۸ صنایع PV را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

در واقع تمامی نیروگاه‌های اسپانیا از فناوری سهموی خطی استفاده می‌کنند در حالیکه تنها سه نیروگاه از فناوری برج خورشیدی و یک نیروگاه از فناوری منعکس‌کننده‌های خطی فرنل بهره می‌برند.

تقریباً $\frac{2}{3}$ نیروگاه‌ها دارای هفت و نیم ساعت ذخیره‌سازی هستند. هنوز تقاضا برای CSP، در مقایسه با سایر فناوری‌ها قابل توجه نگردیده است، هرچند سهم آن در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ به طور قابل توجهی افزایش یافته و در تابستان ۲۰۱۱ به ۱/۵٪ رسیده است. طبق مفاد برنامه انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی تولید شده توسط نیروگاه‌های CSP، ۳٪ از انرژی کل اسپانیا را تا سال ۲۰۲۰ تأمین می‌کند، که در نتیجه ۱۴۳۷۹ GWh انرژی را با تقریباً ۴۸۰۰ مگاوات نصب شده تولید می‌کند. در پرتو فناوری CSP در اسپانیا رسیدن به این مقادیر امکان پذیر است [105].

در اسپانیا، برق خورشیدی (PV & CSP)، از سال ۲۰۰۹ به یک ظرفیت پایدار سالانه بالای ۲۰٪ رسیده‌اند در حالیکه باد از بیش از ده سال پیش به ظرفیت ۲۳٪ رسیده است. یک نتیجه قابل ملاحظه این است که برق تولیدی از خورشید تنها ۶٪ از کل ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۱۳ است (۴/۴۳ گیگاوات از PV و ۲/۰۵ گیگاوات از CSP) و ۵٪ برق تولیدی سال در اسپانیا، از انرژی خورشیدی است که خروجی سالانه آن، ۸۰۱۸ گیگاوات ساعت (۶۸٪) از PV و ۳۸۳۵ گیگاوات ساعت (۳۲٪) از فناوری CSP یا ترموالکتریک^{۱۲۲} است (شکل ۴۲) [105].

¹¹⁷ Andalusia

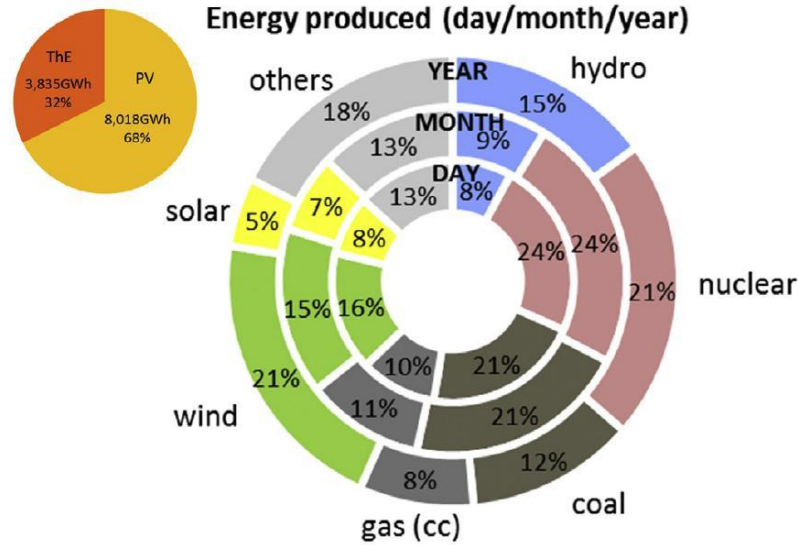
¹¹⁸ Extremadura

¹¹⁹ Castilla-La Mancha

¹²⁰ Murcia

¹²¹ photovoltaic

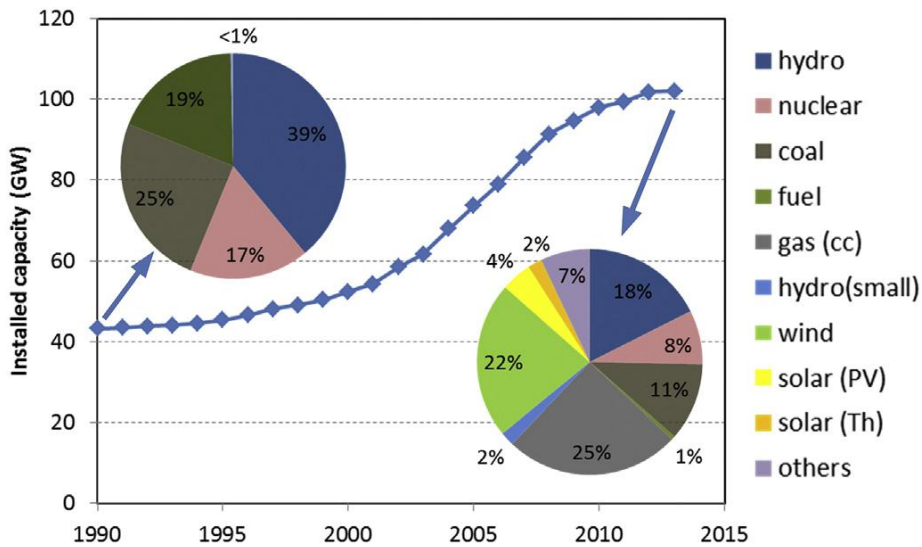
¹²² Thermoelectrical



شکل ۳۹: سهم هر بخش در انرژی در سال ۲۰۱۳ در اسپانیا

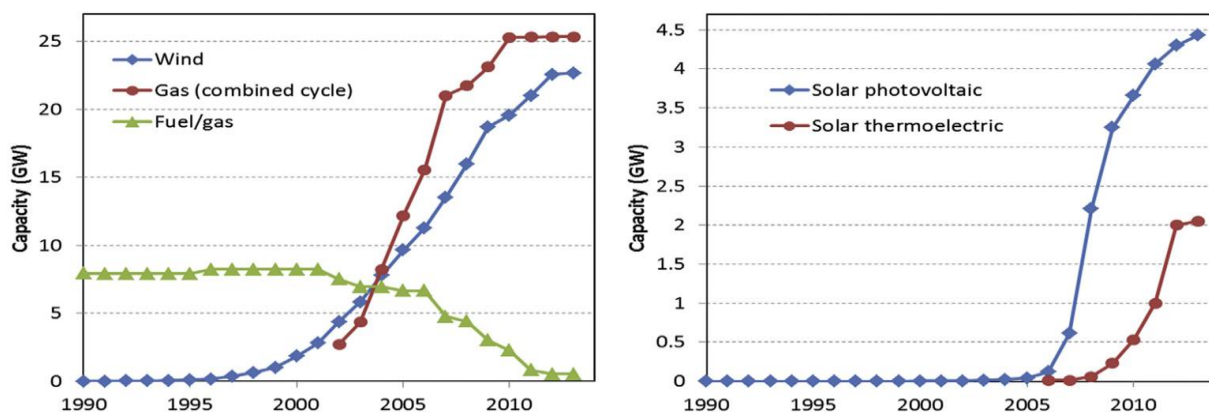
۲،۱،۲ سیر تاریخی تکامل ظرفیت نصب شده در اسپانیا:

مهمترین شرط ورود انرژی تجدیدپذیر در شبکه برق اسپانیا، تأیید انتقال مداوم انرژی است که از چندین سال پیش آغاز گردیده است. در سال ۱۹۹۰، ظرفیت نصب شده، ۴۳/۲۴ گیگاوات با سهم ۳۹٪ از منابع تجدیدپذیر (به طور عمده هیدرو^{۱۳۳}) بود در حالیکه در سال ۲۰۱۳ ظرفیت نصب شده برابر ۱۰۲/۰۲ گیگاوات با سهم ۴۸٪ از انواع منابع تجدیدپذیر است (شکل ۴۳)



شکل ۴۰: ظرفیت کلی نصب شده در اسپانیا در طی ۲۳ سال

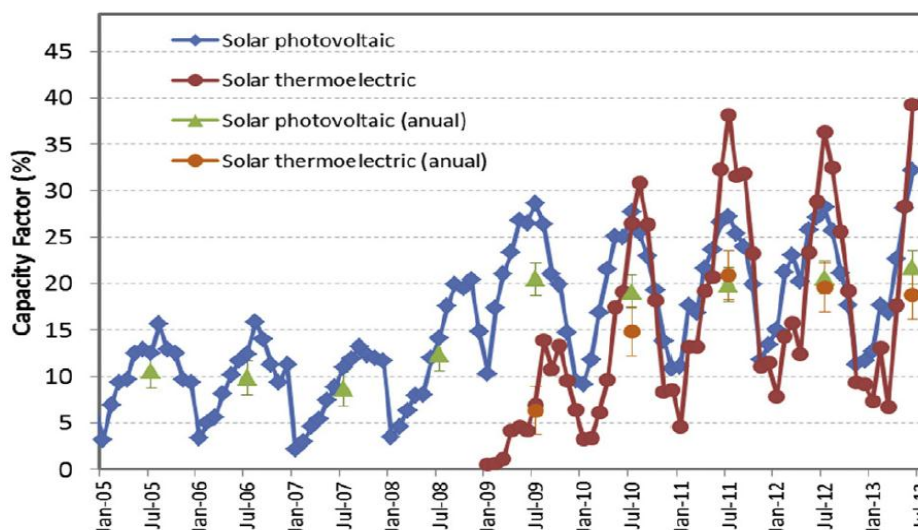
ضرب آهنگ نصب و راه اندازی هریخش متفاوت بوده است. انرژی باد و خورشید، یک منحنی لجستیک با نقطه شروع متفاوت را دنبال کردند که با احکام سیاسی به اجرا گذاشته شده در اسپانیا از آغاز سال ۲۰۱۲ که به طور مؤثر هر پروژه جدیدی از انرژی تجدیدپذیر را متوقف گردانده، ناقص گردید و در آگوست ۲۰۱۳ قوانین جدیدی تأیید شد [106] [107]



شکل ۴۱: تکامل ظرفیت‌های نصب شده برای باد، خورشید، سوخت و گاز در اسپانیا [109]

۳,۱,۲ فاکتور ظرفیت^{۱۲۴} انرژی خورشیدی:

به منظور مقایسه بازدهی انرژی برای منابع تجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی متفاوت، بهترین پارامتر، فاکتور ظرفیت است که به صورت انرژی واقعی خروجی از تأسیسات در ماه یا سال بر ظرفیت نصب شده ضربدر ساعات کلی ماه یا سال مورد نظر، می‌باشد [109]. بنابراین معیار خوبی برای انرژی تولیدی بر حسب ظرفیت نصب شده است. انرژی خورشیدی نیروگاه‌های PV و CSP نشان می‌دهد که تغییرات فصلی مورد انتظار است؛ اما هنگامیکه میانگین سالانه در نظر گرفته می‌شود، فاکتور ظرفیت سالانه، در حوالی ۲۰٪ پایدار است که از میانگین کشورهای مدیترانه‌ای (۱۸-۱۹٪) بالاتر است [110] به عبارتی برق خورشیدی در اسپانیا دارای ضریب عملکرد ۹۶/۷٪ است که این بسیار عالی است [105]



شکل ۴۲: فاکتور ظرفیت برای انرژی خورشیدی در اسپانیا [105]

۴،۱،۲ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در اسپانیا:

Gross (MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۲۰۰	Solaben Solar Power Station	Logrosán	39°13'29"N 5°23'26"W	Solaben 3 completed June 2012 Solaben 2 completed October 2012 Solaben 1 and 6 completed September 2013	Abengoa (Spanish Co.) & ITOCHU (Japanes Co.)
۱۵۰	Solnova Solar Power Station	Sanlúcar la Mayor	37°25'00"N 06°17'20"W	Solnova 1 completed May 2010 Solnova 3 completed May 2010 Solnova 4 completed August 2010	Abengoa (Spanish Co.)
۱۵۰	Andasol solar power station	Guadix	37°13'42.70" N 3°4'6.73"W	Andasol 1 completed, 2008, with 7.5h thermal energy storage Andasol 2 completed, 2009, with 7.5h thermal energy storage Andasol 3	ACS/Cobra (Spanish Co.) & Frrostaal (German Co.)

Gross (MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
				completed, 2011, with 7.5h thermal energy storage	
۱۵۰	Extresol Solar Power Station	Torre de Miguel Sesmero	38°39'N 6°44'W	Extresol 1 completed February 2010, with 7.5h thermal energy storage Extresol 2 completed December 2010, with 7.5h thermal energy storage Extresol 3 completed August 2012, with 7.5h thermal energy storage	ACS/Cobra (Spanish Co.)
۱۰۰	Palma del Rio Solar Power Station	Palma del Río	37°38'N 5°15'W	Palma del Rio 2 completed December 2010 Palma del Rio 1 completed July 2011	Acciona Energy (Spanish Co.)
۱۰۰	Manchaso l Power Station (MS-1,MS-2)	Alcázar de San Juan	39°11'N 3°18'W	Manchasol-1 completed January 2011, with 7.5h heat storage Manchasol-2 completed April 2011, with 7.5h heat storage	ACS/Cobra (Spanish Co.)
۱۰۰	Valle Solar Power Station	San José del Valle	36°39'N 5°50'W	Arcosol 50 (Valle1) and Termesol 50 (Valle 2), Completed December 2011, with 7.5h heat storage	Torresol Energy (Spanish Co.)
۱۰۰	Helioenergy Solar Power Station	Écija	37°34'43"N 5°9'24"W	Helioenergy 1 completed September 2011 Helioenergy 2 completed January 2012	Abengoa (Spanish Co.) & EON (German Co.)
۱۰۰	Aste Solar Power Station	Alcázar de San Juan	39°10'22"N 3°15'58"W	Aste 1A Completed January 2012, with 8h heat storage Aste 1B Completed January 2012, with 8h heat storage	Elecnor & Aries (Spanish CoS.)

Gross (MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۱۰۰	Solacor Solar Power Station	El Carpio	37°54'54"N 4°30'9"W	Solacor 1 completed February 2012 Solacor 2 completed March 2012	Abengoa (Spanish Co.) & JGC (Japanese Co.)
۱۰۰	Helios Solar Power Station	Puerto Lápice	39°14'24"N 3°28'12"W	Helios 1 completed May 2012 Helios 2 completed August 2012	HEH & HYPERION & Caixa & CCM (Spanish CoS.)
۱۰۰	Termosol Solar Power Station	Navalvillar de Pela	39°11'35"N 5°34'34.0"W	Both Termosol 1 and 2 completed in 2013 Each have 9h heat storage	NextEra (American Co.)
۱۰۰	El Reboso 2+3	Sevilla (La Puebla del Río)	37°4'57"N 6°3'5.0"W	Under Construction till 2015	Bogaris (Spanish Co.)
۵۰	Ibersol Ciudad Real (Puertollano Solar no) Thermal Power Plant	Puertollano, Ciudad Real	38°39'N 3°58'W	Completed May 2009	IBERCAM & IDEA (Spanish CoS.)
۵۰	La Risca (Alvarado I)	Badajoz	38°49'37"N 06°49'34"W	Completed July 2009	Acciona Energy (Spanish Co.)
۵۰	La Florida	Alvarado (Badajoz)	38°49'1.11"N 06°49'45.49"W	Completed July 2010 with 7.5h heat storage	Renovables SAMCA (Spanish Co.)
۵۰	Majadas de Tiétar	Caceres	39°58'5.0"N 5°44'32.0"W	Completed August 2010	Acciona Energy (Spanish Co.)
۵۰	La Dehesa	La Garrovilla (Badajoz)	38°57'614."N 6°27'48.36"W	Completed November 2010	Renovables SAMCA (Spanish Co.)
۵۰	Lebrija-1 (LE-1)	Lebrija	37°0'10.8"N 6°2'52.0"W	Completed July 2011	Solel Solar Systems Ltd

Gross (MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
					& Valoriza Energía, S.L. (Spanish CoS.)
۵۰	Astexol 2	Badajoz	38°48'36.0"N 7°3'9.0"W	Completed November 2011, with 7.5h thermal energy storage	Elecnor & Aries (Spanish CoS.) & ABN AMRO (Dutch Bank)
۵۰	Morón	Morón de la Frontera	37°8'23.0"N 5°28'16.0"W	Completed May 2012	Ibereolica Solar (Spanish Co.)
۵۰	La Africana	Posada	37°44'52.0"N 5°6'56.0"W	Completed July 2012, with 7.5h thermal energy storag	Grupo Oritez & TSK & Magtel (Spanish CoS.)
۵۰	Guzman	Palma del Río	37°9'7.0"N 5°16'16.0"W	Completed July 2012	FCC (Spanish Co.) & Mitsui (Japanese Co.)
۵۰	Olivenza 1	Olivenza	38°48'37.0"N 7°3'32.0"W	Completed July 2012	Ibereolica Solar (Spanish Co.)
۵۰	Orellana	Orellana la Vieja	38°59'31.0"N 5°32'56.0"W	Completed August 2012	Acciona Energy (Spanish Co.)
۵۰	Enerstar Villena Power Plant	Villena	38°43'43.0"N 0°55'19.0"W	Completed 2013	FCC (Spanish Co.)
۵۰	Arenales	Moron de la Frontera (Seville)	37°9'43.0"N 5°32'54.0"W	Completed 2013	RREF (Spanish Co.) & OHL Energy (American Co.)
۵۰	Casablanca	Casablanca	39°14'22.0"N 5°18'49.0"W	Completed 2013	ACS/Cobra (Spanish Co.)
۲۵	Borges Termosolar	Borges Blanques	41°31'44.0"N 0°47'60.0"E	Completed December 2012	ABANTIA & COMSA EMTE

Gross (MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
					(Spanish CoS.)

جدول ۲۳: نیروگاه‌های دارای فناوری PTC در اسپانیا

۵,۱,۲ بررسی توسعه دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های PTC در اسپانیا:

۱,۵,۱,۲ نیروگاه Solaben:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۲۰۰ مگاوات از ۴ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که 2 Solaben و 3 Solaben در سال ۲۰۱۲ و 1 Solaben و 6 Solaben در سال ۲۰۱۳ تکمیل شدند. سازنده این نیروگاه، شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است که یک شرکت خصوصی فعال در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. مالکیت کامل 1&6 Solaben و 70٪ 2&3 Solaben با شرکت اسپانیایی Abengoa و مالکیت 30٪ 2&3 Solaben با شرکت ژاپنی ITOCHU است که شرکت بازرگانی کلی است و سومین شرکت تجاری بزرگ در ژاپن است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز^{۱۲۵} (EPC) این نیروگاه با شرکت‌های Abengoa و Teyma است که شرکت Teyma، شرکت اروگوئه‌ای Abengoa است که در زمینه راه حل‌های نوآورانه مدیریت در ساخت و ساز زیر ساخت‌ها در اروگوئه، اسپانیا، آمریکا، برزیل، هند و آفریقای جنوبی و نیز ایجاد زیرساخت‌های انرژی‌های نو و مدیریت زباله‌های جامد شهری برای ژنراتورهای بزرگ بهداشت تجهیزات شهری در اروگوئه فعالیت می‌کند. گرداننده این نیروگاه شرکت Abengoa می‌باشد [111] [112] [113] [114] [116] [116].

۲,۵,۱,۲ نیروگاه Solnova:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۵۰ مگاوات از ۳ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر سه بخش آن در طول سال ۲۰۱۰ تکمیل گردیدند. سازنده، مالک و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت Abener Energia است که متعلق به Abeinsa، گروه تجاری Abengoa برای مهندسی، ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت‌هاست [117] [118] [119] [120].

۲,۱,۵,۳ نیروگاه Andasol:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۵۰ مگاوات از ۳ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر بخش دارای بخش ذخیره گرمایی^{۱۲۶} (TES) تا ۷/۵ ساعت است. Andasol 1 در سال ۲۰۰۸، Andasol 2 در سال ۲۰۰۹ و Andasol 3 در سال ۲۰۱۱ تکمیل گردید. سازنده و مالک ۱۰۰٪ دو بخش اول این نیروگاه شرکت اسپانیایی مهندسی و عمرانی ACS/Cobra می باشد که یکی از کمپانی‌های پیشتاز در عرصه ساخت و ساز با پروژه‌های بسیار در سراسر دنیا می باشد. ۸۰٪ مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز دو بخش اول نیروگاه توسط شرکت ACS/Cobra و ۲۰٪ آن توسط شرکت خصوصی اسپانیایی مهندسی و فناوری SENER که در زمینه مهندسی و ساخت وساز فعالیت می‌کند و نیز دارای دارایی‌های صنعتی در شرکت‌های فعال در زمینه‌های انرژی، محیط‌زیست و هوانوردی می‌باشد، انجام می‌گیرد. خریدار برق دو بخش اول این نیروگاه (۱۰۰ مگاوات)، شرکت برق اسپانیایی^{۱۲۷} Endesa است که بزرگترین شرکت برق در اسپانیا است. سازنده بخش سوم (Andasol 3) این نیروگاه، شرکت آلمانی Frrostaal است که ارائه‌دهنده خدمات صنعتی و انجام‌دهنده پروژه‌های صنعتی است. مالکین بخش سوم شرکت‌های Frrostaal، شرکت آلمانی Solar Millennium که در سطح جهانی در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند، شرکت برق آلمانی RWE، شرکت آلمانی^{۱۲۸} راین و شرکت SWM می‌باشند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز بخش سوم این نیروگاه شرکت اسپانیایی تجاری Duro Felguera Group است که در پروژه‌های مربوط به بخش انرژی و صنعتی سرمایه‌گذاری می‌کند [121] [122] [123] [125] [125] [126] [130] [128] [129].

۲,۱,۵,۴ نیروگاه Extresol:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۵۰ مگاوات از ۳ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر بخش دارای بخش ذخیره گرمایی (TES) تا ۷/۵ ساعت است. Extresol 1&2 در سال ۲۰۱۰ و Extresol 3 در سال ۲۰۱۲ ساخته شدند. سازنده، گرداننده و مالک ۱۰۰٪ تمامی این نیروگاه شرکت اسپانیایی مهندسی و عمرانی ACS/Cobra می‌باشد. ۸۰٪ مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز بخش اول و ۱۰۰٪ دو بخش دیگر نیروگاه با کمپانی Cobra و ۲۰٪ بخش اول آن با شرکت SENER است. خریدار برق این نیروگاه شرکت برق اسپانیایی Endesa است [130] [131] [132].

¹²⁶ Thermal Energy Storage

¹²⁷ Empresa Nacional de Electricidad, S.A.

¹²⁸ Rhein E

۲,۱,۵,۵: نیروگاه Palma:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است. که در سال ۲۰۱۰ و Palma 2 در سال ۲۰۱۲ تکمیل گردیدند. سازنده، مالک ۱۰۰٪، گرداننده و تدارکات و مهندسی نیروگاه بر عهده شرکت اسپانیایی Acciona Energy می باشد که در زمینه توسعه پروژه‌های انرژی نو مانند هیدرو، بیومس^{۱۲۹} و انرژی خورشیدی و گرمایی و بازاریابی سوخت‌های بیولوژیکی^{۱۳۰} فعالیت می کند [133] [134].

۲,۱,۵,۶: نیروگاه Manchasol:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر بخش دارای بخش ذخیره گرمایی (TES) تا ۷/۵ ساعت است و در سال ۲۰۱۱ تکمیل گردیدند. سازنده، مالک ۱۰۰٪، گرداننده و تدارکات و مهندسی نیروگاه بر عهده شرکت اسپانیایی مهندسی و عمرانی ACS/Cobra می باشد. خریدار برق این نیروگاه شرکت اسپانیایی Union Fenosa می باشد که در زمینه تولید و توزیع گاز و برق فعالیت می کند [136] [137] [141].

۲,۱,۵,۷: نیروگاه Valle:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده که دارای بخش ذخیره گرمایی (TES) تا ۷/۵ ساعت است و در سال ۲۰۱۱ تکمیل گردید. سازنده، مالک ۱۰۰٪ و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Torresol Energy است که در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های جایگزین فعالیت دارد و تمرکز آن بر روی انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) می باشد. هدف این شرکت توسعه فناوری، ساخت و ساز، عملکرد و تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های CSP می باشد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده اداره ملی نیروگاه‌ها و انتقال برق می باشد [139] [144].

۲,۱,۵,۸: نیروگاه Helioenergy:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که Helioenergy 1 در سال ۲۰۱۱ و Helioenergy 2 در سال ۲۰۱۲ تکمیل گردیدند. سازندگان و اداره کنندگان این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa و شرکت اروپایی EON مستقر در آلمان است که یکی از بزرگترین مالکین و سرمایه‌گذاران در زمینه ارائه خدمات برق است. سهم

129 Biomass

130 Biofuels

مالکیت هر کدام از این دو شرکت ۵۰٪ است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت های Abener و Teyma است [141] [142] [143].

۹,۵,۱,۲ نیروگاه Aste:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر بخش دارای بخش ذخیره گرمایی (TES) تا ۸ ساعت است. سازندگان و مالکین این نیروگاه شرکت های اسپانیایی Elecnor که با بیش از ۸۰ شرکت در ۴۰ کشور در زمینه مهندسی، هوافضا و انرژی فعالیت می کند، شرکت اسپانیایی Aries که یک شرکت مطرح در زمینه انرژی، توسعه و اجرای پروژه های CSP در اسپانیا و نقاط مختلف دنیا است و بانک هلندی ABN AMRO می باشند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت Elecnor است [144] [145] [146] [147] [153].

۱۰,۵,۱,۲ نیروگاه Solacor:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر دو بخش آن در سال ۲۰۱۲ تکمیل گردیدند. مالکین و سازندگان این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar (۷۴٪ مالکیت) و شرکت ژاپنی JGC^{۱۳۱} (۲۶٪ مالکیت) می باشند که شرکت JGC یک شرکت جهانی در زمینه مهندسی است که در پروژه های بزرگ انرژی مشارکت می کند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت های Abener Energia و Teyma است که هر دو زیرمجموعه Abengoa Solar می باشند. گرداننده نیروگاه نیز شرکت Abengoa Solar است [150] [151] [156].

۱۱,۵,۱,۲ نیروگاه Helios:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر دو بخش آن در سال ۲۰۱۲ تکمیل گردیدند. سازنده این نیروگاه شرکت اسپانیایی سرمایه گذاری انرژی، HYPERION است. مالکین این نیروگاه بانک مستقل اسپانیایی CCM^{۱۳۲} (۵٪)، صندوق سرمایه منابع انرژی تجدیدپذیر ریسکو- سرمایه گذاری Caixa (۵٪)، شرکت HYPERION (۱۰٪) و شرکت اسپانیایی HEH^{۱۳۳} (۸۰٪)، که از طریق شرکت های تابع آن مالکیت و راه اندازی نیروگاه های گرمایی خورشیدی را بر عهده دارد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت های Abener Energia و

¹³¹ Japan Gasoline Co.

¹³² Caja de Ahorros de Castilla-La Mancha

¹³³ Hypesol Energy Holding, S.L.

Teyma است که هر دو زیرمجموعه Abengoa Solar می باشند. خریدار برق این نیروگاه شرکت اسپانیایی REE^{۱۳۴} می باشد که شرکتی نیمه خصوصی است و گرداننده شبکه برق سراسری اسپانیاست [152] [153] [154] [160] [156] [162].

۱۲,۵,۱,۲ نیروگاه Termosol:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که هر دو بخش آن در سال ۲۰۱۳ تکمیل گردیدند. هر بخش دارای بخش ذخیره گرمایی (TES) تا ۹ ساعت است. سازندگان و مالکین این نیروگاه، شرکت‌های آمریکایی NextEra و FPL^{۱۳۵} می باشند که NextEra یک شرکت بزرگ تأمین کننده برق به صورت عمده و شرکت FPL، شرکت برق تابعه NextEra می باشد که تأمین کننده برق ۴/۴ میلیون مشتری در فلوریدا و دارای مراکز تولید برق در بیش از ۲۰ ایالت آمریکا است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه توسط شرکت خصوصی اسپانیایی مهندسی و فناوری SENER انجام می شود [158] [159] [165] [166] [162].

۱۳,۵,۱,۲ نیروگاه El Rebozo:

این نیروگاه با ظرفیت خالص ۱۰۰ مگاوات از ۲ بخش ۵۰ مگاواتی تشکیل شده است که در دست ساخت می باشد و تا سال ۲۰۱۵ تکمیل می گردد. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه، شرکت اسپانیایی Bogaris است که مختص ترویج، توسعه و مدیریت پروژه در زمینه‌های ارتقاء تخصصی (تجاری و صنعتی)، انرژی‌های تجدیدپذیر (باد، خورشیدی حرارتی، فتوولتائیک، زیست توده) و محصولات کشاورزی (روغن زیتون). قرار است که خریدار برق El Rebozo 2 شرکت برق اسپانیایی Endesa (بزرگترین شرکت برق در اسپانیا) و خریدار برق El rebozo 3 شرکت اسپانیایی REE می باشد [163] [164] [170].

¹³⁴ Red Eléctrica de España.

¹³⁵ Florida Power & Light Company

۱،۲،۵،۱۴ نیروگاه Ibersol Ciudad Real (Puertollano):

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۰۹ کامل گردیده است. سازنده و گرداننده این نیروگاه شرکت IBERCAM^{۱۳۶} است که دارای سهم مالکیت ۹۰٪ از نیروگاه نیز می باشد. IBERCAM یک شرکت تابعه از Iberdrola است که مقر آن در والنسیا، اسپانیاست و شامل شرکت‌هایی در حوزه انرژی‌های تجدیدشونده، به ویژه نیروی باد است. این شرکت بزرگترین شرکت انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان بود و نیز بزرگترین مالک و گرداننده مزارع باد، همچنین در زمینه‌های انرژی خورشیدی، هیدرو، زیست توده (biomass) و موج فعالیت دارد. مالکیت ۱۰٪ باقی مانده برای مؤسسه IDEA^{۱۳۷} است که یکی از آژانس‌های وزارت صنعت، انرژی و گردشگری از طریق وزارت نیروی اسپانیاست. IDEA، انتشار و آموزش، کمک‌های فنی، توسعه برنامه و بودجه پروژه‌های خاص از نوآوری‌های فناوریک در راستای حفظ محیط را انجام می‌دهد. این آژانس هم در اروپا و هم در کشورهای جهان سوم فعال است [166] [172] [173].

۱،۲،۵،۱۵ نیروگاه La Risca:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۰۹ کامل گردیده است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Acciona Energia است که در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت‌های اسپانیایی Acciona Energia و SerIDOM (IDOM Group) است. SerIDOM شرکت مسئول بر اجرای پروژه‌هایی در بخش‌های انرژی‌های رایج و تجدیدپذیر، فولاد و معدن و همچنین ساختن تأسیسات صنعتی و ساختمان‌های مختلف است [169] [175].

۱،۲،۵،۱۶ نیروگاه La Florida:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۰ کامل گردیده و دارای بخش ذخیره گرمایی تا ۷/۵ ساعت است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و اداره‌کننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Renovables SAMCA است که خانواده‌ای از شرکت‌ها

¹³⁶ Iberdrola Renovables Castilla-La Mancha

¹³⁷ Institute for Diversification and Saving of Energy

واقع در آراگون^{۱۳۸} است که در بخش‌های معدن، کشاورزی، انرژی، پلاستیک، الیاف مصنوعی و ارتقاء املاک و مستغلات فعال است [171] [172].

۱۷,۵,۱,۲ نیروگاه Majadas:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۰ کامل گردیده است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Acciona Energia است که در زمینه انرژی‌های نو فعالیت می‌کند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت های اسپانیایی Acciona Energia و SerIDOM (IDOM Group) است [173] [175].

۱۸,۵,۱,۲ نیروگاه La Dehesa:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۱ کامل گردیده و دارای بخش ذخیره گرمایی تا ۷/۵ ساعت است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و اداره کننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Renovables SAMCA است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده چند پیمانکار است [174] [172].

۱۹,۵,۱,۲ نیروگاه Lebrija-1:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۱ کامل گردیده است. ساخت این نیروگاه توسط شرکت Solucia Renovables 1, S.L که در اسپانیاست و از توابع شرکت آلمانی Siemens می‌باشد، انجام شده است که شرکت Siemens بزرگترین شرکت مهندسی در اروپاست که در بخش‌های صنعت، انرژی، بهداشت و درمان، زیرساخت و شهری فعالیت می‌کند. مالکین این نیروگاه، شرکت‌های Solel Solar Systems Ltd و Valoriza Energía, S.L. با سهم یکسان هستند که شرکت Solel یک شرکت اسرائیلی طراح و تولیدکننده تجهیزات CSP در بیت شمش^{۱۳۹} است. Solel برای نیروگاه‌های CSP، تجهیزات می‌سازد. Valoriza Energía, S.L یک شرکت اسپانیایی فعال در ارتقاء، ساخت و ساز و بهره برداری از پروژه‌های CSP و PV است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز و گرداننده این نیروگاه، شرکت Soleval Renovables،

¹³⁸ Aragon

¹³⁹ Beit Shemesh

S.L. است که شرکت فعال در زمینه ساخت وساز و بهره برداری از امکانات تولید برق از انرژی خورشیدی در سوئیل^{۱۴۰}

اسپانیاست. این شرکت از توابع شرکت Siemens است [175] [176] [182] [185].

۲۰,۵,۱,۲ نیروگاه Astexol 2:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازندگان و مالکین این نیروگاه شرکت‌های اسپانیایی Elecnor که با بیش از ۸۰ شرکت در ۴۰ کشور در زمینه مهندسی، هوافضا و انرژی فعالیت می‌کند، شرکت اسپانیایی Aries که یک شرکت مطرح در زمینه انرژی، توسعه و اجرای پروژه‌های CSP در اسپانیا و نقاط مختلف دنیا است و بانک هلندی ABN AMRO می‌باشند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت Elecnor است [179] [187]

[181] [182] [190]

۲۱,۵,۱,۲ نیروگاه Moron:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه شرکت اسپانیایی Ibereolica Solar است که در زمینه تولید برق با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت دارد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت‌های اسپانیایی Acciona Energia و SerIDOM (IDOM Group) است. خریدار برق تولیدی نیروگاه شرکت برق اسپانیایی Endesa است [184] [175].

۲۲,۵,۱,۲ نیروگاه La Africana:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازندگان و مالکین این نیروگاه شرکت‌های Grupo Oritez که یک شرکت اسپانیایی فعال در بخش انرژی، ساخت وساز، اموال و خدمات و گرفتن امتیازات است؛ شرکت TSK که یک شرکت اسپانیایی فعال در زمینه زیست‌محیطی و انرژی‌های خورشیدی در اسپانیا و دنیاست؛ شرکت اسپانیایی Magtel که در زمینه راه حل‌های نوآورانه در طراحی، ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری پروژه‌هایی که زمینه انرژی، ارتباطات و محیط زیست بر روی آنها کار می‌کند، فعالیت دارد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت SENER است. خریدار برق تولیدی این نیروگاه شرکت برق Endesa است [185] [186] [187] [188].

۲۳,۵,۱,۲ نیروگاه Guzman:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازنده و مالک ۷۰٪ از نیروگاه شرکت اسپانیایی FCC است که در بخش انرژی و در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، بازدهی انرژی و تولید همزمان^{۱۴۱} انرژی فعالیت می‌کند؛ مالکیت ۳۰٪ باقی مانده بر عهده شرکت ژاپنی Mitsui است که بزرگترین کمپانی تجاری در ژاپن و یکی از بزرگترین گروه شرکت‌های بزرگ در دنیا است که در زمینه تولید مواد غذایی و آشامیدنی و محصولات صنعتی فعالیت دارد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت‌های FCC و شرکت ABANTIA که یک گروه اسپانیایی متخصص در مهندسی، برنامه‌ریزی، توسعه و اجرای سیستم‌های پیچیده در زمینه‌های الکتریسیته و ایمنی، سیستم‌ها و ارتباطات از راه دور، تهیه مطبوع، تعمیر و نگهداری و مدیریت تأسیسات، مهندسی، تدارکات و ساخت وساز پروژه‌های جهانی، انرژی و محیط زیست، بازدهی انرژی و شرکت SerIDOM (IDOM Group) می‌باشد [189] [197] [198] [175].

۲۴,۵,۱,۲ نیروگاه Olivenza 1:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه شرکت اسپانیایی Iberolica Solar است که در زمینه تولید برق با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت دارد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه بر عهده شرکت‌های اسپانیایی Acciona Energia و SerIDOM (IDOM Group) است. خریدار برق تولیدی نیروگاه شرکت برق اسپانیایی Endesa است [192] [175].

۲۵,۵,۱,۲ نیروگاه Orellana:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازنده، مالک ۱۰۰٪ نیروگاه شرکت اسپانیایی Acciona Energy می‌باشد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه توسط شرکت خصوصی اسپانیایی مهندسی و فناوری SENER انجام می‌شود [193].

۲۶,۵,۱,۲ نیروگاه Enerstar:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۳ کامل گردیده است. سازنده و مالک ۱۰۰٪ این نیروگاه شرکت اسپانیایی FCC است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه توسط شرکت FCC انرژی و SerIDOM (IDOM Group) انجام می‌گیرد [194] [175].

۲۷,۵,۱,۲ نیروگاه Arenales:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۳ کامل گردیده است. سازندگان و مالکین این نیروگاه صندوق انرژی‌های تجدیدپذیر مسکونی^{۱۴۲} (RREF) و شرکت آمریکایی OHL Energy که در زمینه ساخت و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر فعالیت می‌کند، می‌باشند. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه توسط شرکت اسپانیایی Ecolaire Espana انجام می‌گردد که در زمینه توسعه و ساخت سیستم‌های محافظتی انرژی و محیط‌زیست برای بخش‌های انرژی، پالایش، گاز، محیط‌زیست و پتروشیمی فعالیت می‌کند؛ این شرکت همچنین در بخش معدن و متالوژی و ... نیز مشغول است. گرداننده این نیروگاه شرکت OHL است [195] [196] [197] [198].

۲۸,۵,۱,۲ نیروگاه Casablanca:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۵۰ مگاوات است و در سال ۲۰۱۳ کامل گردیده است. سازنده، مالک (۱۰۰٪) و تدارکات این نیروگاه با شرکت عمرانی اسپانیایی ACS Cobra می‌باشد خریدار برق این نیروگاه شرکت برق اسپانیایی Endesa می‌باشد [125] [199].

۲۹,۵,۱,۲ نیروگاه Borges Termosolar:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۲۵ مگاوات است و در سال ۲۰۱۲ کامل گردیده است. سازنده و مالک ۵۰٪ نیروگاه شرکت اسپانیایی ABANTIA می‌باشد. مالکیت ۵۰٪ بقیه نیروگاه با شرکت COMSA EMTE است که یک شرکت ساخت و ساز و مهندسی زیرساخت اسپانیایی و متخصص در ساخت و ساز زیر ساخت‌های حمل و نقل (مانند جاده، راه آهن و ...)، زیر ساخت-

های شبکه برق و ساخت و ساز ساختمان است. مهندسی، تدارکات این نیروگاه با دو شرکت ABANTIA و COMSA EMTE است [200] [201] [209].

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های PTC موجود در اسپانیا، ۸۳٪ توسط اسپانیا، ۶٪ توسط آلمان، ۵٪ توسط آمریکا و ۳/۵٪ توسط ژاپن، ۲/۵٪ توسط هلند ساخته شده اند. از نظر مالکیت نیروگاه های PTC در اسپانیا، مالکیت ۸۵٪ با اسپانیا، ۵٪ با آمریکا، ۳٪ با آلمان، ۳٪ با ژاپن، ۲/۳٪ با هلند و ۱/۷٪ با اسرائیل می باشد.

۱،۲، ۶ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی TSP در اسپانیا:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۲۰	Planta Solar 20 (PS20) solar power tower	Seville	37°26'38"N 06°15'34"W	Completed April 2009	Abengoa (Spanish Co.)
۱۹/۹	Gemasolar Thermosolar Plant(Gemasolar)	Fuentes de Andalucia (Seville)	37°33'38.17"N 05°19'53.61"W	Completed May 2011 With 15h heat storage	SENER (Spanish Co.) & MASDAR (UAE Co.)
۱۱/۰۲	Planta Solar 10 (PS10) solar power tower	Seville	37°26'30.97"N 6°14'59.98"W	World's first commercial solar tower	Abengoa (Spanish Co.)

جدول ۲۴: نیروگاه‌های دارای فناوری TSP در اسپانیا

۱،۲، ۷ بررسی توسعه دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های TSP در اسپانیا:

۱،۲، ۷، ۱، ۲: نیروگاه ۱،۷، ۱، ۲: Planta Solar 20 (PS20)

این نیروگاه دارای ظرفیت ۲۰ مگاوات است و در سال ۲۰۰۹ کامل گردیده است. سازنده، مالک و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است که یک شرکت خصوصی در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت Abener Energia است که متعلق به Abeinsa، گروه تجاری Abengoa برای مهندسی، ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت هاست. خریدار برق این نیروگاه شرکت برق Endesa است [203].

۲,۷,۱,۲ نیروگاه Gemasolar:

این نیروگاه دارای ظرفیت ۱۹/۹ مگاوات است و در سال ۲۰۱۱ کامل گردیده است. سازنده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Torresol Energy است. مالکیت این نیروگاه با شرکت‌های MASDAR (۴۰٪) که یک شرکت انرژی تجدیدپذیر در امارات متحده عربی است و شرکت خصوصی اسپانیایی مهندسی و فناوری SENER (۶۰٪) می باشد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت اسپانیایی UTE C.T. Solar Tres است که در زمینه انرژی خورشیدی فعالیت دارد. خریدار برق این نیروگاه شرکت Gemosolar است [204] [212].

۲,۷,۱,۲ نیروگاه Planta Solar 10 (PS10):

این نیروگاه دارای ظرفیت ۱۱/۰۲ مگاوات است و در سال ۲۰۰۷ کامل گردیده است. سازنده، مالک و گرداننده این نیروگاه شرکت اسپانیایی Abengoa Solar است که یک شرکت خصوصی در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز این نیروگاه با شرکت Abener Energia است که متعلق به Abeinsa، گروه تجاری Abengoa برای مهندسی، ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت هاست. خریدار برق این نیروگاه شرکت Endesa است [206].

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های TSP موجود در اسپانیا، ۱۰۰٪ توسط اسپانیا ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های TSP در اسپانیا، مالکیت ۸۷٪ با اسپانیا و ۱۳٪ با امارات متحده عربی است.

۲,۱,۸ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی LFC در اسپانیا:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۳۱/۴	Puerto Errado	Murcia	38°16'42"N 01°36'01"W	Puerto Errado 1 completed April 2009 Puerto Errado 2 completed February 2012	EBL & IWB (Swiss Co.) & Novatec (American Co.)

جدول ۲۵: نیروگاه‌های دارای فناوری LFC در اسپانیا

۹,۱,۲ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های LFC در اسپانیا:

۱,۹,۱,۲ نیروگاه Puerto Errado

این نیروگاه شامل دو بخش 1 Puerto Errado با ظرفیت تولید ۱/۴ مگاوات و 2 Puerto Errado با ظرفیت ۳۰ مگاوات است. برای بخش اول، سازنده، مالک، گرداننده و مهندسی، تدارکات و ساخت وساز بر عهده شرکت آلمانی Novatec Solar است که تولیدکننده بویلرهای خورشیدی بر اساس فناوری کلکتور خطی فرنل است. این شرکت متخصص در ساخت، تجهیز و مونتاژ مزارع خورشیدی است. برای بخش دوم، سازنده نیروگاه شرکت Novatec، مالکین شرکت EBL^{۱۴۳} (۷۳٪) که شرکت تأمین انرژی با استفاده از خدمات برق، گرما و ارتباط از راه دور در سوئیس است، شرکت Novatec (۱۵٪) و شرکت IWB^{۱۴۴} (۱۲٪) که شرکت برق، آب، گاز و گرمایش در سوئیس است. مهندسی، تدارکات و ساخت وساز بر عهده شرکت آلمانی Novatec است. خریدار برق این نیروگاه شرکت‌های اسپانیایی Iberdrola و REE هستند [214] [208] [216] [217] [218].

با توجه به مطالب فوق، از نظر فناوری ساخت و مالکیت نیروگاه LFC موجود در اسپانیا، ۷۳٪ توسط آلمان و ۲۷٪ توسط سوئیس است.

۱۰,۱,۲ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی SDC در اسپانیا:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۱	Renovalia	Albacete	38.9956° N, 1.8558° W	Under Constraction	Renovalia Energy (Spanish Co.)

جدول ۲۶: نیروگاه‌های دارای فناوری SDC در اسپانیا

¹⁴³ Elektra Baselland

¹⁴⁴ Industrielle Werke Basel

۱۱,۱,۲ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های SDC در اسپانیا:

۱,۱۱,۱,۲: Renovalia

این نیروگاه با ظرفیت ۱ مگاوات توسط شرکت اسپانیایی Renovalia Energy در حال ساخت است [212].

۱۲,۱,۲ نتیجه‌گیری:

در مجموع از نظر فناوری ساخت نیروگاه‌های CSP موجود در اسپانیا، ۸۲٪ توسط اسپانیا، ۸٪ توسط آلمان، ۵٪ آمریکا، ۳٪ توسط ژاپن و ۲٪ توسط هلند ساخته شده‌اند. از نظر مالکیت نیروگاه‌های CSP در اسپانیا، ۸۳/۵٪ مالکیت با اسپانیا، ۵٪ مالکیت برای آمریکا، ۳٪ مالکیت برای آلمان و ۳٪ مالکیت برای ژاپن، ۲٪ برای هلند، ۱/۵٪ برای اسرائیل، ۱/۲٪ برای امارات متحده عربی و ۰/۸٪ برای سوئیس است.

۳. مطالعه تطبیقی کشور امارات متحده عربی (UAE^{۱۴۵}) (بررسی روند توسعه فناوری

انرژی خورشیدی متمرکز (CSP))

مقدمه:

تغییرات آب و هوا و کاهش سوخت‌های فسیلی، اصلی‌ترین عوامل در توجهات اخیر بر منابع تجدیدپذیر بوده‌اند. در هر حال، از آنجاییکه هزینه بالای فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر^{۱۴۶}، مانع اصلی پیش روی تولید برق است، مداخله اقتصادی و سیاسی اجتناب‌ناپذیر است. این مداخلات شامل قانون، انگیزه‌هایی برای سرمایه‌گذاری، اهداف تولید انرژی، دستورالعمل‌هایی برای حفاظت از انرژی، استراتژی برای تحریک صنعت انرژی و مالیات است.

امارات متحده عربی ششمین کشور دارای ذخایر بزرگ نفت و پنجمین کشور در ذخایر گاز طبیعی است. این امر سبب می‌شود که امارات متحده به عنوان تأمین‌کننده مهم انرژی در بازار جهانی باشد. به علاوه امارات متحده عربی، سومین صادرکننده نفت

¹⁴⁵ United Arab Empire

¹⁴⁶ Renewable Energy

خام در دنیا می‌باشد. امارات متحده، تولیدکننده مهم نفت و گاز و نیز عضو سازمان کشورهای صادرکننده نفت (OPEC^{۱۴۷}) می‌باشد [213]

در امارات متحده عربی، رشد جمعیت و اقتصاد، اصلی‌ترین دلیل افزایش تقاضای انرژی هستند. دو عامل کلیدی مرتبط برجسته برای بنا نهادن بخش RE:

- امارات متحده عربی دارای بیشترین آلودگی کربن در جهان است
- نرخ کاهش سوخت‌های فسیلی که منبع اصلی انرژی است.

امارات متحده عربی در واقع اتحادی از هفت امارت به شرح زیر است:

۱- ابوظبی^{۱۴۸} - ۲- دبی^{۱۴۹} - ۳- شارجه^{۱۵۰} - ۴- عجمان^{۱۵۱} - ۵- ام آل کوواین^{۱۵۲} - ۶- راس آل خیمه^{۱۵۳} - ۷- آل فجیره^{۱۵۴}

هر کدام از این امارات دارای قوانین خاص خود هستند. سیاست‌گذاری انرژی در هر امارت انجام می‌شود که بیشتر مانع فشار برای توسعه RE در امارات متحده عربی می‌شود.

در سال ۲۰۰۹، دولت امارات متحده عربی با اعلام اولین سیاست‌گذاری RE، گامی جسورانه برداشت که تولید حداقل ۷٪ از ظرفیت برق امارات متحده با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ را به عنوان هدف تعیین کرد. هرچند مکانیزم رسیدن به این هدف دقیقاً توضیح داده نشده است اما این سیاست‌گذاری سبب ایجاد عصر جدیدی در امارات متحده عربی گردید.

¹⁴⁷ Organization of the Petroleum Exporting Countries

¹⁴⁸ Abu Dhabi

¹⁴⁹ Dubai

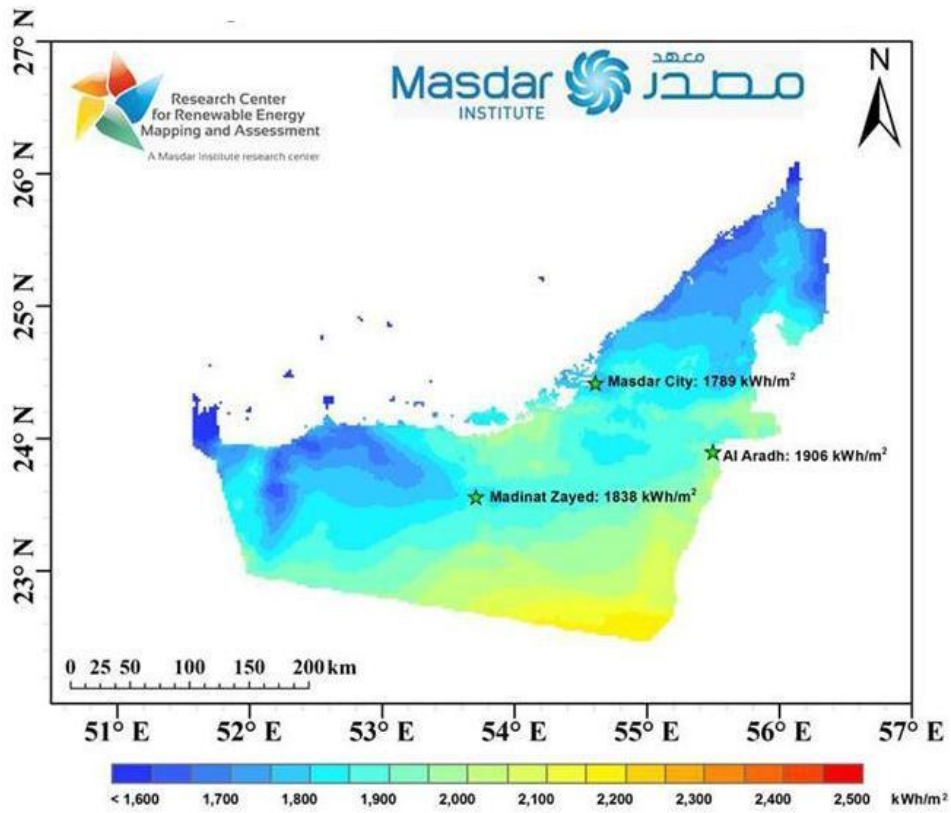
¹⁵⁰ Sharjah

¹⁵¹ Ajman

¹⁵² Um-AlQuwain

¹⁵³ Ras-AlKhaimah

¹⁵⁴ AlFujairah



شکل ۴۳: تابش سالانه خورشید در امارات متحده عربی در سال ۲۰۱۰ [214]

۱,۳ خلاصه ای از سیاست گذاری انرژی تجدیدپذیر در کشورهای مطرح:

Country	Policy/Mechanism
Spain	<ul style="list-style-type: none"> ● Feed in Tariff (FIT) mechanism
Germany	<ul style="list-style-type: none"> ● Investment subsidies ● Feed in Tariff (FIT) mechanism
USA	<ul style="list-style-type: none"> ● Renewable portfolio standard mechanism ● The electricity feed law Feed in Tariff (FIT) mechanism ● Loan programs
UK	<ul style="list-style-type: none"> ● Non-Fossil Fuel Obligation (NFFO) (contract bidding mechanism) ● Simple Fix Tariff (Feed in Tariff (FIT) mechanism)
India	<ul style="list-style-type: none"> ● Loan programs ● Private investment (incentives)
Greece	<ul style="list-style-type: none"> ● Tax deduction for renewable and natural gas (tax credit mechanism)
Cambodia	<ul style="list-style-type: none"> ● The electricity law (Tariff) ● Renewable electricity action plan (REAP) ● A loan program

جدول ۲۷: جدول مقایسه انواع سیاست گذاری‌های انرژی تجدیدپذیر بین چند کشور مطرح در این زمینه [215]

۲,۳ سیاست گذاری انرژی تجدیدپذیر در ابوظبی:

۱,۲,۳ هزینه‌های برق:

در ابوظبی، تولید برق انرژی زیادی لازم دارد اما از زمانیکه امارات متحده عربی یک کشور تولیدکننده نفت است، هزینه تولید کمتر از هزینه کشورهای بدون نفت است. به علاوه، قبض برق توسط دولت ابوظبی به شدت شامل یارانه می‌شود. با توجه به مقررات و دفتر نظارت، هزینه تولید ۱ کیلووات برق در ابوظبی، ۲۴/۹ درهم (۶/۷۷ سنت^{۱۵۵}) است. این هزینه‌ها باز هم شامل یارانه می‌شود. چرا که شرکت ملی نفت ابوظبی (ADNOC)، گاز را به تأسیسات تولید برق کمتر از قیمت بازار می‌فروشد. بخش خانگی دارای بیشترین مصرف برق است.

۲,۲,۳ توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ابوظبی:

یک نیروگاه عملیاتی RE در ابوظبی، نیروگاه فوتولتائیک ۱۰ مگاواتی در شهر مصدر^{۱۵۶} است که یک پروژه CDM^{۱۵۷} برای کاهش کربن است. این نیروگاه ۱۰ مگاواتی برای تولید ۱۷۵۰۰ مگاوات ساعت انرژی پاک در سال ساخته شده است. هزینه تولید یک کیلووات ساعت برق در این نیروگاه ۱۰ مگاواتی، ۴۸ سنت است. به علاوه همانطور که قبلاً ذکر گردید در طرح مصدر، ساختن ظرفیت ۱۵۰۰ مگاوات نیروگاه‌های RE در ابوظبی تا سال ۲۰۲۰ برنامه‌ریزی شده است. اگر تمامی نیروگاه‌های RE، بر اساس برنامه ساخته و راه‌اندازی شوند، ابوظبی به هدف ۷٪ پیش از سال ۲۰۲۰ خواهد رسید. نیروگاه خورشیدی شمس یک^{۱۵۸} با فناوری CSP و ظرفیت ۱۰۰ مگاوات، در سال ۲۰۱۳ در غرب ابوظبی به بهره‌برداری رسید. دو نیروگاه دیگر در دست احداث است که یکی نیروگاه فوتولتائیک نور یک^{۱۵۹}، با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات در العین^{۱۶۰} و مزرعه بادی ۳۰ مگاواتی در جزیره سربانی یاس^{۱۶۱}، در ۲۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر ابوظبی. پس از تکمیل تمامی نیروگاه‌ها به شبکه برق ابوظبی متصل می‌گردند.

۳,۲,۳ محدودیت‌های موجود برای توسعه RE:

در مقاله‌ای توسط Patlitzianas، بررسی کلی از محدودیت‌هایی که وجود دارد و می‌تواند مانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای خلیج فارس که شامل امارات متحده عربی نیز می‌باشد شود، انجام پذیرفته است [216]. جدول زیر خلاصه‌ای از محدودیت‌ها را در امارات متحده عربی در سه دسته‌بندی کلی: فناوری بازار، سیاست قانون‌گذاری و هزینه نشان می‌دهد. تمامی دسته‌بندی‌ها مرتبط با زیرساخت‌ها و نهادهاست.

¹⁵⁶ Masdar

¹⁵⁷ Clean Development Mechanism

¹⁵⁸ Shams1

¹⁵⁹ Noor one

¹⁶⁰ Al Ain

¹⁶¹ Sir Bani Yas Island

دسته بندی محدودیت ها		عملکرد امارات متحده عربی
فناوری بازار	دسترسی به اعتبارات	عادلانہ
	عملکرد فناوری، عدم اطمینان/ریسک	عادی
سیاست قانون گذاری	مهارت‌های فنی و اطلاعات	موجود
	مهارت‌های تجاری و اطلاعات	فقدان
هزینه	عدم وجود استراتژی‌های کمک به کشور	بله
	آگاهی و تجربه در بخش اجتماعی، روستایی و محیط‌زیست	عادلانہ
سیاست قانون گذاری	فقدان چارچوب قانونی و سیاست نسبی	بله
	محدودیت در ساخت و ساز	نه
هزینه	دسترسی به سیستم انتقال	عادلانہ
	اتصالات مورد نیاز تأسیسات	بالا
سیاست قانون گذاری	الزامات بیمه مسئولیت	بالا
	یارانه برای سوخت‌های رقابتی	نه
هزینه	هزینه سرمایه اولیه	بالا
	دشواری ارزیابی ریسک سوخت	بله
هزینه	ارزیابی قیمت گذاری برق	مناسب
	هزینه‌های تراکنش	عادی
هزینه	حذف اثرات جانبی زیست‌محیطی در هزینه‌ها	بله

جدول ۲۸: محدودیت‌های مربوط به زیرساخت‌ها و مؤسسات در توسعه RE در ابوظبی

نتیجه‌گیری اصلی این بود که محدودیت‌هایی که ناعادلانه در برابر انرژی‌های تجدیدپذیر قائل هستند، به طور عمده ناشی از فقدان مهارت‌های تجاری و اطلاعات، فقدان چارچوب قانونی و سیاست نسبی، هزینه‌های بالای سرمایه اولیه همراه با عدم ارزیابی ریسک قیمت سوخت و همچنین حذف اثرات جانبی زیست‌محیطی در هزینه‌ها می‌باشد [217].

۴,۲,۳ به سوی یک سیاست RE جامع برای ابوظبی:

دولت کنونی ابوظبی یک سیستم سهمیه‌بندی^{۱۶۲} برای سیاست گذاری انرژی تجدیدپذیر تعیین کرده است که ۷٪ برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. انرژی خورشیدی یک منبع بسیار مناسب از انرژی تجدیدپذیر برای ابوظبی است. جدول ۲۵ پتانسیل قابل توجهی از کاربرد RE در مصرف داخلی که شامل ۴۴٪ از کل برق مصرفی در ابوظبی می‌باشد را نشان می‌دهد.

به عنوان نتیجه این تحلیل پیشنهاد می‌شود که سیاستی ترکیبی بین FIT^{۱۶۳} و سیستم سهمیه‌بندی به منظور اشتراک تولید برق از RE، اتخاذ شود. در حال حاضر دولت ابوظبی از طریق سازمان امور اجرایی ابوظبی (ADEEA^{۱۶۴}) در حال بررسی سیاست انرژی به صورت کلی و به ویژه تولید برق در رابطه با تمامی عاملان است. عاملان اصلی در بخش انرژی در ابوظبی، ADEEA^{۱۶۵}، ADNOC^{۱۶۶}، ADWEA^{۱۶۷}، Transco^{۱۶۷}، دفتر نظارت و مقررات (RSB^{۱۶۸})، شهرداری‌ها و مصدر که محرک اصلی RE در کشور است می‌باشند. به منظور اطمینان از اینکه این سیاست مؤثر است، دولت امارات متحده عربی نیازمند در نظر گرفتن بسیاری از چیزهاست:

- برای ادامه در این راستا، باید یک اراده سیاسی وجود داشته باشد که تحت تأثیر عملکرد سیستم قدرت یا هزینه‌های برق قرار نگیرد.
- از طریق ابتکار مصدر، اصلی‌ترین فناوری‌های RE که می‌توانند با مکانیزم سیاسی سازگار باشند، باد و خورشید هستند. بازار می‌بایست مؤثرترین گزینه‌ها را توسعه دهد.
- با درس‌های آموخته شده و عملکرد مثبت پروژه‌های RE، هدف ۷٪ امارات متحده عربی، می‌تواند در آینده افزایش یابد.
- باید مطمئن گردید که ADWEC^{۱۶۹} که تنها ارائه دهنده برق است، برق تولیدی از RE را بخرد و Transco، شرکت انتقال دهنده برق، اتصال شبکه بین تمامی منابع RE، ایجاد کند.
- توسعه یک مکانیزم تجارت بین تولیدکنندگان RE و ADWEC، استفاده از یک مکانیزم تجاری دارای مجوز، مثال خوبی است تا به عنوان اثباتی برای تولید و انطباق تحت کنترل محیط‌زیست باشد.
- RSB که مجوز نیروگاه‌های RE را می‌دهد، وظیفه نظارت بر بازار را به عهده بگیرد.

¹⁶³ Feed-in-tariff

¹⁶⁴ Abu Dhabi Executive Affairs Authority

¹⁶⁵ Abu Dhabi National Oil Company

¹⁶⁶ Abu Dhabi Water and Electricity Authority

¹⁶⁷ Abu Dhabi Transmission & Despatch Company

¹⁶⁸ Regulation and Supervisory Bureau

¹⁶⁹ Abu Dhabi Water and Electricity Company

بخش برق در ابوظبی می‌تواند بیشتر تحت کنترل دولت در نظر گرفته شود و منفک تلقی نگردد. به علاوه همانطور که ذکر گردید، برق توسط دولت شدیداً شامل یارانه می‌گردد. جدول زیر سیاست‌گذاری‌ها در زمینه RE را که در نقاط مختلف دنیا استفاده می‌شود و امکان‌پذیر بودن آنها در ابوظبی را نشان می‌دهد [225].

نوع سیاست‌گذاری RE	الزامات مورد نیاز برای اجرای موفقیت آمیز	اجرا شده در ابوظبی	نظرات
تغذیه در تعرفه (FIT)	۱- تضمین دسترسی به شبکه ۲- اطمینان از بالا بودن تعرفه‌ها به میزان لازم برای پوشش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر و در عین حال تشویق به توسعه ۳- قراردادهای بلند مدت برای تولید برق ۴- تنظیم تعرفه بر اساس فناوری و مکان	بله نه نه تحت رسیدگی	نیروگاه ۱۰ مگاواتی مصدر هم اکنون به شبکه اتصال دارد. نیاز به تغییر ساختار دارد. - نیروگاه ۱۰ مگاواتی PV و ۱۰۰ مگاواتی CSP ساخته شده اند.
سهمیه بندی‌ها (RPS/MMS/RO)	۱- تعیین یک هدف و پیوستن به مقررات بین‌المللی، کنترل انتشار CO ₂ ، ایجاد اشتغال در زمینه RE و تصمیمات سیاستی پایدار ۲- تعیین عاملانی که زمینه را برای کارکرد در بازار فراهم می‌کنند ۳- راه اندازی و نظارت ۴- تنظیم تعرفه بر اساس فناوری و مکان	بله بله باید انجام شود تحت رسیدگی	رسیدن به هدف ۷٪ تا سال ۲۰۳۰، اجرای پروتکل کیوتو و امضای UNFCCC ^{۱۷۰} ، مصدر یک پروژه دولتی است. مصدر، RSB، ADNOG، ADWEA، شهرداری‌ها مصدر و RSB نیروگاه ۱۰ مگاواتی PV و ۱۰۰ مگاواتی CSP ساخته شده اند.
مناقضه مزایده ^{۱۷۱}	۱- تنظیم میزان ظرفیت برق تجدیدپذیر و یا تولیدی که این کشور می‌خواهد در سیستم برق ملی یا منطقه‌ای خود داشته باشد. ۲- توسعه زیرساخت‌ها (انتقال برق، توسعه چارچوب سیاست‌گذاری و تعریف مناطق برای پیاده سازی پروژه) ۳- روند مناقصه رخ می‌دهد (یک تماس برای مناقصه یا مزایده از طرف توسعه-دهندگان پروژه و مناقصه با کمترین هزینه (برق))	بله در حال انجام در حال انجام	هدف ۷٪ تا سال ۲۰۲۰ توسط انرژی تجدیدپذیر ملی تعیین شده است. مصدر در حال همکاری با تمام سهامداران برای نیروگاه CSP، شمس یک و نیروگاه PV، نور یک
اعتبارات مالیاتی	کاهش هزینه‌های انرژی تجدیدپذیر از طریق جبران بازار، در قالب اعتبارات مالیاتی تولید	موجود نیست	
یارانه / تخفیف	کاهش هزینه‌های نصب و راه اندازی پروژه-های انرژی‌های تجدیدپذیر	موجود نیست	

جدول ۲۹: پتانسیل‌های سیاست‌گذاری RE در ابوظبی

¹⁷⁰ United Nations Framework Convention on Climate Change

¹⁷¹ bidding tendering

بدیهی است که نیاز به برنامه‌ریزی مجدد تعرفه‌های برق در ابوظبی به منظور توانایی اجرای ترکیبی از این سیاست‌ها برای اشاعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ابوظبی، می‌باشد. جدول فوق نشان می‌دهد که FIT و سهمیه‌بندی، انتخاب سیاستی معقول برای ابوظبی در تسهیل رسیدن به هدف RE است. با این وجود برای کارکرد موفقیت آمیز، هنوز هم مقدار قابل توجهی کار برای راه اندازی الزامات اساسی این سیاست‌گذاری‌ها باید انجام پذیرد.

۵,۲,۳ فاکتورهایی که سیاست‌گذاری RE را در ابوظبی تحت تأثیر قرار می‌دهند

واضح است که سیاست تعرفه کنونی برای برق مرسوم، نمی‌تواند همان باقی بماند. مسائل زیادی وجود دارند که نیازمند در نظر گرفته شدن هستند تا بتوان RE را به شبکه معرفی کرد. تعرفه‌های برق می‌بایست موارد زیر را انعکاس دهند:

- هزینه اقتصادی واقعی آب و برق تولیدی از سوخت‌های فسیلی. این امر شامل هزینه‌های خارجی است (مانند زیست-محیطی، اجتماعی و غیره) که بیشتر به هزینه‌ها می‌افزاید. دولت ابوظبی می‌بایست از قانون اصول پرداخت آلودگی (PPP^{۱۷۲}) پیروی کند. روشن است که یارانه‌های دولتی به صورت غیرمستقیم تشویق به اتلاف می‌کند و این امر در سطح خانگی آشکار است. هزینه واقعی باید تأثیر مثبت بر رفتار مصرف‌کنندگان داشته باشد.
- قیمت واقعی اقتصادی آب و برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر، امروزه در مقایسه با سوخت‌های فسیلی بالاست. اما نشانه‌های مثبتی از تولید انرژی تجدیدپذیر وجود دارد.
 - الف) هزینه‌های تولید در آینده بسته به نوع فناوری RE کاسته خواهد شد.
 - ب) مزایای جانبی مانند کاهش انتشار CO₂ که بازتابی مثبت بر محیط‌زیست و رفاه اجتماعی خواهد داشت.
 - ج) بیشتر پروژه‌های انرژی که شامل پروژه‌های خورشیدی نیز می‌شود، می‌توانند در سازمان ملل به عنوان مکانیزم توسعه پاک (CDM^{۱۷۳}) ثبت گردند و می‌توانند اعتبارات کربن کسب کنند. برای مثال نیروگاه ۱۰ مگاواتی PV در شهر مصدر به عنوان پروژه CDM ثبت گردیده و اعتبارات کربن کسب کرده است که می‌تواند در بازار بین‌المللی معامله شود. این به معنای درآمد اضافی است که می‌تواند برخی از هزینه‌های RE را جبران کند.

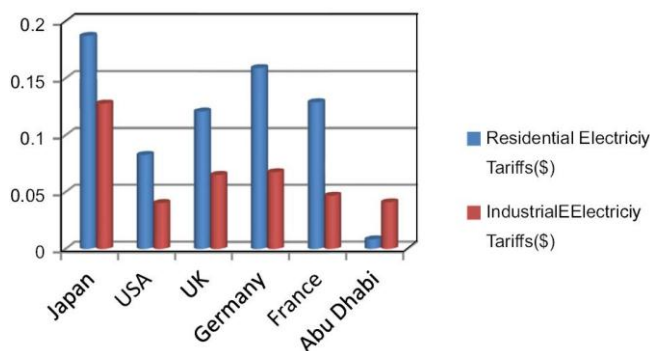
¹⁷² Polluter Pays Principle

¹⁷³ Clean Energy Mechanism

- به طور کلی، درآمد سرانه امارات متحده عربی بالاست اما تعرفه‌های برق در مقایسه با دیگر کشورها با درآمد سرانه مشابه پایین‌تر است که در جدول و شکل زیر نشان داده شده است. قابل ذکر است که تمامی کشورها هزینه بیشتری را برای بخش مسکونی در مقایسه با صنعت می‌پردازند به جز ابوظبی.

	Japan	USA	UK	Germany	France	Abu Dhabi
Residential electricity tariffs(\$)	0.1872	0.0826	0.1207	0.1589	0.1289	0.0082
Industrial electricity tariffs(\$)	0.1278	0.0402	0.0649	0.0673	0.0467	0.0409
GNI per capita income (\$)	32,600	46,400	35,400	34,200	32,800	41,800

جدول ۳۰: مقایسه سرانه تعرفه‌های برق و درآمد ناخالص ملی بین امارات متحده عربی و برخی کشورهای توسعه یافته [219]



شکل ۴۴: مقایسه تعرفه‌های برق امارات متحده عربی و برخی کشورهای توسعه یافته [220]

- آزادسازی بخش‌های آب و برق از دست دولت، اجازه مشارکت و رقابت بیشتر بخش‌های خصوصی را می‌دهد اما تحت نظارت و مانیتورینگ دولت. این امر اجازه سرمایه‌گذاری خصوصی بیشتر در زیرساخت‌های جدید و بخش‌های انرژی تجدیدپذیر را می‌دهد.
- به احتمال زیاد در کوتاه مدت، آزادسازی بخش انرژی در امارات متحده عربی اتفاق نمی‌افتد اما این امر نباید به عنوان مانعی در سیاست FIT برای تشویق تولیدکنندگان مقیاس کوچک RE، برای ورود به بازار به منظور تضمین حاشیه خوب در سرمایه‌گذاری‌های خود، بر سر راه قرار بگیرد. این امر تأثیر واقعی بر تعرفه حال حاضر برق ندارد اما این بدان معنا نیست که دولت نمی‌تواند تعرفه را به تدریج افزایش دهد تا بخشی از هزینه‌های واقعی تولید برق را منعکس سازد و بهره‌وری انرژی را تشویق کند.

۶,۲,۳ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در امارات متحده عربی:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
۱۰۰	Shams 1	Abu Dhabi Madinat Zayad	23°34'N 53°42'E	completed March 2013	Abengoa Solar (20%) Masdar (60%) Total (20%)

جدول ۳۱: نیروگاه دارای فناوری PTC در امارات متحده عربی

۷,۲,۳ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه PTC در امارات متحده عربی:

۱,۷,۲,۳ نیروگاه شمس یک:

این نیروگاه با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۳ تکمیل گردیده است. سازندگان و مالکین این نیروگاه شرکت اماراتی مصدر (۶۰٪)، اسپانیایی Abengoa Solar (۲۰٪) و فرانسوی Total (۲۰٪) می‌باشند. شرکت اماراتی مصدر یک شرکت فعال در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر در امارات است. شرکت اسپانیایی Abengoa Solar، یک شرکت خصوصی است که در زمینه طراحی، ساخت، سرمایه‌گذاری و توسعه نیروگاه‌های خورشیدی فعالیت دارد و شرکت فرانسوی Total، شرکت چند ملیتی نفت و گاز و یکی از شش کمپانی بزرگ نفتی در جهان است. مهندسی، تدارکات و ساخت و ساز^{۱۷۴} (EPC) این نیروگاه با شرکت‌های Abener و Teyma است که Abener Energia متعلق به Abeinsa، گروه تجاری Abengoa برای مهندسی، ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت‌هاست. شرکت Teyma، شرکت اروگوئه‌ای Abengoa است که در زمینه راه‌حل‌های نوآورانه مدیریت در ساخت و ساز زیر ساخت‌ها در اروگوئه، اسپانیا، آمریکا، برزیل، هند و آفریقای جنوبی و نیز ایجاد زیرساخت‌های انرژی‌های نو و مدیریت زباله‌های جامد شهری برای ژنراتورهای بزرگ و بهداشت تجهیزات شهری در اروگوئه فعالیت می‌کند. خریدار برق این نیروگاه شرکت ADWEC می‌باشد [221] [222] [230] [231] [232] [226].

۸,۲,۳ نتیجه گیری:

در مورد ابوظبی، داشتن سیاست ترکیبی بین تغذیه در تعرفه (FIT) و سیستم سهمیه‌بندی به منظور افزایش سهم RE در تولید برق، می‌تواند ایده خوبی باشد.

۴. مطالعه تطبیقی کشور هند (بررسی روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی متمرکز ((CSP))

مقدمه:

انرژی یک ورودی ضروری برای توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی است. این امر که زمین با انرژی عظیمی برکت داده شده است که به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شوند و برای تولید برق و مصرف آن استفاده می‌گردند، مورد ارزیابی قرار گرفته است. منابع انرژی مرسوم، سریع تخلیه می‌شوند و در سطح جهانی اولویت‌بندی کمبود دارند، درحالی‌که به نظر می‌رسد بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر، یکی از راه‌های پایدار برای پاسخگویی به افزایش مطالبات جهانی برق است. یکی از راه‌های رسیدن به رشد پایدار، تولید برق از طریق انرژی خورشیدی است که پاک‌تر و نویدبخش است. خورشید بیشترین پتانسیل انرژی را در میان دیگر منابع انرژی‌های تجدیدپذیر دارد و میزان انرژی خورشیدی دریافتی زمین که توسط IPCC ارزیابی شده، به لحاظ نظری اگر تنها بخش کوچکی از این شکل انرژی را بتوان مورد استفاده قرار داد، این انرژی می‌تواند نیازهای فعلی ما را پاسخگو باشد و یا به عبارتی دیگر اگر ما بتوانیم تنها ۵٪ از این انرژی را استفاده کنیم، این میزان ۵۰ برابر نیاز دنیا است [227].

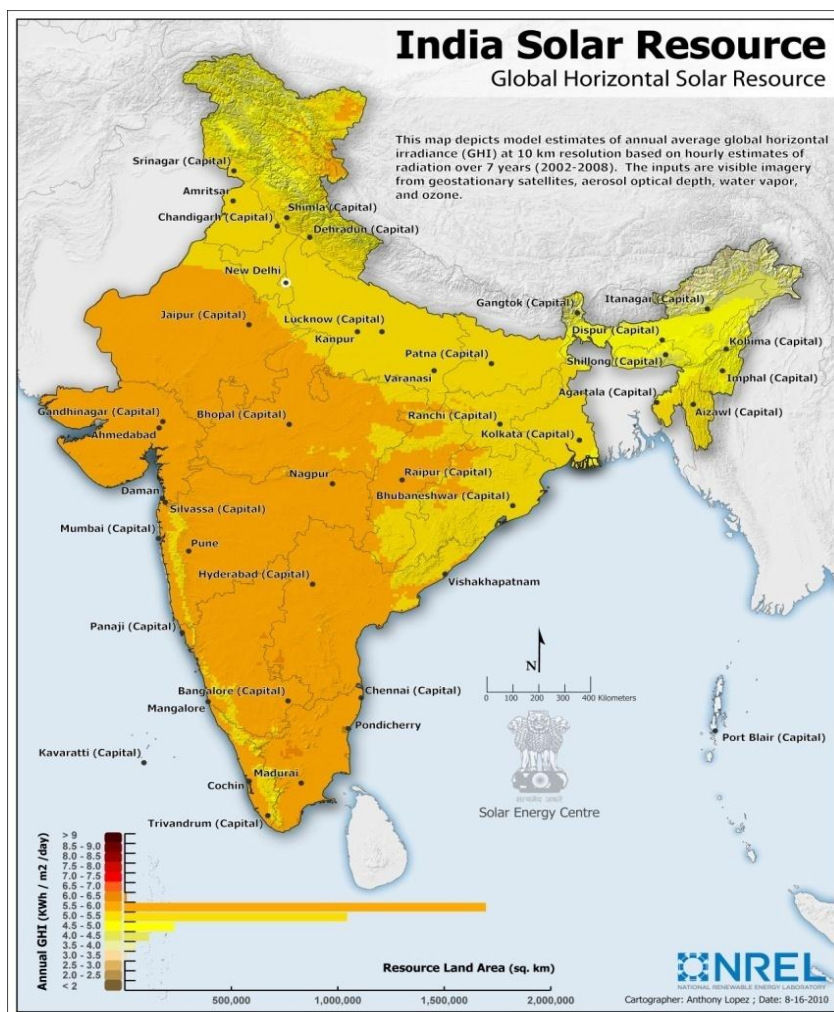
اعتقاد بر این است که انرژی خورشیدی با تابش مستقیم، بیشترین پتانسیل را داراست که می‌تواند به فرم‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. جدول زیر که توسط IPCC تهیه گردیده، پتانسیل جهانی را برای تمامی انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد [235].

Renewable Energy Sources	Global Technical Potential [in EJ]	
	Minimum	Maximum
Direct Solar Energy	1575	49837
Geothermal Energy [Electricity]	118	1109
Wind Energy	85	580
Biomass	50	500
Ocean Energy	7	331
Geothermal Energy [Heat]	10	312
Hydropower	50	52

جدول ۳۲: پتانسیل فنی جهانی برای منابع تجدیدپذیر [227]

۱,۴ پتانسیل خورشیدی در هند:

هند در میان کشورهای پیشرو دارای تابش معمولی مستقیم (DNI¹⁷⁵) است که بستگی به مکان جغرافیایی، حرکت زمین و خورشید، شیب محور چرخشی زمین و میرایی جوی به علت ذرات معلق دارد. تقریب زده می‌شود که هند دارای پتانسیل عظیمی برای انرژی خورشیدی است که در حدود ۵۰۰۰ تریلیون کیلووات ساعت در سال است [229]. تابش انرژی خورشیدی بر هند برابر ۴ تا ۷ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز با تابش سالانه ۱۲۰۰ تا ۲۳۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع است [230]. هند به طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ روز آفتابی و بین ۲۳۰۰ تا ۳۲۰۰ ساعت آفتاب بر سال دارد [231]. از نظر تئوری، نیازهای برق هند را می‌توان در زمینی به مساحت ۳۰۰۰ کیلومترمربع تأمین کرد که تنها ۰/۱٪ از مساحت کشور است [230].



شکل ۴۵: نقشه تابش خورشیدی هند

بنابراین، فناوری‌هایی برای تبدیل تابش خورشید به گرما و الکتریسیته، با نام CSP و PV، می‌تواند با موفقیت در مقیاس عظیم در هند بهره‌برداری گردد.

جدول زیر ظرفیت کلی نصب شده از انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان همراه با کشورهای پیشگام در منابع مربوطه را نشان می‌دهد. این جدول همچنین وضعیت سهم ایالت‌های پیشرو دولت هند را نشان می‌دهد [227].

RES	World status	World leader	India status	Potential	Leader
Biomass	83 GW-2012	United States	3.7 GW - 2013	23,7 GW	Uttar Pradesh
Wind	283 GW-2012	China	17.6 GW - 2013	47 GW	Tamil Nadu
Small Hydro	-	-	3.71 GW - 2013	15 GW	Karnataka
Geothermal	11.7 GW-2012	United States	203 MW - 2013	10 GW	J&K
Solar PV	100 GW-2012	Germany	1.84 GW - 2013	4-7 kWh/km ² /day	Gujarat
Solar Thermal	2.5 GW-2012	Spain	52 MW - 2013	4-7 kWh/km ² /day	Rajasthan
Tidal Energy	527 MW	South Korea	No such commercial breakthrough		

جدول ۳۳: مقایسه Res هند با کشورهای پیشگام و وضعیت ایالت‌های پیشگام دولت هند [227]

دولت هند، مأموریت ملی خورشیدی جواهر لعل نهرو (JNNSM^{۱۷۶}) را در یازدهم ژانویه ۲۰۱۰، به عنوان یکی از هشت مأموریت بر اساس طرح اقدام ملی در مورد تغییرات اقلیمی، آغاز کرد. خط مشی چشم انداز، نصب ۲۲۰۰۰ مگاوات از طریق نیروگاه‌های به شبکه متصل شده و خارج از شبکه است. در آوریل ۲۰۱۴، ظرفیت نصب شده کلی هند با استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی متصل به شبکه و با سهم عمده نیروگاه‌های PV، از ۲/۲ گیگاوات گذشت. هند قادر به نشان دادن پیشرفت قابل توجهی از طریق فناوری CSP متصل به شبکه نبوده است. به تازگی یک پروژه ۵۰ مگاواتی از طریق فناوری CSP، متصل به شبکه راه اندازی شده است [232]. این نیروگاه ۵۰ مگاواتی، یکی از معدود نیروگاه‌هایی است که با موفقیت در برابر ظرفیت اختصاص داده شده ۴۷۰ مگاوات در دسامبر ۲۰۱۰، راه اندازی شده است. این توسعه‌ها به نویسندگان یک انگیزه می‌دهد تا در مورد تکامل انرژی خورشیدی از زمان استقلال در هند به بحث بپردازند.

۲,۴ برنامه ملی ۵ ساله (FYP^{۱۷۷}):

برنامه‌های پنج ساله (FYP's)، برنامه‌های ملی اقتصادی یکپارچه هستند که پایه ریزی رشد اقتصادی کشور را در نظر دارند. کمیسیون برنامه‌ریزی مسئول توسعه، اجرا و نظارت بر FYP در هند است. اولین برنامه ملی ۵ ساله هند در سال ۱۹۵۱ منتشر شد [233] در حال حاضر یازدهمین FYP (۲۰۰۷-۲۰۱۲)، تمام شده و دومین سال دوازدهمین FYP است.

۱,۲,۴ اولین FYP (۱۹۵۵-۱۹۵۰) و دومین FYP (۱۹۶۰-۱۹۵۶):

در طول اولین و دومین برنامه پنج ساله، مشخص شد که ترکیب تولید برق در هند شامل زغال (بخار)، روغن و هیدرو به عنوان اصلی‌ترین منبع است. در سال ۱۹۵۰، هندوستان دارای ظرفیت نصب شده ۲۳۰۰ مگاوات بود و در انتهای سال‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۶۰، ظرفیت کلی نصب شده به ترتیب ۳۴۲۰ و ۵۷۰۰ مگاوات بوده‌اند.

¹⁷⁶ Jawaharlal Nehru National Solar Mission

¹⁷⁷ FYP

۲,۲,۴ سومین FYP (۱۹۶۱-۱۹۶۶):

در طول سومین FYP در هند بود که از انرژی خورشیدی به عنوان یک فناوری توسعه یافته به عنوان منبعی برای تولید انرژی بحث گردید. ظرفیت برق تولیدی در طول این FYP، ۱۰۱۷۰ مگاوات از طریق حرارتی، هیدرو و دیزل بود.

۳,۲,۴ چهارمین FYP (۱۹۶۹-۱۹۷۴) و پنجمین FYP (۱۹۷۴-۱۹۷۹):

در چهارمین و پنجمین FYP، هیچ بحثی مربوط به انرژی خورشیدی، هیدرو، جزر و مد و زمین گرمایی به عنوان اولویتی برای تحقیق و توسعه در کشور نشده است. ظرفیت کلی نصب شده در انتهای چهارمین و پنجمین FYP به ترتیب برابر ۱۸۴۵۶ و ۳۱۰۰۰ مگاوات بوده اند.

۴,۲,۴ ششمین FYP (۱۹۸۰-۱۹۸۵):

پس از تقریباً ۲۰ سال از ۱۹۶۱، این ششمین FYP بود که به طور خاص به انرژی خورشیدی و اجرای آن اشاره کرد. توسعه انرژی خورشیدی توجه خاصی برای برآورده ساختن تقاضای انرژی در مناطق روستایی غیرمتمرکز و استفاده از پتانسیل‌های صنعتی بود. سازمان منابع انرژی غیرمتعارف (DNES^{۱۷۸}) در ششم سپتامبر ۱۹۸۲، به عنوان واحدی زیر نظر وزارت نیرو تشکیل گردید. هدف از این سازمان، فراهم ساختن کمک‌های مالی برای تقویت تحقیق، توسعه و اثبات در محدوده فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر (RET^{۱۷۹}) و پوشش تمامی منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشیدی، بادی، زیست‌توده، انرژی زمین گرمایی می‌باشد.

در سال ۱۹۸۱ کمیسیون منابع اضافی انرژی (CASE^{۱۸۰}) با هدف ارتقاء و توسعه RES در کشور به وسیله تشویق و کمک‌های مالی برای فعالیتهای تحقیق و توسعه (R&D) در بخش‌های گفته شده، از طریق تدوین سیاست‌های مؤثر و اجرای آنها، شکل گرفت.

CASE یک برنامه برای تولید و فروش ۱۰۰۰۰ کوره خورشیدی از طریق یارانه در ۱۲ ایالت و یک اتحادیه اجرا کرد. همچنین یک مؤسسه به نام مرکز انرژی حرارتی خورشیدی (STEC^{۱۸۱}) با اهداف اولیه به عنوان محرک تحقیق و توسعه، فعالیتهای

¹⁷⁸ Department of Non-Conventional Energy Sources

¹⁷⁹ Renewable Energy Technologies

¹⁸⁰ Commission for Additional Sources of Energy

¹⁸¹ Solar Thermal Energy Center

تست و تثبیت در زمینه حرارتی خورشیدی انجام می‌دهد تا به سازمان‌ها و سیستم‌ها کمک کند که به تولیدات تجاری دست یابند. در طول دوره ۱۹۸۳-۱۹۸۱ در حدود ۲۵ سیستم خورشیدی گرمایشی آب در صنایعی مانند نساجی، لبنی، نانواپی، آبخوسازی و غیره مورد استفاده قرار گرفت. پمپ‌های خورشیدی حرارتی (STP^{۱۸۲}) نیز به طور مشترک توسط BHEL^{۱۸۳} و Dornier Systems توسعه یافتند.

برنامه‌ای با نام برنامه ملی انرژی خورشیدی فتوولتائیک (NASPAD^{۱۸۴}) توسط (CEL^{۱۸۵}) اجرا گردید. این برنامه برای پایین آوردن هزینه بر اوج وات (Wp) از واحدها، از طریق توسعه و نشان دادن کلاس‌های خورشیدی مواد سیلیکون و بهبود بهره‌وری سلول‌های خورشیدی برای تولید برق در نظر گرفته شده.

همچنین NASPAD از CEL در پروژه‌های تحقیق و توسعه سیلیکون چند کریستالی سلول خورشیدی (MSSC^{۱۸۶}) و توسعه سلول‌های خورشیدی با کارایی فوق العاده بالا (UHE^{۱۸۷})، حمایت می‌کند. CEL مشغول تولید سلول‌های PV و مدول آنها بود و به ترتیب به ظرفیت‌های ۱۰/۳۵، ۲۱/۰۷ و ۳۱/۷۵ مگاوات در سال‌های ۱۹۸۰، ۱۹۸۱، ۱۹۸۲ دست پیدا کرد. در کنار این کار، CEL تعداد ۶۰ پمپ خورشیدی را برای مقاصد آبیاری، شرب و تأمین آب ساخت. آنها همچنین بسته‌های PV انرژی خورشیدی برای هندی‌های عازم قطب جنوب و شرکت نفت و گاز طبیعی (ONGC^{۱۸۸}) برای فعالیت‌های دور از ساحل ساختند.

۵,۲,۴ هفتمین FYP (۱۹۹۰-۱۹۸۵):

هفتمین FYP شاهد توسعه مهم فناوری سیلیکون غیرمتبلور سلول خورشیدی (ASSC^{۱۸۹}) بود. به BHEL مسئولیت اجرای ساخت یک نیروگاه با ظرفیت ۵۰۰ کیلووات در سال و رسیدن به بهره‌وری سلولی ۱۳٪ تا ۱۵٪ در سطح آزمایشگاهی، سپرده شد.

¹⁸² Solar Thermal Pump

¹⁸³ Bharat Heavy Electricals Limited

¹⁸⁴ National Solar Photovoltaic Energy Demonstration Program

¹⁸⁵ Central Electronics Limited

¹⁸⁶ Multi-Crystalline Silicon Solar Cells

¹⁸⁷ Ultra-High Efficiency

¹⁸⁸ Oil and Natural Gas Corporation

¹⁸⁹ Amorphous Silicon Solar Cell

۶,۲,۴ هشتمین FYP (۱۹۹۷-۱۹۹۲):

در هشتمین FYP، دولت هند نیاز به برق برای ۱۰۰۰۰ روستا از طریق روش‌های غیر مرسوم و غیرمتمرکز منابع انرژی (مانند PV) را نشان داد. این روستاها عمدتاً در مناطق پرت و دورافتاده واقع شده‌اند که امکان توسعه شبکه برقی بسیار کم است. علاوه بر این در طرح، اهمیت افزایش و گسترش دستگاه‌های مرغوب برای پاسخگویی به نیازهای پخت و پز و گرمایش در مناطق روستایی کشور در نظر گرفته شده. علاوه بر این بودجه مرکزی به منظور توسعه ۱۷۲۰ کیلووات ظرفیت از طریق PV، همراه با پمپ‌های خورشیدی، چراغ‌های برق خورشیدی و اجاق گاز خورشیدی به تصویب رسید.

آژانس توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر هند (IREDA^{۱۹۰})، در یازدهم مارس ۱۹۸۷، با هدف به کارگیری صندوق گردان برای توسعه، ترویج و تجاری‌سازی منابع جدید و تجدیدپذیر انرژی (NRSE^{۱۹۱}) شکل گرفت.

سرانجام NRSE از دولت هلند، بانک جهانی، بانک توسعه آسیا (ADB^{۱۹۲}) و آژانس توسعه بین‌المللی دانمارک (DANIDA) کمک مالی دریافت کرد. IREDA به عنوان یک آژانس اجرایی برای برنامه‌های NRSE در هماهنگی با سازمان توسعه انرژی دولت عمل می‌کند.

۷,۲,۴ نهمین FYP (۲۰۰۲-۱۹۹۷):

در نهمین FYP، دولت هند مشارکت بخش خصوصی با هدف بسیج منابع اضافی برای بخش برق یعنی تولید، انتقال و توزیع را تشویق و آغاز کرد. بر اساس این ابتکار عمل، تولیدکنندگان مستقل برق تجدیدپذیر این حق را دارا بودند که از طریق خطوط انتقال موجود در کشور با پرداخت هزینه‌های معقول و منطقی برای فروش برق به هر شخص ثالث در کشور اقدام کنند. لازم است که همه موانع در این زمینه برای تشویق IRPPs در ایفای سهم خود در ترویج تولید برق از منابع انرژی غیرمتعارف، حل شود. سیاست‌گذاری به سازندگان خصوصی اجازه می‌دهد تا پروژه‌های انرژی را از هر نوع (بادی یا خورشیدی) و ظرفیتی، راه اندازی کنند. تأکید بیشتر بر بهبود قابلیت اطمینان و کیفیت انرژی گذاشته شده است. تأکید ویژه بر برق روستاها با توجه به منابع انرژی غیرمتمرکز گذاشته شده است.

¹⁹⁰ Indian Renewable Energy Development Agency

¹⁹¹ New and Renewable Sources of Energy

¹⁹² Asian Development Bank

۱,۷,۲,۴ طرح اقدام ویژه (SAP^{۱۹۳}):

در سال ۱۹۹۷ یک طرح اقدام ویژه برای بهبود سریع زیرساخت‌های فیزیکی آماده گردید که شامل برنامه‌های خورشیدی PV بود. این برنامه‌ها در مناطق تحت پوشش منطقه در حال توسعه (SAD^{۱۹۴}) ترویج گردید. برنامه‌های انرژی خورشیدی از طریق یارانه‌ها به اجرا در آمدند. وزارت منابع انرژی غیرمتعارف (MNES^{۱۹۵})، مسئول فراهم ساختن یارانه‌ها با سازمان‌های مربوطه، وزارتخانه‌ها و توجیه برنامه‌های خورشیدی و مقایسه رایانه فراهم شده با دیگر برنامه‌های یارانه‌ای مانند LPG، نفت سفید و... بود.

این برنامه همچنین شاهد ارتقاء فناوری سلول‌های PV بود که تحت برنامه با هدف فناوری اعتماد به نفس (PATSER^{۱۹۶}) و توسط گروه علمی تحقیقات صنعتی (DSIR^{۱۹۷}) انجام شد. هدف PATSER حمایت از صنایع از طریق توسعه فناوری‌های مختلف بومی است.

۸,۲,۴ دهمین FYP (۲۰۰۲-۲۰۰۷):

در طی دهمین FYP، دولت هند تصمیم به نصب نیروگاه ۱۴۰ مگاواتی سیکل ترکیبی خورشیدی یکپارچه (ISCC^{۱۹۸}) در ماتانیا^{۱۹۹}، راجستان^{۲۰۰} گرفت (جدول ۳۰).

¹⁹³ Special Action Plan

¹⁹⁴ Special Area Development

¹⁹⁵ Ministry of Non-Conventional Energy Sources

¹⁹⁶ Programme Aimed at Technological Self Reliance

¹⁹⁷ Department of Scientific Industrial Research

¹⁹⁸ Integrated Solar Combined Cycle

¹⁹⁹ Mathania

²⁰⁰ Rajasthan

S. No	Year	Wind [MW]	Small Hydro [MW]	Biomass Cogeneration [MW]	Biomass Gasification [MW]	Solar Power [MW]
	10th plan Target	1500	600	700	50	145
1	2002-2003 [Actual]	241.3	80.39	102.63	2.07	0.5
2	2003-2004 [Actual]	615.25	84.04	129.5	4.85	0.05
3	2004-2005 [Actual]	1111	102.27	136.1	8.33	1.75

جدول ۳۴: دستاوردها در دهمین برنامه پنج ساله [227]

این پروژه با توجه به مسائل عملی و در دسترس بودن گاز برای کار کردن نیروگاه هیبریدی در زمانی که تابش کم است، به تعویق افتاد. در طی این FYP، برنامه امنیت انرژی روستا، به عنوان بخشی از برق روستایی از راه دور، مورد تأیید قرار گرفت.

مهندسين خورشیدی پابرهنه^{۲۰۱} (و NGO^{۲۰۲}) یکی از سازمان‌هایی است که مشغول ارتقاء مشارکت مردمی در مناطق روستایی است. این سازمان غیردولتی مردم نیمه با سواد و بی‌سواد روستایی را در مورد نحوه بهره‌برداری از خورشید با کمک فانوس‌های خورشیدی و سیستم‌های فوتوولتائیک، آموزش می‌دهد. همچنین به آنها چگونگی کارکرد و تعمیر سیستم را یاد می‌دهند. این طرح ابتکاری همچنین در انتشار اطلاعات به دیگران و کسانی که می‌توانند از فرصت‌های مشاغل سبز بهره‌مند شوند، متعهد شده است [234].

جدول زیر ظرفیت نصب شده انباشته و کاربرد آن را در انتهای دهمین FYP در ۳۱ مارس ۲۰۰۷ نشان می‌دهد.

²⁰¹ Barefoot Solar Engineers

²⁰² Non-Governmental Organization

Sources	Units	Estimated potential	Cumulative achievement
Solar power	MW	50,000	2.92
Remote village electrification	Nos	-	2821/830
Solar photovoltaic programme			
SPV	MW/sq km	20	-
a Solar street lighting systems	Nos	-	61,321
b Home lighting systems	Nos	-	313,859
c Solar lanterns	Nos	-	565,658
d Solar Power plants	kWp	-	1870
Solar thermal programme			
a Solar water heating system	Million sq m collector area	140	1.9
b Solar Cooker	Lakh nos	-	6.03
c Solar PV pumps	Nos	-	7068

جدول ۳۵: پتانسیل و دستاوردها در ۳۱ مارس ۲۰۰۷ [227]

۹,۲,۴ یازدهمین FYP (۲۰۱۲-۲۰۰۷):

در یازدهمین FYP، اعتقاد بر این بود که انرژی خورشیدی می‌تواند در رسیدن به خودکفایی در انرژی، مهم باشد که در طبیعت، تمیز است و می‌تواند به کشور در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. با افزایش فشار از تغییرات اقلیمی و به عنوان یک کشور در حال توسعه مسئول، هند تحت برنامه اقدام ملی در مورد تغییرات اقلیمی (NAPCC^{۲۰۳})، در ژانویه ۲۰۱۰، به طور رسمی مأموریت خورشیدی ملی جواهر لعل نهرو را راه اندازی کرد. از طریق این مأموریت چشم انداز هند برای ترویج استفاده از انرژی خورشیدی در یک راه بسیار بزرگ برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و نقشه راه قابل قبول برای تضمین امنیت انرژی تا سال ۲۰۲۲ مشخص گردید. وضعیت ظرفیت واقعی نصب شده در برابر برنامه‌ریزی شده برای یازدهمین FYP که در ۳۱ مارس ۲۰۱۲ تمام شد، در جدول زیر نشان داده شده است.

Estimated	Achieved
Grid Connected Installation 50 MW	939.74 MW
Off Grid Installations 20 MW	46.64 MW

جدول ۳۶: ظرفیت نصب شده تا ۳۱ مارس ۲۰۱۲ [227]

۱۰,۲,۴ دوازدهمین FYP (۲۰۱۷-۲۰۱۲):

انرژی خورشیدی در نظر گرفتن این واقعیت بسیار مهم است که انرژی سبز (پاک) است با اثرات کم بر محیط‌زیست [235]. مأموریت ملی خورشیدی یک ابتکار بزرگ از دولت هند برای ارتقاء رشد محیط‌زیست پایدار است در حالیکه به چالش امنیتی انرژی هند می‌پردازد. به منظور ایجاد انرژی خورشیدی به یک موفقیت در دهه‌های آینده، حیاتی است که ظرفیت علم و فناوری داخلی را توسعه دهیم به طوریکه بتوانیم به عنوان هم‌تایان با بقیه جامعه جهانی همکاری کنیم.

در یک حرکت استراتژیک راه اندازی تأسیسات تولید ملی سیلیکون با ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات در سال که به کشور برای قطع وابستگی به واردات مواد سیلیکونی کمک می‌کند در دستور کار است. مؤسسه شبکه انرژی خورشیدی (CSIR- NISE²⁰⁴)، برنامه‌ریزی شده است تا به عنوان یک مؤسسه جدید برای توسعه بخش انرژی خورشیدی فعالیت کند. از سوی دیگر دپارتمان علم و فناوری یک طرح پژوهشی انرژی خورشیدی را در نظر دارد که تحت آن از ۲۵۰ محقق سطح دکترا از ۱۰ نهاد را مورد حمایت قرار می‌دهد. همچنین دپارتمان انرژی اتمی (DAE) در نظر دارد تا یک تأسیسات آزمایشی تست خورشیدی (SOTEF²⁰⁵) را راه‌اندازی کند. اخیراً دولت هند اسم مرکز انرژی خورشیدی را به مؤسسه ملی انرژی خورشیدی تغییر داده است که به عنوان یک مؤسسه مستقل برای انجام تحقیقات کاربردی، توسعه در بخش انرژی خورشیدی کار می‌کند.

۳,۴ طرح دولت برای ترویج انرژی خورشیدی:

از سال ۲۰۰۰، طرح‌های مختلفی از سوی دولت هند برای تشویق انرژی خورشیدی در کشور با نام قانون برق²⁰⁶ در سال ۲۰۰۳، سیاست ملی برق²⁰⁷ در سال ۲۰۰۵، سیاست تعرفه²⁰⁸ در سال ۲۰۰۶ و اصلاحیات آن در سال ۲۰۱۱، طرح اقدام ملی در

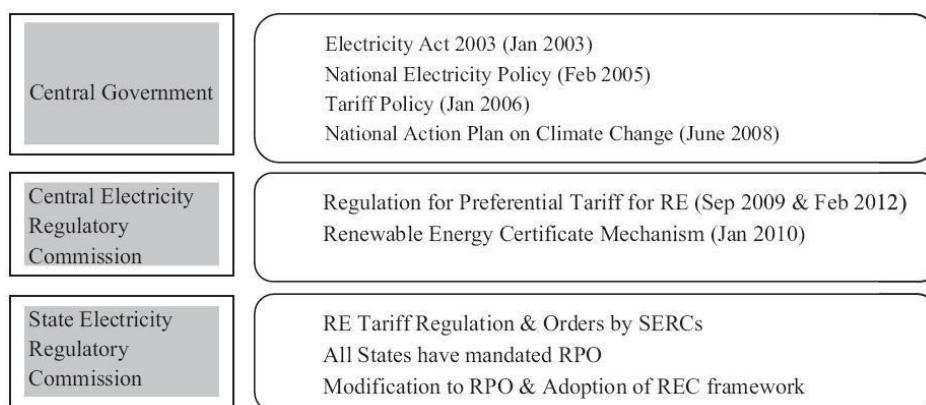
²⁰⁴ CSIR-Network Institute of Solar Energy

²⁰⁵ Solar Test Facility

²⁰⁶ Electricity Act

مورد تغییرات اقلیمی در سال ۲۰۰۸، سیاست نیمه رسانا^{۲۰۹} در سال ۲۰۰۷ و سیاست نیمه رسانا کارناتاکا^{۲۱۰} در سال ۲۰۱۰، اجرا شده است (آوریل ۲۰۱۴). همچنین ۱۴ ایالت سیاست‌های خاص خورشیدی خود را تا زمان حاضر اعلام کردند.

شکل زیر سیاست‌های مختلف اعلام شده توسط دولت‌های مرکزی و ایالتی برای ترویج استفاده از انرژی خورشیدی در کشور را نشان می‌دهد. ویژگی‌های برجسته این مقررات و سیاست‌ها بحث شده است.



شکل ۴۶: تصویر کلی برای مقررات و سیاست‌های مختلف توسط دولت‌های مرکزی و ایالتی [227]

۴,۴ مسائل مربوط به رشد انرژی خورشیدی:

پس از استقلال، هند شاهد بسیاری از ابتکارات و برنامه‌های خاص برای انرژی خورشیدی در رسیدگی به زمینه امنیت انرژی و به طور همزمان کاهش میزان کربن بوده است. با این حال تأثیر این برنامه‌ها بسیار حاشیه‌ای بوده است. با بررسی برنامه‌های پنج ساله از سال ۱۹۵۰، آشکار است که انرژی خورشیدی در هند، تنها از سال ۲۰۰۹ با سیاست‌های خاص خورشیدی در سطح ملی و ایالتی، ارتقاء یافته است.

ظرفیت کنونی انرژی خورشیدی در هند، نزدیک به ۲/۲ گیگاوات (شامل تأسیسات متصل به شبکه و جدا از شبکه) است. تحت ابتکار بلند پروازانه این کشور، مأموریت خورشیدی ملی، نصب ظرفیت ۲۲ گیگاوات تا سال ۲۰۲۲ را هدف قرار داده است، اما این نقشه راه آسان نخواهد بود چرا که مسائل زیادی هستند که از طریق سیاست‌گذاری‌های قدرتمند و اقدامات مبتکرانه نیازمند

²⁰⁷ National Electricity policy

²⁰⁸ Tariff Policy

²⁰⁹ Semiconductor Policy

²¹⁰ Karnataka

پاسخگویی هستند به نحوی که اثر بخشی این ابتکارات و برنامه‌ها مشخص گردند. در کشور چالش‌ها و موانع متعددی وجود دارند که راه ترویج و توسعه انرژی خورشیدی را مسدود می‌کنند. در فرایند پیدا کردن ابعاد موانع موجود و چالش‌های مختلف، به طور خلاصه این موانع و چالش‌ها به صورت موانع فنی^{۲۱۱}، موانع سیاسی، چالش‌های اجتماعی و اقتصادی و چالش‌های سازمانی طبقه‌بندی شده‌اند.

۱,۴,۴ موانع فنی:

این فناوری توسط مسائل فنی و ابهامات بسیاری مانند مسائل مربوط به ذخیره‌سازی، ریسک مرتبط با فناوری و سیستم‌های وابسته به آن، قابلیت اطمینان و ناکافی بودن اطلاعات موجود تابش معمولی مستقیم (DNI) و بسیاری دیگر که همواره موضوع بحث هستند، احاطه شده است. با توجه به این مشکلات، رقابتی شدن انرژی خورشیدی با دیگر منابع مرسوم انرژی سخت است. عوامل نگران‌کننده در جدول موجود است.

موانع فنی	متغیرها	استنتاجات
GHI ^{۲۱۲} /DNI	نبود اطلاعات قابل اطمینان [236]، [237] نبود اطلاعات دقیق [238]	-
فناوری	تداخل منبع مسائل مربوط به ذخیره [239] بازده کم سیستم [240] و ریسک فناوری [241] اشاعه از فناوری خارجی [242] طراحی و سهولت بهره‌برداری [243]	سطح کم رشد فناوری وجود دارد. ریسک عملکرد با فناوری همراه است. در دسترس بودن قطعات و تجهیزات کمکی.
کمبود زیرساخت	سیستم تخلیه [239] عدم به روز رسانی ایستگاه‌ها [240] منطقه محدود پشت بام و ادغام ساختمان- ها [244]	اتصال از راه دور شبکه ناحیه مسائل اتصال

جدول ۳۷: موانع فنی وارد به انرژی خورشیدی

²¹¹ Technical barriers

²¹² Global Horizontal Irradiance

۲,۴,۴ سیاست‌ها و موانع قانونی:

رشد مداوم انرژی خورشیدی نیازمند سیاست‌های حمایتی و مقررات تشویق‌کننده است. در صورت احساس خطر بالا، سرمایه-گذاران بی میلی و تردید در این بخش نشان می‌دهند که فقط می‌توان با سیاست‌های قوی و جذاب برای توسعه یک بازار آنها را مطمئن گرداند. عدم وضوح سیاست‌ها و مقررات می‌تواند در برنامه توسعه بلند مدت کشور تأثیرات منفی بگذارد. جدول زیر، سیاست‌های مربوطه و موانع قانونی برای بخش انرژی خورشیدی را نشان می‌دهد.

سیاست‌ها و موانع قانونی	متغیرها	استنتاجات
سیاست	مسائل مربوط به وضوح سیاست [239] نبودن یا ناکافی بودن سیاست خاص و چارچوب حقوقی برای ارتقاء فناوری [242] نبود انگیزه‌های مالی [237] سیاست برای ایجاد بازار، کمک‌های مالی [245] عدم اجرا و اعمال قوی سیاست مسائل تخصیص آب، مسائل تخصیص زمین نبود مکانیزم‌های تشویقی مالی کافی [237]، [238]، [239] دسترسی آسان به سوخت‌های فسیلی ارزان [240]	عدم اطمینان به سیاست در میان سهامداران وجود دارد. مسائل مربوط به وضوح سیاست های برنامه نصب. فقدان استراتژی های کمکی در کشور. نبود سازوکار پشتیبانی مناسب. نبود واسطه های مناسب مالی و مشوق هایی برای خدمات انرژی غیرمتمرکز در مقیاس کوچک. مسائل و دسترسی به بودجه یارانه توسط دولت. یارانه مستقیم و غیر مستقیم برای رقابت سوخت / سوخت های معمولی.
مقررات تنظیمی	معیار هزینه سرمایه‌گذاری توسط تنظیم کننده مسائل اتصال سودمند [240] عدم وجود قوانین و مقررات مؤثر برای نظارت بر تولید برق برای اجرای قدرتمند دستورالعمل‌ها	مسئله در اصلاحات یکپارچه بخش برق. دستورالعمل های قانونی کافی برای تولید کنندگان مستقل برق.

جدول ۳۸: سیاست تدوین شده و موانع قانونی برای استفاده از انرژی خورشیدی

۳,۴,۴ چالش‌های اجتماعی و اقتصادی:

مسائل اقتصادی و اجتماعی تأثیر قوی بر روی توسعه انرژی خورشیدی دارد چرا که می‌تواند منجر به پذیرش کمتر و قبول فناوری گردد. این یک واقعیت سخت است که فناوری نیاز به سرمایه‌گذاری عظیم دارد که نمی‌تواند به تنهایی از محل اعتبارات مستقل تأمین گردد بنابراین نیاز به جلب سرمایه‌گذاری‌های خصوصی می‌باشد که تنها وقتی می‌تواند جذب شود که

انگیزه‌های مطلوب به دنبال سرمایه‌گذاری در فناوری باشند. نگرانی‌هایی برای در دسترس بودن اعتبار مقرون به صرفه وجود دارد چرا که بازار برای کمک به جذب سرمایه‌گذاری برای توسعه این بخش، به اندازه کافی بالغ نمی‌باشد [227]. چالش‌هایی در ارتباط با در دسترس بودن زمین، عدم دسترسی به اطلاعات کافی در عنوان زمین و مالکیت، منطقه بندی‌های پیچیده و برنامه‌ریزی‌های انجام شده توسط نهادهای محلی، مسائل مربوط به آسایش حقوق در نواحی محفوظ و یا نواحی تحت حفاظت مجاور وجود دارد. برخی از چالش‌های مهم اجتماعی و اقتصادی در جدول زیر نشان داده شده‌اند.

چالش‌های اجتماعی و اقتصادی	متغیرها	استنتاجات
تأمین بودجه	هزینه اولیه بالا [246]، [247] دسترسی محدود به اعتبار مقرون به صرفه [248] مشکل در تأمین مالی پروژه [249] مشکلات مربوط به توانایی بانک مرکزی درباره موافقت نامه‌های مربوط به پروژه هزینه تراکنش برای تجاری سازی تکنولوژی بالا است [240] [249] [250] شبکه ضعیف صنعت [241]	مشکل در آوردن خریداران اعتباری. اگر تأمین مالی پروژه موجود باشد پس دارای نرخ بهره بالاتری می‌باشد. دوره طولانی بازپرداخت از پروژه. به عنوان مثال توانایی بانک مرکزی در توافقنامه خرید برق برای پروژه‌های انرژی خورشیدی. وابستگی به بودجه ملی، مشوق‌های مالی محدود وجود دارد. بالا رفتن نا امنی بازار
بازار	وجود تولید کنندگان رسمی و فاقد صلاحیت فوتوولتائیک و اپراتورها [251] مشکلات در اشاعه فناوری با توجه به زیرساخت-های ناکافی بازار، فروش و شبکه خدمات [249] چالش‌های مربوط به عرضه سیلیکون [244] فقدان در تعداد برای نوع مشابه از پروژه‌ها [244] مشارکت ضعیف برای توسعه انرژی خورشیدی [244] عدم مشارکت جامعه [237] مسائل با نگرش‌های فرهنگی اجتماعی [243]	این یک علت کمتر در تعداد سازندگان محلی است. که موجب شبکه ضعیف صنعت است. بسیاری از کشورها وابسته به سیلیکون وارداتی اند. به این دلیل است که تعداد کمتر پروژه‌های با ثبات و تکرار کم آنها این امر منجر به درک ریسک بالا در سرمایه گذار خصوصی می شود. سرقت و خرابکاری در تجهیزات را می توان یکی از نتایج آن دانست. هنوز پذیرش اجتماعی برای فناوری خورشیدی کم است. اختلال در سطح محلی منجر به مانع در بازار خورشیدی می گردد. فقدان سیاست‌های اجتماعی

چالش‌های اجتماعی و اقتصادی	متغیرها	استنتاجات
آگاهی و پذیرش	فقدان آگاهی از فناوری و منافع آن در میان سهامداران مختلف [252] بی ثباتی سیاسی در سطوح مختلف عدم توجه سیاست گذاران عدم تمایل تأسیسات آب و برق به اتخاذ رویکردهای نوآورانه [253] قیمت خرید توسط بخش ضعیف‌تر جامعه به دلیل درآمد کم هزینه‌های تأسیسات ذخیره‌سازی یا پشتیبان بالاست [245]	اولویت‌های سیاسی متضاد می‌تواند یکی از دلایل آن باشد. فقدان دیدگاه در میان سیاستمداران و مشاوران آنها. ناآگاهی نسبت به تاثیر بر محیط‌زیست و جامعه توسط منبع مرسوم انرژی. تعصبات نسبت به انرژی مرسوم.
هزینه	خطر مربوط به هزینه پیش از سرمایه‌گذاری [249] هزینه توازن سیستم (BoS ^{۲۱۳}) تا حدودی اشباع شده [244] خروج اثرات جانبی زیست‌محیطی از هزینه تولید برق از سوخت‌های فسیلی [242] [249] اولویت نسبت به منبع متمرکز از تولید انرژی [248] تعرفه واردات [245] [249]	عدم ارزیابی ریسک سوخت توسط سازمان‌های مربوطه مقایسه سوخت‌های فسیلی ارزان با سوخت‌های تجدیدپذیر رایگان بر اساس قیمت فناوری موانع تجاری، عوارض گمرکی بالا بر واردات تحمیل می‌کند
زمین	نبود زمین در دسترس نبودن اطلاعات کافی در مورد عنوان زمین و مالکیت [237] پیچیدگی ناحیه، منطقه بندی و برنامه‌ریزی شده توسط دولت‌های محلی [239] فقدان اطلاعات در مورد سایت‌های بالقوه [238] مناطق دارای حق قانونی یا محافظت شده در کنار پروژه [239] فضای ناکافی برای نصب و راه اندازی زیرساخت [253]	زمین پیوسته برای پروژه‌های خورشیدی بزرگ. کانتور زمین. فقدان اطلاعات در مورد زمین / رجیستری اموال. مشکلات در کسب زمین. دسترسی به زمین و استفاده از آن. مدیریت مناطق حفاظت شده استفاده.

جدول ۳۹: چالش‌های مهم اجتماعی و اقتصادی در توسعه انرژی خورشیدی

۴,۴,۴ چالش‌های نهادی

سازمان‌های دولتی و سایر مؤسسات نقش مهمی در توسعه و ترویج فناوری در یک کشور بازی می‌کنند. در هند سازمان‌هایی نظیر IREDA, CASE, SAP و غیره، برای ارتقاء انرژی تجدیدپذیر ایجاد شدند اما تأثیر این اقدامات امیدوار کننده نبوده است. در واقع عملکرد یک نهاد به تنهایی می‌تواند چالش‌های زیادی را در مورد انرژی خورشیدی حل و به رشد پیوسته آن کمک کند. جدول زیر عوامل مربوط به چالش‌های نهادی، نگرانی مربوط به توسعه منابع انسانی، انتشار اطلاعات و سطح وجود تحقیق و توسعه را نشان می‌دهد.

چالش‌های نهادی	متغیرها	استنتاجات
توسعه منابع	آموزش ناکافی و مؤسسه تحقیقات [251] عدم دوره‌های تخصصی در مورد مهندسی RET کمبود تجاری و فنی نیروی کار آموزش دیده [254]	توان محدود برای آموزش تعداد کافی از تکنسین‌ها. تخصص کافی به فن آوری‌های خاص. فقدان اطلاعات در نصب و راه اندازی و آموزش تعمیر و نگهداری.
تحقیق و توسعه (R&D)	فقدان مشوق‌های حمایت مالی برای فعالیت‌های R&D مشکلات در تبادل تکنولوژی NET در سراسر مرزها	علاقه محدود نسبت به RET R & D در کشور چشم انداز محدود به R&D فقدان حس مسئولیت نسبت به R&D
تبادل اطلاعات	عدم شناخت تجربه در میان مؤسسات مالی عدم اشتراک دانش میان سهامداران مختلف نسبت به RET [241] تلاش‌های محدود برای انتشار اطلاعات در مورد منافع و عوارض جانبی [بهداشت، محیط‌زیست، اقتصاد] دسترسی محدود به اطلاعات پروژه‌های موفق	مانع اشاعه دانش در میان مؤسسات مالی و بانک‌ها در مورد RET منابع کافی برای انتشار اطلاعات
مؤسسه	مصوبات چند لایه دولت [244] فناوری‌های غیر استاندارد منجر به سطح پایین قابلیت اطمینان می‌گردد [248] [253] عدم عملکرد سازمان در سطح محلی نبود متخصصین و کارشناسان در میان تصمیم‌گیران و یا سیاست‌گذاران [251] مراکز ناکافی برای اندازه گیری دقیق اشعه برای یک محل و برای طول و عرض	فقدان اطلاعات در مورد هزینه های واقعی RET. مراحل اداری پیچیده. مجوز تاخیر طولانی. تأییدیه اجازه تنظیم مقررات طولانی. نبود کد و یا استانداردهای مشترک. مدیریت ضعیف امور خارجه شرکتها. عدم هماهنگی میان دولت های فدرال.

چالش‌های نهادی	متغیرها	استنتاجات
	جغرافیایی خاص [253]	

جدول ۴۰: عوامل مربوط به چالش‌های نهادی، نگرانی مربوط به توسعه منابع انسانی، انتشار اطلاعات و سطح وجود تحقیق و توسعه

۵,۴,۴ نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی PTC در هند [262] [256]

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
100	Diwakar	Askandra	27°21'53.0"N E71°43'53.0"	with 3h heat storage	Lanco Infratech (100%)
100	KVK Energy Solar Project	Askandra	27°22'55.0"N 71°46'23.0"E	with 4h heat storage	KVK Energy Ventures Ltd (100%)
50	Megha Solar Plant	Anantapur	16°59'19.0"N 80°8'36.0"E	Operational, start year: 2014	Megha Engineering and Infrastructure (100%)
50	Godawari Green Energy Limited	Nokh	27°36'5.0"N 72°13'26.0"E	Operational, start year: 2013	Godawari Green Energy Limited (100%)
50	Abhijeet Solar Project	Rajasthan	26°49'40.0"N 70°55'11.0"E	Under Construction	Corporate Ispat Alloys Ltd. (100%)
25	Gujarat Solar One	Kutch	23°34'45.0"N 70°39'0.0"E	with 9h heat storage	Cargo Solar Power (100%)
1	National Solar Thermal Power Facility	Gurgaon	28°25'39.0"N 77°9'33.0"E	Operational, start year: 2012	IIT Bombay (100%)

جدول ۴۱: نیروگاه‌های با تکنولوژی PTC در هند

۶,۴,۴ بررسی توسعه‌دهندگان، مالکین، گردانندگان و خریداران برق نیروگاه‌های PTC در هند:

۱,۶,۴,۴ نیروگاه Diwakar [257]:

این نیروگاه با توانایی تولید ۱۰۰ مگاوات در دست ساخت است. سازنده این نیروگاه شرکت هندی Lanco Solar است که خود زیرمجموعه شرکت Lanco Infratech که در زمینه ساخت زیرساخت‌های کشور هند فعالیت می‌کند، می‌باشد [258]. مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی Lanco Infratech است. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت Lanco Solar است.

خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [259].

۲,۶,۴,۴ نیروگاه KVK Energy Solar Project [260]:

این نیروگاه با توانایی تولید ۵۰ مگاوات در دست ساخت است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی KVK Energy Ventures Ltd است که در زمینه ساخت نیروگاه و تأمین انرژی فعالیت دارد [261]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت Lanco Solar است. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [259].

۳,۶,۴,۴ Megha Solar Plant [262]:

این نیروگاه با توانایی تولید ۵۰ مگاوات در دست ساخت است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی MEIL^{۲۱۴} است که شرکت مهندسی در زمینه مهندسی و صنعت است [263]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت MEIL است. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [258].

۴,۶,۴,۴ Godawari Green Energy Limited [264]:

این نیروگاه توانایی تولید ۵۰ مگاوات را دارد و از سال ۲۰۱۳ شروع به کار کرده است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی GGEL^{۲۱۵} است که شرکت پرچمدار گروه HIRA در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر است [265]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت هندی Lauren-Jyoti است که خدمات مهندسی، ساخت و ساز و تعمیرات را برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر هند انجام می‌دهد [266]. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [258].

۵,۶,۴,۴ Abhijeet Solar Project [267]:

²¹⁴ Megha Engineering and Infrastructure

²¹⁵ Godawari Green Energy Limited

این نیروگاه با توانایی تولید ۵۰ مگاوات در دست ساخت است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی ^{۲۱۶} CIAL است [268]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت هندی Shiram است. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [258].

۶,۶,۴,۴ نیروگاه Gujarat Solar One [269]:

این نیروگاه با توانایی تولید ۲۵ مگاوات در دست ساخت است. سازنده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی Cargo Solar Power است که در بخش‌های خدمات مالی، انرژی تجدیدپذیر، حمل و نقل، ساخت و ساز و لجستیک فعالیت دارد [270]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت هندی Lauren Bharat Engineers است که در بخش مهندسی، تدارکات، مدیریت و ساخت و ساز تأسیسات خورشیدی فعالیت دارد [271]. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [258].

۷,۶,۴,۴ نیروگاه National Solar Thermal Power Facility [279]:

این نیروگاه توانایی تولید ۱ مگاوات را داراست. سازنده، گرداننده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت هندی ^{۲۱۷} IIT Bombay است که یک نهاد عمومی مهندسی در بمبئی است [280]. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت اسپانیایی Abegona Solar است. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شبکه ملی برق است.

نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی TSP در هند [262] [256]:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
2.5	ACME Solar Tower	Bikaner	28°11'2.0"N 73°14'26.0"E	Completed 2012	ACME Group

جدول ۴۲: نیروگاه با تکنولوژی TSP در هند

۸,۶,۴,۴ نیروگاه ACME Solar Tower [274]:

²¹⁶ Corporate Ispat Alloys Ltd

²¹⁷ Indian Institute of Technology Bombay

این نیروگاه توانایی تولید ۲/۵ مگاوات را داراست. سازنده، گرداننده و مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه، شرکت ACME Group است که مجموعه‌ای از کمپانی‌های در زمینه الکترونیک است [282].

نیروگاه‌های در دست احداث یا احداث شده با تکنولوژی LFC در هند [262] [256]:

Gross(MW)	Name	Location	Coordinates	Notes and references	Owners
125	Dhursar	Dhursar	26°47'8.5"N 72°0'30.0"E	Operational, start year: 2014	Reliance Power (100%)

جدول ۴۳: نیروگاه‌های با تکنولوژی LFC در هند

این نیروگاه توانایی تولید ۱۲۵ مگاوات را داراست. سازنده این نیروگاه شرکت هندی Rajasthan Sun Technique Energy، مالک (۱۰۰٪) این نیروگاه برای شرکت Reliance Power است. مهندسی و تدارکات نیز بر عهده شرکت Avera است که یک گروه چند ملیتی فرانسوی و متخصص در انرژی هسته‌ای و تجدیدپذیر است که مقر آن در پاریس می‌باشد و مجموعه‌ای از کمپانی‌های فعال در زمینه الکترونیک است [283]. خریدار برق تولیدی نیروگاه، شرکت هندی NTPC Vidyut Vyapar است. Nigam Limited است که تنها شرکت دولتی فعال در بخش انرژی و کسب و کار از معامله انرژی است [258].

۵. مطالعه تطبیقی کشور آلمان (بررسی روند توسعه فناوری فتوولتائیک (PV))

۱,۵ مقدمه

آلمان که نام رسمی آن جمهوری فدرال آلمان است دارای نظام سیاسی جمهوری فدرال دموکراتیک پارلمانی بوده و دارای ۱۶ ایالت است. آلمان از شمال با دریای شمال، دانمارک و دریای بالتیک، از شرق با لهستان و جمهوری چک، از جنوب با اتریش و سوئیس و از غرب با فرانسه، لوکزامبورگ، بلژیک و هلند مرز دارد. مساحت آن ۳۵۷,۱۶۸ کیلومتر مربع است و با ۸۰/۷ میلیون نفر، پرجمعیت‌ترین کشور اروپا است [284]. دریای شمال و دریای بالتیک راه‌های آلمان به آب‌های آزاد هستند. سواحل آبی این کشور با این دو دریا حدود ۲۳۸۹ کیلومتر است. طولانی‌ترین رودهای آلمان راین با ۸۵۶ کیلومتر، الب ۷۰۰ کیلومتر و دانوب ۶۴۷ کیلومتر هستند. آب‌وهوای آلمان معتدل اقیانوس اطلس و قاره‌ای است. بادهای غالب بر آلمان از سمت غرب می‌وزند. از نظر وضعیت جغرافیایی آلمان از دریای شمال و بالتیک تا رشته‌کوه‌های آلپ در جنوب به

پنج ناحیه بزرگ تقسیم می‌شوند: سرزمین‌های پست در شمال، رشته‌کوه‌های میانه، دامنه‌های کم‌ارتفاع کوه‌های میانه در جنوب غربی، دامنه‌های کوه‌های آلپ، کوه‌های آلپ در باواریا.

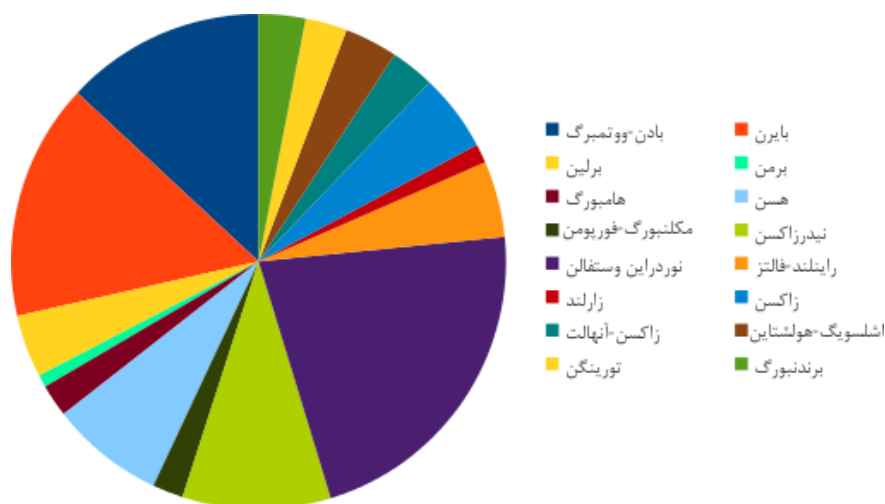
با بدتر شدن وضعیت اقتصادی در آلمان پس از جنگ جهانی اول و گسترش نژادپرستی، حزب نازی در این کشور به قدرت رسید. این حزب تا پایان جنگ جهانی دوم و شکست آلمان در این کشور حاکم بود. پس از جنگ جهانی دوم، کشور آلمان، به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم شد، تا در سال ۱۹۹۰ آلمان غربی و شرقی متحد گشته و جمهوری فدرال آلمان را تشکیل دهند. البته پس از برچیده شدن دیوار برلین به قسمت شرقی به طور رسمی ایالت‌های تازه و به قسمت‌های غربی ایالت‌های قدیمی می‌گویند.

آلمان دارای نظام سیاسی جمهوری فدرال دموکراتیک پارلمانی بوده و دارای ۱۶ ایالت است. این ایالت‌ها می‌توانند در برخی مسائل مستقل عمل کنند. آلمان هم اکنون یکی از صنعتی‌ترین کشورهای جهان است و به عنوان ثروتمندترین عضو اتحادیه اروپا، موتور اقتصادی حوزه پولی یورو محسوب می‌شود. شهرهای بزرگ آلمان برلین، هامبورگ، مونیخ و فرانکفورت می‌باشند. آلمان در دو جنگ جهانی اول و دوم نقش گسترده‌ای داشت و در پی این دو جنگ خسارت‌های زیادی را متحمل شد. پس از پایان جنگ با وام‌هایی که از کشورهای متفق گرفت، توانست کشور را بازسازی کند. جمهوری فدرال آلمان هم اکنون یکی از اعضای سازمان ملل متحد، ناتو، کشورهای گروه هشت و گروه پنج بوده و از بنیانگذاران اتحادیه اروپا است.

حزب بزرگ سیاسی در آلمان فعالیت می‌کنند که می‌توان گفت از نظر تفکرات زیست‌محیطی، اثرگذارترین حزب، حزب سبزها می‌باشد و تقریباً هر شخص و یا حزب سیاسی که نسبت به حفظ محیط‌زیست فعالیتی در کارنامه خود نداشته باشد توسط افکار عمومی کنار گذاشته می‌شود؛ از این رو، یکی از دلایلی که برخی از محققین برای رشد صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان بیان می‌کنند، حمایت بیش از حد افکار عمومی از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. کشور آلمان دارای ۱۴ وزارتخانه می‌باشد که از این بین ۴ وزارتخانه در زمینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر مسئول هستند:

- وزارت محیط‌زیست، محافظت از طبیعت و امنیت هسته ای
- وزارت تغذیه، کشاورزی و حمایت از حقوق مصرف کننده
- وزارت اقتصاد و تکنولوژی
- وزارت تحقیق و آموزش و پرورش

به نقل از اداره فدرال آمار آلمان، بر اساس سرشماری سراسری که در سال ۲۰۱۴ انجام شده‌است، جمعیت این کشور حدود ۸۰/۷ میلیون نفر است. از این تعداد، حدود ۹۲/۳٪ دارای ملیت آلمانی هستند و حدود ۷/۷٪ باقی‌مانده را اتباع خارجی تشکیل می‌دهند. نوردراین و وستفالن با حدود ۱۷ میلیون پر جمعیت‌ترین ایالت آلمان است، پس از آن ایالت‌های بایرن و بادن-وورتمبرگ به ترتیب با ۱۲ و ۱۰ میلیون جمعیت قرار دارند. ایالت‌های برمن و زارلند کم‌جمعیت‌ترین ایالت‌های آلمان هستند. حدود ۴۰ میلیون نفر از جمعیت مشغول به کار هستند، از این تعداد ۵۳/۲٪ مرد و ۴۶/۸٪ را زنان تشکیل می‌دهند. حدود ۲/۱ میلیون نفر نیز در آلمان فاقد کار بودند که، نرخ بیکاری بین این افراد (۱۵-۷۴ ساله) ۵/۱٪ بوده‌است. در حدود ۴۱ میلیون از جمعیت آلمان را زنان و ۳۹ میلیون باقی‌مانده را مردان تشکیل می‌دهند. حدود ۱۸ میلیون ازدواج در آلمان ثبت شده‌است [285].



شکل ۴۷: تقسیم جمعیت آلمان براساس ایالت [279]

۲.۵ اقتصاد آلمان

آلمان دارای یک بازار اقتصادی اجتماعی با نیروی کار مجرب، موجودی سرمایه بزرگ، سطح پایین فساد، و سطح بالا از نوآوری است. آلمان بزرگ‌ترین اقتصاد ملی در اروپاست و هم‌چنین جزو چهار تولیدکننده بزرگ در سال ۲۰۰۹ است. بخش خدمات ۷۱٪ از کل تولید ناخالص داخلی، صنعت ۲۸٪ و کشاورزی ۱٪ است. به طور متوسط نرخ بیکاری در ماه مه در آلمان ۶/۷٪ بوده است. عرضه نیروی کار نیز با کمبود روبرو بوده است و تعداد زیادی "کارگر مهمان" بویژه از ترکیه و یوگسلاوی سابق به کار گرفته شده‌اند. از ۱۹۹۰ کمبود نیروی کار در غرب کشور با مهاجرت از شرق، جمهوری دموکراتیک آلمان سابق، نیز مواجه شده

است. با این حال نرخ متوسط بیکاری در این کشور با افراد نیمه کار به دنبال کار تمام وقت گرفته شده است. نرخ بیکاری در این کشور در سال ۲۰۱۵، ۴/۷٪ بوده است [280].

کشور آلمان در اتحادیه اروپا قانون تعیین می‌کند و آلمان مدافع سیاسی و اقتصادی اتحادیه اروپا است. آلمان سیاست‌های تجاری خود را به طور فزاینده‌ای در موافقت‌نامه اتحادیه اروپا تأیید می‌کند. آلمان واحد پولی مشترک اروپا، یورو را از ۱ ژانویه سال ۲۰۰۲ معرفی کرده است. سیاست‌های پولی آلمان را اعضای بانک مرکزی اروپا تعیین می‌کنند.

دو دهه پس از اتحاد دو آلمان، استانداردهای زندگی و در آمد سرانه به طور قابل ملاحظه بالا رفته است. نوسازی و یکپارچه سازی اقتصاد شرق آلمان یک فرایند طولانی مدت است که تا سال ۲۰۱۹ به طول می‌انجامد، با انتقال سالانه از غرب به شرق بالغ به حدود ۸۰ میلیارد دلار برنامه ریزی شده است. در ژانویه ۲۰۰۹ دولت آلمان تصویب طرح محرک اقتصاد ۵۰ میلیارد یورو برای محافظت بخش‌های مختلف از رکود و متعاقب آن افزایش بیکاری است.

آلمان چهارمین کشور جهان از نظر تولید ناخالص داخلی است و بزرگترین صادر کننده کالا (از نظر درآمد) و دومین کشور واردکننده کالا در جهان است. بر اساس آمارهای سازمان جهانی تجارت میزان صادرات آلمان در سال ۲۰۱۱ میلادی ۱،۴۰۸،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ دلار بود [288].

آلمان بجز زغال سنگ معادن نسبتاً کوچک سنگ آهن، بوکسیت، سنگ مس، نیکل، قلع، نقره، پتاس و نمک ذخایر طبیعی نسبتاً کمی دارد و شدیداً به واردات مواد اولیه متکی است. در آلمان صنایع زیادی فعال هستند، صنایعی چون الکتریکی، مکانیکی، مواد شیمیایی، منسوجات، غذایی و وسایل نقلیه. از آغاز دهه ۱۹۸۰ رشد کلانی در صنایع تکنولوژی پیشرفته روی داده است. کارخانه‌های اتوموبیل سازی بنز، بی. ام. و و فولکس واگن محصولات خود را در تمام دنیا عرضه می‌کنند. مهمترین صادرات این کشور وسایل نقلیه موتوری و وسایل الکتریکی است. تعداد افراد شاغل در صنایع خدماتی نزدیک به دو برابر کارکنان صنعت تولیدی است. بانک‌داری و امور مالی از منابع مهم درآمد ارز خارجی است و شهر فرانکفورت یکی از مراکز اصلی امور مالی و تجاری در جهان و مقر بانک مرکزی اروپاست.

اتحاد دو آلمان در اکتبر ۱۹۹۰ چالش بزرگی را در پیش روی اقتصاد این کشور قرار داد. در گذشته جمهوری دموکراتیک آلمان دارای موفق‌ترین اقتصاد در بین کشورهای عضو شورای تعاون اقتصادی کُمنکان^{۲۸} بود، ولی بر حسب میزان و کیفیت تولید محصولات، و سطح زندگی مردم، کمتر از آلمان غربی سابق توسعه یافته بود. کیفیت زندگی در نیمه غربی آلمان همچنان بالاتر از نیمه شرقی آن است.

در سال ۲۰۰۸ آلمان ششمین کشور مصرف‌کننده انرژی بود، که حدود ۶۰٪ از انرژی اولیه آن از خارج وارد می‌شد. سیاست دولت آلمان ترویج حفاظت از انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. دولت آلمان قصد دارد تا کشور به میزان ۸۰٪ از منابع تجدیدشونده تا سال ۲۰۵۰ استفاده کنند. در سال ۲۰۱۰، درصد استفاده انرژی‌ها در کشور آلمان به صورت زیر بوده است: زغال سنگ (۲۲/۹٪)، گاز طبیعی (۲۱/۸٪)، انرژی هسته‌ای (۱۰/۸٪)، برق آبی و باد (۱/۵٪)، و دیگر منابع تجدیدپذیر (۷/۹٪).



شکل ۴۸: سبد منابع انرژی آلمان [282]

آلمان متعهد به پروتکل کیوتو و چند معاهده دیگر ترویج تنوع زیستی، بازیافت و استفاده از انرژی تجدیدپذیر و پشتیبانی از توسعه پایدار در سطح جهانی است. دولت آلمان کاهش گسترده فعالیت‌های انتشار و تولید گازهای گلخانه‌ای را آغاز کرده است. با این وجود این کشور بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۱۰ را دارا بوده است. مطابق گزارش ACEEE، آلمان در سال ۲۰۱۱ از نظر بهره‌وری انرژی در جایگاه نخست جهان قرار داشته است.

۳.۵ نظام انرژی در آلمان

بخش انرژی آلمان یکی از بزرگترین قسمت‌های اثرگذار بر روی GDP کشور آلمان می باشد. همچنین کشور آلمان یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان برق نیز می‌باشد، به طوریکه در سال ۲۰۰۲ با مصرف ۵۱۲/۹ میلیارد کیلووات ساعت بزرگترین مصرف‌کننده برق اروپا شناخته شد. آلمان چهارمین تولیدکننده انرژی هسته‌ای در دنیا می‌باشد، اما در سال ۲۰۰۰ دولت و صنایع هسته‌ای آلمان برای تعطیلی کامل نیروگاه‌های هسته‌ای آلمان تا سال ۲۰۲۱ توافق کردند. اگرچه برخلاف این توافقنامه، نیروگاه‌هایی شروع به فعالیت کردند، پشتیبانی افکار عمومی، آینده‌ای بدون انرژی هسته‌ای را قابل تصور می‌سازد. در سپتامبر ۲۰۱۰ وزارت اقتصاد و تکنولوژی دولت آلمان سیاست‌های کلان انرژی را با اهداف زیر اعلام نمود [282].

- کاهش CO_2 تا سال ۲۰۲۰ به مقدار ۴۰٪ کمتر از میزان سال ۱۹۹۰ و کاهش ۸۰٪ کمتر از ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۵۰
- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی به میزان ۱۸٪ تا سال ۲۰۲۰، ۳۰٪ تا سال ۲۰۳۰ و ۶۰٪ تا سال ۲۰۵۰

- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق به میزان ۳۶٪ تا سال ۲۰۲۰ و میزان ۸۰٪ تا سال ۲۰۵۰.

- افزایش بهره‌وری ۷۰٪ انرژی تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۰۸

با نگاهی گذرا به تاریخ انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور آلمان می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین دلایل موفقیت آلمان در انرژی‌های تجدیدپذیر و تکنولوژی آن مشروعیت بخشی به این گونه از انرژی‌ها می‌باشد. دلیل دوم یعنی موافقت افکار عمومی، حاصل عملکرد دولت می‌باشد. اگرچه حادثه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶ استارت خوبی برای این موضوع بود، ولی عملکرد هماهنگ تمام بخش‌های دولتی و هماهنگی آنها برای نیل به سمت انرژی تجدیدپذیر، عامل مهمی برای همراه کردن مردم می‌باشد. می‌توان گفت خط مشی کلی کشور آلمان بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳، کاهش وابستگی به واردات انرژی است. دلیل بر این ادعا، افزایش هزینه‌های تحقیقاتی در زمینه منابع داخلی (هسته‌ای، زغال سنگ قهوه‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر) می‌باشد. پس از بررسی کلی در سیاست‌های انرژی در سال ۲۰۰۲ که توسط وزارت اقتصاد و تکنولوژی انجام گرفت، مهمترین استراتژی‌های اتخاذ شده تا سال ۲۰۱۰ به شرح ذیل می باشد:

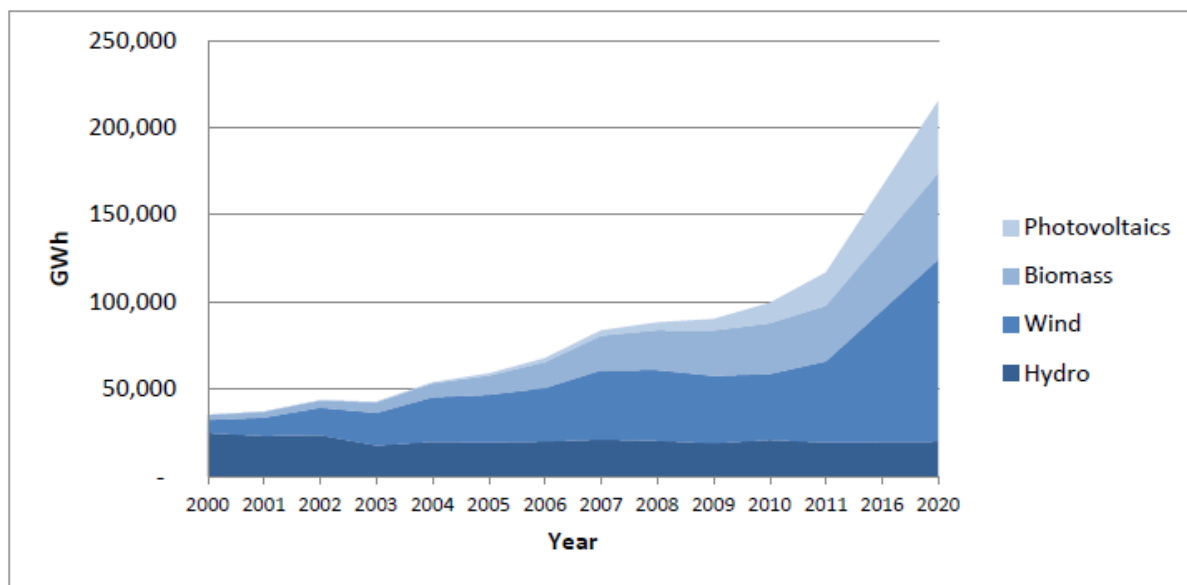
- قانون‌گذاری بر انرژی بخش صنعت برای افزایش بهره‌وری در سال ۲۰۰۵ که بر پایه یک شبکه نظام‌مند استوار است.
- گسترش استفاده از انرژی‌های برگشت‌پذیر و پایه‌گذاری قانون جدیدی در مورد کارایی انرژی
- برنامه‌های تحقیقاتی جدید در مورد انرژی و افزایش بودجه بخش R&D

- تهیه نقشه جامع سیاست‌های انرژی که به سیاست‌مداران بخش انرژی در تصمیم‌گیری درست کمک می‌کند.
 - وزارت اقتصاد و تکنولوژی آلمان، به وسیله سیاست‌های انرژی در نظر دارد، تأمین منابع بخش انرژی را با حفاظت مؤثر محیط زیست و کاهش تغییرات آب و هوا به طرز کارآمدی ترکیب کند، به عبارتی با درونی کردن هزینه‌های خارجی وارد بر محیط زیست، منابع مالی انرژی را تأمین کند. یکی از وظایف دولت، ایجاد شرایطی است که عوامل مؤثر در بازار، نتایج مطلوب اقتصادی را کسب کنند. شرایطی از قبیل:
 - تنظیم نظامنامه تولیدات انحصاری از قبیل گاز و شبکه برق
 - توسعه ابزاری اقتصادی برای کاهش اثر تغییرات آب و هوا و اقلیم بر بازار از قبیل انتشار سهام دولتی و اوراق قرضه
 - فراهم کردن کمک‌های مالی برای تکنولوژی‌های خاص از قبیل انرژی‌های تجدیدپذیر
- با برقراری شرایط ذکر شده، بازار به حالت رقابت کامل نزدیک گردیده و نیاز به کمک دولت برای جهت‌دهی نمی‌باشد.

۴,۵ نظام انرژی تجدیدپذیر در آلمان

۱,۴,۵ تاریخچه انرژی تجدیدپذیر در آلمان

پس از اولین شوک نفتی در سال ۱۹۷۳ رویای دسترسی ارزان و مطمئن به سوخت‌های فسیلی فراموش گردید و کشورهای صنعتی دنیا به فکر یافتن گزینه مناسبی برای جایگزین کردن آن با انرژی‌های فسیلی افتادند. به این منظور تدوین سیاست‌های پشتیبان امری ضروری به نظر می‌رسید. آمریکا، دانمارک و آلمان جزء اولین کشورهایی بودند که در این حوزه به تدوین سیاست پرداختند. از اوایل دهه هفتاد، آلمان و آمریکا سیاست‌های مشابهی را در مورد انرژی‌های نو آغاز کردند ولی از سال ۲۰۰۰ تغییراتی در سیاست‌های این دو کشور ایجاد شد که نتایج مطالعات، اثربخشی کاراتر سیاست‌ها در کشور آلمان در جهت تقویت صنعت تجدیدپذیر را نشان می‌دهد. از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۹ دولت آلمان توانست به میزان خوبی درصد استفاده از انرژی تجدیدپذیر را در کشور افزایش دهد، به طوری که این عدد از ۲٪ در سال ۱۹۹۰ به ۱۰٪ در سال ۲۰۰۹ افزایش یافته است. این مقدار در سال ۲۰۰۵ برابر با ۵/۸٪ بوده است. هم‌اکنون نیز در برنامه توسعه کشور آلمان پیش‌بینی شده است تا نرخ استفاده از انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی این کشور تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۱۹/۶٪ (در حالت سناریوی بدبینانه به ۱۸٪) برسد. به طوری که سهم انرژی تجدیدپذیر در بخش برق به ۳۸/۶ درصد، در بخش گرمایش و سرمایش به ۱۵/۵ و در بخش حمل و نقل به ۱۳/۲ درصد خواهد رسید [282].



شکل ۴۹: سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان

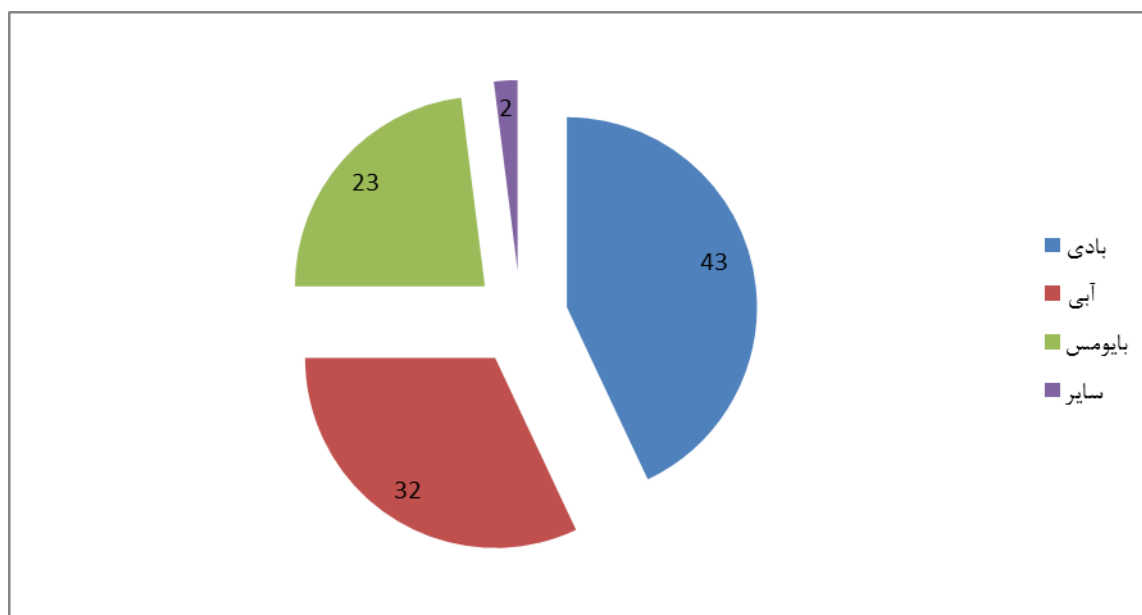
در سال ۲۰۰۵ مجموع ظرفیت مراکز تجدیدپذیر در حال بهره‌برداری در آلمان ۲۷/۸۹۸ گیگاوات بوده است که به میزان ۶۱۶۵۳ گیگاوات ساعت برق تولید می‌کرده است. در این بین سهم اعظم تولید برق متعلق به نیروگاه‌های بادی بوده است که ۴۳٪ این مقدار را به خود اختصاص داده است. به دنبال آن برق آبی و منابع زیست‌توده به ترتیب دارای سهم ۳۲٪ و ۲۳٪ بوده‌اند. تنها در سال ۲۰۰۵، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر موجب صرفه جویی به میزان 31674 Ktoe^{219} در مصرف سوخت‌های فسیلی شد. ۵۹٪ از این میزان مربوط به حوزه تولید برق می‌باشد. این مقدار صرفه جویی باعث جلوگیری از انتشار ۱۰۸ میلیون تن CO_2 است که ۷۲ میلیون تن آن مربوط به بخش تولید برق است که اغلب آن مربوط به گسترش استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک است [282].

در حال حاضر گردش مالی بخش سرمایه‌گذاری در تولید، تحقیقات و راه اندازی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان بالغ بر ۴۰ میلیون یورو می‌باشد که با توجه به چشم انداز گسترده‌ی ۱۰ ساله EEG²²⁰، از این مقدار نیز فراتر خواهد رفت. تا پایان ۲۰۱۲ ظرفیتی نزدیک به ۳۲۰۰۰ مگاوات برق خورشیدی در آلمان نصب شده است.

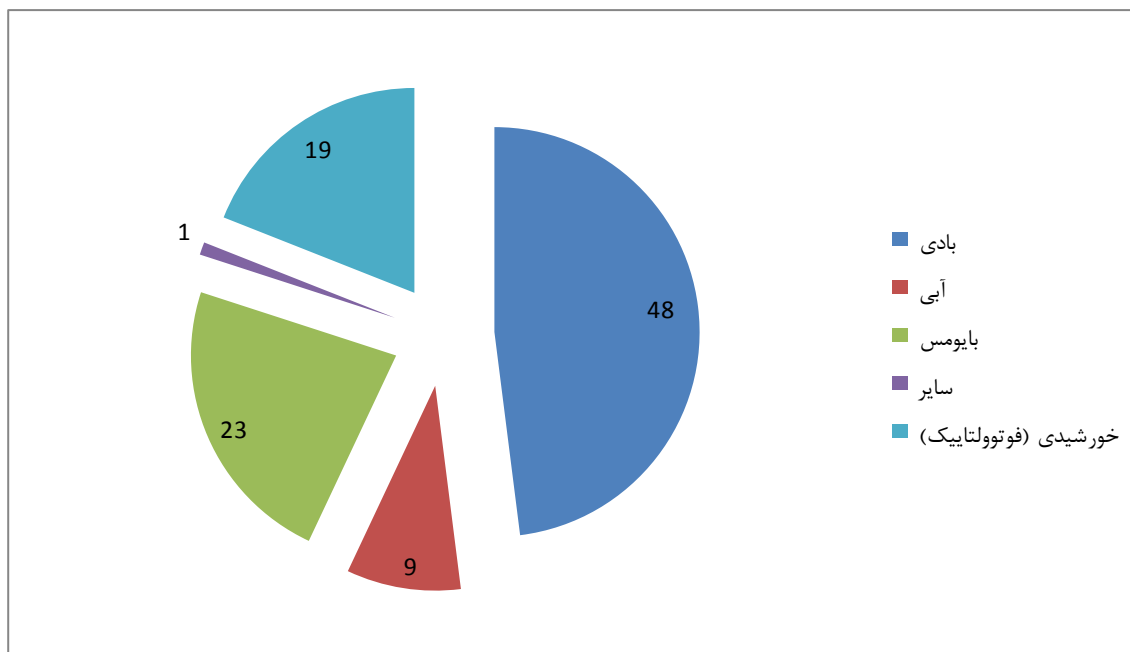
²¹⁹ Thousand tons of oil equivalent (1 ktoe = 11630000 kWh) [310]

²²⁰ German Renewable Energy Act (German: Erneuerbare-Energien-Gesetz)

با افزایش توجه مراکز دولتی و خصوصی، و پیشرفت‌های فناورانه در زمینه انرژی خورشیدی و سلول‌های فتوولتائیک، استفاده از انرژی خورشیدی در سبد انرژی آلمان اهمیت بیشتری یافته است به طوری که در سند چشم انداز سال ۲۰۲۰ پیش بینی شده است که انرژی خورشیدی (فتوولتائیک) با ۱۹٪ در جایگاه سوم تولید برق قرار بگیرد [282].



شکل ۵۰: سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۰۵ [282]



شکل ۵۱: پیش‌بینی سهم انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۲۰ [282]

۲,۴,۵ بازیگران اصلی

همان‌طور که اشاره شد ۴ وزارتخانه اصلی مسئولیت انرژی تجدیدپذیر را به عهده دارند که عبارتند از وزارت محیط‌زیست، محافظت از طبیعت و امنیت هسته‌ای، وزارت تغذیه، کشاورزی و حمایت از حقوق مصرف‌کننده، وزارت اقتصاد و تکنولوژی، وزارت تحقیق و آموزش و پرورش. در ادامه به توضیحی درباره هر یک از این وزارتخانه‌ها پرداخته می‌شود:

۱,۲,۴,۵ وزارت محیط‌زیست، محافظت از طبیعت و امنیت هسته‌ای (BMUB^{۲۲۱})

این وزارتخانه مهمترین مرجع مسئول در قبال انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. از وظایف این وزارتخانه تدوین سیاست برای انرژی‌های تجدیدپذیر، برآورد مشوق‌ها، جرائم نقدی، تعرفه‌ها، نرخ کاهشی تعرفه‌ها، ملزم کردن کمپانی‌های خصوصی و نهادهای دولتی به اجرای قوانین، تعیین میزان خرید برق تجدیدپذیر توسط سازمان‌های برق منطقه‌ای و برخی وظایف جزئی‌تر می‌باشد. این وزارتخانه در سال ۱۹۸۶ تأسیس گردید و قبل از آن مسئولیت مستقیم انرژی‌های تجدیدپذیر بر عهده "وزارت اقتصاد و تکنولوژی" بود. از وظایف مهم سال‌های اخیر وزارت محیط‌زیست، بازبینی قانون انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که

²²¹ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, (German: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit)

آخرین بازبینی در ۲۰۰۹ انجام شده و از ۲۰۱۰ اجرا گردید. همچنین یافتن پروژه‌های تحقیقاتی مورد نیاز، یکی دیگر از وظایف این وزارتخانه می‌باشد [283].

۲,۲,۴,۵ وزارت اقتصاد و تکنولوژی (BMWI^{۲۲۲})

این وزارتخانه مسئولیت سیاست‌گذاری‌های کلان انرژی را در کشور آلمان بر عهده دارد. همچنین برآورد تقاضای انرژی، تقاضای الکتریسیته، میزان تولید، ظرفیت عرضه انرژی و الکتریسیته، برنامه‌ریزی انرژی با همکاری وزارت محیط‌زیست، از دیگر وظایف این وزارتخانه می‌باشد هنوز از نفت و زغال‌سنگ به عنوان منابع اصلی انرژی آلمان یاد می‌شود، لیکن در تصمیم‌گیری‌های کلان انرژی استفاده از انرژی‌های نو و افزایش بهره‌وری مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. وظایف اصلی این وزارتخانه در ۸ حوزه تعریف می‌شود که مطابق با حوزه‌های سیاست انرژی و سیاست تکنولوژی، وزارتخانه مذکور در قبال انرژی‌های تجدیدپذیر مسئول می‌گردد. از دیگر مسئولیت‌های این وزارتخانه تأمین مالی ۲۵٪ از هزینه‌های آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر آلمان می‌باشد. مدیریت آژانس دولتی "توسعه اقتصادی سرمایه‌گذاری و تجارت آلمان" نیز بر عهده این وزارتخانه می‌باشد [284].

۳,۲,۴,۵ وزارت تغذیه، کشاورزی و حمایت از حقوق مصرف‌کننده (BMELV^{۲۲۳})

وظایف وزارت تغذیه، کشاورزی و حمایت از حقوق مصرف‌کننده به چند گروه تقسیم می‌گردد که عبارتند از:

- تغذیه و ایمنی
- مناطق روستایی
- حمایت از حقوق مصرف‌کنندگان
- امور بین‌الملل

به دلیل وجود مسئولیت‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در گروه مناطق روستایی، وظایف تعریف شده در این گروه به صورت کامل بیان می‌گردد. این وظایف عبارتند از:

²²² Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (German: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

²²³ Federal Ministry for Food and Agriculture (German: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft)

- سیاست‌گذاری اجتماعی در کشاورزی
- کنترل و بهداشت حیوانات اهلی
- سیاست‌های گیاهان و محصولات کشاورزی
- سیاست‌های آب و هوا و محیط‌زیست
- محافظت از جنگل‌ها
- منابع تجدیدپذیر
- بررسی بازار و آمارها
- پرداخت مستقیم به کشاورزان

مطابق با وظیفه "آب و هوا و محیط‌زیست"، این وزارتخانه ملزم به برقراری استانداردهای زیست‌محیطی اتحادیه اروپا می‌گردد که برای این منظور، یکی از مهمترین راه‌کارها، ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

یکی از سیاست‌های کلی دولت آلمان، تأمین انرژی داخلی با منابع موجود در داخل کشور و کاهش واردات انرژی می‌باشد که بر این اساس وظیفه‌ای تحت عنوان "منابع تجدیدپذیر" برای وزارت تغذیه تعریف گردیده است و هدف آن کشف منابع تجدیدپذیر برای مناطق روستایی دور از شبکه و استفاده از آن می‌باشد. با تعریف این وظیفه، وزارتخانه مذکور به صورت مستقیم در برابر انرژی‌های تجدیدپذیر پاسخگو می‌باشد [285].

۴,۲,۴,۵ وزارت تحقیق و آموزش و پرورش (BMBF^{۲۲۴})

این وزارتخانه وظیفه مدیریت انجام پروژه‌های تحقیقاتی و تقسیم پروژه‌های بزرگ به پروژه‌های کوچک‌تر و همچنین برون‌سپاری بعضی از آنها را دارد؛ همچنین تجمیع پروژه‌های انجام شده توسط مؤسسات تحقیقاتی داخل و خارج از آلمان در این وزارتخانه انجام می‌گیرد. تجمیع پروژه از انجام موازی کاری در کارهای تحقیقاتی جلوگیری می‌نماید. هزینه تحقیقات انجام شده در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر برابر با ۸۲۷ میلیون یورو در سال ۲۰۰۹ بوده است. توجه به محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌ها در سال‌های اخیر اهمیت بالایی پیدا کرده است.

یکی از چالش‌های عمده قرن ۲۱، حل تناقض میان انرژی و محیط‌زیست است. وزارت تحقیق و آموزش و پرورش، برای حل این چالش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک را در دستور کار خود قرار داده است. اهداف مدیریت استراتژیک وزارت تحقیق و آموزش و پرورش نیز در چهار وجه اقتصاد، محیط‌زیست، محیط اجتماعی و منابع انسانی تعریف شده‌اند. مهمترین اهداف وزارت تحقیق و آموزش و پرورش، تربیت محققین و افراد متخصص در زمینه‌های مرتبط به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد [293].

۳,۴,۵ سیاست‌ها و قوانین مربوط به بهره‌برداری و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر

از حدود سال‌های ۱۹۹۰، توجه هدفمند و برنامه‌ریزی شده برای گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان بیشتر و متمرکزتر شد. تا سال ۲۰۰۰ اصلی‌ترین برنامه اجرایی در این زمینه اختصاص تعرفه‌های حمایتی (Feed In Tarriff) به این بخش بوده است. اگرچه این سیاست کماکان نیز در مواردی در حال اجرا است ولی در حال حاضر سیاست‌ها و برنامه‌های اجرایی، تشویقی و حمایتی جدیدی نیز به برنامه‌های گسترش انرژی تجدیدپذیر در آلمان اضافه شده است.

انرژی خورشیدی در آلمان تقریباً مختص به سیستم‌های فتوولتائیک می‌باشد. تنها در سال ۲۰۰۸ به میزان ۱۵۰۰ مگاوات به ظرفیت فتوولتائیک آلمان اضافه شده است و در برنامه‌ی بلند مدت مربوط به سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شده است سالانه ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ مگاوات به این ظرفیت اضافه شود. به این صورت در سال ۲۰۲۰ آلمان دارای ظرفیت فتوولتائیک ۵۱۷۵۳ مگاوات با توان تولید برق ۴۱۳۸۹ ساعت می‌شود. برخلاف سیستم‌های فتوولتائیک، آلمان برنامه‌ای برای گسترش و بهره‌برداری از سیستم‌های متمرکزکننده و CSP ندارد [282].

	2005		2010		2011		2012		2013		2014	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Hydropower:	4329	19687	4052	18000	4068	18000	4088	18000	4111	19000	4137	19000
<1MW	641	3157	507	2300	511	2300	515	2300	521	2450	527	2450
1 MW -10 MW	1073	3560	987	4050	991	4050	995	4050	1000	4250	1005	4250
> 10MW	2615	12971	2558	11650	2567	11650	2577	11650	2590	12300	2604	12300
from pumped storage power plant	4012	7786	6494	6989	6494	6989	6494	6989	6494	6989	6494	6989
Geothermal energy:	0.2	0.2	10	27	17	53	27	97	40	164	57	257
Solar energy:	1980	1282	15784	9499	20284	13967	23783	17397	27282	20293	30781	23218
photovoltaics	1980	1282	15784	9499	20284	13967	23783	17397	27282	20293	30781	23218
concentrated solar energy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tides, waves, other ocean energy:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wind energy:	18415	26658	27676	44668	29606	49420	31357	53055	32973	57314	34802	63657
land-based	18415	26658	27526	44397	29175	48461	30566	51152	31672	54064	32763	58420
offshore	0	0	150	271	432	959	792	1903	1302	3250	2040	5237
Biomass:	3174	14025	6312	32778	6620	34682	6934	36710	7214	38562	7475	40359
solid	2427	10044	3707	17498	3860	18298	4017	19294	4140	20114	4253	20901
biogas	693	3652	2368	13829	2523	14933	2680	15966	2837	16998	2985	18008
liquid biofuels (1)	54	329	237	1450	237	1450	237	1450	237	1450	237	1450
Overall:	27898	61653	53834	104972	60596	116122	66189	125258	71621	135333	77251	146490
from combined heat and power		-	1067	5328	1280	6453	1503	7681	1740	9002	1990	10424

	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Hydropower⁶⁰:	4 165	19 000	4 196	19 000	4 228	19 000	4 258	19 000	4 286	20 000	4 309	20 000
<1MW	534	2 450	539	2 450	546	2 450	552	2 450	558	2 550	564	2 550
1 MW -10 MW	1 012	4 250	1 019	4 250	1 026	4 250	1 032	4 250	1 038	4 500	1 043	4 500
>10MW	2 620	12 300	2 638	12 300	2 657	12 300	2 674	12 300	2 689	12 950	2 702	12 950
from pumped-storage power plant ⁶¹	6 494	6 989	6 494	6 989	6 494	6 989	7 900	8 395	7 900	8 395	7 900	8 395
Geothermal energy:	79	377	107	534	142	730	185	976	236	1 281	298	1 654
Solar Energy:	34 279	26 161	37 777	29 148	41 274	32 132	44 768	35 144	48 262	38 243	51 753	41 389
photovoltaics	34 279	26 161	37 777	29 148	41 274	32 132	44 768	35 144	48 262	38 243	51 753	41 389
concentrated solar energy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tides, waves, other ocean energy:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wind Energy⁶²:	36 647	69 994	38 470	76 067	40 154	82 466	41 909	89 210	43 751	96 359	45 750	104 435
land-based	33 647	61 990	34 371	64 583	34 815	66 873	35 188	68 913	35 479	70 694	35 750	72 664
offshore	3 000	8 004	4 100	11 484	5 340	15 592	6 722	20 297	8 272	25 666	10 000	31 771
Biomass:	7 721	42 090	7 976	43 729	8 211	45 299	8 440	46 761	8 648	48 133	8 825	49 457
solid	4 358	21 695	4 472	22 396	4 575	23 050	4 672	23 633	4 750	24 139	4 792	24 569
biogas	3 126	18 946	3 267	19 884	3 399	20 798	3 531	21 678	3 660	22 543	3 796	23 438
liquid biofuels (1)	237	1 450	237	1 450	237	1 450	237	1 450	237	1 450	237	1 450
Overall⁶³:	82 891	157 623	88 526	168 479	94 009	179 626	99 561	191 092	105 183	204 016	110 934	216 935
from combined heat and power	2 250	11 937	2 530	13 533	2 823	15 220	3 129	16 986	3 444	18 837	3 765	20 791

جدول ۴۴: ظرفیت نصب شده در سال‌های برنامه ۱۰ ساله آلمان [282]

۱,۳,۴,۵ سیاست‌های اجرایی

طبق برنامه زمان‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر آلمان که برای سال ۲۰۲۰ تدوین شده است، میزان اشتغال‌زایی مربوط به این حوضه از ۲۰۰۰۰ در سال ۲۰۰۴ به ۳۰۰۰۰۰ در سال ۲۰۰۹ و در نهایت به ۴۰۰۰۰۰ در سال ۲۰۲۰ افزایش خواهد یافت. به همین ترتیب میزان انتشار CO₂ نیز تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۲۱۵ میلیون تن کاهش خواهد داشت [287].

به منظور دستیابی به این هدف نظام هماهنگی از سیاست‌ها و راهبردهای مالی، مدیریتی و اجرایی ارائه شده است. از اصلی‌ترین سیاست‌های در حال اجرای در زمینه گسترش انرژی‌های خورشیدی به این صورت است:

• تعریف تعرفه خرید (Feed in Tariffs):

قوانین مربوط به ایجاد تعرفه خرید برق تجدیدپذیر از سال ۱۹۹۱ در آلمان اجرا می‌شود و کماکان ادامه دارد. هدف اصلی این قوانین تنظیم بازار برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد سود مناسب برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی است. اگر نرخ تعرفه به طور مطلوب طراحی شود، به صورتی که منجر به حاشیه سود کافی و بلندمدت برای توسعه‌دهندگان بخش خصوصی شود، سیگنال‌های خوبی به سرمایه‌گذاران و شرکت‌های آنان می‌دهد که بازار آینده تکنولوژی‌های خورشیدی پایدار، سودآور و قابل اطمینان خواهد بود. قوانین FIT دو وظیفه‌ی مهم دارند؛ یکی این که برای تولیدکننده تضمین می‌کنند که برق تولیدی در طول قراردادی بلند مدت خریداری خواهد شد و

دیگری این که قیمت مناسبی برای برق تولیدی ارائه خواهد شد. این قیمت معمولاً از طریق فرمول‌هایی براساس قیمت برق، سوخت پایه و تورم جهانی ارائه می‌شود و در طول زمان متغیر است [288]

• حق بیمه بازار (Market Premium) :

این روش یک کف ثابت یا متغیر را برای قیمت خرید برق از تولیدکننده تعیین می‌کند. تولیدکننده خود ملزم به فروش برق تولیدی است ولی قانون‌گذار تضمین می‌کند سود را تا حد مناسبی برساند. برای مثال اگر کف تضمین شده $0/3 \text{ \$/KWh}$ باشد و تولیدکننده برق خود را در بازار به قیمت $0/18 \text{ \$/KWh}$ بفروشد، دولت به میزان $0/12 \text{ \$/KWh}$ به او پرداخت می‌کند. این روش شبیه تعیین تعرفه خرید است با این تفاوت که ریسک یافتن خریدار، به عهده‌ی خود فروشنده می‌باشد. محاسبه نرخ تعرفه مربوط به market premium بر اساس نرخ FIT و قیمت برق در بازار می‌باشد. هزینه‌ی کارفرمایی نیز بر این عدد مؤثر است. نرخ FIT منهای سودی که کارفرما از فروش برق خود در بازار می‌کند به اضافه هزینه ثابت کارفرمایی که مطابق جدول آورده شده است میزان یارانه پرداختی به کارفرما را تعیین می‌کند. این هزینه به اهمیت نوع منبع تجدیدپذیر وابسته است [289]. در صورتی که قیمت برق در بازار به میزان قابل توجهی بالا باشد، یارانه پرداختی به تولیدکننده می‌تواند به صفر نیز برسد [290].

Year	Onshore Wind	Offshore ^{1a} Wind	Solar	Other ^{1b}
2012	1.20	0.00	1.20	0.30
2013	1.00	1.00	1.00	0.275
2014	0.85	0.85	0.85	0.25
2015-on	0.70	0.70	0.70	0.225

جدول ۴۵: میزان قیمت کارفرمایی (management price) برای منابع متفاوت [290]

• قوانین تشویقی مالی :

اعطای وام‌های بلند مدت و کم بازده، مشارکت در سرمایه‌گذاری، قوانین مالیاتی و.. از جمله قوانین مشوق مالی هستند که به منظوری سرمایه‌گذاری بیشتر در این بخش توصیه و اجرا شده‌اند و هم‌اکنون نیز ادامه دارند [282].

• مناقصه/مزایده معکوس :

در این روش دولت برای ساخت نیروگاه تجدیدپذیر مناقصه برگزار می‌کند و بخش خصوصی بر اساس محاسبات خود پیشنهاد کمترین میزان قیمت فروش برق تولیدی خود را می‌دهد. هدف نهایی احداث نیروگاه تجدیدپذیر با کمترین قیمت برق تولیدی است [288].

• اعطای بودجه‌های تحقیقاتی :

دولت همواره مراکز تحقیقاتی مرتبط را حمایت می‌کند و بودجه‌های تحقیقاتی را به منظور توسعه و بهبود حوزه‌های بازده انرژی و بهینه‌سازی مصرف اختصاص می‌دهد.

• مشوق‌های مصرف‌کننده‌های خانگی :

به منظور تشویق مصرف‌کننده‌های خانگی سیاست‌های متنوعی در این بخش اجرا می‌شود. سیاست‌هایی از قبیل نصب رایگان سیستم‌های فتوولتائیک خانگی و برداشت ماهیانه هزینه از قبوض برق، خرید مازاد برق از شبکه خانگی، سیاست‌های مالیاتی و

• هدف گذاری‌های اجباری انرژی‌های تجدیدپذیر :

در آوریل ۲۰۰۰، قانون انرژی‌های تجدیدپذیر به اجرا درآمد که هدف ۱۰٪ را برای سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد برق آلمان تا ۲۰۱۰ تعیین نموده است. این قانون همچنین شامل قانون تعرفه‌گذاری است تا برق تجدیدپذیر را برای هر نوع تکنولوژی متناسب با هزینه‌های آن نسبت به برق‌های فسیلی جذاب کند. EEG تعرفه‌ای را تعیین می‌کند که هر دو سال یک بار توسط وزارتخانه‌های اقتصاد، محیط‌زیست و کشاورزی مبتنی بر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و توسعه‌های بازار، بازبینی می‌شود. در این بازبینی‌ها هدف‌گذاری‌ها نیز تغییر می‌کند [282].

• بازارهای برق سبز :

با قبول این فرض که محیط‌زیست برای مردم همانند کالایی لوکس است، سیاست استفاده اختیاری از برق تجدیدپذیر و پرداخت هزینه بالای آن در کشوری مثل آلمان که از نظر شاخص توسعه یافتگی در موقعیت بالایی قرار دارد می‌تواند اثربخش باشد. در این روش برق مصرفی در منازل با ۲ محاسبه‌گر اندازه‌گیری می‌شود. یکی از این محاسبه‌گرها در مسیر برق تجدیدپذیر قرار گرفته و افراد می‌توانند به صورت دلخواه و برای حمایت از محیط زیست از آن استفاده کنند. لازم به ذکر است برق مصرف شده از این محاسبه‌گرها در هدف‌گذاری‌ها لحاظ نمی‌شود. به عنوان مثال اگر هدف دولت استفاده‌ی ۱۰٪ از برق تجدیدپذیر باشد و ۳٪ از برق این محاسبه‌گرها استفاده شود، دولت موظف به برقراری استفاده ۱۳٪ می‌باشد.

• بیمه سرمایه:

در مواردی که سرمایه‌گذاری با ریسک بالایی همراه است، سرمایه‌ی بخش خصوصی بیمه می‌شود و در مواردی که سرمایه‌گذاری با شکست روبرو شود تا ۸۰٪ سرمایه به سرمایه‌گذار بازپرداخت می‌گردد [282].

• یارانه کاهش CO₂:

دولت ابزارهای متفاوتی برای تشویق سرمایه‌گذارانی که به کاهش CO₂ کمک می‌کنند در نظر گرفته است. یکی از این قوانین برگه‌های سبز کاهش CO₂ می‌باشد. برخی از تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای موظف هستند بسته به انتشار میزان آلاینده‌های موجود در هوا مقداری از این اوراق (Green certificate) را خریداری کنند. دولت این اوراق را در اختیار تولیدکنندگان پاک قرار می‌دهد و به این ترتیب بازار را تنظیم می‌کند. قیمت این اوراق توسط خود بازار و بر اساس عرضه و تقاضا تعیین می‌گردد و به تنظیم بازار کمک می‌کند. روش‌های دیگری از قبیل اختصاص یارانه و یا قوانین مالیاتی نیز در این زمینه اجرا می‌شود [288].

• ساده‌سازی امور اداری و مجوزها:

قوانین متعدد و متنوعی در شهرهای مختلف آلمان تدوین شده است تا کار دریافت مجوز و راه اندازی نیروگاه‌ها را برای بخش خصوصی راحت‌تر گرداند و فرآیند اخذ مجوز را بسیار کوتاه و کم هزینه کند. در برخی موارد مانند نیروگاه‌های خورشیدی و به طور کلی نیروگاه‌ها و سیستم‌های کوچک خانگی و غیرخانگی تقریباً نیاز به دریافت مجوز خاصی نیست و مسیر بسیار هموار است [282].

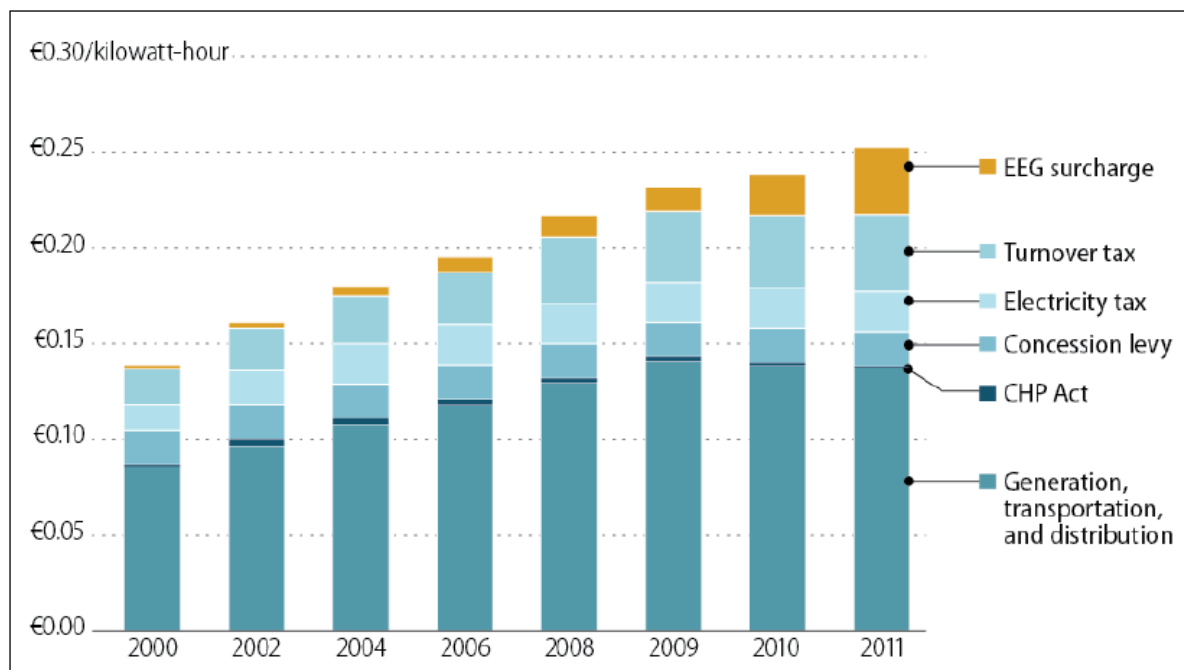
• استانداردهای سازی:

تدوین استانداردهای ملی ساخت و راه اندازی به منظور یکپارچه‌سازی و قابلیت نظارت بر تولید و استفاده بهتر از انرژی‌های تجدیدپذیر در مسیر تولید برق و یا حوزه‌های دیگر.

۲,۳,۴,۵ قانون منابع انرژی تجدیدپذیر (EEG) [298]:

مرجعی قانونی برای گسترش انرژی‌های نو در آلمان وجود دارد که اساس نظام انرژی تجدیدپذیر کشور است، نام این قوانین، مجموعه قوانین منابع تجدیدپذیر است (EEG). این قوانین اولین بار در سال ۲۰۰۱ تصویب شد و در سال ۲۰۰۹ در آن بازنگری شد. بازنگری بعدی در پایان سال ۲۰۱۱ بر این قانون اعمال شد. به دلیل تغییرات قیمت فتوولتائیک که در این قوانین دیده نشده بود، بخش‌های مربوط به فتوولتائیک دو بار در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ نیز بازنگری شد. مسئولیت اجرای و نظارت بر EEG به عهده‌ی وزارت محیط‌زیست (BMUB) می‌باشد. این قوانین توسط مجلس آلمان نوشته شد و به عهده‌ی این وزارت خانه گذاشته شده است. وزارت اقتصاد آلمان نیز در بازنگری‌ها و تغییرات این قانون نقش کلیدی دارد [282].

در این مجموعه قانون، قوانین مالی حمایتی دیده شد که از مهمترین آنها اعمال تعرفه (Feed in tariffs) می‌باشد. این تعرفه به طور مستقیم به تولیدکننده برق تجدیدپذیر پرداخت می‌شود. در خطوطی از شبکه که به صورت خصوصی اداره می‌شوند، صاحبان خطوط شبکه هزینه تعرفه‌ها را به تولیدکنندگان پرداخت می‌کنند و از مصرف‌کنندگان کسر می‌کنند. در کشور آلمان این هزینه‌ها از مصرف‌کنندگان دریافت می‌شود و بر روی تمام مصرف‌کنندگان برق سرشکن می‌شود. میزان پرداخت هر مصرف‌کننده یکسان نمی‌باشد و حتی گاهی برخی از کمپانی‌ها از پرداخت این میزان اضافی معاف می‌شوند [292]. به این ترتیب این تعرفه‌ها باری بر بودجه‌ی کشور تحمیل نمی‌کند. این مقدار اضافی باعث می‌شود تا هر ساله قبض‌های برق، مقداری با افزایش قیمت روبرو باشد.



شکل ۵۲: نرخ افزایش قیمت قبوض برق بخش خانگی [293]

این مقدار هزینه سربار بر قبض‌ها در سال ۲۰۱۲ به ۳/۶ یورو سنت در هر کیلووات افزایش یافت و در سال ۲۰۱۳ به ۵ تا ۶ یوروسنت در هر کیلووات رسید. یکی از دغدغه‌های اصلی حال حاضر بخش انرژی آلمان افزایش سالیانه هزینه‌ی برق ناشی از همین هزینه‌ی اضافی EEG می‌باشد [289].

نرخ تعرفه‌ها با توجه به هزینه تولید برای هر تکنولوژی متفاوت می‌باشد و جداگانه محاسبه می‌شود. این مقادیر - به جز برای انرژی خورشیدی - به طور سالانه با درصد خاص کاهش می‌یابد. برای انرژی خورشیدی این مکانیزم بسیار دینامیک است تا بتواند بازار این فناوری را کنترل کند. مقادیر FIT در این بخش به گونه‌ای تغییر می‌کند تا بتواند مطابق با برنامه چشم‌انداز ۲۰۲۰ (که در حدود ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ مگاوات است) پیش برود.

البته با توجه به فضای اقتصادی آلمان و سیاست‌های کلی دولت، سیاست کلی سال‌های اخیر آلمان حرکت از سوی مکانیزم FIT به سمت مکانیزم‌های مستقل‌تری مانند market premium بوده است. دلیل اصلی این تغییر ایجاد همزمان سود کافی برای سرمایه‌گذاران و درعین حال جلوگیری از سرازیر شدن بیش از ظرفیت سرمایه‌گذاران به این بخش می‌باشد.

Roof installations	
Power share	EEG 2009 compensation ct/kWh
up to 30 kW	43.0 ¹⁾
30 kW to 100 kW	40.91
100 kW to 1 000 kW	39.58
1 000 kW	33.00
1) For own use of electricity produced, compensation of 25.01 ct/ kWh	
Open space installations	
Regardless of power share	EEG 2009 compensation ct/kWh
	31.94
Scale for solar radiation energy EEG 2009 ²⁾	
Roof installation	
On base compensation and bonuses	
Installations up to 100 kW	2010: 8.0%
	From 2011: 9.0%
Installations over 100 kW	2010: 10.0%
	from 2011: 9.0%
Open space installations	
On base compensation and bonuses	
	2010: 10.0%
	from 2011: 9.0%
2) The degression rates	
a) Increase by 1.0 percentage points for the following calendar year, if at the Federal Grid Agency reported performance is	
(1) in 2009: 1500 megawatts	
(2) in 2010: 1700 megawatts	
(3) in 2011: Exceeds 1900 megawatts	
b) Decrease by 1.0 percentage points for the following calendar year, if at the Federal Grid Agency reported performance is	
(1) in 2009: 1000 megawatts	
(2) in 2010: 1100 MW	
(3) in 2011: 1200 megawatts below	

جدول ۴۶: جدول یارانه انرژی خورشیدی بر اساس EEG

از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۱ که دو بازنگری برای این قانون انجام شد برخی از اعداد فوق با توجه به تغییرات و تنظیمات بازار از ۱۰٪ تا ۲۰٪ درصد کاهش یافتند. این تغییرات در اثر بازنگری‌های سالانه انجام می‌شود و هدف آن نگه داشتن یارانه پرداختی در حدی است که علاوه بر نگه داشتن توان رقابت برای سیستم فوتوولتائیک، کمترین میزان دخالت در بازار را ایجاد کند. این قراردادها به صورت بلند مدت و ۲۰ ساله اجرا می‌شوند. در جدول بعدی میزان FIT برای انرژی خورشیدی در سال ۲۰۱۲ آورده شده است. همانطور که مشخص است نسبت به سال قبل با کاهش روبرو شده است.

(Tariff Values as of January 2012)

	€/cent/kWh
Free Standing Installations	
Not buildings	17.94
Sealed or converted land	18.76
Installations in, attached to, or on top of buildings	
Up to 30 kW	24.43
30 kW to 100 kW	23.23
100 kW to 1 MW	21.98
Over 1 MW	18.33

جدول ۴۷: FIT برای انرژی خورشیدی در سال ۲۰۱۲ [298]

این مقادیر در سال ۲۰۱۲ دوباره نیز کاهش یافتند و در سال ۲۰۱۳ در بین ۱۰ تا ۱۶ یورو سنت برای هر کیلووات ساعت محاسبه می‌شدند.

در کنار این تغییرات، در سال ۲۰۱۲، EEG یک محدودیت برای ارائه تعرفه گذاشت. طبق این قانون، FIT فقط تا زمانی ارائه می‌شود که ظرفیت نصب شده انرژی خورشیدی زیر ۵۲ GW باشد. این قوانین به منظور وارد کردن هرچه بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر در بازار آزاد انرژی می‌باشند. البته این تغییرات سالانه باعث می‌شود تا بسیاری از سرمایه‌گذاران نتوانند به طور دقیق محاسبات سود و ارزش سرمایه‌گذاری در این زمینه را در دسترس داشته باشند. به همین دلیل انتظار می‌رود میزان ظرفیت سالانه نصب شده در سال‌های اخیر کمتر از سال ۲۰۱۲ باشد که برابر با ۷۰۰۰ MW بود. درحقیقت این قوانین به منظور کنترل و کاهش این رشد ناگهانی و خارج از برنامه‌ی افزایش ظرفیت فتوولتائیک بوده است.

۴,۴,۵ چشم انداز و برنامه اجرایی برای سال ۲۰۲۰

آلمان همانند بسیاری از کشورهای اروپایی، و در راستای اقدامات اتحادیه اروپا، برای سال ۲۰۲۰ یک برنامه‌ی اجرایی به منظور افزایش و گسترش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر تدوین کرده است. در این میان توجه ویژه‌ای به بخش انرژی خورشیدی شده است و طبق این برنامه انرژی خورشیدی در میان انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ جزو ۳ منبع برتر انرژی خواهد بود.

نقشه راه ملی انرژی‌های نو آلمان برای هدف نهایی سال ۲۰۲۰ در سال ۲۰۱۰ تدوین شد. در سال ۲۰۰۹ مسئولیت اصلی تدوین این نقشه راه، توسط وزارت محیط‌زیست، محافظت از طبیعت و امنیت هسته‌ای بر عهده فدراسیون شهرداری‌های آلمان^{۲۲۵} و انجمن شهر و روستای آلمان^{۲۲۶} گذاشته شد. در ادامه سولاتی تدوین شد و به بنگاه‌ها و بازیگران مرتبط در این حوزه فرستاده شد. پس از تدوین نسخه اولیه این نقشه راه، نسخه اولیه برای سهامداران و بازیگران مرتبط فرستاده شد و تا اوایل سال ۲۰۱۰ نظرات آنها جمع‌آوری شد و تغییرات لازم اعمال گردید. در ادامه نیز در طی نشست و جلساتی با مجامع دولتی، عمومی و خصوصی، نقشه راه ارائه گردید و نظرات مختلفی در مورد آن گرفته شد و بازبینی‌های لازم انجام شد.

این نقشه راه ۲ سناریو را مبنای کار خود قرار داده است. در سناریوی اول (reference scenario (REF)) محاسبات برای تمام سال‌های آتی بر مبنای بازده انرژی و صرفه‌جویی در مصرف به منوال سال ۲۰۰۹ انجام گردیده است و به عبارتی سناریو در شرایط پایه و یا بدبینانه ملاحظه شده است. در سناریوی دوم (scenario with additional energy efficiency) (EFF) (measures) بازدهی و energy saving به صورت متغیر لحاظ شده است و پیشرفت‌های فناورانه در آن مد نظر قرار گرفته است. با توجه به عوامل متعدد اثر گذار بر نگرش یک پیش‌بینی، این سناریوها از عدم قطعیت‌هایی برخوردار هستند و به همین دلیل به صورت متناوب مورد بازبینی و اصلاح قرار می‌گیرند.

روش محاسبه سناریوها بر اساس تولید ناخالص ملی، بهره‌وری انرژی^{۲۲۷} و نسبت تولید ناخالص (GDP^{۲۲۸}) به انرژی مصرفی اولیه (PCE^{۲۲۹}) می‌باشد.

جدول بعدی میزان مصرف نهایی انرژی (GFCE^{۲۳۰}) در حوزه‌های مختلف مصرف (برق، حمل و نقل، سرمایش و گرمایش) را برای هر کدام از دو سناریوی مورد بررسی نمایش می‌دهد. GFCE برای سناریوی REF از مقدار ۲۲۳۷۶۷ Ktoe در سال ۲۰۱۰ به میزان ۲۱۱۵۹۹ Ktoe در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید. برای سناریوی EFF این مقدار در سال ۲۰۲۰ کمتر و به میزان ۱۹۷۱۷۸ Ktoe خواهد بود [282].

²²⁵ German Federation of Municipal Authorities

²²⁶ German Association of Cities and Towns

²²⁷ Energy Productivity

²²⁸ Gross domestic product

²²⁹ Personal Consumption Expenditures

²³⁰ Government Final Consumption Expenditure

	2005	2010		2011		2012		2013		2014	
	Base year ⁸	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures
1. Heating and cooling (1)	116 842	111 661	111 597	111 063	110 681	110 132	109 081	108 794	107 361	107 528	105 498
2. Electricity [2]	51 813	51 073	51 925	52 063	51 830	52 232	51 615	52 331	51 352	52 454	51 089
3. Transport within the meaning of Article 3 (4) (a) (3)	53 602	52 427	52 355	52 331	52 188	52 268	52 021	52 232	51 806	52 221	51 575
4. Gross final consumption of energy (4)	229 092	223 767	223 584	223 249	222 461	222 485	220 479	221 243	218 234	220 120	215 869

	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures
1. Heating and cooling - (1)	106 215	103 588	105 164	101 581	103 420	99 551	101 748	97 449	100 172	95 276	98 766	93 139
2. Electricity - (2)	52 554	50 588	52 689	50 229	52 728	49 799	52 767	49 346	52 733	48 844	52 627	48 317
3. Transport within the meaning of Article 3(4)a - (3)	52 187	51 279	52 150	50 655	52 112	50 034	52 073	49 414	52 035	48 857	51 996	48 302
4. Gross final consumption of energy- (4)	218 926	213 122	218 019	210 089	216 347	206 984	214 723	203 780	213 122	200 463	211 599	197 178

جدول ۴۸: GFCE برای هر سناریو از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ [282]

همانطور که گفته شد در چشم انداز سال ۲۰۲۰ مقرر شده است که سهم انرژی تجدیدپذیر به ۱۸٪ انرژی تولیدی در آلمان برسد که در این میان سهم انرژی تجدیدپذیر در حوزه‌ی الکتریسیته ۳۸/۶٪ می‌باشد. آلمان در نظر دارد این مقدار را برای سال ۲۰۵۰ تا ۸۰٪ افزایش دهد.

در همین مسیر و با توجه به اهداف کلی تعیین شده، در هر ناحیه، اهداف جزئی نیز در حوزه‌های مختلف مصرف و تولید و با توجه به نیازها، منابع و پتانسیل‌های موجود در آن منطقه تعریف شده است.

	2005 ¹⁵	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Renewable sources of energy – heating + cooling (1) (%)	6.8	9.0	9.4	10.0	10.5	11.1	11.7	12.4	13.1	13.9	14.7	15.5
Renewable energy sources – electricity (2) (%)	10.2	17.4	19.3	20.9	22.7	24.7	26.8	28.8	31.0	33.3	35.9	38.6
Renewable energy sources – transport (3) (%)	3.9	7.3	7.5	7.6	7.0	7.0	7.0	7.1	9.3	9.4	9.7	13.2
Renewable energy sources, total (4) (%)	6.5	10.1	10.8	11.4	12.0	12.8	13.5	14.4	15.7	16.7	17.7	19.6
Of which through cooperation mechanism (5) (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Surplus for cooperation mechanism (5) (%)	0.0	0.0	2.6	3.2	2.5	3.3	2.2	3.1	2.0	2.9	0.0	1.6

جدول ۴۹: نسبت سهم توسعه بخش‌های مختلف انرژی از انرژی تجدیدپذیر [282]

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A Expected gross final consumption of energy from renewable sources for heating and cooling	7706	10031	10457	10884	11309	11736	12163	12617	13071	13524	13978	14431
B Expected gross final consumption of electricity from renewable energy sources	5301	9026	9985	10770	11637	12506	13553	14487	15445	16431	17542	18653
C Expected final consumption of energy from renewable sources in transport (1)	2087	3749	3837	3850	3513	3532	3479	3484	4495	4510	4546	6140
D Expected total consumption of energy from renewable sources	14926	22588	24033	25233	26152	27526	28822	30172	32549	33952	35490	38557
E expected transfer of energy from renewable sources to other Member States ¹⁷	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F Expected transfer of energy from renewable sources from other Member States and third countries	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول ۵۰: سهم توسعه بخش‌های مختلف انرژی از انرژی تجدیدپذیر [282]

میزان مصرف انرژی سال‌های آتی و همین‌طور پیش‌بینی میزان تولید ناخالص ملی سالیانه با استفاده از مطالعات اقتصادی ملی مربوط به سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۹ بدست آمده و در سناریوها منظور گردیده است. در حقیقت پیش‌بینی میزان مصرف انرژی نهایی (FCE) بر اساس میزان تولید ناخالص ملی (GDP) و میزان مصرف اولیه انرژی (PCE) انجام شده است. بنابراین برای سناریوی دوم که بر مبنای بهبود بازده و صرفه‌جویی در انرژی می‌باشد، مصرف در سال‌های آتی کمتر پیش‌بینی شده است.

	Scenario	Unit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GDP	REF & EFF	billion euro ₂₀₀₀	2274	2160	2187	2215	2243	2271	2299	2327	2349	2371	2393	2415	2437
PCE	REF	Mtoe	339.2	317.2	323.7	322.7	321.3	319.3	317.5	315.5	312.5	308.5	304.5	300.7	296.9
	EFF	Mtoe	339.2	317.2	323.4	321.5	318.4	315.0	311.3	307.1	301.2	295.1	289.0	282.8	276.7
FCE	REF	Mtoe	218.0	203.6	215.8	215.3	214.5	213.3	212.3	211.1	210.2	208.6	207.1	205.5	204.0
	EFF	Mtoe	218.0	203.6	215.6	214.5	212.6	210.4	208.2	205.5	202.6	199.6	196.5	193.3	190.1
GFCE	REF	Mtoe	226.0	210.1	223.8	223.2	222.5	221.2	220.1	218.9	218.0	216.3	214.7	213.1	211.6
	EFF	Mtoe	226.0	210.1	223.6	222.5	220.5	218.2	215.9	213.1	210.1	207.0	203.8	200.5	197.2
PCE/FCE	REF & EFF	-			1.500	1.499	1.498	1.497	1.496	1.494	1.487	1.479	1.471	1.463	1.455
GFCE/FCE	REF & EFF	-			1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037	1.037

جدول ۵۱: روند تغییرات GDP، PCE و FCE برای دو سناریو [284]

میزان مصرف نهایی انرژی (FCE) بر اساس اصلاحات مربوط اتلاف‌های بخش‌های مختلف و بر اساس مطالعات AGE²³¹ در سال ۲۰۰۹، برای استفاده در محاسبات، به میزان ناخالص مصرف نهایی انرژی تصحیح گردیده است.

²³¹ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Working Group Energy Balances – AGE)

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Average 2000-2007
Final consumption of energy (FCE)	PJ/a	9235	9455	9226	9356	9295	9242	9296	8815	
Flaring and transmission losses electricity	PJ/a	85	118	93	100	103	106	104	106	
Flaring and transmission losses heating	PJ/a	41	40	39	33	38	39	39	36	
Production-related (own) consumption electricity - power and heating plants	PJ/a	195	195	188	195	194	200	200	193	
Production-related (own) consumption heat - power and heating plants	PJ/a	8	8	7	5	5	5	5	5	
Gross final consumption of energy (GFCE)	PJ/a	9563	9816	9553	9689	9635	9592	9644	9155	
GFCE/FCE	-	1.036	1.038	1.035	1.036	1.037	1.038	1.037	1.039	1.037

جدول ۵۲: مصرف ناخالص نهایی انرژی [294]

با توجه به ضریب متوسط نسبت مصرف ناخالص نهایی انرژی به مصرف نهایی انرژی که بر اساس اثر دادن اتلاف‌های انرژی در مسیر بدست می‌آید می‌توان برای سال‌های آتی نیز پیش‌بینی مناسبی برای میزان مصرف ناخالص نهایی انرژی (GFCE) بدست آور که از این رابطه بدست می‌آید [282]:

$$GFCE = f * FCE \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$f = 1.037 \pm 0.001 \quad \text{رابطه ۲:}$$

با توجه به این محاسبات می‌توان تخمین نسبتاً مناسبی از میزان و الگوی مصرف انرژی در سال‌های آتی داشت. نقشه راه انرژی تجدیدپذیر آلمان برای سال ۲۰۲۰ نیز بر همین اساس تدوین شده است و سیاست‌های مربوط به این هدف، همانطور که در بخش‌های قبل توضیح داده شد در حال اجرا می‌باشند. با توجه به تقریبی بودن این پیش‌بینی‌ها وضعیت مصرف و بازار انرژی خورشیدی هرماه بررسی می‌گردد و سیاست و نرخ یارانه‌ها و تعرفه‌ها با توجه به هدف نهایی نقشه راه و به منظور تنظیم بازار، به طور مطلوب تغییر داده می‌شوند. در حال حاضر و با توجه به رشد ناگهانی ظرفیت نصب شده فتوولتائیک در سال ۲۰۱۲ حتی به میزانی بیش از آنچه که در چشم انداز تعیین شده بود، بیشتر یارانه و تعرفه‌های حمایتی و قوانین تشویقی در حال کاهش و محدود شدن می‌باشند.

۶. مطالعه تطبیقی کشور ترکیه (بررسی روند توسعه فناوری فتوولتائیک (PV))

مقدمه:

با افزایش جمعیت و پیشرفت اقتصادی کشورهای در حال توسعه انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ تقاضای انرژی به بیش از دو برابر یا حتی سه برابر افزایش پیدا کند. انرژی برای توسعه اجتماع و اقتصاد ضروری می‌باشد، درحالی‌که محدودیت‌هایی نیز بر میزان توسعه‌ی آنها نیز اعمال می‌کند. وابستگی جهان به انرژی فسیلی از تقریباً ۲۰۰ سال پیش شروع شد. عواملی همچون افزایش شدید قیمت نفت در سال‌های اخیر، نگرانی‌ها در مورد امنیت انرژی، افزایش نگرانی درباره‌ی گرمایش جهانی باعث افزایش علاقه‌مندی به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. در دو دهه اخیر تحقیقات و توسعه‌هایی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر انجام پذیرفت. سیستم‌های تبدیل انرژی که براساس انرژی‌های تجدیدپذیر کار می‌کرد نسبت به قیمت در حال افزایش نفت به صرفه شدند، علاوه بر آن سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، اثرات مفیدی بر روی محیط‌زیست و اقتصاد و مسائل سیاسی جهان دارد.

منابع انرژی جایگزین سوخت‌های فسیلی بسیار زیادی وجود دارد. تصمیم برای اینکه کدام نوع از منبع انرژی باید در هر مورد استفاده شود باید براساس جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیست و نگاه‌های امنیتی گرفته شود. به علت جنبه‌های امنیتی و محیط‌زیستی جذاب، بسیاری معتقدند که باید از انرژی خورشیدی به عنوان جایگزین سوخت‌ها فسیلی استفاده کرد. انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژی می‌باشد که به سرعت در تمام جهان در حال رشد می‌باشد. بسیاری از کشورها که جنبه‌های محیط‌زیستی تولید الکتریسیته از سوخت‌های فسیلی مهم می‌باشد، در حال روی آوردن به استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان منبع جایگزین تولید الکتریسیته می‌باشند.

۱.۶ معرفی کشور ترکیه

جمهوری ترکیه (جمعیت: ۷۶۶۶۷۸۶۴، مساحت: ۷۸۳۵۶۲ کیلومتر مربع)، پلی طبیعی میان اروپا و آسیا می‌باشد. با توجه به مساحت و موقعیت جغرافیایی، آب و هوای آن در مناطق مختلف کشور متفاوت می‌باشد. ترکیه جمعیتی به نسبت جوان دارد که نسبت به سال ۲۰۰۰، ۱۰٪ رشد کرده است. آنکارا با جمعیت ۴/۳ میلیون نفر، پایتخت این کشور و دومین شهر بزرگ کشور می‌باشد. استانبول با جمعیت ۱۴/۱ میلیون نفری یکی از بزرگترین شهر این کشور و یکی از بزرگترین شهرهای اروپا می‌باشد.

ترکیه از جمله کشورهای است که اقتصاد آن در دهه اخیر سرعت رشد کرده و بیشترین نرخ افزایش تولید ناخالص ملی را در میان کشورهای توسعه و همکاری (OECD²³²) دارا می‌باشد. اقتصاد ترکیه رتبه ۱۷ را در جهان به خود اختصاص داده است. از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۷ اقتصاد آن با سرعت ۴/۹٪ در سال رشد داشته، اما در نتیجه بحران اقتصادی در سال ۲۰۰۸ سرعت رشد اقتصادی این کشور به ۰/۷٪ در سال تقلیل یافت. سپس در سال ۲۰۰۹ به ۴/۷٪ در سال و سپس به ۹/۲٪ در سال ۲۰۱۰ و ۸/۵٪ در سال ۲۰۱۱ رسید. نرخ بیکاری ترکیه در سال ۲۰۱۳، ۸/۵٪ بود. ساخت و ساز، صنعت نساجی، تولید خودرو و تولید مواد غذایی از صنایع عمده ترکیه محسوب می‌شوند که ۲۶٪ از تولید ناخالص را به خود اختصاص داده‌اند. جمهوری ترکیه بعد از فروپاشی امپراطوری عثمانی در سال ۱۹۲۳ تأسیس شد. مجلس ترکیه دارای ۵۵۰ عضو می‌باشد که با رای مستقیم برای ۴ سال انتخاب می‌شوند. دولت کنونی توسط حزب حاکم عدالت و توسعه (AKP²³³) با نخست‌وزیری رجب طیب اردوغان تشکیل شده است. رئیس‌جمهور کنونی ترکیه عبدالله گل می‌باشد. ترکیه از ۱۹۹۹ به طور رسمی به عنوان کاندید عضویت در اتحادیه شناخته شد. مذاکرات برای الحاق ترکیه از ۳ اکتبر ۲۰۰۵ آغاز شد و به نظر می‌رسد روند عضویت کامل ترکیه، یک دوره ۱۰ ساله باشد [302].

۲.۶ نگاهی اجمالی به بخش انرژی در ترکیه

بازار انرژی ترکیه به عنوان یک پل ارتباطی برای انرژی در منطقه و همچنین یک بازار در حال رشد، هر روز نقش پررنگ‌تری به خود گرفته و پر اهمیت‌تر می‌شود. تقاضای انرژی ترکیه در سال‌های اخیر به سرعت افزایش یافته و انتظار می‌رود این تقاضا در آینده بیشتر نیز بشود.

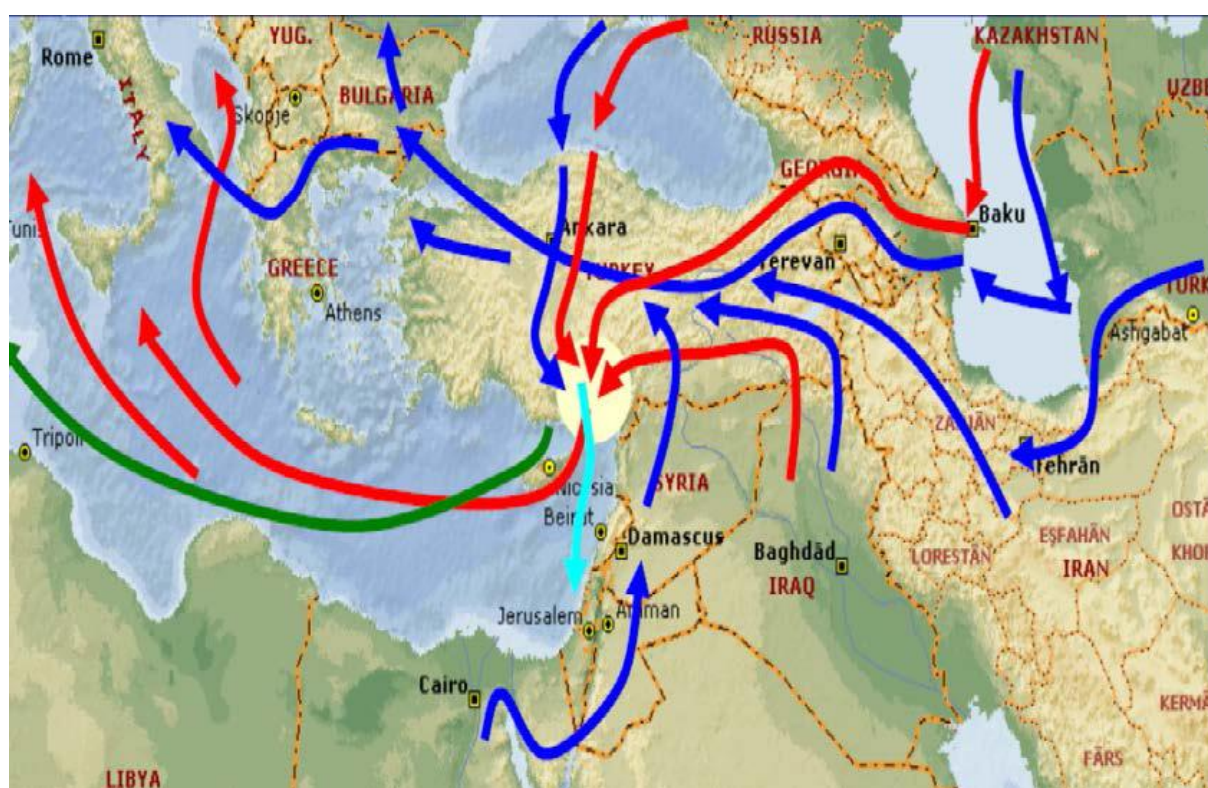
در دو سال اخیر، ترکیه بیشترین میزان تقاضا را در میان کشورهای همکاری و توسعه داشته است و برخلاف تعدادی از کشورهای توسعه و همکاری در اروپا، اقتصاد این کشور دچار رکود نشده است. اگرچه سرعت استفاده از انرژی در ترکیه بسیار بالاست اما میزان مصرف انرژی هنوز نسبتاً کم می‌باشد. طبق برآورد آژانس بین‌المللی انرژی، انتظار می‌رود میزان مصرف انرژی در دهه پیش رو به دو برابر افزایش پیدا کند، پیش‌بینی می‌شود سرعت افزایش تقاضا برای برق حتی از این هم بیشتر

²³² Organisation for Economic Co-operation and Development

²³³ Justice and Development Party (Turkish: Adalet ve Kalkınma Partisi)

باشد. با توجه به این میزان تقاضا به سرمایه‌گذاری عظیمی در بخش انرژی نیاز می‌باشد که بخش بیشتر این سرمایه‌گذاری توسط بخش‌های خصوصی صورت خواهد گرفت.

علاوه بر اینکه ترکیه بازار بزرگی برای انرژی محسوب می‌شد، نقش ترکیه در انتقال انرژی نیز بسیار پر رنگ می‌باشد. این کشور نقش کلیدی در انتقال نفت و گاز طبیعی از روسیه، دریای خزر، و خاورمیانه به اروپا ایفا می‌کند. این کشور یک نقطه‌ی ترانزیتی بزرگ برای انتقال نفت از طریق دریا و همچنین انتقال نفت و گاز از طریق لوله به شمار می‌رود [303].



شکل ۵۳: طرح انتقال سوخت از طریق ترکیه [303]

توان ناخالص خورشیدی معادل ۸۸ میلیون تن نفت در سال برآورد می‌شود که از این میان می‌توان از ۴۰٪ آن به نحو اقتصادی استفاده کرد. ۷۵٪ از این مقدار استفاده صنعتی، می‌تواند به نحو مؤثر استفاده شود [303].

۱,۲,۶ پراکندگی کلی منابع انرژی

ترکیه با داشتن پتانسیل قابل توجه منابع تجدیدپذیر، رتبه هفتم در دنیا و اول در اروپا را در استفاده از انرژی زمین‌گرمایی را به خود اختصاص داده است. این کشور در نظر دارد که میزان استفاده خود را از منابع انرژی آبی، باد و خورشیدی افزایش دهد. باید

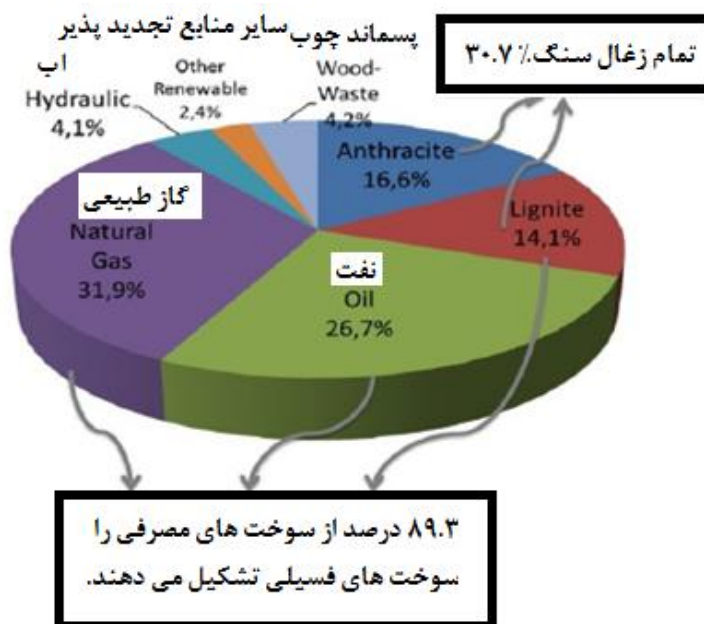
در نظر داشت که این کشور پتانسیل آن را دارد که تا سال ۲۰۲۳، ۳۰٪ از برق مایحتاج خود را از منابع تجدیدپذیر تولید کند. از لحاظ جغرافیایی ترکیه در نزدیکی تقریباً بیش از ۷۰٪ منابع نفت و گاز قرار گرفته است. تولید برق سالیانه ترکیه نزدیک به ۱۷۹/۵ میلیارد کیلووات می‌باشد. انرژی‌های تجدیدپذیر و پروژه‌های افزایش بهره‌وری انرژی در ترکیه تولید سالانه ۲ میلیون تن دی‌اکسیدکربن را کاهش داده است.

۲,۲,۶ تولیدات و نیازمندی‌ها

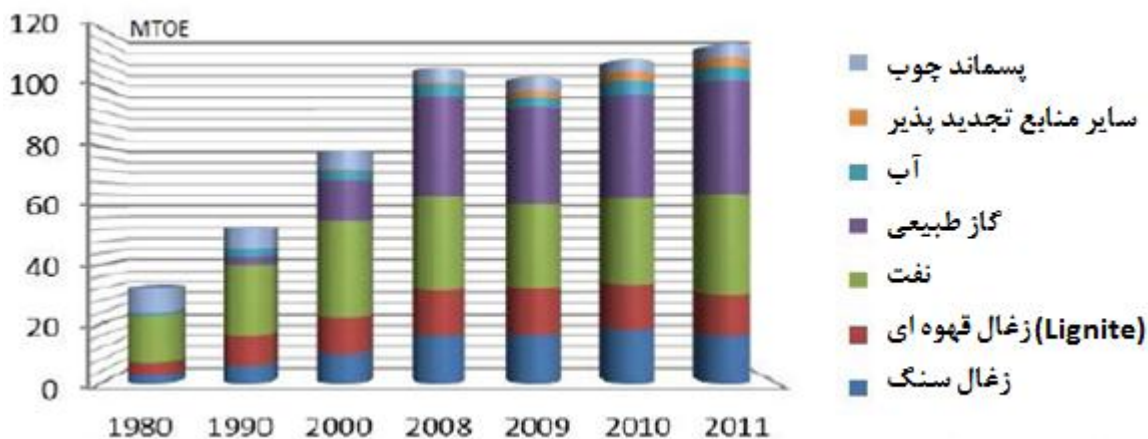
میزان کل انرژی تولیدی ترکیه در سال ۲۰۰۸ معادل با ۹۹ میلیون تن نفت بود. از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۸ میزان تولید انرژی براساس پیش‌بینی افزایش میزان تقاضا تا قبل از سال ۲۰۰۸ طبق برنامه‌ریزی دولت افزایش یافت و انتظار می‌رود از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۲۰، به مقدار ۱۲۰٪ افزایش یابد. برای تولید این مقدار انرژی استفاده تمام منابع انرژی‌ها بطور چشم‌گیری افزایش خواهد داشت اما بیشترین افزایش مربوط به زغال‌سنگ و سپس نفت و گاز خواهد بود البته در آینده انرژی هسته‌ای نیز به آن‌ها اضافه خواهد شد.

۳,۲,۶ تقاضا

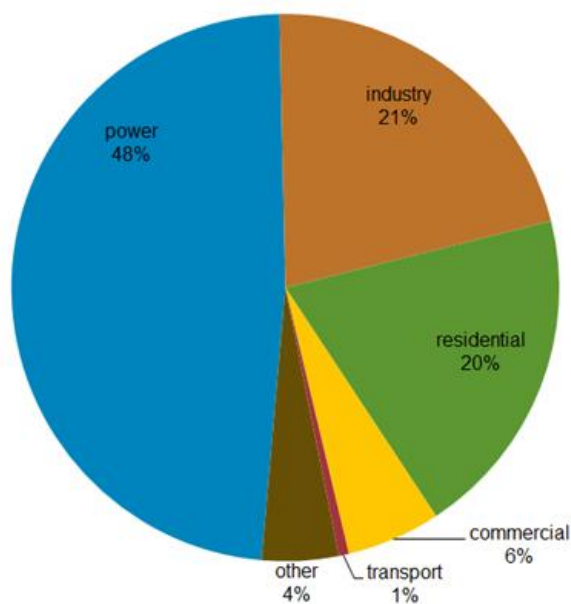
بخش صنعتی و مسکونی هر کدام با مصرف تقریباً ۱/۳ انرژی، بیشترین مصرف‌کننده‌های انرژی محسوب می‌شوند. سهم بخش حمل و نقل ۲۰٪ و سهم باقی قسمت‌ها (سرویس‌ها و بخش‌های اصلی) تقریباً ۱۷٪ از انرژی کل را مصرف می‌کند.



شکل ۵۴: منابع اصلی انرژی ترکیه [303]



شکل ۵۵: میزان افزایش استفاده منابع اصلی انرژی [303]



شکل ۵۶: سهم هر بخش از انرژی گاز [303]

۴,۲,۶ بهینه سازی انرژی ۲۳۴

استفاده بهینه از انرژی، که گاهی به آن بهینه‌سازی انرژی اطلاق می‌شود، به مجموعه تلاش‌هایی که برای کاهش میزان مصرف انرژی برای تولید کالا و سرویس انجام می‌شود گفته می‌شود. بهینه‌سازی انرژی یک روش برای مدیریت و محدودسازی میزان رشد انرژی می‌باشد. به عنوان مثال ایزوله کردن خانه به ما این امکان را می‌دهد که انرژی کمتری برای گرم کردن و یا خنک‌سازی خانه برای رسیدن به دمای مطلوب مصرف کنیم. نصب لامپ‌های فلوروسنت و یا استفاده از روشنایی طبیعی آسمان به ما اجازه می‌دهد که انرژی کمتری برای رسیدن به روشنایی مشخصی نسبت به لامپ‌های رشته‌ای مصرف کنیم.

بهینه‌سازی انرژی اهمیت خود را از یک سو در امنیت تولید، پیشرفت اقتصادی و رقابت با سایر شرکت‌ها و از سوی دیگر در حفظ و نگهداری توازن میان محیط‌زیست و استفاده پایا از انرژی و سود بردن از آنها به نحو مشخصی نشان می‌دهد. بهینه‌سازی می‌تواند ابزاری قدرتمند و بسیار به صرفه به منظور رسیدن به یک انرژی پایا در آینده باشد. با بهبود و بهینه‌سازی مصرف انرژی نیاز به سرمایه‌گذاری و زیر ساخت‌ها کاهش یافته و میزان هزینه انرژی کمتر می‌شود، از طرفی باعث افزایش

سلامتی، ایجاد رقابت و بهبود شرایط مشتری می‌شود. یکی از مزایای بهینه‌سازی انرژی کاهش میزان وابستگی به کشورهای دیگر می‌باشد.

ترکیه در راستای بهینه‌سازی انرژی، تحقیقاتی انجام داده است و بیان داشته است که می‌توان در چهار زمینه میزان مصرف انرژی را بهینه تر ساخت :

- ساختمان ها
- صنعت
- حمل و نقل
- تولید و توزیع برق

طبق تحقیقات انجام شده می‌توان با بهینه‌سازی به میزان ۲۰٪ تا ۶۰٪ در مصرف سالیانه انرژی ساختمان‌ها، ۱۰٪ تا ۴۰٪ از مصرف انرژی در صنعت، ۷۰٪ در مصرف وسایل نقلیه، ۱۶٪ تا ۲۸٪ در خطوط توزیع و تولید برق صرفه‌جویی کرد.

استراتژی ترکیه برای بهینه‌سازی انرژی از سال ۲۰۲۳-۲۰۱۲:

از اهداف این استراتژی کاهش حداقل ۲۰٪ انرژی مصرفی برای تولیدات ناخالص ملی در سال ۲۰۲۳ می‌باشد. تولید ۳۶۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های برق آبی، ۲۰۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های بادی، ۳۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های خورشیدی، ۶۰۰ مگاوات زمین‌گرمایی و ۲۰۰۰ مگاوات از زیست توده تا سال ۲۰۲۳.

ترکیه قصد دارد میزان مصرف گاز طبیعی خود را تا ۳۰٪ کاهش دهد، در عوض میزان تولید انرژی تجدیدپذیر خود را تا ۳۰٪ افزایش دهد.

۳,۶ بخش‌های تاثیر گذار در بخش انرژی

۱,۳,۶ وزارت انرژی و منابع طبیعی^{۲۳۵}:

وزارت انرژی و منابع طبیعی مسئولیت تهیه و اجرای سیاست‌گذاری، طرح و برنامه برای سازمان‌های مرتبط و سایر نهاد عمومی و خصوصی را برعهده دارد. ترکیه هیچ سند استراتژی ملی انرژی خاصی ندارد اما هدف‌های سیاست‌های انرژی در طرح استراتژیک سازمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۰ وزارت نیرو و محیط‌زیست مشخص شده اند. از سیاست‌های اصلی این سازمان امنیت انرژی (تأمین همیشگی انرژی)، توسعه اقتصادی و حفظ محیط‌زیست می‌باشد [302].

۲,۳,۶ اداره کل امور انرژی^{۲۳۶}

مهمترین بخش سیاست‌گذاری درون وزارت انرژی و منابع طبیعی می‌باشد. این بخش سیاست‌های ملی انرژی را به اجرا در می‌آورد، همچنین بر روی سیاست‌های کلی انرژی، بازار انرژی، انرژی تجدید پذیر، انرژی فسیلی، بازدهی انرژی و محیط زیست مطالعه می‌کند. از سوی دیگر اداره کل امور انرژی مسئولیت هماهنگی برنامه‌های اصلاحاتی برق و گاز طبیعی را برعهده دارد و همچنین با اثرات تلاش‌های قبلی برای خصوصی سازی بخش برق سر و کار دارد [302].

۳,۳,۶ اداره کل امور نفت^{۲۳۷}

مسئولیت قانون‌گذاری بر روی فعالیت‌های اکتشافی و تولیدی در بخش نفت و گاز طبیعی را بر عهده دارد همچنین نماینده وزارت انرژی و منابع طبیعی سهامداری نفت می‌باشد [302].

۴,۳,۶ اداره بررسی و توسعه منابع برق و قدرت^{۲۳۸}

اقدامات مختلفی در راستای افزایش بازدهی انرژی و منابع انرژی طبیعی انجام می‌دهد [302].

²³⁵ The Ministry of Energy and Natural Resources (MENR)

²³⁶ The General Directorate of Energy Affairs (EIGM)

²³⁷ The General Directorate of Petroleum Affairs (PIGM)

²³⁸ The Electrical Power Resources Survey and Development Administration

۵,۳,۶ سازمان تنظیم مقررات بازار انرژی^{۲۳۹}

به عنوان یک سازمان مقرراتی مستقل برای الکتریسیته تأسیس شده است. بعد از تصویب قانون بازار نفت، قانون بازار گاز مایع طبیعی و قانون گاز طبیعی، مسئولیت‌هایی نیز در حوزه نفتی، گاز و گاز مایع طبیعی نیز بر ی این سازمان قرار گرفته است. اعضای تصمیم گیرنده نهایی این سازمان، هیئت مدیره آن می باشد که متشکل از نه عضو رئیس و معاون رئیس می باشد [302].

۶,۳,۶ سازمان رقابت^{۲۴۰}

این سازمان مجوزهای ادغام و یا خرید را صادر می کند [302].

۷,۳,۶ سازمان برنامه‌ریزی دولت^{۲۴۱}

این سازمان تحت نظر نخست وزیری می باشد. این بخش نقش مشاوره، کمک به دولت در تعیین هدف‌های اجتماعی و اقتصادی و سیاست‌های اتخاذی را بر عهده دارد. در حقیقت حوزه‌ی فعالیت اصلی این سازمان که به بخش انرژی مربوط می شود، فراهم آوری و آماده‌سازی نقشه توسعه کشور همراه با وزارت نیرو و منابع طبیعی و بخش صنعت می‌باشد. از دیگر وظایف این سازمان می‌توان به بررسی و برآورد سرمایه‌گذاری‌های عمومی، اختصاص و نظارت بر سرمایه‌گذاری‌ها اشاره داشت [302].

۸,۳,۶ سازمان انرژی اتمی ترکیه^{۲۴۲}

این سازمان قانون‌گذاری مسئولیت صدور مجوز برای فعالیت‌های انتخاب محل، ساخت و ساز، عملکرد و منهدم ساختن سازه‌های اتمی و همچنین فعالیت‌های مرتبط با مواد رادیواکتیو و هسته‌ای را بر عهده دارد. این سازمان همچنین مسئولیت توسعه و تحقیق را بر عهده دارد [302].

²³⁹ The Energy Market Regulatory Authority (EMRA)

²⁴⁰ The Competition Authority

²⁴¹ The State Planning Organization (DPT)

²⁴² The Turkish Atomic Energy Authority (TAEK)

۴,۶ قوانین حوزه‌ی انرژی در ترکیه

بیش از ۳۰ سال پیش ترکیه تصمیم بر این گرفت که اقتصاد خود را در راستای اعضای اتحادیه اروپا در آورد، این تصمیم نه تنها بر اساس برخی ملاحظات سیاسی گرفته شد بلکه برخی ملاحظات اقتصادی نیز در آن تاثیرگذار بودند. به عنوان عضوی از ناحیه اقتصادی اروپا، ترکیه از سال ۱۰ دهه ۱۹۶۰ خود را برای عضویت در اتحادیه اروپا آماده می‌کرد. البته این رشد سریع اقتصادی مشکلاتی نیز با خود به همراه داشت از قبیل منابع محدود مالی برای سرمایه‌گذاری هزینه‌های تحمیل شده بر بودجه مرکزی توسط تأسیسات شهری، برای رفع این موانع نیاز به سرمایه‌گذاری‌های جدید وجود داشت. ترکیه برای رفع این مشکلات شروع به تغییر در ساختار بازار برق و آزادسازی^{۲۴۳} کرد. به این منظور مدل‌هایی توسط BOT^{۲۴۴}، TOOR^{۲۴۵} و BOO^{۲۴۶} ارائه گردید [297]، در نهایت ترکیه که در پی عضویت دائم در اتحادیه اروپا بود اولین گام را با رقابتی ساختن بازار برق خود برداشت.

در سال ۲۰۰۱ قدم اول با تصویب قانون شماره ۴۶۲۸ (قانون بازار برق^{۲۴۷}) برداشته شد که طراحی و چارچوب قانونی آن برگرفته از اتحادیه اروپا بود. در حقیقت مدل بازار برق برگرفته از نحوه‌ی جدید تجارت برق^{۲۴۸} در انگلیس بود. این قانون بطور عمده سه مورد اساسی زیر را در نظر می‌گرفت:

- بازیگران بازار برق
- مجوزهای مورد نیاز برای حضور در این بازار
- وظیفه سازمان تنظیم بازار انرژی^{۲۴۹}

سال ۲۰۰۱ می‌توان نقطه عطفی برای ترکیه دانست، قبل از آن تمامی فعالیت‌های بازار برق توسط سازمان برق ترکیه^{۲۵۰} انجام می‌گرفت. در سال ۱۹۹۳ به منظور آماده‌سازی این سازمان برای خصوصی‌سازی دولت، آن را به دو سازمان مجزا و

²⁴³ Liberalization

²⁴⁴ Build Operate and Transfer

²⁴⁵ Transfer of Operating Rights

²⁴⁶ Build-Operate-Own law

²⁴⁷ Electricity Market Law

²⁴⁸ New Electricity Trading Arrangement (NETA)

²⁴⁹ Energy Market Regulatory Authority (EMRA)

²⁵⁰ Turkish Electricity Authority

مستقل تبدیل کرد: کمپانی تولید و انتقال برق ترکیه^{۲۵۱} و کمپانی توزیع برق ترکیه^{۲۵۲}. بعد از سال ۲۰۰۱ پیشرفت‌های بزرگی در بازار رخ داد. در زمان تصویب قانون شماره ۴۶۲۸ در سال ۲۰۰۱، هیچ‌گونه قانون مجزایی برای پیشرفت انرژی‌های تجدیدپذیر وجود نداشت.

بعد از گذشت زمان، سیاستگذاران وجود قانونی برای بهبود شرایط استفاده از انرژی‌های نو را ضروری دیدند. این اصلی‌ترین دلیل برای وضع قانون توسط شورای ملی ترکیه برای پیشرفت استفاده از منابع تجدیدپذیر بود. در حال حاضر دو قانون اصلی برای بهبود نیروگاه‌های بر پایه منابع تجدیدپذیر وجود دارد، قانون شماره ۴۶۲۸ و قانون استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید انرژی الکتریکی (قانون انرژی‌های تجدیدپذیر^{۲۵۳} شماره ۵۳۴۶). قانون شماره ۵۳۴۶ علاوه بر وضع قوانینی برای نگهداری و حفظ مناطق مربوط به منابع تجدیدپذیر، مشوق‌هایی برای اینگونه پروژه‌ها نیز در نظر می‌گرفت.

در آگوست سال ۲۰۰۶ سیستم توازن و نشست^{۲۵۴} در ترکیه شروع بکار کرد. از آن زمان تاکنون قیمت‌های موضعی الکتریسیته برای اولین بار در تاریخ ترکیه توسط مکانیزم‌های بازار تعیین می‌شوند. قبل از شروع به کار سیستم توازن و نشست میان دسامبر ۲۰۰۳ تا جولای ۲۰۰۶، دولت یک سیستم نشست پولی که تحت نظر EMRA^{۲۵۵} بود را مورد استفاده قرار می‌داد و ژنراتورهای (نیروگاه‌ها) دولتی نیز به عنوان واحدهای متعادل ساز، عرضه و تقاضا را در عرصه ملی متعادل می‌ساختند.

در سال ۲۰۱۰ بر روی قانون مربوط به انرژی‌های نو اصلاحاتی انجام شد و به تصویب رسید (قانون شماره ۶۰۹۴). هدف از این اصلاحات را می‌توان موارد زیر نام برد:

- افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید الکتریسیته
- وارد ساختن این منابع به نحوی مطمئن، اقتصادی و کیفی
- افزایش انواع منابع انرژی
- کاهش گازهای گلخانه‌ای
- کاهش ضایعات
- محافظت از محیط زیست

²⁵¹ Turkish Electricity Generation Transmission Company

²⁵² Turkish Electricity Distribution

²⁵³ Renewable Energy Law

²⁵⁴ Balancing and settlement system

²⁵⁵ Energy Market Regulatory Authority

• توسعه بخش تولید که منوط بر رسیدن به هدف‌های بالا می‌باشد.

در قانون اصلاحی جدید، گازهایی که از محل دفن زباله بلند می‌شوند^{۲۵۶} نیز از منابع تجدیدپذیر انرژی در نظر گرفته شده‌اند. همانطور که بیان شد در این قانون مشوق‌هایی برای استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر در نظر گرفته شد که شامل موارد زیر می‌شود:

الف) مشوق مالی

در اصلاح انجام شده مبالغ مربوط به تولید انرژی در منابع تجدیدپذیر بجای واحد -یورو سنت^{۲۵۷} بر واحد -دلار سنت^{۲۵۸} - تعیین خواهد شد. از طرفی قانون اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر (قانون سال ۲۰۰۵) مبلغ کلی ۵ تا ۵/۵ یورو سنت را برای تمامی انواع انرژی در نظر گرفته بود. در این اصلاحات راهبردی برای حمایت از برخی منابع انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته شده است. این تعرفه‌ها بصورت زیر در نظر گرفته شده است:

- ۷/۳ دلار سنت آمریکا برای ابزار تولید انرژی آبی
- ۷/۳ دلار سنت آمریکا برای ابزارهای تولید برق از باد
- ۱۰/۵ دلار سنت آمریکا برای ابزارهای تولید برق از انرژی زمین گرمایی
- ۱۳/۳ دلار سنت آمریکا برای ابزارهای تولید برق از بیوگازها
- ۱۳/۳ دلار سنت آمریکا برای ابزارهای تولید برق از انرژی خورشیدی

ب) مشوق استفاده از اجزای ساخت ترکیه

این

اصلاحات همچنین مشوق‌هایی برای استفاده از ابزارهای مکانیکی و مکانیکی-برقی^{۲۵۹} در نظر گرفته است. برای خرید و استفاده از ابزارهای تولیدی که در داخل ترکیه ساخته شده اند کمک های مالی در نظر گرفته شده است.

ج) سایر مشوق‌ها

²⁵⁶ Landfill Gasses(LFG)

²⁵⁷ Euro cents

²⁵⁸ Dollar cents

²⁵⁹ Electromechanical

واحدهایی که تا قبل سال ۲۰۱۵ عملیاتی شوند برای ۵ سال، ۸۵٪ تخفیف در استفاده از خطوط انتقال، اجاره‌ها برای ۱۰ سال از سرمایه‌گذاری دارند.

اگر محل احداث نیروگاه بعضی از اراضی ملی باشد، برای ۱۰ سال اول عملکرد ۸۵٪ تخفیف در اجاره، حق دسترسی و مجوز استفاده داده می‌شود.

قانون شماره ۴۶۲۸ نتوانست سرمایه‌گذاران را برای سرمایه‌گذاری جذب کند. ترکیه برای بهبود ساختار بازار برق، قانون شماره ۶۴۴۶ را در مارچ ۲۰۱۳ به تصویب رساند، قانون شماره ۶۴۴۶ تصریح می‌کرد که آزادسازی و خصوصی‌سازی باید یکی پس از دیگری صورت گیرد. بنابراین با توجه به این قانون در حالیکه بازار آزادتر می‌شود، ابزار تولید و توزیع نیز خصوصی‌سازی می‌شوند. دولت با توجه به این قانون انتظار دارد که کارخانه‌های تولیدی دولتی تا آخر سال ۲۰۱۴ بطور کامل خصوصی‌سازی شوند.

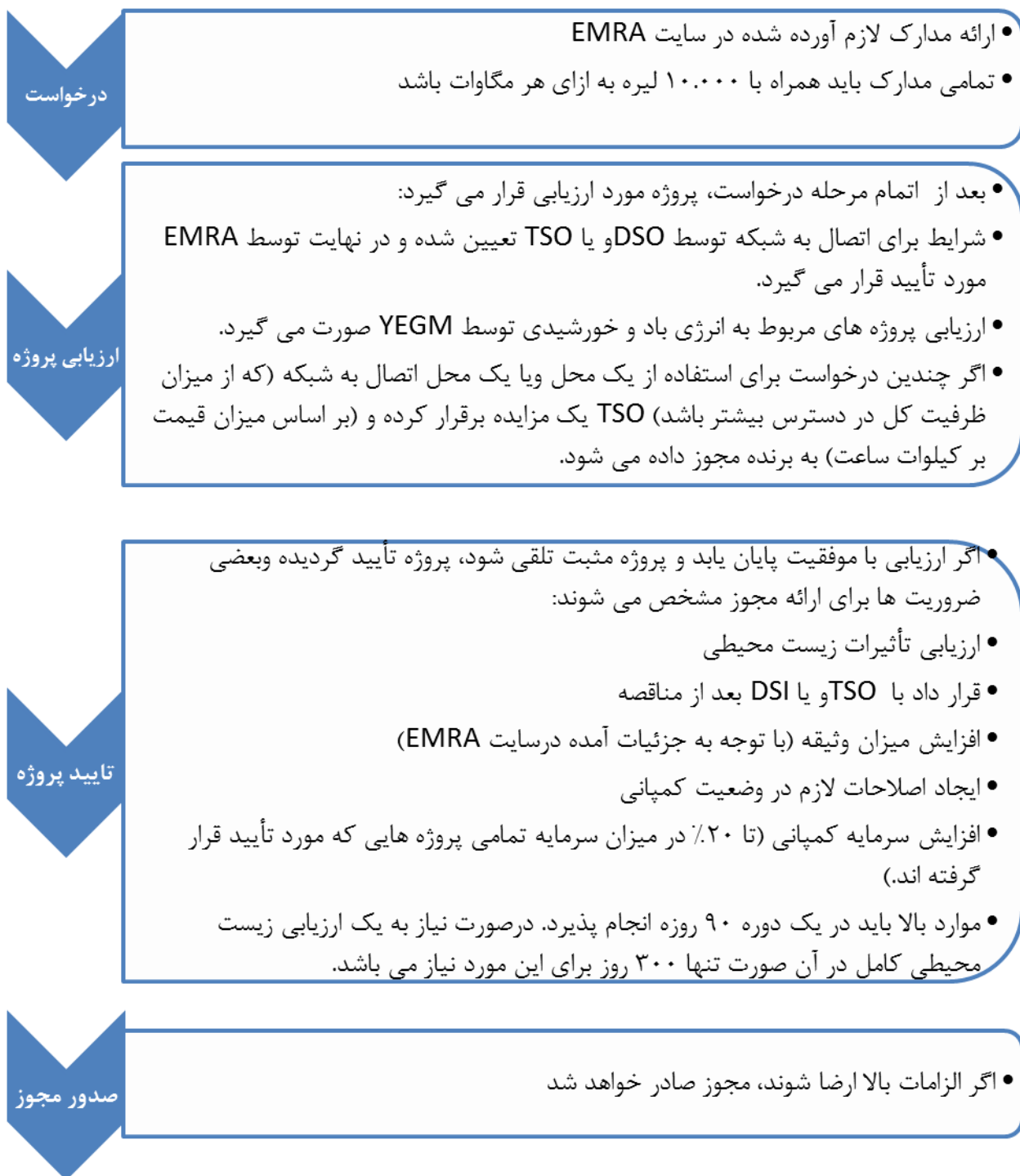
اگرچه چارچوب قانونی و طراحی در حال اجرا شدن هستند و بیشتر قوانین با اتحادیه اروپا خوانایی دارند، اما با این حال ترکیه دارای مشکلاتی در اعمال قوانین می‌باشد، بنابراین سیاست‌گذاران ترکیه برای مدت گذرایی قبل از اجرای کامل تمامی موارد قانون ۶۴۴۶ انتخاب شده‌اند.

۱,۴,۶ چارچوب قانونی و طراحی بازار

قانون شماره ۶۴۴۶ چارچوب بازارالکتریسیته در ترکیه را تعیین می‌کند. بازار ترکیه بر اساس یک توافق دو جانبه ایجاد شده توسط توازن و نشست بازار می‌باشد. بخش خصوصی می‌تواند به غیر از حوزه انتقال نیرو در تمامی زمینه‌ها با دریافت مجوز از EMRA فعالیت کند. طبق مقررات قانون شماره ۶۴۴۶ تمامی فعالیت بجز فعالیت بخش شبکه تحت نظر و قوانین EMRA قابل رقابت هستند.

به علاوه قانون ۶۴۴۶ تنها به TEIAS^{۲۶۰} (TSO) اجازه‌ی فعالیت در حوزه‌ی انتقال را می‌دهد. باید بیان داشت که TEIAS خود از اپراتورهای بازار نیز می‌باشد، بنابراین تنها اپراتور و صاحب دارایی به شمار می‌رود.

۲,۴,۶ مراحل لازم برای دریافت مجوز: [306]



۳,۴,۶ اطلاعات آماری [307]

در پایان دسامبر ۲۰۱۳، جمع کل ظرفیت نصب شده در ترکیه به ۶۴/۹۴ گیگاوات رسید. سهم نیروگاه‌های حرارتی و آبی در میان ظرفیت مورد استفاده داخلی ۳۹/۶٪ و ۶۰/۴٪ می‌باشد. مقادیر دقیق در جدول زیر آورده شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر دومین تأمین‌کننده انرژی بعد از زغال سنگ محسوب می‌شوند. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر انرژی آب بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. همانطور که در جدول زیر می‌توان دید سهم انرژی باد به ۴/۳٪ افزایش یافته در حالیکه ظرفیت آن در سال ۲۰۰۰ تنها ۱۰/۲ مگاوات بود.

ظرفیت نصب شده		تعداد نیروگاه	نوع سوخت/منبع
%	GW		
۱۹/۴	۱۲/۴۲۷۸	۲۷	زغال سنگ
۳۱/۶	۲۰/۲۶۹۹	۲۱۸	گاز طبیعی
۲۵/۲	۱۶/۱۴۲۵	۷۴	اب-سد
۹/۶	۶/۱۴۶۶	۳۹۳	اب-رودخانه
۴/۳	۲/۷۵۹۶	۷۲	باد
۰/۵	۰/۳۱۰۸	۱۳	زمین گرمایی
۰/۴	۰/۲۳۶۹	۳۹	سایر انواع انرژی‌های تجدید پذیر
۹	۵/۷۴۹	۷۴	سایر نیروگاه‌های حرارتی
۱۰۰	۶۴/۰۴۴۰	۹۱۰	جمع کل

جدول ۵۳: ظرفیت نیروگاه‌های نصب شده در ترکیه

در سال ۲۰۱۳ میزان تولید الکتریسیته به ۲۳۹/۳ تراوات ساعت رسید که در این میان ۴۳/۸٪ سهم گاز طبیعی، انرژی‌های تجدیدپذیر بدون در نظر گرفتن انرژی آب سهم اندکی در این میان داشته‌اند: انرژی آب ۲۴,۸٪، انرژی حاصل شده از باد ۳/۱٪ و مواد ضایعاتی و انرژی زمین گرمایی حدود ۰/۴٪ سهم داشته‌اند. میزان مصرف الکتریسیته ترکیه در سال ۲۰۱۳ به میزان ۲۴۵/۵ تراوات ساعت بوده است.

منبع	پتانسیل (MW)	نیروگاه‌های دارای مجوز
آبی	۴۵۰۰۰	۲۰۲۱۸
باد	۴۸۰۰۰	۹۲۴۴
زمین گرمایی	۶۰۰	۶۳۶
خورشیدی	۳۲/۶	-
بایو مس	۸/۶	۵۳

منبع	پتانسیل (MW)	نیروگاه های دارای مجوز
بایو گاز	۱/۵ - ۲	۱۸۹

جدول ۵۴: پتانسیل منابع مختلف در ترکیه

۴,۴,۶ تعریف نیروگاه‌های استفاده‌کننده از منابع تجدیدپذیر در قانون

بر طبق قانون شماره ۵۳۴۶، مطابق بر دستورالعمل ۲۰۰۹/۷۲، انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منابع انرژی غیر فسیلی مانند آب، باد، خورشیدی، زمین‌گرایی، زیست توده، گازهای مشتق شده از زیست توده، موج، جریان آب و موج می‌شود؛ از طرفی منابع تجدیدپذیری که شامل کمک‌های دولتی می‌شوند در قانون ۵۳۴۶ شامل باد، خورشیدی، زمین‌گرایی، بایو مس، بایو گاز، موج، جریان و موج و سازه‌های آبی مانند کانال‌ها و سازه‌های جریان انحرافی و یا مخزنی یا کمتر از ۱۵ کیلومتر مربع می‌شوند.

۵,۴,۶ نگاهی اجمالی بر مکانیزم حمایتی از انرژی‌های نو [307]

همانند تمامی کشورهای جهان، به علت عدم توانایی رقابت میزان الکتریسیته تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر با میزان الکتریسیته تولیدی از سوخت‌های معمول، ترکیه نیز برای حمایت از انرژی‌های نو روش‌ها و سیاست‌های مختلفی را اتخاذ کرده است. این روش‌ها شامل قوانین قیمت‌گذاری، نیازمندی به سهمیه، مشوق‌های تولیدی، سیستم تجاری و اعتبار مالیاتی می‌شود. هرچند دو مورد از این سیاست‌ها به عنوان مکانیزم‌های اصلی حمایتی در نظر گرفته می‌شوند: تعرفه تشویقی^{۲۶۱} و مکانیزم سهمیه.

در طرح حمایتی مبتنی بر تعداد، یک مناقصه صورت می‌گیرد. پیشنهاد دهنده با کمترین قیمت قرارداد را برده و حق انحصاری برای تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر داده می‌شود. مدارک می‌توانند به طور جداگانه از انرژی تولید شده در بازار به فروش برسند. تولیدکنندگان برق از منابع تجدیدپذیر، برق را به قیمت بازار می‌فروشند اما می‌توانند مجوزهای سبز^{۲۶۲} نیز بفروشند و درآمدی مازاد داشته باشند.

مشوق‌های مبنی بر قیمت به تولیدکنندگان برق از انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخت یک مبلغ ثابت را تضمین می‌دهند که به عنوان تعرفه تشویقی شناخته می‌شوند. برخلاف مشوق‌های کمی، تعرفه‌های تشویقی میزان بالایی امنیت سرمایه‌گذاری را برای سرمایه‌گذاران تأمین می‌کند. تعرفه‌های تشویقی اگر به خوبی اجرا شوند، باعث می‌شود که بازیگران جدیدی وارد این

²⁶¹ Feed-In Tariff

²⁶² Green certificate

بازار شوند و رقابت بیشتری ایجاد شود اما اگر میزان تعرفه تشویقی زیاد باشد، این مکانیزم موجب بزرگی بیش از حد و کنترل نشده بازار می‌شود.

اما در این قانون محدودیت‌هایی برای استفاده از انرژی خورشیدی وجود دارد که در آن ژنراتورهای دارای مجوز که به شبکه متصل می‌شوند، تنها می‌توانند تا ۶۰۰ مگاوات برق تولید کنند. از دیگر تفاوت‌ها می‌توان تغییر در تعرفه‌های انرژی در نظر گرفت و همچنین یارانه‌هایی برای استفاده از تولیدات داخلی در نظر گرفت.

۶,۴,۶ نقشه استراتژیک ۲۰۱۴-۲۰۱۰ [308]

در این برنامه‌ریزی کوتاه مدت^{۲۶۳} (۲۰۱۴-۲۰۱۰) ترکیه برای کاهش واردات انرژی، مطالعات خود را برای اکتشاف منابع نفتی محلی و گاز طبیعی و منابع زغال‌سنگ افزایش خواهد داد و همچنین برای استفاده از سایر منابع انرژی استفاده از منابع تجدیدپذیر محلی و همچنین آغاز به ساخت چندین نیروگاه هسته‌ای را در دستور کار خود قرار داده است. طبق این برنامه کوتاه مدت برای تأمین امنیت انرژی، یازده هدف تعیین شده است:

۱. یافتن منابع مختلف انرژی با تأکید بیشتر روی منابع محلی

برطبق این هدف‌گذاری برای تأمین و پوشش انرژی مورد نیاز استفاده از انرژی‌های محلی و همچنین بیشترین استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش منابع تأمین انرژی و همچنین اضافه کردن انرژی هسته‌ای تا سال ۲۰۲۰ و در نهایت تغییر طراحی بخش انرژی که تاکنون بر سه چیز استوار بوده (زغال‌سنگ، گاز طبیعی و نیروی آب) و کاهش واردات در دستور کار قرار گرفته است.

۲. افزایش سهم منابع انرژی‌های نو در تأمین انرژی

برای رسیدن به این هدف، قانونی در سال ۲۰۰۵ تحت عنوان استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی تصویب شد که شرایط برای ورود بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری در این بخش را فراهم آورد. هدف اصلی در این طرح تأمین ۳۰٪ از برق با استفاده از این منابع می‌باشد.

۳. افزایش کارایی

در این هدف افزایش کارایی ابزارهای تولیدکننده الکتریسیته، شبکه انتقال و توزیع برق در نظر گرفته شده است. طبق این هدف‌گذاری قیمت تولید برق تا سال ۲۰۲۳، به میزان ۲۰٪ نسبت به سال ۲۰۰۸ کاهش خواهد یافت.

۴. فراهم آوردن شرایطی برای عملکرد کامل بازار آزاد و بهبود شرایط سرمایه‌گذاری

با توجه به قانون‌های وضع شده همانند قانون بازار برق (شماره ۴۶۲۸)، قانون بازار گاز طبیعی (شماره ۴۶۴۶) در سال ۲۰۰۱، قانون بازار نفت (شماره ۵۰۱۵)، قانون بازار گاز مایع (شماره ۵۳۰۷) و قانون بازار (شماره ۲۰۰۵) قدم‌های بزرگی برای ایجاد بازار رقابتی در بخش انرژی دولتی و تغییراتی در سازماندهی بخش‌های دولتی دخیل در این بازار و اعمال شرایط مناسب برای آزادسازی بازار برداشته شد. از دلایل اصلی آزادسازی بازار فراهم آوردن بستری برای سرمایه‌گذاری‌های ضروری برای امنیت انرژی و همچنین بهره بردن از محیط رقابتی ایجاد شده می‌باشد. مقدار کل سرمایه‌گذاری که در بخش انرژی تا سال ۲۰۲۰ برای ترکیه محاسبه شده است بیش از ۱۲۰ میلیارد دلار می‌باشد.

۵. فراهم آوردن منابع مختلف در حوزه نفتی، گاز طبیعی برای کاهش ریسک واردات

۶. تبدیل کشور به یک پل ارتباطی و یک ترمینال انرژی با استفاده از موقعیت ژئو-استراتژیک در چارچوب‌های منطقه‌ای

۷. کاهش اثرات سوء بر روی محیط‌زیست ناشی از فعالیت‌های حوزه انرژی

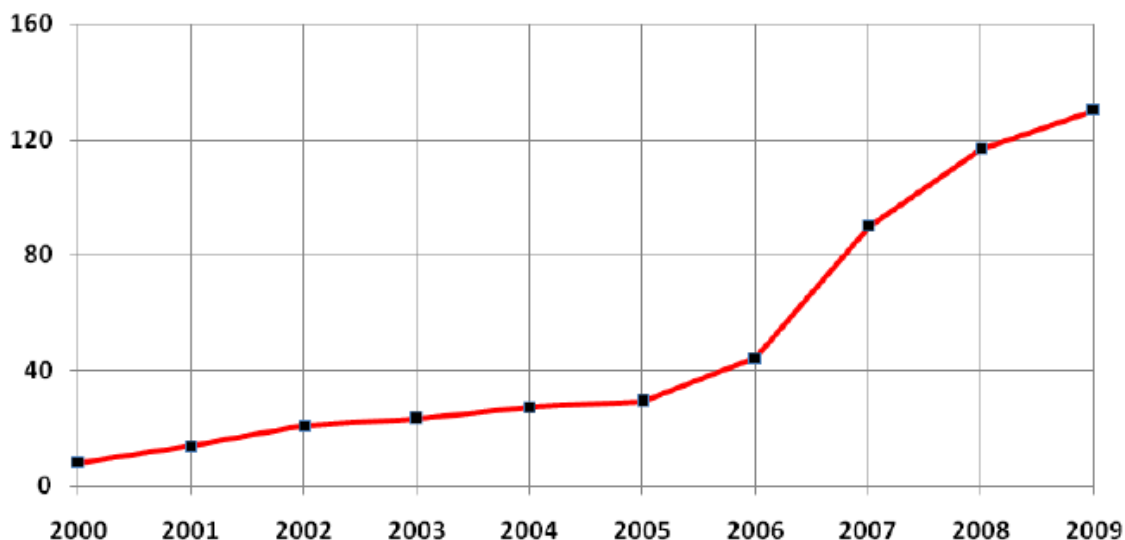
۸. افزایش سهم منابع طبیعی در اقتصاد ملی

۹. افزایش تولید مواد خام صنعتی در داخل

۱۰. افزایش بهره‌وری در مدیریت انرژی و منابع طبیعی

۱۱. پیش‌رو بودن در ابداعات در حوزه‌ی انرژی و منابع طبیعی

مقدار کل سرمایه‌گذاری در بخش توسعه و تحقیق در دوره‌ی بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ در مؤسسه‌های وزارت انرژی و منابع طبیعی در نمودار زیر آمده است.



شکل ۵۷: کل سرمایه‌گذاری انجام شده در بخش توسعه و تحقیق (میلیون لیبره) [308]

۵,۶ انرژی‌های تجدید پذیر

۱,۵,۶ انرژی خورشیدی

متوسط ساعت آفتابی ترکیه در یک سال ۲۶۴۰ ساعت (۷/۲ ساعت در هر روز) و پتانسیل انرژی خورشیدی در ترکیه به طور متوسط سالانه‌ی ۳۸۰ میلیارد کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد. بررسی‌های انجام شده بر روی اطلس مربوط پتانسیل انرژی خورشیدی و تکنولوژی متمرکزکننده‌ها نشان می‌دهد که ترکیه می‌تواند ۳۸۰ میلیارد کیلووات ساعت از خورشید انرژی تولید کند. میزان کلکتورهای نصب شده در ترکیه به ۱۲ میلیون مترمربع با پتانسیل انرژی TEP^{264} ۷۶ و تولید سالانه ۷۵۰۰۰۰ مترمربع می‌رسد که بخشی از تولید صادر می‌شود. میزان گرمای ایجاد شده حدوداً به اندازه TEP ۴۲۰۰۰۰ می‌باشد که نشان می‌دهد ترکیه یکی بزرگترین تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌های کلکتورهای خورشیدی می‌باشد.

برای تولید برق از انرژی خورشید، باید مجوزی از طرف سازمان تنظیم بازار انرژی^{۲۶۵} صادر شود. برخلاف مجوز برای تولید برق از سایر منابع مرسوم مانند آب، گاز طبیعی و زغال‌سنگ، قانون انرژی‌های تجدیدپذیر مجوز تولید برق از انرژی خورشیدی را تنها در روزهای مشخصی صادر می‌کند. همچنین محدودیت‌هایی برای میزان ظرفیت و نیازها در رابطه با زمین وجود دارد.

²⁶⁴ 1 tep = 41.868 GJ = 39.68 MBtu = 11.63 MWh

²⁶⁵ Energy Market Regulatory Authority

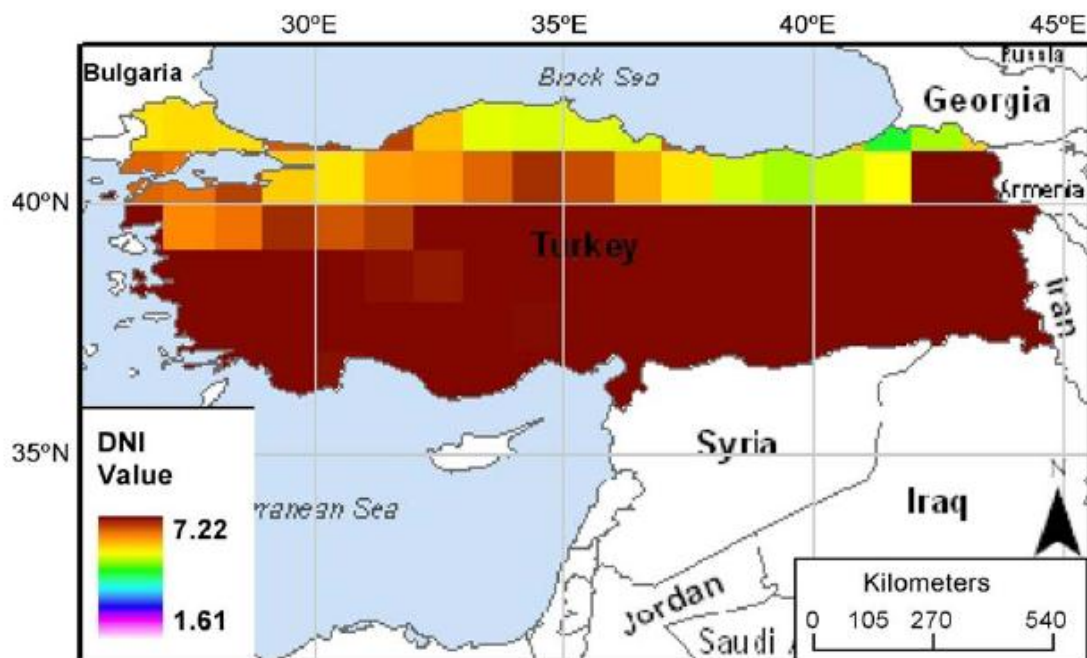
۲,۵,۶ پتانسیل متمرکزکننده‌های خورشیدی در ترکیه^{۲۶۶} [302]

مباحث تکنیکی و اقتصادی زیادی در مورد راه‌اندازی نیروگاه‌های خورشیدی استفاده‌کننده از متمرکزکننده‌ها وجود دارد که در زیر لیست شده‌اند:

نیازمندی	عامل
میزان $< 1800 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ برای استفاده صنعتی	منبع خورشیدی
۵ هکتار برای هر مگاوات برق	زمین
گونه‌های جانوری کم و ارزش کشاورزی پایین	کاربرد زمین
صاف، شیب تا ۳ درصد، ۱٪ شیب بهترین حالت	توپوگرافی منطقه
نزدیکی به خطوط انتقال و خطوط گاز طبیعی	زیر ساخت
منبع آب کافی، در غیر اینصورت خشک سازی خشک	دسترسی به آب

جدول ۵۵: مباحث تکنیکی و اقتصادی راه‌اندازی نیروگاه‌های خورشیدی استفاده‌کننده از متمرکزکننده‌های خورشیدی

شکل زیر میزان تابش مستقیم عمود^{۲۶۷} را نشان می‌دهد



شکل ۵۸: میزان تابش خورشید در ترکیه [302]

²⁶⁶ Concentrating solar power (CSP)

²⁶⁷ Direct Normal Insolation (DNI)

می‌توان دریافت که ترکیه منبع انرژی فراوانی با پراکندگی جغرافیایی زیاد دارد. تابش مستقیم عمود بر سطح کمتر از $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{day})$ در جنوب شرقی تا $9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{day})$ در قسمت شرقی آن تغییر می‌کند. سیستم‌های متمرکزکننده انرژی خورشیدی برای صرفه اقتصادی بالا نیاز به $\text{DPI}^{۲۶۸}$ دارند. محل‌هایی که دارای تابش خورشیدی بالایی هستند از لحاظ هزینه تولید برق بسیار مورد توجه هستند. از طرفی به طور معمول فرض می‌شود که سیستم‌های متمرکزکننده برای محل‌هایی با DNI بالای $1800 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ صرفه اقتصادی دارد. همانطور که مشاهده می‌شود مناطق جنوب شرقی ترکیه می‌تواند این نیاز را ارضا کند.

۳,۵,۶ بررسی کاربری زمین و پوشش گیاهی

به غیر از تابش خورشید، متمرکزکننده‌ها به مساحت زیادی برای مزارع خورشیدی نیاز دارند که به طور تقریبی 20234 مترمربع برای هر مگاوات برق تولید شده در یک نیروگاه خورشیدی حرارتی نیاز می‌باشد. از آنجایی که ترکیه یک کشور پرجمعیت محسوب می‌شود، زمین‌های کشاورزی و جنگل‌هایی که برای محصولات و تولید زیست‌توده مورد نیاز هستند، نباید برای نیروگاه‌ها در نظر گرفته شوند. تنها زمین‌های بدون استفاده که مناسب کشاورزی نمی‌باشند و برای سکونت قابل استفاده نیستند را می‌توان برای ساخت نیروگاه‌ها در نظر گرفت.

تخمین زده می‌شود که ترکیه دارای 243000 کیلومترمربع زمین بایر می‌باشد. اکثر این زمین‌ها در جنوب کشور که بیشتر میزان تابش خورشید را دارهستند، قرار دارند.

۴,۵,۶ سایر عوامل

علاوه بر منبع انرژی، کاربری و پوشش زمین، باقی عوامل تفاوت زیادی با عوامل دخیل در نیروگاه حرارتی ندارند. شیب زمین در نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی در هنگام ارزیابی محل احداث از عوامل مهم محسوب می‌شود. شیب کمتر از 1% بیشترین بازدهی را دارا می‌باشد اما این شیب می‌تواند تا 3% نیز باشد. از دیگر عوامل، دسترسی به آب می‌باشد. آب برای استفاده در سیستم بخار رانکین، شست‌وشوی شیشه و همچنین برج‌های خنک‌کننده می‌باشد. در صورت عدم وجود آب کافی از سیستم‌های خنک‌کننده خشک استفاده می‌شود که در این صورت هزینه برق این نیروگاه تا 10% افزایش می‌یابد.

نزدیکی به خطوط انتقال نیرو و گاز طبیعی را می‌توان از دیگر عوامل در انتخاب محل نصب نیروگاه دانست. هزینه نصب خطوط انتقال نیرو بسیار بالا می‌باشد، بنابراین نزدیکی نیروگاه به خطوط انتقال بسیار مهم می‌باشد. با نزدیکی نیروگاه خورشیدی به خطوط انتقال سوخت فسیلی بالاخص خطوط انتقال گاز، می‌توان از نیروگاه خورشیدی به صورت ترکیبی^{۲۶۹} استفاده نمود.

دومشکل اساسی در استفاده از نیروگاه‌های متمرکز کننده خورشیدی در ترکیه را می‌توان تکنولوژی و هزینه نام برد. برای حل مشکل تکنولوژی، وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه با همکاری شورای پژوهش تکنولوژی و علمی ترکیه با هزینه ۱/۲ میلیون دلار آمریکا از بودجه دولتی در یک دوره ۱۰ ساله برای حل این مشکل وارد کردن این تکنولوژی به بازار بصورت موفق همکاری می‌کند. ترکیه همچنین در بسیاری از فعالیت تحقیقی بین‌المللی برای شتاب بخشی به این روند همکاری می‌کند.

با استفاده از تکنولوژی روز ترکیه، هزینه تولید برق بین ۱۰ تا ۱۲ سنت آمریکا بر هر کیلووات ساعت می‌باشد که هنوز بیشتر از نیروگاه‌های حرارتی معمولی می‌باشد، اگرچه می‌توان انتظار داشت هزینه‌های این تکنولوژی جوان کاهش چشمگیری داشته باشد از سوی دیگر این تکنولوژی هیچ‌گونه آلاینده‌ای ندارد.

۵,۵,۶ آینده‌ی انرژی خورشیدی در ترکیه و مسیر راه:

ترکیه بیشترین میزان دریافت انرژی خورشیدی را در اروپا داراست اما هنوز نتوانسته از این پتانسیل برای تولید اکتیویته استفاده کند. در نتیجه با افزایش روز افزون نیاز کشور به انرژی تا رسیدن کشور به میزان انرژی تخمین زده شده در سال ۲۰۲۳، ترکیه به واردات نفت و گاز از سایر کشورها وابسته‌تر می‌شود.

۶٫۶ بازیگران اصلی

۱٫۶٫۶ سازمان بررسی و توسعه منابع برق^{۲۷۰}

این سازمان مسئولیت توسعه و استفاده از انرژی خورشیدی را بر عهده دارد. علاوه بر این سازمان، مرکز تحقیق TUBITAK Marmara، و برخی دانشگاه‌ها مانند دانشکده انرژی خورشیدی Ege، دانشگاه Mulga، دانشگاه Kocalei، دانشگاه Firat و دانشگاه METU نیز روی انرژی خورشیدی تحقیقات انجام می‌دهند. دو استاندارد مرتبط با انرژی خورشیدی توسط سازمان استاندارد ترکیه تهیه شده است:

- Ts3680: مربوط به کلکتورهای انرژی تخت

- Ts3817: قوانین ساخت، نصب و عملکرد گرم‌کن‌های آبی

که سازمان بررسی و توسعه منابع برق در تهیه این استاندارد نقش داشته است، همچنین تست‌های عملکرد گرمایی مربوط به اعطای گواهی نیز توسط این سازمان انجام می‌گیرد. ظرفیت فتوولتائیک نصب شده در ترکیه هم اکنون نزدیک به ۴۰۰۰ کیلووات می‌باشد که بیشتر در خانه‌هایی که به شبکه برق دسترسی ندارند، برج‌های دیدبانی، بزرگ‌راه‌ها، برج‌های ارتباطی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۷٫۶ فتوولتائیک در ترکیه:

موقعیت جغرافیایی ترکیه آن را پلی بین اروپای ثروتمند و منطقه آسیای مرکزی کرده است. رشد سریع در میزان تقاضا انرژی محلی موجب شده است ترکیه به انرژی کشورهای دیگر وابسته شود. وزارت نیروی ترکیه برای تولید میزان زیادی برق تا ۲۰ سال دیگر برنامه‌ریزی کرده است. بر طبق پیش‌بینی انجام گرفته توسط MENR، کشور ترکیه ۱۰۵ گیگاوات تا سال ۲۰۲۰ برق تولید می‌کند. انتظار می‌رود که میزان برق تولیدی از ۱۱۷ تراوات ساعت در سال ۲۰۰۱ را به ۶۲۴ تراوات ساعت در سال ۲۰۲۰ برساند.

اهداف سیاست‌گذاری ترکیه کاهش وابستگی ترکیه از انرژی فسیلی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر می‌باشد. به علت اینکه بخش انرژی باد در ترکیه به سرعت رو به رشد می‌باشد، بخش نظارت و ارزیابی تکنولوژی TUBITAK یک بخش حمایتی توسعه و

²⁷⁰ General Directorate of Electrical Power Resources Survey And Development Administration(EIE)

تحقیق برای کمپانی‌های صنعتی دارد. این بخش شامل کمک مالی توسط شورای علم و تحقیق ترکیه و بخش سرمایه‌گذاری خارجی تا ۶۰٪ از کل میزان هزینه‌ی تحمیل شده در کل طول دوره (تا ۳۶ ماه) از هر پروژه می‌باشد.

برطبق آمار وزارت نیرو ترکیه نزدیک به ۱۸٪ میزان توان تولیدی در ترکیه توسط منابع انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود. استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی هیدروالکتریک، سهم مهمی (نزدیک به ۹۵٪) در این میزان دارد. مابقی آن ۵٪ از نیروی باد، زمین گرمایی، انرژی خورشیدی استخراج می‌شود.

به علت آنکه ترکیه دارای میزان پرتو تابشی و زمین در دسترس بسیار زیاد می‌باشد، پتانسیل بازار فتوولتائیک در ترکیه بسیار زیاد می‌باشد. نزدیک به ۳۰۰۰۰ محل مسکونی در ترکیه وجود دارد که استفاده از انرژی الکتریکی تولید شده از فتوولتائیک برای آن‌ها به صرفه‌تر می‌باشد. پتانسیل دیگر ترکیه برای استفاده از فتوولتائیک روستاهای تفریحی می‌باشد که در مناطق ساحلی موجود می‌باشند. این مناطق معمولاً از شبکه دور می‌باشند و نیاز به میزان توان بیشتری دارند.

به جز کاربردهای خاص، میزان سلول‌های فتوولتائیک نصب شده در ترکیه نزدیک به صفر می‌باشد. به هر حال انرژی خورشیدی در ترکیه بیشتر به منظور گرم کردن آب بکار می‌رود. سیستم گرم‌کننده‌ی آب گرم نزدیک به ۱۰ میلیون مترمربع را پوشش می‌دهد. ترکیه دومین کشور دنیا در زمینه تولید آب گرم از انرژی خورشیدی می‌باشد. اما جدا از این مطلب میزان ظرفیت سلول فتوولتائیک نصب شده به دلیل مسائل دولتی تاکنون زیاد نبوده است.

تحقیقات فتوولتائیک و فعالیت‌های توسعه‌ای هنوز تحت نظر بسیاری از دانشگاه‌ها و ارگان‌های دولتی و بخش‌های صنعتی صورت می‌گیرد که بودجه‌ی خود را از DPT و TUBITAK دریافت می‌کنند. ترکیه از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵، ۱۲۰ میلیون دلار در بخش توسعه و تحقیق انرژی هزینه کرده است که ۱۵/۶ میلیون دلار آن بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری شده است که سهم فتوولتائیک بسیار اندکی می‌باشد که میزان کار کمی برای افراد بوجود آورده است.

در ترکیه شرکت انل^{۲۷۱} برای میزان سرمایه‌گذاری روی انرژی خورشیدی تصمیم‌گیری می‌کنند. طبق تصمیم اخذ شده توسط این شرکت یک شرکت ساخت (سرهم کردن) ماژول‌های کریستال سیلیکونی با میزان توان خروجی ۱۳/۵ مگاوات در اوایل سال ۲۰۰۹ ساخته شد. این شرکت ۹۰٪ از تولیدات را صادر و ۱۰٪ مابقی را در بازار داخلی به فروش می‌رساند. علاوه بر این انل

²⁷¹ Anel Telecommunications Electronic Sys. Industrie and Trade Inc

در زمینه تحقیق و توسعه نیز با دانشگاه‌ها (مانند ملگا^{۲۷۲}، اگ^{۲۷۳}، ام ای تی یو^{۲۷۴}) در رابطه با سلول‌های لایه نازک و نسل سوم (ارگانیک)^{۲۷۵} همکاری می‌کند [303].

بخش فتوولتائیک هنوز کوچک بوده و میزان اشتغال کمی فراهم آورده است. تعداد ۳۰ کمپانی هستند که مواد اولیه، ویفر و شمش تولید می‌کند. نوع اصلی تجارت این شرکت‌ها به عنوان واردکننده، فراهم‌کننده تجهیزات کلی، فروش‌های جزئی و ساخت (سرهم‌کننده) می‌باشد. ماژول‌ها، کنترلرهای شارژ باتری، اینورترها معمولاً وارد می‌شوند. باتری‌ها، سیستم‌های روشنایی، ممکن است از بازار داخلی فراهم شوند. سه کارخانه تولیدکننده ماژول فتوولتائیک در ترکیه وجود دارد مانند: [304] Aneles و [312] ATATSP و [305] Terasolar. قیمت ماژول در سال ۲۰۰۹ در این کارخانه‌های محلی ۲ تا ۲/۵ یورو بر کیلووات می‌باشد. اما در حال حاضر هیچ‌گونه سلولی در داخل ترکیه ساخته نمی‌شود.

بخش انرژی تجدیدپذیر ترکیه یکی از بخش‌های جذاب فعالیت‌ها در چند دهه اخیر می‌باشد. بسیاری از شرکت‌های بزرگ وارد ترکیه شده و تعداد بیشماری سرمایه‌گذار محلی که مجوزهای انرژی تجدیدپذیر دریافت کرده‌اند به دنبال شرکای بین-المللی می‌گردند.

۸.۶ فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه انرژی خورشیدی در ترکیه:

سال ۲۰۰۱

مؤسسه انرژی خورشیدی در دانشگاه اگ شروع به توسعه و تحقیق بر روی سلول‌های خورشیدی، برای درک بیشتر فرایند ساخت و ساده‌سازی همراه با کاهش قیمت آن کرد. مؤسسه انرژی خورشیدی این دانشگاه در محل پردیس آن در ازمیر در سال ۱۹۷۸ تأسیس شد. این مؤسسه بر روی زمینه‌های مختلف انرژی خورشیدی تحقیقات انجام می‌دهد. بیشتر مطالعات این شرکت روی سلول‌های organic dye sensitized می‌باشد. البته این دانشگاه میزان توان خروجی سلول‌های خورشیدی با روش تولید لمینیت کردن سلول‌های سیلیکونی افزایش می‌دهد.

یک نیروگاه ۱۴ کیلووات برای شروع فعالیت چند یونیت در سد برک^{۲۷۶} ساخته شد.

²⁷² Mulga

²⁷³ Ege

²⁷⁴ METU

²⁷⁵ 3rd generation (Organic)

سال ۲۰۰۲

-احداث بزرگترین نیروگاه متصل به شبکه در دانشگاه ملگا با ظرفیت ۱۰/۴ کیلووات

سال ۲۰۰۴

-دانشگاه ملگا میزا توان تولیدی را به ۵۴ کیلووات ساعت افزایش داد.

سال ۲۰۰۵

-مؤسسه انرژی خورشیدی دانشگاه آگ یک نیروگاه ۲۲/۲ کیلوواتی را در ازمیر ساخته است

سال ۲۰۰۶

-دانشگاه آگ یک آزمایشگاه ساخت ماژول فتوولتائیک ساخت که اولین آزمایشگاه در سطح دانشگاهی محسوب می‌شود.

-کمپانی ترکیه‌ای (اکانات تکنولوژی^{۲۷۷}) شروع به ساخت ماژول فتوولتائیک با ظرفیت ۵ مگاوات در استانبول سال کرد.

-اولین نیروگاه ترکیبی باد - خورشیدی در جزیره (فتیه-کیزیلادا^{۲۷۸}) ساخته شد. در این پروژه دانشگاه آگ نیز شرکت داشته است.

-در مارس سال ۲۰۰۷ وزارت نیرو ترکیه، خانه انرژی پاکیزه را در پاموکال^{۲۷۹} راه اندازی کرد. (در جزیره یک رستوران انرژی مورد

نیاز یا سیستم ترکیبی تأمین می‌کند. ۱۷/۵ کیلووات ساعت ماژول مالتی کریستال، ۱۵ کیلووات توربین بادی و غیره)

-یک شبکه ۳۰ کیلوواتی متصل به شبکه در سوپرمارکت تسکو -کیپا در مارماریس و کونساداسی (جمعاً ۶۰ کیلووات ساعت سیستم فتوولتائیک) توسط شرکت انی سولار.

²⁷⁶ Berek Dam

²⁷⁷ Akkanat Technologies A.S.

²⁷⁸ Fethiye-Kizilada

²⁷⁹ Pamukkale

ترک تلکام^{۲۸۰} تصمیم گرفت که یک سیستم ۲۵۰ کیلووات ساعتی برای سیستم‌های ارتباطی از راه دور نصب کند. کمپانی انالتهک^{۲۸۱} شرع به نصب این سیستم‌ها در سال ۲۰۰۷ نمود.

۹.۶ وضعیت توسعه و تحقیق بر روی سلول‌های فتوولتائیک در ترکیه

در حال حاضر، به علت آنکه دولت قصدی برای تکنولوژی فتوولتائیک ندارد، ترکیه هیچ‌گونه برنامه اقتصادی مدون محلی برای فتوولتائیک ندارد. هزینه نصب سیستم‌های کوچک با ظرفیت کمتر از ۵ کیلووات ساعت در ترکیه تقریباً ۹ یورو بر وات ساعت می‌باشد. بررسی چرخه طول عمر، بر طبق ۱۰٪ تخفیف و طول عمر ۲۰ سال تقریباً ۵۲ سنت در هر کیلووات خواهد بود. تحت چنین شرایطی این سیستم در این مدت ۲۰ سال بازگشت سرمایه خواهد داشت.

۱۰.۶ استراتژی آینده ترکیه

با توجه به این که ترکیه به جامعه اروپا (چهارچوب ششم) وارد شده است؛ فرصت‌های پروژه‌های بسیاری در این برنامه در ارتباط با انرژی تجدیدپذیر وجود دارد. دانشگاه‌های ترکیه و مؤسسه‌های تحقیقاتی شروع به ارائه پروپوزال پروژه‌هایی در زمینه فتوولتائیک کرده اند. علاوه بر آن، ترکیه در برنامه بین‌المللی تحقیق و توسعه در سیستم‌های فتوولتائیک از طریق اجرای توافق-نامه‌ی IEA که یکی از جامع‌ترین برنامه‌ها برای سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه می‌باشند توسط برنامه سیستم‌های توانی فتوولتائیک (PVPS^{۲۸۲}) شرکت دارد. این برنامه تنها یکی از برنامه‌های همکاری بر روی توسعه و تحقیق در آژانس بین‌المللی انرژی می‌باشد. PVPS دارای ۲۰ کشور عضو شامل ترکیه می‌باشد.

دولت هیچ برنامه‌ای برای تولید سلول خورشیدی ندارد. سلول‌های خورشیدی در مؤسسات تحقیقاتی مختلفی برای مطالعه امکان ساخت محلی تولید می‌شوند. تاکنون هیچ کدام از این مطالعات جواب مثبتی برای تولید انبوه سلول در ترکیه نداده است.

همانطور که بیان شد دانشگاه آگ یکی از مؤسسات آموزشی می‌باشد که در سیاست‌گذاری استفاده از انرژی خورشیدی نقش بسیاری دارد. در این راستا یک مصاحبه دلفی صورت گرفته است. مصاحبه دلفی یکی از روش‌های کلاسیک می‌باشد که برای بررسی آینده تکنولوژی بکار می‌رود. دلفی در سال ۱۹۶۰ توسط شرکت RAND توسعه یافت و پس از آن توسط بسیاری از

²⁸⁰ Turk Telecom

²⁸¹ Analtech

²⁸² Photovoltaic Power System Programme

پیش‌بینی‌های تکنولوژی ملی و مطالعات صنعتی و اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت. این روش برای بررسی مسائلی با عدم قطعیت زیاد و بسیار پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق تحقیق انجام گرفته در دانشگاه آگ به روش دلفی، دو دور تحقیق دلفی برای مشخص‌سازی و اندازه‌گیری میزان انتظارات از آینده انرژی خورشیدی صورت گرفته است. این آزمایش در دور اول و دوم به صورت آنلاین میان متخصصین حوزه انرژی انجام گرفت. از ۱۰۴ دانشمند که در این مصاحبه شرکت کرده‌اند از ۲۹ نقطه مختلف در ترکیه، ۵۵ نفر روی تکنولوژی حرارتی، ۱۶ نفر روی تکنولوژی فتوولتائیک و ۳۳ نفر روی هرو تکنولوژی تأکید داشتند. طبق این پرسشنامه‌ها اگر چه هیچ نیروگاه حرارتی در ترکیه وجود ندارد اما تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۲۴ اولین نیروگاه ترکیبی تأسیس شود به علاوه انتظار می‌رود ۵۰٪ سیستم‌های گرم‌کننده آب به صورت خانگی عمل کنند. طبق نظرسنجی انجام گرفته انتظار می‌رود بازدهی سلول‌های لایه نازک تا سال ۲۰۲۴ به حداقل ۲۰٪ افزایش یابد. دورنمای دیگری که توسط شرکت‌کنندگان در این نظرسنجی ترسیم شد درباره‌ی سلول‌های تک-چند کریستاله سیلیکونی می‌باشد که در این نظرسنجی گفته شده است که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۲ به بالای ۳۰٪ برسد.

سلول‌های پلیمری و ارگانیک از تکنولوژی‌های در حال ظهور و نوین بشمار می‌رود. دومین نظرسنجی انجام گرفته در دانشگاه آگ، نشان داد که انتظار می‌رود بازدهی سلول‌های ارگانیک تا سال ۲۰۱۵ به ۱۵٪ رسیده و با استفاده از مواد نیمه‌رسانای پلیمری افزایش پیدا کند.

سرعت پیشرفت تکنیکی و علمی فتوولتائیک‌ها در سی سال گذشته بسیار تأثیرگذار بوده و تأثیر بسیار به سزایی روی کاهش قیمت‌ها داشته است. جامعه اروپا اولویت‌های تحقیقاتی خود را بر روی کاهش قیمت تولید برق از سلول‌های فتوولتائیک گذاشته است. در حال حاضر سه نقطه تمرکز وجود دارد: سلول‌های کریستال سیلیکونی، تکنولوژی لایه نازک و سیستم‌های فتوولتائیک. بر طبق نظرسنجی صورت گرفته، انتظار می‌رود هزینه تمام شده ماژول‌های فتوولتائیک توسط برنامه‌های تحقیق و توسعه تا سال ۲۰۲۳ به میزان ۴۰٪ در ترکیه کاهش یابد و هزینه نصب آن‌ها کمتر از ۲ دلار در هر وات شود.

منابع ذکر شده

- [۱] B. D. Y. S. R. Manager“ ,Energy Policy: 113thCongress Issues .[درون خطی].۲۰۱۴ ”,
Available: <http://fas.org/sgp/crs/misc/R42756.pdf>.{
- [۲] “Energy policy of the United_States .[درون خطی].”,Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_policy_of_the_United_States.
- [۳] J. Carter “ ,Crisis of Confidence Speech 1979 ”,"Cartercenter.org. Retrieved 2012.
- [۴] F. Gottron“ ,Energy Efficiency and the Rebound Effect: Does Increasing Efficiency
Decrease ”,Digital.library.unt.edu. Retrieved 2012-03-30.
- [۵] “Energy Independence and Security Act of 2007 ”,Gpo, 2007.
- [۶] P. Grossman“ ,U.S. Energy Policy and the Pursuit of Failure .۲۰۱۳ ”,.. .
- [۷] “Database of State Incentives for Renewables & Efficiency ”,"Dsireusa.org. Retrieved ,
2012.
- [۸] H. E. Daly“ ,Sustainable Development – Definitions, Principles, Policies ”,"springer ,
شماره ۲۵۷, ۲۰۰۶.
- [۹] G. Smith“ ,U.S. is now world's biggest oil producer ”,"www.chicagotribune.com, 4 July
2014.
- [۱۰] “Energy in the United States: 1635 – ۲۰۰۰–Electricity”. United States Department of

Energy ”,Retrieved 2007-07-04.

- [۱۱] “<http://lsa.colorado.edu/summarystreet/texts/naturalgas.htm>.”
- [۱۲] D. S. Painter“ ,Oil and the American Century: The Political Economy of US Foreign Oil Policy ”,Johns Hopkins University Press, 1986.
- [۱۳] “Petroleum Timeline”. United States Department of Energy ”,Retrieved 2007-07-04.
- [۱۴] “Energy in the United States: 1635 – ۲۰۰۰—Total Energy ”,United States Department of Energy., 2007.
- [۱۵] “US Dept. of Energy, U.S. Primary Energy Consumption by Source and Sector ”,Available from: {http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/flow/primary_energy.pdf}, 2012.
- [۱۶] “Estimating U.S. Government Subsidies to Energy Sources: 2002 ,۲۰۰۸—Environmental Law Institute ”,Available in:{http://www.elistore.org/Data/products/d19_07.pdf}.
- [۱۷] “US Energy Information Administration, Electric Power Monthly ”,January 2013.
- [۱۸] “Ron Pernick and Clint Wilder (2012). "Clean Tech Nation". p. 5 ”,Available in:{<http://cleantech.com/sites/default/files/Clean%20Tech%20Nation%20Introduction%20for%20Website.pdf?attachment=true>}.
- [۱۹] “President Obama Touts Clean Energy on Earth Day ”,Available in:{http://apps1.eere.energy.gov/news/news_detail.cfm/news_id=12475}.
- [۲۰] “Remarks of President Barack Obama -- Address to Joint Session of Congress ”,Available

in: {http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Remarks-of-President-Barack-Obama-Address-to-Joint-Session-of-Congress/}

[۲۱] L. Morris "Obama: Sticking to "Promise of Clean Energy"". Renewable Energy World ", ۲۵ January 2012.

[۲۲] "Clean Edge (۲۰۰۹) Clean Energy Trends 2009 pp. 1-4 ", Available in: {<http://cleanedge.com/reports/pdf/Trends2009.pdf>}.

[۲۳] "DOE's SunShot Program Aims to Reach Competitive Solar By 2020. Fast Company ", Feb. 4, 2011.

[۲۴] "Jeffrey M. Jones, Americans Still Divided on Energy-Environment Trade-Off, Gallup ", Available in: {<http://www.gallup.com/poll/161729/americans-divided-energy-environment-trade-off.aspx>}.

[۲۵] "GTM Research and SEIA 2014a [درون خطی]. ۲۰۱۴", Available: <http://www.greentechmedia.com/>

[۲۶] "GTM Research and SEIA 2014a, EIA 2011 [درون خطی]. ۲۰۱۱", Available: <http://www.greentechmedia.com/>

[۲۷] "GTM Research and SEIA 2014b [درون خطی]. ۲۰۱۴", Available: <http://www.greentechmedia.com/>

[۲۸] "Solar Market Insight Report 2014 Q4 ", solar energy industries association, 2014.

[۲۹] e. a. David Feldman "Photovoltaic System Pricing Trends ", energy.gov/sunshot,

September 22, 2014.

- [۳۰] "GTM Research and SEIA 2014c. [درون خطی]. ۲۰۱۴". Available:
<http://www.greentechmedia.com/>
- [۳۱] A. I. L. C. (. f. w. I. P. J. M. D. A. L. C. F. S. S. I. H. F. (. f. w. S. C. G. H. a. O. Allen Barnett", THE U.S. PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ROADMAP ", SOLAR-ELECTRIC POWER.
- [۳۲] "Integrated Solar Thermochemical Reaction System ", "U.S. Department of Energy, Retrieved 11 April 2013.
- [۳۳] J. L. S. a. E. Martinot", Renewables Bounced Back in 2010, Finds REN21 Global Report ", Renewable Energy World, 29 September 2011.
- [۳۴] s. p. I. S. N. I. W. N. I. W. M. Renew India Campaign", Largest CSP Project in the World Inaugurated in Abu Dhabi ", Renewindians.com, 18 March 2013, Retrieved on 22 April 2013.
- [۳۵] REN21", Renewables 2014: Global Status Report ", "available in:
 {http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf}, Archived from the original on 4 September 2014.
- [۳۶] "Concentrating Solar Power. irena.org, p. 11 ", Available in:
 {http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analyses-CSP.pdf}.

- [۳۷] p. Xavier و et al“ ,Concentrated solar power: Current technologies, major innovative issues and applicability to West African countries .(۲۰۱۳) ۱۸ ,۳۱۵-۳۰۶ جلد ”, ,
- [۳۸] P. b. S. c. Ishan Purohit a “ ,Evaluating the potential of concentrating solar power generation in Northwestern India .۲۰۱۳ ,۱۷۵-۱۵۷(۲۰۱۳)۶۲ جلد ”, ,
- [۳۹] D. A. Baharoon“ ,Historical development of concentrating solar power technologies to generate clean electricity efficiently ”,*Renewable and Sustainable Energy Reviews* , ۴۱ جلد , p. 996 .۲۰۱۵ ,۱۰۲۷-
- [۴۰] F. I. f. S. E. Systems“ ,Study levelized cost of electricity renewable energies ”,Available from } :<http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf> , (May 2012.
- [۴۱] e. Gelman R “ ,Renewable Energy data book, 2012 ”,U.S. Department of Energy, 2012.
- [۴۲] A. R.Milbrandt“ ,Renewable energy potential on marginal lands in the United States ”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , ۴۸۱-۴۷۳ جلد ,p. 29, 2014 .
- [۴۳] S. A. Jaber“ ,Renewable Energy Policy Network for the 21st Century ”,REN21, 2007.
- [۴۴] Anthony Lopez“ ,U.S. Renewable Energy Technical Potentials: A GIS-Based Analysis ”, NREL, 2012.
- [۴۵] “National Renewable Energy Laboratory, 2012 ”,Available in: { <http://people.uwec.edu/jolhm/desertsouthwest/Posters/Reber%20Research%20Paper.pdf> }.

- [۴۶] “Concentrating Solar Power Projects by Project Name .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/by_project.cfm.
- [۴۷] “Solar Electric Generating Station I .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=28.
- [۴۸] “Solar Electric Generating Station II .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=29.
- [۴۹] “Solar Electric Generating Station III .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=30.
- [۵۰] “Solar Electric Generating Station IV .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=31.
- [۵۱] “Solar Electric Generating Station V .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=32.
- [۵۲] “Solar Electric Generating Station VI .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=33.
- [۵۳] “Solar Electric Generating Station VII .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=34.
- [۵۴] “Solar Electric Generating Station VIII .[درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=35.

- [۵۵] “Solar Electric Generating Station IX .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=36.
- [۵۶] “Solana Generating Station .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=23.
- [۵۷] “Mojave Solar Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=57.
- [۵۸] “Genesis Solar Energy Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=54.
- [۵۹] “Martin Next Generation Solar Energy Center .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=267.
- [۶۰] J. Mouawad“ ,The Newest Hybrid Model ”,The New York Times, 2010.
- [۶۱] “Nevada Solar One .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=20.
- [۶۲] “Stillwater GeoSolar Hybrid Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=4279.
- [۶۳] “Enel Press Release :Enel Green Power Expands Solar Capacity at Stillwater Hybrid Power Plant ”,
http://www.enelgreenpower.com/en%20GB/ena/events_news/press_releases/release.aspx?iddoc=1651272.

- [۶۴] “Lahontan Valley News :Enel Inaugurates Stillwater Solar-Geothermal Hybrid Plant ”,
<http://www.lahontanvalleynews.com/article/20120503/NEWS/120509971>.
- [۶۵] “CleanTechnica.com :World’s First Hybrid Solar-Geothermal Power Plant (in Nevada) ”,
<http://cleantechnica.com/2012/05/18/worlds-1st-hybrid-solar-geothermal-power-plant-in-nevada/>
- [۶۶] “Keahole Solar Power, LLC Announces New President .[درون خطی].”,Available:
<http://keaholesolarpower.com/news/>
- [۶۷] “Holaniku at Keahole Point .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=71.
- [۶۸] “Colorado Integrated Solar Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=75.
- [۶۹] “Saguaro Power Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=24.
- [۷۰] W. ZF“ ,Prospective for China's solar thermal power technology develop-ment ,p. ۳۵ جلد ۳۵,
 4417, 2010 .
- [۷۱] Y. Q. Chen GQ“ ,Non-renewable energy cost and greenhouse gas emission at a 1.5 MW
 solar power plant in China ”,*Renewable and Sustainable Energy Reviews* ,p. 1961–
 ۱۹۶۷ , ۲۰۱۰ .
- [۷۲] G. J“ „Solar thermal electricity generation EURELIOS, the 1 MW(e) helio- electric power

plant of the European Communities , جلد ۱ , p. 3 .۱۹۸۲ ,۱۹-

[۷۳] E. E. a. R. E. (EERE) “ ,Concentrating solar power energy from mirrors ” ,Available from :
{<http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/28751.pdf> } ,March 2001.

[۷۴] R. LG “ ,Final report on the power production phase of the 10 MW solar thermal central receiver pilot plant ” ,report SAND87-8022, Sandia National Laboratories, Radosevich LG.,
March 1988..

[۷۵] L. C. Kolb GJ “ ,Reliability of the Solar One Plant during the Power Production Phase ” ,
(Report SAND88-2664). Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.۱۹۸۸ ;

[۷۶] K. G. Alpert DJ “ ,Performance of the Solar One Power Plant as Simulated by the SOLERGY Computer Code ” ,.(Report SAND88-0321). Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories; , 1988 (April).

[۷۷] P. G. & .E. Company “ ,Solar central receiver technology advance-ment for electric utility applications ” ,— Phase 11Ctopicalreport.(Report 007.25-92.2), San Ramon, CA., Pacific Gas & Electric Company;1989.

[۷۸] S. J. W. R. G. J. Tyner CE “ ,Solar two: a molten salt power tower demonstration ” ,.
Available from :
{<http://large.stanford.edu/publications/power/references/docs/1605696.pdf> }.

[۷۹] F. S. Cohen G “ ,Ten years of solar power plant operation in the Mojave desert ” ,.
Washington DC, April 1997 .

- [۸۰] “Concentrating Solar Power Projects in the United States .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/by_country_detail.cfm/country=US.
- [۸۱] “BrightSource Coyote Springs 2 (PG&E 4 .[درون خطی].”,(Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=81.
- [۸۲] “BrightSource PG&E 5 .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=101.
- [۸۳] “BrightSource PG&E 6 .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=102.
- [۸۴] “Palen Solar Electric Generating System .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=53.
- [۸۵] “BrightSource Coyote Springs 1 (PG&E 3 .[درون خطی].”,(Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=80.
- [۸۶] “Ivanpah Solar Electric Generating System .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=62.
- [۸۷] “Rice Solar Energy Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=61.
- [۸۸] “Crescent Dunes Solar Energy Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=60.

- [۸۹] “Sierra SunTower .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=63.
- [90] K. SA, "Solar thermal collectors and applications," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 30, no. 3, p. 31–295, 2004.
- [۹۱] M. D. M. G. Burbidge D“ ,Stanwell thermal power project ”,Brisbane, Australia: Stanwell Corporation Limited, 2006.
- [۹۲] S. C“ ,The pioneering work on linear Fresnel reflector concentrators (Lfcs) in Italy ”,Italian Group for the History of Solar Energy , 2008.
- [۹۳] M. Mills D“ ,Compact linear Fresnel reflector solar thermal power plants ”,*Solar Energy* ,
 ۸۳– ۲۰۰۰ .p. 263 جلد ۳, شماره ۶۸
- [۹۴] “ECO .[درون خطی].”,Available: <http://www.ecobuilding-club.net/downloads/RTD/HelioDynamics.pdf>.
- [۹۵] “Kimberlina Solar Thermal Power Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=37.
- [۹۶] “Sundt Solar Boost Project .[درون خطی].”,Available:
http://www.areva.com/arevasolar/liblocal/docs/TEP-Sundt_Solar_Boost_%20Project-Keyfact.pdf.
- [۹۷] “Annual European Community Green- house Gas Inventory 1990 ۲۰۰۷—and Inventory Report ”,EEA, European Environment Agency, 2009.

- [۹۸] A. PIEBALGS “,establishing a template for National Renewable Energy Action Plans under Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council ”,Official Journal of the European Union, 2009.
- [۹۹] “MITyC, 2010. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Plan de energí’as renovables 2011 ”,۲۰۲۰–Pdf available in:{
http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_Espana_2010_2ed.pdf }.
- [۱۰۰] p.Fernandez و e. villicava“ ,The deployment of electricity generation from renewable energies in Germany and Spain: A comparative analysis based on a simple model ”,*Energy Policy* ,۲۰۱۳, ۵۶۲–۵۷۲, شماره ۵۷, ۲۰۱۳
- [۱۰۱] “RENEWABLE POLICY REVIEW SPAIN ”,pdf available in:{
http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Projcet_Documents/RES2020/SPAIN_RES__Policy_review__09_Final.pdf }.
- [۱۰۲] p. fenandez و et al“ ,The deployment of electricity generation from renewable energies in Germany and Spain: A comparative analysis based on a simple model ”,*Energy Policy* , جلد ۵۷, ۲۰۱۳, ۵۶۲–۵۷۲, شماره (۲۰۱۳),
- [۱۰۳] “Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) .[درون خطی].”,Available:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [۱۰۴] M. J. A. b. F. M.-A. a. Francisco G. Montoya a “ ,Renewable energy production in Spain: A review .۵۳۱–۵۰۹ (۲۰۱۴) ۳۳ جلد ”,

- [۱۰۵] “Solar electricity in a changing environment: The case of Spain ”, *Antonio Urbina* , جلد ۶۸ , شماره ۳, pp. 264-269, 2014 .
- [۱۰۶] Watson “ ,Available on-line at: <http://www.boe.es/boe/dias/2012/01/28/pdfs/BOE-A-2012-1310.pdf>; 2012 ”, Spain: New renewables, 2012.
- [۱۰۷] “Spanish Government Resolutions about new regulations for the electricity market (BOE 9th August 2013) ”, Available on-line at: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/08/09/pdfs/BOE-A-2013-8826.pdf>;, 2013.
- [۱۰۸] Antonio Urbina “ ,Solar electricity in a changing environment: The case of Spain, 68 (2014) 264-269 .”
- [۱۰۹] M. R. Denholm P “ ,Evaluating the limits of solar photovoltaics (PV) in traditional electric power systems ”, *Energy Policy* , جلد ۳۵ , ۲۰۰۷ .
- [۱۱۰] F. D. M. G. Solomon AA “ ,An energy-based evaluation of the matching possibilities of very large photovoltaic plants to the electricity grid: Israel as a case study ”, *Energy Policy* , جلد ۳۸ , ۲۰۱۰ ., p. 5457e68 .
- [۱۱۱] “Solaben 1 [درون خطی].” Available: http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=230.
- [۱۱۲] “Solaben 2 [درون خطی].” Available: http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=231.

- [۱۱۳] “Solaben 3 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=232.
- [۱۱۴] “Solaben 6 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=233.
- [۱۱۵] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Itochu>.”
- [۱۱۶] “ABACUS [درون خطی].”, Available:
<http://www.abacuspm.com/web/en/acerca/teyma/index.html>.
- [۱۱۷] “Solnova 1 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=21.
- [۱۱۸] “Solnova 3 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=22.
- [۱۱۹] “Solnova 4 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=25.
- [۱۲۰] “Abener [درون خطی].”, Available:
<http://www.abener.es/web/en/acerca/quienessomos/compania/>
- [۱۲۱] “Andasol-1 [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=3.
- [۱۲۲] “Andasol-2 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=4.

[۱۲۳] “Andasol-3 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=117.

[۱۲۴] “http://en.wikipedia.org/wiki/Grupo_ACS”, pdf available in: {

http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/Companies/IRJ_January10_ACS_Cobra.pdf}.

[۱۲۵] “sener [درون خطی].”, Available: <http://www.sener.es/inicio/es>.

[۱۲۶] “Ferrostaal [درون خطی].”, Available: <http://www.ferrostaal.com/>

[۱۲۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Millennium.”

[۱۲۸] “RWE Corporate Website [درون خطی].”, Available:

<https://www.rwe.com/web/cms/en/8/rwe/>

[۱۲۹] “power by experince [درون خطی].”, Available:

<http://www.dfdurofelguera.com/index.asp?MP=8&MS=29>.

[۱۳۰] “Extresol-1 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=10.

[۱۳۱] “Extresol-2 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=11.

[۱۳۲] “Extresol-3 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=14.

[۱۳۳] “Palma del Río I. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=16.

[۱۳۴] “Palma del Río II. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=6.

[۱۳۵] “Manchasol-1. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=7.

[۱۳۶] “Manchasol-2. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=8.

[۱۳۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n_Fenosa.”

[۱۳۸] “Arcosol 50. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=12.

[۱۳۹] “Termesol 50. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=13.

[۱۴۰] “http://en.wikipedia.org/wiki/Torresol_Energy.”

[۱۴۱] “Helioenergy 1. [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=210.

- [۱۴۲] “Helioenergy 2. [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=212.
- [۱۴۳] “UK Energy Supplier & Energy Company. [درون خطی].”, Available:
<https://www.eonenergy.com>.
- [۱۴۴] “Aste 1A. [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=215.
- [۱۴۵] “Aste 1B. [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=217.
- [۱۴۶] “elecnor. [درون خطی].”, Available: <http://www.elecnor.com/en/>
- [۱۴۷] “Aries. [درون خطی].”, Available: <http://www.aries.com.es/>
- [۱۴۸] “http://en.wikipedia.org/wiki/ABN_AMRO.”
- [۱۴۹] “Solacor 1. [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=223.
- [۱۵۰] “Solacor 2. [درون خطی].”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=224.
- [۱۵۱] “http://en.wikipedia.org/wiki/JGC_Corporation.”
- [۱۵۲] “Renewable energy company focused on solar technologies. [درون خطی].”, Available:

<http://www.hyperion-st.com>.

[۱۵۳] “Helios I .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=47.

[۱۵۴] “Helios II .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=48.

[۱۵۵] “http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_Castilla-La_Mancha.”

[۱۵۶] “blommberg business .[درون خطی].”,Available:

<http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=206589581>.

[۱۵۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Red_El%C3%A9ctrica_de_Espa%C3%B1a.”

[۱۵۸] “Termosol 1 .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=238.

[۱۵۹] “Termosol 2 .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=239.

[۱۶۰] “http://en.wikipedia.org/wiki/NextEra_Energy_Resources.”

[۱۶۱] “http://en.wikipedia.org/wiki/Florida_Power_%26_Light.”

[۱۶۲] “Florida Power & Light Company .[درون خطی].”,Available: <http://www.fpl.com/>

- [۱۶۳] “EL REBOSO II 50-MW Solar Thermal Power Plant .[درون خطی].”,Available:
www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=49.
- [۱۶۴] “EL REBOSO III 50-MW Solar Thermal Power Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=50.
- [۱۶۵] “http://es.wikipedia.org/wiki/Bogaris.”
- [۱۶۶] “Ibersol Ciudad Real (Puertollano) .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=18.
- [۱۶۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Instituto_para_la_Diversificaci%C3%B3n_y_Ahorro_de_la_Energ%C3%ADa.”
- [۱۶۸] “http://en.wikipedia.org/wiki/Iberdrola_Renovables.”
- [۱۶۹] “La Risca .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=5.
- [۱۷۰] “http://es.wikipedia.org/wiki/Seridom.”
- [۱۷۱] L. Florida .[درون خطی]. Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=27.
- [۱۷۲] “SAMCA Group .[درون خطی].”,Available: http://www.samca.com/castellano/home.php.
- [۱۷۳] “Majadas I .[درون خطی].”,Available:

www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=9.

[۱۷۴] “La Dehesa [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=26.

[۱۷۵] “Lebrija 1 [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=17.

[۱۷۶] “Company Overview of Solucia Renovables 1, S.L. [درون خطی].”, Available:

<http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=144405564>.

[۱۷۷] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Siemens>.”

[۱۷۸] “<http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=99988619>.”

[۱۷۹] “Astexol II [درون خطی].”, Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=229.

[۱۸۰] “<http://www.elecnor.com/en/>.”

[۱۸۱] “ARIES [درون خطی].”, Available: <http://www.aries.com.es/>

[۱۸۲] “ABN Amro group [درون خطی].”, Available: <http://www.abnamro.com/en/index.html>.

[۱۸۳] “http://en.wikipedia.org/wiki/ABN_AMRO.”

- [۱۸۴] “Morón .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=227.
- [۱۸۵] “La Africana .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=236.
- [۱۸۶] “Grupo Ortiz today .[درون خطی].”,Available: <http://www.grupoortiz.com/en/about-us/grupo-ortiz-today>.
- [۱۸۷] “TSK grupo .[درون خطی].”,Available: <http://en.grupotsk.com/p/history>.
- [۱۸۸] “Aerospace Technology Park of Andalusia .[درون خطی].”,Available:
http://www.aeropolis.es/magtel_ee15.html.
- [۱۸۹] “fcc citizen services .[درون خطی].”,Available: <http://www.fcc.es/energia/index.html>.
- [۱۹۰] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Mitsui>.”
- [۱۹۱] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Abantia>.”
- [۱۹۲] “Olivenza 1 .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=228.
- [۱۹۳] “Orellana .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=237.
- [۱۹۴] “Enerstar .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=234.

[۱۹۵] “Arenales .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=241.

[۱۹۶] “Application Guidelines for the Alternative Energy Technologies Program ”,Pdf available

in: { <http://aea.nt.ca/files/download/9144e0ef5c0cf9c> }, 2014.

[۱۹۷] “Ohl Energy .[درون خطی].”,Available: <http://ohlenergy.com/en/>

[۱۹۸] “Company Overview of Ecolaire España, S.A .[درون خطی].”,Available:

<http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=397640>
10.

[۱۹۹] “Casablanca .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=240.

[۲۰۰] “Borges Termosolar .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=242.

[۲۰۱] “COMSA EMTE .[درون خطی].”,Available:

<http://www.comsaemte.com/wps/portal/ComsaEmteWP>.

[۲۰۲] “http://en.wikipedia.org/wiki/COMSA_EMTE.”

[۲۰۳] “Planta Solar 20 .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=39.

- [۲۰۴] “Gemasolar Thermosolar Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=40.
- [۲۰۵] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Masdar>.”
- [۲۰۶] “Planta Solar 10 .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=38.
- [۲۰۷] “http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=46.”
- [۲۰۸] “Puerto Errado 2 Thermosolar Power Plant .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=159.
- [۲۰۹] “http://en.wikipedia.org/wiki/Novatec_Solar.”
- [۲۱۰] “http://de.wikipedia.org/wiki/EBL_%28Genossenschaft_Elektra_Baselland%29.”
- [۲۱۱] “<http://de.wikipedia.org/wiki/IWB>.”
- [۲۱۲] “renovalia energy .[درون خطی].”,Available: <http://en.renovalia.com>.
- [۲۱۳] B.-H. b. JawaherAl-Amir a“ ,Strategies and policies from promoting the use of renewable energy resource in the UAE ”,*EnergyReviews* ,جلد ۲۰۱۳ ,p. 660 .۲۰۱۳ ,۶۶۷-
- [۲۱۴] “MASDAR INSTITUTE, IRENA AND STAKEHOLDERS OFFICIALLY RELEASE UAE SOLAR ATLAS AT RIO 20 EARTH SUMMIT .[درون خطی].”,Available:
http://www.uaeinteract.com/docs/Masdar_Institute,_IRENA_and_stakeholders_officially_release_UAE_Solar_Atlas_at_Rio_20_Earth_Summit_/50032.htm.

- [۲۱۵] B.-H. b. JawaherAl-Amir a“ ,Strategies and policies from promoting the use of renewable energy resource in the UAE ”, *EnergyReviews* ,۲۶ جلد ,p. 660 .۲۰۱۳ ,۶۶۷–
- [۲۱۶] k. patizianas, H. Doukas و J. Psarras“ ,Enhancing renewable energy in the Arab States of the gulf: constraints & efforts ”, *Energy Policy* ,۱۸ شماره ,۳۴ جلد ,p. 3719 .۲۰۰۶ ,۳۷۲۶–
- [۲۱۷] N. Toufic Mezher, GihanDawelbait و Z. Abbas“ ,Renewable energy policy options for Abu Dhabi: Drivers and barriers ”, *Energy Policy* ,۴۲ جلد ,p. 315 .۲۰۱۲ ,۳۲۸–
- [۲۱۸] G. Toufic Mezher n“ ,Renewable energy policy options for Abu Dhabi: Drivers and barriers ”, *Energy Policy* 42 (2012) 315 .۳۲۸–
- [۲۱۹] “CIA, World Factbook: GDP Per Capita, July 2009, accessed February 2 ”, ,
><https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>.۲۰۱۰ ,<
- [۲۲۰] Yamada“ ,International Comparison of Electric Service Tariffs, accessed ”,
><http://eneken.ieej.or.jp/data/en/data/pdf/149.pdf>.۲۰۱۰ ,<
- [۲۲۱] “Shams 1 .[درون خطی]”, Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=69.
- [۲۲۲] “masdar a mubadala company .[درون خطی]”, Available: <http://www.masdar.ae>.
- [۲۲۳] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Masdar>.”
- [۲۲۴] “http://en.wikipedia.org/wiki/Abengoa_Solar.”

- [۲۲۵] “http://en.wikipedia.org/wiki/Total_S.A.”
- [۲۲۶] “Abacus Project Management .[درون خطی].”, Available:
<http://www.abacuspm.com/web/en/acerca/teyma/index.html>.
- [۲۲۷] K. Kapoor و et al “,Evolution of solar energy in India: A review ”, *EnergyReviews* ,جلد ۴۰ ,p. 475-487, ۲۰۱۴.
- [۲۲۸] “IPCC. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. New York: Cambridge University Press; 2012 ”, Pdf available in: { https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf }.
- [۲۲۹] S. V. Pandey S “ ,Determinants of success for promoting solar energy in India ”, *Renewable Sustainable Energy Review* ,جلد ۱۶ ,p. 3593-3602, ۲۰۱۲.
- [۲۳۰] K. K. Kumar A “ ,Renewable energy in India: current status & future potentials ”, *Renew Sustain Energy Rev* ,جلد ۱۴ ,p. 2434-2440, ۲۰۱۰.
- [۲۳۱] T. P. Sharma NK “ ,Solar Energy in India: strategies, policies, perspectives & future potential ”, *Renew Sustain Energy Rev* ,جلد ۱۶ ,p. 933-941, ۲۰۱۱.
- [۲۳۲] “MNRE. About Us .[درون خطی].”, Available } :www.mnre.gov.in] ۲۰۱۴ ; {accessed 20.02.14.[
- [۲۳۳] “Planning Commission, History .[درون خطی].”, Available :
{www.planningcommission.gov.in] ۲۰۱۲ ; {accessed 2.06.13.[
- [۲۳۴] E. S. M.-M. M. M. F. T. M. A. E. e. Hernandez RR “ ,Environmental impacts of utility-

- scale solar energy ”, *Renew Susstain Energy Rev*, ۲۹ جلد , p. 766 .۲۰۱۴ ,۷۹–
- [۲۳۵] E. M.-M. M. T. M. A. E. e. Hernandez RR“ ,Environmental impacts of utility-scale solar energy ”, *Renew Susstain Energy Rev*, ۲۹ جلد , p. 766 .۲۰۱۴ ,۷۹–
- [۲۳۶] E. M. Kinab E“ ,Renewable energy use in Lebanon: barriers and solutions ”, *Renew Sustain Energy Rev*, ۱۶ جلد , p. 4422 .۲۰۱۲ ,۳۱–
- [۲۳۷] E. Oikonomou و et al“ ,Renewable energy sources (RES) projects and their barriers on a regional scale: the case study of wind Parks in the Dodecanese islands, Greece ”, *Energy Policy*, ۱۱ شماره , ۳۷ جلد , p. 4874 .۲۰۰۹ ,۸۳–
- [۲۳۸] A.-B. AH“ ,Assessment of renewable energy resources potential in Oman & identification of barrier to their significant utilization ”, *Renew Sustain Energy Rev*, ۱۳ جلد , p. 2734 ,۹– .۲۰۰۹
- [۲۳۹] R. J. Martin NJ“ ,Developing renewable energy supply in Queensland, Australia: a study of the barriers, targets, policies and actions ”, *Renew Energy*, ۴۴ جلد , p. 119 .۲۰۱۲ ,۲۷–
- [۲۴۰] C. J. Effendi P“ ,Political aspects of innovation: Examining renewable energy in Australia ”, *Renew Energy*, ۳۸ جلد , p. 245 .۲۰۱۲ ,۵۲–
- [۲۴۱] F. T“ ,UK innovation systems for new & renewable energy technologies: drivers, barriers & system failures ”, *Energy Policy*, ۳۳ جلد , p. 2123 .۲۰۰۵ ,۳۷–
- [۲۴۲] D. G. A. Z. Mezher T“ ,Renewable energy policy options for Abu Dhabi: drivers and

- barrier ”, *Energy Policy*, جلد ۴۲, p. 315. ۲۰۱۲, ۲۸–
- [۲۴۳] G. M“ „The Real Issues of Solar Energy in India ”, *The Real Issues of Solar Energy in India*, جلد ۶ شماره ۳, p. 191. ۲۰۰۰, ۲۰۶–
- [۲۴۴] G. Timilsina و et al“ „Solar energy: markets, economics and policies ”, *Renew Sustain Energy Rev*, جلد ۱۶, p. 449. ۲۰۱۲, ۶۵–
- [۲۴۵] C. Nalan و et al“ „Renewable energy market conditions & barriers in Turkey ”, *Renew Sustain Energy Rev*, جلد ۱۳, p. 1428. ۲۰۰۹, ۳۶–
- [۲۴۶] P. MB“ „Reducing institutional barriers to solar energy through the use of cooperatively-owned solar energy systems ”, *Energy*, جلد ۴, p. 383. ۱۹۷۹, ۹۲–
- [۲۴۷] B. C. F. J. W. L. Byrnes L“ „Australian Renewable Energy Policy: Barriers and Challenges ”, *Renewable Energy*, جلد ۶۰, p. 2013, 711. ۷۲۱–
- [۲۴۸] J. T. Oliver M“ „The market for solar photovoltaics ”, *Energy Policy*, شماره ۷, جلد ۲۷, p. ۳۷۱–. ۱۹۹۹, ۳۸۵
- [۲۴۹] S. P. G. R. P. Ghosh D“ „Renewable energy technologies for the Indian power sector: mitigation potential and operational strategies ”, *Renew Sustain Energy Rev*, جلد ۶, p. 481–. ۲۰۰۲, ۵۱۲
- [۲۵۰] M. E. Beck F“ „Renewable energy policies & barriers ”, *EncyclEnergy*, جلد ۵, p. 365. ۸۳–. ۲۰۰۴

- [۲۵۱] B. Taelle و et al“ ,Grid electrification challenges, photovoltaic electrification progress and energy sustainability in Lesotho ”,*Renew Sustain Energy Rev* ,۱۶ جلد ,p. 973 .۲۰۱۲ ,۸۰—
- [۲۵۲] B. A. Z. G. Bhutto AW“ ,Greener energy: Issues and challenges for Pakistan—Solar energy prospective ”,*Renew Sustain Energy Rev* ,۱۶ جلد , p. 2762 .۲۰۱۲ ,۸۰—
- [۲۵۳] S. L. C. S. Zhang X“ ,The diffusion of solar energy use in HK: what are the barriers ” ,*Energy Policy* ,۴۱ جلد , p. 241 .۲۰۱۲ ,۹—
- [۲۵۴] M. E“ „Renewable energy in Russia: markets,development and technology transfer ” ,*Renewable energy in Russia: markets,development and technology transfer* , ۱ شماره ۳ , جلد ۳ , p. ۱۹۹۹ ,۷۵—۴۹ .
- [۲۵۵] “http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_thermal_power_stations.”
- [۲۵۶] “Concentrating Solar Power Projects in India .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/by_country_detail.cfm/country=IN.
- [۲۵۷] “Diwakar .[درون خطی].”,Available:
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=258.
- [۲۵۸] “LANCO .[درون خطی].”,Available:
<http://www.lancogroup.com/DynTestform.aspx?pageid=43>.
- [۲۵۹] “NTPC Vidyut vyapar nigram limited .[درون خطی].”,Available: <http://nvvn.co.in/>
- [۲۶۰] “KVK Energy Solar Project .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=260.

[۲۶۱] “powering in the nation .[درون خطی].”,Available: <http://www.kvkenergy.com/>.

[۲۶۲] “Megha Solar Plant .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=264.

[۲۶۳] “meil .[درون خطی].”,Available: <http://www.meil.in/about.html>.

[۲۶۴] “Godawari Solar Project .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=247.

[۲۶۵] “Godawari Green Energy Limited .[درون خطی].”,Available:

<http://hiragroupindia.com/companies/godawari-green-energy-limited/>.

[۲۶۶] “Lauren Jyoti .[درون خطی].”,Available: <http://www.laurenjyoti.com/>.

[۲۶۷] “Abhijeet Solar Project .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=254.

[۲۶۸] “abhijeet .[درون خطی].”,Available: <http://www.abhijeet.in/project.php?mid=6&did=8>.

[۲۶۹] “Gujarat Solar One .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=263.

[۲۷۰] “cargo power & infrastructure .[درون خطی].”,Available: <http://www.cpil.co.in/>.

[۲۷۱] “Lauren Bharat Engineers Private Limited .[درون خطی].”,Available:

<http://www.laurenbharat.com/>

[۲۷۲] “http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=279.”

[۲۷۳] “http://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Institute_of_Technology_Bombay.”

[۲۷۴] “ACME Solar Tower .[درون خطی].”,Available:

http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=262.

[۲۷۵] “<http://www.acme.eu/en-us/about-us>.”

[۲۷۶] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Areva>.”

[۲۷۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Germany.”

[۲۷۸] “Deutschland Statistisches Bundesamt. Fakten zur Bevölkerung in. 2012.”

[۲۷۹] “Ausgewählte Ergebnisse ”,www.destatis.de, 2013.

[۲۸۰] T. Allen“ ,Euro area unemployment rate at 11.2% ”,eurostat, 2015.

[۲۸۱] “http://fa.wikipedia.org/wiki/فهرست_کشورها_بر_پایه_صادرات.”

[۲۸۲] “National Renewable Energy Action Plan ”,Federal Republic of Germany, 2009.

[۲۸۳] “Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB) .[درون خطی].”,Available: <http://www.bmub.bund.de/en/legal-information/>

[۲۸۴] “German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy .[درون خطی].”,Available:

<http://www.bmwi.de>.

[۲۸۵] “Federal Ministry of Food and Agriculture .[درون خطی]”, Available: www.bmelv.de.

[۲۸۶] “<http://www.bmbf.de>.”

[۲۸۷] ۲۰۳۰ “framework for climate and energy policies ”, climate action, 2014.

[۲۸۸] P. Brown “ „European Union Wind and Solar Electricity Policies: Overview and Considerations ”, Specialist in Energy Policy, , 2013.

[۲۸۹] “EU Incentives—Leaner but Also Smarter ”, Bloomberg New Energy Finance, 2013.

[۲۹۰] M. Fulton “ „The German Feed-in Tariff recent policy changes ”, Global heat and climate change investment research, New York, September 2012.

[۲۹۱] “German EEG ”, http://en.wikipedia.org/wiki/German_Renewable_Energy_Act.

[۲۹۲] “Energy Policies of IEA Countries ”, International Energy Agency, , 2013.

[۲۹۳] Bohme D “ „Renewable energy sources in figures: national and international development ”, *Renewable Energy*, p. 75 .۲۰۱۲ ,

[۲۹۴] “Renewable Energy Statistics in Germany ”, Working group on renewable energies statistics, 2004.

[۲۹۵] I. E. Agency “ „Turkey review ”, International Energy Agency, 2009.

[۲۹۶] I. OZTURK “ „ENERGY DEPENDENCY AND ENERGY SECURITY: THE ROLE OF

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES ”,International

Growth center, turkey, 2014.

- [۲۹۷] I. A. a. M. Dutz“ ,Competition and Regulatory Reform in the Turkish Electricity Industry ”, available in: {<http://myweb.sabanciuniv.edu/izak/files/2008/10/atiyas-dutz-electricity-2004.pdf>}, 2012.
- [۲۹۸] A. Bayraktar“ ,Renewable Energy Regulations and Incentives in Turkey ”,Energy Market Regulatory Authority, Trukey, 2011.
- [۲۹۹] M. Gözen“ ,Renewable Energy Support Mechanism in Turkey: Financial Analysis and ”, *International Journal of Energy Economics and Policy* ,pp. 274-287, 2014 .
- [۳۰۰] M. O. E. A. N. R. MENR“ ,strategic plan 2010-2014 ”,MINISTRY OF ENERGY AND NATURAL Resources, turkey, 2010.
- [۳۰۱] K. Kaygusuz“ ,Prospect of concentrating solar power in Turkey: The sustainable future ”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , شماره ۱, جلد ۱۵, pp. 808-814, 2011 .
- [۳۰۲] “ANEL EXPERIENCE IN UTILIZING THE TURKISH SOLAR POWER POTENTIAL ”, Business Development Manager, 2009.
- [۳۰۳] “Anel Electronics Services to give life to electronics .[درون خطی].”,Available: www.aneles.com.tr.
- [۳۰۴] “www.datatsp.com.”

- [۳۰۵] “Fotovoltaik Gunes Panell .[درون خطی].”,Available: www.tera-solar.com.
- [۳۰۶] “the Solar Foundation ”,www.tsfcensus.org, 2015.
- [۳۰۷] “http://en.wikipedia.org/wiki/Acciona_Energy.”
- [۳۰۸] “<http://en.wikipedia.org/wiki/Solel>.”
- [۳۰۹] EMRA “ ,Law on Utilization of Renewable Energy Resources for the Purpose of Generating Electrical Energy ”,Energy Market Regulatory Authority, turkey, 2005.
- [۳۱۰] “unit juggler .[درون خطی].”,Available: <https://www.unitjuggler.com/convert-energy-from-ktoe-to-kWh.html>.

فهرست مطالب

۱. تبیین چشم انداز	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۱,۱ مقدمه.....	۱
۲,۱ چارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۲
۱,۲,۱ تعریف چشم انداز.....	۲
۲,۲,۱ ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب.....	۴
۳,۲,۱ ضرورت تدوین چشم‌انداز.....	۵
۴,۲,۱ انواع چشم‌اندازها.....	۷
۵,۲,۱ روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۹
۶,۲,۱ الگوسازی در جهت تحقق چشم‌انداز.....	۱۳
۳,۱ فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز.....	۱۴
۱,۳,۱ نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی.....	۱۶
۲,۳,۱ نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوریهای انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی).....	۲۵
۴,۱ تبیین چارچوب بیانیه و ارائه پیشنهادی اولیه چشمانداز.....	۶۱
۵,۱ شناسایی ابعاد بیانیه چشم انداز.....	۶۱
۶,۱ نظرات کمیته راهبری در مورد پیشنهادی اولیه چشمانداز.....	۶۲
۷,۱ بیانیه نهایی چشمانداز.....	۶۳
۲. تدوین اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوریهای انرژی خورشیدی.....	۶۴

۶۴	۱,۲ مقدمه.....
۶۷	۲,۲ روش‌شناسی تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی.....
۶۹	۲,۳ نکات کلیدی اسناد بالادستی.....
۷۰	۳,۳ مطالعات تطبیقی در مورد اهداف کلان کشورها در حوزه فتوولتائیک و سیستم‌های حرارتی CSP.....
۸۵	۵,۲ نکات مهم استخراج‌شده از بیانیه چشمانداز.....
۸۷	۶,۲ تعیین حوزه‌های کاربردی مرتبط با دستاوردهای مختلف.....
۸۸	۷,۲ تعیین فناوری‌های مختلف مورد استفاده در حوزه‌های کاربردی.....
۸۹	۸,۲ پیشنهاد اولیه اهداف کلان.....
۸۹	۹,۲ نظرات کمیته راهبری در خصوص پیشنهاد اولیه اهداف.....
۹۰	۱۰,۲ اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی.....
۹۱	۳. تدوین راهبردها.....
۹۲	۱,۳ اولویت‌بندی فناوری‌ها (جهت تعیین راهبردهای پورتفولیو).....
۹۴	۱,۱,۳ شناسایی متخصصین.....
۹۷	۲,۱,۳ شناسایی حوزه‌های فناورانه.....
۹۹	۳,۱,۳ بررسی چرخه عمر حوزه‌های فناورانه منتخب.....
۱۰۰	۴,۱,۳ تعیین جذابیت و قابلیت.....
۱۰۶	۵,۱,۳ اولویت‌بندی فناوری‌های انرژی خورشیدی بر اساس دو شاخص جذابیت و توانمندی.....
۱۵۶	۲,۳ سبک اکتساب فناوری‌ها (جهت تعیین راهبردهای هدایتی).....
۱۶۰	۱,۲,۳ تعیین سبک اکتساب فناوری‌های انرژی خورشیدی.....

فهرست جداول

- جدول ۱: عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده. _____ ۲۴
- جدول ۲: پنج کشور برتر دنیا بر مبنای سرمایه‌گذاری سالانه/ظرفیت خالص اضافه شده/ تولید در ۲۰۱۳ _____ ۲۵
- جدول ۳: پنج کشور برتر دنیا بر اساس تولید برق یا حرارت تا پایان سال ۲۰۱۳ _____ ۲۶
- جدول ۴: روند نصب و بازار سالانه آمریکا _____ ۳۱
- جدول ۵: میزان مصرف نهایی انرژی برای هر سناریو از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ _____ ۳۷
- جدول ۶: میزان تولید برق خورشیدی با جزییات ظرفیت و نرخ اشغال زمین در کشورهای PVPS آژانس بین‌المللی انرژی _____ ۴۳
- جدول ۷: تخصیص بودجه BMU به تحقیقات در زمینه فتوولتائیک _____ ۴۴
- جدول ۸: سهم انواع انرژی در سبد انرژی ترکیه _____ ۴۷
- جدول ۹: ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر در منطقه منا (مگاوات) _____ ۵۳
- جدول ۱۰: کل اهداف در زمینه سهم انرژی تجدیدپذیر در کشورهای منا _____ ۵۵
- جدول ۱۱: اهداف ظرفیتی انرژی‌های تجدیدپذیر براساس فناوری در کشورهای منا _____ ۵۶
- جدول ۱۲: اهداف آبگرم خورشیدی در کشورهای منطقه منا _____ ۵۷
- جدول ۱۳: سیاست‌های حمایتی گرمایش و سرمایش در کشورهای منا _____ ۶۰
- جدول ۱۴: ابعاد بیانیه چشم انداز _____ ۶۲
- جدول ۱۵: اعضای کمیته راهبری نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۹۵
- جدول ۱۶: اعضای کمیته راهبری نسل سوم فتوولتائیک _____ ۹۵
- جدول ۱۷: اعضای کمیته راهبری سیستم‌های حرارتی _____ ۹۵
- جدول ۱۸: اعضای کمیته راهبری جامع خورشیدی (نسل‌های اول، دوم و سوم فتوولتائیک و سیستم‌های حرارتی) _____ ۹۶

- جدول ۱۹: سطوح توانمندی فناوری‌های دوره معرفی و اوایل رشد _____ ۱۰۵
- جدول ۲۰: سطوح توانمندی فناوری‌های اواخر دوره رشد و بلوغ _____ ۱۰۵
- جدول ۲۱: معیارهای سطح اول و سطح دوم اولویتبندی فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۰۸
- جدول ۲۲: فهرست پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌های فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۱۲
- جدول ۲۳: اهمیت معیارهای جذابیت سطح اول برای فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۱۳
- جدول ۲۴: وزن‌های نهایی بدست آمده برای زیرمعیارهای مختلف مورد بررسی - سطح دوم _____ ۱۱۴
- جدول ۲۵: تغییر روند بازدهی CPV بر اساس گزارش IRENA 2013 _____ ۱۱۹
- جدول ۲۶: بازدهی‌های مقیاس‌های مختلف فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۲۱
- جدول ۲۷: پیش‌بینی آینده بازدهی فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۲۲
- جدول ۲۸: جدول مقایسه زمانی بازدهی سلول‌های لایه نازک _____ ۱۲۲
- جدول ۲۹: پیش‌بینی طول عمر سلول‌های سیلیکونی در سال‌های آینده بر اساس گزارش IRENA _____ ۱۲۵
- جدول ۳۰: زمان بازگشت سرمایه سلول‌های سیلیکونی بر اساس گزارش IRENA _____ ۱۲۵
- جدول ۳۱: پیش‌بینی روند تغییر هزینه اولیه فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۲۶
- جدول ۳۲: هزینه ترازشده و متوسط هزینه ماژول‌های مختلف فتوولتائیک بر اساس گزارش Pernick and Wilder _____ ۱۲۹
- جدول ۳۳: خلاصه اطلاعات کمی مورد استفاده _____ ۱۳۶
- جدول ۳۴: معیارهای سطح اول و سطح دوم اولویت‌بندی فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی _____ ۱۴۳
- جدول ۳۵: فهرست پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌های فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی _____ ۱۴۶
- جدول ۳۶: اهمیت معیارهای جذابیت سطح اول برای فناوری‌های حرارتی خورشیدی _____ ۱۴۷
- جدول ۳۷: مقایسه میزان راندمان و مقدار آب مورد نیاز برای خنک‌کاری سیستم‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی _____ ۱۴۸

جدول ۳۸: زمین مورد نیاز برای انواع فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر _____ ۱۴۹

جدول ۳۹: معرفی نام اختصاری فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی _____ ۱۴۹

جدول ۴۰: تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک نیروگاه سهموی خطی ۵۰ مگاواتی در سال ۲۰۱۰ _____ ۱۵۲

جدول ۴۱: پیش‌بینی مواد مورد نیاز سالانه برای CSP با فرض حداکثر تابش خورشید (GW/year) _____ ۱۵۳

جدول ۴۲: پیش‌بینی تفکیکی هزینه‌های احداث نیروگاه‌های سهموی خطی و برج خورشیدی در سال‌های آتی

_____ ۱۵۵

جدول ۴۳: سبک اکتساب فناوری‌های مختلف انرژی خورشیدی _____ ۱۶۰

فهرست تصاویر

- شکل ۱: شکل بررسی نشانه‌های نیاز به تدوین چشم‌انداز جدید و یا اصلاح آن _____ ۷
- شکل ۲: بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز _____ ۸
- شکل ۳: گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب _____ ۱۲
- شکل ۴: الگوسازی جهت تحقق چشم‌انداز _____ ۱۳
- شکل ۵: الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده‌سازی چشم‌انداز _____ ۱۴
- شکل ۶: روش‌شناسی خلق چشم‌انداز _____ ۱۵
- شکل ۷: کاهش قیمت فتولتاییک در جهت افزایش بهره‌برداری از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۱ _____ ۳۰
- شکل ۸: درصد فناوری‌های مختلف تولید برق در نیروگاه‌های مورد بهره‌برداری _____ ۳۲
- شکل ۹: درصد فناوری‌های مختلف تولید برق در نیروگاه‌های در حال ساخت _____ ۳۲
- شکل ۱۰: سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان _____ ۳۸
- شکل ۱۱: سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۰۵ _____ ۳۹
- شکل ۱۲: پیش‌بینی سهم انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۲۰ _____ ۳۹
- شکل ۱۳: نصب سالانه فوتولتاییک (گیگاوات در سال) _____ ۴۱
- شکل ۱۴: نصب تجمعی فوتولتاییک (گیگاوات در سال) _____ ۴۲
- شکل ۱۵: متوسط نرخ رشد سالانه تولید برق براساس منبع در منطقه منا در سال‌های ۲۰۰۸ - ۲۰۱۱ _____ ۵۱
- شکل ۱۶: ویژگی‌های اهداف کلان _____ ۶۶
- شکل ۱۷: روش پیشنهادی برای تدوین اهداف کلان _____ ۶۹
- شکل ۱۸: تعداد مقالات در زمینه Perovskite در کشورهای هدف _____ ۷۱
- شکل ۱۹: تعداد مقالات در زمینه Dye در کشورهای هدف _____ ۷۲

- شکل ۲۰: تعداد مقالات در زمینه Inorganic در کشورهای هدف _____ ۷۲
- شکل ۲۱: تعداد مقالات در زمینه Organic در کشورهای هدف _____ ۷۳
- شکل ۲۲: تعداد مقالات در زمینه Silicon در کشورهای هدف _____ ۷۴
- شکل ۲۳: تعداد مقالات در زمینه CdTe در کشورهای هدف _____ ۷۴
- شکل ۲۴: تعداد مقالات در زمینه Multi Junction در کشورهای هدف _____ ۷۵
- شکل ۲۵: تعداد مقالات در زمینه Silicon در کشورهای هدف _____ ۷۵
- شکل ۲۶: تعداد مقالات در زمینه PTC در کشورهای هدف _____ ۷۶
- شکل ۲۷: تعداد مقالات در زمینه Heliostat در کشورهای هدف _____ ۷۶
- شکل ۲۸: تعداد مقالات در زمینه Stirling در کشورهای هدف _____ ۷۷
- شکل ۲۹: تعداد مقالات در زمینه Chimney در کشورهای هدف _____ ۷۷
- شکل ۳۰: سناریوی کشور چین (MW) _____ ۷۸
- شکل ۳۱: سناریوی کشور هند (MW) _____ ۷۹
- شکل ۳۲: سناریوی کشور اسرائیل (MW) _____ ۷۹
- شکل ۳۳: نیروگاه‌های PV و ظرفیتهای تولید از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۲ (MW) _____ ۸۰
- شکل ۳۴: پتانسیل تولید PV تا سال ۲۰۱۷ _____ ۸۱
- شکل ۳۵: سرمایه‌گذاری در بخش PV در طول دهه‌های مختلف _____ ۸۱
- شکل ۳۶: تعداد کارخانه‌های سازنده ماژول _____ ۸۲
- شکل ۳۷: تعداد کارخانه‌های سازنده ویفر _____ ۸۳
- شکل ۳۸: تعداد کارخانه‌های سازنده شیشه _____ ۸۳
- شکل ۳۹: تعداد کارخانه‌های سازنده سیلیکون سولار گرید _____ ۸۴

- شکل ۴۰: نسبت راهبردهای پورتفولیو و هدایتی با یکدیگر _____ ۹۱
- شکل ۴۱: گام‌های تدوین راهبرد پورتفولیو _____ ۹۴
- شکل ۴۲: درخت اصلی فناوری انرژی خورشیدی _____ ۹۸
- شکل ۴۳: ماتریس جذابیت - توانمندی (امکانپذیری) _____ ۱۰۶
- شکل ۴۴: زیرفناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک _____ ۱۰۸
- شکل ۴۵: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی سرریز دانشی _____ ۱۱۵
- شکل ۴۶: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی مواد اولیه موردنیاز _____ ۱۱۵
- شکل ۴۷: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی ریسک جایگزینی با فناوری‌های دیگر در آستانه ظهور _____ ۱۱۶
- شکل ۴۸: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی میزان استفاده از مواد غیرسمی _____ ۱۱۶
- شکل ۴۹: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی بازیافت محصول پس از پایان عمر _____ ۱۱۷
- شکل ۵۰: روند بازدهی سلول‌های Multijunction بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer _____ ۱۱۹
- شکل ۵۱: روند بازدهی فناوری‌های مختلف فتولتائیک بر اساس گزارش NREL _____ ۱۲۰
- شکل ۵۲: روند بازدهی فناوری‌های مختلف فتولتائیک بر اساس گزارش EIA _____ ۱۲۰
- شکل ۵۳: روند بازدهی ماژول سلول‌های کریستالی و لایه نازک _____ ۱۲۱
- شکل ۵۴: روند تغییر بازدهی فناوری‌های مختلف تا سال ۲۰۱۵ بر اساس گزارش IRENA _____ ۱۲۳
- شکل ۵۵: پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب بر اساس گزارش EIA _____ ۱۲۴
- شکل ۵۶: پیش‌بینی تغییر در طول عمر سلول‌ها بر اساس گزارش EIA _____ ۱۲۵
- شکل ۵۷: روند تغییر هزینه اولیه سلول‌های CPV _____ ۱۲۶

- شکل ۵۸: پیش‌بینی روند تغییر هزینه اولیه فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۲۷
- شکل ۵۹: هزینه تمام شده انرژی برای سلول‌های سیلیکونی بر اساس نقشه راه مؤسسه ITRPV _____ ۱۲۸
- شکل ۶۰: پیش‌بینی هزینه ترازشده سلول‌های کادمیوم تلورایدی _____ ۱۲۹
- شکل ۶۱: روند تغییر هزینه تمام شده انرژی برای فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک _____ ۱۳۰
- شکل ۶۲: روند تغییر هزینه عملیات و نگهداری بر اساس گزارش EIA _____ ۱۳۱
- شکل ۶۳: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش ژورنال Environmental Science and Technology _____ ۱۳۲
- شکل ۶۴: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش مؤسسه Lux Reaserch _____ ۱۳۳
- شکل ۶۵: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش شرکت Solarbuzz _____ ۱۳۳
- شکل ۶۶: برق تولید شده توسط فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک براساس گزارش Solarbuzz _____ ۱۳۴
- شکل ۶۷: میزان ظرفیت تولید شده فناوری‌های مختلف فتوولتائیک بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer _____ ۱۳۵
- شکل ۶۸: میزان نصب سلول‌های CPV بر اساس گزارش Deutsche Bank _____ ۱۳۵
- شکل ۶۹: بازار آینده سلول‌های CPV بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer _____ ۱۳۶
- شکل ۷۰: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک بر اساس معیار کمی بازدهی _____ ۱۳۷
- شکل ۷۱: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک بر اساس معیار کمی هزینه سرمایه‌گذاری _____ ۱۳۸
- شکل ۷۲: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک بر اساس معیار کمی هزینه بهره‌برداری و نگهداری _____ ۱۳۸
- و تعمیرات _____ ۱۳۸
- شکل ۷۳: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک بر اساس معیار کمی سهم بازار _____ ۱۳۹

- شکل ۷۴: جذابیت کلی فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک (در معیارهای کمی و کیفی) با احتساب مقادیر فعلی معیارهای کمی _____ ۱۴۰
- شکل ۷۵: جذابیت کلی فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک (در معیارهای کمی و کیفی) با احتساب مقادیر آتی معیارهای کمی _____ ۱۴۰
- شکل ۷۶: ماتریس جذابیت - توانمندی بر اساس معیارهای کمی جذابیت فعلی و آتی _____ ۱۴۲
- شکل ۷۷: زیرفناوری‌های سیستم‌های حرارتی _____ ۱۴۳
- شکل ۷۸: وزن‌های نهایی بدست آمده برای زیرمعیارهای مختلف مورد بررسی - سطح دوم _____ ۱۴۸
- شکل ۷۹: وضعیت بلوغ و بازدهی سالانه انواع فناوری‌های متمرکزکننده خورشیدی _____ ۱۵۰
- شکل ۸۰: مقایسه بین فناوری‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی _____ ۱۵۱
- شکل ۸۱: LCOE برای نیروگاه‌های CSP طی ۱۰ سال پیش رو _____ ۱۵۴
- شکل ۸۲: ماتریس جذابیت - توانمندی برای فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی _____ ۱۵۶
- شکل ۸۳: مدل مفهومی اکتساب فناوری _____ ۱۵۸
- شکل ۸۴: ویژگی‌های مراحل مختلف چرخه عمر فناوری _____ ۱۵۹

تعیین چشم انداز

۱,۱ مقدمه

چشم‌انداز^۱ یک سازمان یا یک نهاد حقوقی بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای آن سازمان یا نهاد است. برای سایر فعالیت‌ها از جمله توسعه فناوری‌های مختلف در سطح ملی و بین‌المللی چشم‌انداز تدوین می‌گردد. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی سازمان را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب برای سازمان؛ در واقع چشم‌انداز کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس در خصوص موضوع سند، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است، با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی را برای هر سازمان و یا نهاد دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را در فرد یا سازمان برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته، طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب. **آینده ممکن:** شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

آینده‌های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

آینده‌های مطلوب: آنچه مطلوب‌ترین و ارجح‌ترین رویداد آینده به شمار می‌رود.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری انرژی خورشیدی می‌باشد. بیانیه اولیه چشم‌انداز باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً سند چشم‌انداز بیست ساله توسعه کشور) تدوین گردد. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و

¹ Vision

ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد در ابتدا به بررسی چارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز پرداخته می‌شود. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز پرداخته می‌شود.

۲,۱ چارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان‌طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مأموریت، می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص با فرض انجام کامل مأموریت خود، مشخص و تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیران ارشد، میانی و حتی کارکنان یک سازمان دارای یک هدف واحد و آن رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

در این بخش از گزارش به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس در این بخش ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی شده است.

۱,۲,۱ تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصویری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- (۱) آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب برای سازمان
- (۲) بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
- (۳) هنر دیدن نادیدنی‌ها
- (۴) چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد، با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.
- (۵) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که

متناسب با مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد.

(۶) چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود.

(۷) چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

(۸) چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت آن مجموعه را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل مدیران مجموعه به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

(۹) چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داوریه‌های مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است، لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

(۱۰) چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فرآوری سازمان و ذی‌نفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگاری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

(۱۱) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت، که متناسب با مبانی ارزشی ذی‌نفعان تعیین می‌گردد.

مبتنی بر تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

۲,۲,۱ ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی‌های مختلفی برای چشم‌انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم‌ترین ویژگی چشم‌انداز مطلوب بیان شده است. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آن‌ها باشد عبارتند از:

- ۱) قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر
- ۲) برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید) بوده و با توجه به استراتژی‌های تعیین شده تبیین گردد.
- ۳) جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا
- ۴) دارای افق زمانی معین
- ۵) بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد
- ۶) برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- ۷) پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمان‌ها نیز باشد)
- ۸) اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای توجه ذینفعان
- ۹) دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان
- ۱۰) تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
- ۱۱) تداوم‌بخش به برنامه‌ریزی و اجرا آن‌ها
- ۱۲) نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها

این در حالی است که در سیستم‌ها و سازمان‌هایی با مقیاس‌های کوچک‌تر ویژگی‌های زیر را نیز باید برای چشم‌انداز متصور شد:

- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی‌دهنده به آن‌ها و در حوزه سازمانی اثرگذار و معنی‌بخش به جوانب مختلف زندگی

- مشوق یادگیری
- مشخص‌کننده مخاطب
- مشخص‌کننده استاندارد برتر
- کوتاه و دقیق
- مرتبط با تمام ذینفعان مرتبط

۳,۲,۱ ضرورت تدوین چشم‌انداز

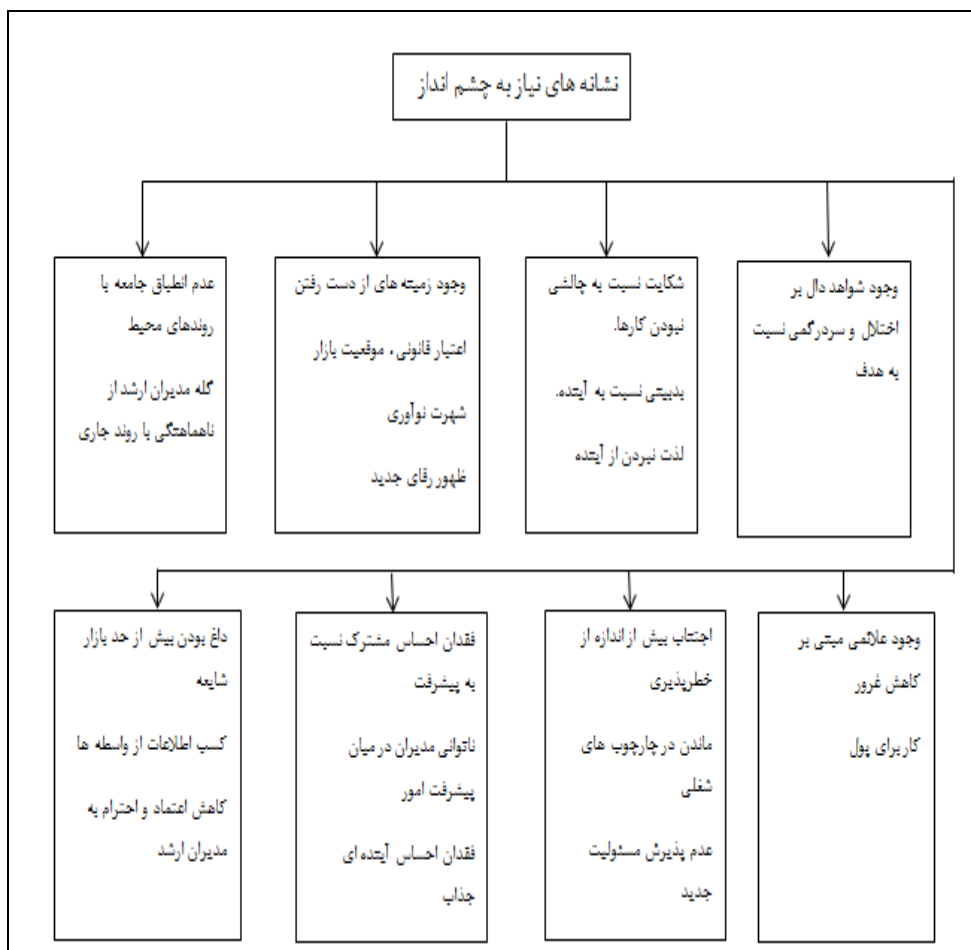
از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز می‌باشد. همان طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در فرد یا سازمان مدنظر تقویت می‌شود. اهمیت تدوین چشم‌انداز تا حدی است که مقام معظم فرموده‌اند:

"تا چشم‌انداز را برای خود تعریف نکنیم، هیچ کار درستی صورت نخواهد گرفت - همه‌اش روزمرگی است - بعد از آن که تعریف کردیم، اگر برنامه‌ریزی نکنیم، کار بی‌برنامه به سامان نخواهد رسید. بعد از آن که برنامه‌ریزی کردیم، اگر همت نکنیم، حرکت نکنیم، ذهن و عضلات و جسم خود را به تعب نیندازیم و راه نیفتیم، به مقصد نخواهیم رسید؛ این‌ها لازم است."

به طور کلی چشم‌انداز در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می‌شود:

- ۱) آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟
- ۲) آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟
- ۳) آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟
- ۴) آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟
- ۵) آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟

- ۶) آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟
- ۷) آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟
- ۸) آیا اجتناب از ریسک در جامعه بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات، محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)
- ۹) آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟
- چنانچه پاسخ هر یک از سوالات فوق در یک سیستم توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این ارتباط نمودار ارائه شده در شکل ۱ به بررسی علائم نیاز به چشم‌انداز پرداخته است. لازم به یادآوری است که بروز این علائم احتمالاً دارای یکی از معانی زیر خواهد بود:
- ۱) بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.
 - ۲) بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی درک نشده است.
 - ۳) بخش و یا کل چشم‌انداز فعلی برای افراد ترغیب‌کننده و الهام‌بخش نیست.



شکل ۱: شکل بررسی نشانه‌های نیاز به تدوین چشم‌انداز جدید و یا اصلاح آن

لذا باید جهت‌دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

۱، ۲، ۴ انواع چشم‌اندازها

هر بیانیه چشم‌انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

- ۱) صحنه و یا مرزهای رقابتی
- ۲) مزیت رقابتی
- ۳) قابلیت رقابتی یا شایستگی‌های محوری.

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در نمودار شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲: بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌ای کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود:

- چشم‌انداز کمی

چشم‌اندازی است که در آن شاخص‌های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص‌ها عدد گذاری می‌شوند. چشم‌اندازهای کمی می‌توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم‌انداز) و یا از نوع %ی (% سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

- چشم‌انداز کیفی

بر خلاف چشم‌انداز کمی، در این چشم‌انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می‌شود. این نوع چشم‌انداز، شاخص‌های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان به کار می‌برد.

- چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور یا سازمان بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین سازمان‌های حاضر در صنعت، جایگاه سوم را دارا باشد.

- چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است.

البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این روی چشم‌انداز در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود.

پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد، از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۵,۲,۱ روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است، از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز در ادامه ارائه شده است.

۱,۵,۲,۱ روش ۵ چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

۱,۵,۲,۱ روش استوارت

توماس استوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- | | |
|--|---|
| جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...) | ✓ |
| کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...) | ✓ |
| مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...) | ✓ |
| صنعت | ✓ |

۱,۵,۲,۱ روش برت نی‌نوس

برت نی‌نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- | | |
|--|---|
| وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت | ✓ |
| تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذی‌نفعان و نیازهای آنان) | ✓ |
| تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی | ✓ |
| ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی | ✓ |

۱, ۲, ۵, ۴ روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

- ۱) انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
- ۲) تدارک جلسه آشنایی مختصری برای تمام افراد گروه مرکزی
- ۳) تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضای گروه مرکزی توسط مدیر مؤسسه
- ۴) مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند.
- ۵) جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه
- ۶) خلاصه کردن نتایج
- ۷) آماده‌سازی و ارسال کتاب داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

۱, ۲, ۵, ۵ روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می‌باشند:

- ۱) گام اول: جمع‌آوری درون داد

برای اینکه چشم‌انداز اثربخش باشد باید نمایانگر ایده‌آل باشد. باید از افراد درخواست کرد که به پرسش‌های

زیر پاسخ دهند:

- ❖ فرهنگ تمام عیار سازمانی چه می‌تواند باشد؟
- ❖ سازمان در حالت آرمانی برای رشد و پیشرفت اعضای خود چه می‌تواند بکند؟
- ❖ سازمان آرمانی چه کالا یا خدماتی به مشتری و جامعه می‌تواند عرضه کند؟
- ❖ علاوه بر این‌ها، سازمان آرمانی چگونه می‌تواند باشد یا چه می‌تواند بکند؟

(۲) گام دوم: طوفان ذهنی

(۳) گام سوم: حذف اضافات

(۴) گام چهارم: تدوین سند اولیه

(۵) گام پنجم: تصحیح بیانیه

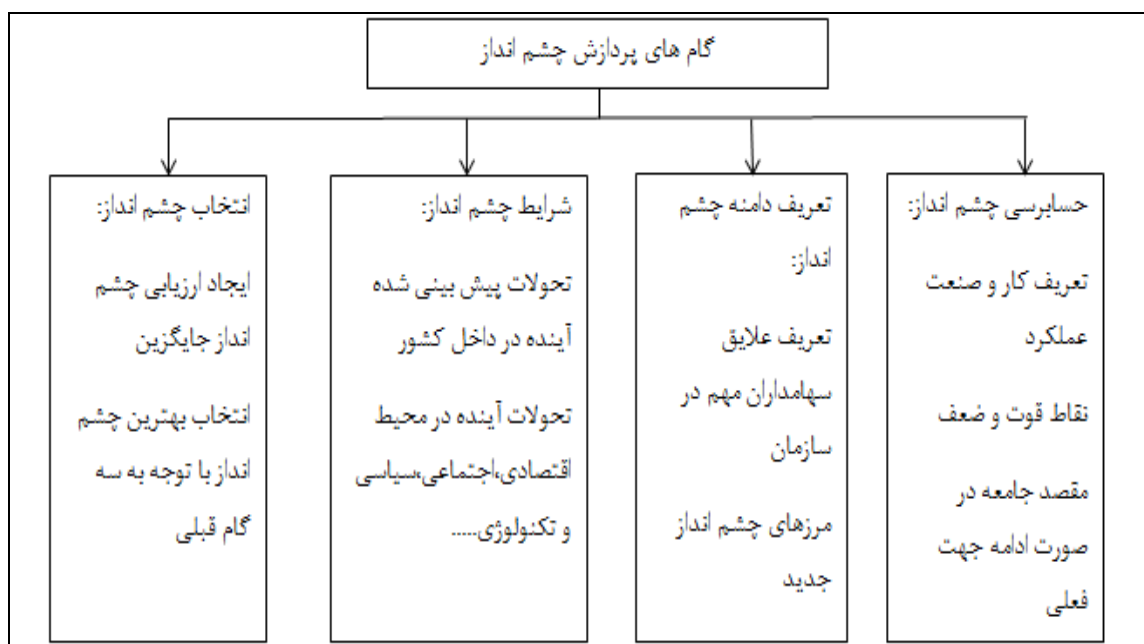
(۶) گام ششم: آزمون معیارها

آیا چشم‌انداز حاضر بی‌انتهای، الهام‌بخش و در برگیرنده معیارهای تصمیم‌گیری برای کارکنان در مواجهه با موقعیت‌های دشوار هست؟ اگر چشم‌انداز این آزمون را پشت سر بگذارد، می‌توان آن را برای تصویب به سازمان تقدیم داشت.

(۷) گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح سازمان

(۸) گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

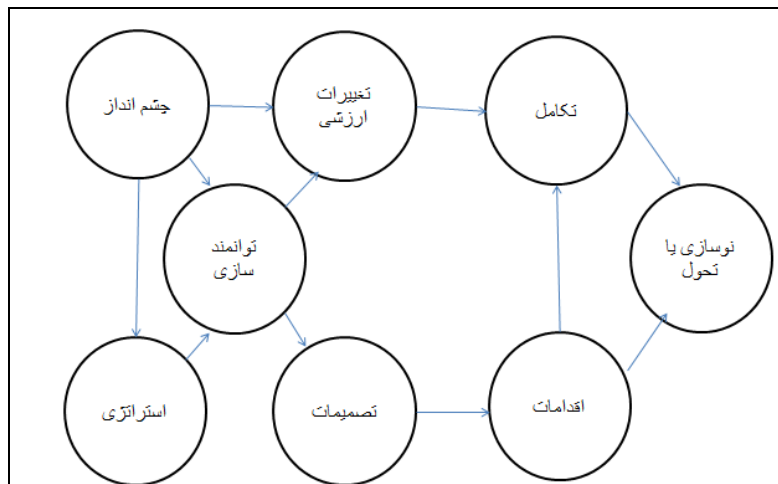
این در حالی است که چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه شده در شکل ۳ پردازش و ارائه شود. در شکل ۳، گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



شکل ۳: گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

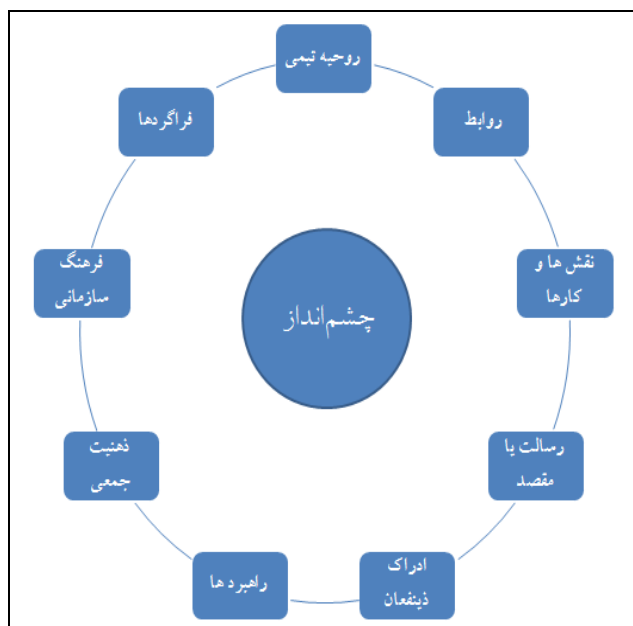
۶,۲,۱ الگوسازی در جهت تحقق چشم‌انداز

پس از خلق و تبیین چشم‌انداز باید استراتژی‌های لازم جهت تحقق اهداف بلندمدت چشم‌انداز معرفی و تبیین گردد. باید توجه داشت تغییر و تحولات ارزشی از طریق اطلاع‌رسانی مناسب صورت می‌گیرد. لذا در اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی، باید به فراهم کردن امکانات و گردآوری و هماهنگ‌سازی توانمندی‌های لازم جهت تحقق چشم‌انداز توجه شود. در ضمن باید در نظر داشت که تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در راستای تحقق چشم‌انداز اجتناب‌ناپذیر است. الگوی پیشنهادی برای تحقق این مهم به طور اجمالی در نمودار ارائه شده در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۴: الگوسازی جهت تحقق چشم‌انداز

لازم به ذکر است در این خصوص مدل دیگری نیز توسط هرسی و بلانچارد ارائه شده است که طبق آن عناصر اصلی مدل سازی چشم‌انداز عبارتند از: رسالت، مقصد، ذی‌نفعان، راهبرد، فرهنگ، اهداف، فرآیندها، روحیه تیمی، نقش‌ها، کارها و روابط میان آن‌ها، مهارت‌های مدیریتی و رهبری، تنظیم و هماهنگی. جزئیات مربوط به الگوی پیشنهادی ایشان نیز در نمودار ارائه شده در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵: الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده‌سازی چشم‌انداز

۳,۱ فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز

با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش مناسب برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان‌طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

(۱) رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

(۲) چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز را محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از

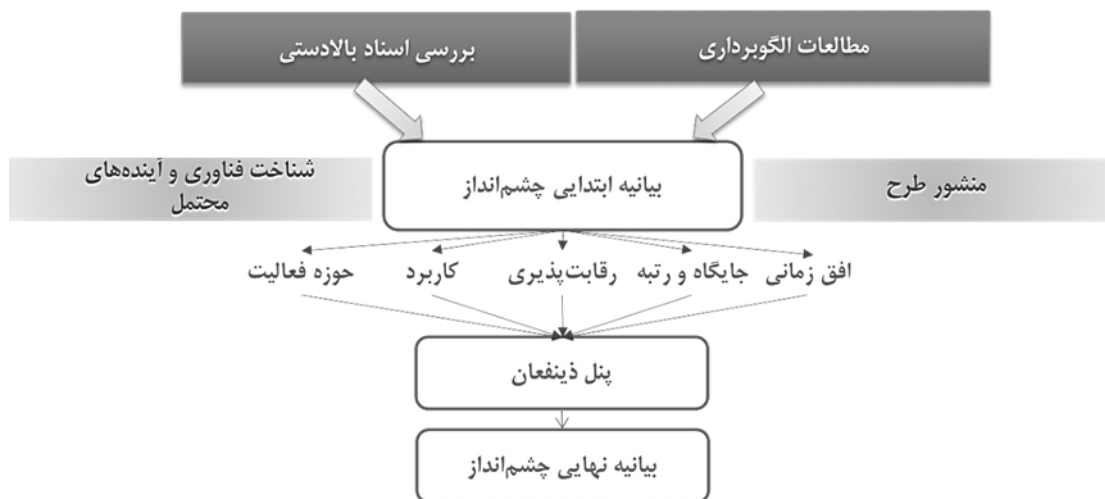
زیربخش‌های اصلی آن چیست؟ بخش یا کسب و کاری که از بقیه مهم‌تر و سودآفرین‌تر است کدام است؟

(۳) اگر زیر بخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی

چشم‌انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می‌توان اشاره کرد که روش (متدولوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد

می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل ۶ عمل شود.



شکل ۶: روش‌شناسی خلق چشم‌انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول به بررسی مطالعات تطبیقی، مطالعات آینده‌پژوهی، اسناد بالادستی، توقعات ذینفعان، فرهنگ سازمان، بیانیه مأموریت، تحولات آینده و ... پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان و صنعت و یا سیستم مدنظر به دست می‌آید.

در مرحله دوم با توجه به اطلاعات انجام شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی فوق‌الذکر (از جمله رسالت اصلی مؤسسه چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه رسالت را محقق خواهیم کرد؟ راهبرد رشد داخلی ما در هر یک از زیر بخش‌های اصلی چیست؟ بخش یا کسب‌وکاری که از بقیه مهم‌تر و سودآفرین‌تر است کدام است؟ و...) پاسخ دهد.

در مرحله سوم و پس از تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، باید بررسی شود که ویژگی‌های اساسی ذکر شده در بیانیه اولیه تدوین شده در نظر گرفته شده و لحاظ شده‌اند یا نه و در صورت در نظر گرفته نشدن ویژگی‌های اساسی، این ویژگی‌ها باید به بیانیه تدوین شده افزوده شود.

در مرحله چهارم که در شکل ۶ از آن تحت عنوان پانل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه را با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام مقامات اصلی سازمان باشد نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود. بر اساس کلیت اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی مطالعات تطبیقی و آینده‌پژوهی و اسناد بالادستی حوزه انرژی خورشیدی پرداخته می‌شود.

۱,۳,۱ نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است، که منظور تدوین چشم‌انداز نیاز به بررسی اسناد مختلف پرداخته می‌شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار اسناد بالادستی متعددی در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر بررسی شده‌اند که لیست این اسناد در جدول زیر ارائه شده است. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰، به این سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی خورشیدی ارتباط دارند را یافت.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را بطور مستقیم مورد خطاب قرار می‌دهند و دسته دوم، اسنادی که بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در عنوان آن‌ها جایی ندارد، اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن‌ها در ارتباط است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور در حوزه انرژی‌های نو مشخص شده و در بعضی اسناد، به طور خاص به سیاست‌های مرتبط با انرژی خورشیدی اشاره شده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های نو، می‌توان ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز انرژی خورشیدی را

برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی حوزه انرژی باید در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
سیاست‌های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام	سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست-محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی-های آبی تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین‌گرایی در کشور
مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران	برق - ماده ۱۳۳	پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی حمایت از توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید برق توسط بخش‌های خصوصی و تعاونی انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات با حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات سهم بخش خصوصی و تعاونی صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه‌های با سوخت غیریارانه‌ای متعلق به بخش‌های خصوصی و تعاونی
	انرژی‌های پاک - ماده ۱۳۹	حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاه‌های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور فراهم کردن زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه
	کشاوری - ماده ۱۴۸	جایگزینی سوخت فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت هبزمی
	محیط زیست - ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	تنظیم دستورالعمل‌های محاسبه ارزش‌ها و هزینه‌های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی‌های زیست محیطی در نقاط حساس
مجموعه برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پر بازده برق و تولید همزمان برق و حرارت حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	ماده ۷- (م)	کسب فن‌آوری بویژه فن‌آوری‌های نو شامل: ریز فن‌آوری و فن‌آوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست محیطی، هوا فضا و هسته‌ای
	ماده ۲۵ و آیین‌نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	موظف بودن دولت به تأمین منابع لازم برای اجرای بخش انرژی‌های نو واگذاری حداقل ده (۱۰٪) از انجام فعالیت مربوط به تولید و توزیع برق به اشخاص حقیقی و حقوقی داخلی ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های تجدیدپذیر و بازیافت حرارت با پرداخت حمایت‌های مالی بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست توسط سازمان حفاظت محیط زیست
	ماده ۳۰ بند ب- ۷	جلوگیری از ایجاد اختلال در خدمت رسانی شبکه برق در اثر بروز حوادث
	آیین‌نامه اجرایی ماده ۶۶	مصرف بهینه حامل‌های انرژی از طریق ترمیم ساختمان‌ها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی‌های نو، اصلاح روش‌های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی استفاده از تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه‌سازی مصرف جایگزینی سوخت مناسب در مناطق روستایی و عشایری به جای هیزم
اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی‌های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	تجهیز ساختمان‌ها به سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی برای استفاده اقتصادی از انرژی‌های پاک ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه‌ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور افزایش سهم اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور پرهیز از احداث نیروگاه‌ها تحت تأثیر عوامل غیراقتصادی (مانند نیروگاه‌های زغال‌سنگی با هزینه خیلی زیاد، نیروگاه خورشیدی و بعضی نیروگاه‌های آبی) ایجاد زمینه‌های تحقیقاتی در انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور دستیابی به دانش فنی فراهم آوردن زمینه گسترش احداث نیروگاه با منابع انرژی تجدیدشونده توسط بخش غیردولتی در نظر گرفتن متوسط نرخ رشد سالانه ۴/۴۵٪ برای برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر
	سند ملی توسعه بخش "نفث و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	حذف تدریجی یارانه فرآورده‌های نفتی و برقراری عوارض زیست محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن. تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی، پتانسیل‌های محلی، ظرفیت‌های موجود و سیستم‌های عرضه انرژی.
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	تحصیل ارزش افزوده بالاتر از حامل‌های انرژی در کشور توسعه و بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور دستیابی به فناوری‌های نوین و کارای انرژی

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		حمایت از بازار انرژی و افزایش سهم بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) افزایش امنیت عرضه انرژی و بهبود کیفیت حامل‌های انرژی عرضه شده افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ایجاد تمرکز در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی کشور اصلاح نظام قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی توسعه هرچه بیشتر بهره‌برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت‌های لازم برای جایگزینی سوخت‌های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی معرفی و ترویج احداث نیروگاه‌های تجدیدشونده با اجرای پروژه‌های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی موظف بودن وزارت نفت (سازمان بهینه سازی مصرف سوخت) در کمک به توسعه استفاده از فناوری‌های نوین (آبگرمکن‌های خورشیدی و کانورتورهای هوا و DHC)
قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت	ماده ۲۵	پرداخت مبلغی تشویقی از طرف سازمان محیط زیست بابت عدم انتشار الاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست در بودجه‌های سنواتی
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	تضمین خرید برق تولیدی تجدیدپذیر توسط بخش خصوصی و دولتی جلب مشارکت و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی‌های نو
	وزارت نیرو	ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر ارتقای توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فن‌آوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فن‌آوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های دارای مزیت نسبی
برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	بخش برق و انرژی	شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نوین و سازگار با محیط زیست تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی‌سازی فن‌آوری در فعالیت‌های مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور تخصیص % معین و فزاینده‌ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی‌سازی فن‌آوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تعریف و اجرای پروژه‌های نمونه در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و تجاری‌سازی آن‌ها

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		بسترسازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فن‌آوری‌های تولید برق برای تقویت قدرت بازاریابی و کاهش آسیب پذیری خدمات
	بخش آموزش، پژوهش و فن‌آوری	ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن‌آوری‌های جدید و انتقال و بومی‌سازی آن‌ها
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	استفاده از ظرفیت‌های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فن‌آوری‌های نوین و سرمایه‌گذاری‌های پر خطر مورد نیاز صنعت آب و برق حمایت از انتقال و بومی‌سازی فن‌آوری‌های نو مورد نیاز و به‌کارگیری فن‌آوری‌های دارای مزیت نسبی بالا
نقشه جامع علمی کشور	فصل سوم اولویت الف- اولویت‌های علم و فن‌آوری	الویت‌ها در حوزه علوم پایه و کاربردی: • انرژی‌های نو و تجدیدپذیر • بازیافت و تبدیل انرژی
	فصل چهارم راهبردها و اقدامات ملی برای توسعه علم و فن‌آوری در کشور	تعامل فعال و اثرگذار در حوزه علم و فن‌آوری با کشورهای دیگر به ویژه کشورهای منطقه و جهان اسلام ایجاد شبکه‌های پژوهشی در داخل و خارج از کشور برای انتشار و تبادل دانش و فن‌آوری متناسب با اولویت‌های ملی و بهره‌گیری از فرصت‌های جهانی
	فصل دوم: سیاست‌ها و خط مشی‌های اساسی- ماده ۴	لحاظ کردن بودجه برای راهکارهای تشویقی جهت ارتقای نظام تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید
قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹	مسئولیت انحصاری شورای عالی انرژی در سیاست‌گذاری بخش انرژی کشور از جمله انرژی‌های نو موظف بودن وزارت نیرو به شناسایی کلیه فن‌آوری‌های موردنیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده و فراهم کردن امکان طراحی و بهبود آن‌ها برای به‌کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل توسط وزارت نیرو برای ارتقاء بهره‌وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر موظف بودن وزارت نفت نسبت به اصلاح اساسنامه و وظایف شرکت بهینه-سازی مصرف سوخت با توجه به توسعه به‌کارگیری ظرفیت‌های محلی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر
	فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع کنندگان انرژی- ماده ۴۴	تضمین خرید برق تجدیدپذیر توسط وزارت نیرو در قراردادهای حداقل ۵ ساله با شرایط زیر: الف) اتصال مولدهای موضوع این ماده به شبکه بدون دریافت هزینه‌های عمومی برقراری انشعاب

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		ب) استفاده از انشعاب مشترک برای تأمین برق مشترک بدون پرداخت هزینه اشتراک در مواقع خروج اضطراری و یا خروج برای تعمیرات پ) خروج از اولویت قطع برق در زمان‌های کمبود در شبکه سراسری، برای مشترکینی که اقدام به احداث مولد در محل مصرف می‌نمایند
	فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای - ماده ۶۱ و ۶۲	موظف بودن وزارت نیرو نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان غیردولتی موظف بودن وزارتخانه‌های نفت و نیرو نسبت به اعلام حمایت عمومی از ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی و اختصاص مبلغی از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود به این امر به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه‌های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، و سامانه‌های فتوولتائیک
سند راهبرد انرژی‌های نو کشور		تاکید بر اقتصادی کردن استفاده از انرژی خورشیدی و اولویت دار بودن تولید و بومی سازی مبدل‌های فتوولتائیک در حجم و راندمان بالا با توجه به سادگی و سرمایه اندک مورد نیاز از میان سایر فن‌آوری‌های ممکن لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی‌های نو تا سال ۱۴۰۴ لزوم در اختیار داشتن منابع متنوع انرژی برای دستیابی به رشد اقتصادی بالای ۸٪
قانون بودجه سال ۱۳۹۳	تبصره ۲- بند م و بند ق	موظف بودن دولت به برقی کردن چاه‌های کشاورزی با استفاده از منابع انرژی نوین از جمله انرژی خورشیدی به جای سوخت‌های سنگواره‌ای و پرداخت مبلغ یارانه معادل سوخت به شرکت‌های تولید برق از جمله خورشیدی وزارت نفت اجازه دارد به منظور اجرای طرح‌های بهینه‌سازی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت (با اولویت صنایع انرژی‌بر) و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون شهری، ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رعایت قانون اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی با متقاضیان و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل، قرارداد منعقد نماید.
	تبصره ۶- الف	اجازه به شرکت‌های وابسته وزارت نیرو برای انتشار اوراق مشارکت برای طرح‌های دارای توجیه فنی و اقتصادی با الویت اجرای پروژه‌های نیروگاه‌های برق
	تبصره ۹- ز	هزینه حداکثر چهارهزار میلیارد ریال صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه‌های روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک توسط شرکت توانیر
	تبصره ۱۱- بند «ه» و بند «و»	وزارت نیرو مجاز است به انعقاد قراردادهای بیع متقابل با سرمایه‌گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی با الویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل تاسقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال به منظور اجرای طرح‌های افزایش

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه (سیکل) ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه جویی در مصرف سوخت مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات برق اجرای طرح نصب نیروگاه‌های کوچک و پیش گرم‌کن‌های خورشیدی بر فراز بام‌ها، بوستان‌ها و معابر کشور با مشارکت ۵۰٪ متقاضیان، با هدف امنیت‌بخشی به انرژی کشور و کاهش آلاینده‌گی
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)	اهداف سطح سازمان (اصلی)	توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱٪ از نیاز برق کشور از انرژی‌های نو تأمین گردد. جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵٪ در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی توسعه بازار فن‌آوری‌های مربوط به بهره‌وری انرژی و انرژی‌های نو با اجرای قوانین موجود و تصویب قوانین جدید به گونه‌ای که حداقل ۳ فناوری در هر حوزه به بازار کسب و کار کشور وارد شده باشد. توسعه آگاهی و فرهنگ‌سازی به منظور مصرف بهینه انرژی و توسعه کاربرد انرژی‌های نو با پوشش ۷۵٪ مردم کشور ایجاد زمینه‌های مناسب انتقال و توسعه فن‌آوری با افزایش ارتباطات بین‌المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعدادها و خلاق به منظور ارتقای سطح نوآوری علمی سازمان تا سطح سازمان‌های مشابه در کشورهای پیشرو
	اهداف سطح بخشی - بخش انرژی‌های نو	سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های باد، خورشید، زیست توده و زمین‌گرایی ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هریک از انرژی‌های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی
ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک		قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه‌ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می‌شود. همچنین پس از دوره ۵ ساله، سرمایه‌گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود
قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	ماده ۸	اختصاص ۳۰٪ خالص وجوه حاصل از این قانون برای پرداخت کمک‌های بلاعوض یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اصلاح ساختار فن‌آوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر
طرح نیروگاه‌های انرژی‌های نو		همکاری در تدوین استاندارد و معیارهای فنی مرتبط با نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده اطلاع‌رسانی، بسترسازی و برنامه‌ریزی جهت توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		طرح تولید پراکنده انجام هماهنگی لازم با ارگان‌های ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده
مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور		حمایت از بخش خصوصی برای واگذاری امور عملیاتی و توسعه فناوری به آن همکاری با مؤسسات پژوهشی دولتی و غیردولتی نسبت به انجام تحقیقات لازم در مورد انرژی‌های نو موظف بودن وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت) نسبت به انجام امور مربوط به حمایت از بهینه‌سازی مصرف سوخت‌های فسیلی مانند تولید آبگرمکن‌های خورشیدی، حمام‌های روستایی و پمپ‌های بادی آبکش، با رویکرد سفارش کار به بیرون
قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی	بند الف تبصره ۱۲	به منظور تشویق صنایع در امر بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان بارانه سود تسهیلات برای کاهش شدت انرژی در نظر گرفته شود.
برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور		همکاری وزارت نیرو و سازمان محیط زیست با وزارت کشور برای تهیه سازوکارهای اجرایی و تشویقی لازم به منظور جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در کلیه اماکن شهری لزوم انجام تمام فرایندهای احتراقی تمام کارخانه‌ها، کارگاه‌ها و واحدهای تولیدی مستقر در محدوده و حریم شهرها از ابتدای سال ۱۳۹۲ با انرژی‌های تجدیدپذیر یا گاز و لزوم تأمین این انرژی توسط وزارت نیرو الزام وزارت نیرو به تسریع در احداث نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر
مصوبه هیئت‌وزیران درباره الزام دستگاه‌های اجرایی برای مقابله موثر با آلودگی هوا (۱۳۹۳)		اختصاص حداقل ۱۰٪ از ظرفیت‌های جدید تولید برق به نیروگاه‌های بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین‌گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی (مدت ۶۰ ماه)
اولویت‌های تحقیقاتی و فن‌آوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن‌آوری (عتف)	۱- کمیسیون تخصصی انرژی الف: اولویت‌های کمیسیون تخصصی انرژی- بندهای ۷ و ۱۰ و ۱۷ ب: طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی • برق و انرژی- بند ۱۰ • فرابخشی و محیط زیست- بندهای ۱، ۲	۷- توسعه فناوری‌های تبدیل انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۰- فناوری‌های ذخیره‌سازی برق و انرژی و تولید پراکنده ۱۷- فناوری‌های کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای در جانب عرضه و تقاضای انرژی ۱۰- توسعه فناوری‌های انواع نیروگاه‌های خورشیدی ۱- تدوین راهبرد جامع انرژی و یکپارچه‌سازی اسناد پیشین با تأکید بر افزایش سهم ایران در بازار جهانی انرژی ۲- برنامه جامع کاهش آلاینده‌های ناشی از تولید و مصرف انرژی

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	۳- کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات الف: اولویت‌های راهبردی پژوهش و فناوری • صنعت آب و برق ب: سایر اولویت‌های پژوهشی • محیط زیست • صنعت آب و برق	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی بهره‌گیری افزون‌تر از فناوری‌های نوین و پاک برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای افزایش سهم انرژی‌های نو از جمله خورشیدی با توجه به پتانسیل مناسب این‌گونه انرژی‌ها در کشور احداث نیروگاه‌هایی با سوخت پاک و جایگزینی نیروگاه‌های سوخت فسیلی با آن‌ها احداث نیروگاه‌هایی با راندمان بالاتر مانند نیروگاه‌های سیکل ترکیبی استفاده از فناوری‌های جدید و انتقال تکنولوژی ارتقای توانایی‌ها و دانش علمی و فنی جهت دستیابی به روش‌های نوین تولید و استحصال آب شرب (باروری ابرها، بهره برداری از رطوبت هوا، آب شربین-کن‌های خورشیدی و ..
	۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی اولویت‌های تحقیقاتی و فن‌آوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی • حوزه مشترک- بندهای ۲ و ۷ ماشین‌آلات و تجهیزات- بند ۲	۲- توسعه و استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی ۷- شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، منابع طبیعی و محیط زیست ۲- توسعه فناوری‌های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش‌های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر

جدول ۱: عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده.

علاوه بر اسناد فوق، با توجه به نقش تعیین کننده وزارت نیرو در انجام مأموریت پژوهشگاه نیرو برای تدوین سند ملی

توسعه فناوری‌های انرژی‌های نو، به نظر می‌رسد چشم اندازی که توسط آن وزارتخانه برای بخش برق و انرژی در افق ۱۴۰۴

بیان شده است باید به طور ویژه مدنظر قرار گیرد:

«وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه تثبیت گردد».

۲,۳,۱ نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)

امروزه، کشورهای متعددی در جهان وجود دارند که از مزایای انرژی خورشیدی بهره‌مند می‌شوند. همان‌طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرآیند منتخب تدوین چشم‌انداز اشاره شده، بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در سایر کشورها منبع مناسبی است که می‌توان از آن در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز استفاده کرد.

	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels	China	United States	Japan	United Kingdom	Germany
Share of GDP 2012 (USD) invested ¹	Uruguay	Mauritius	Costa Rica	South Africa	Nicaragua
 Geothermal power capacity	New Zealand	Turkey	United States	Kenya	Philippines
 Hydropower capacity	China	Turkey	Brazil	Vietnam	India
 Solar PV capacity	China	Japan	United States	Germany	United Kingdom
 CSP capacity	United States	Spain	United Arab Emirates	India	China
 Wind power capacity	China	Germany	United Kingdom	India	Canada
 Solar water heating capacity ²	China	Turkey	India	Brazil	Germany
 Biodiesel production	United States	Germany	Brazil	Argentina	France
 Fuel ethanol production	United States	Brazil	China	Canada	France

جدول ۲: پنج کشور برتر دنیا بر مبنای سرمایه‌گذاری سالانه/ظرفیت خالص اضافه شده/ تولید در ۲۰۱۳

	1	2	3	4	5
POWER					
Renewable power (incl. hydro)	China	United States	Brazil	Canada	Germany
Renewable power (not incl. hydro)	China	United States	Germany	Spain / Italy	India
Renewable power capacity per capita (not incl. hydro) ³	Denmark	Germany	Portugal	Spain / Sweden	Austria
☀️ Biopower generation	United States	Germany	China	Brazil	India
🔌 Geothermal power	United States	Philippines	Indonesia	Mexico	Italy
🌊 Hydropower ⁴	China	Brazil	United States	Canada	Russia
🌊 Hydropower generation ⁴	China	Brazil	Canada	United States	Russia
☀️ Concentrating solar thermal power (CSP)	Spain	United States	United Arab Emirates	India	Algeria
☀️ Solar PV	Germany	China	Italy	Japan	United States
☀️ Solar PV capacity per capita	Germany	Italy	Belgium	Greece	Czech Republic
🌬️ Wind power	China	United States	Germany	Spain	India
🌬️ Wind power capacity per capita	Denmark	Sweden	Spain	Portugal	Ireland
HEAT					
☀️ Solar water heating ²	China	United States	Germany	Turkey	Brazil
☀️ Solar water heating capacity per capita ²	Cyprus	Austria	Israel	Barbados	Greece
🔌 Geothermal heat ⁵	China	Turkey	Iceland	Japan	Italy

جدول ۳: پنج کشور برتر دنیا بر اساس تولید برق یا حرارت تا پایان سال ۲۰۱۳

بدون شک، سطح فناوری در کشورهای مختلف، متفاوت می باشد. بنابراین، به منظور بررسی نقشه راه کشورها، آن‌ها به سه دسته توسعه یافته، در حال توسعه و کشورهای هم جوار تقسیم بندی شده اند. کشورهای آمریکا و آلمان از بین کشورهای توسعه یافته، ترکیه به عنوان کشوری در حال توسعه و کشورهای حوزه خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) نیز در شمار کشورهای هم جوار مورد بررسی قرار گرفته اند.

۱,۲,۳,۱ بررسی روند توسعه فتوولتائیک خورشیدی در آمریکا

آمریکا پس از آلمان، ژاپن و اسپانیا بزرگترین بازار فتوولتائیک را داراست. انرژی الکتریسیته در این کشور از منابع متعددی از قبیل سوخت‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای، باد و خورشید تأمین می‌شود. در سال ۲۰۱۳ در کل ۴۰۵۸ میلیارد کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در آمریکا تولید شده است. ۶۷٪ این مقدار از منابع فسیلی تأمین شده است. سهم تولید انرژی الکتریسیته از

منابع مختلف به این صورت است: زغال سنگ (۳۵٪)، گاز طبیعی (۳۰٪)، انرژی هسته‌ای (۱۸/۷٪)، برق آبی (۱۲/۳٪)، خورشیدی (۰/۲٪)، بادی (۳/۴٪)، و نفت (۰/۴٪).

به دلیل اینکه میزان تابش خورشید در تمامی این کشور در حد مناسبی می‌باشد، این نوع منبع انرژی در مقایسه با سایر منابع تجدیدپذیر در جایگاه مناسبی است و سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک پتانسیل زیادی برای افزایش سهم در تولید انرژی دارند.

از طرفی سرمایه‌گذاری‌های زیاد در بخش نوآوری‌های فنی و تحقیقاتی در این زمینه در راستای کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی و بهبود عملکرد آینده روشنی را برای این صنعت در پی خواهد داشت. همچنین سیاست‌هایی در این کشور اتخاذ شده‌اند که نشان‌دهنده اهمیت کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی را نشان می‌دهد و در این راستا کمک شایانی به گسترش سهم سلول‌های خورشیدی کرده‌اند.

با توجه به دلایل فوق، می‌توان گفت امروزه استفاده از انرژی خورشیدی فتوولتائیک در آمریکا فراگیر شده و سرعت رشد آن نیز چشمگیر است. در زیر چند نمونه آمار ارائه شده از منابع معتبر انرژی در آمریکا اشاره می‌کنید:

- میزان نصب سیستم‌های فتوولتائیک در آمریکا از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۳ با رشد چشمگیر ۴۸۵ درصدی مواجه بوده است.

- در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ سیستم‌های خورشیدی به طور متوسط ۱۶٪ از ظرفیت نصب شده تولید الکتریسیته را به خود اختصاص دادند. این عدد برای سال ۲۰۱۳ به ۳۰٪ رسید.

- تا اوایل سال ۲۰۱۴ کشور آمریکا بیش از ۴۸۰۰۰۰ سیستم نصب شده خورشیدی دارد که ظرفیتی معادل ۱۳۴۰۰ برق تولید می‌کند. این مقدار برق مصرفی حدود ۲/۴ میلیون نفر را تأمین می‌کند.

با این وجود به دلیل مصرف زیاد انرژی در آمریکا همچنان سهم کمی از تولید برق مربوط به سیستم‌های خورشیدی می‌باشد. این سهم برای ایالت‌هایی همچون آریزونا، کالیفرنیا و نودا حدود ۲٪ است. هرچند برای ایالت کالیفرنیا در ماه ژون ۲۰۱۴ رکورد ۸٪ نیز ثبت شده است.

در دهه ۲۰۰۰ دوران رونق صنعت خورشیدی در آمریکا شکل گرفت. به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی سیاست‌های حمایتی در دولت آمریکا شکل گرفت و شروع آن از سال ۱۹۸۹ توسط جرج بوش بوده است. در بین سال‌های ۱۹۹۳۰ تا ۲۰۰۰

کلینتون از آن حمایت نمود و سپس جرج دبلیو بوش یک سیستم خورشیدی را در کاخ سفید در سال ۲۰۰۲ نصب کرد. در سال ۲۰۰۵، اعتبار مالیاتی به منظور کمک ۳۰ درصدی هزینه سیستم خورشیدی وضع شد. به منظور درمان کوتاه‌مدت، در سال ۲۰۰۸ اعتبار مالیاتی ۳۰٪ را تا سال ۲۰۱۶ تصویب کرد. در همین راستا حمایت‌های ایالات دیگر نیز اقداماتی انجام دادند. مانند کالیفرنیا که در سال ۲۰۰۷ مشوق‌های پایداری برای نصب پنل خورشیدی بر روی سقف خانه‌ها ارائه کرد.

در این بین شرکت‌های داخلی جان تازه‌ای گرفتند. جلودار همه آن‌ها شرکت First Solar در آریزونا بوده است که با فروش به کشور آلمان در ۲۰۰۶ معروف شده است. در سال ۲۰۰۵ Solyndra پروژه‌ای با پشتوانه مالی ۱ میلیارد دلاری برای استفاده از سلول فتوولتائیک استوانه‌ای به جای تخت، اجرا کرد و در ۲۰۰۹ از طرف دولت پس از بحران مالی ۵۳۵ میلیون دلار تضمین مالی دریافت کرد.

اصلی‌ترین ارگان دولتی مسئول در قبال انرژی، در کشور آمریکا، دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) می‌باشد. این دپارتمان در سطح کابینه دولتی می‌باشد. این دپارتمان وظیفه سیاست‌گذاری در مورد انرژی را بر عهده دارد. دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) به نوعی ارتباط دهنده آزمایشگاه‌های ملی، دانشگاه‌ها و صنعت می‌باشد. هدف این دپارتمان توسعه فناوری در سیستم‌های انرژی و از جمله خورشیدی است. در زمینه سلول‌های خورشیدی هدف اول این مجموعه سرعت‌بخشی به تحقیق و توسعه فناوری به‌منظور کاهش هزینه‌ها، رقابت‌پذیری سلول‌ها، کاهش دی‌اکسیدکربن تولیدی و همچنین ایجاد شرایطی برای حصول اطمینان از این منبع انرژی به‌عنوان منبعی قابل اعتماد و داخلی می‌باشد. از مهم‌ترین راه‌های رسیدن به اهداف گفته‌شده کاهش هزینه ترازشده (LCOE) است. بنابراین تمرکز اصلی این مجموعه روی این موضوع قرار دارد.

همان‌طور که گفته شد برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری در این زمینه بر عهده این سازمان می‌باشد. این سازمان با تدوین برنامه به نام SETP (SOLAR ENERGY TECHNOLOGIES PROGRAM) سیاست‌های مربوط به پیشرفت در این عرصه را مشخص نمود. آزمایشگاه‌های ملی، شرکت‌های دانشگاهی، دانشگاه‌ها و تیم‌های صنعتی بازیگران این برنامه هستند. هدف این برنامه نیز رسیدن به تکنولوژی‌هایی قابل رقابت با منابع متداول تا سال ۲۰۱۵ می‌باشد.

مرحله اول این برنامه با پروژه‌های نسل جدید آغاز می‌شود. پروژه‌های نسل جدید دارای ریسک زیادی هستند. سرمایه‌گذاری (اصطلاحاً بذریاشی) برای شروع این پروژه‌ها توسط این سازمان می‌بایستی صورت گیرد. در حقیقت پر کردن فاصله بین تحقیقات پایه‌ای و تحقیقات کاربردی از اهداف این قسمت از برنامه است. چرا که شروع این‌گونه تحقیقات پر ریسک می‌باشد و

شرکت‌ها به دلیل ریسک بالا این سرمایه‌گذاری را انجام نمی‌دهند. اولین خصوصیتی که این نسل‌های جدید باید داشته باشند هزینه پایین‌تر نسبت به تکنولوژی‌های امروزی است. طبق برنامه این سازمان تا سال ۲۰۱۵ این نسل‌های جدید می‌بایست به مرحله ساخت نمونه آزمایشگاهی برسند و تا سال ۲۰۲۰/۲۰۳۰ می‌بایستی قابل رقابت با دیگر تکنولوژی‌ها باشند.

برنامه بعدی این سازمان تحت عنوان پروژه‌های در مرحله پیش از رشد تعریف شده است. این برنامه کمک می‌کند که پروژه‌هایی که در مرحله مفهومی قرار دارند گسترش یابند و تا سال ۲۰۱۲ به نمونه آزمایشگاهی قابل رقابت با تکنولوژی‌های دیگر برسند. به نوعی دیگر، می‌توان گفت هدف از این قسمت از برنامه سرعت بخشی به تحقیقات و توسعه پروژه‌هایی است که مرحله مطالعاتی را گذرانده‌اند و می‌بایستی نمونه‌ای آزمایشگاهی از آن تولید شود و به مرحله‌ای از پیشرفت برسد که آماده تولید در مقیاس بزرگ شود.

مرحله بعدی نیز مربوط به پروژه‌های رشدیافته می‌باشد. هدف از این قسمت پرورش دادن نوآوری‌ها و رشد آن‌ها در صنعت فتولتائیک داخلی است. از نگاهی دیگر در این مرحله، سرعت‌بخشی به مجموعه‌ای متنوع از فناوری‌های امیدوارکننده‌ای که در مرحله نمونه آزمایشگاهی ثابت شده‌اند صورت می‌گیرد.

یکی از بخش‌های مهم دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) آزمایشگاه‌های ملی آن می‌باشد. این آزمایشگاه‌ها وظیفه پیشبرد تکنولوژی را بر عهده دارند. تمامی مؤسسات تحقیقاتی در رابطه با انرژی با این آزمایشگاه‌ها در ارتباط هستند. در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر، آزمایشگاه مربوطه آزمایشگاه ملی تجدیدپذیر یا NREL می‌باشد. این نهاد دارای بودجه زیادی است که وظیفه دارد آن را در راستای تحقیقات و توسعه در زمینه انرژی‌های خورشیدی به کارگیرد. در سال ۲۰۱۰ بودجه این آزمایشگاه در زمینه انرژی‌های خورشیدی برابر بود با ۱۹/۷ میلیون دلار. این رقم از همه بودجه‌های دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر است.

یکی از مهم‌ترین بخش‌های این آزمایشگاه بخش مربوط به سلول‌های فتولتائیک می‌باشد. در این بخش سلول‌های پیشرفته فتولتائیک با بازدهی‌های بالا ساخته می‌شوند و مورد آزمایش قرار می‌گیرند. همچنین هر مؤسسه یا شرکتی که ادعای ساخت سلولی با مشخصات خاصی را دارد می‌بایست در آزمایشگاه‌های این مؤسسه مورد آزمایش قرار گیرد تا صحت آن تأیید شود.

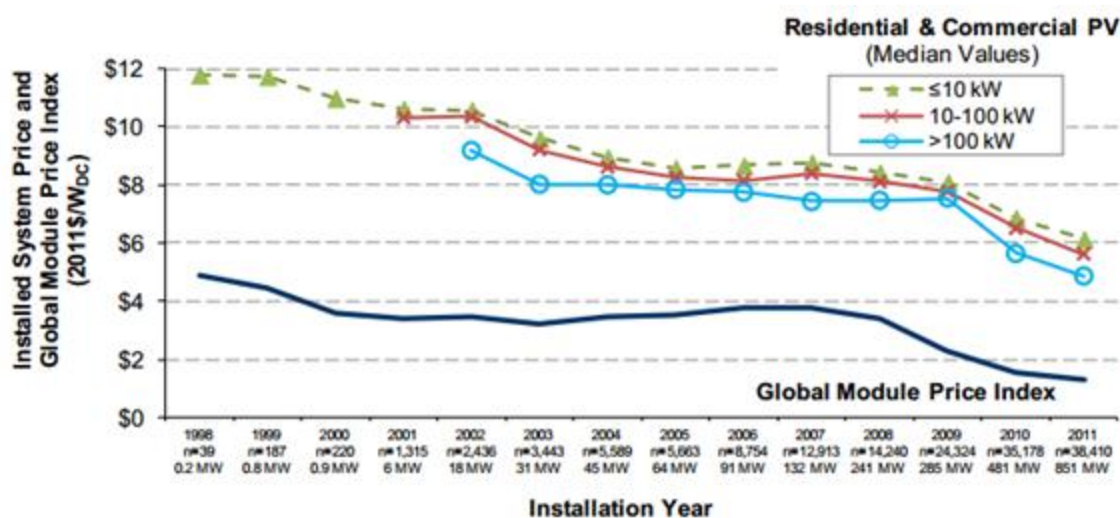
می‌توان گفت بیشترین نمود در جهت‌گیری به سمت انرژی پاک، قابل اطمینان و مقرون‌به‌صرفه در ایالات متحده در پشت‌بام-های دارای سلول‌های خورشیدی قابل مشاهده است. بین سال‌های ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۳ استفاده از سلول‌های پشت‌بامی در

اماکن مسکونی، تجاری، و سازمانی رشد ۵۰٪ را شاهد بوده است. همچنین طی این چند سال، قیمت این نوع سیستم‌ها به اندازه ۳۰٪ کاهش داشته است. تقریباً تمامی این سیستم‌ها از نوع فتوولتائیک می‌باشند.

تشعشع خورشید در تمامی ایالت‌ها تقریباً در حد خوبی است. در مناطق با تشعشع بالا همچون لس‌آنجلس یا فونیکس، یک ماژول ۵ کیلوولتی به طور متوسط بین ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ کیلوولت ساعت در سال برق تولید می‌کند. برای ایالت‌های شمالی همچون پرتلند و ME تقریباً ۸۰٪ لس‌آنجلس متوسط تولید برق در سال برای این ماژول می‌باشد.

به لطف کاهش هزینه‌ها در تکنولوژی، سیستم‌های پشت‌بامی به طور فزاینده‌ای در حال کاهش قیمت هستند. در نمودار زیر این کاهش قیمت در سال‌های اخیر قابل مشاهده است. البته سازمان سرمایه‌گذاری انرژی خورشیدی در آمریکا، ۳۰٪ از هزینه را تقبل می‌کند که سبب پایین‌تر آمدن قیمت نیز می‌شود.

در سال ۲۰۱۱ آمریکا به تنهایی ۲ گیگاوات از ۲۱ گیگاوات تولیدی در دنیا را تولید کرده است. این امر به خاطر کاهش قیمت فتولتائیک، مشوق‌های دولتی و دیگر سیاست‌های حمایتی از سوی دولت می‌باشد. ابتکار SunShot دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) برای دستیابی به هدف کاهش ۷۵٪ قیمت فتوولتائیک از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، کمک شایانی به این موضوع کرده است.



شکل ۷: کاهش قیمت فتولتائیک در جهت افزایش بهره‌برداری از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۱

Data Sample by Installation Year and Market Segment

Installation Year	No. of Systems			Capacity (MW _{DC})		
	Residential & Commercial	Utility-Scale	Total	Residential & Commercial	Utility-Scale	Total
1998	34	0	34	0.2	0	0.2
1999	165	0	165	0.8	0	0.8
2000	186	0	186	0.8	0	0.8
2001	1,308	0	1,308	5.7	0	5.7
2002	2,449	0	2,449	18	0	18
2003	3,461	0	3,461	31	0	31
2004	5,626	2	5,628	44	10	54
2005	5,754	0	5,754	64	0	64
2006	8,887	0	8,887	91	0	91
2007	12,936	2	12,938	133	22	155
2008	14,165	4	14,169	241	20	261
2009	24,664	5	24,669	288	61	349
2010	36,780	18	36,798	494	236	730
2011	42,397	53	42,450	878	502	1380
2012	49,717	106	49,823	940	744	1684
Total	208,529	190	208,719	3,231	1,595	4,826

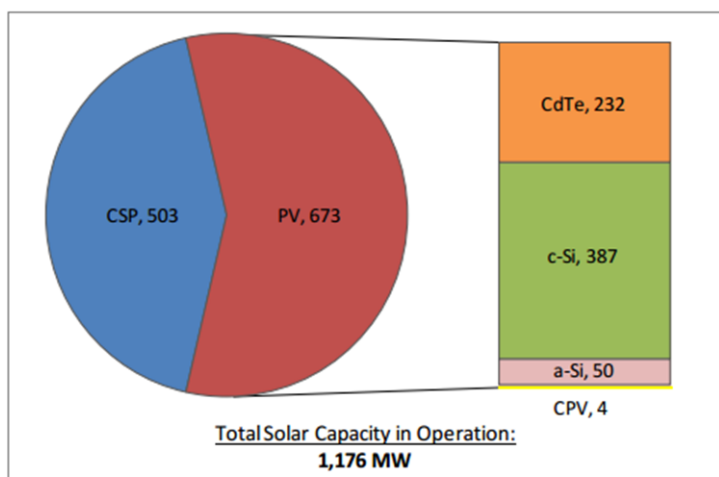
جدول ۴: روند نصب و بازار سالانه آمریکا

سیستم‌های فتوولتائیک در مقیاس‌های کوچک تا حد زیادی سبب اشتغال‌زایی نیز شده‌اند. در سال ۲۰۱۳ این صنعت سبب اشتغال‌زایی حدود ۱۴۰۰۰۰ نفر در آمریکا شده است. هم‌اکنون ۶۰۰۰ شرکت خورشیدی در این زمینه فعال‌اند. سالانه میزان سرمایه‌گذاری در این بخش حدود ۱۵ میلیارد دلار می‌باشد. همچنین شرکت‌های زیادی در زمینه سلول‌های فتوولتائیک در حال رقابت هستند.

آمار منتشرشده توسط مؤسسه NREL نشان می‌دهد میزان ظرفیت نیروگاه‌های فتوولتائیکی از ۷۰ مگاوات در سال ۲۰۰۹ به ۷۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۱ رسیده است که رشدی حیرت‌آور را نشان می‌دهد. این آمار در سال ۲۰۱۲ به ۱۱ گیگاوات می‌رسد. با توجه به رشد میزان انرژی مورد نیاز می‌توان انتظار داشت رشد تولید برق از نیروگاه‌های فتوولتائیک همچنان ادامه داشته باشد. هرچند که با توجه به نیروگاه‌های در حال ساخت نیز این پیش‌بینی انجام‌پذیر است.

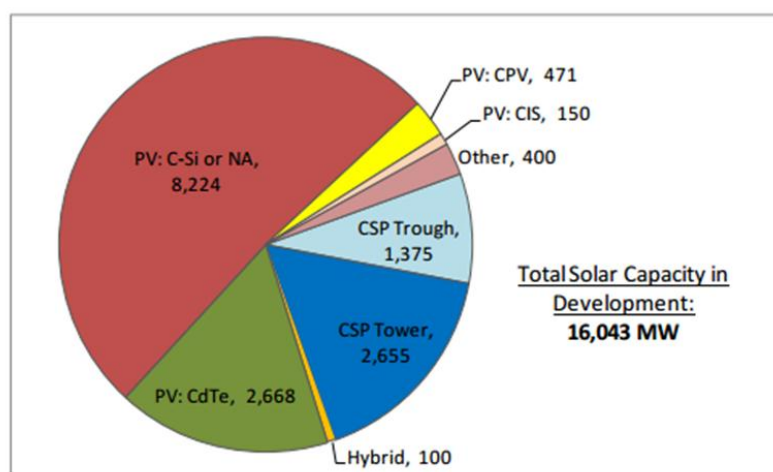
همان‌طور که در بررسی نیروگاه‌های فتوولتائیک ساخته‌شده در آمریکا مشاهده شد، تکنولوژی مورد استفاده در نیروگاه‌ها عموماً از نوع سلول‌های کریستالی یا سلول‌های لایه نازک کادمیوم تلورایدی بودند. طبق آمار منتشرشده توسط NREL تا سال ۲۰۱۲، ۱۱۷۶ مگاوات برق توسط منبع خورشیدی تولید شد که ۴۳٪ از این عدد مربوط به سیستم‌های حرارتی می‌باشد. بنابراین ۵۷٪ باقی‌مانده مربوط به فتوولتائیک می‌باشد. طبق آمار منتشر شده از این مؤسسه تا سال ۲۰۱۲، ۵۸٪ از این مقدار از تکنولوژی سلول‌های کریستالی برای تولید برق استفاده کردند. ۳۴/۵٪ نیز استفاده از سیستم‌های لایه نازک کادمیوم تلورایدی را ترجیح

داده‌اند. بقیه تکنولوژی‌ها مانند سلول‌های سیلیکونی آمورف، سلول‌های CIGS و ... نیز در مجموع ۷٪ از سلول‌های مورد استفاده در نیروگاه‌ها را تشکیل داده‌اند. سلول‌های مدرن CPV نیز دارای سهم ۰/۵٪ می‌باشند. در شکل زیر این درصدها مشخص‌اند.



شکل ۸: درصد فناوری‌های مختلف تولید برق در نیروگاه‌های مورد بهره‌برداری

اما همان‌طور که گفته شد این درصدها مربوط به سیستم‌های راه‌اندازی شده می‌باشند. طبق آمار تا سال ۲۰۱۲ درصد استفاده از تکنولوژی‌های مختلف در نیروگاه‌های در حال ساخت تا حد زیادی با ٪های نیروگاه‌های ساخته شده متفاوت است. در نمودار زیر این درصدها قابل مشاهده‌اند:



شکل ۹: درصد فناوری‌های مختلف تولید برق در نیروگاه‌های در حال ساخت

آمریکا همواره جزو پیشتازان عرصه فناوری خورشیدی و مخصوصاً سلول‌های فتوولتائیک بوده است. از دو یا سه دهه گذشته تاکنون، چه در زمینه صنعتی و چه در زمینه دانشگاهی، مراکز گسترده‌ای مشغول فعالیت در گسترش و بهبود سیستم‌های فتوولتائیک و فناوری‌های مختلف در این رابطه هستند. فناوری‌های بلوغ یافته‌ای مانند سیلیکون‌های کریستالی، آمرف، لایه نازک و... و همچنین فناوری‌های در حال مطالعه‌ای همانند سلول‌های فتوولتائیک ارگانیک.

تحقیقات حوزه فتوولتائیک NREL، مرکز تحقیقاتی ملی آمریکا، بر روی افزایش بازده سلول خورشیدی، کاهش قیمت سلول و مازول خورشیدی و افزایش پایداری اجزا و سیستم فتوولتائیک متمرکز شده است. در حال حاضر، تلاش این مرکز جهت کمک به U.S. Department of Energy's SunShot Initiative برای ساخت سیستم انرژی خورشیدی در مقیاس بسیار بزرگ و رقابتی با سایر منابع انرژی تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد.

در نقشه راهی که در سال ۲۰۰۳ توسط NREL برای صنعت فتوولتائیک تدوین شده بود، در بخش گسترده‌ای به تبیین سیاست‌هایی برای پیشرفت فناوری در این صنعت پرداخته شده بود؛ چرا که طبق گفته این سند، حفظ بازار و پیشرفت در صنعت مستلزم پیشرفت تکنولوژی آن صنعت و ارتباط آن با بخش صنعت می‌باشد. به منظور شناخت مکانیزم‌های توسعه فناوری در آمریکا، سیاست‌های تدوین شده در این نقشه راه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این نقشه راه ۴ استراتژی برای پیشرفت صنعت فتوولتائیک تبیین گردید که شامل موارد زیر است:

۱. **حفظ پیش قدم بودن تکنولوژیکی صنعت فتوولتائیک آمریکا در جهان:** پیش قدم بودن از لحاظ تکنولوژیکی هم برای رقابت اقتصادی و هم برای تبدیل شدن صنعت فتوولتائیک به مهم‌ترین تأمین کننده سبد انرژی کشور ضروری است. استفاده و واردات صنایع خارج به کشور سبب کم شدن سهم کشور آمریکا در بازار می‌شود. علاوه بر این سبب عقب افتادن تکنولوژی مورد استفاده در صنعت از R&D می‌شود که این خوب نیست. پیشرفت بخش تحقیق و توسعه و همچنین کم بودن فاصله آن با صنعت عامل مهمی برای در دست داشتن بازار در آینده است. هسته تحقیقات و توسعه باید با نیازها و علاقه‌مندی‌های صنعت مطابقت داشته باشد. تنها در این صورت است که بخش تحقیقات و توسعه کشور می‌تواند اولین رتبه را در جهان داشته باشد. عنصر حیاتی برای شکل گیری این موضوع مشارکت پایدار میان صنعت برق خورشیدی ایالات متحده و آزمایشگاه‌های ملی و دانشگاه‌های آمریکاست.

۲. دستیابی به رقابت اقتصادی با فناوری‌های متداول: در طی ۲۵ سال گذشته، هزینه‌های فتوولتائیک به مراتب کم شده است. همزمان صنعت فتوولتائیک آمریکا نیز رشد ۱۵ الی ۲۰٪ را شاهد بود. این رشد به قدری بوده که حتی با رشد صنعت کامپیوتر قابل رقابت است. بر اساس هزینه‌های واقعی برق در محل استفاده، هزینه‌های سیستم‌های فعلی PV، ۲ تا ۵ برابر برق تولیدشده از منابع متعارف می‌باشد (این گزارش برای سال ۲۰۱۰ می‌باشد). بازار بزرگ تنها زمانی به دست می‌آید که تکنولوژی‌های متداول بازار هزینه‌ها را در حد مناسبی نگه دارند.

۳. حفظ پایداری بازار فتوولتائیک همراه با رشد در تولید: رشد پایدار در تولید و بازار مهم‌ترین عامل تبدیل شدن انرژی خورشیدی به تأمین‌کننده سبد انرژی مورد نیاز آمریکاست. در سال ۲۰۰۰ میزان برق مورد نیاز در زمان پیک ۸۲۵ گیگاوات بوده است. انتظار رشد صنعت فتوولتائیک سالانه ۲۵٪ می‌باشد. اگر به این مقدار برسیم تا سال ۲۰۳۰ این انرژی می‌تواند ۱۰٪ انرژی مورد نیاز آمریکا را تأمین کند.

۴. تبدیل صنعت فتوولتائیک به صنعتی سودآور و جذاب برای سرمایه‌گذاران: استراتژی رشد تهاجمی ما سرمایه‌گذاری خصوصی قابل توجهی نیاز دارد. برای تحقق استراتژی پیش‌رونده در بازار یکی از نیازهای مهم، سرمایه‌گذاری‌های خصوصی است. صنعت فتوولتائیک می‌بایست برای جذب حمایت‌های مالی پایدار و جذاب باشند. هدف تعیین شده برای سرمایه‌گذاری، ۱۰ الی ۱۵ میلیارد دلار برای هر سال می‌باشد.

در بخش دیگری از این نقشه، راه‌حلی برای رسیدن به اهداف تعیین‌شده بیان گردیده است. با توجه به اینکه این نقشه راه در سال ۲۰۱۰ تدوین شده، هدف بیان‌شده ایجاد ظرفیت ۲۰۰ مگاوات برق فتوولتائیک تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد. در قسمتی از این نقشه راهبردی، نیازهای تدریجی که برای رسیدن به هدف مورد نظر به آن احتیاج خواهیم داشت، بیان شده است. این نیازهای تدریجی شامل موارد زیر می‌شوند:

- کاهش ۵ برابری در هزینه‌های تولید ماژول تا سال ۲۰۱۰
- کاهش ۱۰ برابری در هزینه‌های تولید ماژول تا سال ۲۰۲۰
- افزایش ۴۰ برابری در تولید ماژول تا سال ۲۰۲۰

عملیات‌های صنعتی کوتاه‌مدت (تا ۳ سال آینده) که برای رسیدن به هدف مورد نظر می‌بایست طی این سال‌ها انجام شوند عبارتند از:

- توسعه مشارکت و ارتباطات، که این عامل سبب می‌شود سازندگان نسل‌های جدید فتوولتائیک بتوانند با نهادهای دولتی (به منظور تأمین بودجه و ...) همکاری‌های لازم را برای گسترش فناوری در زمینه سلول‌های نسل جدید را داشته باشند (تعامل دولت و سازندگان).
 - توسعه فناوری در زمینه in-line diagnostic tools and systems به منظور افزایش کنترل فرآیند و توسعه (نیازمند رابطه بین دانشگاه و صنعت).
 - برگزاری نمایشگاه‌های تجهیزات در مقیاس‌های بزرگ به منظور آشنایی صنعت کاران با این زمینه برای جذب بیشتر سرمایه‌گذاری‌های خصوصی
 - شناسایی نیازهای صنعت کاران خورشیدی و انتقال آن به بخش‌های تحقیقاتی و نوآوری
- عملیات‌های صنعتی بلندمدت (بیش از ۳ سال) نیز شامل موارد زیر می‌شوند:
- طراحی پکیج‌های ماژول با قیمتی پایین‌تر
 - توسعه و پیشرفت در زمینه سلول‌های با حجم بالا، توان بالا و بازدهی بالا
 - ایجاد هماهنگی برای اینکه شرکت‌های سازنده تجهیزات به جای تولید تجهیزات خاصی که توسط یک سازنده مورد استفاده باشد، تجهیزاتی طراحی کنند و بسازند که در چندین محصول قابل استفاده باشد (هم‌شکل‌سازی محصولات).
- هدف آمریکا در کشور برای سال ۲۰۲۰ تأمین ظرفیت قابل توجهی از سهم برق تولیدی با استفاده از فتوولتائیک و تا ۲۰۳۰ تولید حداقل ۱۰٪ از برق مصرفی در زمان اوج مصرف می‌باشد.
- نقش دولت در این میان حائز اهمیت است. از جمله فعالیت‌های دولت می‌تواند موارد زیر باشد:
- نظارت بر اندازه‌گیری رشد ناخالص ملی
 - تعادل در اعتبارات مالیاتی بخش مسکونی
 - خلق انگیزه
 - همکاری جهت انتشار استاندارد و گواهی‌نامه معتبر
 - استفاده از برق خورشیدی در پروژه‌های دولتی تا حد ممکن

۱,۲,۳,۲ بررسی روند توسعه فتولتائیک خورشیدی در آلمان

بر اساس گزارش اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۳، چین با سرمایه‌گذاری معادل ۶۵/۱ میلیارد دلار در زمینه انرژی تجدیدپذیر در رأس سرمایه‌گذاران قرار دارد و به دنبال آن آمریکا با ۳۵/۶ میلیارد دلار و آلمان با ۲۲/۸ میلیارد دلار به ترتیب در مقام دوم و سوم جای دارند. در سال ۲۰۰۸ آلمان ششمین کشور مصرف‌کننده انرژی بود، که حدود ۶۰٪ از انرژی اولیه آن از خارج وارد می‌شد. سیاست دولت آلمان ترویج حفاظت از انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. دولت آلمان قصد دارد تا کشور به میزان ۸۰٪ از منابع تجدیدشونده تا سال ۲۰۵۰ استفاده کند. در سال ۲۰۱۰ ۲۰٪ استفاده انرژی‌ها در کشور آلمان به صورت زیر بوده‌است: زغال سنگ (۲۲/۹٪)، گاز طبیعی (۲۱/۸٪)، انرژی هسته‌ای (۱۰/۸٪)، برق آبی و باد (۱/۵٪)، و دیگر منابع تجدیدپذیر (۷/۹٪).

در سپتامبر ۲۰۱۰ وزارت اقتصاد و تکنولوژی دولت آلمان سیاست‌های کلان انرژی را با اهداف زیر اعلام نمود:

- کاهش دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۰۲۰ به مقدار ۴۰٪ کمتر از میزان سال ۱۹۹۰ و کاهش ۸۰٪ کمتر از ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۵۰
- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی به میزان ۱۸٪ تا سال ۲۰۲۰، ۳۰٪ تا سال ۲۰۳۰ و ۶۰٪ تا سال ۲۰۵۰
- افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق به میزان ۳۶٪ تا سال ۲۰۲۰ و میزان ۸۰٪ تا سال ۲۰۵۰.
- افزایش بهره‌وری ۷۰٪ انرژی تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۰۸

پس از بررسی کلی در سیاست‌های انرژی در سال ۲۰۰۲ که توسط وزارت اقتصاد و تکنولوژی انجام گرفت، مهم‌ترین استراتژی‌های اتخاذشده تا سال ۲۰۱۰ به شرح ذیل می‌باشد:

- قانون‌گذاری بر انرژی بخش صنعت برای افزایش بهره‌وری در سال ۲۰۰۵ که بر پایه یک شبکه نظام‌مند استوار است
- گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پایه‌گذاری قانون جدیدی در مورد کارایی انرژی
- برنامه‌های تحقیقاتی جدید در مورد انرژی و افزایش بودجه بخش تحقیق و توسعه
- تهیه نقشه جامع سیاست‌های انرژی که به سیاست‌مداران بخش انرژی در تصمیم‌گیری درست کمک می‌کند

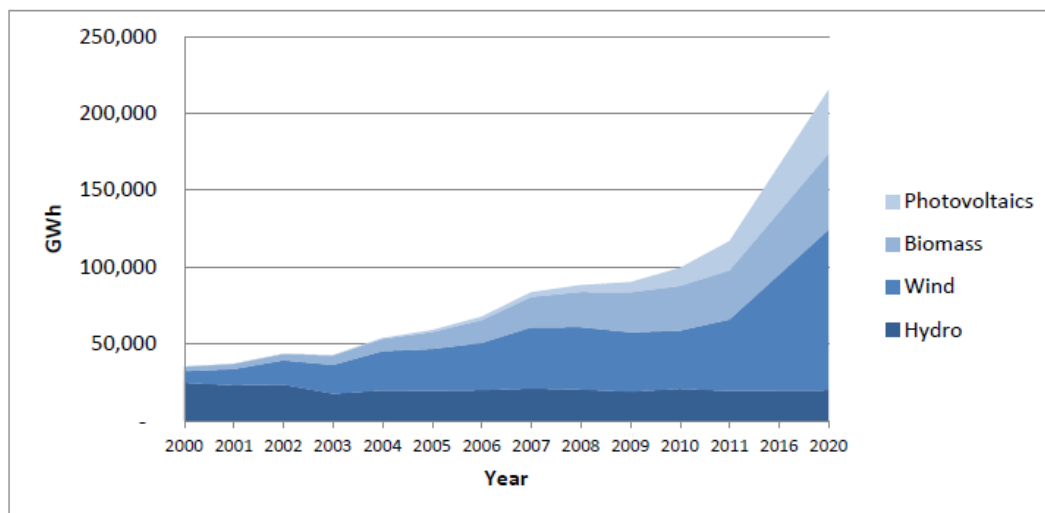
نقشه راه ملی انرژی‌های نو آلمان برای هدف نهایی سال ۲۰۲۰ در سال ۲۰۱۰ تدوین شد. این نقشه راه ۲ سناریو را مبنای کار خود قرار داده است. در سناریوی اول (reference scenario) (REF) محاسبات برای تمام سال‌های آتی بر مبنای بازده انرژی و صرفه‌جویی در مصرف به منوال سال ۲۰۰۹ انجام گردیده است و به عبارتی سناریو در شرایط پایه یا بدبینانه ملاحظه شده است. جدول زیر میزان مصرف نهایی انرژی (GFCE) در حوزه‌های مختلف مصرف (برق، حمل و نقل، سرمایه‌اش و گرمایش) را برای هر کدام از دو سناریوی مورد بررسی نمایش می‌دهد.

	2005	2010		2011		2012		2013		2014	
	Base year ⁸	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures
1. Heating and cooling (1)	116 842	111 661	111 597	111 063	110 681	110 132	109 081	108 794	107 361	107 528	105 498
2. Electricity [2]	51 813	51 973	51 925	52 083	51 830	52 232	51 815	52 331	51 352	52 454	51 089
3. Transport within the meaning of Article 3 (4) (a) (3)	53 602	52 427	52 355	52 331	52 188	52 268	52 021	52 232	51 808	52 221	51 575
4. Gross final consumption of energy (4)	229 092	223 787	223 584	223 249	222 461	222 485	220 479	221 243	218 234	220 120	215 869

	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures	Reference scenario	Scenario with additional energy efficiency measures
1. Heating and cooling - (1)	106 215	103 588	105 164	101 581	103 420	99 551	101 748	97 449	100 172	95 276	98 766	93 139
2. Electricity - (2)	52 554	50 588	52 689	50 229	52 728	49 799	52 767	49 348	52 733	48 844	52 627	48 317
3. Transport within the meaning of Article 3(4)a - (3)	52 187	51 279	52 150	50 655	52 112	50 034	52 073	49 414	52 035	48 857	51 998	48 302
4. Gross final consumption of energy- (4)	218 926	213 122	218 019	210 089	216 347	208 984	214 723	203 760	213 122	200 483	211 599	197 178

جدول ۵: میزان مصرف نهایی انرژی برای هر سناریو از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰

در برنامه توسعه کشور آلمان پیش‌بینی شده است تا نرخ استفاده از انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی این کشور تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۱۹/۶٪ (در حالت سناریوی بدبینانه به ۱۸٪) برسد. به طوری که سهم انرژی تجدیدپذیر در بخش برق به ۳۸/۶٪، در بخش گرمایش و سرمایه‌اش به ۱۵/۵ و در بخش حمل و نقل به ۱۳/۲٪ خواهد رسید.

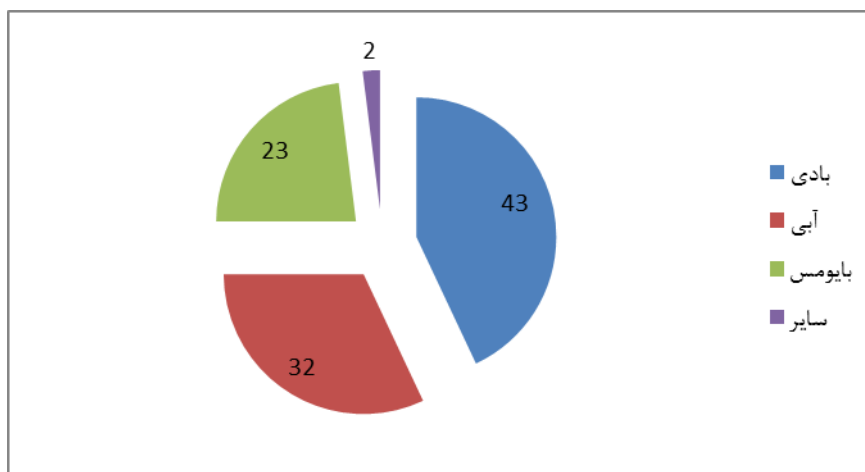


شکل ۱۰: سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان

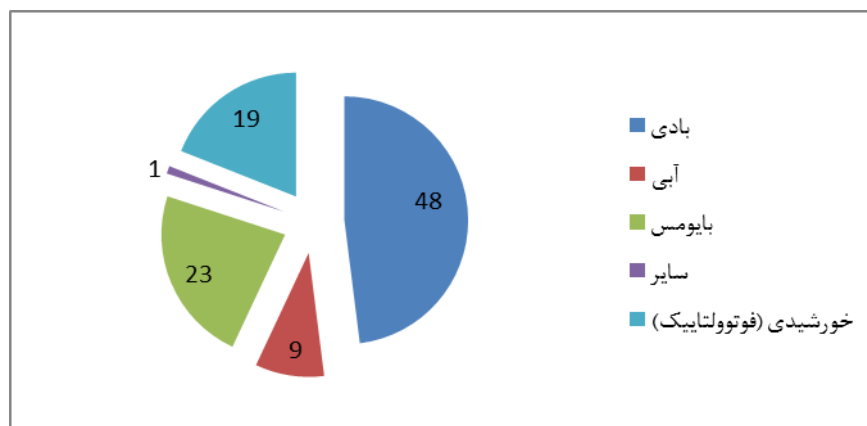
تنها در سال ۲۰۰۵، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر موجب صرفه‌جویی به میزان ۳۱۶۷۴ هزار تن معادل نفت خام در مصرف سوخت‌های فسیلی شد. ۵۹٪ از این میزان مربوط به حوزه تولید برق می‌باشد. این مقدار صرفه‌جویی باعث جلوگیری از انتشار ۱۰۸ میلیون تن دی‌اکسیدکربن است که ۷۲ میلیون تن آن مربوط به بخش تولید برق است که اغلب آن مربوط به گسترش استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک است.

در حال حاضر، گردش مالی بخش سرمایه‌گذاری در تولید، تحقیقات و راه‌اندازی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان بالغ بر ۴۰ میلیون یورو می‌باشد که با توجه به چشم‌انداز گسترده ۱۰ ساله EEG، از این مقدار نیز فراتر خواهد رفت. تا پایان ۲۰۱۲ ظرفیتی نزدیک به ۳۲۰۰۰ مگاوات برق خورشیدی در آلمان نصب شده است.

با افزایش توجه مراکز دولتی و خصوصی، و پیشرفت‌های فناورانه در زمینه انرژی خورشیدی و سلول‌های فتوولتائیک، استفاده از انرژی خورشیدی در سبد انرژی آلمان اهمیت بیشتری یافته است به طوری که در سند چشم‌انداز سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شده است که انرژی خورشیدی (فتوولتائیک) با ۱۹٪ در جایگاه سوم تولید برق قرار بگیرد.



شکل ۱۱: سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۰۵



شکل ۱۲: پیش‌بینی سهم انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی تجدیدپذیر آلمان در سال ۲۰۲۰

انرژی خورشیدی در آلمان تقریباً مختص به سیستم‌های فتوولتائیک می‌باشد. تنها در سال ۲۰۰۸ به میزان ۱۵۰۰ مگاوات به ظرفیت فتوولتائیک آلمان اضافه شده است و در برنامه بلندمدت مربوط به سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شده است که سالانه ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ مگاوات به این ظرفیت اضافه شود. به این صورت، در سال ۲۰۲۰ آلمان دارای ظرفیت فتوولتائیک ۵۱۷۵۳ مگاوات با توان تولید برق ۴۱۳۸۹ ساعت می‌شود. برخلاف سیستم‌های فتوولتائیک، آلمان برنامه‌ای برای گسترش و بهره‌برداری از سیستم‌های متمرکزکننده و CSP ندارد.

در سال ۲۰۱۳ انرژی تولیدی توسط فتوولتائیک در آلمان برابر ۳۰ تراوات ساعت بوده که سهم ۵/۷٪ی در کل مصرف خالص برق را به خود اختصاص داده است. در حالت کلی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر جهت تولید خالص برق ۲۹٪ از سهم بازار را تشکیل می‌دهند که میزان سهم در تولید ناخالص برای انرژی‌های تجدیدپذیر و فتوولتائیک به ترتیب ۲۵٪ و ۵٪ می‌باشد. به گزارش مؤسسه فرانسهوفر انرژی حاصل از فتوولتائیک در روزهای آفتابی قادر به پوشش ۳۵٪ و در آخر هفته و تعطیلات پوشش ۵۰٪ تأمین تقاضای برق زودگذر را متحمل شود. توان نامی نصب شده در آلمان تا پایان سال ۲۰۱۳ برابر ۳۵/۷ گیگاوات بوده است. نیروی محرک جهت افزایش تولید توان توسط فتوولتائیک، هدف‌گذاری دولت آلمان برای افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد.

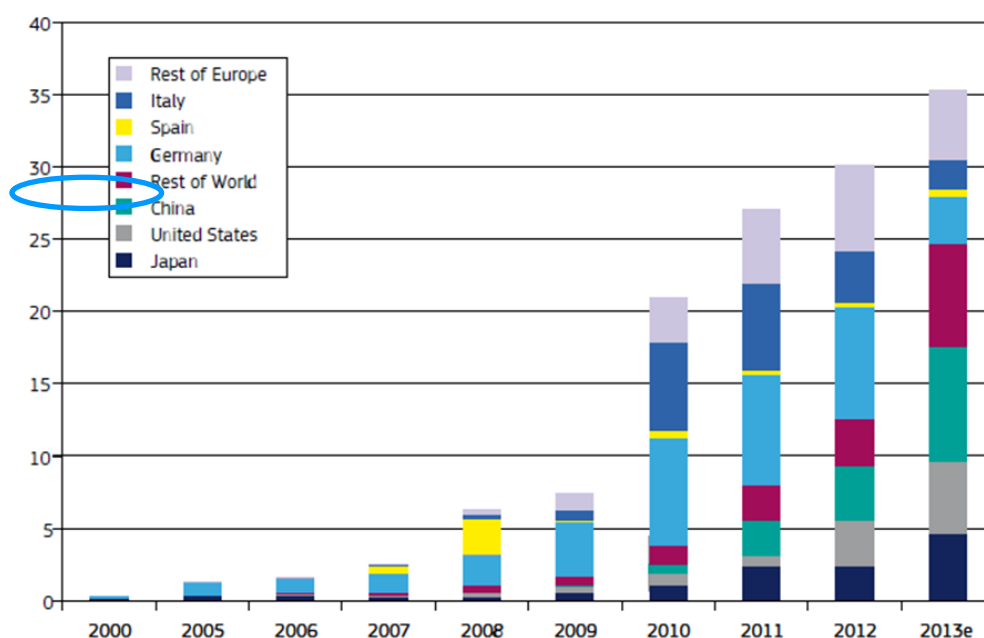
با پیشرفت تکنولوژی و حضور بیش از پیش انرژی‌های تجدیدپذیر، رقابت میان آلمان و کشورهای آسیایی بر سر صنعت این فناوری بیشتر شد، در نتیجه شرکت‌های بزرگ آلمانی به همراه انجمن صنعت خورشید آلمان تا سال ۲۰۲۰ هدف‌گذاری کرده‌اند. این رویکرد بر اساس تضمینی برای رقابتی، مقرون به صرفه، ایمنی بودن و تولید برق پاک، هدف‌گذاری شده است. در حال حاضر آلمان یکی از پیشگامان و پیشروهای صنعت فتوولتائیک در جهان است. از این رو محصولات این کشور متقاضیان زیادی در سرتاسر جهان به خود جلب کرده که باعث افزایش صادرات آلمان شده است. در حالت کلی نگاه بلندمدت انجمن صنعت فتوولتائیک آلمان تا سال ۲۰۲۰ به ۹ بخش اصلی تقسیم می‌شود:

- برش ۵۰٪ قیمتی سیستم تا سال ۲۰۲۰
- افزایش ظرفیت نصب شده فتوولتائیک از ۵۲ گیگاوات به ۷۰ گیگاوات
- محدودیت نرخ تعرفه برق خورشیدی به ۲ یوروست بر کیلووات ساعت
- اختصاص حداقل ۵٪ درآمد فروش به بخش R&D
- اطمینان یافتن از سهم بودن حداقل ۱۲٪ در رشد بازار جهانی تولید فتوولتائیک
- ساخت ۸/۵ گیگاوات محصولات فتوولتائیک آلمانی
- به‌کارگیری حداقل ۱۳۰۰۰۰ فرد در این زمینه
- تولید حداقل ۲۵ میلیارد یورو سهم اقتصادی خالص تا سال ۲۰۳۰
- موجب اصلی شدن فتوولتائیک به عنوان یکی از ارکان تولید برق

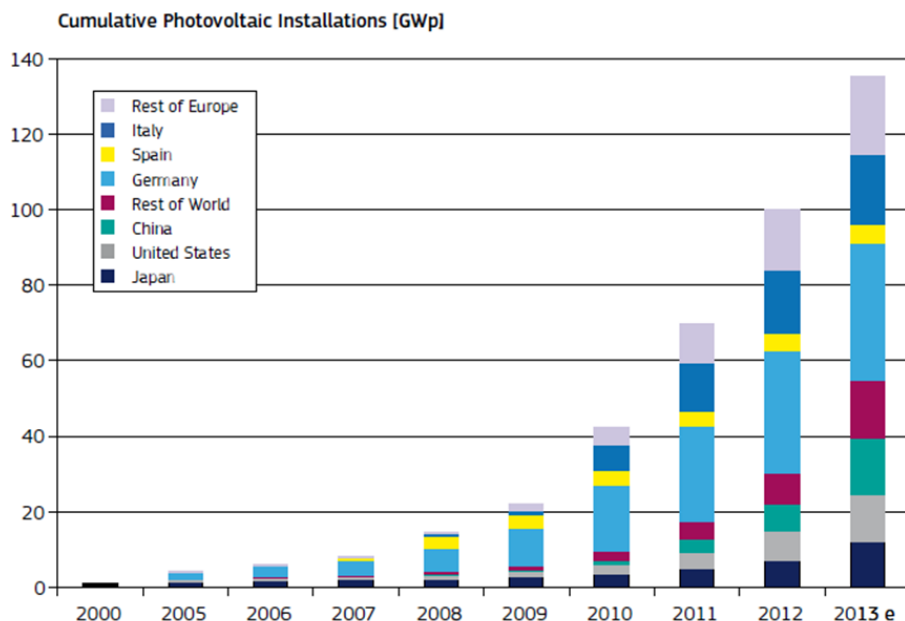
شرط موفقیت آغاز و اجرای صحیح و مداوم اقدامات مهم با همکاری تمامی ارگان‌های مرتبط در این زمینه خواهد بود. در واقع، علاوه بر انجمن صنعت فتوولتائیک و دیگر شرکت‌های دخیل (سهامداران) در تولید، عرضه و بهره‌برداری برق اعم از فتوولتائیک و دیگر ذینفعان باید در این امر مشارکت داشته باشند. مشارکت ذینفعان به سه دسته کلی تقسیم می‌شود:

- حمایت و هدایت جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
- دستیابی به سیستم یکپارچه و مجتمع فتوولتائیک و دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور کلی
- دسترسی به فناوری‌های روز و ضروری

با یک برنامه هدفمند تا سال ۲۰۲۰ آلمان در صدد کاهش قیمت سیستم فتوولتائیک به ۱/۴ یورو بر وات است؛ در نتیجه تاسیسات فتوولتائیک دیگر نیازمند حمایت‌های مالی نخواهند بود. اهرم اصلی برای دستیابی به این مهم، سهم قابل توجه مصرف برق به صورت مستقیم می‌باشد. در شکل زیر میزان نصب سالانه فتوولتائیک و منحنی تجمعی فتوولتائیک را در کشورهای مختلف مشاهده می‌کنید. آلمان با رنگ آبی روشن مشخص شده است.



شکل ۱۳: نصب سالانه فتوولتائیک (گیگاوات در سال)



شکل ۱۴: نصب تجمعی فتوولتائیک (گیگاوات در سال)

عمده دلایل افزایش ظرفیت فتوولتائیک به ۳۵ گیگاوات تا سال ۲۰۱۲ در آلمان، در ۳ بخش اصلی تقسیم می‌شود:

- ثبات طرح‌های حمایتی در طولانی مدت
- اطمینان خاطر سرمایه‌گذاران
- اشتیاق مالکان در بخش‌های خانگی، تجاری و صنعتی

کشور آلمان تقریباً دارای ۷۰ سازنده سلول و ماژول خورشیدی، بیش از ۱۰۰ تولیدکننده تجهیزات جانبی فتوولتائیک و ۵۷۰۰۰ نفر که در این زمینه مشغول به کار هستند. بر اساس گزارش سازمان بین‌المللی انرژی، آلمان سازنده ۳٪ از سلول‌ها و ۶٪ از ماژول‌های فتوولتائیک در جهان است. این کشور در زمینه ساخت ماژول‌های لایه نازک جزو ۴ سازنده انحصاری دنیاست. همچنین آلمان در زمینه تولید اینورتر و سیستم‌های ذخیره‌کننده جزو ۵ کشور اول تولیدکننده می‌باشد.

	Final Electricity Consumption	Habitants	Nominal GDP	Surface	PV installations in 2012	PV installed capacity	PV electricity production	2012 Installations per habitant	Total Capacity per habitant	Total Capacity per km ²	% Demand Electricity
	TWh	Million	Billion USD	km ²	MWp	MWp	TWh	W/Hab	W/Hab	kW/km ²	%
Australia	229	22	1379	7692024	1038	2415	3,1	48,3	112,3	0,3	1,4
Austria	56	8	418	83871	176	363	0,4	20,9	43,2	4,3	0,7
Belgium	82	11	514	30528	641	2698	2,6	57,8	243,1	88,4	3,1
Canada	505	35	1736	9984670	269	827	1,0	7,7	23,6	0,1	0,2
China	4693	1355	7318	9596961	3500	6800	8,8	2,6	5,0	0,7	0,2
Denmark	32	6	334	43094	315	332	0,3	55,3	58,3	7,7	1,0
France	478	66	2773	640294	1079	4033	4,2	16,3	60,7	6,3	0,9
Germany	607	80	3601	357114	7604	32462	33,8	94,7	404,3	90,9	5,6
Israel	46	8	243	22072	47	237	0,3	5,9	29,6	10,7	0,7
Italy	310	61	2194	301336	3647	16450	21,5	60,2	271,5	54,6	7,0
Japan	860	128	5867	377930	1718	6632	7,0	13,5	52,0	17,5	0,8
Korea	455	50	1116	99828	230	959	1,2	4,6	19,2	9,6	0,3
Malaysia	95	30	288	330803	27	35	0,1	0,9	1,2	0,1	0,1
Mexico	204	117	1153	1964375	15	52	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0
Netherlands	112	17	836	37354	195	345	0,3	11,5	20,3	9,2	0,3
Norway	111	5	486	323782	0	10	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
Portugal	51	11	237	92090	66	210	0,3	6,2	19,8	2,3	0,6
Spain	270	46	1477	505992	234	4706	7,3	5,1	101,9	9,3	2,7
Sweden	132	10	540	450295	8	24	0,0	0,9	2,5	0,1	0,0
Switzerland	58	8	659	41277	226	437	0,4	28,3	54,6	10,6	0,8
Turkey	243	76	775	783562	2	9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
UK	329	64	2445	242900	925	1901	1,8	14,5	29,8	7,8	0,6
USA	3889	320	14990	9371175	3362	7272	10,9	10,5	22,7	0,8	0,3

جدول ۶: میزان تولید برق خورشیدی با جزییات ظرفیت و نرخ اشغال زمین در کشورهای PVPS آژانس بین‌المللی انرژی

آلمان از سال ۱۹۹۰ با مکانیزم‌های مختلف سیاستی شروع به حمایت از رشد فناوری فتوولتائیک کرده است. یکی از سیاست‌های مؤثر به‌کاربرده شده، استفاده از مفهوم Feed-in-tariffs در زمان‌های مختلف بر اساس قطعیت، شفافیت و طول عمر اجرای آن بوده است.

بودجه اختصاص یافته برای تحقیقات در زمینه فتوولتائیک آلمان در سال مختلف، متفاوت بوده است که در حال حاضر این کشور با صرف هزینه‌های گزاف در بخش تحقیق و توسعه در صدد به‌دست آوردن یک بازار خارج از کشور بوده و در همین راستا با داشتن تولیدات داخلی سلول و پنل فتوولتائیک موجب رشد این امر شده است. برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای با عنوان برنامه ششم تحقیقات انرژی بر مبنای مطالعات زیست‌محیطی و عرضه انرژی اقتصادی با قابلیت اطمینان بالا، از سال ۲۰۱۱ در حال انجام است. بر پایه چارچوب تعیین شده، وزارت محیط زیست و حفاظت از طبیعت و امنیت هسته‌ای (BMU)، وزارت آموزش و

پژوهش (BMBF) تلاش‌های خود را جهت حمایت برنامه ششم دوچندان کرده‌اند. بودجه این طرح به دلیل اجرای برنامه نوآوری اتحاد فتوولتائیک که توسط دو وزارتخانه مذکور از سال ۲۰۱۰ جهت کاهش هزینه تولید فتوولتائیک در حال انجام است، مبلغ بالایی می‌باشد. جدول زیر تخصیص بودجه BMU در زمینه فتوولتائیک را نشان می‌دهد.

Silicon wafer technology	52%
Silicon thin-film technology	10%
CIS thin-film technology	11%
Alternative PV / Absorber technologies	5%
Concentrating PV	12%
Systems engineering / Grid integration	7%
Comprehensive projects	3%

جدول ۷: تخصیص بودجه BMU به تحقیقات در زمینه فتوولتائیک

با توجه به گزارش مدرسه بازرگانی هاروارد، در سال ۲۰۱۲ کشورهای آلمان و اسپانیا تنها کشورهایی هستند که بیشتر از ۱٪ از برق تولیدی آن‌ها توسط انرژی خورشیدی تأمین می‌شود.

۳,۲,۳,۱ بررسی روند توسعه فتوولتائیک خورشیدی در ترکیه

با افزایش جمعیت و پیشرفت اقتصادی کشورهای در حال توسعه انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ تقاضای انرژی به بیش از دو برابر یا حتی سه برابر افزایش پیدا کند. اگر چه سرعت استفاده از انرژی در ترکیه بسیار بالاست اما میزان مصرف انرژی هنوز نسبتاً کم می‌باشد. طبق برآورد آژانس بین‌المللی انرژی، انتظار می‌رود میزان مصرف انرژی در دهه پیش رو به دو برابر افزایش پیدا کند و سرعت افزایش تقاضا برای برق حتی از این هم بیشتر باشد. بازار انرژی ترکیه به عنوان یک پل ارتباطی برای انرژی در منطقه و همچنین یک بازار در حال رشد، هر روز نقش پررنگ‌تری به خود گرفته و پر اهمیت‌تر می‌شود. با توجه به این میزان تقاضا به سرمایه‌گذاری عظیمی در بخش انرژی نیاز می‌باشد که بخش بیشتر این سرمایه‌گذاری توسط بخش‌های خصوصی صورت خواهد گرفت.

برطبق آمار وزارت نیرو ترکیه نزدیک به ۱۸٪ میزان توان تولیدی در این کشور، توسط منابع انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود. استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی هیدروالکتریک، سهم مهمی (نزدیک به ۹۵٪) در این میزان دارد. مابقی آن ۵٪ از نیروی باد، زمین گرمایی، و انرژی خورشیدی استخراج می‌شود.

ترکیه بیشترین میزان دریافت انرژی خورشیدی را در اروپا داراست اما هنوز نتوانسته از این پتانسیل برای تولید الکتریسیته استفاده کند. در نتیجه، با افزایش روزافزون نیاز کشور به انرژی تا رسیدن کشور به میزان انرژی تخمین زده شده در سال ۲۰۲۳، ترکیه به واردات نفت و گاز از سایر کشورها وابسته‌تر می‌شود.

این کشور پتانسیل آن را دارد تا سال ۲۰۲۳ که ۳۰٪ از برق مایحتاج خود را از منابع تجدیدپذیر تولید کند. انرژی‌های تجدیدپذیر و پروژه‌های افزایش بهره‌وری انرژی در ترکیه تولید سالانه ۲ میلیون تن دی‌اکسیدکربن را کاهش داده است. توان ناخالص خورشیدی ترکیه معادل ۸۸ میلیون تن نفت در سال برآورد می‌شود که از این میان می‌توان از ۴۰٪ آن به‌نحو اقتصادی استفاده کرد.

ترکیه در راستای بهینه سازی انرژی تحقیقاتی انجام و استراتژی‌ای را برای بهینه سازی انرژی از سال ۲۰۱۲-۲۰۲۳ در دستور کار خود قرار داده است. از اهداف این استراتژی کاهش حداقل ۲۰٪ انرژی مصرفی برای تولیدات ناخالص ملی در سال ۲۰۲۳ می‌باشد. ترکیه قصد دارد میزان مصرف گاز طبیعی خود را تا ۳۰٪ کاهش دهد، در عوض میزان تولید انرژی تجدید پذیر خود را تا ۳۰٪ افزایش دهد (تولید ۳۶۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های برق آبی، ۲۰۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های بادی، ۳۰۰۰ مگاوات برق در نیروگاه‌های خورشیدی، ۶۰۰ مگاوات زمین گرمایی و ۲۰۰۰ مگاوات از بایو مس تا سال ۲۰۲۳).

در برنامه‌ریزی استراتژیک کوتاه‌مدتی که ترکیه برای بخش انرژی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۴ انجام داده است، برای کاهش واردات انرژی مطالعات خود را برای اکتشاف منابع نفتی محلی و گاز طبیعی و منابع زغال سنگ افزایش خواهد داد و همچنین برای استفاده از سایر منابع انرژی استفاده از منابع تجدیدپذیر محلی و همچنین آغاز به ساخت چندین نیروگاه هسته‌ای را در دستور کار خود قرار داده است.

طبق این برنامه کوتاه‌مدت برای تأمین امنیت انرژی یازده هدف تعیین شده است که یکی از آن‌ها افزایش سهم منابع انرژی-های نو در تأمین انرژی است. برای رسیدن به این هدف، قانونی در سال ۲۰۰۵ تحت عنوان استفاده از منابع انرژی‌های تجدید-

پذیر برای تولید انرژی الکتریکی تصویب شد که شرایط برای ورود بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری در این بخش فراهم آورد. هدف اصلی در این طرح تأمین ۳۰٪ از برق با استفاده از این منابع می‌باشد. در سال ۲۰۱۰ بر روی قانون مربوط به انرژی‌های نو اصلاحاتی انجام شد و به تصویب رسید. هدف از این اصلاحات را می‌توان موارد زیر نام برد:

- افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر در تولید الکتریسیته
- وارد ساختن این منابع به‌نحوی مطمئن، اقتصادی و کیفی
- افزایش انواع منابع انرژی
- کاهش گازهای گلخانه‌ای
- کاهش ضایعات
- محافظت از محیط‌زیست
- توسعه بخش تولید که منوط بر رسیدن به هدف‌های بالا می‌باشد.

ترکیه با وضع قوانین، مشوق‌هایی برای استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر در نظر گرفته است که شامل مشوق‌های مالی (تعیین تعرفه ۱۳/۳ دلار سنت آمریکا برای ابزارهای تولید برق از انرژی خورشیدی)، مشوق‌های استفاده از تجهیزات ساخت ترکیه، تخفیف‌های استفاده از خطوط انتقال، اجاره، حق دسترسی و مجوز برای تسریع عملیاتی شدن نیروگاه‌ها می‌باشد. مطابق این قوانین، آزادسازی و خصوصی‌سازی باید یکی پس از دیگری صورت گیرد. بنابراین با توجه به این قانون درحالی‌که بازار آزادتر می‌شود، ابزار تولید و توزیع نیز خصوصی‌سازی می‌شوند. دولت با توجه به این قانون انتظار دارد که کارخانه‌های تولیدی دولتی تا آخر سال ۲۰۱۴ به‌طور کامل خصوصی‌سازی شوند.

در پایان دسامبر ۲۰۱۳، جمع کل ظرفیت نصب‌شده در ترکیه به ۶۴/۰۴ گیگاوات رسید. سهم نیروگاه‌های حرارتی و آبی در میان ظرفیت مورد استفاده داخلی ۳۹/۶٪ و ۶۰/۴٪ می‌باشد. ریز این مقادیر در جدول ۸ آورده شده است. انرژی‌های تجدیدپذیر دومین تأمین‌کننده انرژی بعد از زغال سنگ محسوب می‌شوند.

ظرفیت نصب شده		تعداد نیروگاه	نوع سوخت/منبع
%	MW		
۱۹,۴	۱۲,۴۲۷۸	۲۷	زغال سنگ

ظرفیت نصب شده		تعداد نیروگاه	نوع سوخت/منبع
%	MW		
۳۱,۶	۲۰,۲۶۹۹	۲۱۸	گاز طبیعی
۲۵,۲	۱۶,۱۴۲۵	۷۴	آب-سد
۹,۶	۶,۱۴۶۶	۳۹۳	آب-رودخانه
۴,۳	۲,۷۵۹۶	۷۲	باد
۰,۵	۰,۳۱۰۸	۱۳	زمین گرمایی
۰,۴	۰,۲۳۶۹	۳۹	سایر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر
۹,۰	۵,۷۴۹	۷۴	سایر نیروگاه‌های حرارتی
۱۰۰,۰	۶۴,۰۴۴۰	۹۱۰	جمع کل

جدول ۸: سهم انواع انرژی در سبد انرژی ترکیه

متوسط ساعت آفتابی ترکیه در یک سال ۲۶۴۰ ساعت (۷/۲ ساعت در هر روز) و پتانسیل انرژی خورشیدی در ترکیه به‌طور متوسط سالانه ۳۸۰ میلیارد کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد. بررسی‌های انجام‌شده بر روی اطلس مربوط پتانسیل انرژی خورشیدی و تکنولوژی متمرکزکننده‌ها، نشان می‌دهد ترکیه می‌تواند ۳۸۰ میلیارد کیلووات ساعت از خورشید انرژی تولید کند. میزان کلکتورهای نصب‌شده در ترکیه به ۱۲ میلیون متر مربع با پتانسیل انرژی ۷۶ TEP و تولید سالانه ۷۵۰۰۰۰ متر مربع میرسد که بخشی از تولید صادر می‌شود. میزان گرمای ایجادشده حدوداً به اندازه ۴۲۰۰۰۰ TEP است که نشان می‌دهد ترکیه یکی بزرگترین تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌های کلکتورهای خورشیدی می‌باشد.

برای تولید برق از انرژی خورشید، باید مجوزی از طرف سازمان تنظیم بازار انرژی^۲ صادر شود. برخلاف مجوز برای تولید برق از سایر منابع مرسوم مانند آب، پاز طبیعی و زغال سنگ، قانون انرژی‌های تجدیدپذیر مجوز تولید برق از انرژی خورشیدی را تنها در روزهای مشخصی صادر می‌کند. همچنین محدودیت‌هایی برای میزان ظرفیت و نیازها در رابطه با زمین وجود دارد. محل‌هایی که دارای تابش خورشیدی بالایی هستند از لحاظ هزینه تولید برق بسیار مورد توجه هستند که مناطق جنوب شرقی ترکیه می‌تواند این نیاز را ارضا کند. از طرفی تخمین زده می‌شود که ترکیه دارای ۲۴۳۰۰۰ کیلومتر مربع زمین بایر می‌باشد که بیشتر این زمین‌ها در جنوب این کشور که بیشتر میزان تابش خورشید را دارهستند، قرار دارند. این نشان‌دهنده پتانسیل مناسب

² Energy Market Regulatory Authority

این کشور برای توسعه انرژی خورشیدی است اما دو مشکل اساسی در استفاده از نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی در ترکیه وجود دارد که عبارتست از تکنولوژی و هزینه. برای حل مشکل تکنولوژی، وزارت انرژی و منابع طبیعی ترکیه با همکاری شورای پژوهش تکنولوژی و علمی ترکیه با هزینه ۱/۲ میلیون دلار آمریکا از بودجه دولتی در یک دوره ۱۰ ساله برای حل این مشکل وارد کردن این تکنولوژی به بازار به صورت موفق همکاری می‌کند. ترکیه همچنین در بسیاری از فعالیت تحقیقی بین-المللی برای شتاب بخشی به این روند همکاری می‌کند. با استفاده از تکنولوژی روز ترکیه، هزینه تولید برق بین ۱۰ تا ۱۲ سنت آمریکا بر هر کیلووات ساعت می‌باشد که هنوز بیشتر از نیروگاه‌های حرارتی معمولی است، اگرچه می‌توان انتظار داشت هزینه‌های این تکنولوژی جوان کاهش چشمگیری داشته باشد از سوی دیگر این تکنولوژی هیچ‌گونه ایپندگی ندارد.

آینده انرژی خورشیدی در ترکیه و مسیر راه: به علت آنکه ترکیه دارای میزان پرتو تابشی و زمین در دسترس بسیار زیاد می‌باشد، پتانسیل بازار فتوولتائیک در ترکیه بسیار زیاد است. نزدیک به ۳۰۰۰۰۰ محل مسکونی در ترکیه وجود دارد که استفاده از انرژی الکتریکی تولیدشده از فتوولتائیک برای آنها به صرفه‌تر می‌باشد. پتانسیل دیگر ترکیه برای استفاده از فتوولتائیک روستاهای تفریحی است که در مناطق ساحلی موجودند. این مناطق معمولاً از شبکه دورند و نیاز به میزان توان بیشتری دارند. به جز کاربردهای خاص، میزان سلول‌های فتوولتائیک نصب شده در ترکیه نزدیک به صفر می‌باشد. به هر حال، انرژی خورشیدی در ترکیه بیشتر به منظور گرم کردن آب به کار می‌رود. سیستم گرم‌کننده‌ی آب گرم نزدیک به ۱۰ میلیون متر مربع را پوشش می‌دهد. ترکیه دومین کشور دنیا در زمینه تولید آب گرم از انرژی خورشیدی می‌باشد. اما جدا از این مطلب، میزان ظرفیت سلول فتوولتائیک نصب شده به خاطر مسائل دولتی تاکنون زیاد نبوده است.

تحقیقات فتوولتائیک و فعالیت‌های توسعه‌ای هنوز تحت نظر بسیاری از دانشگاه‌ها و ارگان‌های دولتی و بخش‌های صنعتی صورت می‌گیرد که بودجه خود را از DPT و TUBITAK دریافت می‌کنند. ترکیه از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵، ۱۲۰ میلیون دلار در بخش توسعه و تحقیق انرژی هزینه کرده است که ۱۵/۶ میلیون دلار از آن بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری شده است که سهم فتوولتائیک بسیار اندک می‌باشد و میزان اشتغال کمی به وجود آورده است.

در حال حاضر، به علت آنکه دولت قصدی برای تکنولوژی فتوولتائیک ندارد، ترکیه هیچ‌گونه برنامه اقتصادی مدون محلی برای فتوولتائیک ندارد. هزینه نصب سیستم‌های کوچک با ظرفیت کمتر از ۵ کیلووات ساعت در ترکیه تقریباً ۹ یورو بر وات ساعت

است. بررسی چرخه طول عمر، بر طبق ۱۰٪ تخفیف و طول عمر ۲۰ سال تقریباً ۵۲ سنت در هر کیلووات خواهد بود. تحت چنین شرایطی این سیستم در این مدت ۲۰ سال بازگشت سرمایه خواهد داشت.

در حال حاضر، دانشگاه‌های ترکیه و مؤسسه‌های تحقیقاتی شروع به ارائه پروپوزال پروژه‌هایی در زمینه فتوولتائیک کرده‌اند. علاوه بر آن، ترکیه در برنامه بین‌المللی تحقیق و توسعه در سیستم‌های فتوولتائیک از طریق اجرای توافق‌نامه آژانس بین‌المللی انرژی که یکی از جامع‌ترین برنامه‌ها برای سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه می‌باشد توسط برنامه سیستم‌های توانی فتوولتائیک (PVPS) شرکت دارد. این برنامه تنها یکی از برنامه‌های همکاری بر روی توسعه و تحقیق در آژانس بین‌المللی انرژی است. PVPS دارای ۲۰ کشور عضو شامل ترکیه می‌باشد. دولت هیچ برنامه‌ای برای تولید سلول خورشیدی ندارد. سلول‌های خورشیدی در مؤسسات تحقیقاتی مختلفی برای مطالعه امکان ساخت محلی تولید می‌شوند. تاکنون، هیچ‌کدام از این مطالعات جواب مثبتی برای تولید انبوه سلول در ترکیه نداده است.

اگرچه هیچ نیروگاه حرارتی در ترکیه وجود ندارد اما تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۲۴ اولین نیروگاه ترکیبی تاسیس شود. به علاوه، انتظار می‌رود ۵۰٪ سیستم‌های گرم‌کننده آب به صورت خانگی عمل کنند. طبق نظرسنجی انجام گرفته انتظار می‌رود بازدهی سلول‌های لایه نازک تا سال ۲۰۲۴ به حدقل ۲۰٪ افزایش یابد. دورنمای دیگری که توسط شرکت‌کنندگان در این نظرسنجی ترسیم شد در باره سلول‌های تک-چند کریستاله سیلیکونی می‌باشد که در این نظرسنجی گفته شده است که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۲ به بالای ۳۰٪ برسد. بر طبق نظرسنجی صورت گرفته در دانشگاه اگ، انتظار می‌رود هزینه تمام‌شده ماژول‌های فتوولتائیک توسط برنامه‌های تحقیق و توسعه در ترکیه تا ۴۰٪ تا سال ۲۰۲۳ کاهش یابد و هزینه نصب آن‌ها کمتر از ۲ دلار در هر وات شود.

۴,۲,۳,۱ چشم‌انداز کشورهای منطقه MENA برای توسعه انرژی خورشیدی

از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱، برق تولیدی تجدیدپذیر غیر از برق آبی، بیش از ۲ برابر شده است و تقریباً به ۳ تراوات ساعت رسیده، چنانکه با سرعتی بیش از منابع انرژی سنتی رشد یافته است. اگرچه انرژی باد، پس از برق آبی بیشترین سهم را از آن خود کرده است، تولید برق خورشیدی در سال‌های اخیر رشد بیشتری داشته است؛ اولاً به خاطر رشد فتوولتائیک و سپس به

دلیل راه‌اندازی نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز (CSP) در الجزایر، مصر، ایران و مراکش و همین اواخر بزرگترین نیروگاه CSP در امارات. انتظار می‌رود این روند در آینده نیز ادامه یابد.

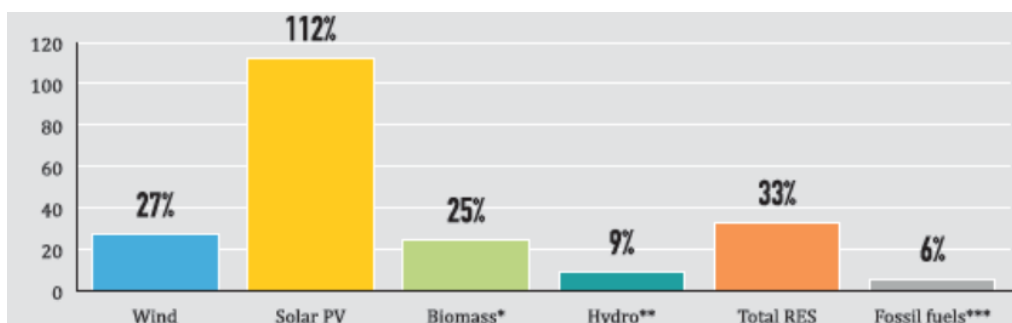
سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی (SWH) هم عنصری کلیدی در به‌کارگیری تجدیدپذیرها در این منطقه هستند. امروزه، آن‌ها حدود ۹ میلیون متر مربع از نواحی تابشی مناسب (کلکتور) را با ظرفیت نصب‌شده‌ای معادل ۶/۳ گیگاوات گرما به خود اختصاص داده‌اند. بیشتر سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی در کشورهای NOIC واقع شده‌اند جایی که چارچوب‌های تشویقی قابل تحسینی مانند برنامه PROSOL در تونس و برنامه PROMASOL در مراکش استقرار یافته‌اند.

بیشتر اهداف و سیاست‌های دنبال شده برای تجدیدپذیرها به فتوولتائیک خورشیدی، CSP و آبگرمکن خورشیدی اولویت داده‌اند که نشان‌دهنده کیفیت بالای منابع انرژی خورشیدی در این منطقه و کاهش هزینه‌های فناوری‌ها آن است.

به نظر می‌رسد که توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر در این منطقه باعث افزایش سرمایه‌گذاران از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ شده است به‌نحوی که برای مثال، منجر به ورود شماری از بزرگترین بازیگران جهانی انرژی مخصوصاً شرکت‌های بزرگ نفت و گاز به بازار خورشیدی گردیده است.

به نظر می‌رسد که با کاهش هزینه‌های فناوری‌های نوین انرژی تجدیدپذیر و افزایش هزینه‌های سوخت‌های فسیلی، فناوری‌هایی مانند انرژی بادی و خورشیدی، پاسخگوی نیاز به انرژی در همه کشورهای منطقه باشند، همچنانکه مرجح‌ترین فناوری‌ها در این منطقه در آینده قابل پیش‌بینی هستند. بنابراین یک جابه‌جایی در کشورهای NOEC (صادرکننده تام نفت) در حال رخ دادن است. در حالیکه از نظر تاریخی، این کشورها بیشتر به منابع انرژی تجدیدپذیر سنتی وابسته هستند، بیشتر پروژه‌های اعلان‌شده در این کشورها مربوط به باد و خورشید است.

انرژی خورشیدی بالاترین رشد متوسط سالانه در تولید برق در این منطقه را به خود اختصاص داده است (شکل ۱-۱۵ را ببینید). این به دلیل افزایش قابل توجه ظرفیت نصب‌شده فتوولتائیک و تولید از یک مقدار آغازین پایین [و توسعه به مقادیر بالاتر] و نیز به دلیل ورود CSP به تازگی به این منطقه است.



شکل ۱۵: متوسط نرخ رشد سالانه تولید برق براساس منبع در منطقه منا در سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۱

اگرچه امروزه سهم برق فتوولتائیک خورشیدی در آمیخته تولید برق منطقه نسبتاً کم است، فتوولتائیک رشد سریعی را به دلیل پتانسیل بالایش و استمرار کاهش هزینه‌های فناوری مربوطه تجربه می‌کند. از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱، متوسط نرخ رشد سالانه تولید فتوولتائیک خورشیدی حداقل ۱۱۲٪ بود. با تمرکز صرف بر تعدادی از کشورها که ظرفیت نصب‌شده فتوولتائیک خورشیدی دارند، واضح است که این فناوری گستردگی بیشتری نسبت به انرژی بادی در این منطقه دارد. در واقع، همه کشورهای منطقه از فتوولتائیک خورشیدی برای پاسخگویی به بخشی از تقاضای برق خود استفاده می‌کنند، درحالی‌که تا پایان ۲۰۱۲، تنها حدود ۴۰٪ کشورهای منا، برق بادی را مهار کرده‌اند.

به دنبال چهار سال رشد قابل توجه، ظرفیت فتوولتائیک اسرائیل تقریباً به ۲۷۰ مگاوات تا پایان ۲۰۱۲ رسیده است. امارات که ظرفیت نصب شده خود را در دو سال اخیر تقریباً دو برابر کرده است، با ۲۲/۵ مگاوات رتبه دوم را دارد. مصر که ظرفیت خود را در سه سال اخیر سه برابر کرده است و مراکش، هر کدام ۱۵ مگاوات ظرفیت نصب شده دارند و دیگران رهبران منطقه منا در این حوزه هستند. عربستان سعودی ۷ مگاوات و بحرین و لیبی حدود ۵ مگاوات ظرفیت نصب شده دارند.

به علاوه، فتوولتائیک خورشیدی نقش مهمی در برق‌رسانی نواحی محلی بازی می‌کند و قابل ذکر است که از عهده چین نقشی در چارچوب برنامه جهانی برق‌رسانی محلی (PERG) در مراکش به خوبی برآمده است، جایی که جایگزین سوخت گران، ناکارآمد و آلاینده خارج از شبکه ژنراتورهای دیزلی شده است. به‌هرحال، ذات غیرمتمرکز شماری از کاربردهای فتوولتائیک خورشیدی، پایش داده‌های ظرفیت نصب‌شده را کمی چالش‌برانگیز می‌کند؛ فقدان داده‌های به‌روز، به احتمال زیاد سبب دست پایین ارزیابی کردن کاربرد واقعی فناوری می‌شود.

CSP به میزان زیادی به رشد سهم انرژی خورشیدی در این منطقه کمک کرده است. در سال ۲۰۱۱، ۴۰٪ کشورهای بهره‌بردار از نیروگاه‌های CSP در منطقه منا واقع شده‌اند، از جمله: الجزایر، مصر، ایران و مراکش. در سال ۲۰۱۳، امارات نیر به این کشورها اضافه شد. این کشور، از زمانی که نیروگاه شمس ۱ (بزرگترین نیروگاه CSP دنیا با ظرفیت نصب شده ۱۰۰ مگاوات) در مارس ۲۰۱۳ شروع به فعالیت کرد، تبدیل به بازیگر اصلی بازار CSP در این منطقه شده است.

در جدول زیر ظرفیت نصب‌شده تجدیدپذیرها در منطقه منا مشخص شده است که از این میان انرژی خورشیدی نزدیک ۴۲٪ پروژه‌ها و تقریباً یک سوم ظرفیت این انرژی‌ها را به خود اختصاص داده است.

	Solar		Wind	Biomass and Waste	Geothermal	Hydro	Total
	PV	CSP					
Algeria	7.1 ^c	25 ^a	0 ^a	0 ^b	0 ^b	228 ^a	260.1
Bahrain	5 ^b	0 ^b	0.5 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	5.5
Egypt	15 ^a	20 ^a	550 ^a	0 ^b	0 ^b	2,800 ^a	3,385
Iran	4.3 ^c	17 ^b	91 ^a	0 ^b	0 ^b	9,500 ^a	9,612.3
Iraq	3.5 ^d	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1,864 ^a	1,867.5
Kuwait	1.8 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.8
Libya	4.8 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	4.8
Oman	0.7 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0.7
Qatar	1.2 ^c	0 ^a	0 ^a	40 ^a	0 ^a	0 ^a	41.2
Saudi Arabia	7 (2013)	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	7
Syria	0.84 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1,151 ^c	1,151.84
UAE	22.5 ^a	100 (2013)	0 ^b	3 ^a	0 ^b	0 ^b	125.5
Yemen	1.5 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.5
Total NOEC	75.24	162	641.5	43	0	15,543	16,464.74
Djibouti	1.4 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.4
Israel	269 ^a	0 ^b	6 ^b	27 ^a	0 ^b	7 ^d	309
Jordan	1.6 ^a	0 ^b	1.4 ^a	3.5 ^a	0 ^b	10 ^a	16.5
Lebanon	1 ^a	0 ^b	0.5 ^a	0 ^b	0 ^b	282 ^a	283.5
Malta	12 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	12
Morocco	15 ^a	20 ^a	291 ^a	0 ^b	0 ^b	1,745 ^a	2,071
Palestinian Territories	1 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0.023 ^a	0 ^c	1.023
Tunisia	4 ^a	0 ^a	154 ^a	0 ^b	0 ^b	66 ^a	224
Total NOIC	305	20	452.9	30.5	0.023	2,110	2,918.42
TOTAL MENA	380.24	182	1,094.4	73.5	0.023	17,653	19,383.16

جدول ۹: ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر در منطقه منا (مگاوات)

در ابتدای سال ۲۰۱۳، اهداف سیاستی برای انرژی تجدیدپذیر در همه ۲۱ کشور منا که شامل دو قلمرو منطقه‌ای می‌شوند، وجود داشته است. بیش از نیمی از اهداف سیاستی در مورد سهم تولید برق، به طور متوسط ۱۰ تا ۲۰٪ تولید برق در نظر گرفته شده است، اما این رقم برای تک تک کشورها متفاوت است و طیفی از ۲٪ تا سال ۲۰۲۰ برای قطر و ۴۰٪ تا ۲۰۳۰ برای الجزایر را دربر می‌گیرد (جدول ۱-۱۰ را ببینید). دیگر اهداف، در مورد سهم تجدیدپذیر در تأمین انرژی اصلی یا نهایی، تأمین حرارت، مقدار کل تولید انرژی برای تجدیدپذیرها یا ظرفیت‌های نصب‌شده الکتریکی فناوری‌های خاص هستند. بیشترین اهداف برای بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ تعیین شده‌اند.

برنامه خورشیدی مصر که در جولای ۲۰۱۲ به تأیید رسید، هدفی ۲۸۰۰ مگاواتی برای CSP و ۷۰۰ مگاواتی برای فتوولتائیک خورشیدی را تا سال ۲۰۲۷ دنبال می‌کند؛ عراق هدفی ۴۰۰ مگاواتی برای ظرفیت خورشیدی و بادی تا سال ۲۰۱۶ اعلان کرده است؛ عربستان سعودی هدفی ۲۵ گیگاواتی برای CSP، ۱۶ گیگاواتی برای فتوولتائیک، ۹ گیگاواتی برای انرژی بادی، ۳ گیگاواتی برای انرژی حاصل از ضایعات و ۱ گیگاواتی برای زمین‌گرایی تا سال ۲۰۳۲ دنبال می‌کند (که شامل ۲۰٪ تولید برق کل تا آن سال می‌شود)؛ و قطر هدفی ۲٪ برای تأمین برق تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ دارد و نیروگاهی ۶۴۰ مگاواتی برای فتوولتائیک خورشیدی تا سال ۲۰۲۰ راه‌اندازی می‌کند.

اهداف انرژی تجدیدپذیر و تاریخ‌های هدف		
۶٪ تولید برق تا ۲۰۱۵، ۱۵٪ تا ۲۰۲۰ و ۴۰٪ تا ۲۰۳۰؛ که از این مقدار ۳۷٪ خورشیدی (فتوولتائیک و CSP) و ۳٪ بادی است	الجزایر	NOEC (کشورهای صادرکننده تام نفت)
۵٪ تا ۲۰۲۰	بحرین	
۲۰٪ تولید برق تا ۲۰۲۰ که ۱۲٪ آن انرژی بادی است	مصر	
-	ایران	
۲٪ تولید برق تا ۲۰۱۶	عراق	
۵٪ تولید برق تا ۲۰۲۰ و ۱۰٪ تا ۲۰۳۰	کویت	
۳٪ تولید برق تا ۲۰۱۵، ۷٪ تا ۲۰۲۰ و ۱۰٪ تا ۲۰۲۵	لیبی	
۱۰٪ تا ۲۰۲۰	عمان	
حداقل ۲٪ تولید برق تا سال ۲۰۲۰ از انرژی خورشیدی	قطر	
-	عربستان سعودی	
-	سوریه	
دبی، ۵٪ الکتريسيته تا ۲۰۳۰؛ ابوظبی، ۷٪ ظرفیت تولید برق تا ۲۰۲۰	امارات	NOIC (کشورهای واردکننده تام نفت)
۱۵٪ الکتريسيته تا ۲۰۲۵	یمن	
۳۰٪ تأمین اکثریسیته محلی از فتوولتائیک خورشیدی تا ۲۰۱۷، ۱۰۰٪ انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۲۰	جیبوتی	
۵٪ تولید برق از تجدیدپذیرها تا ۲۰۱۴، ۱۰٪ تا ۲۰۲۰	اسرائیل	
۷٪ انرژی اصلی تا ۲۰۱۵، ۱۰٪ تا ۲۰۲۰	اردن	
۱۲٪ انرژی الکتریکی و گرمایی تا ۲۰۲۰	لبنان	
۱۰٪ انرژی نهایی از تجدیدپذیرها تا ۲۰۲۰، ۱۴٪ الکتريسيته تا ۲۰۲۰، ۶٪ گرمایش و سرمایش تا ۲۰۲۰، ۱۱٪ حمل و نقل تا ۲۰۲۰	مالت	
۴۲٪ ظرفیت برق نصب‌شده تا ۲۰۲۰	مراکش	

اهداف انرژی تجدیدپذیر و تاریخ‌های هدف		
۲۵٪ انرژی از تجدیدپذیرها تا ۲۰۲۰، ۱۰٪ (یا حداقل ۲۴۰ گیگاوات) تولید برق تا ۲۰۲۰	قلمرو فلسطین	
۱۱٪ تولید برق تا ۲۰۱۶، ۲۵٪ تا ۲۰۳۰؛ ۱۶٪ ظرفیت برق نصب‌شده تا ۲۰۱۶، ۴۰٪ تا ۲۰۳۰	تونس	

جدول ۱۰: کل اهداف در زمینه سهم انرژی تجدیدپذیر در کشورهای منا

در کشورهای واردکننده تام نفت، قلمرو فلسطین هدف ۱۰٪ برای تولید برق تا سال ۲۰۲۰ در نظر گرفته، لبنان ۴۰ مگاوات از هیدرو، ۱۵-۲۵ مگاوات از بیوگاز و ۶۰-۱۰۰ مگاوات از ظرفیت بادی تا سال ۲۰۱۵ لحاظ کرده، و جیبوتی که هیچ ظرفیت برق تجدیدپذیری در سال ۲۰۰۹ نداشت، هدفی ۱۰۰٪ برای انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۲۰ در نظر گرفته است. ۱۹ کشور از ۲۱ کشور منا، اهداف انرژی تجدیدپذیر خود را بر اساس فناوری، تفکیک کرده‌اند (جدول ۱۱ را ببینید).

نکته: هدف ذکر شده برای الجزایر در این جدول، تنها مربوط به هدف ظرفیت انرژی تجدیدپذیر برای استفاده داخلی است. این کشور همچنین هدف ۱۰ هزار مگاواتی دیگری برای صادرات تا ۲۰۳۰ دارد.

	Solar		Wind	Biomass, Geothermal, and Hydro	TOTAL	
	PV	CSP				
NOEC	Algeria					
	by 2013	6 MW	25 MW	10 MW	—	41 MW
	by 2015	182 MW	325 MW	50 MW	—	557 MW
	by 2020	831 MW	1,500 MW	270 MW	—	2,601 MW
	by 2030	2,800 MW	7,200 MW	2,000 MW	—	12,000 MW
	Bahrain	—	—	—	—	—
	Egypt					
	by 2020	220 MW	1,100 MW	7,200 MW	—	8,520 MW
	by 2027	700 MW	2,800 MW	—	—	10,700 MW
	Iran					
	by 2013	—	—	1,500 MW	—	1,500 MW
	Iraq					
	by 2016	240 MW	80 MW	80 MW	—	7,700 MW
	Libya					
	by 2015	129 MW	—	260 MW	—	389 MW
	by 2020	344 MW	125 MW	600 MW	—	1,069 MW
	by 2025	844 MW	375 MW	1,000 MW	—	2,219 MW
	Kuwait					
	by 2030	3,500 MW	1,100 MW	3,100 MW	—	7,700 MW
Oman	—	—	—	—	—	
Qatar						
by 2020	640 MW	—	—	—	640 MW	
Saudi Arabia						
by 2022	17,350 MW		6,500 MW wind/waste-to-energy/geothermal		23,850 MW	
by 2032	16,000 MW	25,000 MW	9,000 MW	3,000 MW waste-to-energy 1,000 MW geothermal	54,000 MW	
Syria						
by 2015	45 MW	—	150 MW	—	195 MW	
by 2020	380 MW	—	1,000 MW	140 MW biomass	1,520 MW	
by 2025	1,100 MW	50 MW	1,500 MW	260 MW biomass	2,910 MW	
by 2030	1,750 MW	—	2,000 MW	400 MW biomass	4,200 MW	
UAE	—	—	—	—	—	
Yemen						
by 2025	4 MW	100 MW	400 MW	6 MW solid biomass; 200 MW geothermal	710 MW	
NOIC	Djibouti	—	—	—	—	—
	Israel					
	by 2020	1,750 MW		800 MW	210 MW biogas and biomass	2,760 MW
	Jordan					
	by 2020	300 MW	300 MW	1,200 MW	—	1,800 MW
	Lebanon					
	by 2015	—	—	60–100 MW	15–25 MW biogas; 40 MW hydro	115–165 MW
	by 2020	—	—	400–500 MW	—	455–565 MW
	Malta					
	by 2020	28 MW	—	110 MW	7 MW biogas; 15 MW solid biomass	160 MW
Morocco						
by 2020	2,000 MW		2,000 MW	2,000 MW hydro	6,000 MW	
Palestinian Territories						
by 2020	45 MW	20 MW	44 MW	21 MW solid biomass	130 MW	
Tunisia						
by 2016	140 MW	—	430 MW	40 MW solid biomass	610 MW	
by 2030	1,500 MW	500 MW	1,700 MW	300 MW solid biomass	4,000 MW	

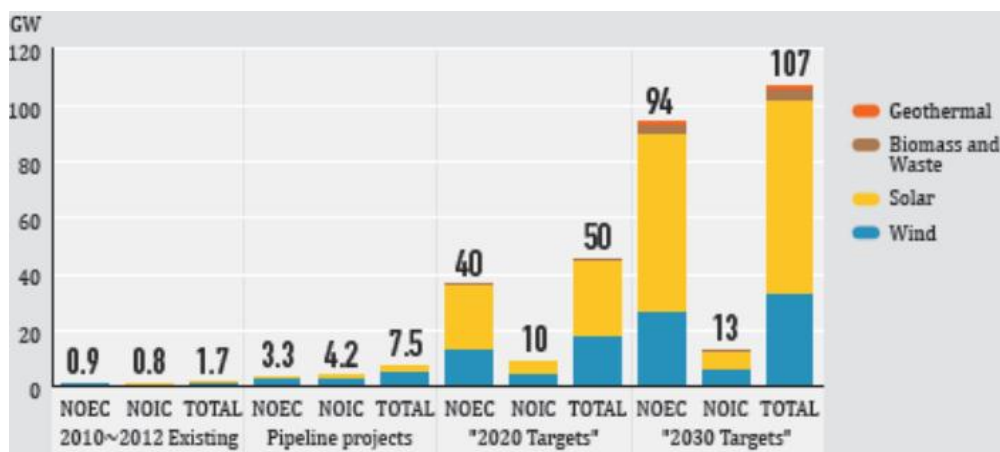
جدول 11: اهداف ظرفیتی انرژی‌های تجدیدپذیر براساس فناوری در کشورهای منا

هنگامی که اهداف کلی براساس فناوری تفکیک می‌شوند، انرژی‌های بادی و خورشیدی به‌وضوح گزینه‌های اصلی فناوری هستند که منعکس‌کننده کیفیت این منابع تجدیدپذیر در این منطقه است. در انتخاب فناوری‌های خورشیدی، CSP به‌دلیل پتانسیل ذخیره بالایش (علیرغم هزینه فعلی بالای هر واحد انرژی CSP)، جلوتر از فتوولتائیک است. اهداف سرمایه‌گذاری و گرمایش خورشیدی اغلب در اسناد سیاستی برای انرژی تجدیدپذیر ظاهر نمی‌شوند و معمولاً به‌عنوان معیارهای کارایی انرژی دیده می‌شوند. به‌هرحال، واضح است که شماری از کشورها برنامه‌ها و هدفگذاری‌های بلندپروازانه‌ای برای آبگرم خورشیدی دارند که در جدول ۱۲ آمده است.

SWH Target		
NOEC	Algeria by 2015 by 2020	70,000 m ² of collector area 490,000 m ² of collector area
	Libya by 2015 by 2020 by 2025	80 MW of installed capacity 250 MW of installed capacity 450 MW of installed capacity
	Syria	Installation of 100,000 m ² of collector area per year
	UAE (Dubai)	For all new villas and labour accommodations, a SWH system must be installed to provide 75% of domestic hot water requirements.
	Yemen	230 GW _{th} of generation per year
NOIC	Jordan by 2015 by 2020	25% of households equipped (from 14% in 2011) 30% of households equipped
	Lebanon by 2020	1.05 million m ² of collector area
	Morocco by 2020	1.7 million m ² of collector area
	Tunisia by 2016	1 million m ² of collector area

جدول ۱۲: اهداف آبگرم خورشیدی در کشورهای منطقه منا

در کل، کشورهای NOEC اهداف انرژی تجدیدپذیر بلندپروازانه‌تری نسبت به NOIC دارند که بیانگر این است که این کشورها، به زودی به کشورهای پیشرو در این منطقه در زمینه سرمایه‌گذاری، ظرفیت و تولید انرژی تجدیدپذیر تبدیل خواهند شد. این واقعیت که، به استثنای تونس، کشورهای NOIC هنوز اهداف ظرفیت انرژی تجدیدپذیری فراتر از سال ۲۰۲۰ تعیین نکرده‌اند و همچنین اینکه کشورهای NOEC در این منطقه، عموماً جایگاه مطلوب‌تری برای تأمین مالی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر دارند، پیشتازی کشورهای NOEC را تأیید می‌کند.



شکل ۱: ظرفیت پیش‌بینی شده تجدیدپذیر غیر هیدرو در منطقه منا

در بین کشورهای NOEC، عربستان سعودی بلندپروازانه‌ترین هدف را دارد (۵۴ گیگاوات تا ۲۰۳۲) که توسط الجزایر (۱۲ گیگاوات تا ۲۰۳۰) و مصر (۱۰/۷ گیگاوات تا ۲۰۲۷) دنبال می‌شود. در بین کشورهای NOIC مراکش هدفی ۴ گیگاواتی برای ظرفیت انرژی تجدیدپذیر غیر هیدرو تا ۲۰۲۰ دارد و هدف اسرائیل دستیابی به تقریباً ۲/۸ گیگاوات تا ۲۰۲۰ است.

در سال ۲۰۱۲، قلمرو فلسطین یک مکانیزم حمایتی تعرفه‌ای جدید را برای حمایت از پروژه‌های بادی، فتوولتائیک، CSP، زیست‌توده و بیوگاز به کار گرفت؛ سوریه یک مکانیزم حمایتی تعرفه‌ای برای تکمیل قانون انرژی تجدیدپذیر ۲۰۱۰ تصویب کرد؛ اسرائیل مکانیزم حمایتی تعرفه‌ای خود را برای کاهش تعرفه‌های بادی و خورشیدی اصلاح کرد، اگرچه که اندازه لازم واجد شرایط بودن و سقف ظرفیت‌های نصب شده را بالا برد؛ و اردن یک مکانیزم حمایتی تعرفه‌ای جدید را در اواخر سال برای تکمیل قانون کارایی انرژی و انرژی تجدیدپذیر که قبلاً در همین سال مصوب شده بود، تصویب کرد. علاوه بر مالت (۲۰۰۹) و الجزایر (۲۰۰۴)، ایران مکانیزمی را در سال ۲۰۰۹ به تصویب رساند که مطابق آن تعرفه‌ها به صورت سالیانه ثابت هستند و بر اساس زمان تولید روزانه برای ساعات پیک، معمول و کم‌باری متفاوت‌اند. مصر هم در حال حاضر در حال توسعه این مکانیزم‌ها برای خورشیدی کوچک-مقیاس (کمتر از ۵۰ مگاوات) است.

علاوه بر این مکانیزم‌ها، اسرائیل الزامات سهم انرژی تجدیدپذیر را در سال ۲۰۱۱ تصویب کرد که شامل الزامات مقرر شده برای تولید بیش از ۱۱۰ مگاوات در محل، از سیستم‌های تجدیدپذیر غیرمتمرکز و نیز تولید بیش از ۸۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های بادی بزرگ، ۴۶۰ مگاوات از سیستم‌های خورشیدی بزرگ، و ۲۱۰ مگاوات از نیروگاه‌های زیست‌توده و تولید برق از ضایعات

است، که همگی باید تا ۲۰۱۴ در شبکه قرار گیرند. در امارات، امارت دبی در سال ۲۰۱۲ یک آیین‌نامه در مورد سیستم‌های آبگرمکن خورشیدی تصویب کرد که مطابق آن ساختمان‌های جدید باید ۷۵٪ آبگرم خود را با انرژی خورشیدی تأمین کنند.

در عمان، سند تنظیم الکتریسیته (AER) الزام جدیدی را در سال ۲۰۱۳ تعیین کرد که وجود یکی از اجزای انرژی تجدیدپذیر (بادی یا خورشیدی) را در هر پروژه تولید برق در نواحی محلی ضروری کرده است، اگر چنین چیزی در تاسیس پروژه پیش‌بینی نشده باشد، شرکت‌ها موظفند چرایی آن را توضیح داده و تحلیل‌های موید امکان‌پذیر نبودن آن را ارائه دهند.

امارات، مصدر و تقا^۳ را به عنوان موجودیت‌های از لحاظ ساختاری خصوصی و دارای پشتوانه دولتی ایجاد کرده است که سرمایه‌های دولتی را به پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر جهانی و ملی پیوند می‌دهد. برای مثال، مصدر، عملیات تجاری خود را از نیروگاه CSP ۱۰۰ مگاواتی شمس ۱ در ۲۰۱۳ شروع کرد و هم اکنون در حال برنامه‌ریزی برای دو نیروگاه فتوولتائیک ۱۰۰ مگاواتی نورا ۱ و مزرعه انرژی بادی سیربانی‌یاس ۳۰ مگاواتی است. در مراکش، یک کنسرسیوم تحت رهبری سرمایه‌گذار، توسعه‌دهنده و بهره‌بردار پروژه‌های عربستان سعودی، شرکت بین‌المللی برق ACWA، مناقصه آژانس مراکشی انرژی خورشیدی (MASEN) را برای ساخت و بهره‌برداری یک نیروگاه CSP ۱۶۰ مگاواتی برد؛ آژانس انرژی خورشیدی این کشور هم‌اکنون پیشنهاد مناقصه دیگری را برای توسعه یک تسهیل خورشیدی ۳۰۰ مگاواتی ارائه کرده است.

سیستم آبگرم خورشیدی داستان موفقیت‌آمیزی در تعداد زیادی از کشورهای مناد دارد، علاوه بر برنامه‌های تحسین برانگیز تونس و مراکش در این زمینه، اکنون مصر، اردن، اسرائیل، و سوریه هم مثال‌های خوبی از کشورهایی هستند که این سیستم‌ها برایشان مزیت ایجاد کرده‌اند. برای دریافت خلاصه‌ای از پارامترهای کلیدی و اطلاعات سیاستی سیستم‌های آبگرم خورشیدی برای کشورهای واقع در جنوب مدیترانه ناحیه منا و دوی، جایی که این سیستم‌ها بیشترین توسعه را داشته است به جدول زیر مراجعه کنید.

³ Masdar and Taqa

	National Level	State Level	SWH Targets	Regulatory Policies		Fiscal Incentives				Educational incentives				
				Building regulation/code	Equipment standards	Capital grant subsidy	Operation grant subsidy	Tax incentive	Lowering/exemption of customs duties	Soft loan and loan guarantee	Technical assistance	Labelling	Training programme	Awareness raising programme
NOEC	Algeria		✓											
	Egypt													
	Libya		✓											
	Syria		✓											
	UAE (Dubai)		✓											
	Yemen		✓											
NOIC	Israel													
	Jordan		✓											
	Lebanon		✓											
	Morocco		✓											
	Palestinian Territories													
	Tunisia		✓											

جدول ۱۳: سیاست‌های حمایتی گرمایش و سرمایش در کشورهای منا

اسرائیل و اردن اولین رهبران کاربرد و نصب این سیستم‌ها در منطقه بوده‌اند که از دهه ۸۰ میلادی در این حوزه کار می‌کنند. اسرائیل اولین کشوری بود که آیین‌نامه انرژی خورشیدی را برای ساختمان‌های جدید در ۱۹۸۰ به کار برد؛ امروزه بیش از ۹۰٪ بازار گرمای خورشیدی آن، فراتر از آنچه قانون برای ساختمان‌های جدید ضروری اعلام یا سیستم‌هایی بزرگتر از آنچه قانون الزام کرده بود، رفته است. در سال ۲۰۰۸، اردن الزام انرژی خورشیدی برای ساختمان‌های جدید را به کار بست و در اکتبر ۲۰۱۲ با توجه به چالش فضای پشت‌بام و تضاد استفاده از فضا، قوانین جدیدی را اعلان کرد که همه ساختمان‌های مسکونی و تجاری جدید را به نصب سیستم‌های آبگرم خورشیدی متعهد می‌ساخت. تونس برنامه PROSOL را در سال ۲۰۰۵ با همکاری وزارت محیط زیست ایتالیا برای ترویج سیستم‌های آبگرم خورشیدی آغاز کرد. این برنامه که بخش مسکونی را هدف گرفته بود، با درگیر کردن مؤسسات مالی محلی در فراهم کردن اعتبار برای مشتریان، به شتاب‌بخشی نفوذ این سیستم‌ها کمک کرد.

این برنامه شامل مجموعه‌ای از معیارهای مرتبط با هم بود که از میان آن‌ها می‌توان به مواردی چون یک یارانه ۲۰٪ برای هزینه سرمایه، یک یارانه نرخ تنزیل، چارچوب‌های اعتباردهی، ایجاد ظرفیت و کمپین‌های آگاهی‌بخشی اشاره کرد. مصر نیز اهداف بلندپروازانه‌ای برای سیستم‌های آبگرم خورشیدی دارد اما تبدیل این اهداف به واقعیت به دلیل یارانه انرژی بالای دولتی، مشکل‌تر است. علیرغم این، مانند دیگر کشورهای این منطقه، دامنه قابل توجهی برای کاربرد آتی این سیستم‌ها به همراه مزایای دیگری از جمله تولید محلی و مهارت‌های نصب وجود دارد که می‌تواند به سرعت به همراه منافع شغلی و اقتصادی چشمگیر، توسعه یابد.

۴,۱ تبیین چارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه چشم‌انداز

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته بر روی اسناد بالادستی و ابعاد چشم‌اندازی اسناد سایر کشورها به‌خصوص کشورهای ناحیه MENA، ویژگی‌ها و چارچوب‌های مهم در تدوین سناریوی توسعه فناوری خورشیدی مشخص شد. از آنجایی‌که هر سند تدوین‌شده در کشور باید در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور باشد افق سند باید سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود. با جمع‌بندی ویژگی‌های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف، بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه انرژی خورشیدی ایران به‌صورت زیر بیان می‌شود:

«با الهام از سند چشم‌انداز بیست ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، نقشه جامع علمی کشور و در راستای تحقق سند چشم‌انداز وزارت نیرو و به منظور ارتقای توانمندی‌های فناورانه در تولید برق و حفاظت از محیط زیست، جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق، در تولید دانش و توسعه صنعت فناوری‌های اولویت‌دار حوزه انرژی خورشیدی به جایگاه اول در منطقه دست یافته است.»

۵,۱ شناسایی ابعاد بیانیه چشم‌انداز

همان‌طور که قبلاً در بخش ۳,۱ در توضیح فرایند (روش منتخب) تدوین بیانیه چشم‌انداز ذکر شد، در مرحله سوم و پس از تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، باید بررسی شود که ویژگی‌های اساسی ذکر شده در بیانیه اولیه، در نظر گرفته شده و لحاظ شده‌اند

یا نه و در صورت در نظر گرفته نشدن ویژگی‌های اساسی، این ویژگی‌ها باید به بیانیه تدوین شده افزوده شود. این ویژگی‌های اساسی عبارتند از: افق زمانی برنامه‌ریزی، جایگاه و رتبه عددی توانمندی در منطقه و جهان، توجه به اسناد بالادستی مرتبط، حوزه کاربرد فناوری، اصول ارزشی حاکم بر توسعه فناوری موردنظر، و تعیین سطح کلی فعالیت. برای تدوین پیش‌نویس اولیه چشم انداز توسعه فناوری‌های خورشیدی، تمامی این ویژگی‌های اساسی مدنظر قرار گرفته‌اند. جدول ۱۴ جزئیات این ویژگی‌ها و چگونگی لحاظ شدن آن‌ها در پیش‌نویس را، توضیح می‌دهد.

محتوا	ابعاد مندرج در چشم‌انداز
۱۴۰۴	افق برنامه‌ریزی
رتبه اول در سطح منطقه	جایگاه و رتبه‌ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان
سند چشم‌انداز بیست ساله کشور نقشه جامع علمی کشور سند چشم‌انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی
فناوری‌های اولویت‌دار انرژی خورشیدی	حوزه‌ی کاربرد فناوری
ارتقای توانمندی فناوری‌های تولید انرژی تکیه بر توانمندی داخلی و متخصصان توانمند و خلاق حفظ محیط زیست	اصول ارزشی
طراحی و تولید	تعریف کلی سطح فعالیت

جدول ۱۴: ابعاد بیانیه چشم‌انداز

۱,۶ نظرات کمیته راهبری در مورد پیش‌نویس اولیه چشم‌انداز

چشم‌انداز تعریف شده توسط تحلیل‌گران و مشاوران در مرحله قبل باید برای نهایی شدن به تأیید کمیته راهبری مسئول توسعه فناوری، متشکل از خبرگان صنعت، دولت و دانشگاه برسد. این تأیید علاوه بر نمایش صحت آینده ترسیم شده، به همگرا شدن نظرات خبرگان در مورد هر یک از مؤلفه‌های آینده فناوری نیز منجر می‌شود. بنابراین، بیانیه اولیه چشم‌انداز در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۲/۲ ارائه گردید که نظرات خبرگان در مورد آن در صورتجلسه پیوست شده به این گزارش موجود می‌باشد.

۷,۱ بیانیه نهایی چشم‌انداز

پس از ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز در جلسه، متن ارائه‌شده تأیید گردید و به عنوان بیانیه نهایی چشم‌انداز مورد استناد قرار خواهد گرفت.

لازم به ذکر است که ترسیم چشم‌انداز باید در تعامل با گام‌های بعدی صورت پذیرد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز تعریف‌شده در این بخش بدون دریافت بازخورد از سایر گام‌ها می‌تواند ماهیتی خارج از واقعیت و غیرعملیاتی داشته باشد. بنابراین لازم است تا چشم‌انداز اولیه تعریف‌شده، با انجام هر گام (تعیین راهبردهای کلان، تحلیل عملکرد، و وضع سیاست‌ها) مورد بازنگری قرار گرفته و تغییرات لازم در مؤلفه‌های آن صورت پذیرد.

۲. تدوین اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

۱,۲ مقدمه

در این مرحله ابتدا بر اساس بررسی منابع مختلف شامل گزارش توجیه‌پذیری، مطالعات تطبیقی و غیره اهداف ممکن‌التصور استخراج می‌شود و سپس با توجه به الزامات بالادستی حاکم، دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری در هر یک از اهداف ممکن‌التصور به دست می‌آید. در انتها، دستاوردهای به دست آمده در حوزه‌های اهداف کلان دسته‌بندی می‌شوند.

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه، در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان «به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟». با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنشگران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را بر اساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند.

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر به‌طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن^۴

- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- منظر مشتری (تعین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های

⁴ Kaplan and Norton, 1996

آموزش کارکنان)

حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رایبسون^۵ (۱۳۸۳)

توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری، توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی

حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیس

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- نوآوری (بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی^۶

- سودآوری
- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان).

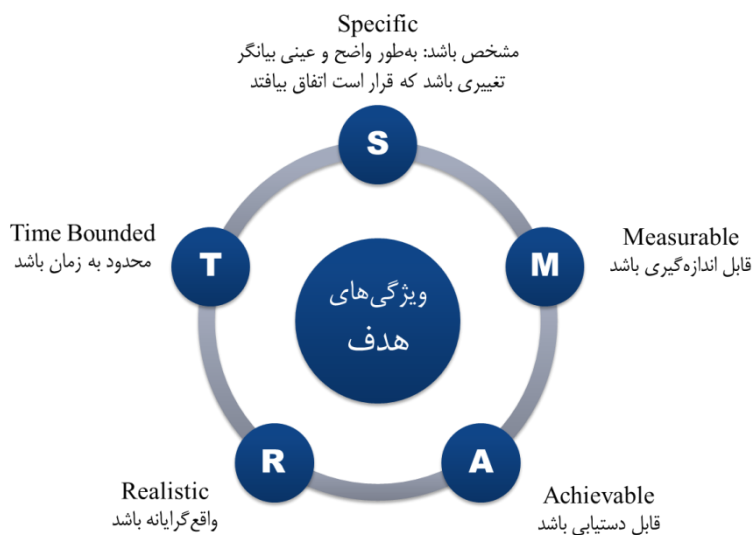
علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف در سطح بنگاه در ادبیات اشاره شده است. این ویژگی‌ها

⁵ Pierce & Robinson

⁶ این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

عبارتند از:

- قابل کاربرد بودن،
- قابل اندازه‌گیری بودن،
- در نظر داشتن محدودیت منابع،
- قابل دستیابی بودن،
- مشخص بودن،
- قابلیت انعطاف داشتن،
- واقع‌گرایانه بودن،
- قابل قبول بودن، و
- و محدود به زمان بودن



شکل ۱۶: ویژگی‌های اهداف کلان

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-پایین و پایین-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-

بالا نگاهی مسئله محور^۷ به توسعه صنعت دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف همراستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. در مجموع می‌توان این طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

۲،۲ روش‌شناسی تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

پس از بررسی و مطالعه مدل‌های مطرح در زمینه تدوین استراتژی فناوری و تعیین اولویت‌های تحقیقاتی و پس از برگزاری جلسات متعدد، تیم برنامه‌ریزی مدل اجرایی مناسب برای تعیین اهداف کلان را پیشنهاد کرد. در ادامه، مراحل این مدل به-صورت خلاصه توضیح داده شده است.

برای تدوین پیش‌نویس اولیه‌ای از اهداف کلان، از سه ورودی اسناد کلان، چشم‌انداز تدوین‌شده در مرحله قبل، و مطالعات تطبیقی در مورد اهداف توسعه علمی و فنی کشورها به‌خصوص کشورهای منطقه، بهره می‌گیریم. مرور نکات کلیدی اسناد بالادستی، لحاظ کردن ابعاد ذکرشده در سند چشم‌انداز و همچنین شناسایی موقعیت رقابتی محتمل کشور بر اساس وضعیت کشورهای منطقه، الزامات حاکم بر اهداف را مشخص می‌سازد.

از طرف دیگر، به‌طور موازی، اهداف ممکن‌التصور بر اساس اهداف تعیین‌شده در اسناد راهبردی تهیه‌شده در سایر حوزه‌ها، مطالعات تطبیقی انجام‌شده در حوزه فناوری‌های خورشیدی، گزارش آینده‌پژوهی تهیه‌شده در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی، گزارش اسناد بالادستی انرژی‌های تجدیدپذیر، و گزارش توجیه‌پذیری استفاده از انرژی خورشیدی، شناسایی می‌شوند. این اهداف باید در جهت دستیابی به چشم‌انداز و در مسیر مأموریت و استراتژی کلان انرژی کشور (الزامات حاکم بر اهداف) باشد و از سوی دیگر اهداف با توجه به قابلیت‌های فناوری تعیین شود.

سپس، همزمان با ارائه مطالبی در مورد ادبیات موضوع در حوزه هدفگذاری کلان به خبرگان کمیته راهبری، از نظرات آنان برای شناخت اهداف ممکن‌التصور و مشخص کردن دستاوردهای حاصل از توسعه انرژی خورشیدی در هر یک از اهداف ممکن

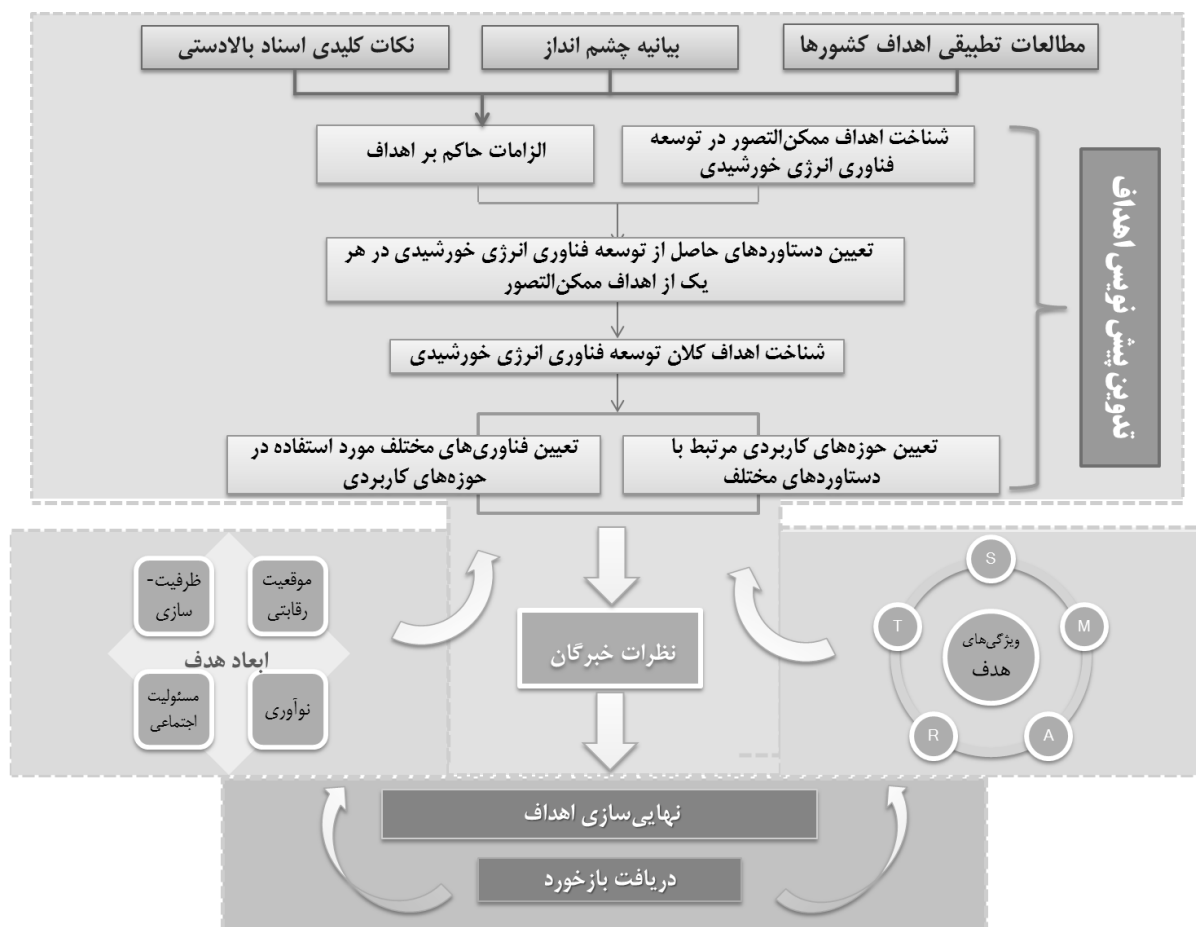
⁷Issue-based

التصور استفاده می‌شود.^۸ این امر، به شناختی کلی از اهداف کلان توسعه فناوری منجر می‌شود. سپس این دستاوردها در حوزه-های اهداف دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه، کاربردهای مرتبط با هر دستاورد مشخص می‌شود. درعین‌حال، فناوری‌های مورد استفاده در هر یک از حوزه‌های کاربردی شناسایی شده تعیین می‌شود. در نهایت، پیش‌نویس اهداف کلان تدوین می‌شود و برای دریافت نظرات خبرگان، در جلسه کمیته راهبری ارائه می‌گردد. پس از دریافت نظرات خبرگان، اهداف کلان نهایی می‌شوند. لازم به ذکر است که پس از نهایی شدن و با ورود به مراحل بعدی و دریافت بازخورد از مراحل بعدی، امکان اصلاح اهداف تدوین شده وجود دارد.

شکل زیر، نمایش گرافیکی مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد.

^۸ نظرات کمیته راهبری پیرامون اهداف ممکن‌التصور برای فناوری‌ها و نسل‌های مختلف انرژی خورشیدی در جلسات مختلف، کسب شده است و خلاصه نظرات اعضای

محترم، در صورت‌جلسات پیوست‌شده به این گزارش قابل مشاهده است.



شکل ۱۷: روش پیشنهادی برای تدوین اهداف کلان

۲,۳ نکات کلیدی اسناد بالادستی

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی، ویژگی‌ها و چارچوب‌های مهم در تدوین سناریوی توسعه فناوری خورشیدی مشخص شد.

از آنجایی که هر سند تدوین شده در کشور باید در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور باشد، افق سند باید سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود. با جمع‌بندی ویژگی‌های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف و دیدگاه نخبگان مشخص می‌گردد که تدوین پیش-نویس اهداف کلان، باید با در نظر گرفتن نکات زیر صورت گیرد:

۱- دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرضه برق مطمئن، پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی)

۲- لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی‌های نو تا سال ۱۴۰۴

- ۳- فراهم کردن زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه پنجم توسعه
- ۴- تنوع‌بخشی به منابع اولیه انرژی و فن‌آوری‌های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب‌پذیری خدمات
- ۵- سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های باد، خورشید، زیست توده و زمین‌گرمایی
- ۶- توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱٪ از نیاز برق کشور از انرژی‌های نو تأمین گردد.
- ۷- جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵٪ در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی
- ۸- تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین‌گرمایی در کشور
- ۹- تاکید بر اقتصادی کردن استفاده از انرژی خورشیدی و اولویت‌دار بودن تولید و بومی‌سازی مبدل‌های فتوولتائیک در حجم و راندمان بالا با توجه به سادگی و سرمایه اندک مورد نیاز از میان سایر فناوری‌های ممکن
- ۱۰- توسعه فناوری‌های انواع نیروگاه‌های خورشیدی به‌عنوان یکی از اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن‌آوری (عتف)

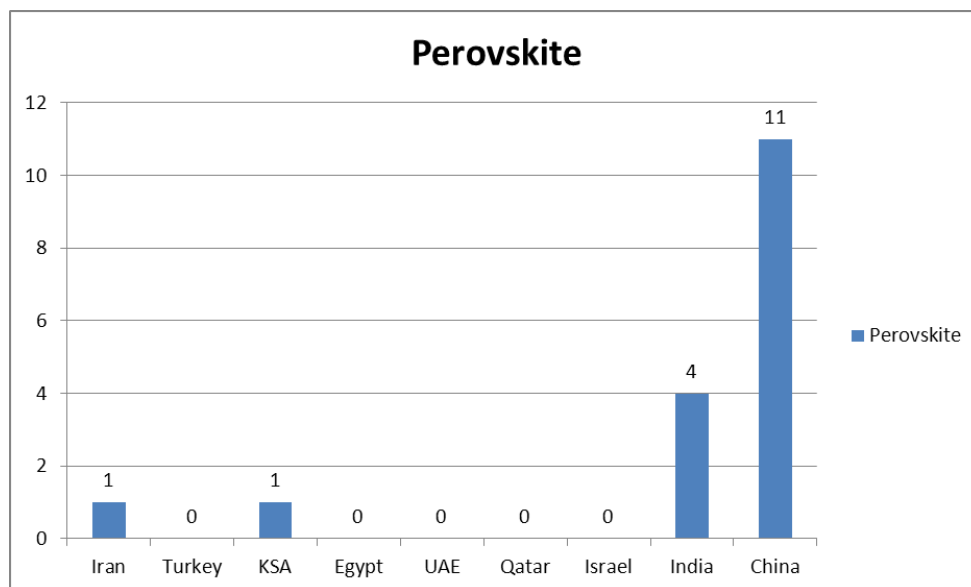
۳,۳ مطالعات تطبیقی در مورد اهداف کلان کشورها در حوزه فتوولتائیک و سیستم‌های حرارتی CSP

در مرحله مطالعات کلان، وضعیت فعلی و سناریوی توسعه علمی و فنی شماری از کشورهای جهان در حوزه فتوولتائیک و سیستم‌های حرارتی CSP مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفت تا بتوان جایگاه کشور در افق چشم‌انداز را در هر یک از این حوزه‌ها با صحت بیشتری تعیین نمود. در ادامه، ابتدا نتایج مطالعات در زمینه وضعیت علمی و سپس سناریوی توسعه فنی و ظرفیت کشورها بیان می‌گردد.

وضعیت علمی

مقالات انتشار یافته در زمینه فناوری Perovskite در کشورهای هدف

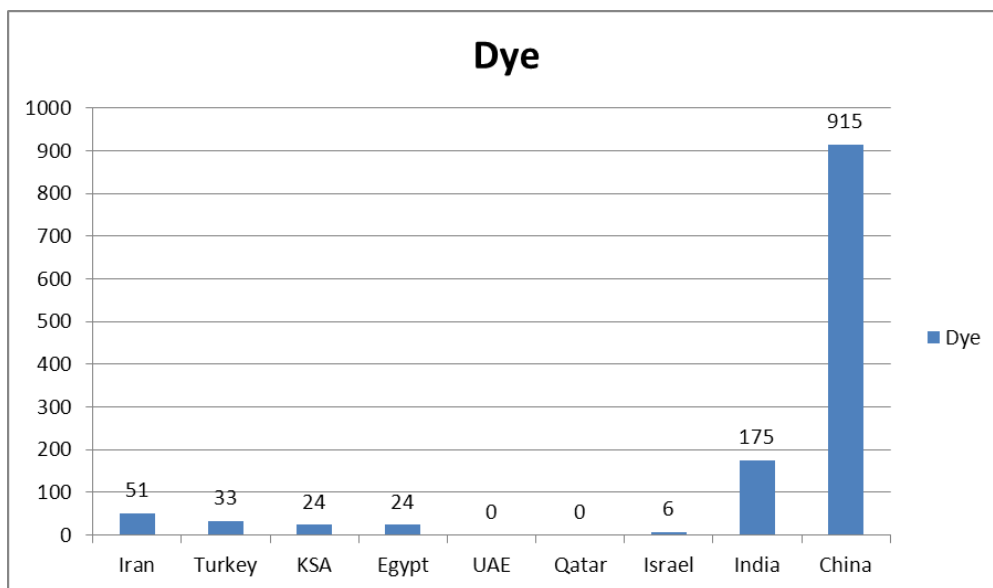
کشور چین با ۱۱ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Perovskite است. در میان کشورهای منا، ایران و عربستان تحقیقات در این زمینه را آغاز کرده‌اند.



شکل ۱۸: تعداد مقالات در زمینه Perovskite در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه Dye در کشورهای هدف

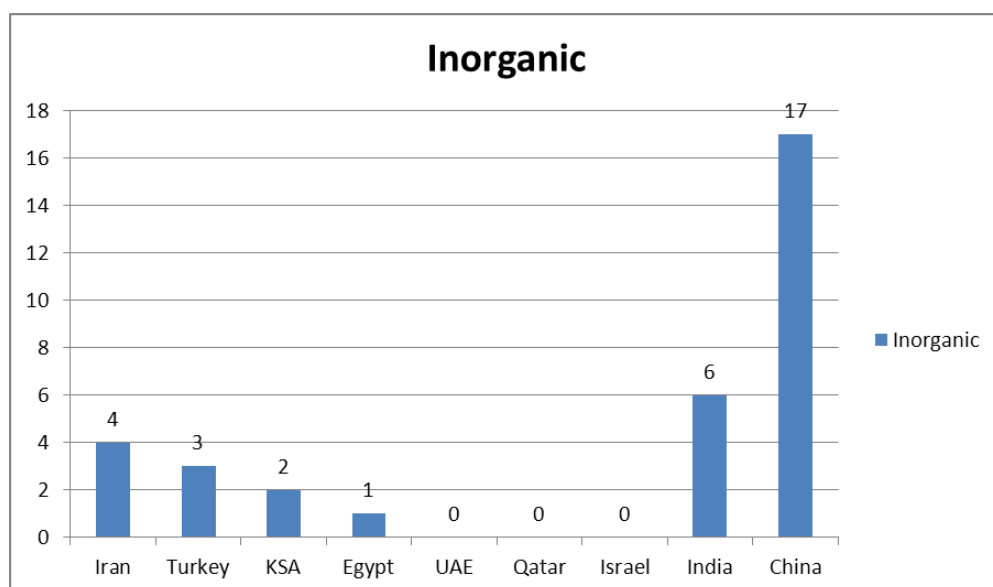
کشور چین با ۹۱۵ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Dye است. در میان کشورهای منا، ایران با تعداد ۵۱ مقاله در این پیشگام است.



شکل ۱۹: تعداد مقالات در زمینه Dye در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه Inorganic در کشورهای هدف

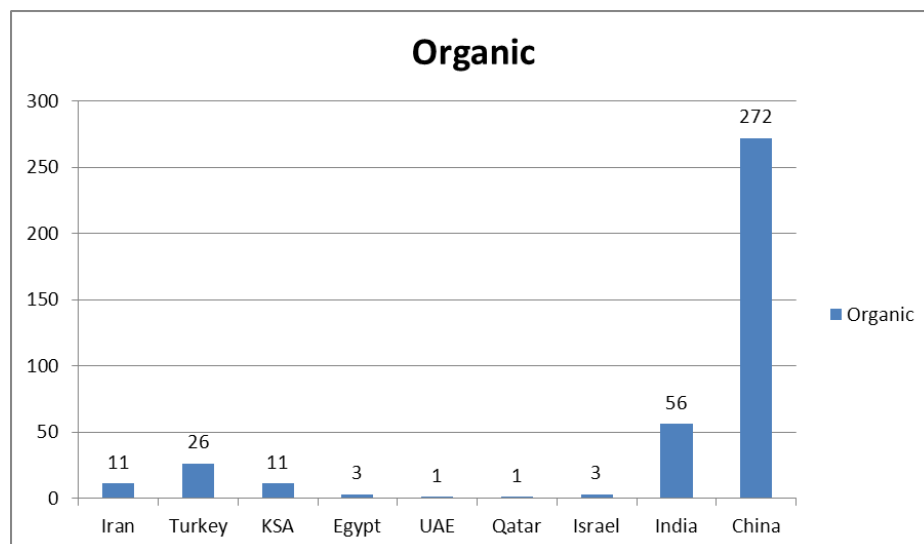
کشور چین با ۱۷ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Inorganic است. در منطقه منا، کشورهای ایران، ترکیه، عربستان و مصر هر کدام به ترتیب تعداد ۴، ۳، ۲، ۱ مقاله در این زمینه منتشر کرده‌اند.



شکل ۲۰: تعداد مقالات در زمینه Inorganic در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه organic در کشورهای هدف

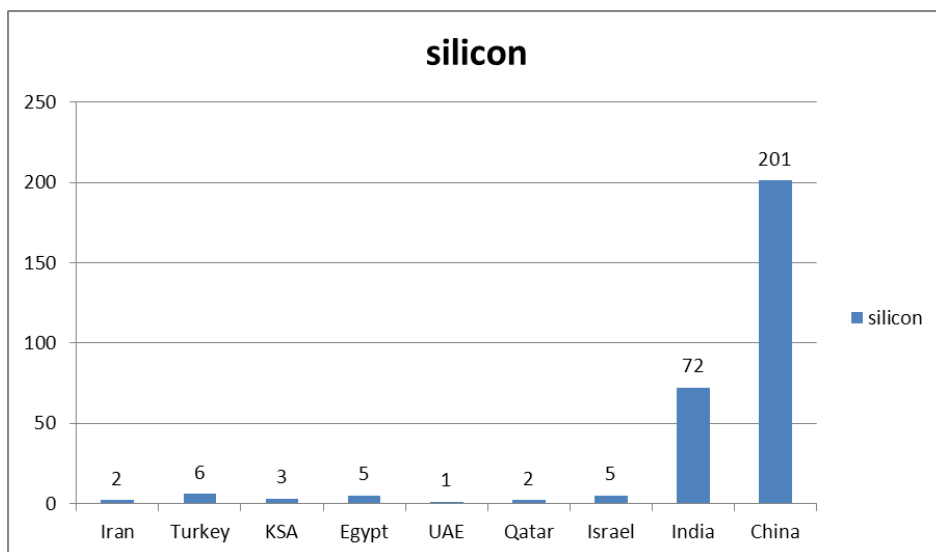
کشور چین با ۲۷۲ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه organic است. در میان کشورهای منا، ترکیه با ۲۶ مقاله دارای رتبه نخست در تعداد مقالات در این زمینه است. ایران و عربستان هر کدام با ۱۱ مقاله در رتبه دوم قرار دارند.



شکل ۲۱: تعداد مقالات در زمینه Organic در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه Silicon در کشورهای هدف

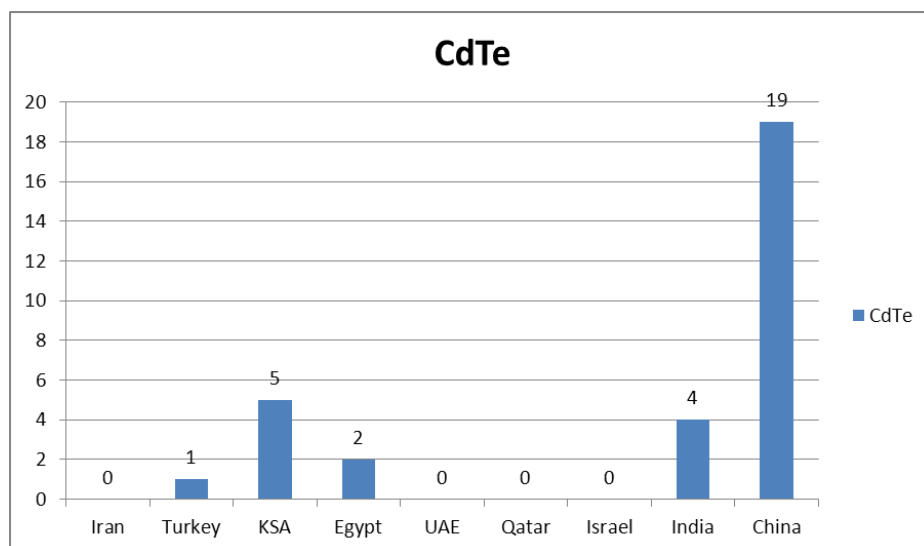
کشور چین با ۲۰۱ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Silicon است. در میان کشورهای منا، ترکیه با ۶ مقاله دارای رتبه نخست در تعداد مقالات در این زمینه است. مصر و اسرائیل هر کدام دارای ۵ مقاله و کشور عربستان دارای ۳ مقاله در این زمینه است. ایران و قطر هر کدام ۲ مقاله را دارا می‌باشند.



شکل ۲۲: تعداد مقالات در زمینه Silicon در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه CdTe در کشورهای هدف

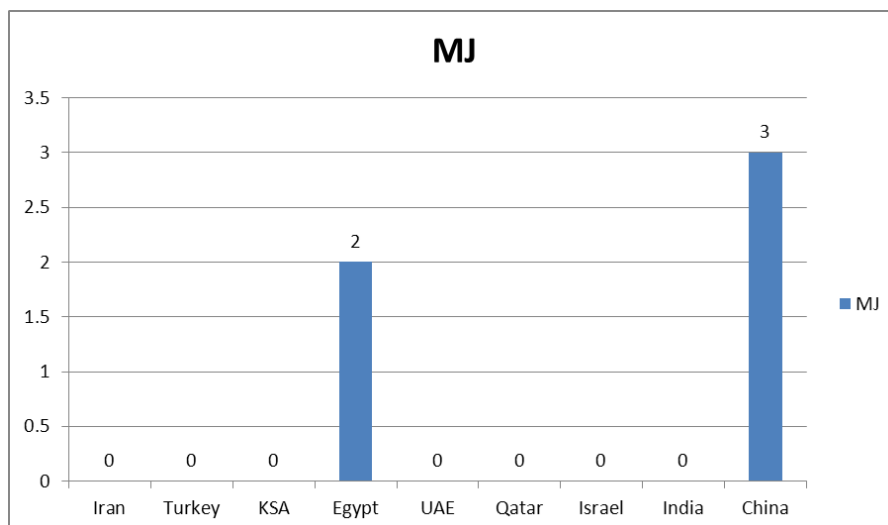
کشور چین با ۱۹ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه CdTe است. در منطقه منا، کشورهای عربستان، مصر و ترکیه به ترتیب دارای ۵، ۲ و ۱ مقاله می‌باشند.



شکل ۲۳: تعداد مقالات در زمینه CdTe در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه Multi Junction در کشورهای هدف

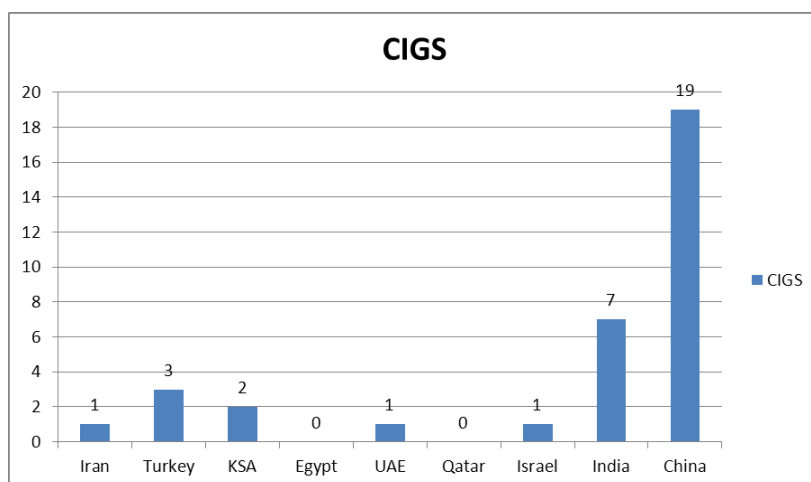
کشور چین ۳ مقاله در این زمینه داراست. در میان کشورهای منا، تنها مصر دارای ۲ مقاله است.



شکل 24: تعداد مقالات در زمینه Multi Junction در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته در زمینه CIGS در کشورهای هدف

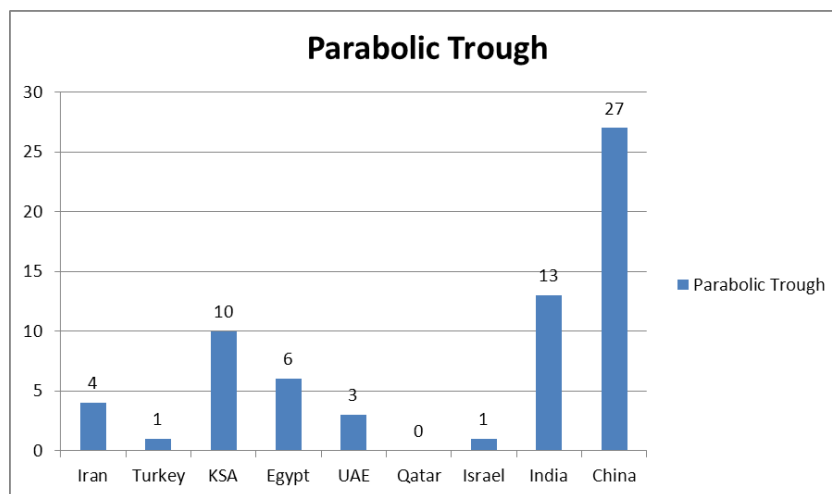
کشور چین با ۱۹ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه CIGS است. در میان کشورهای مناء، ترکیه و عربستان به ترتیب دارای ۳ و ۲ مقاله می‌باشند.



شکل 25: تعداد مقالات در زمینه Silicon در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته از تکنولوژی PTC در پایگاه داده Scencedirect

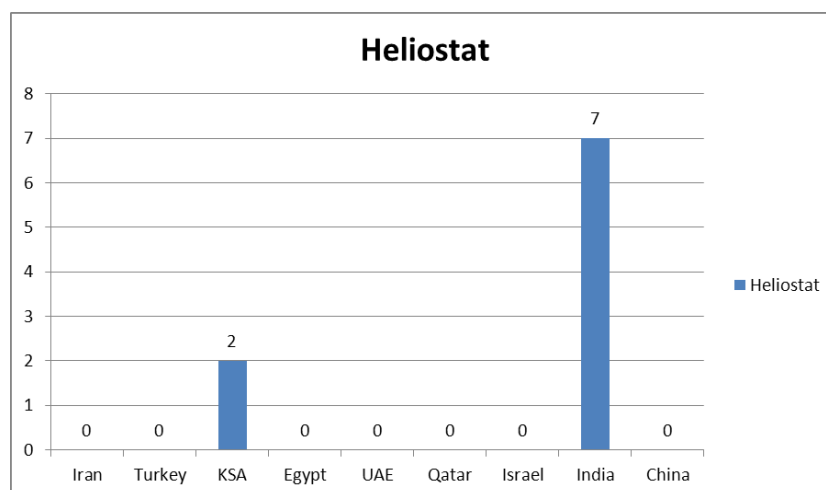
کشور چین با ۲۷ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه PTC است. در میان کشورهای مناء، عربستان، مصر و ایران به ترتیب با ۱۰، ۶ و ۴ مقاله رتبه‌های اول تا سوم را دارا می‌باشند.



شکل 26: تعداد مقالات در زمینه PTC در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته از تکنولوژی Heliostat در پایگاه داده Scienedirect

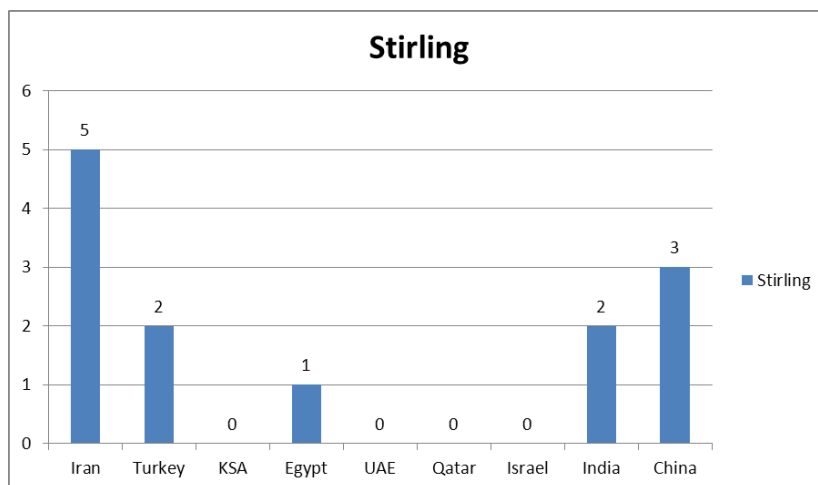
کشور هند با ۷ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Heliostat است. در میان کشورهای منا، تنها عربستان دارای ۲ مقاله در این حوزه می‌باشند.



شکل 27: تعداد مقالات در زمینه Heliostat در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته از تکنولوژی Stirling در پایگاه داده Scienedirect

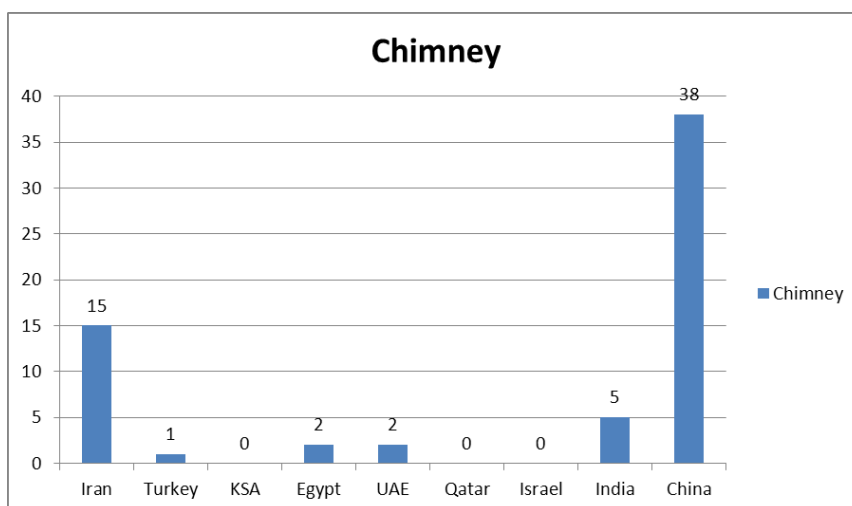
کشور ایران با ۵ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Stirling است و دارای رتبه نخست در میان کشورهای منا است.



شکل 28: تعداد مقالات در زمینه Stirling در کشورهای هدف

مقالات انتشار یافته از تکنولوژی دودکش خورشیدی در پایگاه داده Scencedirect

کشور چین با ۳۸ مقاله دارای بیشترین تعداد مقالات در زمینه Stirling است. ایران با ۱۵ مقاله دارای رتبه نخست در میان کشورهای منا، از نظر تعداد مقالات است.

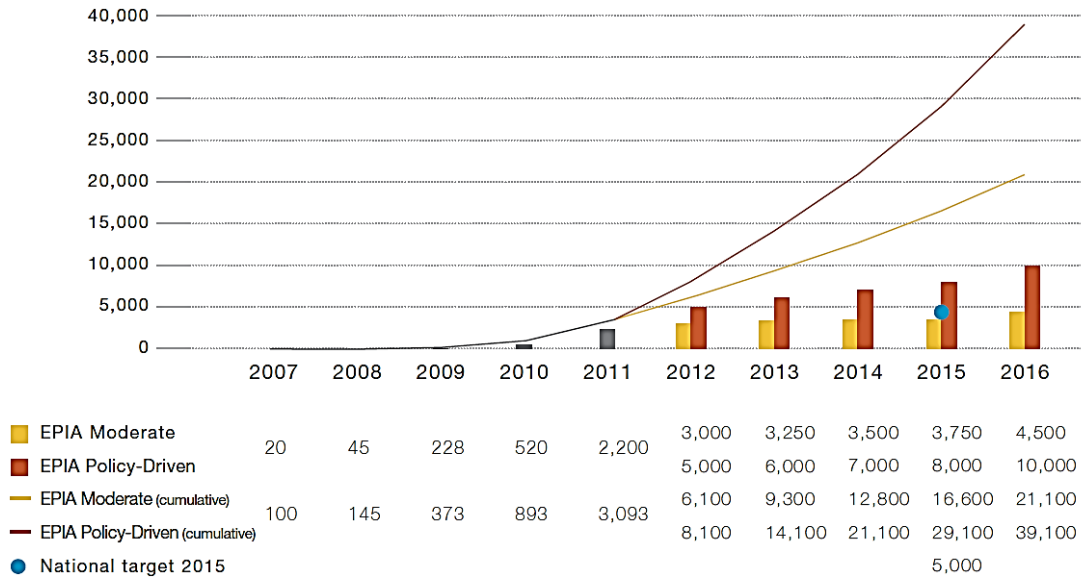


شکل 29: تعداد مقالات در زمینه Chimney در کشورهای هدف

وضعیت توسعه فنی

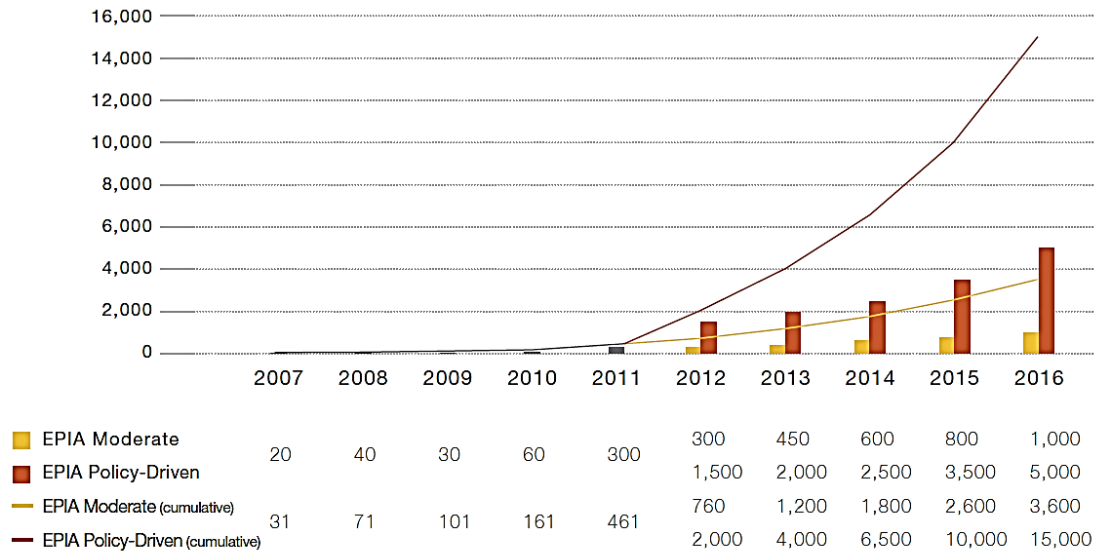
در این بخش ابتدا سناریوی چند کشور مطرح در آسیا و منطقه منا را از نظر می‌گذرانیم و سپس وضعیت کارخانه‌های سازنده فناوری‌های خورشیدی در همین کشورها بررسی می‌شود.

در شکل زیر سناریوی مورد انتظار برای حوزه فتوولتائیک در کشور چین تا سال ۲۰۱۶ نشان داده شده است. این تصویر بیانگر رشد بسیار شدید تولید انرژی از منابع انرژی خورشیدی در کشور چین می‌باشد.



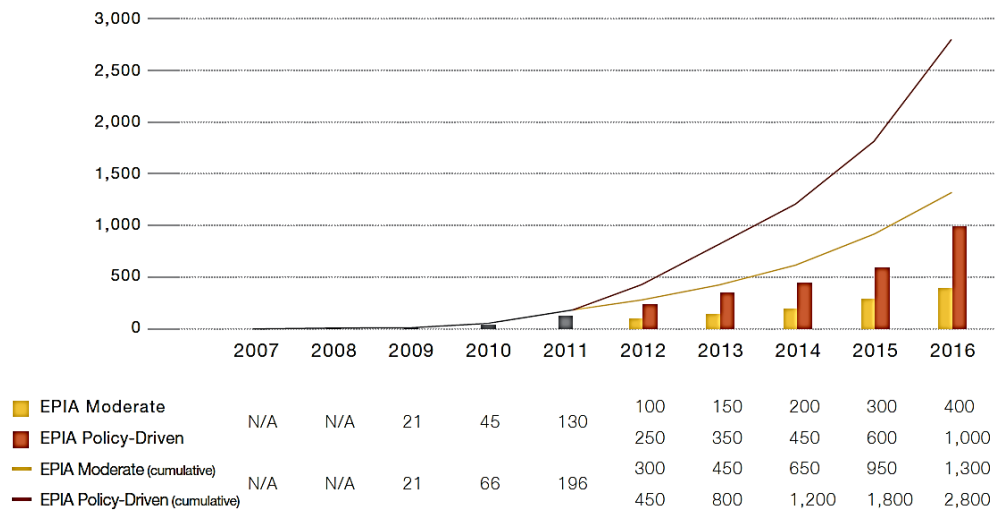
شکل ۳۰: سناریوی کشور چین (MW)

در شکل زیر سناریوی مورد انتظار برای حوزه فتوولتائیک در کشور هند تا سال ۲۰۱۶ نشان داده شده است. این تصویر بیانگر رشد بسیار شدید تولید انرژی از منابع انرژی خورشیدی در کشور هند می‌باشد.



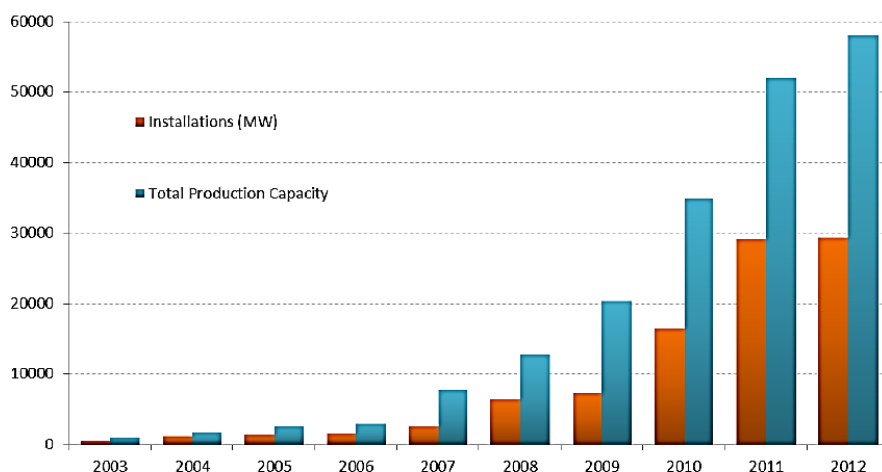
شکل ۳۱: سناریوی کشور هند (MW)

در شکل زیر سناریوی مورد انتظار برای حوزه فتوولتائیک در اسرائیل تا سال ۲۰۱۶ نشان داده شده است. نرخ رشد استفاده از تکنولوژی فتوولتائیک در اسرائیل در سال‌های اخیر نشان دهنده اهمیت تولید برق از انرژی‌های تجدید پذیر در این کشور است.



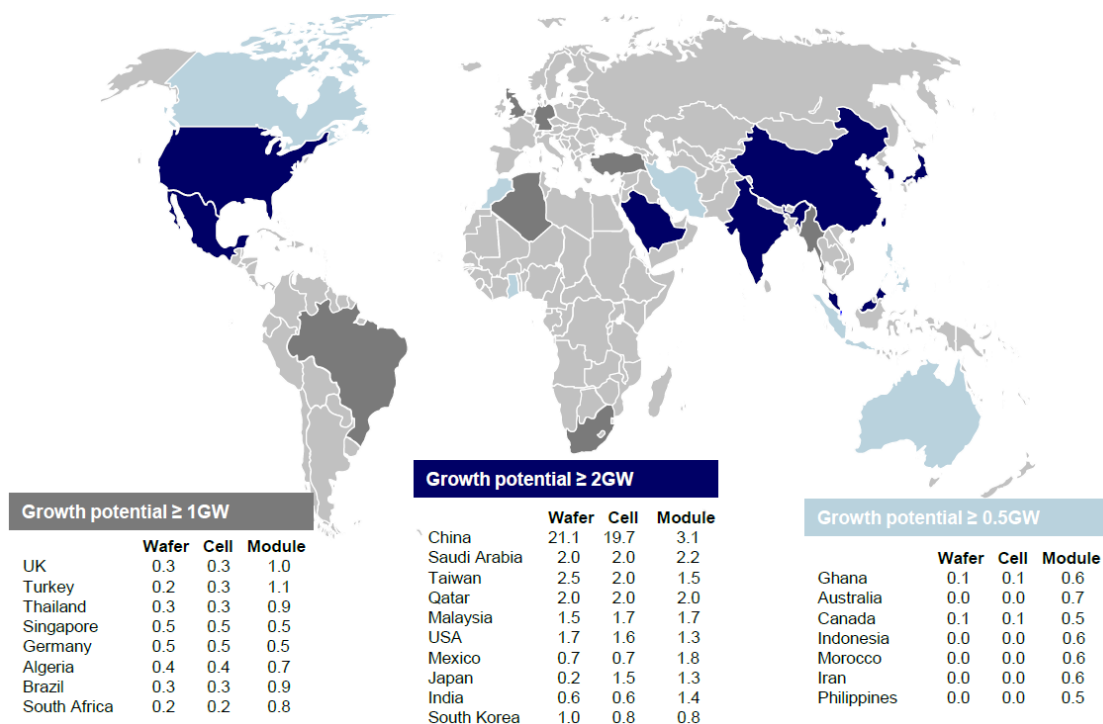
شکل ۳۲: سناریوی کشور اسرائیل (MW)

شکل زیر ظرفیت نصب و تولیدی نیروگاه‌های PV را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ در دنیا نشان می‌دهد. نرخ رشد بالای استفاده از انرژی فتوولتائیک در سال‌های اخیر، نشان دهنده اقبال بالای این حوزه در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح دنیا بوده است.



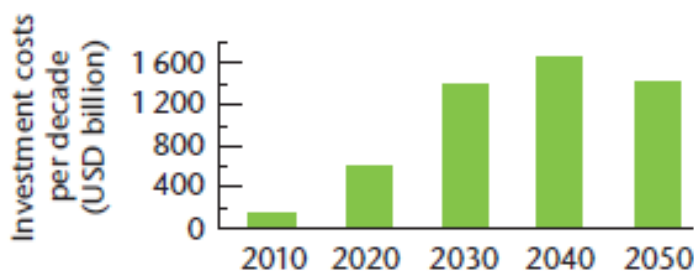
شکل ۳۳: نیروگاه‌های PV و ظرفیت‌های تولید از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۲ (MW)

شکل زیر پتانسیل تولید ماژول، سلول و ویفر فتوولتائیک تا سال ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه کشور ایران جزو کشورهای دارای پتانسیل بالا برای راه اندازی تولید صفحات فتوولتائیک قرار گرفته است. بر اساس پیش بینی این نمودار ایران پتانسیل ساخت ۶۰۰ مگاوات ماژول فتوولتائیک را داراست. البته این حجم از تولید نیازمند سرمایه‌گذاری عظیمی است که قطعاً تحقق پیدا نخواهد کرد اما در این نمودار پتانسیل و امکان سنجی سخت افزاری لحاظ شده است.



شکل ۳۴: پتانسیل تولید PV تا سال ۲۰۱۷

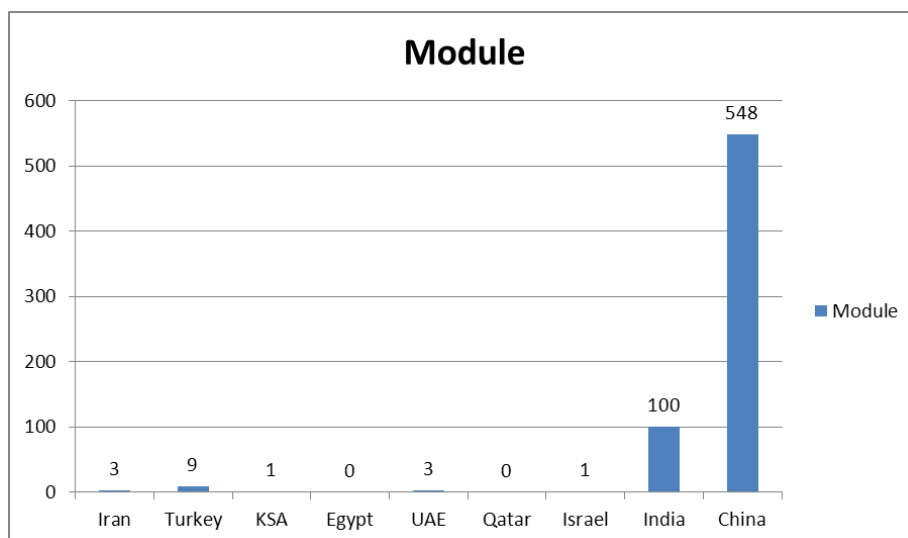
شکل زیر سرمایه‌گذاری در بخش PV در طول دهه‌های مختلف در دنیا را نشان می‌دهد. بر این اساس همچنان تا سال ۲۰۴۰ با رشد شدید سرمایه‌گذاری در حوزه فتوولتائیک روبرو خواهیم بود که نشان از رشد علم و صنعت در این حوزه دارد. با ورود به دهه ۵۰ میلادی رشد سرمایه‌گذاری متوقف می‌شود اما همچنین حجم عظیمی از بازار سرمایه روانه این صنعت خواهد شد. بنابراین ورود به بخش صنعت فتوولتائیک می‌تواند ارزش افزوده بالایی را برای کشور ایجاد نماید.



شکل ۳۵: سرمایه‌گذاری در بخش PV در طول دهه‌های مختلف

تعداد کارخانه‌های سازنده ماژول در پایگاه **Enf.com**

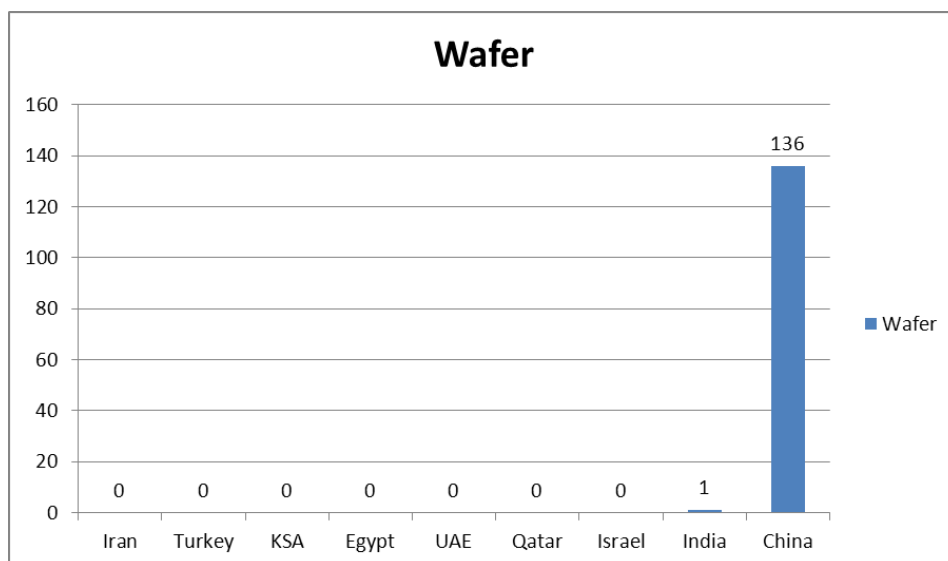
کشور چین با ۵۴۸ کارخانه دارای بیشترین تعداد کارخانه در زمینه ساخت مدول است. در میان کشورهای منا، ترکیه با ۹ کارخانه، ایران و امارات هر کدام با ۳ کارخانه دارای رتبه‌های اول و دوم هستند.



شکل 36: تعداد کارخانه‌های سازنده ماژول

تعداد کارخانه‌های سازنده ویفر در پایگاه **Enf.com**

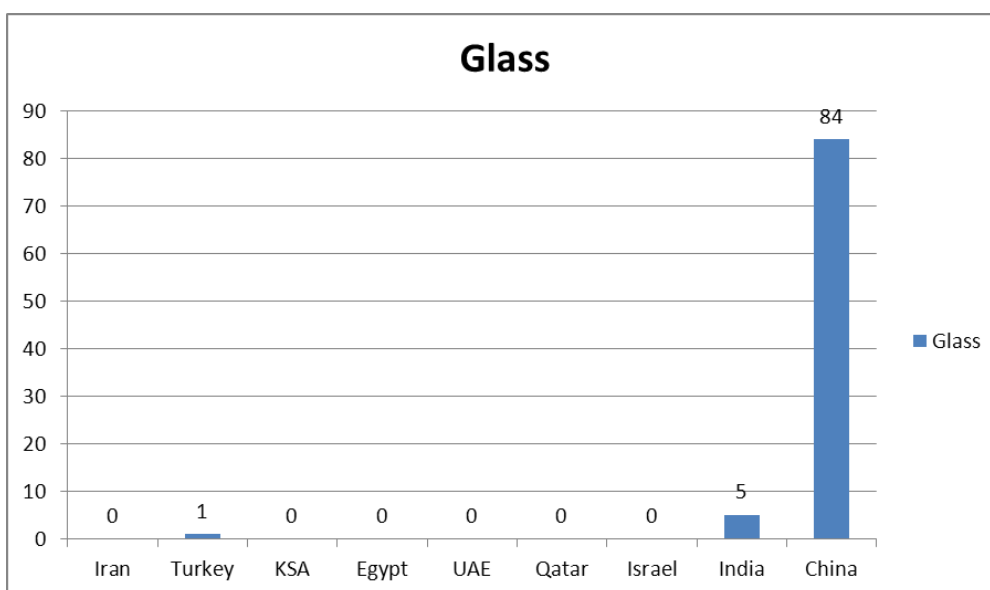
کشور چین با ۱۳۶ کارخانه دارای بیشترین تعداد کارخانه در زمینه ساخت ویفر است. در میان کشورهای منا، کارخانه ساخت ویفر وجود ندارد.



شکل ۳۷: تعداد کارخانه‌های سازنده ویفر

تعداد کارخانه‌های سازنده شیشه در پایگاه Enf.com

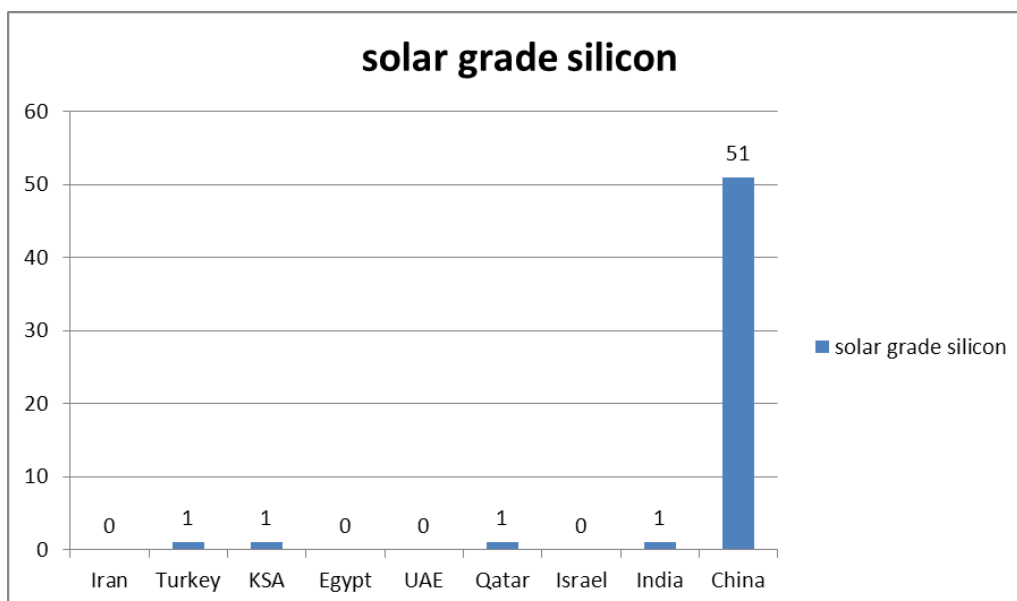
کشور چین با ۸۴ کارخانه دارای بیشترین تعداد کارخانه در زمینه ساخت شیشه مخصوص فوتوولتائیک است. در میان کشورهای منا، تنها ترکیه دارای یک کارخانه است.



شکل ۳۸: تعداد کارخانه‌های سازنده شیشه

تعداد کارخانه‌های سازنده سیلیکون سولار گرید در پایگاه Enf.com

کشور چین با ۵۱ کارخانه دارای بیشترین تعداد کارخانه در زمینه ساخت سیلیکون سولار گرید است. در میان کشورهای منا، ترکیه، عربستان و قطر دارای یک کارخانه هستند.



شکل 39: تعداد کارخانه‌های سازنده سیلیکون سولار گرید

نکات کلیدی مطالعات تطبیقی:

۱- رشد شدید علم و صنعت در حوزه انرژی خورشیدی در جهان تا سال ۲۰۵۰

۲- پتانسیل بالای ایران در تولید صنعتی تجهیزات انرژی خورشیدی خصوصاً در زمینه فتوولتائیک

۳- وجود رقابتی اندک در منطقه منا در زمینه تولید صنعتی تجهیزات انرژی خورشیدی

۴- رتبه بالای ایران در بیشتر زمینه‌های علمی مرتبط با انرژی خورشیدی در کشورهای منا

۵,۲ نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم‌انداز

بر اساس نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز تدوین شده، اهداف کلان سند راهبرد ملی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ۴ حوزه اصلی تدوین شدند که عبارتند از:

۱. استفاده بهینه از منابع متنوع و در دسترس انرژی (ناظر بر بعد هدف موقعیت رقابتی)

۲. ارتقای توانمندی فناوری‌های تولید انرژی (ناظر بر بعد هدف ظرفیت‌سازی)

۳. توسعه کسب‌وکارهای دانش‌بنیان (ناظر بر بعد هدف نوآوری)

۴. مسائل زیست محیطی و اجتماعی (ناظر بر بعد هدف مسئولیت اجتماعی)

این ۴ حوزه، ابعاد ذکر شده در چشم‌انداز را به خوبی پوشش می‌دهند. اولین حوزه مطرح در تعیین اهداف کلان توسعه، استفاده بهینه از منابع متنوع و در دسترس انرژی است. استفاده بهینه از منابع متنوع انرژی به معنای تنوع بخشی سبد انرژی کشور به گونه‌ای است که با مدیریت صحیح منابع تأمین انرژی و استفاده از پتانسیل‌های انرژی نقاط مختلف کشور، بتوان امنیت شبکه تأمین و عرضه انرژی را بالا برد. انرژی خورشیدی با ویژگی‌هایی چون پیک‌سایه (تولید حداکثری در زمان اوج مصرف)، دسترسی قابل اعتماد در گستره وسیعی از خاک ایران و همیشگی بودن آن، از مناسب‌ترین گزینه‌ها در بین انرژی‌های تجدیدپذیر برای توسعه، به منظور رسیدن به این هدف است.

حوزه بعدی مطرح در زمینه تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، ارتقای توانمندی فناوری‌های تولید انرژی است. اهمیت این حوزه زمانی مشخص می‌شود که روند بروز و افول فناوری‌های منابع انرژی مختلف را مورد مطالعه قرار دهیم. با کمی تأمل در این مورد، رشد سریع فناوری‌های نوین مرتبط با انرژی و به ویژه انرژی‌های پاک و افول تدریجی اما محتوم انرژی‌های فسیلی و فناوری‌های آن‌ها مشخص می‌گردد. برای بهره‌گیری هرچه بیشتر از پتانسیل فراوان انرژی‌های نو در آینده، نیازمند توجه به توسعه فناوری‌های آن‌ها در امروز هستیم. با توجه به سابقه توسعه فناوری‌های مرتبط با نفت و گاز در داخل کشور و شباهت این فناوری‌ها با فناوری‌های مرتبط با انرژی حرارتی خورشیدی و همچنین با توجه به آینده درخشان شماری از فناوری‌های خورشیدی مانند سیستم‌های فتوولتائیک نسل نوین، ضروری است که به توسعه فناوری‌های مرتبط با آن توجه ویژه‌ای مبذول داریم. توجه به ارتقای این فناوری‌ها در کوتاه‌مدت و پیوند زدن دانش در بلندمدت ضامن تأمین انرژی پایدار برای کشور در آینده و ایجادکننده فرصت صادرات دانش و فناوری مربوطه به سایر کشورها می‌باشد. بدیهی است که

بهره‌مند شدن از نیروی توانمند، متخصص و خلاق در حوزه خورشیدی یکی از پیش‌نیازهای ضروری برای دستیابی به توانمندی فناورانه است.

حوزه توسعه کسب و کارهای دانش‌بنیان یکی دیگر از حوزه‌های مربوطه در هدف‌گذاری کلان توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی است. در اسناد بالادستی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر تاکید زیادی بر نقش بخش خصوصی در توسعه این انرژی‌ها شده است به نحوی که در اهداف اصلی ساتبا سهم ۵۵٪ برای جلب مشارکت بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری‌های مربوط به انرژی‌های نو و بهره‌وری انرژی پیش‌بینی شده است و در اهداف بخش انرژی‌های نو بر ایجاد حداقل یک نمونه نیروگاه در هر یک از انواع انرژی‌های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی تاکید شده است. در برنامه‌های چهارم و پنجم توسعه، قوانین بودجه و قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت و شماری از مصوبات شوراهای دولتی، بر لزوم اطمینان بخشی به بخش خصوصی برای وارد شدن به حوزه انرژی‌های نو از طریق تضمین خرید برق تولیدی، واگذاری امور عملیاتی و توسعه فناوری به این بخش، پرداخت حمایت‌های مالی و ... اشاره شده است. فناوری‌های انرژی خورشیدی طیف گسترده و متنوعی را شامل می‌شوند و سرمایه‌گذاری بر روی آن‌ها به تنهایی توسط دولت کافی نیست و نیازمند توجه به حمایت از کسب و کارهای دانش‌بنیان برای توسعه همه‌جانبه و هماهنگ این طیف گسترده می‌باشد. با توجه به این موضوع و تاکید مؤکد و مکرر اسناد بالادستی بر لزوم توجه به نقش بخش خصوصی در این زمینه، سبب می‌شود تا با اطمینان، توسعه کسب و کارهای دانش‌بنیان را به‌عنوان یکی از حوزه‌های محوری هدف‌گذاری کلان برگزینیم.

حوزه دیگر تعیین شده به منظور هدف‌گذاری توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، مسائل زیست محیطی و اجتماعی است. یکی از مزیت‌های اصلی انرژی تجدیدپذیر، نقش آن در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و به خصوص کاهش انتشار کربن است. انرژی خورشیدی از جمله انرژی‌های تجدیدپذیری است که کمترین آسیب‌های محیط زیستی و انتشار کربن را دارد. همچنین، به دلیل ایجاد اشتغال محلی، سبب افزایش رفاه و بهبود کیفیت زندگی در نواحی روستایی و کمتر توسعه یافته می‌شود.

۶,۲ تعیین حوزه‌های کاربردی مرتبط با دستاوردهای مختلف

دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی دارای حوزه‌های کاربرد متنوعی است که در ذیل به‌طور اجمالی به حوزه‌های مربوطه اشاره گردیده است.

به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط‌زیست، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، و کاهش وابستگی به منابع انرژی خارجی کاربرد دارد. انرژی خورشیدی با دارا بودن کاربردپذیری در مقیاس شبکه، ایفای نقش در تمام حلقه‌های زنجیره ارزش تولید الکتریسیته و سامانه‌های توان پشتیبان در خدمت تأمین هدف افزایش امنیت و کیفیت عرضه انرژی می‌باشد.

این انرژی، در راستای تأمین هدف برق‌رسانی به مناطق محروم، قابلیت کاربرد در مناطق خارج از پوشش شبکه و ترکیب با تولید دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر (توربین‌های بادی) نصب‌شده در روستاها و مناطق دوردست را دارد. همچنین تنوع کاربردهای مستقیم انرژی خورشیدی در مناطق مستعد آن، سبب رونق اقتصادی و ایجاد اشتغال پایدار در آن نواحی می‌گردد و به افزایش سطح رفاه و کیفیت زندگی مردم این مناطق کمک می‌کند.

بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در راستای تأمین هدف افزایش صادرات انرژی الکتریکی و کاهش وابستگی اقتصاد کشور به نفت و همچنین دارای کاربرد در تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر می‌باشد. به علاوه، با استفاده از انرژی خورشیدی، امکان تولید و استفاده همزمان برق و حرارت برای نواحی روستایی، شهری و کارخانه‌های صنعتی وجود دارد.

فناوری‌های حوزه انرژی خورشیدی در راستای تأمین هدف توسعه اقتصادی-ایجاد رفاه عمومی و منافع اقتصادی دارای کاربرد در مقیاس شبکه در راستای ذخیره سالیانه میلیاردها تومان در اثر جلوگیری از خسارات وارده ناشی از قطعی، یا افت کیفیت برق به صنایع مختلف در کشور، ممانعت از هزینه‌های هنگفت تحمیل شده ناشی از بسط تجهیزات توزیع و انتقال در شبکه برق‌رسانی کشور ناشی از افزایش تقاضای سالیانه، کسب درآمد ناشی از ترکیب انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه، جلوگیری از اتلاف هزینه برای احداث نیروگاه‌های سوخت فسیلی مازاد برای تأمین تقاضای اوج، و کسب درآمد ناشی از عدم نیاز به ظرفیت ۳-۴٪ نیروگاه‌ها برای جبران نوسان‌های ناگهانی در تقاضا می‌باشد.

از دیگر مزایای توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، تأمین هدف توسعه اقتصادی، اشتغال‌زایی در سطح ملی، توسعه شرکت‌های دانش بنیان و به‌کارگیری نیروهای متخصص و تحصیلکرده در کشور است.

۷,۲ تعیین فناوری‌های مختلف مورد استفاده در حوزه‌های کاربردی

تاکنون ۳ نسل از سلول‌های فتوولتائیک معرفی شده‌اند. نسل اول که شامل انواع مختلف سلول‌های سیلیکونی می‌شوند، امروزه بیش از ۹۰٪ از بازار فتوولتائیک را در اختیار دارند. نسل دوم سلول‌های فتوولتائیک، سلول‌های لایه نازک می‌باشند. این سلول‌ها هرچند تنها ۱۰٪ مابقی بازار را در اختیار دارند اما با توجه به پتانسیل‌های کاهش قیمت در آن‌ها، محققان سهم بیشتری را برای آن‌ها در سال‌های آتی متصورند. سومین نسل نیز سلول‌های فتوولتائیکی می‌باشند که هنوز به مرحله تجاری نرسیده‌اند و همچنان در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارند.

بیشترین سهم بازار در اختیار سلول‌های نسل یک یا سلول‌های سیلیکونی می‌باشد. این نوع سلول‌ها به ۲ دسته مونوکریستال و پلی کریستال تقسیم می‌شود.

نسل دوم سلول‌های فتوولتائیک شامل سلول‌های لایه نازک CdTe, CIGS و سلول‌های لایه نازک آمورف می‌شود. سلول‌های لایه نازک همان‌طور که از نامش مشخص است از یک لایه نازک نیمه رسانا برای جذب فتون‌ها استفاده می‌کند. سلول‌های کادمیوم تلوراید نوعی از سلول‌های فتوولتائیک هستند که بر پایه یک لایه نازک از کادمیوم تلوراید برای جذب انرژی خورشید و تبدیل آن به انرژی الکتریسیته بنا شده‌اند. این نوع سلول خورشیدی تنها نوع از سلول‌های لایه نازک است که نسبت به سلول‌های سیلیکونی قیمت پایین‌تری دارد. سلول CIGS (همچنین CIGSSe یا CIS) مخفف ترکیبات Cu (In, Ga) (S, Se) بوده و یک تکنولوژی برای ساخت سلول‌های خورشیدی لایه نازک از عناصر مس، اندیموم، گالیوم، گوگرد و سلیسیم می‌باشد. سلول‌های آمورف نیز از یک لایه سیلیکونی با ضخامت ۱ میکرومتر همراه با لایه‌هایی دیگر همچون سیلیکون ژرمانیوم تشکیل شده است. مشکل عمده این سلول‌های خورشیدی کاهش کارایی این مواد در کاربردهای طولانی‌مدت است که این افت کارایی ممکن است تا ۳۰٪ برسد. مزیت اصلی آن‌ها نیز هزینه کمتر ساخت و آسانی تولید است.

نسل جدیدی از تکنولوژی سلول‌های فتوولتائیک که در زمینه تبدیل انرژی خورشیدی پا به عرصه ظهور گذارده‌اند CPV یا Concentrated PV نام دارد. علیرغم گران‌تر بودن این نوع از سلول‌ها، با توجه به افزایش راندمان تا ۳۵٪ و کاهش مساحت مورد نیاز نسبت به پانل‌های فتوولتائیک در توان مشابه، ارزان‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر خواهند بود.

۸,۲ پیش‌نویس اولیه اهداف کلان

در این گزارش به منظور تعیین اهداف توسعه فناوری‌های خورشیدی از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارتند از:

- مطالعات تطبیقی انجام‌شده در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی
- گزارش اسناد بالادستی انرژی خورشیدی و انرژی‌های تجدیدپذیر
- نکات مهم استخراج‌شده از بیانیه چشم‌انداز

با توجه به موارد فوق، دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در کشور، مشخص شد. لازم به ذکر است که در تدوین پیش‌نویس اهداف، توجه به ویژگی‌های مطلوب برای اهداف که شامل قابل‌اندازه‌گیری بودن، قابل‌دستیابی بودن، واقع‌گرایی، محدودیت به زمان، و عینی بودن می‌باشند، ضروری است. بر این اساس، پیش‌نویس اهداف کلان که شامل موارد زیر است، در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۲/۲ ارائه گردید:

۱- دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری در حوزه انرژی خورشیدی (موقعیت رقابتی)
۲- بومی‌سازی و تجاری‌سازی تجهیزات فناوری‌های انرژی خورشیدی (ظرفیت‌سازی)
۳- دستیابی به نیروی انسانی توانمند، خلاق و متخصص در حوزه‌های تحقیق، توسعه و ساخت و راه‌اندازی فناوری‌های انرژی خورشیدی (ظرفیت‌سازی و مسئولیت اجتماعی)
۴- جایگاه اول در تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر فناوری‌های حرارتی خورشیدی و فتوولتائیک (موقعیت رقابتی و نوآوری)
۵- دستیابی به حداقل یک شرکت معتبر بین‌المللی در حوزه ساخت پنل فتوولتائیک (ظرفیت‌سازی)
۶- دستیابی به حداقل یک شرکت معتبر بین‌المللی در حوزه ساخت و بومی‌سازی سیستم‌های حرارتی (ظرفیت‌سازی)

۹,۲ نظرات کمیته راهبری در خصوص پیش‌نویس اولیه اهداف

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی‌شده، برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند. بر این اساس، پیش‌نویس اهداف کلان تدوین‌شده در جلسه مورخ ۱۳۹۴/۲/۲ به کمیته راهبری جامع فناوری

خورشیدی تقدیم گردید. خلاصه نظرات خبرگان در این زمینه، در صورت جلسه‌ی مربوطه که به پیوست این گزارش موجود است، ارائه گردیده است.

۱۰,۲ اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

پس از ارائه پیش‌نویس اولیه اهداف کلان در جلسه کمیته راهبری، متن ارائه شده تأیید گردید و به عنوان اهداف کلان مورد استناد قرار خواهد گرفت.

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرآیند تعاملی به‌وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

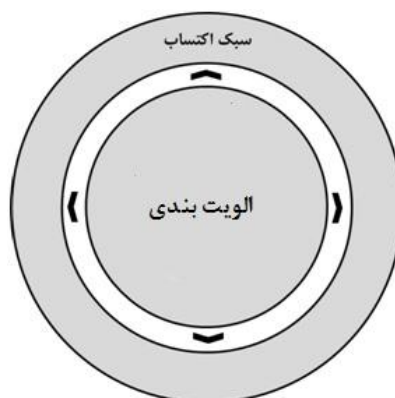
۳. تدوین راهبردها

راهبردهای ملی فناوری دربرگیرنده مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که با معین نمودن خطوط کلی، از عدم قطعیت موجود در توسعه فناوری کاسته و به سؤالات اساسی سیاستگذاران در مسیر دستیابی به اهداف کلان پاسخ می‌دهد؛ به طوری که راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. این راهبرد به انتخاب فناوری‌های اولویت‌دار و تعیین نحوه دستیابی به آن‌ها می‌پردازد. به عبارت دیگر، راهبرد ملی فناوری معین‌کننده چستی و چگونگی توسعه فناوری در سطح کلان است.

در محیط پویای تصمیم‌گیری، راهبرد ملی فناوری براساس اطلاعات و حقایق موجود و با نگاهی به آینده، در راستای دو هدف کلی زیر تعریف می‌شود:

- راهبردهای پورتفولیو (چستی - اولویت‌بندی): در راهبرد پورتفولیو حوزه‌های فناورانه برتر برای توسعه انتخاب می‌شوند.
- راهبردهای هدایتی (چگونگی - سبک اکتساب): در راهبرد هدایتی رویکرد توسعه فناوری و سبک اکتساب فناوری مشخص می‌گردد.

نسبت این دو دسته راهبرد با یکدیگر در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۴۰: نسبت راهبردهای پورتفولیو و هدایتی با یکدیگر

۱,۳ اولویت‌بندی فناوری‌ها (جهت تعیین راهبردهای پورتفولیو)

تعیین اولویت‌های توسعه و انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می‌رسد. زمانی که انتخاب اولویت‌ها مورد نظر است، روش فناوری‌های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه‌های تحقیقاتی و فناوری‌های مختلف به شمار می‌رود. در این روش با اندازه‌گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه‌های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه‌گذاری و توسعه مشخص می‌گردد. نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری‌های کلیدی پرسیده می‌شود از این قبیل است:

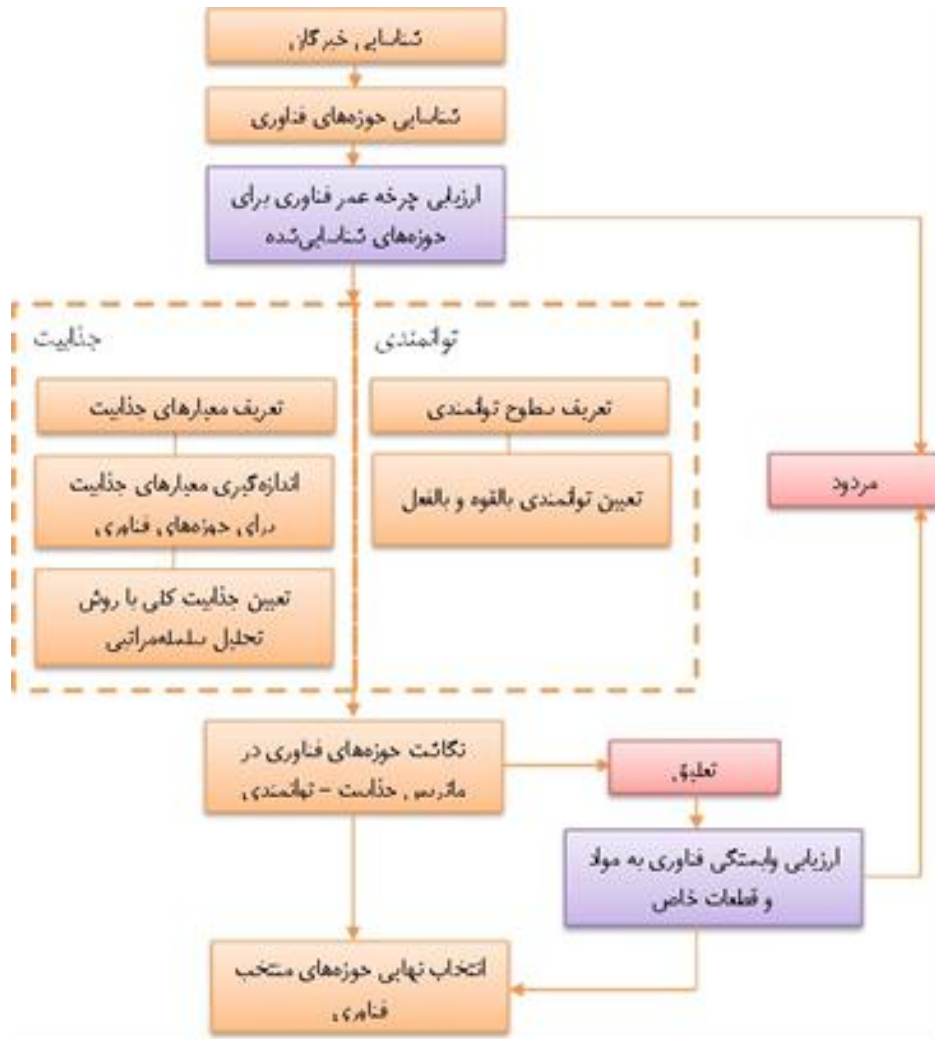
- حوزه‌های کلیدی فناوری برای توسعه کدامند؟
- فناوری‌های حیاتی که باید به‌وسیله منابع عمومی حمایت شوند، کدامند؟
- چه معیارهایی باید به‌منظور انتخاب فناوری‌های حیاتی به‌کارگرفته شوند؟
- شاخص‌های اندازه‌گیری هر معیار چیست؟
- براساس معیارهای انتخاب‌شده، فناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و سرمایه‌گذاری کدامند؟

از آنجایی که هدف راهبرد پورتفولیو اولویت‌بندی حوزه‌های فناورانه است، باید از روشی استفاده شود که قادر به برآوردن این مؤلفه باشد. از میان روش‌های مختلف، روش فناوری‌های حیاتی که به انتخاب فناوری‌های مهم با دو معیار جذابیت و امکان-پذیری می‌پردازد، به‌عنوان مبنای روش پیشنهادی استفاده می‌گردد. به‌منظور سازگار نمودن این مدل با شرایط کشورهای درحال توسعه، گام‌های تکمیل‌کننده دیگری با دریافت بازخورد از مؤلفه هوشمندی فناوری، به مدل مرسوم در ادبیات اضافه می‌شود. بنابراین، می‌توان روش پیشنهادی را روشی بهبودیافته نسبت به روش مشابه به‌کاررفته در ادبیات قلمداد نمود. در این روش پیشنهادی، تعیین فناوری‌های برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت- توانمندی صورت می‌پذیرد. در این روش، بر اساس دو دسته معیار جذابیت و قابلیت به مقایسه میان گزینه‌های مختلف رقیب پرداخته می‌شود. معیارهای جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌ها است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، معیارهای توانمندی، به دنبال ارزیابی پتانسیل‌های موجود در برگزیدن هریک از گزینه‌هاست. در این روش می‌توان هر حوزه فناوری را از نظر جذابیت

و توانمندی، در ماتریس در نظرگرفت و حوزه‌های دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود. همچنین می‌توان با استفاده از مدل اطلس، شکاف فناوری میان سطح بالفعل و بالقوه قابلیت را در حوزه‌های برگزیده شناسایی نمود.

به منظور سازگار نمودن این ماتریس با شرایط کشورهای در حال توسعه، از دو معیار بحرانی نیز برای تکمیل مدل جذابیت - توانمندی استفاده می‌شود. این دو معیار بحرانی از مؤلفه‌های هوشمندی فناوری و مبانی سند بر نحوه انتخاب اولویت‌ها تأثیر می‌گذارند. اولین معیار، تحلیل چرخه عمر فناوری است. از آنجایی که کشورهای در حال توسعه معمولاً در مسیر توسعه صنایع نقش پیرو را بازی می‌کنند، لازم است تا نسبت به خطر توسعه فناوری‌های منسوخ در دنیا آگاه باشند. توسعه صنایع و فناوری - هایی که از نظر چرخه عمر فناوری در مرحله افول قرار دارند، به دلیل خطر انقراض فناوری ارزش سرمایه‌گذاری برای بومی - سازی را ندارند. دومین معیار، وابستگی حوزه فناوری به مواد و یا قطعات خاص است. وابستگی یک فناوری به مواد یا قطعات خاص محدود در کشور می‌تواند موجب ایجاد اختلال در مسیر توسعه فناوری شود. عدم تمایل کشورهای پیشرو نسبت به صادرات این مواد و قطعات خاص به کشورهای در حال توسعه می‌تواند مانع از دسترسی کشور به خروجی مورد نظر گردد.

بنابراین، به منظور حذف خطر محدودیت در ورود این مواد و قطعات خاص، لازم است تا تلاش در جهت بومی سازی آنها در هر شرایطی صورت گیرد. گام‌های تعیین زیرفناوری یا تدوین راهبرد پورتفولیو در زیر تشریح شده است (شکل ۴۱).



شکل ۴۱: گام‌های تدوین راهبرد پورتفولیو

۱,۱,۳ شناسایی متخصصین

اولین مرحله به شناسایی و انتخاب متخصصان اختصاص دارد. شناسایی و انتخاب متخصصین گامی اساسی در ابتدای این روش است. تعیین معیارهای جذابیت گزینه‌های مختلف و نیز معیارهای توانمندی گزینه‌ها نیازمند استفاده از نظر کارشناسان مرتبط با حوزه مسئله مطروحه است. علاوه بر این‌ها، در جمع‌بندی نهایی این روش، نیاز به وزن‌دهی معیارهای جذابیت در مقایسه با یکدیگر و نیز وزن‌دهی معیارهای توانمندی نسبت به هم وجود دارد. وزن معیارها که در واقع مبین اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی است اصولاً نمی‌تواند مستقل از خبرگان و سیاست‌گذاران تعیین شود. لذا اهمیت تعیین متخصصین بیش از

پیش روشن می‌شود؛ چرا که اگر افراد مناسبی انتخاب نشوند، نتیجه تحلیل جذابیت- قابلیت چندان قابل اعتماد نخواهد بود. در این پروژه، برای هر دسته از فناوری‌هایی که در پیش‌ارزیابی به‌عنوان فناوری‌های منتخب وارد فاز اولویت‌بندی شدند، کمیته‌های راهبری تشکیل شدند. اعضای کمیته راهبری هر دسته از فناوری‌ها شامل افراد زیر هستند:

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت
۱	ابراهیم اصل سلیمانی	عضو هیأت علمی دانشکده برق دانشگاه تهران
۲	شهریار جلایی	معاون برنامه ریزی سازمان انرژی های نو ایران (سانا)
۳	محمدصادق ذبیحی	معاونت پژوهشی مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
۴	اکبر شعبانی کیا	مدیر اجرایی ستاد توسعه فناوریهای تجدیدپذیر
۵	سامان میرهادی	مدیر دفتر انرژی خورشیدی سانا

جدول ۱۵: اعضای کمیته راهبری نسل اول و دوم فتولتائیک

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت
۱	رسول اژئیان	عضو هیأت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران
۲	اعظم ایرجی زاد	رئیس پژوهشکده علوم و فناوری نانو و عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف
۳	عباس بهجت	معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده فیزیک و عضو هیأت علمی دانشگاه یزد
۴	نیما تقوی نیا	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۵	نسترن ریاحی	مدیر گروه پژوهشی مواد غیر فلزی پژوهشگاه نیرو
۶	محمود زنده دل	عضو هیات علمی مدعو دانشگاه اصفهان
۷	سید محمد صادق زاده	عضو هیأت علمی دانشگاه شاهد
۸	خطیب السلام صدرنژاد	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف

جدول ۱۶: اعضای کمیته راهبری نسل سوم فتولتائیک

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت
۱	محمد بهشاد شفیعی	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۲	بهنام مستاجران	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
۳	محمود یعقوبی	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

جدول ۱۷: اعضای کمیته راهبری سیستم های حرارتی

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت
۱	رسول اژئیان	عضو هیأت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران
۲	محمدصادق ذبیحی	معاونت پژوهشی مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
۳	نسترن ریاحی	مدیر گروه پژوهشی مواد غیر فلزی پژوهشگاه نیرو
۴	سید محمد صادق زاده	عضو هیأت علمی دانشگاه شاهد
۵	سامان میرهادی	مدیر دفتر انرژی خورشیدی سانا
۶	محمود یعقوبی	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

جدول ۱۸: اعضای کمیته راهبری جامع خورشیدی (نسل‌های اول، دوم و سوم فتوولتائیک و سیستم‌های حرارتی)

شناسایی متخصصین، به‌منظور استخراج نظرات کارشناسان در مراحل مختلف مدل پیشنهادی صورت می‌گیرد. مهم‌ترین تعریف نظرسنجی کارشناسی عبارت است از بیان یک نتیجه برپایه یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود.

جمع‌آوری نظرات کارشناسان را می‌توان با تکنیک‌های زیر انجام داد:

الف) مصاحبه

ب) پرسشنامه

ج) دینامیک گروهی

• روش دلفی

• طوفان فکری

• گروه اسمی

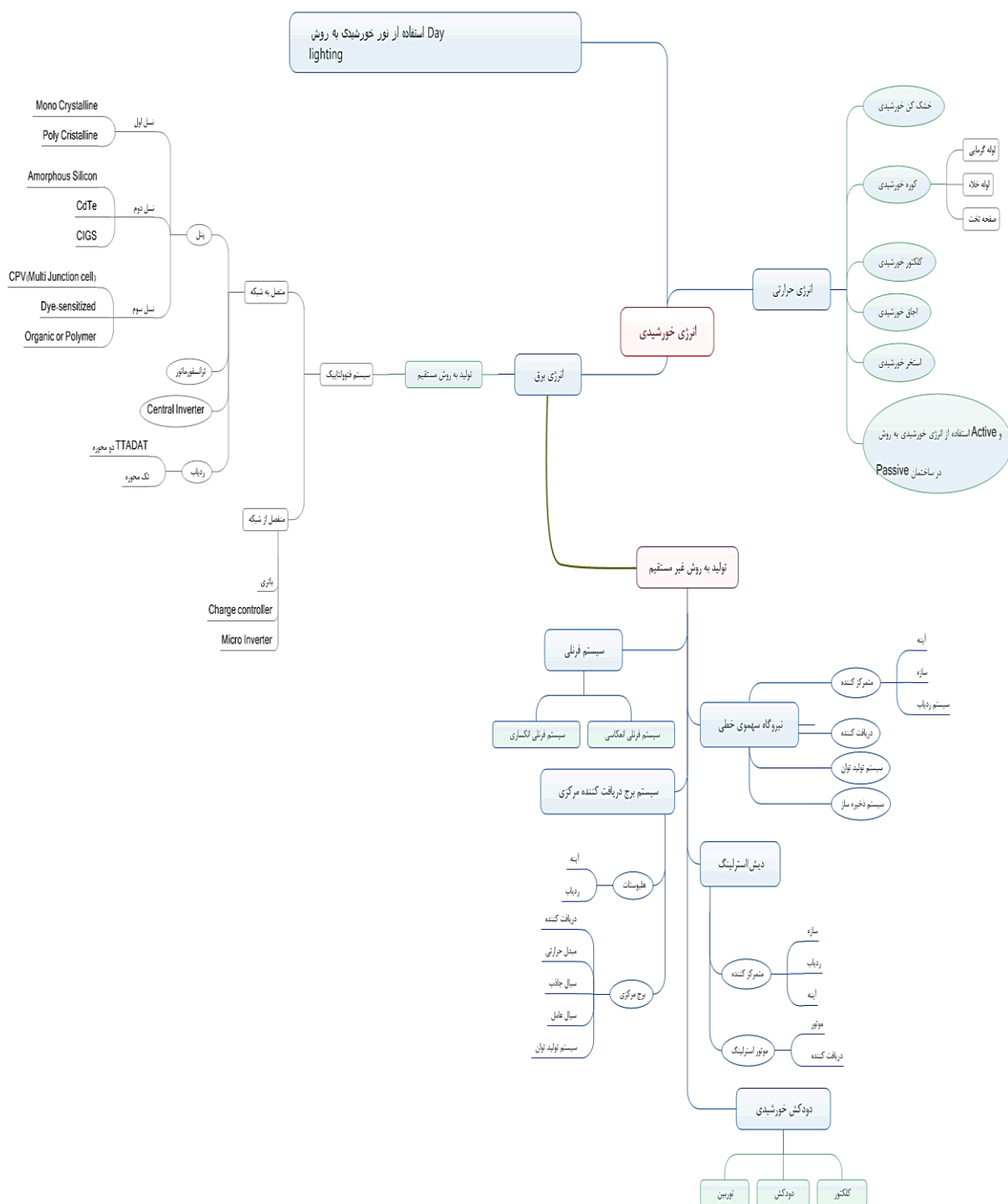
شایان ذکر است که این روش‌ها از عمومیت بیشتری برخوردارند و روش‌های دیگری نیز که در مراجع به آن‌ها اشاره شده است، عمدتاً ترکیبی از روش‌های فوق می‌باشند در این مطالعه، ترکیبی از روش‌های فوق برای استفاده از نظرات کارشناسان، به کار گرفته شده است.

۲,۱,۳ شناسایی حوزه‌های فناورانه

به منظور تصمیم‌گیری درمورد اولویت‌بندی فناوری‌های راهبردی، لازم است تا در ابتدا مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده این فناوری‌ها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزه‌های فناورانه برای استناد به این اجزا استفاده شده است. حوزه‌های فناورانه، در برگیرنده دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها، یا هر دو. در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، تدوین اولویت‌بندی به معنی انتخاب قطعات و زیرفناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و بومی‌سازی است. در این شرایط، شناسایی حوزه‌های فناورانه به معنی شناخت زیرفناوری‌هاست. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، تعیین اولویت‌ها به منظور شناسایی حوزه‌های کاربردی اولویت‌دار از قبیل صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی و غیره است. در این حالت، حوزه‌های فناورانه معنی کاربرد را به خود می‌گیرد. در نهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، اولویت‌بندی هم به تقدم و تأخر کاربردها می‌پردازد و هم به انتخاب زیرفناوری‌های منتخب در کاربردهای برگزیده. در این وضعیت حوزه فناورانه را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به صورت توأمان) دانست. در یک جمع‌بندی:

«شناسایی حوزه‌های فناورانه شامل تهیه فهرستی از زیرفناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با یک فناوری راهبردی است.»

درخت اصلی فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی، به شکل زیر است.



شکل ۴۲: درخت اصلی فناوری انرژی خورشیدی

لازم به ذکر است که فناوری‌های مربوط به تولید حرارت از انرژی خورشیدی نیز، به دلیل ساده و در دسترس بودن در این

اولویت‌بندی مطرح نمی‌شوند. همچنین فناوری‌های مربوط به استفاده از نور خورشید به روش day lighting به دلیل ساده و در دسترس بودن فناوری و نیز به سبب قرار گرفتن در حوزه مصرف انرژی و عدم ارتباط با مباحث تولید انرژی-که در اینجا مدنظر است- از نظر اولویت مورد بررسی قرار نمی‌گیرند.

در گام بعد، فناوری‌های حوزه فتوولتائیک و همچنین سیستم‌های حرارتی خورشیدی به دلیل پیچیدگی بیشتر و مرتبط بودن با مباحث تولید انرژی، برای اولویت‌بندی مورد پیش‌ارزیابی قرار می‌گیرند.

۳,۱,۳ بررسی چرخه عمر حوزه‌های فناوری‌های فناورانه منتخب

پیش از اولویت‌بندی و انتخاب حوزه‌های فناورانه در ماتریس جذابیت- توانمندی، لازم است تا در یک ارزیابی اولیه، به بررسی چرخه عمر فناوری و چرخه عمر بازار- محصول پرداخته شود. در مسیر توسعه فناوری‌های راهبردی، لازم است تا حوزه‌های فناورانه‌ای برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. اگر منظور از حوزه فناورانه، زیرفناوری‌ها باشند، لازم است چرخه عمر فناوری بررسی شود و اگر منظور کاربرد باشد، چرخه عمر بازار - محصول مورد نظر قرار می‌گیرد. برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری‌های موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت‌گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. این منحنی دارای چهار مرحله جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، مدت زمانی که تا مرحله زوال (منسوخ شدن) فناوری باقی مانده است، بر ریسک جایگزینی با فناوری(های) دیگری که در آستانه ظهور هستند، تأثیرگذار است.

فناوری‌های فتوولتائیک به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک و فناوری‌های نسل سوم. با بررسی فناوری‌های انرژی خورشیدی در جلسات کمیته راهبری مربوطه مشخص شد که فناوری‌های مربوط به نسل‌های اول و دوم فتوولتائیک در مرحله رشد و بلوغ قرار دارند. همچنین فناوری‌های نسل سوم فتوولتائیک جزو فناوری‌های نوظهور رده‌بندی می‌شوند که توسعه درون‌زای آن‌ها می‌تواند مزیت رقابتی قابل توجهی داشته باشد و به منظور مغفول نماندن از توسعه جامع فناوری‌های این نسل جدید، اولویت‌بندی در مورد آن‌ها انجام نمی‌شود.

در فناوری‌های مربوط به CSP نیز هیچ فناوری در حال زوالی وجود ندارد و این فناوری‌ها نیز در مرحله رشد و بلوغ قرار دارند. بنابراین در ادامه، اولویت‌بندی برای فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک و نیز اولویت‌بندی فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی (CSP) ارائه می‌شود.

۴،۱،۳ تعیین جذابیت و قابلیت

برای نگاشت فناوری‌ها در ماتریس جذابیت- توانمندی، لازم است تا در ابتدا به سنجش میزان جذابیت فناوری و توانمندی ملی برای تولید پرداخت. برای این منظور، باید معیارهایی برای سنجش جذابیت و قابلیت استخراج نمود. به‌طور کلی، در ارزیابی توانمندی، به بررسی نقاط ضعف و قوت کشور در فناوری مورد ارزیابی پرداخته شده و در ارزیابی جذابیت، فرصت‌ها و تهدیدهایی که فناوری برای کشور ایجاد می‌نماید، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۱،۴،۱،۳ جذابیت

جذابیت یک فناوری غالباً توسط عواملی تعیین می‌شود که خارج از کنترل محیط درونی (سازمان/صنعت/کشور) بوده و معمولاً به مشخصات ذاتی فناوری مربوط می‌شوند. جذابیت فناوری نسبی است و در مقایسه با فناوری‌های رقیب، معنی پیدا می‌کند. معیارهای جذابیت بر حسب اینکه فناوری در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار داشته باشد، به دو دسته تقسیم می‌شود. در فناوری‌های بالغ، به دلیل شکل‌گیری صنعت در کنار توسعه فناوری، می‌توان تصمیم‌گیری در مورد حوزه‌های مورد نیاز سرمایه- گذاری را بر پایه منافع ملی حاصل از هر بخش استوار نمود. مفهوم منافع ملی عام‌تر و جامع‌تر از منافع ملی اقتصادی است و شامل منافع زیست‌محیطی، اجتماعی، سیاسی، و فرهنگی هم می‌شود. اما در فناوری‌های نوظهور، به دلیل دور بودن فناوری‌ها از تبدیل شدن به محصول و شکل‌گیری صنعت، استفاده از نگرش منافع ملی کارساز نخواهد بود. اگرچه امکان بررسی اینکه آیا یک فناوری نوظهور در راستای اهداف کلان کشور هست یا خیر، میسر است ولی شاید نتوان به این سؤال در مورد زیر فناوری‌ها به‌عنوان اجزای فناوری راهبردی پاسخ داد. در این حالت، لازم است تا جذابیت زیر فناوری‌ها را با استفاده از گونه‌هایی دیگر از معیارها به‌انجام رساند.

معیارهای جذابیت در فناوری‌های بالغ (دوره‌های اواخر رشد و بلوغ):

آنچه از سوی دولت‌ها و در سطح ملی به‌عنوان جذابیت برای توسعه یک فناوری تلقی می‌شود، منافع ملی حاصل از توسعه فناوری است. توسعه یک فناوری می‌تواند به عاید شدن منافع گسترده اجتماعی - اقتصادی - سیاسی برای کشور منجر شود. هرچه سطح منافع حاصل از بومی‌سازی یک فناوری بیشتر باشد، به همان نسبت تمایل دولت‌ها نسبت به توسعه آن نیز بیشتر می‌گردد. با بررسی ادبیات مربوطه، مطالعات میدانی، و همچنین برگزاری پنل‌های طوفان فکری میان متخصصین، می‌توان معیارهای جذابیت بومی‌سازی یک فناوری یا همان منافع ملی را برای یک کشور نفتی و درحال توسعه مانند ایران، به صورت زیر برشمرد.

- ✓ اشتغال‌زایی: یکی از اهداف مهم هر دولت ایجاد شغل و کاهش بیکاری از صحنه اجتماع است. عموماً دولت‌ها با ایجاد صنایع و فعالیت‌های اقتصادی جدید به دنبال ایجاد مشاغل جدید هستند. در همین حال، یکی از مزایای جانبی توسعه فناوری‌هایی که در مراحل بلوغ خود قرار دارند، نیز پدید آمدن مشاغل جدید است. توسعه این فناوری‌ها به‌طور غالب با توسعه صنایع مربوط به آن همراه است. با توسعه صنایع هم واحدهای تولیدی و خدماتی که عوامل اصلی ایجاد مشاغل هستند، توسعه پیدا می‌کند. بنابراین، اشتغال‌زایی را می‌توان به‌عنوان یک معیار جذابیت برای فناوری‌های بالغ قلمداد نمود.
- ✓ ایجاد بازار برای مواد خام: برای کشوری مانند ایران که برخوردار از منابع غنی مواد خام و کانی‌های فلزی و غیرفلزی است، ایجاد بازاری برای استفاده از این منابع و ایجاد ارزش افزوده از مواد خام در یک فرآیند صنعتی یکی از مسائل مورد توجه سیاست‌گذاران است. این امر به دلیل ایجاد ارزش افزوده بیشتر در نتیجه پردازش آن‌ها در فرآیندهای صنعتی در مقایسه با فروش آن‌ها به صورت خام اهمیت پیدا می‌کند.
- ✓ پتانسیل برای صادرات: توسعه صادرات غیرنفتی در ایران همواره یکی از اولویت‌های سیاست‌گذاران و دولت‌ها بوده است. اهمیت این موضوع به خاطر وابستگی شدید به صادرات نفتی و سهم پایین صادرات سایر انواع محصولات و خدمات از کل صادرات کشور است. ایجاد یک فناوری جدید در داخل کشور فرصتی را فراهم می‌کند تا امکان فروش محصولاتی جدید به خارج از کشور فراهم شود.

- ✓ غرور ملی: اکثر دولت‌ها در انتخاب بین فناوری تولید داخل و فناوری وارداتی، در شرایط برابری کیفیت، مورد اول را ترجیح می‌دهند. علت موضوع را می‌توان در معیار جذابیت غرور ملی دانست. غرور ملی یکی از دلایل دولت‌ها برای ایجاد فناوری‌های جدید در داخل کشور است.
- ✓ جلوگیری از خروج ارز: واردات محصولات نهایی از خارج از کشور منجر به خروج ارز از کشور شده که این امر عموماً برای دولت‌ها چندان خوشایند نیست. لذا بومی‌سازی فناوری‌هایی که محصول آن‌ها در داخل کشور استفاده می‌شوند از اولویت‌های سیاست‌گذاران و دولت‌ها است.
- ✓ صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار: محصولاتی که در کشورهای صنعتی تولید می‌شوند عموماً از نظر هزینه نیروی کار در مقایسه با کشورهای در حال توسعه گران‌تر هستند. لذا بومی‌سازی فناوری‌ها در کشورهایی مانند ایران منجر به صرفه‌جویی در هزینه نیروی کار و در نتیجه ارزان‌تر شدن محصول می‌شود. استفاده از نیروی کار معمولی بیشتر در مورد فناوری‌هایی با بلوغ کامل مطرح است. فناوری‌های نوظهور، بیشتر درگیر نیروهای کار تحصیلکرده هستند. بنابراین این معیار نیز بیشتر در مورد فناوری‌های بالغ صادق خواهد بود.

معیارهای جذابیت در فناوری‌های نوظهور (دوره‌های جنینی و اوایل رشد):

- ✓ معیارهای ارزیابی اثر حوزه‌های فناورانه بر فناوری راهبردی: هرچه اثر یک حوزه بر عملکرد فناوری راهبردی بیشتر باشد، جذابیت آن بالاتر است. اما باید توجه داشت که گاهی یک حوزه فناورانه با اثر نسبتاً کم ولی گسترده خود، می‌تواند تأثیر به مراتب بیشتری در عملکرد کل سیستم داشته باشد. همچنین وابستگی یک حوزه به توسعه حوزه‌های دیگر نیز می‌تواند از جذابیت آن بکاهد. در نتیجه، این دسته از معیارها شامل چهار زیر بخش است:
 - معیارهای ارزیابی میزان اثر حوزه‌های فناورانه بر عملکرد فناوری راهبردی،
 - گستردگی این حوزه‌ها در انواع فناوری‌های راهبردی،
 - سهم آن‌ها در فراهم کردن زمینه دستیابی به حوزه‌های فناورانه جدید دیگر (سرریز دانشی) و
 - وابستگی میان حوزه‌های (حوزه‌های فناورانه زیربنایی).
- ✓ معیارهای ارزیابی ویژگی‌های ذاتی فناوری: این دسته از معیارها بر خلاف دسته قبل که اثر حوزه‌های فناورانه را ارزیابی می‌کردند، به ویژگی‌های ذاتی آن‌ها می‌پردازد. بعضی از ویژگی‌ها می‌توانند به‌عنوان وجه امتیاز محسوب شده

و باعث جذابیت بیشتر آن شود و برخی دیگر ممکن است از جذابیت آن بکاهد. معیارهایی که برای ارزیابی خصوصیات ذاتی حوزه‌های فناورانه می‌توان در نظر گرفت عبارتند از:

- ریسک جایگزینی با حوزه‌های فناورانه دیگری که در آستانه ظهور هستند (چرخه عمر فناوری) و
- امکان فروش حوزه فناورانه یا محصولات آن به خارج از کشور (در صورت تسلط کامل).

پس از تعیین معیارها و نیز اندازه‌گیری آن‌ها در حوزه‌های فناورانه مورد نظر، لازم است تا جذابیت فناوری از منظر کلیه معیارها را محاسبه نمود. برای این منظور، لازم است تا از یکی از روش‌های رتبه‌بندی برتری موجود در ادبیات تصمیم‌گیری استفاده نمود. به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌ها، روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی تکنیکی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳،۴،۱،۳ توانمندی

مفهوم توانمندی در ماتریس اولویت‌بندی بیانگر مجموع توانمندی‌های بالقوه و بالفعل، در سطح ملی، و در زمینه توسعه فناوری است. برای انجام فرآیند ارزیابی توانمندی فناورانه مدل‌های مختلفی توسعه داده شده است. بسیاری از مدل‌های موجود نیازمند ورود اطلاعات با میزان جزئیات فراوان هستند. در قبال دریافت این ورودی‌ها، مدل‌های بیان‌شده خروجی‌های مختلفی را به تحلیل‌گر ارائه می‌نمایند. به‌منظور کاستن از حجم ورودی‌های موردنیاز روش پیشنهادی و جلوگیری از تولید اطلاعات غیرضروری، لازم است تا مدلی انتخاب شود که با خروجی‌های موردنیاز معیار قابلیت در ماتریس اولویت‌بندی همخوان باشد.

برخی از محققان به ارائه مدل‌های ارزیابی توانمندی بر مبنای سطوح توانمندی فناورانه پرداخته‌اند که می‌توانند مبنایی برای ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح ملی قرار گیرد. برای نمونه، ولکات و همکاران برای شناسایی عمق توسعه فناورانه سطوح زیر را معرفی کرده‌اند:

✓ سطح صفر (مصرف): هیچ توسعه‌ای در کشور رخ نمی‌دهد. اگر فناوری وجود داشته باشد، به‌صورت محصول نهایی وارد شده است.

- ✓ سطح ۱ (مونتاژ): مونتاژ ساده قطعات؛ نوآوری محصول یا فرایند کم است یا اصلاً صورت نمی‌گیرد.
- ✓ سطح ۲ (تطبیق): توسعه یا تولید نسبتاً پیچیده‌ای با همکاری گسترده خارجی، احتمالاً از طریق کسب لیسانس انجام می‌شود و ممکن است فعالیت‌هایی برای وفق دادن فناوری با شرایط داخلی صورت گیرد.
- ✓ سطح ۳ (در حال ترقی دادن): شرکت‌های محلی فعالانه درگیر ترقی دادن برخی از مراحل توسعه (لزوماً نه تمامی مراحل) فناوری نسبتاً جدید هستند. به عنوان مثال ممکن است تحقیقات پایه و طراحی محصول در خارج صورت بگیرد، ولی شرکت‌های محلی در نوآوری فرایند و سایر مراحل پس از طراحی فعال باشند.
- ✓ سطح ۴ (جامع): تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه، نوآوری در فرایند و تولید نهایی در داخل کشور انجام می‌شود. فناوری‌ها و خدمات حامی اغلب در داخل کشور هستند. در این حالت کشور کاملاً قادر به انجام کلیه مراحل است ولی ممکن است بنابه دلایل اقتصادی یا سیاسی نتایج مرحله‌ای از توسعه را از کشور دیگری کسب نماید.

به منظور ارزیابی قابلیت فناورانه، ابتدا سطح مورد انتظار (ایده‌آل) از تسلط به فناوری مشخص گردیده و سطح تسلط فعلی نسبت به آن سنجیده می‌شود. مقایسه این دو سطح از قابلیت، بیانگر شکاف فناورانه کشور در آن حوزه می‌باشد. در این مطالعه، به منظور ارزیابی قابلیت ملی در توسعه یک فناوری، مدلی ۸ سطحی برای فناوری‌های نوظهور و مدلی ۱۰ سطحی برای فناوری‌های بالغ بر پایه ایده ولکات و همکاران توسعه داده شده است (جداول ۳-۱ و ۳-۲).

این مدل‌های چندسطحی می‌توانند برای نمایش سطوح قابلیت در ابعاد ملی استفاده شوند. سطح قابلیت هر کشور در قالب این سطوح و در دو حالت بالفعل (محقق شده) و بالقوه (قابل دستیابی در ۵ سال آینده) قابل ارائه است. دستیابی به سطوح بالای قابلیت نشان‌دهنده درجه بومی‌سازی بالاتر در توسعه فناوری مربوط است. در این میان، معمولاً چهار شکاف فناورانه فن‌افزار، اطلاعات‌افزار، انسان‌افزار، و سازمان‌افزار و مانع از دستیابی به سطح بالای قابلیت در یک کشور می‌گردد.

سطح	میزان توانمندی معادل هر سطح
۱	نه تنها فناوری مدنظر در کشور استفاده نمی‌شود، بلکه اطلاعات کافی نیز در مورد آن وجود ندارد
۲	فناوری هنوز در کشور استفاده نشده است ولی نسبت به آن آگاهی اولیه و اطلاعات کافی وجود دارد
۳	فناوری به صورت آماده وارد کشور شده و در فناوری نهایی استفاده می‌شود
۴	توان تعمیر و نگهداری این فناوری در کشور وجود دارد
۵	توان طراحی و ساخت فناوری در کشور در مقیاس آزمایشگاهی وجود دارد
۶	توان ساخت نیمه‌صنعتی و صنعتی این فناوری با کپی طراحی خارجی وجود دارد

توان ساخت نیمه‌صنعتی و صنعتی این فناوری با طراحی بومی وجود دارد	۷
تسلط به دانش پایه و مبانی علمی فناوری در حدی است که امکان نوآوری در فناوری (یعنی تغییر طراحی و استفاده از مواد جدید و) و انجام تحقیقات بنیادین و کاربردی وجود دارد.	۸

جدول ۱۹: سطوح توانمندی فناوری‌های دوره معرفی و اوایل رشد

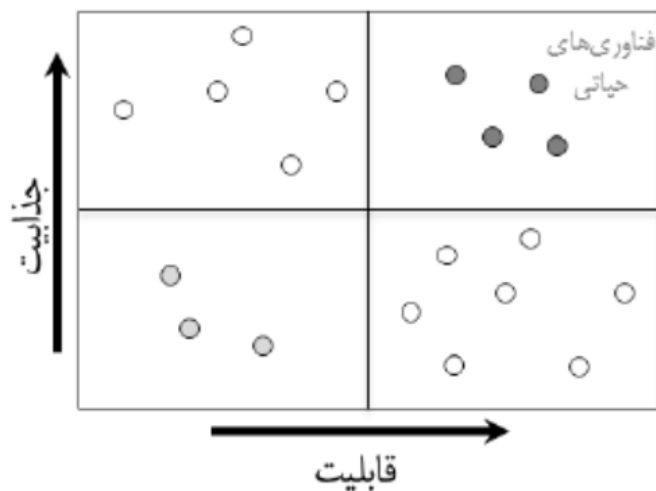
سطح	میزان توانمندی معادل هر سطح
۱	نه تنها این محصول در کشور استفاده نمی‌شود بلکه اطلاعات کافی نیز در مورد آن وجود ندارد
۲	محصول هنوز در کشور استفاده نشده است ولی نسبت به آن آگاهی اولیه و اطلاعات کافی وجود دارد
۳	این محصول به‌صورت آماده وارد کشور شده و در محصول نهایی استفاده می‌شود
۴	توان تعمیر و نگهداری این محصول در کشور وجود دارد
۵	توان مونتاژ محصول در کشور وجود دارد
۶	توان ساخت محصول با طراحی کپی وجود دارد
۷	توان ساخت محصول با درصدی طراحی بومی وجود دارد
۸	توان ساخت محصول با طراحی کاملاً بومی وجود دارد
۹	توان نوآوری کاربردی در کشور وجود دارد.
۱۰	توان نوآوری بنیادین در کشور وجود دارد.

جدول ۲۰: سطوح توانمندی فناوری‌های اواخر دوره رشد و بلوغ

برای سنجش سطح توانمندی بر اساس این مدل، لازم است تا از اطلاعات متخصصان مربوط به این زمینه در حوزه‌های فنی استفاده شود. نحوه جمع‌آوری این اطلاعات می‌تواند هم به‌صورت مستقیم (مصاحبه) و هم غیرمستقیم (پرسشنامه) باشد. با جمع‌آوری و تحلیل پرسشنامه و مصاحبه‌های صورت‌گرفته، می‌توان سطح قابلیت فناورانه ملی را در دو حالت بالفعل و بالقوه محاسبه نمود.

۳،۴،۱،۳ ترسیم ماتریس جذابیت - توانمندی

در این مرحله براساس دو معیار جذابیت و توانمندی، به اولویت‌بندی توسعه فناوری در هر یک از حوزه‌های فناورانه پرداخته می‌شود. طبیعی است که هرچه میزان جذابیت و توانمندی یک حوزه بالاتر باشد، تصمیم‌گیران تمایل بیشتری به انتخاب آن از خود نشان می‌دهند (شکل ۳-۴).



شکل ۴۳: ماتریس جذابیت - توانمندی (امکان‌پذیری)

در این ماتریس، نحوه و موقعیت ترسیم خطوط متقاطع، بسته به موضوع مورد مطالعه متفاوت بوده و بستگی به موقعیت مکانی فناوری‌های مختلف در ماتریس دارد. پس از تقسیم‌بندی نواحی ماتریس، چهار ناحیه ۱، ۲، ۳، و ۴ ایجاد می‌شود. هر ناحیه تصمیمات راهبردی متفاوتی را نسبت به فناوری‌ها و زیرفناوری‌های قرار گرفته در آن اعمال می‌نماید.

۳،۴،۱،۴ انتخاب نهایی حوزه‌های فناورانه

حوزه‌های فناورانه منتخب، اجزایی هستند که لازم است برنامه‌ریزی برای توسعه آن‌ها صورت پذیرد. تمام این حوزه‌ها که در نواحی قابل قبول تصمیم‌گیران در ماتریس جذابیت-قابلیت قرار دارند، جزء این گروه هستند. همچنین زیرفناوری‌هایی که بتوانند بحرانی بودن خود را با وابستگی به مواد خاص نشان دهند، از حالت معلق خارج شده و جزء قطعات منتخب برای توسعه فناوری مورد سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بلندمدت قرار می‌گیرند.

۳،۱،۵ اولویت‌بندی فناوری‌های انرژی خورشیدی بر اساس دو شاخص جذابیت و توانمندی

در این گام به منظور اولویت‌بندی فناوری‌ها، آن‌ها را بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی می‌کنیم. همان‌طور که پیش از این گفته شد، شاخص جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاستگذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، شاخص توانمندی به دنبال ارزیابی قابلیت‌های موجود در برگزیدن هر یک از گزینه‌هاست. بدین منظور ابتدا شاخص-

هایی برای ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها مشخص می‌شود و سپس این شاخص‌ها در قالب یک پرسشنامه طراحی می‌شود. این پرسشنامه‌ها برای خبرگان و متخصصان هر یک از حوزه‌های فناوری شناسایی شده ارسال می‌شود و مجموع نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی هر یک از فناوری‌ها را مشخص خواهد کرد. نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت-توانمندی می‌شوند و جایگاه هر فناوری تعیین خواهد شد.

در این مطالعه، برای تعیین توانمندی فناوری‌های خورشیدی از مدل ۸ سطحی و ۱۰ سطحی توسعه داده شده بر پایه مدل ولکات برای فناوری‌های نوظهور و بالغ استفاده خواهد شد. بر این اساس، برای تعیین توانمندی فناوری‌های سیستم‌های حرارتی و همچنین توانمندی فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک از مدل ۱۰ سطحی توسعه داده شده بر پایه مدل ولکات استفاده خواهد شد.

در تعیین جذابیت فناوری خورشیدی نیز فناوری به ویژگی‌ها و موقعیت آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها توجه می‌شود. برای اندازه‌گیری جذابیت توسعه یک فناوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات عبارتند از:

۱. تنوع کاربرد فناوری
۲. هزینه‌های دستیابی به دانش فنی فناوری
۳. میزان منافع اقتصادی ناشی از به‌کارگیری فناوری
۴. میزان اشتغال‌زایی ناشی از توسعه فناوری
۵. و ...

بر اساس درخت اصلی فناوری خورشیدی (شکل ۳-۳)، پس از مشورت با خبرگان و کسب نظرات کمیته راهبری در جلسات مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱ و ۱۳۹۳/۱۰/۲۴ نتایج به این شکل بیان شد که در مقایسه فناوری‌های نسل‌های مختلف فتوولتائیک، با توجه به بلوغ فناوری‌های نسل اول و دوم و نوظهور بودن فناوری‌های نسل سوم، مقایسه‌ای بین این نسل‌ها صورت نمی‌گیرد، زیرا نسل‌های اول و دوم در آینده نزدیک و نسل سوم در بلندمدت باید مدنظر قرار گیرند. در هر مرحله معیارهای جذابیت تعریف شده برای مقایسه، خاص آن مرحله و متفاوت با مراحل بعدی است. زیرفناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک جزو فناوری‌های بالغ محسوب می‌شوند و از مدل ۱۰ سطحی برای سنجش توانمندی آن‌ها استفاده شده است. همچنین فناوری‌های

مرتبط با CSP خورشیدی نیز جزو فناوری‌های بالغ شناخته شدند. در ادامه، معیارهای جذابیت و نتیجه اولویت‌بندی برای هر یک از زیرفناوری‌ها، به تفکیک بیان شده است.

۱,۵,۱,۳ اولویت‌بندی فناوری‌های نسل اول و دوم انرژی خورشیدی

تنها ۴ فناوری از بین فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک برای اولویت‌بندی انتخاب شدند که آن‌ها را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. قابل ذکر است که فناوری سلول‌های سیلیکونی به دو بخش فناوری‌های Multi-crystal و single crystal تقسیم شده‌اند.



شکل ۴۴: زیرفناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک

برای این دسته از فناوری‌ها، معیارها به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند که آن‌ها را معیارهای سطح اول می‌نامیم و زیر معیارهای هر کدام از این معیارهای اصلی، معیارهای سطح دوم نامیده می‌شوند:

معیارهای اصلی (معیارهای سطح اول)	زیر معیارهای مرتبط (معیارهای سطح دوم)
فنی	طول عمر سلول خورشیدی، بازدهی سلول خورشیدی، میزان مواد اولیه مورد نیاز، سرریز دانش فناوری
اقتصادی	هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه تمام‌شده انرژی (LCOE)
فرصت‌های کسب‌وکار	سهم بازار، نرخ رشد بازار، اشتغال‌زایی و ریسک جایگزینی با زیرفناوری‌های دیگر در آستانه ظهور
زیست محیطی	نیاز به آب، میزان استفاده از مواد غیر سمی و بازیافت محصول پس از پایان عمر

جدول ۲۱: معیارهای سطح اول و سطح دوم اولویت‌بندی فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک

معیارهای سطح دوم ذکر شده در جدول فوق، بر اساس جمع‌بندی نظرات کارشناسان پروژه و پس از کسب نظرات خبرگان در جلسات کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۳/۰۷/۱۶، ۱۳۹۳/۰۷/۳۰، و ۱۳۹۳/۰۸/۲۱ تعیین و به معیارهای کمی و کیفی تقسیم شده‌اند. پرسشنامه‌ای که برای سنجش اولویت این زیرفناوری‌ها مورد استفاده قرار گرفت، در ۳ بخش تهیه شد.

✓ بخش اول: جداول ۱ و ۲ (ارزیابی امکان‌پذیری توسعه انواع فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک): در این بخش، توانمندی فعلی و بالقوه کشور در زمینه توسعه انواع سلول‌های فتوولتائیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. در جدول یک توانمندی‌های فعلی و در جدول ۲ سطح توانمندی که تا ۵ سال آینده قابلیت بالفعل شدن را داراست مورد پرسش قرار گرفته است.

✓ بخش دوم: جداول ۳ تا ۷ (ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک): در این بخش و بخش بعد، جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور هر یک از معیارهای جذابیت ذکرشده در بالا، در مورد هر فناوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. همان‌گونه که مشخص است این معیارها دارای اهمیت‌های متفاوتی می‌باشند. لذا در گام نخست بایستی وزن هر یک از این معیارها مشخص گردد. در این جدول‌ها وزن هر معیار با توجه به اهمیت آن معیار مشخص می‌گردد. این وزن‌دهی در دو مرحله مورد سوال قرار می‌گیرد. در مرحله اول معیارهای تعیین جذابیت به چهار دسته، معیارهای فنی، اقتصادی، فرصت‌های کسب‌وکار و معیارهای زیست‌محیطی تقسیم شده‌اند و اهمیت این دسته‌ها مورد پرسش قرار می‌گیرد؛ در مرحله دوم نیز اهمیت هر یک از معیارهای قرار گرفته در دسته‌های مختلف نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شود.

✓ بخش سوم: جدول ۸ (ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک در معیارهای کیفی): معیارهای سنجش جذابیت فناوری‌های مختلف به دو نوع معیارهای کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. معیارهای کمی با استفاده از اطلاعات موجود بین‌المللی و داخلی ارزیابی می‌شوند و معیارهای کیفی با استفاده از آرای خبرگان مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در این بخش جذابیت هر یک از تکنولوژی‌های مورد بررسی در معیارهای کیفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

معیارهای کیفی شامل سرریز دانشی، میزان مواد اولیه مورد نیاز، ریسک جایگزینی با زیرفناوری‌های دیگر در آستانه ظهور، میزان استفاده از مواد غیرسمی، و بازیافت محصول پس از پایان عمر هستند. معیارهای کمی نیز شامل طول عمر، بازدهی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری هزینه تمام‌شده انرژی، سهم بازار، نرخ رشد بازار، اشتغال‌زایی، و نیاز به آب است.

با توجه به مفاهیم ارائه شده، با هدف جمع‌آوری آراء و نظرات صاحب‌نظران، خبرگان مناسب انتخاب شدند و پرسشنامه‌ها برای وزن‌دهی معیارها و همچنین برای سنجش معیارهای کیفی میان آن‌ها توزیع شد. پرسشنامه‌های طراحی شده بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) سازماندهی شده‌اند. این پرسشنامه‌ها در پیوست این گزارش قابل مشاهده هستند. همچنین فهرست افرادی که پرسشنامه‌های مذکور برای آن‌ها ارسال و نظرات آن‌ها در این مورد دریافت گردیده است، در زیر ارائه شده است:

نام خانوادگی	نام	پست الکترونیک	تلفن محل کار	سمت
ابوترابی زارچی	حسین	abootorabi@um.ac.ir, hazarchi@gmail.com		عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد
اصل سلیمانی	ابراهیم	soleimni@ut.ac.ir	88011235	عضو هیات علمی دانشکده برق دانشگاه تهران
افتخاری ممقانی	عباس	Info@sazanelectronic.com	023-33652192	مدیرعامل شرکت الکترونیک سازان
تابش	احمدرضا	a.tabesh@cc.iut.ac.ir		عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
ترابی	فرشاد	ftorabi@kntu.ac.ir	۸۸۶۷۴۸۴۱	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
جلایی	شهریار		021-88085006	معاون برنامه ریزی سازمان انرژی های نو ایران (سانا)
جمیل	مجید	m-jamil@merc.ac.ir		عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج
حمزه	محسن	hamzeh64@gmail.com , mo_hamzeh@sbu.ac.ir	29904184	عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی
ذبیحی	محمدصادق	mszabihi@gmail.com		رئیس مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
زاهدی فر	مصطفی	zhdf@kashanu.ac.ir	031-55912577	عضو هیات علمی دانشگاه کاشان
زمزمیان	امیرحسین	azamzajian@merc.ac.ir	0263-6280041-9	عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج
شعبانی کیا	اکبر	a.shabanikia@iranenergy.org.ir	88086931	سانا
مسعودی	ابوذر	massoudi@merc.ac.ir		عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج
میرآبادی	امیرحسین	mirabadi@citc.ir	021-61006073	رئیس کمیته انرژی های پاک معاونت فناوری های انرژی مرکز همکاری های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
عمیدپور	مجید	amidpour@kntu.ac.ir	۸۸۶۷۴۸۴۱	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
فرهنگی	شاهرخ	farhangi@ut.ac.ir		عضو هیات علمی دانشگاه تهران

سمت	تلفن محل کار	پست الکترونیک	نام	نام خانوادگی
هدایت نور		gh.rabiee@gmail.com	سعید	قاسمی
عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز			عبدالنبی	کوثریان
سانا	88362155	s.mirhadi@iranenergy.org.ir	سامان	میرهادی
عضو هیات علمی دانشگاه تهران	021- 61118475	noorollahi@ut.ac.ir	یونس	نوراللهی
عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج		hadavi@merc.ac.ir	سید محمد مهدی	هادوی
عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج		sm.hasheminejad@gmail.com	محمود	هاشمی نژاد

جدول ۲۲: فهرست پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌های فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک

الف- وزن و اهمیت معیارهای جذابیت

همان‌طور که در مقدمه این گزارش ذکر شد، اهمیت معیارهای جذابیت فناوری یکسان نیست. به همین منظور، با استفاده از نظر خبرگان، ابتدا اهمیت معیارهای سطح اول نسبت به یکدیگر مورد پرسش و ارزیابی قرار گرفت و پس از آن اهمیت هر یک از معیارهای سطح دوم هر دسته، نسبت به معیارهای دیگر همان دسته مشخص گردید.

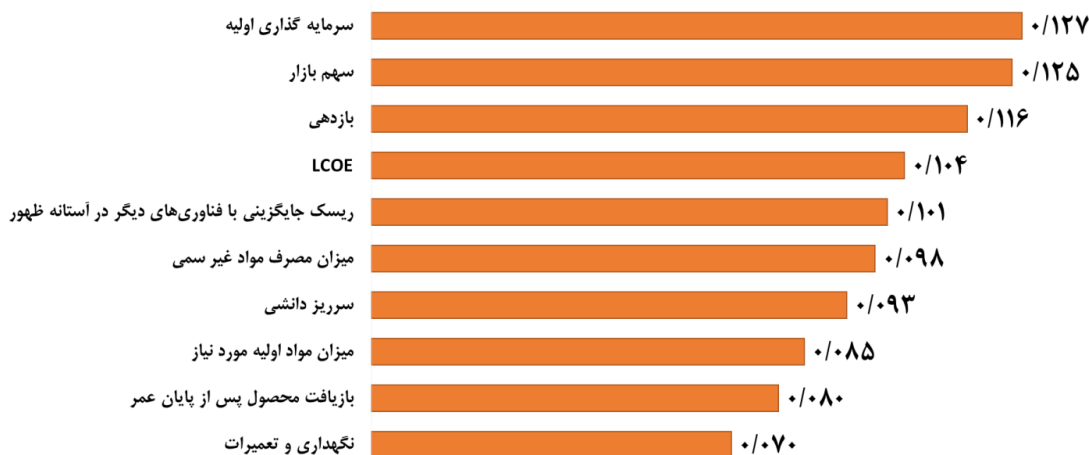
نتایج نشان می‌دهند که در بین معیارهای سطح اول، بالاترین اهمیت از آن معیار اقتصادی است. جدول زیر امتیاز معیارها را از نظر اهمیت ارائه می‌کند.

زیست محیطی	فرصت‌های کسب و کار	اقتصادی	فنی
۰/۱۷۸	۰/۲۲۶	۰/۳۰۲	۰/۲۹۴

جدول ۲۳: اهمیت معیارهای جذابیت سطح اول برای فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک

در میان معیارهای سطح دوم فنی، بالاترین اهمیت را بازدهی با امتیاز ۰/۳۹۶ و پس از آن سرریز دانشی با امتیاز ۰/۳۱۶ دارد. میزان مواد اولیه مورد نیاز هم با امتیاز ۰/۲۸۸ کمترین اهمیت را در معیارهای سطح دوم فنی دارد. در میان معیارهای سطح دوم اقتصادی شامل سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه نگهداری و تعمیرات و هزینه تمام‌شده می‌شوند که از این میان سرمایه‌گذاری اولیه بالاترین اهمیت را دارد (۰/۴۲۱) و هزینه تمام‌شده انرژی (۰/۳۴۵) و هزینه نگهداری و تعمیرات (۰/۲۳۳) در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند. در معیارهای مربوط به فرصت‌های کسب‌وکار، معیار سطح دوم سهم بازار با امتیازی معادل ۰/۵۵۴ مهم‌تر از معیار ریسک جایگزینی با فناوری‌های دیگر در آستانه ظهور است. در معیارهای زیست‌محیطی نیز، «میزان استفاده از مواد غیرسمی» (۰/۵۵۳) اهمیت بیشتری نسبت به «بازیافت محصول پس از پایان عمر» دارد.

اهمیت کلیه معیارهای سطح دوم نسبت به هم به صورت زیر است:

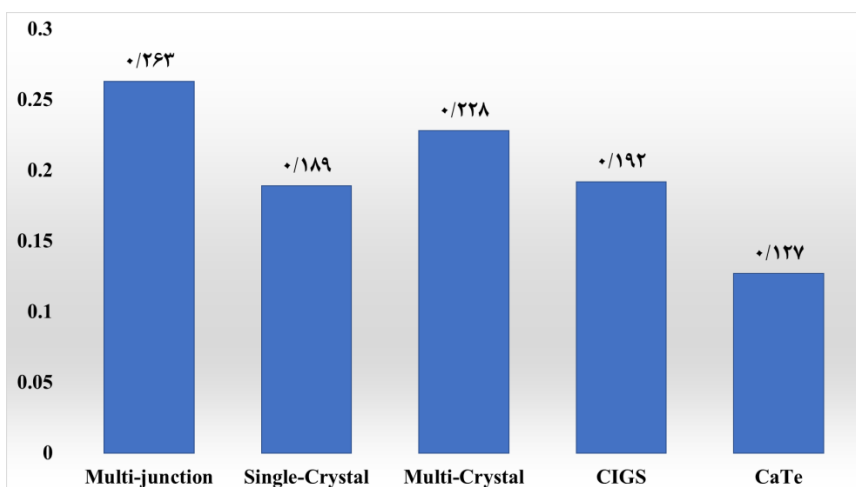


جدول ۲۴: وزن‌های نهایی بدست آمده برای زیرمعیارهای مختلف مورد بررسی - سطح دوم

ب- سنجش جذابیت گزینه‌ها بر اساس معیارهای کیفی

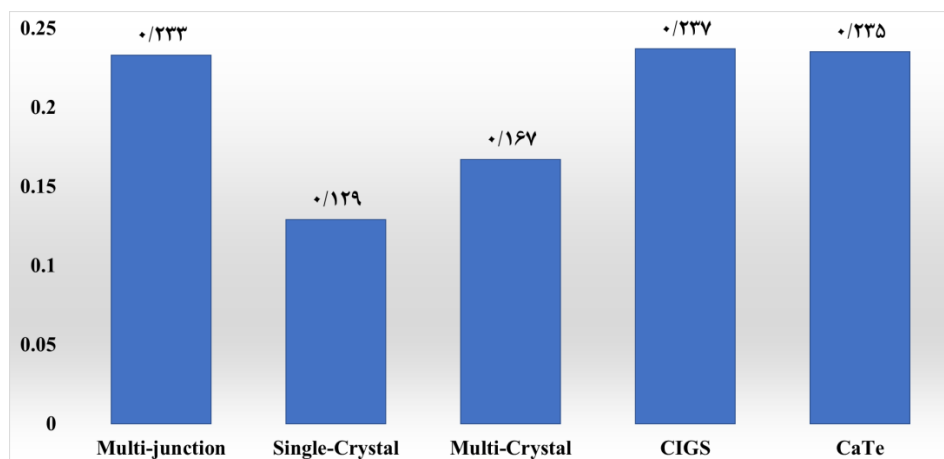
همان‌طور که پیش از این گفته شد، معیارهای کیفی با ارسال پرسشنامه برای خبرگان و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی وزن‌دهی شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده برای فناوری‌ها در هر یک از معیارهای کیفی در پی می‌آید.

در معیار سرریز دانش فناوری، بالاترین رتبه از آن فناوری multijunction است. پس از آن فناوری Multi Crystal قرار دارد و رتبه‌های بعدی به ترتیب متعلق به فناوری‌های CIGS، Single Crystal، و CaTe است. شکل زیر نشان‌دهنده رتبه فناوری‌ها در این معیار است.



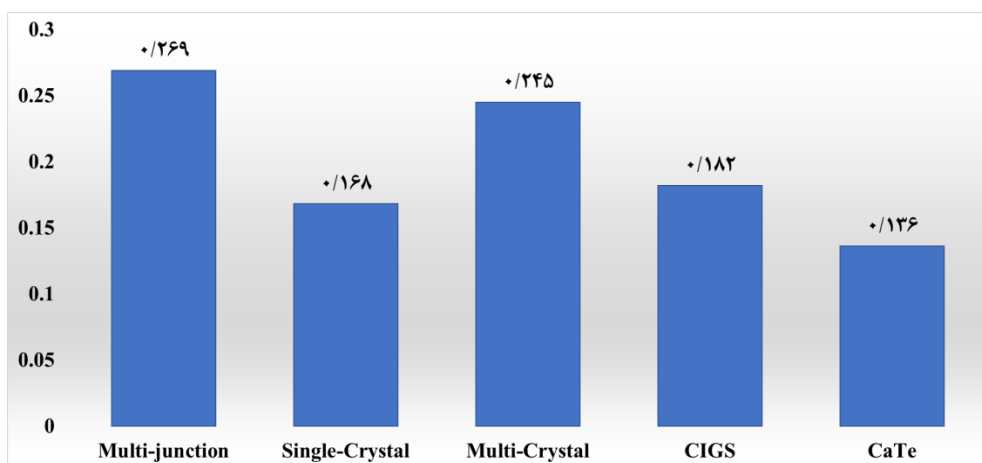
شکل ۴۵: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی سرریز دانشی

در معیار مواد اولیه موردنیاز، سه فناوری CIGS، CaTe و multijunction با فاصله‌ای بسیار نزدیک به هم، امتیازهای اول تا سوم را دارند که بیانگر این است که مقدار کمی مواد اولیه نیاز دارند. شکل زیر وضعیت فناوری‌ها را در این معیار نشان می‌دهد.



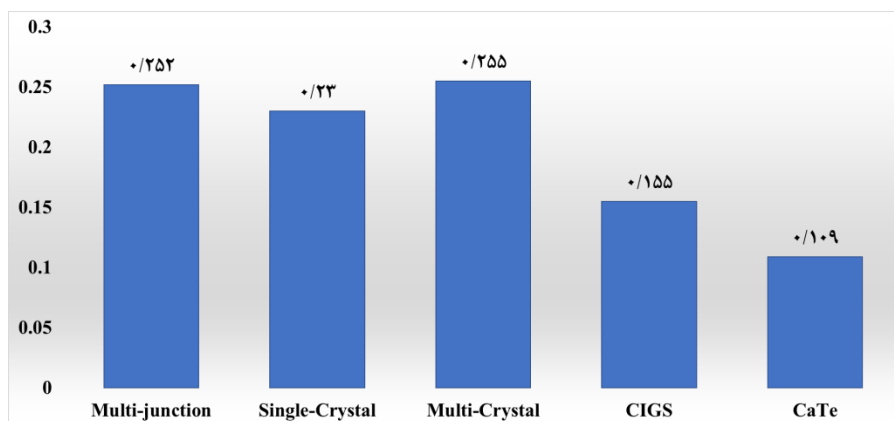
شکل ۴۶: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی مواد اولیه موردنیاز

از نظر معیار ریسک جایگزینی با فناوری‌های دیگر در آستانه ظهور، کمترین ریسک متعلق به فناوری multijunction و پس از آن فناوری MC است. شکل زیر وضعیت ریسک جایگزینی فناوری‌های مختلف را نشان می‌دهد.



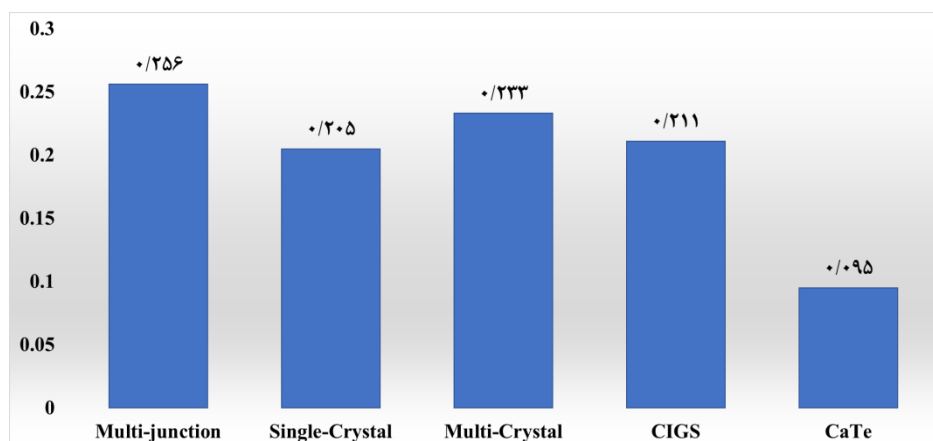
شکل ۴۷: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فوتولتائیک بر اساس معیار کیفی ریسک جایگزینی با فناوری‌های دیگر در آستانه ظهور

از نظر معیار میزان استفاده از مواد غیرسمی، کمترین مواد غیرسمی در فناوری MC استفاده می‌شود. فناوری multijunction نیز با فاصله امتیازی بسیار کمی با فناوری MC در جایگاه دوم قرار دارد. فناوری SC نیز فاصله امتیازی زیادی با multijunction ندارد. در نهایت فناوری‌های CaTe و CIGS بالاترین میزان استفاده از مواد غیرسمی را دارند.



شکل ۴۸: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فوتولتائیک بر اساس معیار کیفی میزان استفاده از مواد غیرسمی

آخرین معیار کیفی بررسی شده مربوط به بازیافت محصول پس از پایان عمر است. هر چه امتیاز گزینه‌ها در این معیار بیشتر باشد، امکان بازیافت محصول پس از پایان عمر بیشتر خواهد بود. بر این اساس، بازیافت در فناوری‌های multijunction و Multi Crystal بیشتر خواهد بود و رتبه‌های بعدی به ترتیب به فناوری‌های CIGS، Single Crystal و CaTe می‌رسد.



شکل ۴۹: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کیفی بازیافت محصول پس از پایان عمر

ج- سنجش جذابیت گزینه‌ها بر اساس معیارهای کمی

برای بررسی اولویت گزینه‌ها بر اساس معیارهای کمی، ابتدا اطلاعات موجود بین‌المللی و داخلی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته‌اند و سپس بر اساس این مطالعات رتبه گزینه‌ها در هر معیار مشخص شده است. در این بخش، ابتدا نتایج بررسی‌ها به طور خلاصه بیان و سپس اولویت فناوری‌ها در هر یک از معیارهای ارائه شده است. قابل ذکر است که در این بررسی‌ها، اولویت گزینه‌ها در زمان حال و زمان آینده (بازه ۲۰۲۵ - ۲۰۲۰) مشخص گردیده است.

بازدهی

بازدهی یک سلول خورشیدی برابر است با مقدار توان تولیدی بر روی مقدار انرژی که از جانب خورشید به سطح سلول می‌رسد. لازم به ذکر است که بازدهی سلول‌ها به شرایط محیطی از جمله تغییرات دما و سایه‌های محیط نیز وابسته است. اما معمولاً برای بیان بازدهی یک سلول از ماکزیمم بازدهی آن را اعلام می‌کنند.

طبق آمار بیشترین بازدهی که در محیط آزمایشگاهی برای سلول‌های مونوکریستال بدست آورده اند ۲۸٪ می‌باشد.^۹ بازدهی‌های به دست آمده در محیط‌های آزمایشگاهی معمولاً تا ۲۰٪ بیشتر از مقدار مشابه در محیط صنعتی است. خالص‌تر بودن مواد و کوچک‌تر بودن سایز از دلایل مهم این موضوع می‌باشد. به عنوان مثال سایز استاندارد سلول‌های مونوکریستال اقتصادی، ۱۵۶ × ۱۵۶ میلی‌متر مربع می‌باشد. حال آنکه در محیط آزمایشگاهی سایزهای بسیار کوچکتر از این نیز وجود دارد. به علاوه،

^۹ NREL

به‌طور کلی می‌توان گفت که بازدهی سلول از cell تا module به اندازه ۲٪ کم می‌شود. علاوه‌براین، در محیط‌های آزمایشگاهی سلول می‌تواند بسیار پیچیده باشد اما با توجه به مسائل اقتصادی می‌بایست یک توازن بین قیمت و پیچیدگی در سلول‌های اقتصادی در نظر گرفت. در محیط صنعتی نیز در جایگاه اول سلول شرکت Sunpower قرار دارد که توانسته با استفاده یک سلول سیلیکونی با بازدهی ۲۵٪ بسازد. این سلول که جزو سری Moxeon می‌باشد، انرژی بالاتر، قابلیت اطمینان و همچنین زیبایی بیشتری را نسبت به پانل‌های خورشیدی معمول ارائه می‌دهد. بازدهی بی‌نظیر این محصول جدید توسط آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر (NREL) ایالات متحده مورد تأیید قرار گرفته است. اما همان‌گونه که در قبل نیز گفته شد، سلول‌های خورشیدی سیلیکونی پلی کریستال نسبت به سلول‌های مونوکریستال از بازدهی بسیار کمتری برخوردار است. تاکنون بیشترین بازدهی به‌دست‌آمده از این نوع سلول ۲۱/۳٪ می‌باشد که توسط مؤسسه آلمانی Fraunhofer ساخته شده است. این مؤسسه از پیشرفته‌ترین مؤسسات در زمینه سلول‌های خورشیدی می‌باشد و بسیاری از فناوری‌های نوین در این زمینه توسط همین مؤسسه ابداع شده است.^{۱۰} هرچند چندین سلول دیگر با بازدهی‌های بالای ۲۰٪ نیز توسط این مؤسسه ساخته شده اما با شرکت‌هایی همچون Mitsubishi Electric و Solland Solar نیز با سلول‌های پلی کریستال با بازدهی ۱۹/۳٪ و ۱۹٪ نیز در حال رقابت برای شکستن رکورد این نوع سلول می‌باشند.

مؤسسه IRENA طی گزارشی در سال ۲۰۱۳ بیان کرده است که بازدهی مدول‌های تجاری از نوع سیلیکونی تا سال ۲۰۲۰ به ۲۳٪ خواهد رسید. همچنین طبق گزارش IEA در سال ۲۰۱۴، بازدهی سلول‌های تجاری شده از نوع مونوکریستال در حدود بازه ۱۷٪ الی ۲۱٪ می‌باشد. این بازه برای سلول‌های پلی کریستال به ۱۵٪ الی ۱۷٪ کاهش می‌یابد.

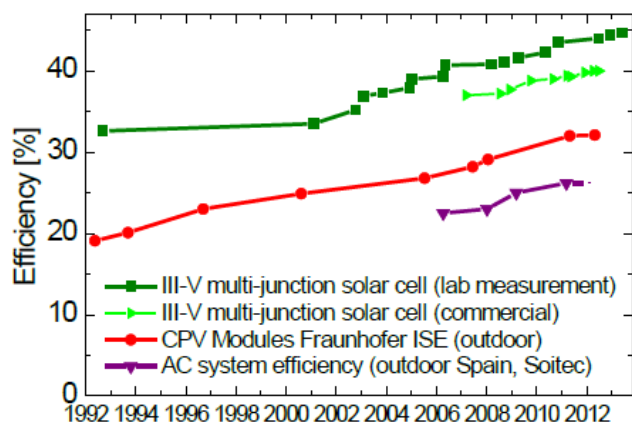
امروزه مهم‌ترین تولیدکننده سلول‌های کادمیوم تلورایدی شرکت First Solar می‌باشد. شرکت First Solar شرکتی آمریکایی است که تنها از تکنولوژی لایه نازک کادمیوم تلوراید برای تولید برق از سلول فتوولتائیک بهره می‌گیرد. این شرکت در سال ۲۰۰۹ توانست برای اولین بار هزینه تمام‌شده ماژول برای هر وات را به زیر ۱ دلار برساند. در سال ۲۰۱۳ این شرکت توانست با رساندن بازدهی ماژول کادمیوم تلورایدی به ۱۴٪، این هزینه را به ۵۹ سنت برای هر وات کاهش دهد. البته طبق گزارش IEA در سال ۲۰۱۴، بیشترین بازدهی به‌دست‌آمده برای سلول‌های کادمیوم تلورایدی ۲۰/۹٪ است که مربوط به همین شرکت می‌باشد. همچنین سلول‌های تجاری شده دارای بازدهی بین ۱۲٪ الی ۱۵٪ می‌باشند. برای دیگر سلول‌ها نیز طبق این گزارش،

¹⁰ <http://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data>

بهترین بازدهی به دست آمده برای سلول‌های CIGS برابر ۲۰/۳ بوده است. اما میزان بازدهی سلول‌های موجود در بازار از این نوع در بازه ۷ الی ۱۲٪ می‌باشد. برای سلول‌های لایه نازک آمورف نیز بهترین ۱۳/۲٪ و سلول‌های موجود در بازار در بازه ۷-۹٪ می‌باشند.

نمودار زیر توسط مؤسسه آلمانی Fraunhofer تنظیم شده است. این نمودار نشان‌دهنده روند افزایش بازدهی سلول‌های Multijunction در سال‌های اخیر می‌باشد.

Reported AC system efficiencies:
25 – 27 %



Graphic: Fraunhofer ISE; Data for solar cell efficiencies: Green et al. Progress in Photovoltaics (1993-2013)

شکل ۵۰: روند بازدهی سلول‌های Multijunction بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer

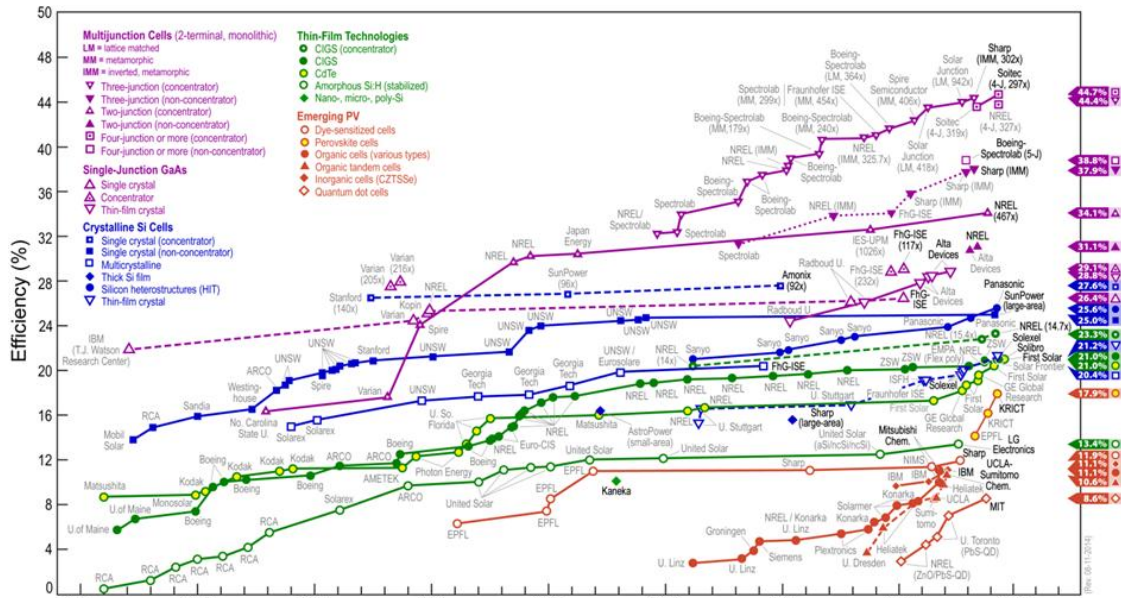
همچنین جدول زیر توسط مؤسسه IRENA در سال ۲۰۱۳ منتشر شده است.

	۲۰۱۰	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲۰۳۰
	CPV		
بازدهی صنعتی %	۲۰-۲۵	۳۶	
بازدهی آزمایشگاهی %	۴۰	۴۵	>۴۵
محورهای تحقیقات	افزایش طول عمر، افزایش بازدهی اپتیکی (۸۵٪)، سیستم‌های ترکیب، تمرکز بالا، ارتقا عملکرد		

جدول ۲۵: تغییر روند بازدهی CPV بر اساس گزارش IRENA 2013

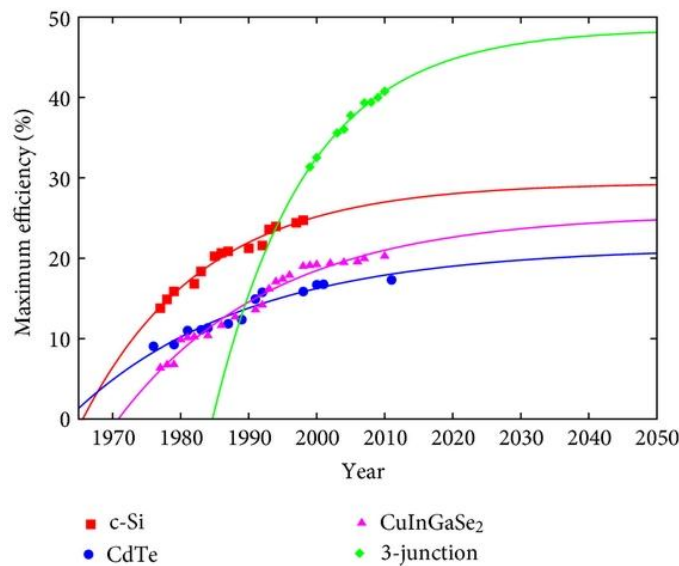
مهم‌ترین نمودار منتشر شده در رابطه با بازدهی فناوری‌های مختلف فتوولتائیک، نمودار منتشر شده توسط مؤسسه NREL است. در این نمودار بازدهی کلیه تکنولوژی‌ها از سال ۱۹۷۶ تا سال ۲۰۱۴ آمده است. طبق این نمودار همانطور که مشخص است

بیشترین بازدهی مربوط به سلول‌های Multijunction می‌باشد. در این نمودار سلول‌های سیلیکونی با رنگ آبی و سلول‌های لایه نازک با رنگ سبز و دیگر تکنولوژی‌های نسل سوم نیز با رنگ قرمز و بنفش مشخص شده‌اند.



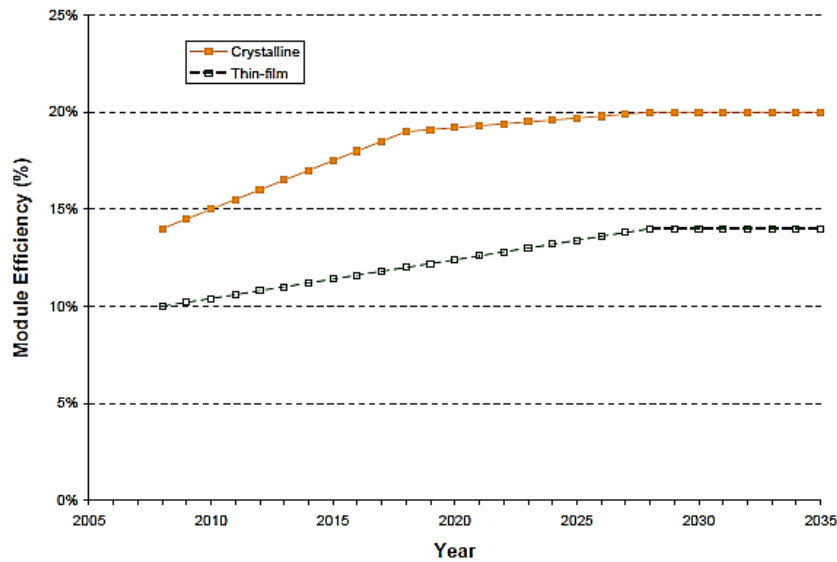
شکل ۵۱: روند بازدهی فناوری‌های مختلف فتولتائیک بر اساس گزارش NREL

نمودار زیر توسط مؤسسه EIA تهیه گردیده است.



شکل ۵۲: روند بازدهی فناوری‌های مختلف فتولتائیک بر اساس گزارش EIA

در گزارشی دیگر نیز از همین مؤسسه (EIA) که تحت عنوان Distributed Generation System Characteristics and Costs in the Buildings Sector در سال ۲۰۱۳ منتشر شد، بازدهی ماژول سلول‌های کریستالی و لایه نازک به شکل زیر ترسیم شد.



شکل ۵۳: روند بازدهی ماژول سلول‌های کریستالی و لایه نازک

جدول زیر توسط مؤسسه IRENA که از زیرمجموعه‌های EIA می‌باشد در گزارشی به نام Solar Photovoltaics Technology Brief در سال ۲۰۱۳ به دست آمده است. البته اطلاعات مربوط به سال ۲۰۱۱ می‌باشند. لازم به ذکر است که ماژول‌های فتوولتائیک بازدهی کمتری نسبت به سل‌های فتوولتائیک دارند. همچنین بازدهی سلول نیز در مقیاس آزمایشگاهی بیشتر از بازدهی صنعتی آن سلول می‌باشد.

	بازدهی سلول %	بازدهی ماژول %	رکورد بازدهی صنعتی %	رکورد بازدهی آزمایشگاهی %
مونوکریستال	۱۶-۲۲	۱۳-۱۹	۲۲	۲۴/۷
پلی کریستال	۱۴-۱۸	۱۱-۱۵	۲۰/۳	۲۰/۳
کادمیوم تلوراید	۱۰-۱۱	۱۰-۱۱	۱۱/۲	۱۶/۵
CIGS	۷-۱۲	۷-۱۲	۱۲/۱	۲۰/۳
آمورف لایه نازک	۷-۹	۷-۹	۱۰	۱۳/۲
CPV	۲۰-۲۵	۲۰-۲۵	بیش از ۴۰	

جدول ۲۶: بازدهی‌های مقیاس‌های مختلف فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک

در قسمتی دیگر از این گزارش پیش‌بینی‌هایی در رابطه با آینده بازدهی فناوری‌های نسل اول و دوم انجام شده است که خلاصه آن به صورت جدول زیر بیان می‌گردد.

	۱۹۸۰	۲۰۰۷	۲۰۱۰	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲۰۳۰
بازدهی ماژول مونوکریستال	۰/۰۸	۱۳-۱۸٪	۱۳-۱۹	۱۶-۲۳	۲۵-۴۰
بازدهی ماژول پلی کریستال			۱۱-۱۵	۱۹	۲۱
بازدهی ماژول لایه نازک		۴-۱۱	۴-۱۲	۸-۱۶	

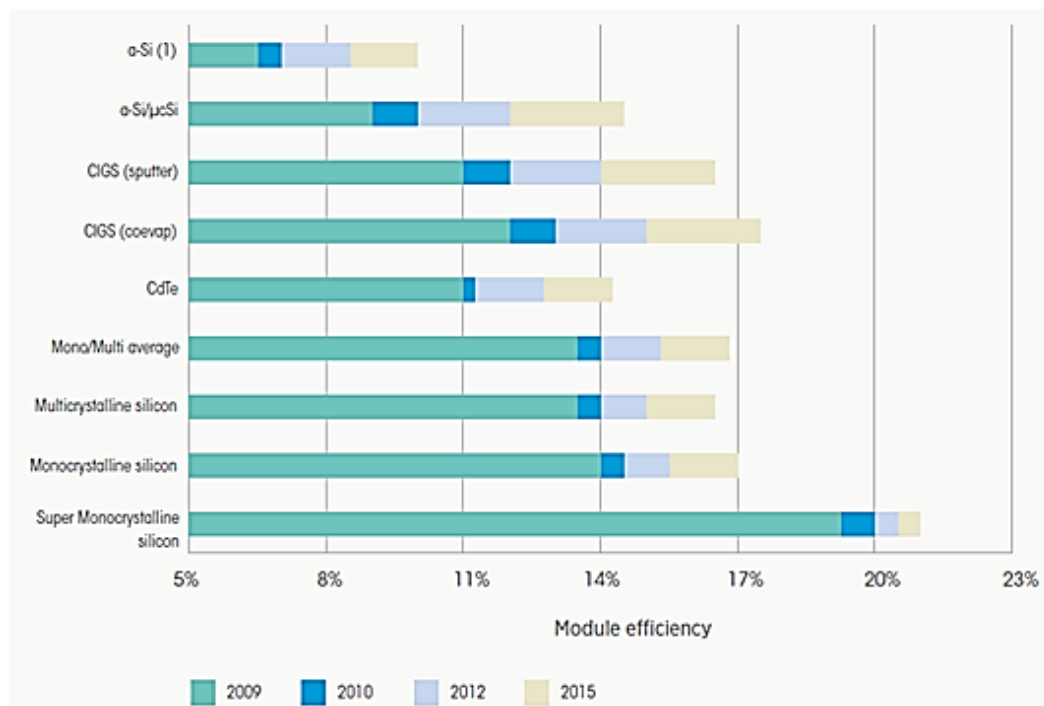
جدول ۲۷: پیش‌بینی آینده بازدهی فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک

در جدول زیر مقایسه‌ای بین بازدهی سلول‌های لایه نازک و پیش‌بینی‌ها در مورد روند افزایش آنها که در همین گزارش آمده است را بیان می‌کنیم.

	۲۰۱۰	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲۰۳۰
آمورف			
بیشترین بازدهی %	۱۲-۱۳	۱۵-۱۷	
بازدهی صنعتی %	۷-۱۱	۱۲-۱۳	۱۵
کادمیوم تلوراید			
بیشترین بازدهی %	۱۶/۵		
بازدهی صنعتی %	۱۰-۱۱	۱۵	۱۵
CIGS			
بیشترین بازدهی %	۲۰		
بازدهی صنعتی %	۷-۱۲	۱۵	۱۸

جدول ۲۸: جدول مقایسه زمانی بازدهی سلول‌های لایه نازک

نموداری دیگری نیز توسط این مؤسسه در سال ۲۰۱۲ منتشر شد. در این نمودار همان‌طور که در زیر مشخص است میزان افزایش بازدهی در سال‌های اخیر و همچنین پیش‌بینی آن تا سال ۲۰۱۵ انجام شده است.



شکل ۵۴: روند تغییر بازدهی فناوری‌های مختلف تا سال ۲۰۱۵ بر اساس گزارش IRENA

طول عمر

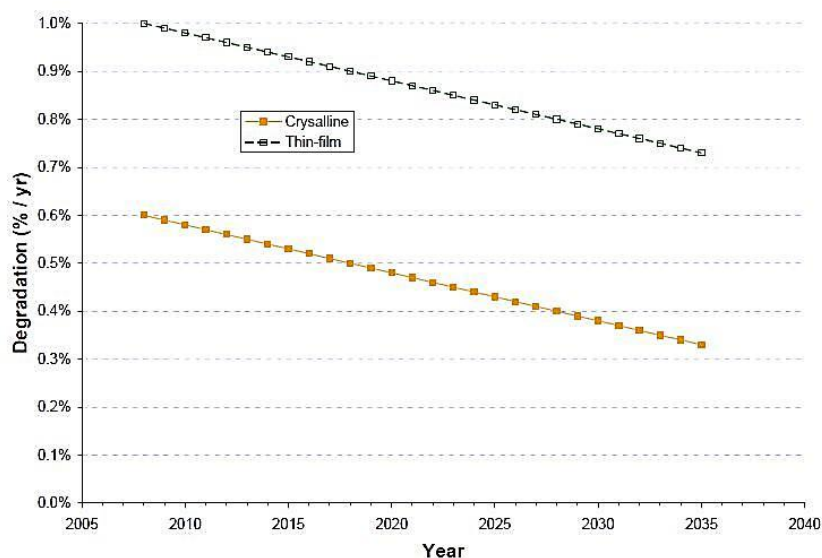
سلول‌های خورشیدی به دلیل عوامل مختلفی هر ساله مقداری از بازدهی خود را از دست می‌دهند. از دست رفتن بازدهی می‌تواند تاثیر زیادی در به صرفه بودن اقتصادی سلول داشته باشد. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سلول‌های خورشیدی از نوع کریستالی، طول عمر بالای آن‌هاست.

یکی از پارامترهای تعیین‌کننده طول عمر میزان تخریب‌پذیری سالانه سلول می‌باشد. بعضی از مؤسسات و آزمایشگاه‌ها طول عمر را بر این اساس تعریف کردند: به عنوان مثال، طبق اعلام آزمایشگاه ملی وزارت انرژی آمریکا، طول عمر یک سلول خورشیدی برابر است با تعداد سال‌هایی که بازدهی این سلول به مقدار ۲۰٪ از بازدهی اولیه خود کم شود.

طبق گزارش مؤسسه IRENA^{۱۱} در سال ۲۰۱۳، طول عمر سلول‌های مونوکریستال و پلی‌کریستال در حدود ۲۵ الی ۳۰ سال می‌باشد. طبق این گزارش طول عمر سلول‌های سیلیکونی تا سال ۲۰۳۰ به ۳۵ الی ۴۰ سال خواهد رسید.

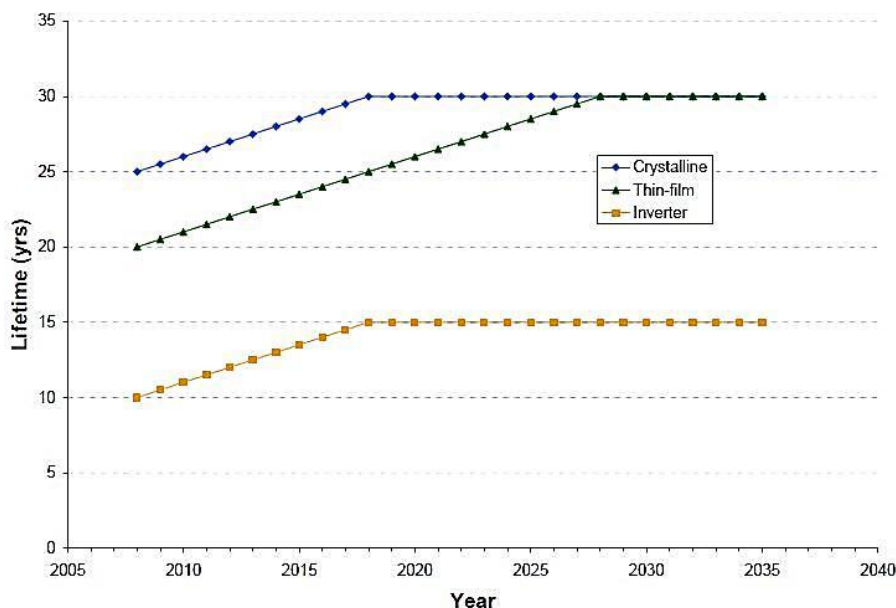
^{۱۱} IRENA-ETSAP Tech Brief E11 Solar PV

طبق گزارش مؤسسه IRENA در سال ۲۰۱۳ طول عمر سلول‌های کادمیوم تلورایدی بیش از ۲۵ سال است. بر این اساس، مؤسسه EIA در سال ۲۰۰۸ نموداری در رابطه با پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب در سال‌های آتی ارائه داده است. طبق این نمودار ضریب تخریب در سلول‌های خورشیدی در سلول‌های سیلیکونی به حدود ۰/۳۲٪ در سال ۲۰۳۵ خواهد رسید. همچنین طبق این نمودار ضریب تخریب در سلول‌های خورشیدی در سلول‌های لایه نازک در سال ۲۰۳۵ به حدود ۰/۸٪ در سال خواهد رسید که بسیار بیشتر از سلول‌های سیلیکونی است.



شکل ۵۵: پیش‌بینی کاهش در ضریب تخریب بر اساس گزارش EIA

همچنین نموداری دیگر در رابطه با طول عمر این نوع سلول‌ها رسم شده است. طبق این نمودار طول عمر سلول‌های کریستالی از سال ۲۰۱۸ به بعد تغییری نخواهد کرد و در ۳۰ سال متوقف خواهد شد. زمان ثابت شدن طول عمر برای سلول‌های لایه نازک نیز در سال ۲۰۲۸ می‌باشد.



شکل ۵۶: پیش‌بینی تغییر در طول عمر سلول‌ها بر اساس گزارش EIA

جدول زیر که توسط مؤسسه IRENA تهیه شده است پیش‌بینی طول عمر سلول‌های سیلیکونی در سال‌های آینده را نشان می‌دهد.

	۱۹۸۰	۲۰۰۷	۲۰۱۰	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲۰۳۰
طول عمر		۲۰ - ۲۵	۲۵ - ۳۰	۳۰ - ۳۵	۳۵-۴۰

جدول ۲۹: پیش‌بینی طول عمر سلول‌های سیلیکونی در سال‌های آینده بر اساس گزارش IRENA

هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

طبق گزارش مؤسسه GTM Research، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای سلول‌های مونوکریستال همراه با سیستم ترکر در سال ۲۰۱۴ برابر با ۳/۷۶ دلار و در سال ۲۰۲۰ برابر با ۲/۶۳ دلار به ازای هر وات خواهد بود. برای سلول‌های پلی‌کریستال ثابت نیز برابر ۲/۷۵ دلار برای ۲۰۱۴ و ۲/۰۶ دلار برای ۲۰۲۰ به ازای هر وات می‌باشد.

جدول زیر نیز توسط مؤسسه IRENA تهیه گردیده و در آن زمان بازگشت سرمایه سلول‌های سیلیکونی نشان داده شده است.

	۱۹۸۰	۲۰۰۷	۲۰۱۰	۲۰۱۵-۲۰۲۰	۲۰۳۰
بازگشت سرمایه (سال)	۱۰	۳	۱-۲	۱-۰/۵	۰/۵

جدول ۳۰: زمان بازگشت سرمایه سلول‌های سیلیکونی بر اساس گزارش IRENA

طبق گزارش مؤسسه GTM Research، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای سلول‌های کادمیوم تلورایدی ۲/۸۱ دلار به ازای هر وات برای سال ۲۰۱۴ می‌باشد. برای سال ۲۰۲۰ نیز این عدد تا مقدار ۱/۹۷ دلار به ازای هر وات کاهش یافته است. مؤسسه V.Shah در گزارشی نموداری از روند و همچنین پیش‌بینی هزینه اولیه سلول‌های CPV ارائه کرده است که به شکل زیر است.

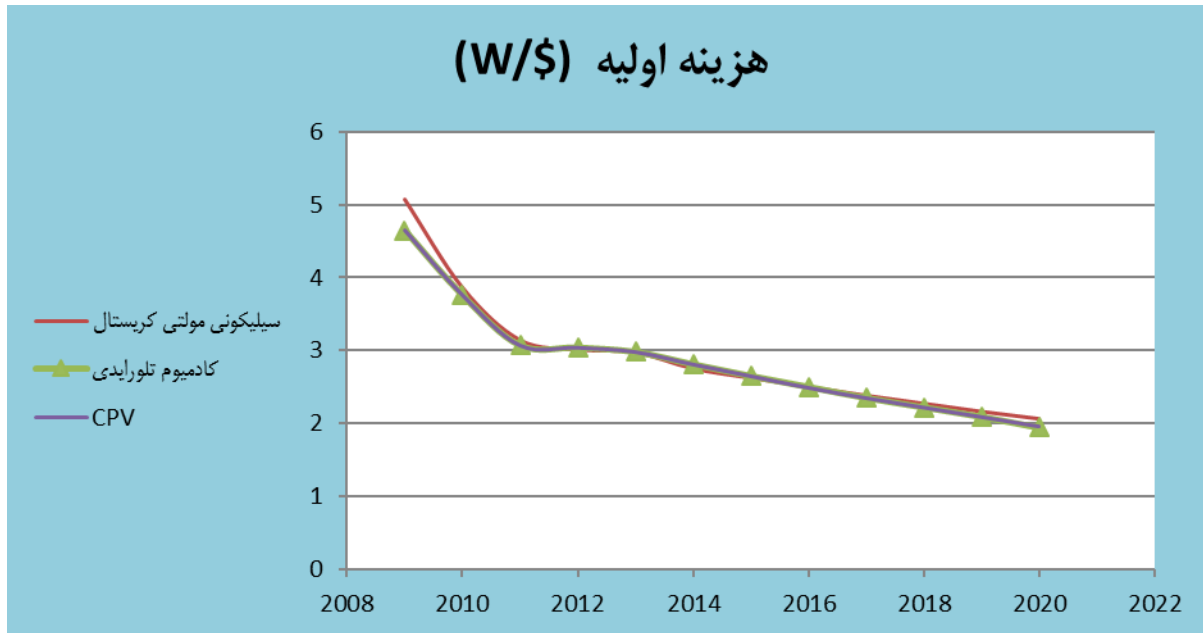


شکل ۵۷: روند تغییر هزینه اولیه سلول‌های CPV

مؤسسه GTM Research در گزارشی که در سال ۲۰۱۱ منتشر کرد، پیش‌بینی‌هایی در رابطه با هزینه اولیه و همچنین LCOE فناوری‌های مختلف ارائه داد. در جداول و نمودارهای زیر این اطلاعات موجود است.

\$/w اعداد جدول بر مبنای	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰
سیلیکونی مولتی کریستال	۵/۰۷	۳/۸۶	۳/۱۴	۳/۰۱	۲/۹۷	۲/۷۵	۲/۶۲	۲/۵	۲/۳۸	۲/۲۷	۲/۱۶	۲/۰۶
کادمیوم تلورایدی	۴/۶۵	۳/۷۶	۳/۰۷	۳/۰۴	۲/۹۸	۲/۸۱	۲/۶۵	۲/۵	۲/۳۵	۲/۲۲	۲/۰۹	۱/۹۴
CPV	۴/۶۵	۳/۷۶	۳/۰۷	۳/۰۴	۲/۹۸	۲/۸۱	۲/۶۵	۲/۴۹	۲/۳۵	۲/۲۲	۲/۰۹	۱/۹۶

جدول ۳۱: پیش‌بینی روند تغییر هزینه اولیه فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک

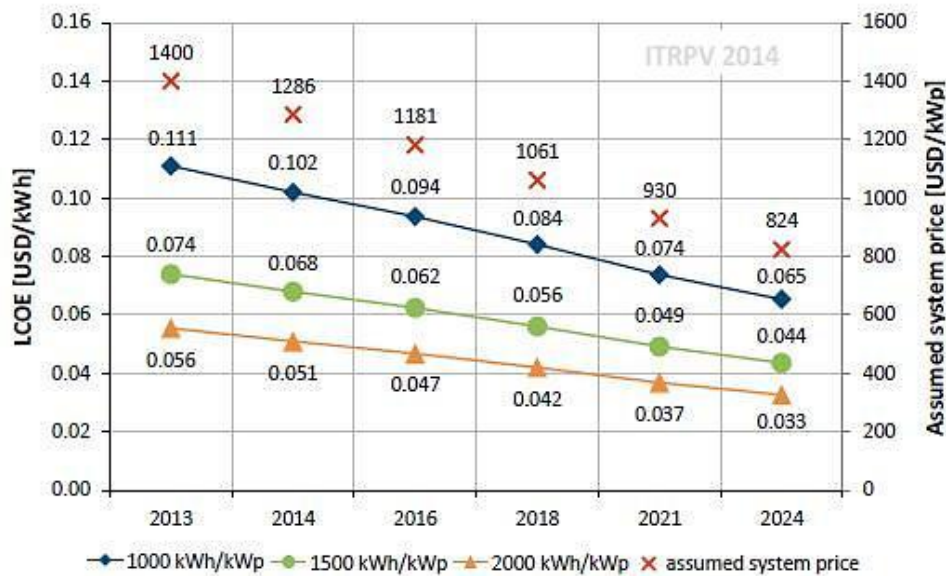


شکل ۵۸: پیش‌بینی روند تغییر هزینه اولیه فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتوولتائیک

هزینه تمام‌شده انرژی (LCOE)

مؤسسه GTM Research نمودار روند تغییرات در هزینه تراز شده برای انواع سلول‌های خورشیدی را بر اساس اعداد واقعی و همچنین پیش‌بینی سال‌های آینده رسم کرده است. طبق این پیش‌بینی هزینه تراز شده برای سلول‌های مونوکریستال و پلی-کریستال تا سال ۲۰۲۰ به ترتیب به ۰/۰۸ و ۰/۱۰ دلار برای هر کیلووات ساعت خواهد رسید.

همچنین طبق نقشه راه تدوین‌شده توسط مؤسسه ITRPV، LOCE سلول‌های سیلیکونی برای تابش زیاد تا سال ۲۰۲۴ به ۰/۳۳ دلار برای هر کیلووات ساعت می‌رسد که بسیار ارزان است. همچنین طبق این نمودار نیز مقدار LCOE تا حد زیادی تابش خورشید نیز بستگی دارد. به همین دلیل است که این هزینه تراز شده در مناطق مختلف دارای تفاوت‌های زیادی است.

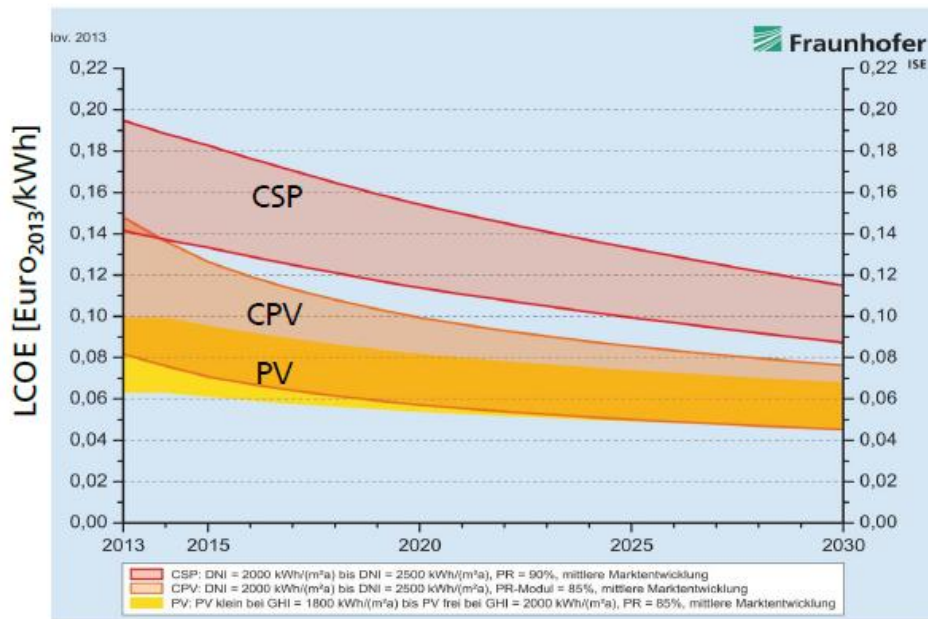


شکل ۵۹: هزینه تمام‌شده انرژی برای سلول‌های سیلیکونی بر اساس نقشه راه مؤسسه ITRPV

مؤسسه IRENA نیز در گزارشی در سال ۲۰۱۲، قیمت ترازشده سلول‌های سیلیکونی در سال ۲۰۲۰ را حدود ۷ الی ۱۲ سنت به ازای هر کیلووات پیش‌بینی کرد.

مؤسسه IRENA در گزارشی در سال ۲۰۱۲، قیمت ترازشده سلول‌های کادمیوم تلورایدی در سال ۲۰۲۰ را حدود ۶ الی ۱۰ سنت به ازای هر کیلووات پیش‌بینی کرد.

در نمودار دیگری نیز که توسط همین مؤسسه منتشر شده است هزینه ترازشده این نوع سلول محاسبه و نشان داده شده است. نمودار زیر نشان‌دهنده پیش‌بینی هزینه ترازشده یا LCOE این نوع سلول‌ها در سال‌های آینده است. البته با توجه به اینکه این نوع سلول‌ها هنوز در مراحل اول تجاری شدن هستند، نمی‌توان در مورد رقم دقیق آن اظهارنظر کرد و این ارقام به‌صورت بازه-ای بیان شده‌اند.



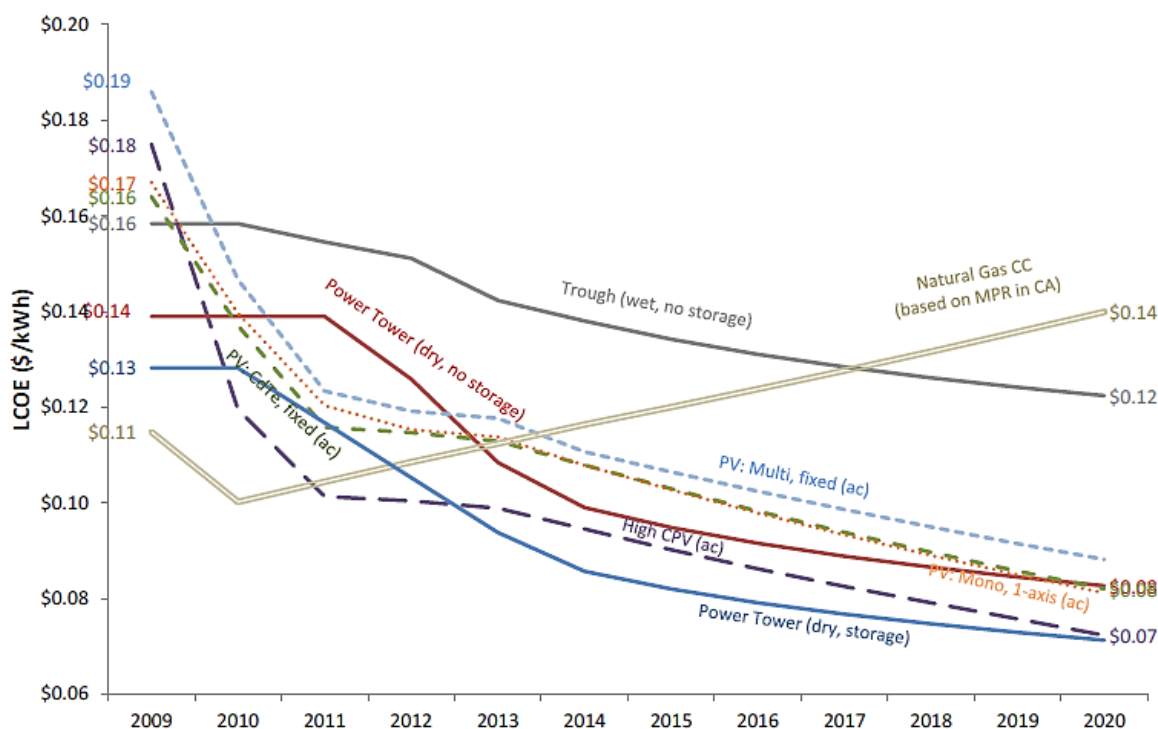
شکل ۶۰: پیش‌بینی هزینه ترازشده سلول‌های کادمیوم تلورایدی

جدول زیر اطلاعات مربوط به LCOE و متوسط هزینه ماژول‌های مختلف فتوولتائیک استخراج‌شده از مقاله Pernick and Wilder می‌باشد. لازم‌به‌ذکر است که این اطلاعات مربوط به سال ۲۰۱۰ می‌باشد.

	متوسط قیمت سلول‌های سیلیکونی (USD/Wp)	LCOE سلول‌های سیلیکونی (UScents/kWh)	متوسط قیمت سلول‌های لایه‌نازک (USD/Wp)	LCOE سلول‌های لایه‌نازک (US cents/kWh)
۲۰۱۰	۵/۵۹	۱۵-۲۶	۴/۳۹	۱۲-۲۰
۲۰۱۵	۳/۸۵	۱۰-۱۸	۳/۰۲	۸-۱۴
۲۰۲۰	۲/۶۵	۷-۱۲	۲/۰۸	۶-۱۰

جدول ۳۲: هزینه ترازشده و متوسط هزینه ماژول‌های مختلف فتوولتائیک براساس گزارش Pernick and Wilder

در بخشی از گزارش منتشرشده توسط مؤسسه GTM Research نیز نموداری در رابطه با روند و پیش‌بینی فناوری مختلف فتوولتائیک آمده است. این نمودار به شکل زیر می‌باشد. همان‌طور که مشخص است بین فناوری‌های فتوولتائیک تا سال ۲۰۲۰ سلول‌های CPV کمترین LCOE را خواهند داشت.



شکل ۶۱: روند تغییر هزینه تمام‌شده انرژی برای فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتولتائیک

هزینه‌های تعمیر و نگهداری

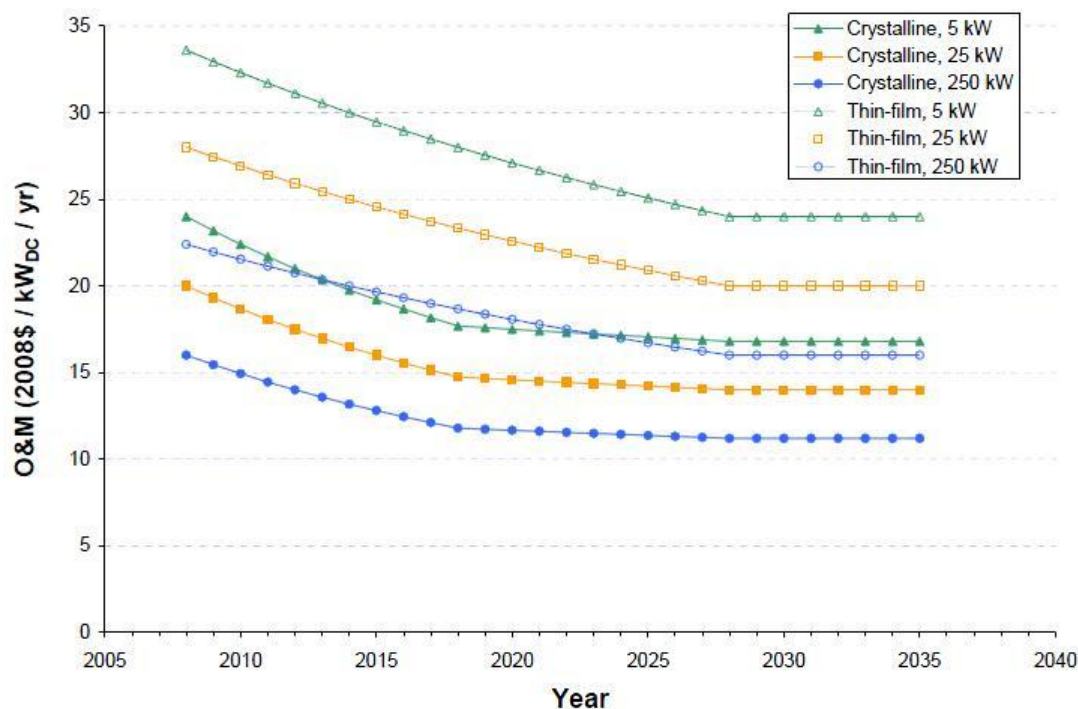
طبق گزارش مؤسسه GTM Research در سال ۲۰۱۱، هزینه عملیات و نگهداری مربوط به نیروگاه‌های مونوکریستال و پلی-کریستال به ترتیب ۳۶ و ۳۰ دلار به ازای هر کیلووات می‌باشد.

همچنین طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA هزینه عملیات و نگهداری سلول‌های سیلیکونی تا سال ۲۰۳۵ با ۳۰٪ کاهش نسبت به سال ۲۰۰۸ در محدوده ۱۱/۲ الی ۱۶/۸ دلار به ازای هر کیلووات خواهد رسید.

طبق گزارش مؤسسه GTM Research در سال ۲۰۱۱، هزینه عملیات و نگهداری مربوط به سلول‌های خورشیدی کادمیوم تلورایدی ۳۲ دلار به ازای هر کیلووات می‌باشد.

همچنین طبق گزارش ارائه شده توسط مؤسسه EIA هزینه عملیات و نگهداری سلول‌های لایه نازک تا سال ۲۰۳۵ با ۲۹٪ کاهش نسبت به سال ۲۰۰۸ در محدوده ۱۶ الی ۲۴/۸ دلار به ازای هر کیلووات خواهد رسید.

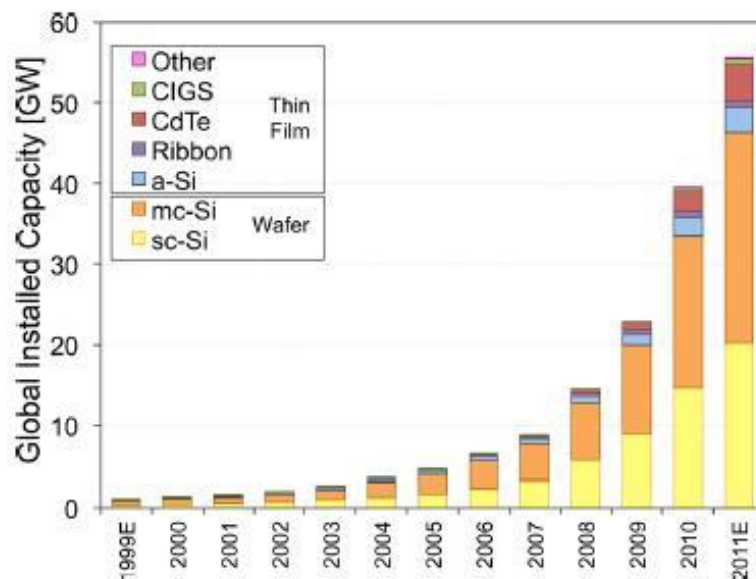
نمودار زیر توسط مؤسسه EIA به دست آمده است. همان‌طور که در نمودار مشخص است میزان هزینه‌های عملیات و نگهداری تا حد بسیار زیادی به ابعاد تولید توان بستگی دارد.



شکل ۶۲: روند تغییر هزینه عملیات و نگهداری بر اساس گزارش EIA

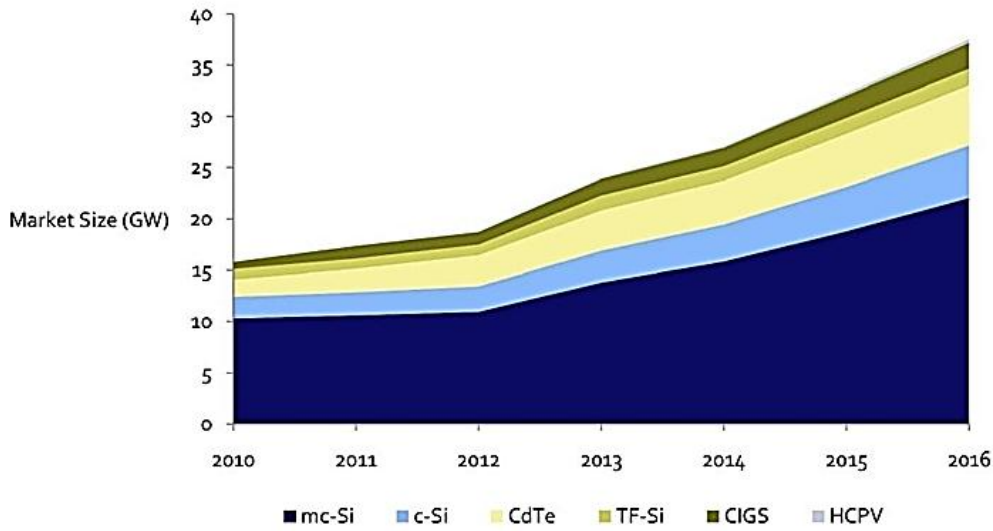
سهام بازار

در مقاله‌ای منتشرشده در ژورنال Environmental Science and Technology میزان سهم از بازار هر کدام از تکنولوژی‌های فتوولتائیک را در نموداری رسم کرد. طبق این نمودار در سال ۲۰۱۱ بیش از ۵۵ گیگاوات برق توسط سلول‌های فتوولتائیک تولید شده است. همان‌طور که در نمودار نیز مشخص است حدود ۹۰٪ از این بازار مربوط به سلول‌های سیلیکونی می‌باشد. هرچند این میزان سهم سال‌به‌سال در حال کاهش می‌باشد اما با توجه به سهم زیاد آن تا سال ۲۰۲۵ نیز پیش‌بینی می‌شود همچنان اکثریت بازار دست این نوع سلول باشد. همچنین مشخص است که سلول‌های پلی‌کریستال به دلیل قیمت پایین‌تر سهم بیشتری از سلول‌های مونوکریستال دارد. اما با توجه به پایین آمدن قیمت سلول‌های مونوکریستال روند به نفع سلول‌های مونوکریستال می‌باشد و در سال‌هایی نه‌چندان دور می‌توان شاهد برتری سلول‌های مونوکریستال باشیم. همان‌طور که در نمودار مشخص است حدود ۷٪ از این بازار مربوط به سلول‌های کادمیوم تلوراید می‌باشد. سهم بازار سلول‌های CIGS نیز همان‌طور که مشخص است تا سال ۲۰۱۱ ناچیز می‌باشد. اما روند روبه‌رشدی دارد. سلول‌های سیلیکونی آمورف نیز همان‌طور که مشخص است در سال ۲۰۱۱ حدود ۳٪ از بازار را در اختیار داشتند.



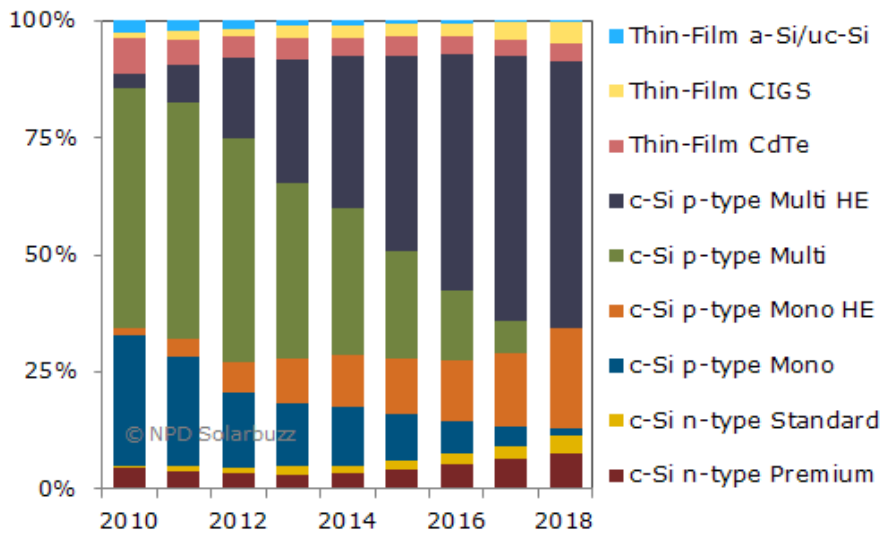
شکل ۶۳: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش ژورنال Environmental Science and Technology

نمودار زیر توسط مؤسسه Lux Reaserch ترسیم شده است. مقدار سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها و روندشان مشخص است. سلول‌های پلی کریستال همان‌طور که مشخص است بیشترین سهم بازار را در اختیار دارند. اما شیب آن نسبت به شیب دیگر فناوری‌ها کمتر می‌باشد و این به معنی این است که در سال‌های آینده دیگر فناوری‌ها می‌توانند سهم بیشتری را از آن خود کنند. سلول‌های کادمیوم تلورایدی همان‌طور که مشخص است با شیب زیادی در حال افزایش سهم خود در بازارهای فتوولتائیک می‌باشند. رنگ سبز کمرنگ نیز مربوط به سلول‌های لایه نازک آمورف می‌باشد که همان‌طور که مشخص است طبق پیش‌بینی روند روبه‌رشدی در بازار نخواهد داشت. اما سلول‌های CIGS نیز که با رنگ سبز پررنگ نشان داده شده است روند روبه‌رشدی در بازار خواهد داشت که در نمودار مشخص است.



شکل ۶۴: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش مؤسسه Lux Reaserch

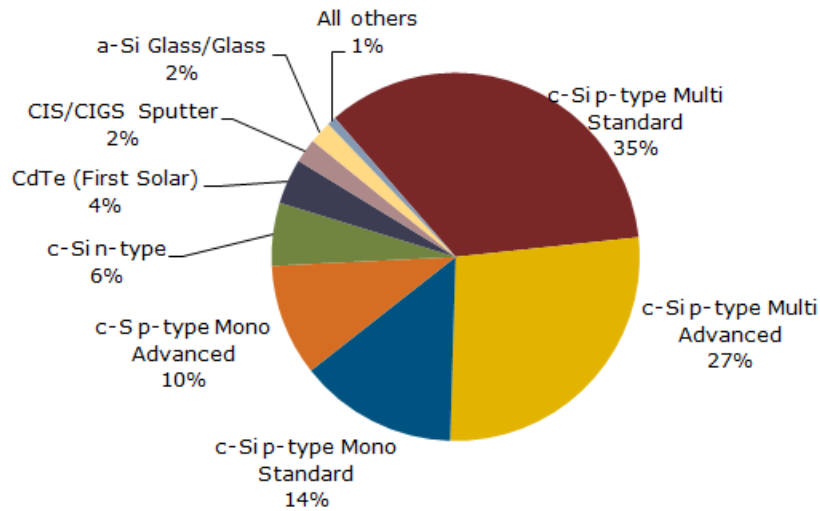
نمودار زیر توسط شرکت Solarbuzz تهیه شده و در آن سهم بازار هر کدام از فناوری‌ها تا سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی شده است.



شکل ۶۵: سهم بازار فناوری‌های مختلف براساس گزارش شرکت Solarbuzz

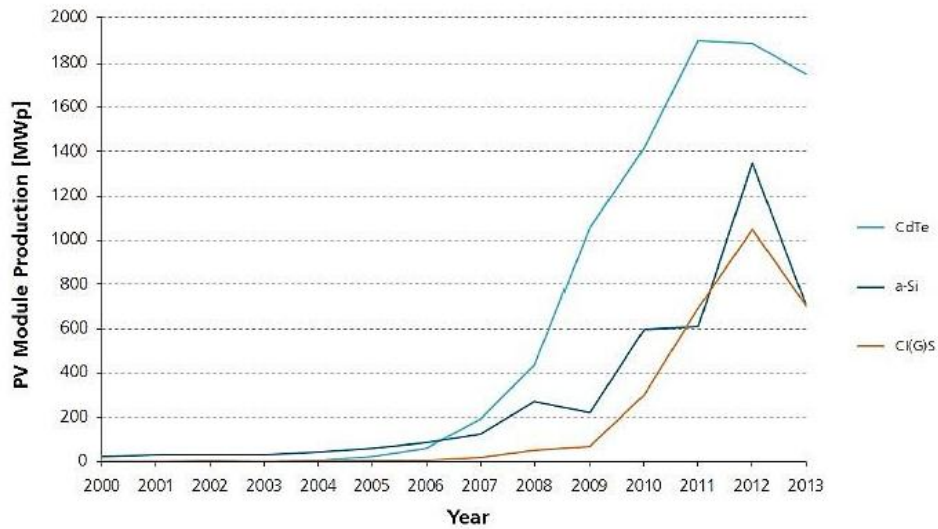
همچنین در گزارشی دیگر از این مؤسسه که در سال ۲۰۱۴ تدوین شد، میزان سهم هر کدام از تکنولوژی‌ها در نموداری به شکل زیر ترسیم شد. طبق این گزارش میزان تولید برق اضافه‌شده از فتوولتائیک در سال ۲۰۱۴، ۴۹/۷ گیگاوات خواهد بود. این

مقدار در سال ۲۰۱۳، ۳۹/۷ گیگاوات بوده است. همچنین طبق پیش‌بینی این مؤسسه مقدار تولید برق اضافه‌شده در سال ۲۰۱۵ به ۵۵ گیگاوات خواهد رسید.



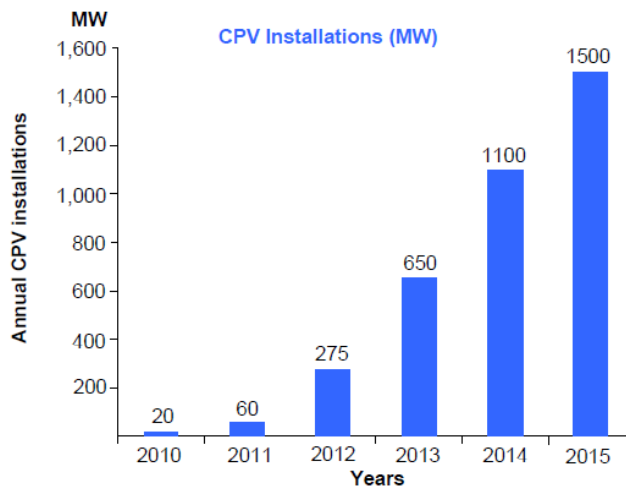
شکل ۶۶: برق تولیدشده توسط فناوری‌های مختلف نسل اول و دوم فتولتائیک براساس گزارش Solarbuzz

مؤسسه Fraunhofer نیز گزارشی منتشر کرد و در آن نموداری را در رابطه با میزان ظرفیت تولید شده هر کدام از تکنولوژی‌ها ترسیم کرد. طبق این گزارش بیشترین سهم مربوط به سلول‌های کادمیوم تلوراید می‌باشد، هرچند در سال‌های اخیر سهم کلی سلول‌های لایه‌نازک کاهش یافته است اما با توجه به پتانسیل‌های کاهش قیمت، انتظار می‌رود روند صعودی تولید این نوع سلول‌ها تا سال‌های آتی دوبار شروع شود.



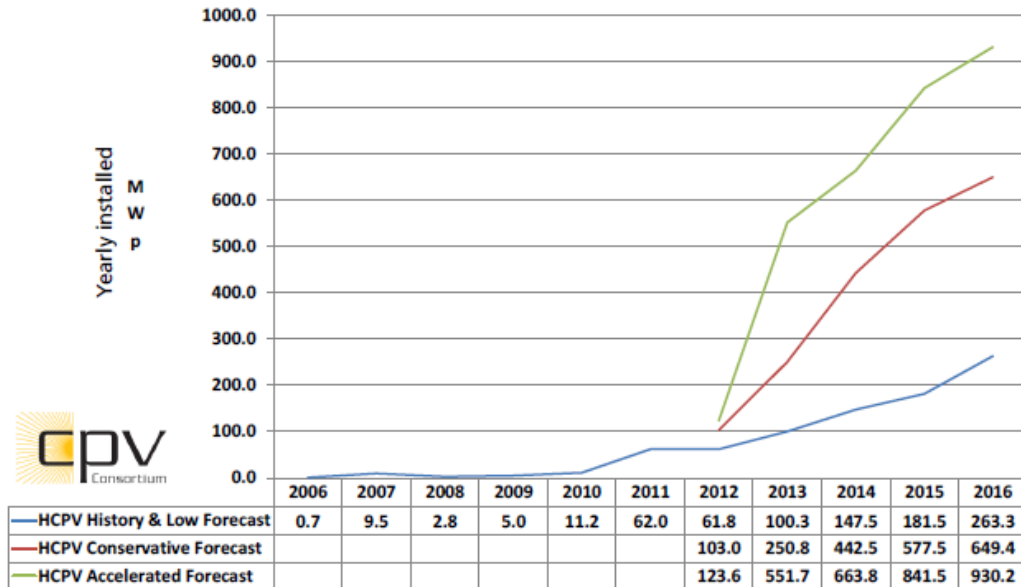
شکل ۶۷: میزان ظرفیت تولید شده فناوری‌های مختلف فتوولتائیک بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer

در رابطه با میزان نصب سلول‌های CPV نمودار زیر نیز توسط Deutsche Bank منتشر شده است. این نمودار نشان‌دهنده میزان ظرفیت نصب شده سلول‌های CPV در سال‌های اخیر می‌باشد. طبق این نمودار در سال ۲۰۱۵، ۱۵۰۰ مگاوات از این نوع سلول نصب خواهد شد.



شکل ۶۸: میزان نصب سلول‌های CPV بر اساس گزارش Deutsche Bank

مؤسسه Fraunhofer نیز پیش‌بینی‌هایی در رابطه با آینده سلول‌های CPV کرده انجام داده و به نمودار زیر در رابطه با تولید این نوع سلول رسیده است.



شکل ۶۹: بازار آینده سلول‌های CPV بر اساس گزارش مؤسسه Fraunhofer

نتایج ارزیابی معیارهای کمی

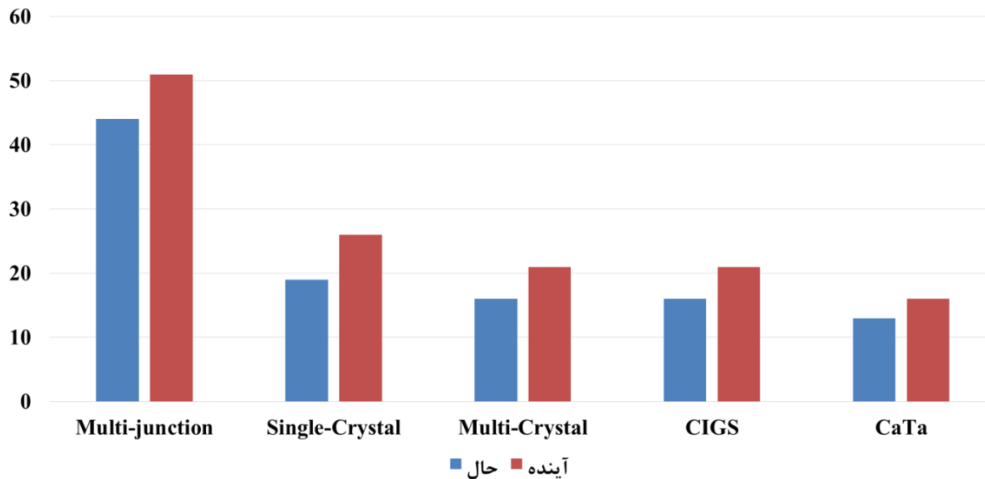
بر مبنای بررسی‌های صورت گرفته، نتایج مقایسه معیارهای کمی برای حال و آینده، در جدول زیر خلاصه شده است:

Multi-junction	Single-Crystal	Multi-Crystal	CIGS	CaTa		
۴۴	۱۹	۱۶	۱۶	۱۳	حال	بازدهی
۵۱	۲۶	۲۱	۲۱	۱۶	آینده	
۵/۷	۳/۷۶	۲/۷۵	۰/۸۹	۲/۸۱	حال	سرمایه گذاری (دلار بر وات)
۱/۱	۲/۶۳	۲/۰۶	۰/۴۹	۱/۹۷	آینده	
۱/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	حال	تعمیرات و نگهداری (دلار بر کیلووات ساعت)
۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲	۰/۰۲	آینده	
۰/۱۱	۰/۱۱۵	۰/۱۲	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	حال	LCOE (دلار بر کیلووات ساعت)
۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	آینده	
%۰/۱	%۲۸	%۶۰	%۲/۴	%۴	حال	سهم بازار
%۱/۵	%۳۵	%۵۰	%۲/۴	%۴	آینده	

جدول ۳۳: خلاصه اطلاعات کمی مورد استفاده

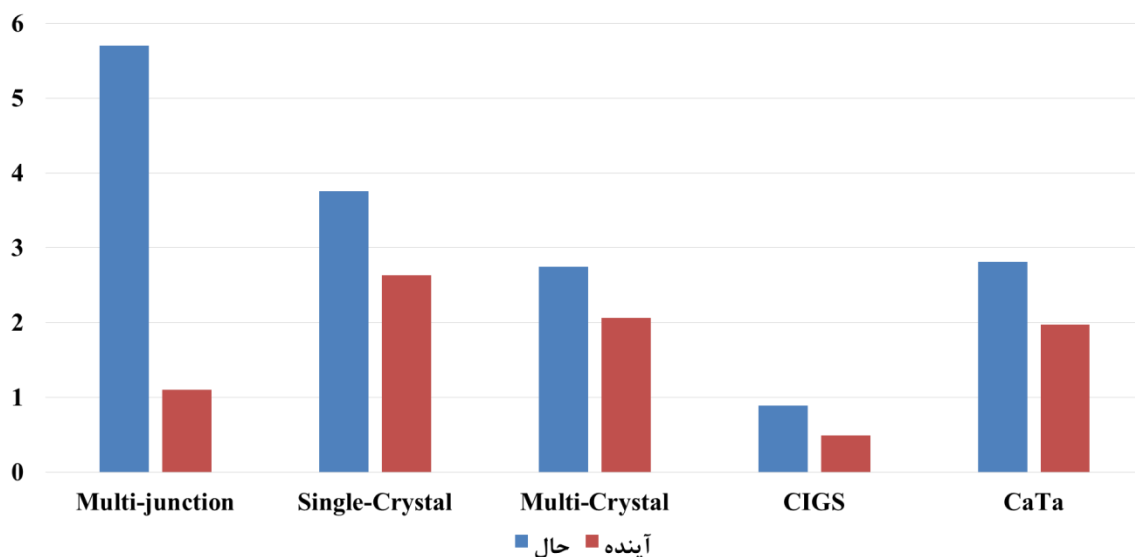
رتبه هر فناوری در هر یک از معیارهای کمی فوق به صورتی که در پی می‌آید، است.

در زمینه بازدهی سلول‌ها، در زمان حال فناوری multijunction بهترین وضعیت را با بازدهی نزدیک به ۴۵٪ دارد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که در آینده، بازدهی این فناوری به بیش از ۵۰٪ خواهد رسید. پس از آن فناوری SC با نزدیک ۲۰٪ بازدهی رتبه دوم را دارد که پیش‌بینی می‌شود در آینده مرز ۲۰٪ را پشت سر خواهد گذاشت. رتبه‌های بعدی مربوط به فناوری‌های MC و CIGS است که بازدهی حال و آینده آن‌ها بسیار نزدیک به هم می‌باشد. در نهایت، فناوری CaTe با بازدهی کمی بیش از ۱۰٪ در زمان حال و کمی بیش از ۱۵٪ در زمان آینده پایین‌ترین رتبه را از نظر بازدهی دارد. این رتبه‌ها در نمودار زیر مشخص است.



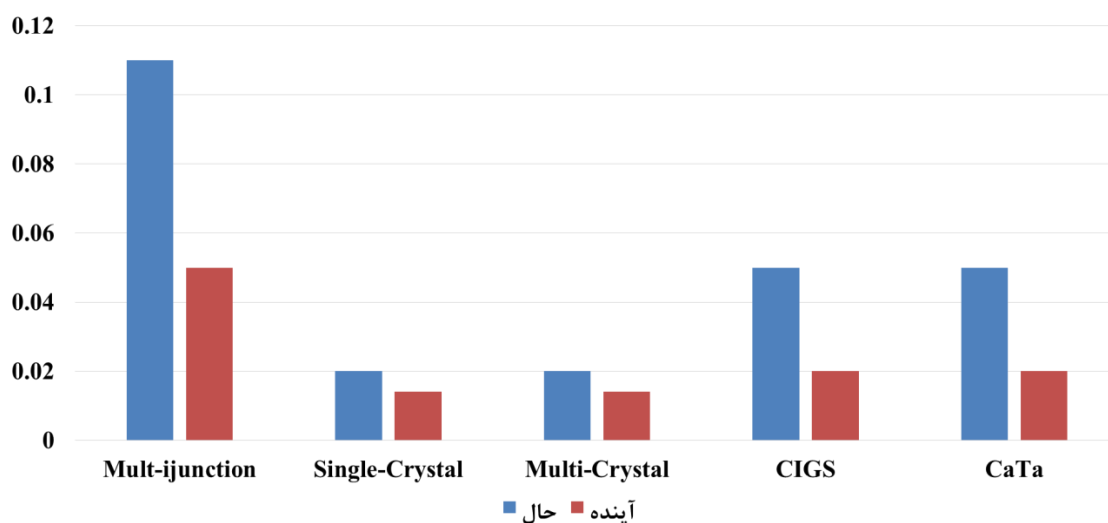
شکل ۷۰: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کمی بازدهی

برای معیار هزینه سرمایه‌گذاری، بیشترین هزینه در حال حاضر (نزدیک به ۶ دلار بر وات) مربوط به فناوری multijunction است که البته در آینده کاهش قابل توجهی برای آن پیش‌بینی می‌شود به نحوی که هزینه سرمایه‌گذاری آن به کمی بیش از ۱ دلار خواهد رسید. رتبه دوم بیشترین هزینه در زمان حال، مربوط به فناوری Single Crystal است که هزینه سرمایه‌گذاری آن بیش از ۴ دلار بر وات است. این میزان در آینده با کمی کاهش، کمی بیش از ۲/۵ دلار بر وات خواهد بود. در این معیار، فناوری‌های Multi Crystal و CaTe در حال و آینده وضعیتی مشابه دارند. در نهایت، فناوری CIGS کمترین هزینه سرمایه‌گذاری را در حال و آینده به خود اختصاص داده است. این موارد در شکل زیر مشخص است.



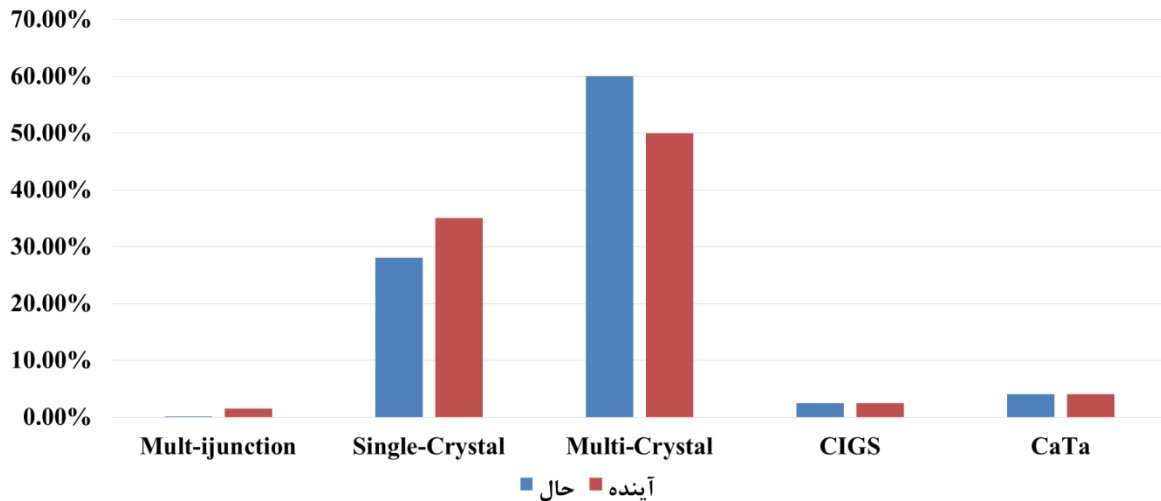
شکل ۷۱: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کمی هزینه سرمایه‌گذاری

از نظر معیار هزینه بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات، فناوری multijunction در حال حاضر، بیشترین هزینه (نزدیک به ۰/۱۱ دلار بر وات) را در بردارد و اگرچه این میزان در آینده با کاهشی قابل توجه به حدود ۰/۰۵ دلار بر وات می‌رسد اما باز هم در آینده، بیشترین هزینه را از این نظر به خود اختصاص می‌دهد. فناوری‌های CIGS و CaTe در رتبه دوم بیشترین هزینه در حال و آینده قرار دارند. فناوری‌های Single Crystal و Multi Crystal نیز وضعیتی مشابه و در حال و آینده کمترین هزینه بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات را دارند. این موارد در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۷۲: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کمی هزینه بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات

در معیار سهم بازار فناوری‌های سیلیکونی در زمان حال و آینده، اختلاف فاحشی با سایر فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک دارند. فناوری Multi Crystal با سهم ۶۰٪ در زمان حال و ۵۰٪ در آینده، رتبه اول سهم بازار را دارد. با اختلاف نسبتاً زیادی بعد از آن، فناوری Single Crystal با نزدیک ۳۰٪ در زمان حال و نزدیک به ۳۵٪ در آینده قرار دارد. فناوری‌های CIGS، CaTe، و multijunction نیز با سهمی بین ۵ تا ۱٪ رتبه‌های بعدی را در حال و آینده به خود اختصاص می‌دهند. شکل زیر گویای این وضعیت است.

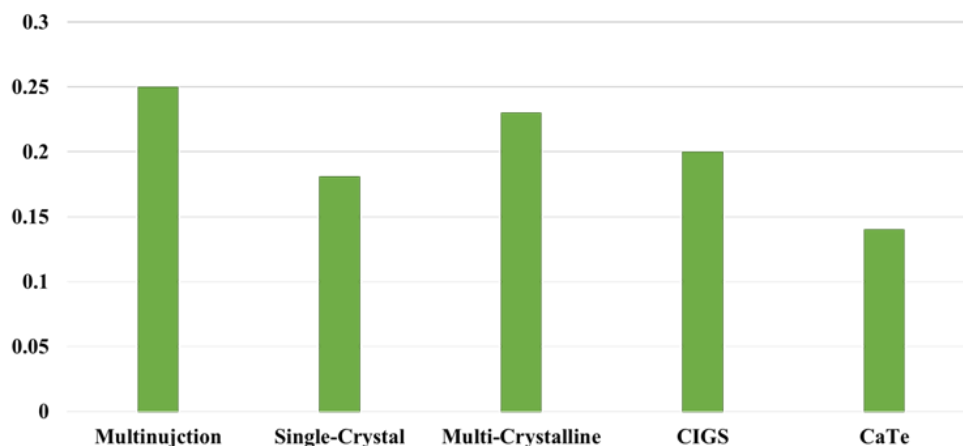


شکل ۷۳: مقایسه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک بر اساس معیار کمی سهم بازار

د- تجمیع نتایج معیارهای کمی و کیفی و اهمیت معیارها و جمع‌بندی جذابیت گزینه‌ها

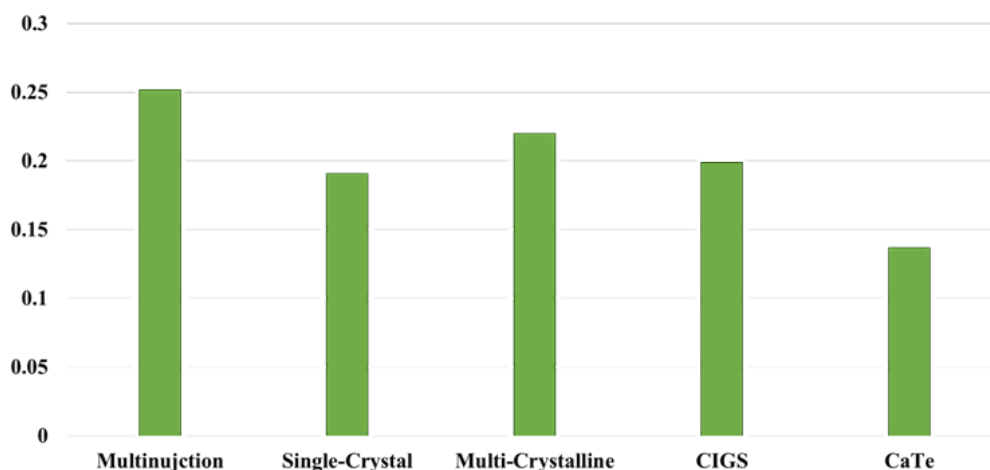
در این مرحله با کنار هم قراردادن امتیازهای جذابیت معیارهای کمی و کیفی و همچنین لحاظ کردن اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر، جذابیت کلی فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک مشخص می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد در این گزارش از روش تحلیل سلسله مراتبی برای سنجش وزن معیارها نسبت به هم و همچنین سنجش وزن هر گزینه در هر معیار استفاده شده است. حسن استفاده از این روش آنست که نتیجه به دست آمده برای هر معیار بر نتیجه معیار دیگر بی‌تأثیر است و بنابراین می‌توان سهم کلی معیارهای کمی و کیفی را برای هر یک از فناوری‌ها سنجید. از آنجایی که معیارهای کمی برای حال و آینده در نظر گرفته شده‌اند، نتایج کلی جذابیت نیز برای حال و آینده ذکر خواهند شد.

در زمان حاضر، جذابیت فناوری multijunction از فناوری‌های دیگر بیشتر است و فناوری‌های کریستالی با فاصله کمی نسبت به آن در جایگاه دوم قرار دارد. فناوری‌های CIGS و CaTe به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۷۴: جذابیت کلی فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک (در معیارهای کمی و کیفی) با احتساب مقادیر فعلی معیارهای کمی

برای مقادیر آتی معیارهای کمی نیز، ترتیب جذابیت به همین شکل حفظ خواهد شد.



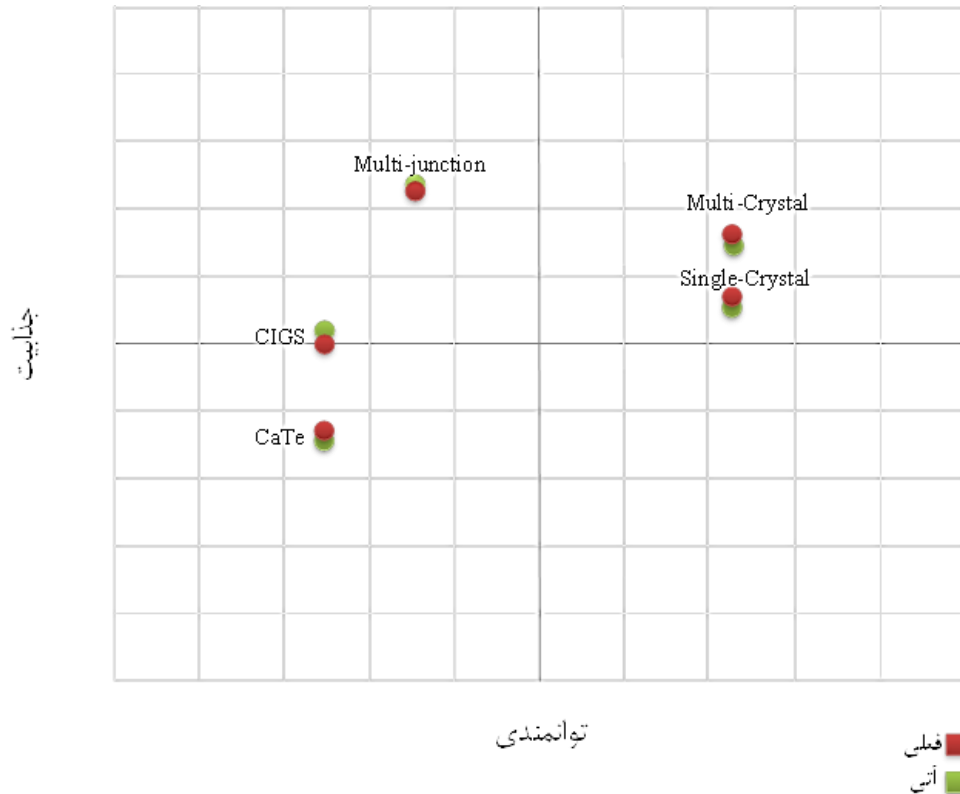
شکل ۷۵: جذابیت کلی فناوری‌های سلول‌های فتوولتائیک (در معیارهای کمی و کیفی) با احتساب مقادیر آتی معیارهای کمی

ذ- میزان توانمندی بالقوه و بالفعل در فناوری‌ها

همان‌طور که قبلاً در این گزارش بیان شد، به دلیل بلوغ فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک، توانمندی کشور در این فناوری‌ها بر اساس سطوح ۱۰ گانه توسعه داده شده برپایه ایده ولکات سنجیده شده است. بر این اساس دو فناوری CIGS و CaTe در سطح سوم، دو نوع اصلی فناوری سیلیکونی (Single Crystal و Multi Crystal) در سطح هشتم و فناوری multijunction در سطح چهار قرار دارند.

ف- ترسیم ماتریس جذابیت - توانمندی

در این مرحله بر اساس دو معیار جذابیت و توانمندی، به اولویت‌بندی توسعه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک خورشیدی پرداخته شود. سپس با تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت - توانمندی به چهار ناحیه، فناوری‌های برگزیده برای توسعه مشخص می‌گردند. شکل زیر محل قرارگرفتن هر یک از فناوری‌ها را در حالت بالفعل توانمندی و برای معیارهای کمی فعلی و آتی نشان می‌دهد.

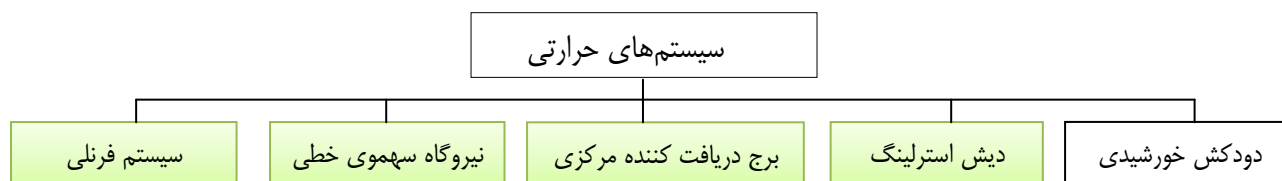


شکل ۷۶: ماتریس جذابیت - توانمندی بر اساس معیارهای کمی جذابیت فعلی و آتی

با توجه به قرارگرفتن فناوری‌های کریستالی در ناحیه‌ی با جذابیت و توانمندی بالا، این فناوری‌ها به عنوان اولویت انتخاب می‌شوند. توسعه این فناوری‌ها بایستی به صورت مستقیم مورد حمایت دولت قرار بگیرد. از سوی دیگر در فناوری Multi junction به دلیل توانمندی پایین بایستی با پیروی هوشمندانه از کشورهای پیشرو به توسعه این فناوری پرداخت.

۳،۵،۱،۳ اولویت‌بندی فناوری‌های سیستم‌های حرارتی

با توجه به مباحث چرخه عمر، تمامی زیر فناوری‌های سیستم‌های حرارتی (به جز فناوری دودکش خورشیدی) به دلیل قرار داشتن در مراحل رشد و ابتدای بلوغ، وارد فاز اولویت‌بندی شدند که آن‌ها را در شکل زیر مشاهده می‌کنید. فناوری دودکش خورشیدی به دلیل قرار داشتن در مرحله معرفی، بدون بررسی توانمندی و جذابیت، جزو فناوری‌های اولویت‌دار طبقه‌بندی می‌شود.



شکل ۷۷: زیرفناوری‌های سیستم‌های حرارتی

برای این دسته از فناوری‌ها، معیارها به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند که آن‌ها را معیارهای سطح اول می‌نامیم و زیر معیارهای هر کدام از این معیارهای اصلی، معیارهای سطح دوم نامیده می‌شوند:

معیارهای اصلی (معیارهای سطح اول)	زیر معیارهای مرتبط (معیارهای سطح دوم)
فنی	طول عمر، بیشترین بازدهی الکتریکی، بیشترین بازدهی سالانه الکتریکی، سربز دانش فناوری، وابستگی به تجهیزات و مواد خاص (تحریم)، میزان نیاز به آب
اقتصادی	هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه تمام‌شده انرژی (LCOE)، حجم بازار، نرخ رشد بازار، اشتغال‌زایی
زیست محیطی	نرخ اشغال سطح زمین، تاثیر بر اکوسیستم منطقه

جدول ۳۴: معیارهای سطح اول و سطح دوم اولویت‌بندی فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی

معیارهای سطح دوم ذکر شده در جدول فوق، بر اساس جمع‌بندی نظرات کارشناسان پروژه و پس از کسب نظرات خبرگان در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۲۴، تعیین و به معیارهای کمی و کیفی تقسیم شده‌اند.

پرسشنامه‌ای که برای سنجش اولویت این زیرفناوری‌ها مورد استفاده قرار گرفت، در ۳ بخش تهیه شد.

✓ بخش اول: جداول ۱ و ۲ (ارزیابی امکان‌پذیری توسعه انواع فناوری‌های حرارتی خورشیدی): در این بخش،

توانمندی فعلی و بالقوه کشور در زمینه توسعه انواع فناوری‌های حرارتی خورشیدی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این

قسمت با استفاده از ایده ولکات و همکارانش سطح توانمندی هر یک از فناوری‌ها در کشور سنجیده می‌شود. در

جدول یک توانمندی‌های فعلی و در جدول ۲ سطح توانمندی که تا ۵ سال آینده قابلیت بالفعل شدن را داراست مورد

پرسش قرار گرفته است.

✓ بخش دوم: جداول ۳ تا ۷ (ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های حرارتی خورشیدی): در این بخش و بخش

بعد، جذابیت هر یک از انواع فناوری های حرارتی خورشیدی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور معیارهایی مشخص گردیده است که بر اساس آنها میزان جذابیت هر یک از این فناوری‌ها سنجیده می‌شود. همانگونه که مشخص است این معیارها دارای اهمیت‌های متفاوتی می‌باشند. لذا در گام نخست بایستی وزن هر یک از این معیارها مشخص گردد. در این جدول‌ها وزن هر معیار با توجه به اهمیت آن معیار مشخص می‌گردد. این وزن‌دهی در دو مرحله مورد سوال قرار می‌گیرد. در مرحله اول معیارهای تعیین جذابیت به سه دسته، معیارهای فنی، اقتصادی، و معیارهای زیست‌محیطی تقسیم شده‌اند و اهمیت این دسته‌ها مورد پرسش قرار می‌گیرد؛ در مرحله دوم نیز اهمیت هر یک از معیارهای قرار گرفته در دسته‌های مختلف نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شود.

✓ بخش سوم: جدول ۸ (ارزیابی جذابیت هر یک از انواع فناوری‌های حرارتی خورشیدی در معیارهای کیفی):

معیارهای سنجش جذابیت فناوری‌های مختلف به دو نوع معیارهای کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. معیارهای کمی با استفاده از اطلاعات موجود بین‌المللی و داخلی ارزیابی می‌شوند و معیارهای کیفی با استفاده از آرای خبرگان مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در این بخش جذابیت هر یک از فناوری‌های مورد بررسی در معیارهای کیفی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

معیارهای کیفی شامل سرریز دانش فناوری، وابستگی به تجهیزات و مواد خاص (تحریم)، و تأثیر بر اکوسیستم منطقه هستند. معیارهای کمی نیز شامل طول عمر، بیشترین بازدهی الکتریکی، بیشترین بازدهی سالانه الکتریکی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه تمام‌شده انرژی (LCOE)، حجم بازار، نرخ رشد بازار، اشتغال‌زایی، و نرخ اشغال سطح زمین است.

با توجه به مفاهیم ارائه‌شده، با هدف جمع‌آوری آراء و نظرات صاحب‌نظران، خبرگان مناسب انتخاب شدند و پرسشنامه‌ها برای وزن‌دهی معیارها و همچنین برای سنجش معیارهای کیفی میان آن‌ها توزیع شد. پرسشنامه‌های طراحی‌شده بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) سازماندهی شده‌اند. این پرسشنامه‌ها در پیوست این گزارش قابل مشاهده هستند. همچنین فهرست افرادی که پرسشنامه‌های مذکور برای آن‌ها ارسال و نظرات آن‌ها در این مورد دریافت گردیده است، در زیر ارائه شده است:

نام خانوادگی	نام	پست الکترونیک	تلفن محل کار	سمت
ترابی	فرشاد	ftorabi@kntu.ac.ir	۸۸۶۷۴۸۴۱	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
جلایی	شهریار		021-88085006	معاون برنامه ریزی سازمان انرژی های نو ایران (سانا)
جمیل	مجید	m-jamil@merc.ac.ir		عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج
حسینی ابرده	رضا	hoseinir@aut.ac.ir	021-64543433	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
رهایی	مهدی			کارشناس سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
زمزمیان	امیرحسین	azamzajian@merc.ac.ir	0263-6280041-9	عضو هیات علمی پژوهشگاه مواد و انرژی کرج
سلیمانی مهر		soleimanimehr@gmail.com		
شعبانی کیا	اکبر	a.shabanikia@iranenergy.org.ir	88086931	سانا
شفیعی	محمد بهشاد	behshad@sharif.edu	021-66165675	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
عمیدپور	مجید	amidpour@kntu.ac.ir	۸۸۶۷۴۸۴۱	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
کسائیان	علیخوش	akasa@ut.ac.ir		عضو هیات علمی دانشگاه تهران
مستأجران	بهنام	b.mostajeran@ast.ui.ac.ir	0311-7934303	عضو هیات علمی دانشگاه اصفهان
میرآبادی	امیرحسین	mirabadi@citc.ir	021-61006073	رئیس کمیته انرژی‌های پاک معاونت فناوری‌های انرژی مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
میرهادی	سامان	s.mirhadi@iranenergy.org.ir	88362155	سانا
نجفی	حمیدرضا	h.r.najafi@birjand.ac.ir		عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند



۱۴۶

سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

ویرایش اول، تیر ۱۳۹۴

فاز ۳: تدوین ارکان جهت ساز

سمت	تلفن محل کار	پست الکترونیک	نام	نام خانوادگی
عضو هیات علمی دانشگاه تهران	021- 61118475	noorollahi@ut.ac.ir	یونس	نوراللهی

جدول ۳۵: فهرست پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه‌های فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشید

الف- وزن و اهمیت معیارهای جذابیت

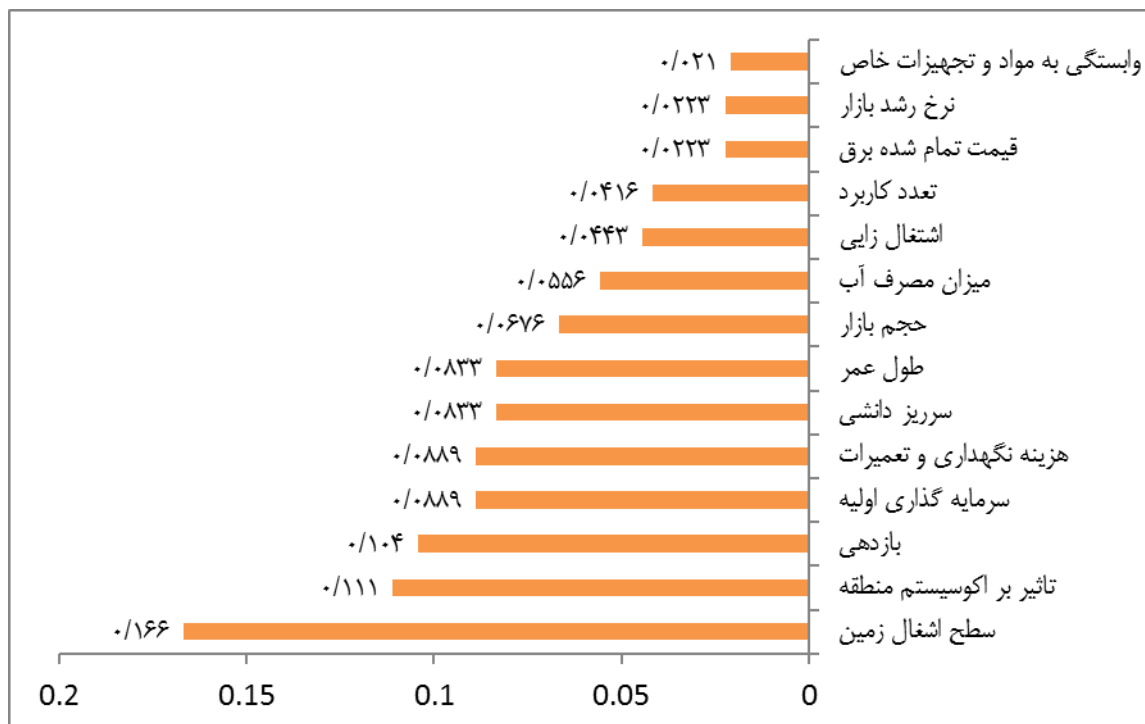
همان‌طور که در مقدمه این گزارش ذکر شد، اهمیت معیارهای جذابیت فناوری یکسان نیست. به همین منظور، با استفاده از نظر خبرگان، ابتدا اهمیت معیارهای سطح اول نسبت به یکدیگر مورد پرسش و ارزیابی قرار گرفت و پس از آن اهمیت هر یک از معیارهای سطح دوم هر دسته، نسبت به معیارهای دیگر همان دسته مشخص گردید. نتایج نشان می‌دهند که در بین معیارهای سطح اول، بالاترین اهمیت از آن معیار فنی است. جدول زیر امتیاز معیارها را از نظر اهمیت ارائه می‌کند.

فنی	اقتصادی	زیست محیطی
۰/۵۰۰	۰/۳۳۳	۰/۱۶۷

جدول ۳۶: اهمیت معیارهای جذابیت سطح اول برای فناوری‌های حرارتی خورشیدی

در میان معیارهای سطح دوم فنی، بالاترین اهمیت را بازده فناوری با امتیاز ۰/۳۱۳ و پس از آن عمر مفید و سرریز دانش فناوری، هر دو با امتیاز ۰/۲۵۰ قرار دارند. تعدد کاربرد (۰/۱۲۵) و وابستگی به مواد و تجهیزات خاص (۰/۰۶۲) نیز در رتبه‌های بعد هستند. در میان معیارهای سطح دوم اقتصادی که شامل سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه نگهداری و تعمیرات، هزینه تمام‌شده، حجم بازار، نرخ رشد بازار، و اشتغال‌زایی می‌شوند، سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه نگهداری و تعمیرات بالاترین اهمیت را دارند (هر دو با امتیاز ۰/۲۶۷) و حجم بازار (۰/۲۰۰) در رتبه دوم اهمیت قرار دارد. اشتغال‌زایی با امتیاز ۰/۱۳۳ رتبه سوم و دو معیار هزینه تمام‌شده و نرخ رشد بازار با امتیاز ۰/۰۶۷ در رتبه آخر اهمیت هستند. در معیارهای زیست‌محیطی نیز، بیشترین اهمیت را میزان استفاده از زمین (۰/۵۰۰)، سپس تاثیر بر اکوسیستم منطقه (۰/۳۳۳) و در نهایت مقدار آب مصرفی (۰/۱۶۷) دارد.

اهمیت کلیه معیارهای سطح دوم نسبت به هم به صورت زیر است:



شکل ۷۸: وزن‌های نهایی بدست آمده برای زیرمعیارهای مختلف مورد بررسی - سطح دوم

ب- سنجش جذابیت گزینه‌ها بر اساس معیارهای کمی

برای بررسی اولویت گزینه‌ها بر اساس معیارهای کمی، اطلاعات موجود بین‌المللی و داخلی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته‌اند. در این بخش، نتایج بررسی‌ها به طور خلاصه بیان شده است.

میزان آب مورد نیاز

میزان آب مورد نیاز برای فناوری‌های مختلف حرارتی خورشیدی در جدول زیر قابل مقایسه است.

CSP technology	Peak solar to electricity conversion efficiency (%)	Annual solar-to-electricity efficiency (%)	Water consumption, for wet/dry cooling (m ³ /MWh)
Parabolic troughs	23-27	15-16	3-4/0.2
Linear Fresnel systems	18-22	8-10	3-4/0.2
Towers (central receiver systems)	20-27	15-17	3-4/0.2
Parabolic dishes	20-30	20-25	<0.1

جدول ۳۷: مقایسه میزان راندمان و مقدار آب مورد نیاز برای خنک‌کاری سیستم‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی

سطح اشغال زمین

سطح اشغال زمین برای فناوری‌های مختلف حرارتی خورشیدی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در جدول زیر قابل مقایسه است.

	Land use (m ² /(MWh/y))	Visual impact (m ² /MWh/y)
Parabolic solar power, Spain	11	15
Solar tower power, Spain	17	1100
Photovoltaic power plant, Germany	56*	
Wind power	<5	8600
Biomass plantation, France	550	
Open-cast mining (lignite), Germany	60	
High-voltage power transmission line across Europe	0.4	

*Photovoltaic power can also be placed on rooftops, in which case land use is essentially zero.

جدول ۳۸: زمین مورد نیاز برای انواع فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر

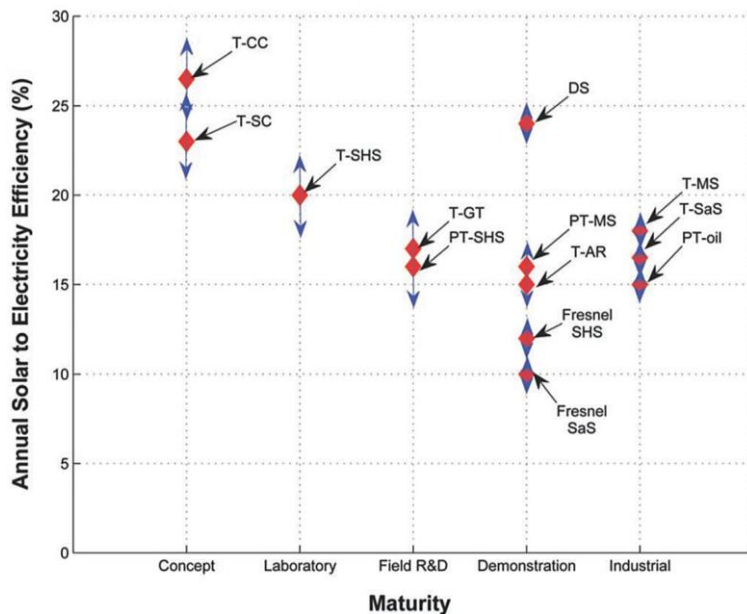
بازدهی

انواع مختلفی از فناوری‌های حرارتی خورشیدی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها در مراحل بلوغ مختلفی قرار دارند. دسته‌بندی این فناوری‌ها به صورت زیر است.

CSP technology	Technical options
Parabolic troughs (PT)	PT-oil: oil as HTF and molten salt storage PT-SHS: superheated steam as HTF PT-MS: molten salt as HTF and storage
Linear Fresnel systems (F)	Fresnel SaS: saturated steam as HTF Fresnel SHS: superheated steam as HTF
Towers (T)	T-SaS: saturated steam as HTF T-SHS: superheated steam as HTF T-MS: molten salt as HTF and storage T-AR: ambient pressure air as HTF and Rankine cycle T-GT: pressurised air as HTF and Brayton cycle T-SC: supercritical cycle T-CC: pressurised air as HTF and combined cycle
Parabolic dishes (DS)	DS: helium Stirling cycle

جدول ۳۹: معرفی نام اختصاری فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی

میزان بازدهی سالانه الکتریکی فناوری‌های حرارتی خورشیدی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۷۹: وضعیت بلوغ و بازدهی سالانه انواع فناوری‌های متمرکز کننده خورشیدی

جدول زیر، انواع فناوری‌های مختلف متمرکز کننده خورشیدی را بر اساس درجه بلوغ، تأمین کنندگان اصلی، ریسک توسعه

فناوری، دمای عملکردی، قابلیت اتصال به شبکه، نوع چرخه و شرایط بخار مقایسه می‌کند.

	Parabolic Trough	Solar Tower	Linear Fresnel	Dish-Stirling
Typical capacity (MW)	10-300	10-200	10-200	0.01-0.025
Maturity of technology	Commercially proven	Pilot commercial projects	Pilot projects	Demonstration projects
Key technology providers	Abengoa Solar, SolarMillennium, Sener Group, Acciona, Siemens, NextEra, ACS, SAMCA, etc.	Abengoa Solar, BrightSource, Energy, eSolar, SolarReserve, Torresol	Novatec Solar, Areva	
Technology development risk	Low	Medium	Medium	Medium
Operating temperature (°C)	350-550	250-565	390	550-750
Hybridisation	Yes and direct	Yes	Yes, direct (steam boiler)	Not planned
Grid stability	Medium to high (TES or hybridisation)	High (large TES)	Medium (back-up firing possible)	Low
Cycle	Superheated Rankine steam cycle	Superheated Rankine steam cycle	Saturated Rankine steam cycle	Stirling
Steam conditions (°C/bar)	380 to 540/100	540/100 to 160	260/50	n.a.

شکل ۸۰: مقایسه بین فناوری‌های مختلف متمرکزکننده خورشیدی

هزینه‌های سرمایه‌گذاری

برای نیروگاه‌های سهموی خطی پیشرفته‌ی بزرگ، هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حال حاضر از ۴/۲ دلار بر وات تا ۸/۴ دلار بر وات بسته به کار و هزینه‌های زمین، فناوری‌ها، مقدار و توزیع DNI و بالاتر از همه مقدار ذخیره‌سازی و اندازه صفحه خورشیدی تغییر می‌کند. انتظار می‌رود هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای هر وات برای نیروگاه‌های سهموی خطی بزرگتر کاهش یابد و تا ۱۲٪ هنگامی که از ۵۰ به ۱۰۰ مگاوات می‌رسند و تقریباً ۲۰٪ هنگامی که تا ۲۰۰ مگاوات بزرگ می‌شوند، کم شوند. انتظار می‌رود هزینه‌های مربوط به بلوک‌های قدرت، بالانس نیروگاه و اتصال به شبکه ۲۰٪ تا ۲۵٪ در هنگامی که ظرفیت شبکه دو برابر می‌شود، کاهش یابد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری همچنین احتمال می‌رود به‌واسطه رقابت روز افزون میان ارائه‌دهندگان فناوری، تولید انبوه اجزا و تجربه بیشتر در جامعه مالی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های CSP، کاهش یابد. در جدول زیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک نیروگاه سهموی خطی ۵۰ مگاواتی در سال ۲۰۱۰ به تفکیک نشان داده شده است.

	Cost (2010 USD million)	Share (%)
Labour cost: Site and solar field	62.4	17.1
Solar field	11.3	3.1
Site preparation and Infrastructure	21.2	5.8
Steel construction	9.1	2.5
Piping	6.4	1.8
Electric installations and others	14.4	4.0
Equipment: Solar field and HTF and system	140.3	38.5
Mirrors	23.1	6.4
Receivers	25.9	7.1
Steel construction	39.0	10.7
Pylons	3.9	1.1
Foundations	7.8	2.1
Trackers (hydraulics and electrical motors)	1.6	0.4
Swivel joints	2.6	0.7
HTF System (piping, insulation, heat exchanges, pumps)	19.5	5.4
Heat transfer fluid	7.8	2.1
Electronics, controls, electrical and solar equipment	9.1	2.5
Thermal storage system	38.4	10.5
Salt	18.6	5.1
Storage tanks	6.6	1.8
Insulation materials	0.7	0.2
Foundations	2.3	0.6
Heat exchanges	5.1	1.4
Pumps	1.6	0.4
Balance of system	3.5	1.0
Conventional plant components and plant system	52.0	14.3
Power block	20.8	5.7
Balance of plant	20.7	5.7
Grid connection	10.5	2.9
Others	71.0	19.5
Project development	10.5	2.9
Project management (EPC)	28.1	7.7
Financing	21.8	6.0
Other costs (allowances)	10.5	2.9
Total cost	364	100

Note: This analysis is for an Andasol-like power plant with a thermal storage capacity of 7.5 hours and a solar field size of 510 thousand m². Only key components are shown and prices will vary, depending on manufacturer, project size, market situation, country and other criteria.

Source: Ernst & Young and Fraunhofer, 2011.

جدول ۴۰: تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک نیروگاه سهموی خطی ۵۰ مگاواتی در سال ۲۰۱۰

مواد اولیه مورد نیاز

جدول زیر مقدار مواد اولیه مورد نیاز برای CSP را با فرض حداکثر تابش خورشید نشان می‌دهد.

Scenario	Material Requirements (MT)				
	Glass	Aluminum	Steel and Iron	Synthetic Oil	Molten Salt
SunShot	360,000	2,700	840,000	—	1,000,000

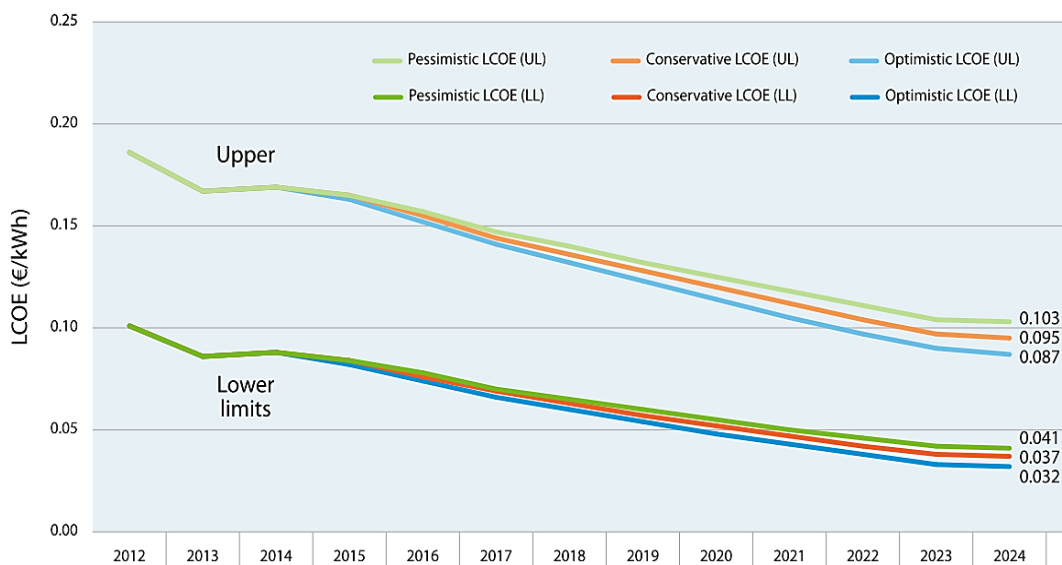
جدول ۴۱: پیش‌بینی مواد مورد نیاز سالانه برای CSP با فرض حداکثر تابش خورشید (GW/year)

هزینه‌های تعمیر و نگهداری

هزینه‌های تعمیر و نگهداری برای CSP شامل تعمیر نیروگاه، هزینه‌های سوخت در مورد پشتیبان و هیبریدیزاسیون، خوراک و آب خنک کاری، و هزینه‌های نگهداری زمین می‌باشد. یک نمونه نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی، نیازمند ۳۰ کارمند برای تعمیر نیروگاه و ۱۰ نفر برای نگهداری زمین است. هزینه‌های تعمیر و نگهداری از ۱۳ دلار برای هر مگاوات ساعت تا ۳۰ دلار برای هر مگاوات ساعت شامل هزینه‌های سوخت و پشتیبان ارزیابی شده است. همان‌گونه که نیروگاه‌ها بزرگتر می‌شوند، هزینه‌های تعمیر و نگهداری پایین می‌آیند.

هزینه‌های تولید

بر اساس گزارش ارائه شده توسط مؤسسه CSP Today مقدار معیار LCOE برای نیروگاه‌های CSP در بازه‌ای بین ۰/۱ تا ۰/۲ یورو بر هر کیلو وات ساعت در سال ۲۰۱۲ بوده است. بر اساس پیش‌بینی‌های این مؤسسه، این میزان در طی سال‌های آینده به شدت کاهش می‌یابد، به طوری که تا ۱۰ سال آینده حدود نصف قیمت خواهد شد. شکل زیر به خوبی بیانگر این پیش‌بینی خواهد بود. این پیش‌بینی بر اساس سه روش خوش‌بینانه، بدبینانه و متعادل صورت گرفته است.



شکل ۸۱: LCOE برای نیروگاه‌های CSP طی ۱۰ سال پیش رو

همچنین در جدول زیر پیش‌بینی تفکیک هزینه‌های راه‌اندازی نیروگاه‌های سهموی خطی و برج خورشیدی نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که هزینه‌های تعمیر و نگهداری، راه‌اندازی و مواد اولیه رو به کاهش می‌نهد در حالی که از فناوری‌های جدیدتر استفاده می‌شود که نیاز به آب کمتری هم خواهد داشت. همچنین مقدار LCOE پیش‌بینی شده هم کاهش می‌یابد و این امر رقابت‌پذیری این فناوری‌ها در بازار برق را افزایش خواهد داد.

Case	2010 Trough	2015 Trough Roadmap	2015 Tower Roadmap	2020 Trough Roadmap	2020 Tower Roadmap	2020 SunShot Target
Design Assumptions						
Technology	Oil-HTF trough	Oil-HTF trough	Salt tower	Salt-HTF trough	Salt tower	Supercrit. CO ₂ combined cycle tower
Solar Multiple	1.3	2.0	1.8	2.8	2.8	2.7
TES (hours)	-	6	6	12	14	14
Plant Capacity (MW, net)	100	250	100	250	150	200
Power Cycle Gross Efficiency	0.377	0.356	0.416	0.397	0.470	0.550
Cooling Method	wet	dry	dry	dry	dry	dry
Cost Assumptions						
Site Preparation (\$/m ²)	20	20	20	20	20	10
Solar Field (\$/m ²)	295	245	165	190	120	75
Power Plant (\$/kW)	940	875	1,140	875	1,050	880
HTF Sys or Tower/Rcvr (\$/m ² or \$/kW _{th})	90	90	180	50	170	110
Thermal Storage (\$/kW _{th})	-	80	30	25	20	15
Contingency	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Indirect (% of direct costs + contingency)	17.6%	17.6%	17.6%	17.6%	17.6%	13%
Interest during Construction (% of overnight installed cost)	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
O&M (\$/kW-yr)	70	60	65	50	50	40
Performance and Cost						
Capacity Factor	25.3%	42.2%	43.1%	59.1%	66.4%	66.6%
Total Overnight Installed Cost (\$/kW) ^a	4,250	7,420	5,600	6,160	6,070	3,560
Total Installed Cost (\$/kW) ^a	4,500	7,870	5,940	6,530	6,430	3,770
LCOE (cents/kWh, real) [SunShot financial assumptions]	20.4	19.4	14.4	11.6	9.8	6.0

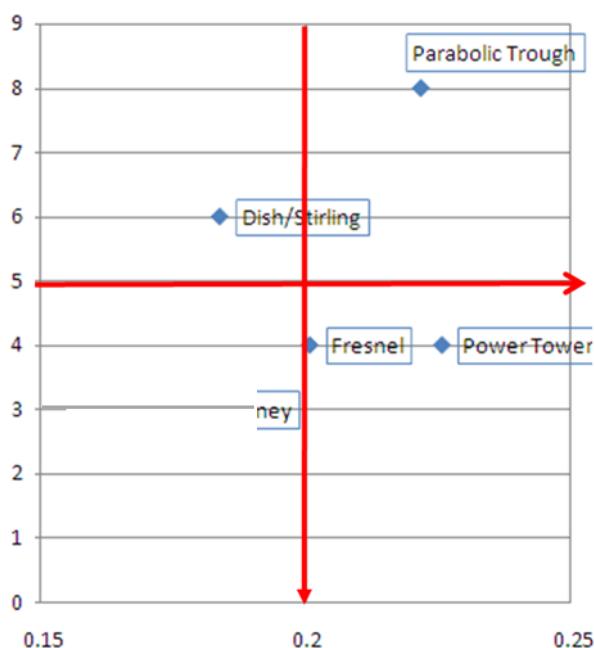
Costs for trough and tower systems are based on analyses made in 2009 and 2010 dollars. No adjustments were made to these costs—net changes in labor and commodity prices for the period are assumed to be within the error of the analysis.

^a A project's "overnight installed cost" is the total direct and indirect costs that would be incurred if the project was built in an instant, that is, there are no additional costs for financing the construction period. A project's "total installed cost" is its overnight installed cost plus any financial costs incurred to cover payments made during the period between the start of construction and plant commissioning.

جدول ۴۲: پیش‌بینی تفکیکی هزینه‌های احداث نیروگاه‌های سهموی خطی و برج خورشیدی در سال‌های آتی

ج- ترسیم ماتریس جذابیت - توانمندی

در این مرحله بر اساس دو معیار جذابیت و توانمندی، به اولویت‌بندی توسعه فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی پرداخته می‌شود. با تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت - توانمندی به چهار ناحیه، فناوری(های) برگزیده برای توسعه مشخص می‌گردد. شکل زیر محل قرارگرفتن هر یک از فناوری‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸۲: ماتریس جذابیت - توانمندی برای فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی

با توجه به قرارگرفتن سهموی خطی در ناحیه‌ی با جذابیت و توانمندی بالا، این فناوری به عنوان اولویت انتخاب می‌شود. توسعه این فناوری بایستی به صورت مستقیم مورد حمایت دولت قرار بگیرد. فناوری دیش استرلینگ نیز در اولویت دوم قرار دارد.

۲,۳ سبک اکتساب فناوری‌ها (جهت تعیین راهبردهای هدایتی)

مدل‌های اکتساب فناوری به تعیین روش‌های دستیابی به فناوری شناسایی شده و انتخاب شده می‌پردازد. بدین معنی که تعیین می‌کند که توسعه فناوری از کدام یک از سبک‌های توسعه داخلی، همکاری با سایر شرکت‌ها یا مؤسسات (انتقال فناوری)، یا

خرید محصول فناوری انجام شود. در این قسمت درباره عوامل راهبردی مؤثر بر انتخاب نوع اکتساب و ارتباط آن با انتخاب فناوری‌ها و زمان توسعه و معرفی آن‌ها بحث می‌شود.

به مدلی که جهت تعیین روش اکتساب فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل انتخاب روش اکتساب فناوری گویند. هر مدل از ۳ بخش مهم تشکیل می‌شود:

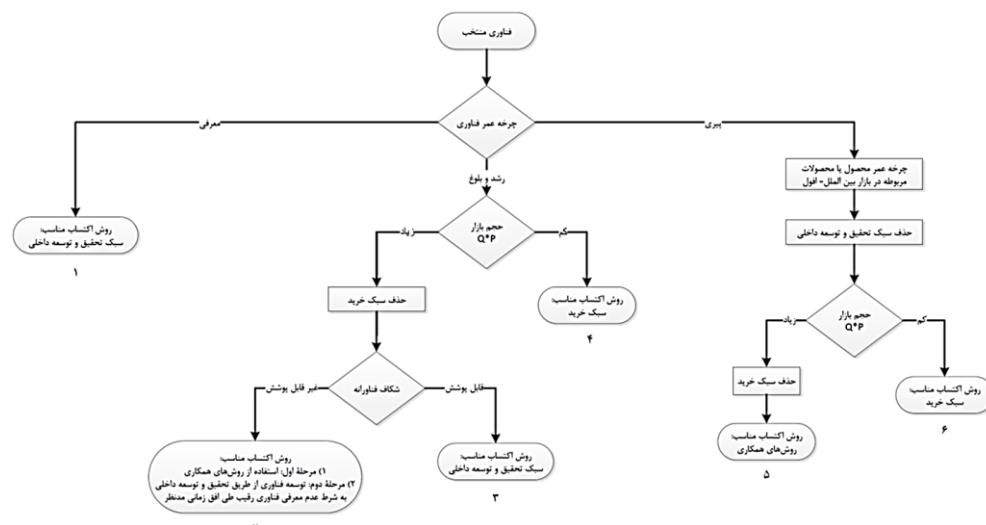
✓ معیارهای انتخاب

✓ روش‌های مورد نظر برای اکتساب فناوری

✓ مکانیزم اجرایی

تفاوت مدل‌هایی که در سطح بنگاه‌ها و دولت مورد استفاده قرار می‌گیرد، در معیارهای مورد استفاده و نیز مدنظر برای اکتساب فناوری می‌باشد. در برخی از موارد ممکن است یک معیار با عنوان یکسانی در هر دو مدل مورد استفاده قرار گیرد اما تعریف و یا گستره آن معیار در دو مدل متفاوت باشد. برای مثال تعریف معیار حجم بازار در سطح ملی با معیار حجم بازار در سطح یک بنگاه متفاوت است.

شاخص‌های مورد نیاز برای تعیین وضعیت عناصر مندرج در مدل اکتساب فناوری عبارتند از چرخه عمر فناوری، چرخه عمر محصول، حجم بازار داخلی و شکاف فناورانه. در میان این شاخص‌ها، در این پروژه که هدف توسعه فناوری‌های حوزه انرژی خورشیدی است و محصول خاصی مورد نظر نیست، شاخص چرخه عمر محصول حذف خواهد شد.



شکل ۸۳: مدل مفهومی اکتساب فناوری

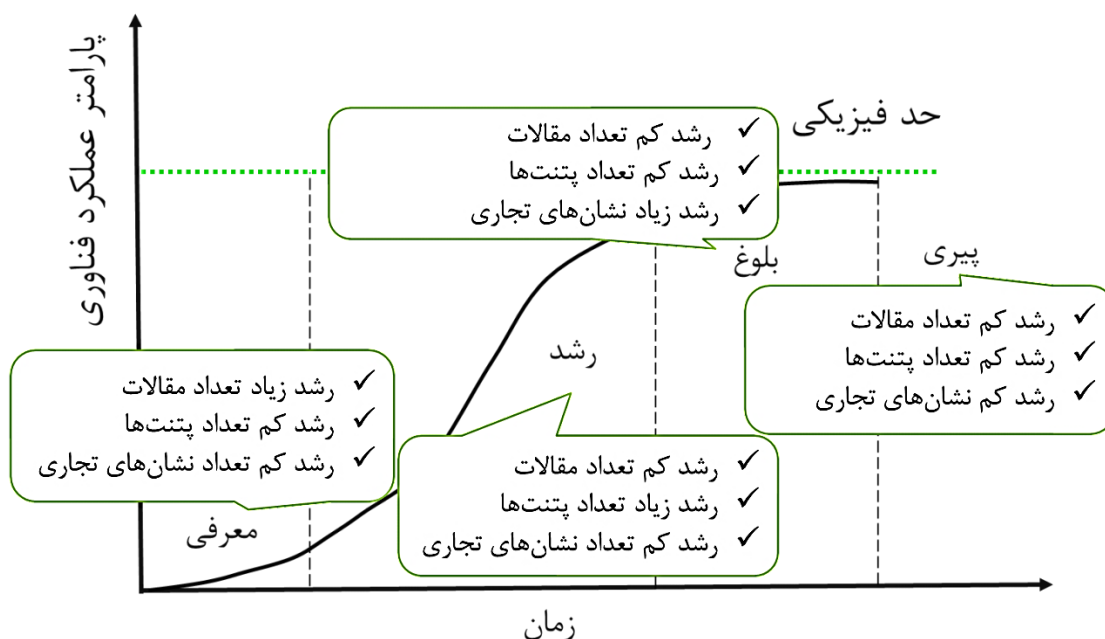
در ادامه، به شرح یکایک اجزا و عناصر این مدل و نقش آن‌ها در مدل می‌پردازیم:

- **چرخه عمر فناوری:** عبارت است از سیر بهبود عملکرد فناوری طی زمان، که شامل مراحل معرفی، رشد، بلوغ و پیری می‌باشد. عملکرد فناوری را می‌توان در قالب هر ویژگی بیان کرد، مثلاً دندسیتی در صنعت الکترونیک، یا سرعت هواپیما به مایل در هر ساعت. بر این اساس دوره معرفی دوره‌ای است که آزمایشات اولیه روی سیستم انجام می‌شود، و بهبود عملکرد رشد کندی دارد، در دوره رشد، عملکرد فناوری به صورت سریع و پایدار بهبود می‌یابد، در ادامه دوره بلوغ وقتی آغاز می‌گردد که فناوری به بالاترین حد پیشرفت خود می‌رسد و به حدود طبیعی برخورد می‌کند، سرانجام پس از جایگزین شدن فناوری جدید، دوره پیری فناوری آغاز می‌گردد.

شاخص‌های تعیین وضعیت فناوری در چرخه عمر عبارتند از:

- رشد تعداد مقالات
- رشد تعداد پتنت‌ها
- رشد نشان‌های تجاری

در هر مرحله از عمر فناوری، این سه شاخص وضعیت متفاوتی دارند که در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۸۴: ویژگی‌های مراحل مختلف چرخه عمر فناوری

- **حجم بازار داخل:** عبارت است از آن مقدار از ارزش پولی که برای محصول مذکور در بازار داخل کشور، در صورت خریداری به مصرف می‌رسد. این ارزش پولی وابسته به قیمت خرید و کمیت مورد نیاز از محصول مربوطه در کشور می‌باشد و از حاصلضرب این دو متغیر به دست می‌آید.
- **شکاف فناورانه:** عبارت است از فاصله میان سطح توانمندی فناورانه بالقوه کشور در افق زمانی مورد نظر و حداقل سطح توانمندی مطلوب، در ارتباط با فناوری منتخب. در صورتی که بین سطح توانمندی مطلوب در افق مورد نظر و سطح توانمندی مطلوب فاصله‌ای وجود نداشته باشد، شکاف فناورانه قابل پوشش است اما در صورت وجود فاصله، شکاف فناورانه قابل پوشش نیست.

اگر فناوری در مرحله معرفی باشد، روش اکتساب همواره تحقیق و توسعه داخلی خواهد بود.

اگر فناوری در یکی از مراحل رشد و بلوغ باشد آنگاه باید از لحاظ حجم بازار مورد بررسی قرار گیرد. اگر دارای حجم بازار کمی باشد، روش اکتساب مناسب برای آن، خرید و واردات فناوری است. اما اگر حجم بازار آن زیاد باشد باید از منظر شکاف فناورانه موجود مورد بررسی قرار گیرد. اگر شکاف فناورانه زیاد نباشد سبک انتخابی، تحقیق و توسعه داخلی است در حالی که اگر غیر قابل پوشش و زیاد باشد، باید از روش همکاری برای آن استفاده کرد.

اگر یک فناوری در مرحله پیری از چرخه عمر خود باشد، با توجه به حجم بازار تصمیم‌گیری خواهد شد. اگر بازار کمی داشته باشد، سبک انتخاب شده برای فناوری، خرید خواهد بود در حالی که اگر حجم بازار زیادی وجود داشته باشد، روش همکاری بهترین گزینه برای دستیابی به آن خواهد بود.

۱,۲,۳ تعیین سبک اکتساب فناوری‌های انرژی خورشیدی

فناوری‌هایی که در مرحله قبل به عنوان فناوری‌های اولویت‌دار شناخته شدند، در این مرحله از نظر چرخه عمر، حجم بازار و شکاف فناورانه مورد بررسی قرار می‌گیرند تا سبک اکتساب آن‌ها مشخص گردد. همان‌طور که پیش از این گفته شد، فناوری‌های نسل نوین فتوولتائیک و فناوری دودکش خورشیدی به دلیل قرار داشتن در مرحله معرفی، جزو اولویت‌های توسعه فناورانه به حساب می‌آیند. بر اساس استدلال‌هایی که پیرامون ادبیات موضوع سبک اکتساب فناوری ارائه شد، برای این دو دسته از فناوری‌های انرژی خورشیدی، توسعه درون‌زا صورت خواهد گرفت.

در بین فناوری‌هایی که بررسی‌های جذابیت- توانمندی در مورد آن‌ها انجام شد، فناوری سیلیکون و چنداتصاله از میان فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک و فناوری سهموی خطی در بین فناوری‌های سیستم‌های حرارتی خورشیدی به‌عنوان فناوری‌های اولویت‌دار شناخته شدند.

سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار انرژی خورشیدی را در جدول زیر ملاحظه می‌کنید.

فناوری	چرخه عمر	بازار داخلی	شکاف تکنولوژیکی	سبک اکتساب
فتوولتائیک سیلیکون	بلوغ	مناسب	عدم توانایی جبران	همکاری
فتوولتائیک چنداتصاله	رشد	تقریباً مناسب	قابل دستیابی	توسعه داخلی
فتوولتائیک نسل نوین	معرفی	-	-	توسعه داخلی
دودکش خورشیدی	معرفی	-	-	توسعه داخلی
سهموی خطی	رشد و بلوغ	مناسب	عدم توانایی جبران	همکاری
دیش/استرلینگ	رشد و بلوغ	مناسب	عدم توانایی جبران	همکاری

جدول ۴۳: سبک اکتساب فناوری‌های مختلف انرژی خورشیدی

فهرست مطالب

۱	چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی	۱-۱
۱-۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	نظام نوآوری فناورانه	۲
۱-۲-۱	ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه	۲
۳-۱	شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه	۳
۱-۳-۱	شناخت ساختاری نظام نوآوری فناورانه	۳
۱-۱-۳-۱	بازیگران	۳
۲-۱-۳-۱	نهادهای	۴
۳-۱-۳-۱	فناوری	۵
۴-۱-۳-۱	روابط و شبکه‌ها	۵
۲-۳-۱	شناخت کارکردی نظام نوآوری فناورانه	۶
۱-۲-۳-۱	فعالیت‌های کارآفرینی	۷
۲-۲-۳-۱	توسعه دانش	۸
۳-۲-۳-۱	انتشار دانش	۱۰
۴-۲-۳-۱	جهت‌دهی به سیستم	۱۱
۵-۲-۳-۱	شکل‌گیری بازار	۱۲
۶-۲-۳-۱	مدیریت منابع	۱۴
۷-۲-۳-۱	مشروعیت‌بخشی	۱۵
۴-۱	فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری	۱۹
۱-۴-۱	شناسایی وضعیت موجود	۲۱

- ۱-۴-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری ۲۱
- ۱-۴-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری ۲۱
- ۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری ۲۴
- ۱-۴-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری ۲۵
- ۱-۴-۴- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان ۳۰
- ۱-۴-۵- تعیین اهداف خرد ۳۰
- ۱-۴-۶- تدوین سیاست‌ها و اقدامات ۳۴
- ۲- برنامه اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۴**
- ۱-۲- مقدمه ۳۴
- ۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۵
- ۱-۲-۲- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۶
- ۱-۲-۱-۱- بازیگران زمینه توسعه دانش ۳۶
- ۱-۲-۲-۱- بازیگران در زمینه انتشار دانش ۳۷
- ۱-۲-۲-۳- بازیگران در زمینه تأمین منابع ۳۸
- ۱-۲-۲-۴- بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم ۴۳
- ۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۴۶
- ۱-۲-۲-۱- مرحله توسعه فناوری فتوولتائیک سیلیکونی ۴۶
- ۲-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری‌های نوین فتوولتائیک ۴۷
- ۳-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری مولتی جانکشن ۴۸
- ۴-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری استرلینگ ۴۹
- ۵-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری سهموی خطی ۵۰
- ۳-۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۵۱

- ۴-۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های خورشیدی ۵۲
- ۴-۲-۱- دکتر تقوی‌نیا ۵۳
- ۴-۲-۲- دکتر ذبیحی ۵۵
- ۴-۲-۳- دکتر سلیمانی ۵۶
- ۴-۲-۴- دکتر صادق‌زاده ۵۷
- ۴-۲-۵- آقای دکتر قاضی‌زاده ۵۷
- ۴-۲-۶- دکتر فرهنگی ۵۸
- ۴-۲-۷- آقای جلایی ۵۸
- ۴-۲-۸- دکتر یعقوبی ۵۸
- ۴-۲-۹- آقای مهندس موسوی ۵۸
- ۴-۲-۱۰- آقای دکتر افتخاری ۵۸
- ۴-۲-۱۱- آقای مهندس یارمحمدی ۵۸
- ۴-۲-۱۲- خانم دکتر ایرجی زاد ۵۹
- ۴-۲-۱۳- آقای دکتر بهجت ۵۹
- ۴-۲-۱۴- آقای دکتر اژه‌ایان ۵۹
- ۴-۲-۱۵- آقای دکتر زنده‌دل ۶۰
- ۴-۲-۱۶- دکتر شعبانی‌کیا ۶۰
- ۴-۲-۱۷- دکتر بهشاد شفیعی ۶۰
- ۵-۲-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۶۱
- ۵-۲-۱- چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی ۶۱
- ۵-۲-۲- چالش‌های مرحله پیش توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی ۶۲
- ۵-۲-۳- چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی ۶۴

- ۶۵..... ۲-۶- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۶۶..... ۲-۶-۱- اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله توسعه
- ۶۷..... ۲-۶-۲- اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله پیش توسعه
- ۶۷..... ۲-۶-۳- اهداف خرد کلی فناوری‌های خورشیدی
- ۶۸..... ۲-۷- سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۶۹..... ۲-۷-۱- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۲-۷-۲- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های مرحله پیش توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۷۳.....
- ۷۶..... ۲-۷-۳- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۸۱..... ۲-۸- دسته‌بندی اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۸۱..... ۲-۸-۱- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی
- ۸۱..... ۲-۸-۱-۱- اقدامات مربوط به توسعه و انتشار دانش
- ۸۲..... ۲-۸-۱-۲- اقدامات مربوط به کارآفرینی
- ۸۳..... ۲-۸-۱-۳- اقدامات مربوط به تأمین منابع
- ۸۴..... ۲-۸-۱-۴- اقدامات مربوط به شکل‌دهی بازار
- ۸۴..... ۲-۸-۱-۵- اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم
- ۸۴..... ۲-۸-۱-۶- اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی
- ۸۵..... ۲-۸-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل. ۹.....
- شکل (۲-۱) - نمایش مسیر توسعه بازار فناوری ۱۳
- شکل (۳-۱) - فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور ۲۰
- شکل (۴-۱) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۲۳
- شکل (۵-۱) - مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله ۲۴
- شکل (۶-۱) - موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۲۵
- شکل (۷-۱) - روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد ۳۲
- شکل (۸-۱) - هدف‌گذاری خرد با رویکرد پایین به بالا ۳۳
- شکل (۱-۲) - فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۵
- شکل (۲-۲) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۴۶
- شکل (۳-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری فتولتائیک سیلیکونی ۴۷
- شکل (۴-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های نوین فتولتائیک ۴۸
- شکل (۵-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری مولتی جانکشن ۴۹
- شکل (۶-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری استرلینگ ۵۰
- شکل (۷-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری سهموی خطی ۵۱

فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۱) - ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۶
- جدول (۲-۱) - کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها ۱۷
- جدول (۳-۱) - مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری ۲۳
- جدول (۴-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول ۲۷
- جدول (۵-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه ۲۷
- جدول (۶-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم ۲۹
- جدول (۷-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم ۳۰
- جدول (۱-۲) - شرکت‌های مشاوره، سازنده و تأمین‌کننده فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۹
- جدول (۲-۲) - بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۴۴
- جدول (۳-۲) - فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش‌های حوزه انرژی خورشیدی ۵۲
- جدول (۴-۲) - چالشهای مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی ۶۲
- جدول (۵-۲) - چالشهای مرحله پیش توسعه فناوریهای خورشیدی ۶۳
- جدول (۶-۲) - چالش‌های کلی توسعه فناوریهای خورشیدی ۶۴
- جدول (۷-۲) - اهداف خرد فناوریهای خورشیدی واقع در مرحله توسعه ۶۶
- جدول (۸-۲) - اهداف خرد فناوریهای خورشیدی واقع در مرحله پیش توسعه ۶۷
- جدول (۹-۲) - اهداف خرد کلی فناوریهای خورشیدی ۶۸
- جدول (۱۰-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی ۷۰
- جدول (۱۱-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های مرحله پیش‌توسعه فناوری‌های خورشیدی ۷۴
- جدول (۱۲-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی ۷۷
- جدول (۱۳-۲) - اقدامات غیرفنی مربوط به توسعه و انتشار دانش ۸۱
- جدول (۱۴-۲) - اقدامات غیرفنی مربوط به کارآفرینی ۸۲

جدول (۱۵-۲) - اقدامات غیرفنی مربوط به تأمین منابع ۸۳

جدول (۱۶-۲) - اقدامات غیرفنی مربوط به شکل دهی بازار ۸۴

جدول (۱۷-۲) - اقدامات فنی موردنیاز برای توسعه فناوریهای انرژی خورشیدی برای فناوریهای اولویت دار خورشیدی . ۸۵

۱- چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

۱-۱- مقدمه

مبنای تدوین این اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز، نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عواملان که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند».

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به عنوان یک گونه خردنگر^۱ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب‌وکار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب‌وکار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کلی‌نگر^۲ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایزکننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به-عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

^۱Micro oriented

^۲Macro oriented

۱-۲- نظام نوآوری فناورانه

نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه یاد می‌گردد. نقطه شروع تحلیل در نظام‌های نوآوری فناورانه مرزهای جغرافیایی یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می‌دهد.

هدف تحلیل‌های نظام نوآوری فناورانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و فرآیندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می‌پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناورانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت‌افزارها، و نرم‌افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه به کار می‌روند، و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد.

۱-۲-۱- ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه

نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از سایر رویکردهای نظام نوآوری می‌باشند که عبارت‌اند از:

۱- تأکید بر نقش شایستگی اقتصادی.

۲- تأکید جدی بر پویایی سیستم.

نظام نوآوری فناورانه دارای چهار ویژگی اساسی بوده که این ویژگی‌ها با سایر رویکردهای نظام نوآوری مشترک می‌باشد، که به شرح زیر می‌باشند:

۱- سیستم (نه تک‌تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- سیستم دارای ماهیتی پویا دارد.

۳- فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد.

۴- بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.

۱-۳- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه

به منظور شناخت کافی از مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه، لازم است تا مفهوم دو حوزه اساسی نظام‌های نوآوری فناورانه، شناخت ساختاری و شناخت کارکردی تبیین گردد.

۱-۳-۱- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری

ساختار نظام نوآوری فناورانه از اجزایی مختلفی تشکیل شده که عبارت‌اند از: بازیگران، نهادها، روابط و شبکه‌ها و فناوری.

۱-۳-۱-۱- بازیگران

منظور از بازیگران عبارت است از هر سازمانی است که در ظهور فناوری به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها مهم هستند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری تکنولوژیکی بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران خصوصی، بازیگران عمومی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. در کل بازیگران را می‌توان به دو دسته پیشرو و پیرو تقسیم کرد.

الف) بازیگران پیشرو

بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. از این گروه از بازیگران می‌توان به عنوان بازیگران مستقیم یاد کرد که شامل توسعه‌دهندگان و یا گیرندگان فناوری می‌شوند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه‌ی یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. برای مثال، اندازه کوچک یک شرکت، جایگاه آن را به عنوان یک توسعه‌دهنده فناوری و وابستگی آن به یک گزینه فناورانه، نشانگر نقش آن به عنوان یک پیشرو است.

بازیگران پیشرو در یک فناوری به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی^۱ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند، از این رو این گروه برای به‌کارگیری در برنامه اطلاع‌رسانی بسیار مناسب بوده و انگیزه کافی را دارا می‌باشند و می‌توان با استفاده از آن‌ها بازیگران پیرو را به فعالیت وادار کرد.

¹Experience based

(ب) بازیگران پیرو

این گروه از بازیگران کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. از بازیگران پیرو می‌توان به‌عنوان بازیگران غیرمستقیم در توسعه فناوری نوظهور یاد کرد. بازیگران پیرو را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های فناورانه دانست. نمونه این گروه سرمایه‌گذاران می‌باشند که می‌توانند در صنایع و فناوری‌های مختلف سرمایه‌گذاری کنند و هدف آن‌ها کسب درآمد و سود هرچه بیشتر می‌باشد.

پیروان با گزینه‌های مختلفی برای اجرا و سرمایه‌گذاری روبرو می‌باشند، از این رو با تمایل به فعالیت در گزینه‌های مختلف را داشته و با در نظر گرفتن چند گزینه و مقایسه آن‌ها، از یک رویکرد عینی^۱ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره می‌برند. این گروه از بازیگران در حقیقت گروه هدف (مخاطبان) برنامه اطلاع‌رسانی می‌باشند که باید با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی تمایل این گروه را به فناوری مدنظر بیشتر کرد.

۱-۳-۱-۲- نهادها

نهادها به عنوان قواعد بازی در یک جامعه یا به طور رسمی تر «تنگناهای تدبیر شده انسانی که شکل‌دهنده تعاملات انسان‌ها می‌باشد» شناخته می‌شوند، به عبارت دیگر، نهادها را می‌توان اصول، قوانین و مقررات نحوه برقراری و ایجاد ارتباط و تعامل بین بازیگران مختلف دانست. در واقع می‌توان از این نهادها در تعیین نحوه برقراری تعامل با ذینفعان و مخاطبان مختلف استفاده کرد.

نهادها را می‌توان به دو دسته نهادهای رسمی (دارای قوانین مدون شده) و غیررسمی (ضمنی تر بوده و می‌توانند هنجاری «بر مبنای هنجارهای اجتماعی» یا شناختی «چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی» باشند) تقسیم کرد. مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارت‌اند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی^۲ (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسئله هستند.

¹Objective²Heuristic

قواعد نهادی خصوصاً نهادهای رسمی بسیار کمی وجود دارد و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور سازگاری چندانی ندارند. به همین منظور، در توسعه فناوری نوظهور قواعد شناختی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و از این قواعد برای هدایت بازیگران (به ویژه بازیگران پیرو) و جلب حمایت برای توسعه فناوری استفاده می‌شود.

۱-۳-۱-۳- فناوری

عوامل فناورانه متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی - اقتصادی از اهمیت زیادی (برای فهم فرآیند تغییر فناورانه) برخوردار می‌باشد. عملکردهای فنی شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، اثرات افزایش مقیاس و موارد دیگر می‌شود.

۱-۳-۱-۴- روابط و شبکه‌ها

این بخش فراهم‌آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط می‌باشد. روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی باشند، که این روابط شامل روابط بین بازیگران مختلف، بازیگران - نهادها، بازیگران - فناوری‌ها و فناوری‌ها-نهادها می‌شود. روابط بین بازیگران-نهادها و بین بازیگران-فناوری‌ها مشابه یکدیگر بوده و هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند مثل تغییر قوانین و مقررات مرتبط با موضوع. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

اولاً، روابط بین بازیگران با استقلال دوسویه مشخص می‌گردد و معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به طور مستقیم یکدیگر را تغییر، تطبیق و یا حذف نمایند؛ در عوض، روابط بین بازیگران مختلف در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه محدود شده‌اند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به طور عمدی معماری قواعد نهادی و فناورانه را تغییر دهند و از این طریق (به طور غیرمستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً درحالی‌که روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادها، تعاملی نبوده، بلکه یک‌سویه می‌باشد. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است.

زمانی که روابط دارای پیکربندی مشخص و متراکم باشند می‌توان از این پیکربندی به‌عنوان ساختار شبکه‌ای یاد کرد. در شبکه ارتباط تمام انواع روابط و نحوه برقراری هر یک از آنها مشخص شده است. جدول (۱-۱) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱) - ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> جامعه مدنی شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تأسیس شده، بنگاه‌های کسب‌وکار کوچک و متوسط، کارخانه‌ها بزرگ، شرکت‌های چندملیتی دولت سازمان‌های مردم نهاد بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانون‌گذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	<ul style="list-style-type: none"> در سطح شبکه در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	<ul style="list-style-type: none"> تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

۱-۳-۲ - شناخت کارکردی نظام نوآوری فناورانه

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کار برد. توسعه، انتشار و بکارگیری نوآوری‌ها را در عمل می‌توان به‌عنوان کارکردهای اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد کرد. در کل نظام نوآوری فناورانه دارای هفت کارکرد مختلف می‌باشد که عبارت‌اند از: فعالیت‌های کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به جستجو، شکل‌دهی بازار، تأمین و تخصیص منابع و مشروعیت‌بخشی.

۱-۳-۲-۱- فعالیت‌های کارآفرینی

در ابتدای توسعه فناوری تعداد گزینه‌ها زیاد بوده و ریسک و عدم قطعیت بالا از ویژگی‌های اصلی فناوری می‌باشد. بر این اساس، هدف اصلی از انجام فعالیت کارآفرینی بهره‌برداری از فرصت‌های موجود از طریق انجام ریسک در شرایط عدم قطعیت بازار و فناوری و نهادهای چالش برانگیز است. بنابراین بدون انجام فعالیت‌های کارآفرینی، نظام نوآوری شکل نخواهد گرفت. بنابراین می‌توان گفت که لازمه خلق دانش و افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌باشد. به-طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید.

کارآفرینان را می‌توان از منظر سابقه آن‌ها در انجام فعالیت‌های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته‌ی اول بازیگرانی هستند که به فناوری جدید به مثابه فرصتی برای ورود به کسب‌وکار می‌نگرند و به استفاده از بازارهای موجود در حوزه فناوری نوظهور می‌اندیشند. که برای جذب سرمایه و حمایت این دسته از کارآفرین‌ها باید در تعامل با آن‌ها بر سوددهی و منفعت مالی ناشی از بکارگیری فناوری نوظهور تأکید کرد. دسته‌ی دوم بازیگرانی را شامل می‌شوند که فناوری جدید را به دید یک فرصت جدید برای تنوع‌بخشی به سبد کاری خود می‌بینند و برای استفاده از مزایای آن به فعالیت در این زمینه می‌پردازند. در تعامل با این گروه از کارآفرین‌ها باید بر نو بودن فناوری، تنوع محصولات تولیدی با استفاده از این فناوری و رقابت‌پذیری محصولات تولیدی آن در بازار تأکید کرد.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به‌طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. در حقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از فناوری موجود گردد. بنابراین، از یکسو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری همراه است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی فناوری
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه‌ی تجاری‌سازی فناوری

● تأسیس شرکت‌های نوپا

● ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه فناوری

● ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه‌ی فناوری

● فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن فناوری

● برگزاری نمایشگاه فناوری

● انجام پروژه‌های نمایشی

۱-۳-۲- توسعه دانش

تمام فعالیت‌های این مرحله را می‌توان شامل فرآیند یادگیری فناوری و موضوعات مرتبط به آن دانست. در مبحث توسعه دانش بحث مهم خلق دانش می‌باشد که کارکردهای خلق دانش را می‌توان به دو دسته خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی تقسیم کرد. در بخش خلق دانش فنی مسائل فنی و تخصصی فناوری بررسی و تعیین می‌گردد و در مبحث خلق دانش غیرفنی موضوعاتی چون مدیریت، بازار و مصرف‌کنندگان بررسی و تعیین می‌گردند.

مهم‌ترین موانع در برابر انجام فعالیت در این زمینه توسعه دانش را می‌توان به دو بخش ضعف‌های نهادی و ضعف‌های بازیگران دسته‌بندی کرد. منظور از ضعف‌های نهادی نبود برنامه‌ریزی صحیح برای انجام تحقیقات و جمع‌آوری اطلاعات در مورد فناوری بوده و منظور از ضعف‌های بازیگران نبود افراد متخصص، آگاه و توانا در موضوع می‌باشد.

از نتایج و کارکردهای عمده یادگیری و خلق دانش می‌توان به افزایش عمق و گستره دانش موجود در رابطه با فناوری اشاره کرد. باید توجه داشت که با افزایش عمق دانش از عدم قطعیت موجود در رابطه با فناوری کاسته می‌شود، درحالی‌که افزایش گستره دانش موجود به دلیل افزایش تنوع، عدم قطعیت موجود در سیستم را افزایش می‌دهد.

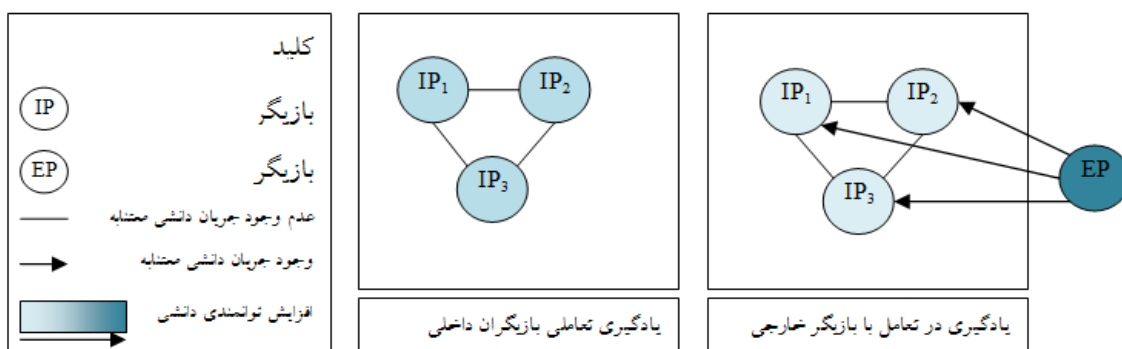
کسب شناخت و یادگیری بازیگران در صورت وقوع در حین تعامل احتمال دارد به دو صورت مختلف اتفاق بیفتد که این دو عبارت‌اند از:

۱- تعامل موجود بین بازیگران مختلف موجود در سیستم. در این حالت در مواردی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را

به اندازه کافی ندارد همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی

قابل توجهی وجود ندارد.

۲- تعامل بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم. در این حالت اطلاعات از خارج از سیستم به بازیگران داخلی انتقال داده شده و سبب افزایش جریان دانش انتقالی در بین بازیگران داخلی می‌شود. با توجه به مسائل بیان شده به منظور اجرای مؤثرتر این کارکرد می‌توان با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی شناخت و دانش مورد نیاز را به بازیگران موجود در سیستم انتقال داد و با این کار سبب افزایش سطح دانش انتقالی بین بازیگران مختلف شد. به عبارت دیگر با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی با استفاده از حالت دوم بازیگران موجود در سیستم را نسبت به فناوری جدید آگاه شده و سبب افزایش دانش انتقالی بین بازیگران (انتقال به صورت اول) می‌شود.



شکل (۱-۱) - حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل.

از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره فناوری
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی فناوری
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی فناوری در ناحیه‌ای از محیط به جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)^۱
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (پروتوتایپ)^۱

^۱Pilot

۱-۳-۲-۳- انتشار دانش

در مواردی این کارکرد و کارکرد قبل (توسعه و انتشار دانش) را در قالب یک کارکرد در نظر می‌گیرند و این دو بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند، در واقع در توسعه دانش هدف کسب و یادگیری دانش بوده درحالی‌که در این کارکرد هدف از انجام فعالیت‌های انجام شده، تسهیم و به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. مهم‌ترین نقشی که کارکرد انتشار دانش بر عهده دارد، ایجاد یادگیری تعاملی است.

یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارت‌اند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارت‌اند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های فناوری و سرمایه‌گذاری‌های مشترک. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهای شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارت‌اند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع فناوری
- تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

به‌منظور استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی در این مورد اطلاعات باید به بازیگران کم اثرتر انتقال داده شود و معمولاً مخاطب برنامه‌های اطلاع‌رسانی در این موارد عموم مردم می‌باشند. در این مرحله دانش‌های مربوط به فناوری به مصرف‌کنندگان

محصولات فناوری مدنظر انتقال داده می‌شود. این نوع یادگیری، بر پایه تجربه استفاده‌کنندگان از نظام نوآوری فناورانه قرار دارد، مانند تعاملی که بین مصرف‌کننده و تولیدکننده فناوری برقرار می‌شود.

۱-۳-۲-۴- جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارت‌اند از سطح فراسیستم^۱ و سطوح کلان^۲ و خرد سیستم^۳. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه فناوری انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منابع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

از این کارکرد به عنوان مدیریت سیستم نیز یاد می‌شود، فعالیت‌ها در این کارکرد در مسیر جهت‌دهی و یکپارچه‌سازی تمام فعالیت‌های انجام گرفته برای توسعه فناوری می‌باشد. این کارکرد در سطوح فراسیستم، کلان، و خرد به انجام می‌رسد. در این کارکرد به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع (انرژی، هزینه و پتانسیل‌های موجود) به جهت‌دهی فعالیت‌ها پرداخته می‌شود. می‌توان فعالیت‌های انجام شده مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۴، شناختی^۵ و هنجاری^۶. در حقیقت، فعالیت‌های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش‌رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه فناوری منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

⁴ Regulative

⁵ Cognitive

⁶ Normative

گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادهای می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از فناوری‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از فناوری‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و به طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌های از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند

- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد فناوری در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های فناوری
- قانون‌گذاری در رابطه با فناوری
- تدوین استانداردها

۱-۳-۲-۵- شکل‌گیری بازار

هدف از این کارکرد رقابت‌پذیر ساختن فناوری نوظهور نسبت به فناوری‌های موجود بازار می‌باشد. در واقع این کارکرد با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، محیطی کنترل شده‌ای برای رقابت فناوری نوظهور سایر فناوری‌ها پدید می‌آورد.

برای اینکه یک فناوری نوظهور توانایی برای رشد، توسعه و نفوذ در بازار را داشته باشد باید قابلیت‌های خاصی را دارا باشد، تا به واسطه آن‌ها بتواند به سوی بلوغ حرکت نماید. این قابلیت‌ها به سه دسته قابلیت‌های فنی، قابلیت‌های اقتصادی و قابلیت‌های بازار تقسیم می‌شوند. در این مرحله نیز باید توجه داشت که با استفاده برنامه اطلاع‌رسانی مناسب می‌توان هر یک از این قابلیت‌ها را برای فناوری مورد نظر (در صورت داشتن پتانسیل‌ها) ایجاد کرد.

(الف) قابلیت فنی

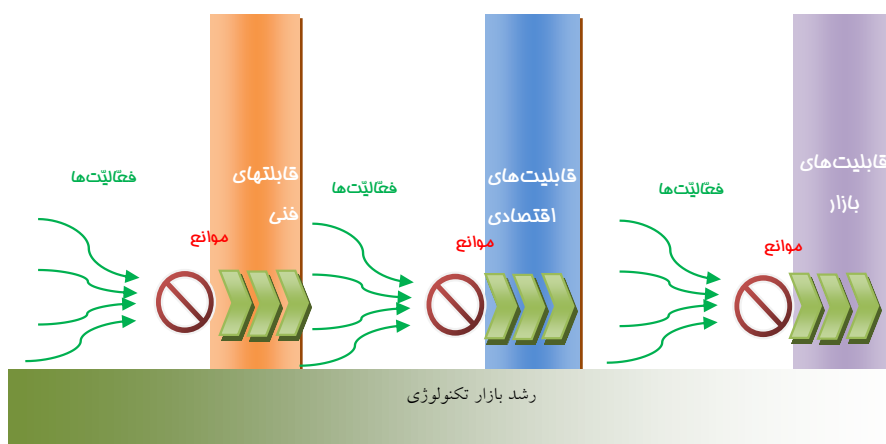
فناوری مورد بحث باید از نظر فنی و فناورانه قابل رقابت با سایر فناوری‌های موجود در بازار باشد. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای بزرگ کردن این قابلیت فناوری در دید مخاطبان باید بر ارائه اطلاعات فنی و تخصصی تأکید کرد.

(ب) قابلیت اقتصادی

فناوری نوظهور مدنظر باید از لحاظ اقتصادی توانایی و قابلیت رقابت با سایر فناوری‌های موجود را داشته باشد و استفاده از این فناوری در مقابل سایر فناوری‌ها به صرفه به نظر برسد. به طور قطع زمانی یک فناوری قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز و شرط لازم دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای ایجاد این قابلیت در یک فناوری باید اطلاعات اقتصادی و صرفه اقتصادی به‌کارگیری این تکنولوژی به مخاطبان انتقال داده شود.

(ج) قابلیت بازار

در صورتی که یک فناوری قابلیت‌های فنی و اقتصادی را دارا باشد برای رشد به سمت بلوغ نیازمند داشتن قابلیت بازار و رقابت‌پذیری با سایر موارد موجود در بازار می‌باشد. در واقع می‌توان این فناوری باید با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و قابلیت توسعه یافتن موفقیت‌آمیز در بازار را داشته باشد. در این مورد نیز در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی، اطلاعات محتوای انتقالی باید در رابطه با خصوصیات، ویژگی‌ها و برتری‌های فناوری و محصولات آن نسبت به سایر فناوری‌ها باشد.



شکل (۲-۱) - نمایش مسیر توسعه بازار فناوری

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و

کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ درحالی‌که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف فناوری

۱-۳-۲-۶- مدیریت منابع

برای توسعه فناوری نیاز به در دسترس بودن منابع مختلف برای انجام فعالیت‌ها و پیشبرد اهداف می‌باشد. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک فناوری نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی نیروهای انسانی مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در برخی موارد قطعات) مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل مورد نیاز برای توسعه فناوری

تأمین این منابع می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگری که در روند توسعه فناوری نقش اساسی دارد، انجام شود. در تأمین نیروهای مختلف اطلاع‌رسانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد که در بخش بعد به طور کامل بررسی می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور
- در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر

۱-۳-۲-۷- مشروعیت بخشی

هدف از این کارکرد ایجاد مقبولیت اجتماعی برای به کارگیری فناوری جدید، تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن نهادها با نیازهای بازیگران موجود در نظام نوآوری فناوری می‌باشد. اهمیت این کارکرد بسیار زیاد می‌باشد زیرا با ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در فناوری‌های کنونی هستند، همراه می‌شود و این مخالفت سبب جلوگیری و یا کاهش سرعت پیشرفت فناوری نوظهور می‌شود. بنابراین بازیگران یک نظام نوآوری فناوری باید با استفاده از اطمینان بخشی به جامعه، ذینفعان و مخالفان بر اینرسی حاصل از این مخالفت‌ها غلبه نمایند.

اهمیت مشروعیت بخشی زمانی بیشتر مشخص می‌گردد که توجه داشت که این کارکرد یک کاتالیزگر عمل می‌کند و برای انجام فعالیت در سایر کارکردها مانند مدیریت منابع و شکل‌دهی بازار ضروری است و تا این کارکرد فراهم نشود فعالیت در سایر کارکردها مشکل و یا غیرممکن می‌باشد.

با توجه به نوع و مشخصات فرآیند، نوع و میزان منابع مورد نیاز و محدوده‌ی اثرگذاری محدوده جغرافیایی که این مشروعیت بخشی در سطح آن باید اجرا شود متفاوت خواهد بود. این کارکرد می‌تواند در چهار حوزه صنعت، دانشگاه، دولت و سطح عمومی جامعه به ایجاد مشروعیت بپردازد. رایزنی‌هایی بین گروه ذینفع، اتحادیه‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد و مانند این‌ها اجزایی هستند که در انجام فعالیت‌های این کارکرد دخیل هستند.

این کارکرد به خودی خود دارای زیرکارکردهای مختلفی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ایجاد مقبولیت برای پذیرش فناوری در حوزه‌های مختلف (ظرفیت‌سازی برای بکارگیری فناوری نوظهور)،

۲- متقاعدسازی نظام‌های پشتیبان برای فعالیت در زمینه کارکردهای دیگر مانند تأمین منابع و مدیریت سیستم

۳- حذف/کاهش مخالفت‌های موجود در برابر توسعه فناوری

۴- و ترغیب بازیگران دارای قدرت اجرایی برای انجام فعالیت در راستای استفاده از فناوری نوظهور.

البته باید توجه داشت که مشروعیت‌بخشی دارای قدرت اجرایی برای تغییر قواعد موجود در نظام نوآوری فناورانه نیست، بلکه تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان پرداخته و از طریق با کارکردهای دیگر (مانند مدیریت سیستم و تأمین منابع) در سیستم اثرگذار می‌گردد. به عبارت دیگر در تمام فعالیت‌های این کارکرد گروهی از بازیگران، سایر بازیگران را برای به‌کارگیری فناوری نوظهور ترغیب می‌کنند. مشروعیت‌بخشی در سه سطح محیط صنعت، محیط سیاست‌گذاری و سطح جامعه (مقبولیت عمومی) انجام می‌پذیرد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه

- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن

- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری

- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت

- میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها

مجموعه کارکردهای ذکر شده به همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۱) - کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها

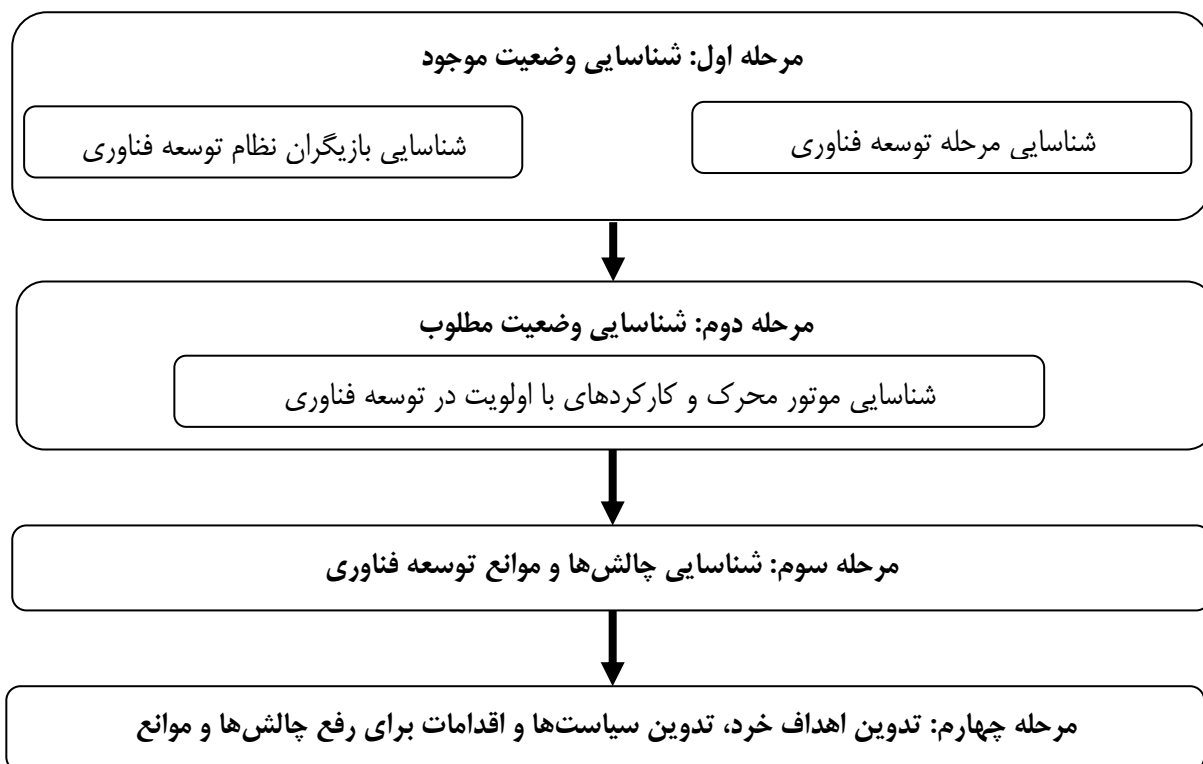
عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های جدید		۱. تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی ۲. تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری ۳. ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری ۴. حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده
	نمایش فرصت‌های جدید		۱. برگزاری نمایشگاه فناوری ۲. انجام پروژه‌های نمایشی
توسعه دانش	فنی		۱. تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری ۲. تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری ۳. تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۴. اندازه سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۵. تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری ۶. تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (Prototype)
	غیرفنی		۱. تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
انتشار دانش	فنی	میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت فناوری	۱. تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآرانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش) ۲. تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری ۳. تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه ۴. اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه
	غیرفنی		۱. تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده
جهت‌دهی	رسمی (وضع)		۱. قانون‌گذاری در رابطه با فناوری

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
سیستم	نهادهای	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه فناوری یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی فناوری) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد فناوری در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده فناوری	۲. استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)		
شکل‌گیری بازار		۱. شفاف‌سازی پتانسیل بازار ۲. میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران ۳. شناسایی مرحله بلوغ (دوره عمر) بازار	۱. تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری ۲. تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
بسیج منابع	مالی		۱. کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه) ۲. سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور	
	دارایی‌های مکمل	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری، محصولات و خدمات مکمل	

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
مشروعیت‌بخشی		۱. میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه ۲. میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن ۳. رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری ۴. اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت ۵. میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها	

۱-۴- فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذارند که نیازمند سیاست‌گذاری با رویکرد حکمرانی مشارکتی هستند. این اهداف هدایتگر مسیر سیاست‌گذاری بوده و از پراکنده شدن و غیر مرتبط بودن آن‌ها با مسایل و نیازهای موجود گذار جلوگیری می‌کند. اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. این اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها نیز اصول و ملاحظات هستند که به منظور تحقق آرمان‌ها و دستیابی به هدف‌های موردنظر سیاست‌گذاران در شرایط عدم ضرورت بر دخالت مستقیم و نیاز به تنظیم روابط موجود تدوین می‌شوند. فرآیند تدوین اهداف، اقدامات و سیاست‌ها در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل (۱-۳) - فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور

همان طور که در شکل فوق نشان داده شده است در مرحله اول، باید وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص شود، که شامل تعیین مرحله توسعه فناوری و شناسایی بازبزرگن نظام توسعه فناوری مدنظر می‌باشد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، موتور محرک توسعه فناوری شناسایی شده و با توجه به آن، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه مدنظر تعیین شده و چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود. در مرحله آخر، پس از تعیین اهداف خرد، سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ارائه می‌شود. در نهایت اقدامات لازم برای تحقق سیاست‌های تعیین شده و ارائه می‌گردند. در ادامه این مراحل توضیح داده شده است.

۱-۴-۱- شناسایی وضعیت موجود

در این مرحله باید وضعیت کنونی و مرحله توسعه فناوری مد نظر تعیین گردد که برای تعیین این موارد باید از جنبه‌های مختلف (کارکردی و ساختاری) به بررسی فناوری مدنظر پرداخته شود. این مرحله شامل دو بخش شناخت بازیگران نظام توسعه فناوری و تعیین مرحله توسعه فناوری می‌باشد.

۱-۴-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری

همان‌طور که در بخش شناخت ساختاری نظام توسعه فناوری اشاره شد، ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این مرحله باید تمام بازیگران نظام توسعه فناوری را در حوزه‌ها و کارکردهای مختلف نظام توسعه فناوری شامل تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری تعیین گردد.

۱-۴-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری

به منظور شناخت مرحله توسعه فناوری در ابتدا باید به یک شناخت نسبی از فناوری دست پیدا کرد تا با استفاده از این شناخت بتوان مرز نظام نوآوری فناوری را شناخت و با استفاده از شناخت مرزها مرحله توسعه فناوری را تعیین نمود. مرز سیستم توسعه فناوری را می‌توان از سه طریق مورد ارزیابی قرار داد که عبارت‌اند از فاصله‌ای-جغرافیایی، بخشی و کارکردی. بر اساس این موضوع به منظور شناسایی مرحله توسعه فناوری ابتدا باید مرز نظام نوآوری مورد مطالعه را از سه طریق فاصله‌ای-جغرافیایی، بخشی و کارکردی مشخص کرد. شناسایی و تعیین مرحله توسعه نظام نوآوری فناوری، از طریق بررسی همزمان مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل انجام می‌شود. با توجه به مشخصه‌های ساختاری به تفکیک کارکردها و نشانه‌های تحقق مراحل می‌توان مرحله توسعه نظام نوآوری را که در واقع همان وضع موجود حوزه فناوری است، مشخص کرد. مراحل مختلف توسعه فناوری چهار مرحله پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری و سرعت‌گیری هستند و پس از آن فناوری به مرحله تثبیت می‌رسد. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه با پاسخ‌گویی به سؤالات زیر تعیین می‌گردد.

- ۱- آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟
- ۲- بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟
- ۳- آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟
- ۴- آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟
- ۵- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟
- ۶- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟
- ۷- آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟
- ۸- وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟
- ۹- نرخ ورود تولیدکنندگان محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۰- نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۱- نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۲- آیا انجمن‌ها مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بررسی مشخصه‌های ساختاری

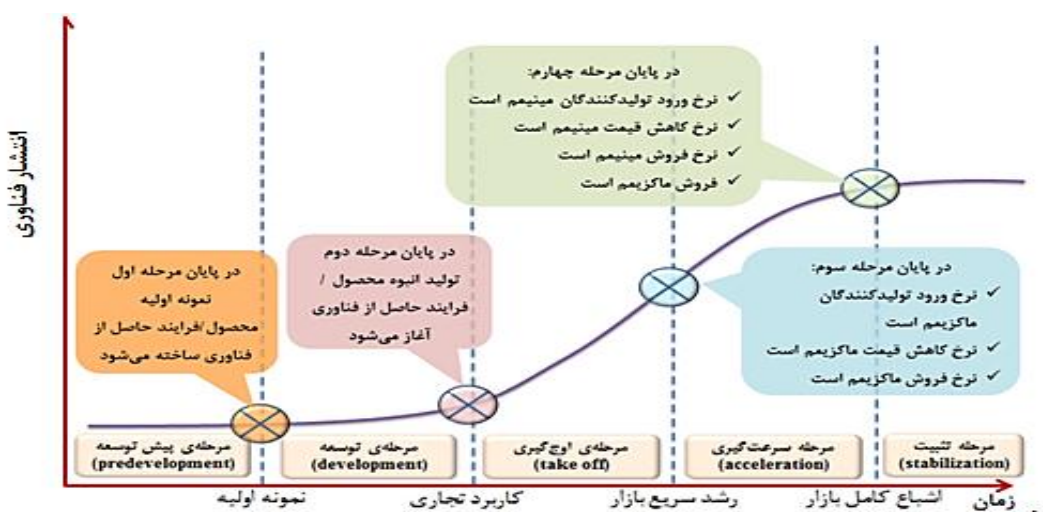
همان‌طور که بیان گردید، برای تعیین فاز توسعه نظام در وهله اول می‌بایست مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری مورد بررسی قرار گیرد، که در جدول ذیل قابل مشاهده می‌باشند.

جدول (۱-۳) - مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری

تبادل	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	بازیرگان
تعداد بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند.	تعداد رقابتی در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد.	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند.	بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی	بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی	تعداد محدود بازیگران
شبکه‌های علمی قوی	شبکه‌های علمی قوی	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	روابط فردی شکل گرفته است	تعداد محدود بازیگران
شبکه‌های صنعتی قوی	شبکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است	شبکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد	نهاد‌های سخت در حال شکل‌گیری است	شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	تعداد محدود بازیگران
نهاد‌های سخت متنوعی وجود دارد	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهاد‌های سخت شکل گرفته است	نهاد‌های نرم شکل می‌گیرد	نهاد‌های سخت هنوز وجود ندارد	تعداد محدود بازیگران

بررسی نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام

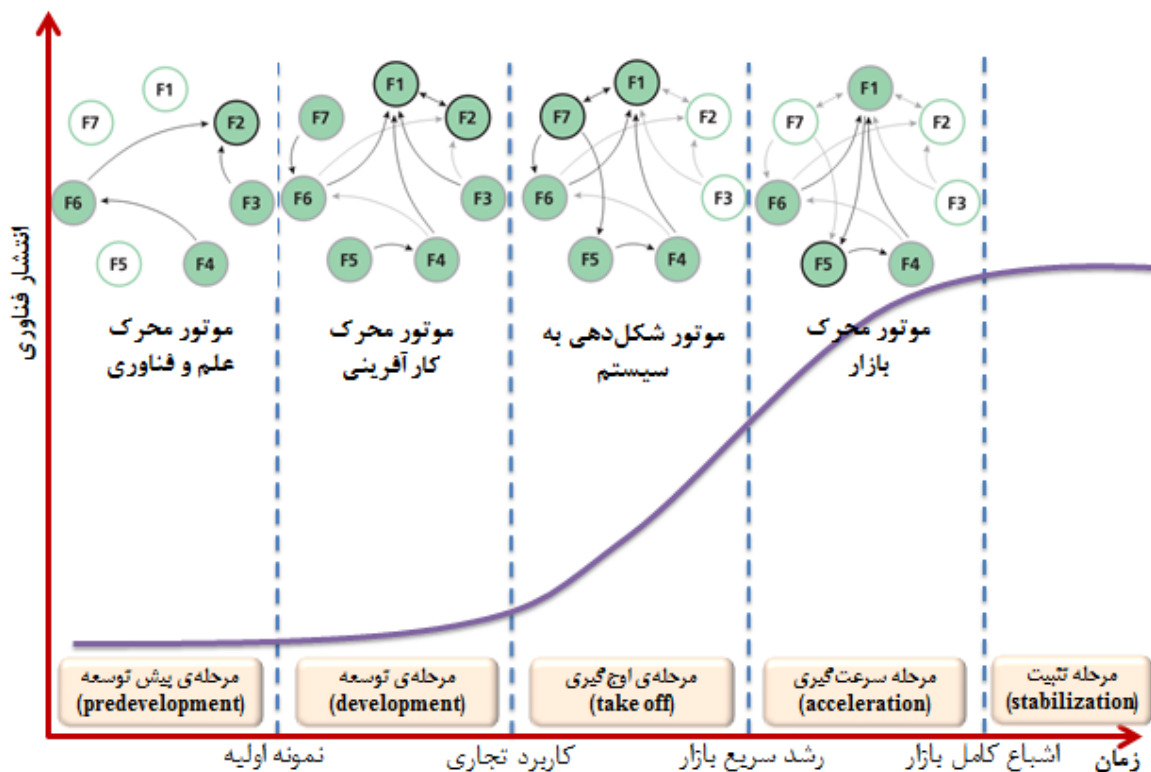
به‌منظور تعیین فاز توسعه نظام در دومین گام می‌بایست نشانه‌های تحقق مراحل توسعه نظام فناوری مورد بررسی قرار گیرد که در قالب نمودار ذیل قابل مشاهده می‌باشند.



شکل (۱-۴) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری

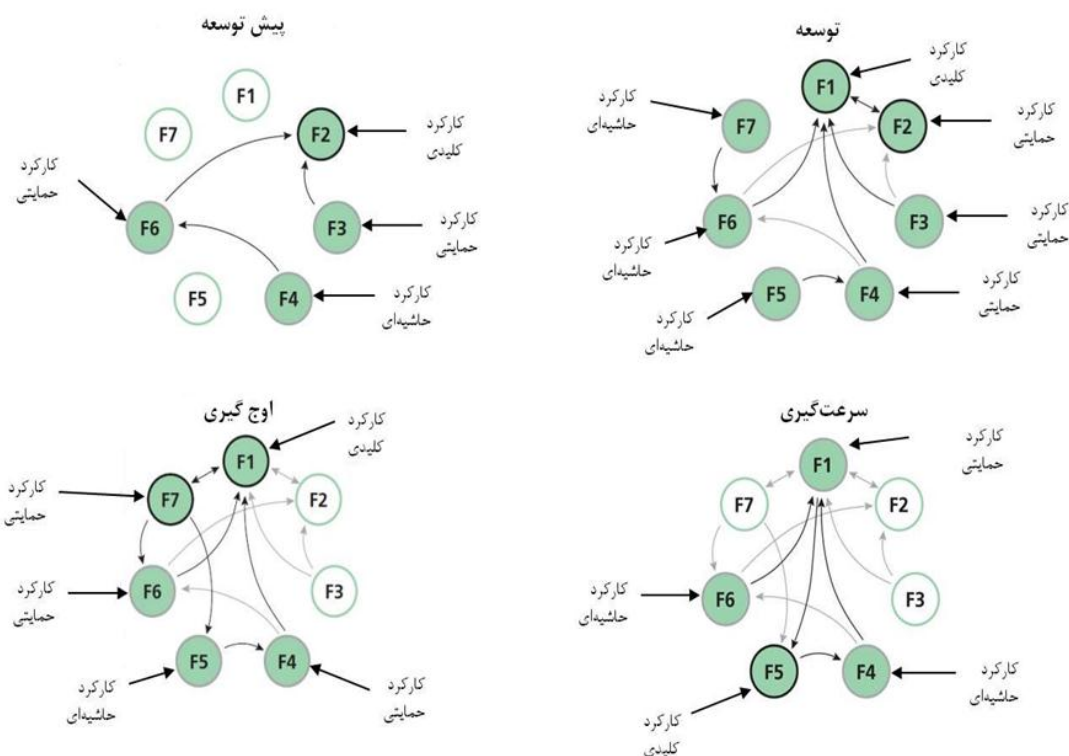
هکرت بیان معتقد است که هر یک از مراحل چهارگانه فاز شکل‌گیری با یک موتور نوآوری در ارتباط است. در این متدولوژی، پس از تعیین فاز توسعه نظام نوآوری فناورانه، موتور فعال در نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود. شکل (۵-۱) تطبیق مراحل مختلف توسعه نظام نوآوری فناورانه با موتورهای محرک نظام بر اساس مطالعات هکرت (۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱) - مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد، پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مدنظر است. کارکردهای هر موتور به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله‌ی محقق شدن کل موتور و انتقال به موتور بعدی است. بنابراین اگر کارکرد کلیدی محقق شود، نظام نوآوری فناورانه از

یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود و در نتیجه نظام نوآوری فناورانه از یک مرحله به مرحله بعدی منتقل می‌شود. شکل (۶-۱) موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر موتور را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۱) - موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

F1: فعالیت‌های کارآفرینی، F2: توسعه دانش، F3: انتشار دانش، F4: جهت‌دهی به سیستم، F5: شکل‌دهی به بازار، F6:

تأمین منابع، F7: مشروعیت‌بخشی).

۱-۴-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری

پس از تعیین موتور محرک فعال در نظام نوآوری، باید آن را بر اساس رویکرد تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی ارزیابی کرد. مزیت این تحلیل نسبت به تحلیل کارکردی این است که با تحلیل ساختاری در کنار تحلیل کارکردی علت ایجاد مشکل در یک کارکرد مشخص می‌شود. در واقع با تحلیل کارکردی، مشکلات و موانع نظام نوآوری در کارکرد مربوطه مشخص شده، ولی علت آن بروز مشخص نمی‌شود؛ به این معنا که مشخص نمی‌شود کدام جزء ساختاری باعث ایجاد چنین مشکلی در

کارکرد مربوط شده است. ولی با تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی از یک سو علت این مشکلات مشخص شده و از سوی دیگر مشکلات سیستمی با توجه به تحلیل ساختاری به راحتی شناسایی می‌شوند. برقراری اتصال کارکردها به عناصر ساختار نظام نوآوری نه تنها به خاطر انجام فرآیندهای تحلیلی بلکه به دلایل عملیاتی و کاربردی لازم و ضروری است. کارکردها تنها از طریق تغییرات اجزای ساختاری خود تحت تأثیر سیاست‌های اتخاذ شده قرار می‌گیرند.

تفاوت مهم این مدل با رویکردهای مشابه در این مرحله این است که در این رویکرد برای ارزیابی نظام نوآوری لازم نیست همه کارکردهای نظام تحلیل شوند. بلکه با توجه به مرحله توسعه‌ای فناوری و کارکردهای مرتبط با آن، فقط کارکردهای مرتبط تحلیل می‌شوند. بنابراین با توجه به مرحله توسعه فناوری ابتدا کارکرد کلیدی موتور محرک شناسایی شده در مرحله قبل تحلیل می‌شود، اگر این کارکرد تحقق یافته بود به هدف تعیین شده موتور فعال در آن فاز توسعه رسیده و بدین ترتیب نظام نوآوری بدون مشکل به فاز بعدی توسعه منتقل می‌گردد؛ ولی اگر کارکرد مربوطه محقق نشده بود باید کارکردهای حمایتی کارکرد کلیدی که موجبات تولید و تحقق آن را فراهم می‌کنند، ارزیابی گردند. لذا پس از تعیین کارکردهای حمایتی، کارکردهای مذکور تحلیل می‌شوند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

در تحلیل توأمان کارکردی - ساختاری هر یک از این کارکردها عوامل ساختاری ضعیف مرتبط با کارکرد شناسایی و از طریق به‌کارگیری ابزارها و توصیه‌های سیاستی عنصر ساختاری ضعیف تقویت شده و به این ترتیب مشکلات موجود بر سر راه توسعه نظام برداشته می‌شود.

به‌عبارت‌دیگر، وقتی یک حوزه فناوریانه در مرحله‌ای قرار دارد، موتور محرک نوآوری متناسب با آن مرحله برای آن حوزه‌ی فناوریانه فعال است. از طرفی بیان شد اگر کارکرد کلیدی موتور تحقق یابد، حوزه‌ی فناوریانه مورد مطالعه از این موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود. پس در یک موتور باید مشکلات بر سر راه کارکرد کلیدی را شناسایی کرد. مشکلات کارکرد کلیدی به سه دسته مشکلات مربوط به عوامل ساختاری، مشکلات مربوط به کارکردهای حمایتی و مشکلات مربوط به عوامل محیطی تقسیم می‌شوند. شکل زیر این دسته از عوامل را نشان می‌دهد.

پس تعیین کارکردهای مؤثر در توسعه فناوری چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود پیش روی توسعه فناوری مدنظر از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خیرگان حوزه مدنظر تعیین می‌گردد. کارکردهای مختلف مؤثر در هر مرحله توسعه فناوری بر اساس جواب به یک سری از سؤالات عارضه‌یاب مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. در صورت قوی نبودن کارکرد کلیدی، کارکردهای

حمایتی و حاشیه‌ای به همین صورت مورد بررسی قرار می‌گیرند. نمونه‌هایی از پرسش‌های قابل تصور برای تحلیل کارکردهای مختلف موجود در هر موتور توسعه فناوری به تفکیک هر مرحله در جداول (۴-۱) تا (۷-۱) ارائه شده است.

جدول (۴-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول.

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی اول: موتور محرک علم و فناوری	
۱- وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ ۲- دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟ ۳- آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟ ۴- آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟ ۵- آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟ ۶- آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟	کارکرد توسعه دانش	کارکردهای کلیدی
۱- آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ ۲- همایش، کنفرانس و یا مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟	انتشار دانش	کارکردهای حمایتی
۱- آیا منابع مالی کافی در جهت توسعه دانش وجود دارد (پژوهشی، کاربردی، پایلوت و ...)? ۲- آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت‌شده در چه سطحی است؟	بسیج منابع	
۱- آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای تأمین منابع مالی وجود دارد؟ ۲- آیا توسعه دانش در این حوزه‌ی فناورانه، جهت‌دهی شده است؟ ۳- آیا منابع مالی و انسانی در جهت این هدف مشخص هست یا خیر؟	جهت‌دهی به سیستم	کارکردهای حاشیه‌ای

جدول (۵-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی دوم: موتور محرک کارآفرینی	
آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به منظور توجیه اقتصادی فناوری کافی هستند؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی دارای کیفیت خوبی هستند؟ نرخ ورود کارآفرینان در این حوزه را چگونه برآورد می‌کنید (آیا کارآفرینان جدید وارد سیستم می‌شوند)؟ سرمایه‌گذاری خطرپذیر که منجر به توجیه اقتصادی می‌شود، وجود دارد یا خیر؟	کارآفرینی	کارکردهای کلیدی

سوالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله دوم: موتور محرک کارآفرینی		
<p>وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p> <p>آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟ آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟</p> <p>آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟ آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟</p>	توسعه دانش	کارکردهای حمایتی	
<p>آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟ میزان منابع دولتی چقدر است؟ کافی است یا خیر؟</p> <p>میزان سرمایه خطرپذیر چه قدر است؟ کافی است یا خیر؟ سهولت دسترسی به این منابع را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p>آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟</p> <p>کیفیت منابع انسانی تربیت‌شده در چه سطحی است؟</p>			تامین و تسهیل منابع
<p>آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟</p> <p>همایش، کنفرانس و مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟</p> <p>آیا نمایشگاه‌های تخصصی برای ارائه دستاوردهای کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟</p>	انتشار دانش		
<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای نظام وجود دارد؟</p> <p>آیا فعالیت‌های کارآفرینی در این حوزه‌ی فناورانه جهت‌دهی شده است؟</p> <p>آیا منابع مالی و انسانی در جهت توسعه فعالیت‌های است یا خیر؟</p> <p>آیا سیاست‌های دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی هست یا خیر؟</p>	جهت‌دهی سیستم		
<p>آیا سرمایه‌گذاری در تکنولوژی به عنوان یک تصمیم مشروع پذیرفته شده است؟ (مشروعیت‌بخشی اتفاق افتاده است یا خیر)؟</p> <p>آیا مقاومت زیادی در جهت تغییر وجود دارد؟ این مقاومت از کجا نشأت می‌گیرد؟</p> <p>آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص منابع به فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟</p>	مشروعیت‌بخشی		کارکردهای حاشیه‌ای
<p>آیا بازار اولیه شکل گرفته است؟ اندازه‌ی آن را چقدر است؟</p> <p>آیا این بازار باعث جهت‌دهی به سیستم برای توسعه‌ی فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟</p> <p>آیا جذابیت بازار باعث ورود کارآفرینان جدید شده است یا خیر؟</p>	شکل‌دهی بازار		

جدول (۱-۶) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی سوم: موتور محرک ساختاردهی سیستم	
<p>آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ آیا نرخ ورود کارآفرینان به حداکثر خود رسیده است؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟</p>	کارآفرینی	کارکردهای کلیدی
<p>آیا استفاده از این فناوری از مشروعیت و مقبولیت قابل قبول برخوردار شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص و تأمین منابع مالی مورد نیاز کارآفرینان شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تصویب برنامه‌های حمایتی و بلندمدت و تصویب استراتژی‌های کلان از طرف دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به رونق بازار شده است؟</p>	مشروعیت‌بخشی	کارکردهای حمایتی
<p>آیا استراتژی‌های کلان و سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات دولت جهت حمایت و پشتیبانی بلندمدت از فعالیت‌های کارآفرینی تدوین شده است؟</p>	جهت‌دهی به سیستم	
<p>آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی توسط دولت، سازمان‌های مالی خصوصی و اشخاص حقیقی تخصیص داده شده است؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا نیروی انسانی متخصص برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی کافی است؟ کیفیت آن‌ها چگونه است؟</p>	تأمین و تسهیل منابع	
<p>آیا بازار انبوه در حال شکل‌گیری می‌باشد؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه‌یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) رهبر بازار چه کسی است؟ (دولت/ واحدهای خصوصی) آیا رهبری بازار از دولت به شرکت‌های خصوصی انتقال یافته است؟</p>	شکل‌دهی به بازار	کارکردهای حاشیه‌ای

جدول (۷-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم

مرحله‌ی موتور محرک بازار	چهارم:	سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	شکل‌دهی به بازار	آیا رهبری بازار کاملاً به بخش خصوصی انتقال یافته است؟ آیا بازار انبوه شکل گرفته است؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟
کارکردهای حمایتی	کارکرد کارآفرینی	آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ نرخ ورود کارآفرینان چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟
کارکردهای حاشیهای	جهت‌دهی به سیستم	آیا قوانین و مقررات (از جنس تنظیم‌گری) در جهت حمایت و پشتیبانی از فعالیت‌های کارآفرینی و جهت‌دهی به بازار تدوین شده است؟
	تأمین و تسهیل منابع	اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) رهبر بازار چه کسی است؟ (دولت/ واحدهای خصوصی) آیا محرک‌ها / موانع نهادی برای شکل‌گیری بازار وجود دارد؟ آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟

۱-۴-۴- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان

در این مرحله بر اساس پاسخ‌های خبرگان مختلف فناوری مدنظر به سؤالات، کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج می‌شود. در ادامه با جمع‌بندی نظرات خبرگان حوزه مدنظر موانع و چالش‌های توسعه فناوری پس از پالایش و حذف موارد تکراری، تعیین می‌گردد.

۱-۴-۵- تعیین اهداف خرد

در این مرحله لازم است تا بر حسب فاز توسعه فناوری با رویکردی بالا-به-پایین (هدف‌محور) یا پایین-به-بالا (مسئله‌محور) به هدف‌گذاری پرداخته شود. داشتن این نگاه مستلزم پایش محیط، شناسایی مشکلات، کشف مزیت‌ها و محرک‌های موجود در توسعه فناوری است. رفع موانع و تقویت محرک‌ها را می‌توان به‌عنوان اهداف خرد توسعه فناوری قلمداد نمود. با توجه به اهداف

بالادستی و نیز در نظر گرفتن همراستایی اهداف خرد تعیین شده با آن‌ها، لازم است تا به همراستا نمودن و سازگار نمودن آن‌ها با هم نیز اقدام شود. به عبارت دیگر، اهداف خرد باید قادر باشند ملاحظات اهداف کلان تعیین شده را برآورده نمایند.

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذارند که دستیابی به آن‌ها نیازمند ارائه اقدام و سیاست‌گذاری با رویکرد جدید تحلیل و راهبری هستند. این اهداف، مقاصد میانی در محقق نمودن اهداف کلان بوده و از پراکنده شدن و غیر مرتبط بودن اقدامات و سیاست‌های خرد با سایر مسائل غیر ضروری جلوگیری می‌کنند. به همین دلیل، تعیین اهداف از اهمیتی برابر با انتخاب مناسب سیاست‌ها و اقدامات برخوردار است.

از یک طرف و به منظور حفظ یکپارچگی، اهداف خرد باید همراستا با اهداف کلان تدوین شده در لایه ارکان جهت‌ساز باشند، و از طرف دیگر و به منظور طراحی سیاست‌های اثربخش، اهداف خرد باید قادر به هدف قراردادن نقاط قوت و ضعف فرآیند گذار باشند. بر این اساس نیاز است تا روش تعیین اهداف برحسب دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا تعیین می‌شوند. رویکرد بالا-به-پایین همراستایی اهداف خرد با ارکان جهت‌ساز تعیین شده در مرحله قبل را تضمین می‌کند و رویکرد و پایین-به-بالا به پوشش دادن نقاط قوت و ضعف مسیر توسعه و طراحی اهدافی همراستا با نیازهای موجود کمک می‌کند. این دو رویکرد مکمل یکدیگر بوده و به صورت توأمان در فرآیند هدف‌گذاری خرد به کار برده می‌شوند.

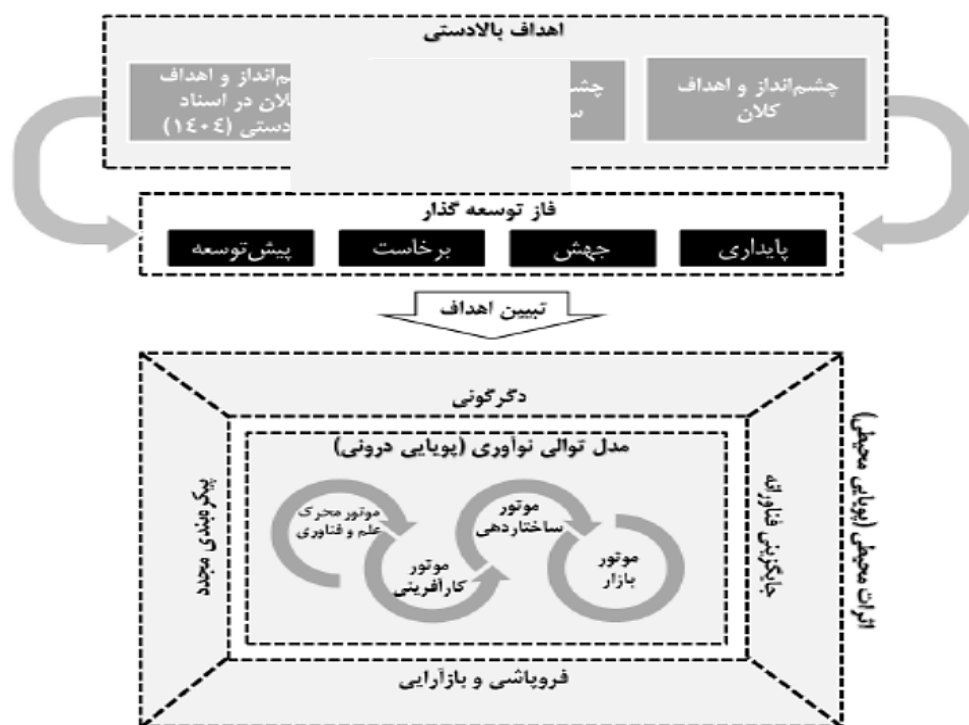
میزان وزن به‌کارگیری این دو رویکرد در فرآیند هدف‌گذاری بر حسب فاز توسعه فناوری مورد نظر متفاوت خواهد بود. در فناوری‌هایی که در مراحل ابتدایی توسعه خود قرار دارند (پیش‌توسعه)، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا-به-پایین و بر مبنای ترجمه اهداف بالادستی تعیین می‌شوند. در این حالت، سابقه محدودی از توسعه فناوری موجود بوده و اهداف به ایجاد ضرورت‌های توسعه تأکید دارد. رویکرد و پایین-به-بالا در این گونه فناوری‌ها به شکل محدود و تنها برای اطمینان از پوشش نقاط قوت و ضعف وضعیت موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در طرف مقابل، در فناوری‌هایی که در مراحل انتهایی فاز توسعه خود قرار دارند (سرعت‌گیری و تثبیت (بلوغ))، اهداف با رویکرد پایین-به-بالا بر اساس شناسایی موانع و محرک‌ها مشخص می‌شوند. این موانع و محرک‌ها در حقیقت ضعف‌ها و تهدیدها، و نقاط قوت‌ها و فرصت‌ها در شرایط موجود هستند. در این گونه از فناوری‌ها، مجموعه‌ای از سوابق فعالیت‌های اجتماعی-فناورانه-اقتصادی شکل گرفته و تلاش در جهت بهبود این سوابق و ادامه مسیر کنونی به‌عنوان هدف سیاست‌گذاری قرار می‌گیرد. رویکرد بالا-به-پایین در این گونه فناوری‌ها تنها برای حصول اطمینان از همراستا بودن اهداف برآمده از سابقه توسعه فناوری مورد نظر با ارکان جهت‌ساز است.

اهداف، چه زمانی که ترجمه جهت‌گیری‌های بالادستی هستند و چه زمانی که رفع یا تقویت موانع و محرک‌های شناسایی شده هستند، بر اساس ایده تکامل فرآیند توسعه فناوری بر اساس موتورهای چهارگانه نوآوری (پویایی داخلی) و اثرگذاری عوامل خارجی (پویایی بیرونی) تعریف می‌شوند. در ادامه، به تفکیک به روش‌های هدف‌گذاری بالا-به-پایین و پایین-به-بالا اشاره می‌شود.

رویکرد بالا-به-پایین

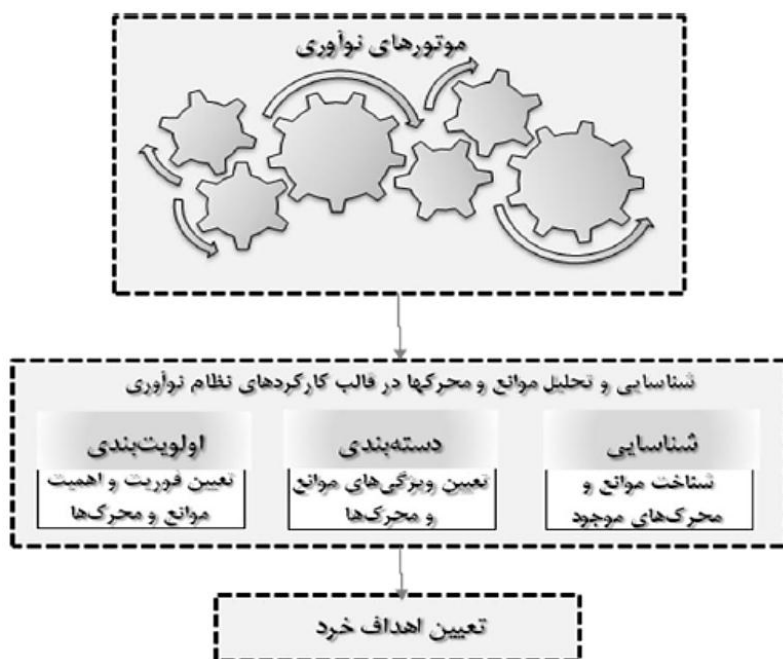
در این رویکرد از هدف‌گذاری، لازم است تا با مبنا قراردادن ارکان جهت‌ساز و با در نظرگیری رویکرد جدید تحلیل و راهبری، اهداف خرد معین شوند. اساساً رویکردهای بالا-به-پایین بر اساس ملاک و معیارهایی شکل می‌گیرند که در سطوح بالاتر مانند اقتصاد و یا صنعت تعیین شده‌اند. یکی از پیش‌نیازهای استفاده از این رویکرد در هدف‌گذاری، وجود قانون‌ها، اسناد، برنامه‌ها و اهداف بالادستی است. در روش‌شناسی پیشنهادی تدوین اسناد ملی که موضوع این مطالعه است، این قالب‌های بالادستی در ارکان جهت‌ساز و به‌وسیله اهداف کلان، راهبردها و سیاست‌های کلان مشخص می‌شوند.



شکل (۷-۱) - روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد

رویکرد پایین - به - بالا

با توجه به پیچیده شدن فضای توسعه علم و فناوری و سرعت بالای تحولات، رویکردهای بالا- به- پایین با مشکلاتی از قبیل عدم نگاه جامع روبه‌رو هستند؛ به‌گونه‌ای که در بعضی موارد استفاده تنها از آنها در هدف‌گذاری منجر به نادیده‌گرفتن بخشی از اهداف ضروری برای توسعه فناوری می‌شوند. به‌عنوان یک رویکرد تکمیل‌کننده، رویکرد پایین - به- بالا به استخراج نظرات خبرگان پیرامون وضعیت موجود توسعه فناوری و دسته‌بندی و اولویت‌بندی آنها در قالب اهداف می‌پردازد. در شرایطی که تاکنون نهادها، نقش‌ها و رویه‌هایی برای توسعه فناوری ظاهر شده است، این رویکرد به شناسایی موانع و محرک‌هایی می‌پردازد که فرآیند توسعه را کند یا تند می‌کند. در این حالت، رفع مشکلات کنونی سیستم و بهره‌گیری از فرصت‌های ایجاد شده در جهت شتاب بخشیدن به مسیر توسعه، می‌تواند معین‌کننده اهداف خرد در برنامه اقدامات و سیاست‌ها باشد. شناسایی موانع و محرک‌ها در قالب هدف‌گذاری با رویکرد پایین - به- بالا طی فرآیندی با مراحل زیر به انجام می‌رسد:



شکل (۱-۸) - هدف‌گذاری خرد با رویکرد پایین به بالا

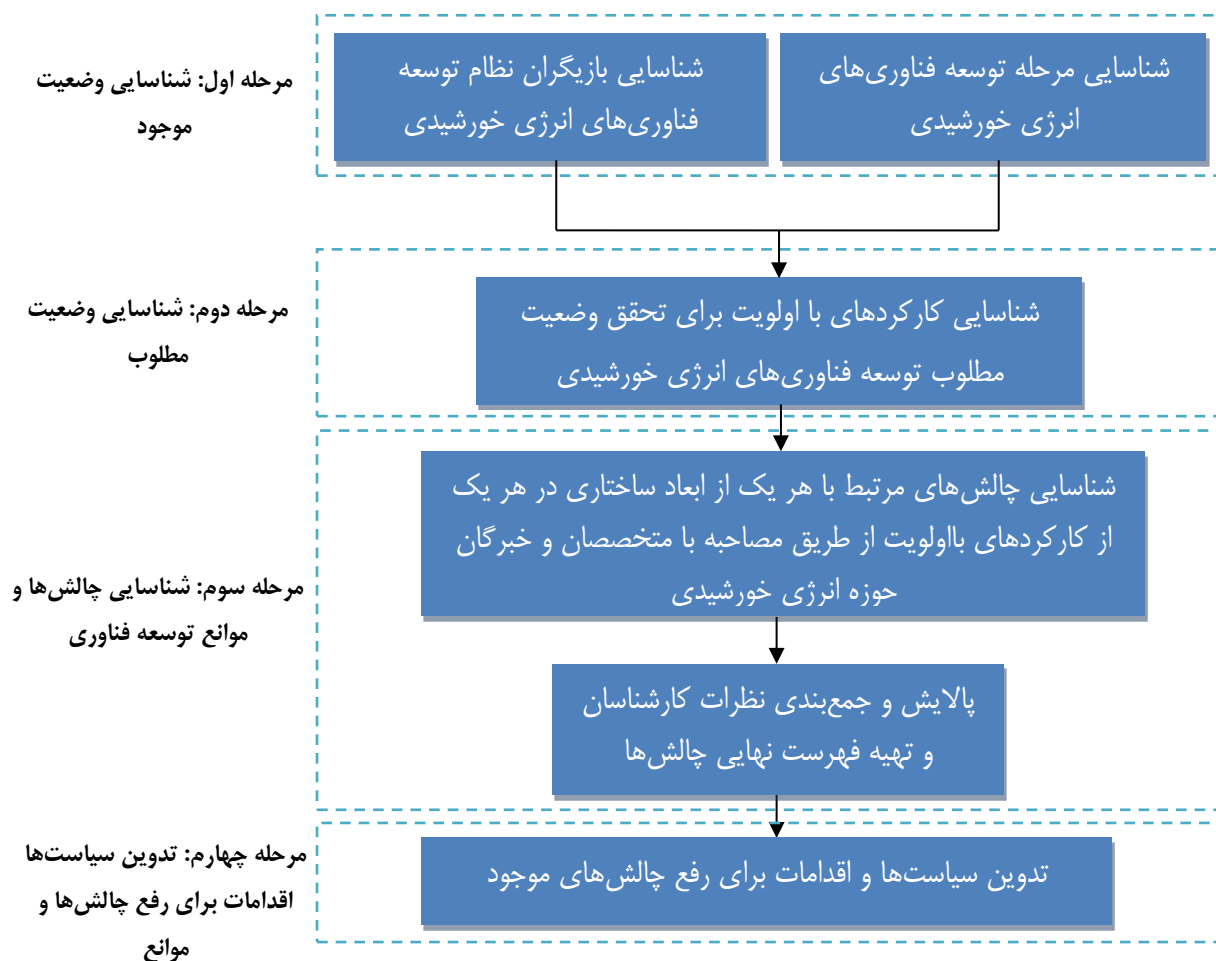
۱-۴-۶- تدوین سیاستها و اقدامات

سیاستها و اقدامات مجموعه‌ای از طرحها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاستها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات طرحها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاستها می‌باشند از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است سیاستها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالشها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود.

۲- برنامه اقدامات و سیاستهای توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

۲-۱- مقدمه

همان طور که در فصل قبل (شکل (۲-۱)) اشاره شد به منظور تدوین سیاستها و اقدامات در مرحله اول باید چالشها و موانع پیشروی توسعه فناوری را شناسایی نمود. چالشها و موانع پیشروی شناسایی شده، در واقع، مجموعه‌ای از مشکلات موجود در مسیر تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند هستند و از آنجایی که سیاستها و اقدامات رویکردهایی در جهت رفع این چالشها و موانع می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که سیاستها و اقدامات در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌شوند. همان طور که در بخش قبل اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) بوده و فرایند تدوین آنها در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۲) - فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

همان‌طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در صنعت شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی و نیز بازگیران نظام توسعه این سیستم‌ها در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. لازم به ذکر است که شناسایی بازیگران مرتبط با حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی در قالب گزارشی مستقل در مرحله دوم پروژه حاضر انجام شده است و خلاصه‌ای از نتایج آن به صورت فهرست‌وار و دسته‌بندی شده در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی مشخص شده‌اند. لازم به ذکر است که فهرست شرکت‌های فعال در حوزه انرژی خورشیدی، در این مرحله از پروژه و از طریق جستجو در پایگاه‌های داده سانا و با جمع‌آوری اطلاعات میدانی به فهرست بازیگران مرحله دوم پروژه اضافه شده است.

۲-۲-۱-۱- بازیگران زمینه توسعه دانش

بازیگران موجود در زمینه توسعه دانش و فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ارتباط با فناوری‌های انرژی خورشیدی به شرح ذیل هستند:

- **پژوهشگاه‌ها:** پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری، مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، پژوهشکده مواد پیشرفته و انرژی‌های نو سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده حقوق و محیط زیست و توسعه پایدار مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی دانشگاه تهران، پژوهشگاه انرژی و محیط زیست دانشگاه تهران، مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات، پژوهشکده انرژی و محیط زیست دانشگاه باهنر کرمان، مرکز تحقیقات انرژی خورشیدی دانشگاه شیراز، مؤسسه تحقیقات فناوران خورشید پژوه
- **دانشگاه‌ها:** دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه کاشان، دانشگاه یزد، دانشگاه اصفهان، دانشگاه

شاهد، دانشگاه شیراز، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه باهنر کرمان، دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی دانشگاه

شهید بهشتی پردیس شهید عباسپور

۲-۲-۱-۲- بازایگران در زمینه انتشار دانش

بازایگران موجود در زمینه انتشار دانش در ارتباط با فناوری‌های انرژی خورشیدی به شرح ذیل هستند:

- مرکز علمی آموزشی و پژوهشی آرگ (برگزاری نخستین کنفرانس سالانه ملی مهندسی مکانیک و راهکارهای صنعتی - مرداد ۹۴)
- مرکز ارزیابان محیط زیست هگمتانه و مرکز توسعه همایش‌های آریا هگمتانه- مرکز آموزش عالی شهید مفتاح همدان (برگزاری همایش ملی مدیریت انرژی‌های نو و پاک)
- سازمان نظام مهندسی ساختمان اصفهان، با همکاری دانشگاه اصفهان (برگزاری همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی)
- مرکز همایش‌های توسعه ایران (برگزاری همایش بین‌المللی محیط زیست ایران)
- دانشگاه آزاد واحد علی‌آباد کتول (برگزاری کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق با محوریت انرژی‌های نو)
- مرکز توسعه آموزش‌های نوین ایران (متانا) (برگزاری کنفرانس ملی چشم انداز ۱۴۰۴ و پیشرفت‌های تکنولوژیک علوم مهندسی)
- دانشگاه تهران- گروه تحقیقاتی فناوری‌های کنترل آلودگی هوا (برگزاری کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی انرژی خورشیدی)
- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی (برگزاری کنفرانس بین‌المللی مهندسی مکانیک و فناوری‌های پیشرفته)
- انجمن مهندسين متالورژی و انجمن علمی ریخته‌گری ایران (برگزاری کنفرانس بین‌المللی مواد مهندسی و متالورژی)
- شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا (برگزاری کنفرانس مدیریت انرژی و محیط زیست)
- موسسه آموزش عالی انرژی (برگزاری کنفرانس پیشرفت‌های نوین در حوزه انرژی)

جدول (۱-۲) - شرکت های مشاوره، سازنده و تأمین کننده فناوری های انرژی خورشیدی

نام شرکت	حوزه فعالیت	شماره تماس	آدرس	آدرس اینترنتی
آرمان سولار	تجهیزات فتوولتائیک	44471775	تهران، جنت آباد جنوبی، بلوار لاله شرقی، پلاک ۱۹، واحد ۴	www.armansolar.com
آریا انرژی خاوران	واردات محصولات خورشیدی	0511-7127594	مشهد، میدان توحید، مجتمع تجاری نصر، واحد ۵۰۳	www.ariaenergy.org
آریا سولار	تولید کننده فتوولتائیک	22362283	تهران، سعادت آباد، خیابان هشتم، پلاک ۱۶	www.ariasolarco.com
آفتاب کاران	تجهیزات فتوولتائیک	66803775	تهران - شاد آباد - خیابان ۱۷ شهریور - روبروی ایستگاه آتش نشانی - خیابان وزین	www.aftabkarangroup.com
البرز سولار	آبگرمکن خورشیدی	0261-4451608	کرج، سه راه رجایی شهر، پلاک ۵۹	www.alborzsolar.com
انرژی استار	تجهیزات فتوولتائیک	66935860	تهران - خیابان جمالزاده شمالی - خیابان فرصت شیرازی	energystar.ir
انرژی تجدیدپذیر شمس	ساخت آبگرمکن خورشیدی			www.shams-solar.com
بانیان صنعت پارس	تجهیزات فتوولتائیک	88986215	تهران، یوسف آباد، خیابان چهارم، پلاک ۵	www.bspco.ir
بناگستران آب و دما	ساخت آبگرمکن خورشیدی	0311-2655415	اصفهان، خیابان هشت بهشت، چهار راه ملک	www.banagostaran.com
بهین نیروی آیندگان	تجهیزات فتوولتائیک	22774480	تهران، خیابان پاسداران، بوستان هشتم، پلاک ۱۰۸	www.behinnirou.com
پارس التک انرژی	تجهیزات فتوولتائیک	88755447	تهران، سهروردی شمالی، میرزای زینالی، پلاک ۱۶۱	www.parseltek.com
پارس سولار	تجهیزات فتوولتائیک	22513796	تهران، خیابان پاسداران، انتهای بوستان پنجم، خیابان گلشن، شماره ۱۲، طبقه اول	www.parssolarniro.com
پاسارگاد	باتری خورشیدی	66739757	تهران، خیابان جمهوری، ساختمان امجد، پلاک ۲۱	www.maxpowertop.com
پاک آتیه	تجهیزات فتوولتائیک	0511 - ۸۶۵۲۲۱۹	مشهد - انتهای بلوار ۷ تیر، فکوری ۱۷ شماره	tamin-atieh.ir
پیمان انرژی نفیس	تجهیزات فتوولتائیک	88810606	کریمخان - خیابان ایرانشهر - کوچه برنا - پلاک ۳۲	www.mekialenergy.com
تایسیز اراک	تجهیزات روشنایی فتوولتائیک	086-33686547	اراک، خیابان امام خمینی، مجتمع تجاری فردوسی، واحد ۶۰۷	www.solartaysez.com

نام شرکت	حوزه فعالیت	شماره تماس	آدرس	آدرس اینترنتی
رادنور سولار	مشاوره و اجرا	22901885		www.radnoursolar.com
رهروان صنعت انرژی	مشاوره و اجرا	22369205	تهران، سعادت آباد، میدان کاج، خیابان پنجم، پلاک ۲۲	www.rsa-energy.com
زر نیک فر توان	تجهیزات فتوولتائیک	88661956	تهران، میدان آرژانتین، خیابان زاگرس، خیابان بیست و نه، پلاک ۱۱	www.zarnikfar.com
زی - نر	تجهیزات فتوولتائیک	66723972	تهران خیابان انقلاب بین استاد نجات‌الهی (ویلا) و میدان فردوسی شماره ۸۱۲ طبقه چهارم	www.zenerco.com
سنگر کار	ساخت آبگرمکن خورشیدی	88835835	تهران، خیابان خردمند، کوچه ۱۸، پلاک ۲	www.sangarkar.com
سوریا سامان هور	تجهیزات فتوولتائیک	0341 - 2461462	کرمان ، شهرک صنعتی شماره ۲ (خضراء) ، بلوار پامچال ، انتهای خیابان پانزده	www.ssh.co.ir
سولار الکترونیک کیش	تجهیزات روشنایی فتوولتائیک	0229-4586597	تهران، کیلومتر ۲۷ جاده ساوه، شهرک صنعتی شهید زواغره ای	www.solarekish.ir
سولار باد	تجهیزات فتوولتائیک	55673951	خیابان رازی، خیابان ابار نفت، پاساژ شاه حسین	www.solarbaad.com
سولار بهینه انرژی مهر	واردات آبگرمکن خورشیدی	88968907	تهران، خیابان فاطمی، پلاک ۸۳	www.solarbam.com
سولار پولار	ساخت آبگرمکن خورشیدی	0311-3800280	اصفهان، کیلومتر ۲۲ جاده تهران، روبروی نیروگاه شهید منتظری، خیابان ۳۶	www.solar.polar.ir
سولار سبز انرژی سورنا	تجهیزات فتوولتائیک	22275353	تهران، سعادت آباد، بین میدان سرو و کاج، خیابان صدف، کوچه رز شرقی، پلاک ۲۳	
سولار صنعت برق	تجهیزات روشنایی فتوولتائیک	22894296	تهران، خیابان شریعتی، ضلع جنوبی حسینیه ارشاد، پلاک ۵۶	www.solarsanat.com
سولار صنعت پارسبان	تجهیزات فتوولتائیک	0611-4438286	اهواز، زیتون کارمندی، خیابان کمیل، پلاک ۱۴۱	www.iransolar.org
شرکت پیرامون	تجهیزات سرمایشی خورشیدی	88325380	تهران، خیابان ایرانشهر، خیابان آذرشهر، پلاک ۱۸	www.piramooco.com
صنایع الکترونیک	تجهیزات فتوولتائیک	66709503	تهران، خیابان لاله‌زارنو، ساختمان شماره ۳ البرز	www.horand.com

نام شرکت	حوزه فعالیت	شماره تماس	آدرس	آدرس اینترنتی
افشار(هوراند)				
صنایع الکترونیک سازان	تولید کننده فتوولتائیک	0231-3353324	سمنان، کیلومتر ۷ جاده دامغان، شهرک صنعتی شرق	www.sazanelectronic.com
صنایع الکترونیک فاران	تجهیزات فتوولتائیک	88733742	تهران، میدان آرژانتین، خیابان احمد قصیر، خیابان شانزدهم، پلاک ۳	www.farancorp.net
صنعت خورشیدی پارس	ساخت آبگرمکن خورشیدی	88830571	تهران، خیابان کریمخان، نبش سپهبد قرنی، پلاک ۱۹۶	www.parssolar.com
صنعت گستر سهیل	ساخت آبگرمکن خورشیدی	88738715	تهران، خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه یازدهم، شماره ۳۴	www.sgscoil.com
فدک(ایران باتری)	باتری خورشیدی			www.iranbattery.ir
فراگامان	تولید کننده فتوولتائیک	0511-8433488		www.nirogah.com
فیام صنعت	تجهیزات فتوولتائیک	77348344	تهران، خیابان طالقانی، مابین بهار و شریعتی، پلاک ۵۵	www.fiammco.com
کابل‌های مخابراتی شهید قندی	تولید کننده فتوولتائیک	44406651	تهران، پونک، ۳۵ متری گلستان، پلاک ۲۱	www.sgccir.com
کاراندیشان	مشاوره و اجرا			www.karandishan.com
کیان انرژی	واردات آبگرمکن خورشیدی	44001743	تهران، خیابان آیت الله کاشانی، پلاک ۱۰۶	www.kianenergy.com
گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر آفتاب شرق	مشاوره و اجرا	0411-5234676	تبریز، خیابان بهشتی، خیابان مدرس، ساختمان سیمرغ، واحد ۳	www.e-sun.co
مادیران	تجهیزات فتوولتائیک	88781500	تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از پارک ساعی، روبروی کوچه گل، پلاک ۲۳۹۴	www.maadiran.com
مهندسین مشاور کارمایه سیستم	مشاوره و اجرا	88757540	تهران، خیابان مطهری، خیابان میرعماد، نبش کوچه سیزدهم	www.karmayeh.com
موسسه تحقیقاتی فناوران خورشید	تولید کننده آبگرمکن خورشیدی	66419288	تهران، خیابان حافظ، خیابان رشت، پلاک ۱۷	www.net-solar.com
نورسان انرژی	تجهیزات فتوولتائیک	88220626	کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم (۱۶) - پارک علم و فن آوری دانشگاه تهران	www.noursun.com

نام شرکت	حوزه فعالیت	شماره تماس	آدرس	آدرس اینترنتی
یکتا بهین توان	مشاوره	66034724	تهران، خیابان آزادی، ضلع شرقی دانشگاه صنعتی شریف، کوچه ابوالفضل قدیر، پلاک ۵، طبقه ۳ واحد ۱	www.yektabehan.com

۲-۲-۱-۴- بازایگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم

در زمینه جهت‌دهی به سیستم، در حال حاضر این بخش‌ها فعال هستند.

- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)
- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- توانیر (دفتر پشتیبانی فنی تولید)
- پژوهشگاه نیرو
- شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
- انجمن فیزیک ایران
- انجمن انرژی ایران
- انجمن انرژی خورشیدی
- انجمن صنایع خورشیدی ایران
- سندیکای صنعت برق
- انجمن علمی انرژی خورشیدی ایران
- کانون هماهنگی کاربرد سلول‌های خورشیدی ایران
- انجمن بهینه‌سازی انرژی خورشیدی ایران،

بازایگران توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در جدول زیر ارائه شده است:

جدول (۲-۲) - بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی.

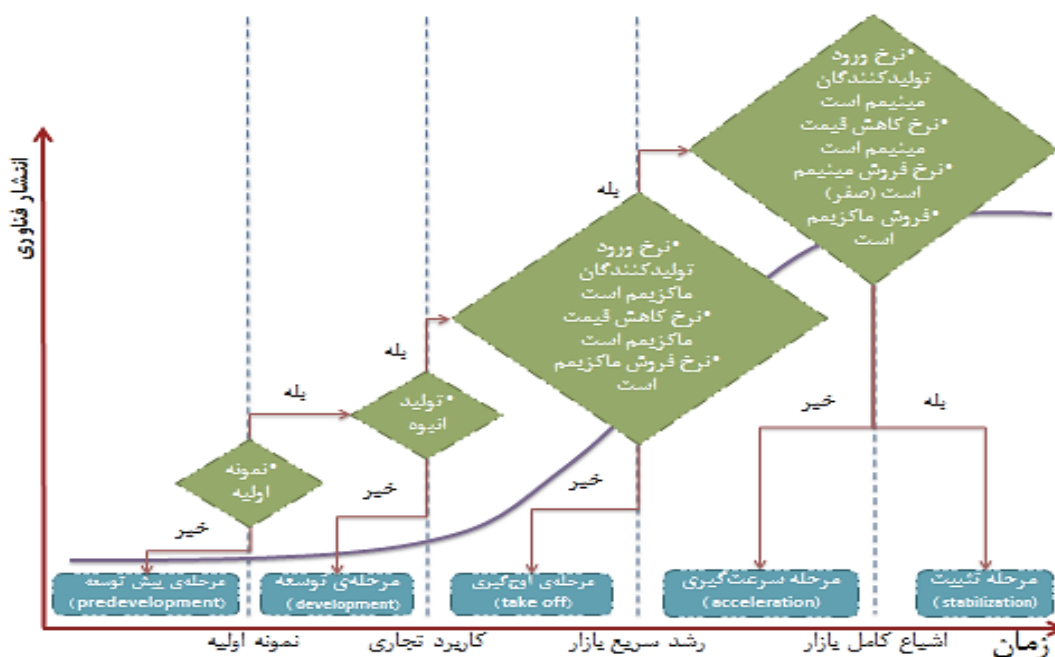
ردیف	نام مرکز	نوع خدمات
۱	دانشگاه تهران	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۲	دانشگاه علم و صنعت ایران	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۳	دانشگاه صنعتی شریف	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۴	دانشگاه تربیت مدرس	تحقیقات و انتشار دانش
۵	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	تحقیقات و انتشار دانش
۶	دانشگاه شهید چمران اهواز	تحقیقات و انتشار دانش
۷	دانشگاه یزد	تحقیقات و انتشار دانش
۸	دانشگاه اصفهان	تحقیقات و انتشار دانش
۹	دانشگاه شاهد	تحقیقات و انتشار دانش
۱۰	دانشگاه شیراز	تحقیقات و انتشار دانش
۱۱	دانشگاه کاشان	تحقیقات و انتشار دانش
۱۲	دانشگاه علوم و تحقیقات	تحقیقات و انتشار دانش
۱۳	دانشگاه باهنر کرمان	تحقیقات و انتشار دانش
۱۴	دانشگاه شهید بهشتی (عباسپور)	تحقیقات و انتشار دانش
۱۵	مرکز توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی پژوهشگاه نیرو	جهت دهی به سیستم، انتشار دانش، نظارت
۱۶	پژوهشکده مواد پیشرفته و انرژی‌های نو سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران	تحقیقات و انتشار دانش
۱۷	پژوهشکده حقوق و محیط زیست و توسعه پایدار مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی	تحقیقات و انتشار دانش
۱۸	مؤسسه تحقیقات فناوری خورشید پژوه	تحقیقات
۱۹	انجمن انرژی ایران	انتشار دانش
۲۰	انجمن مهندسی مکانیک ایران	انتشار دانش
۲۱	مؤسسه آموزش عالی انرژی	انتشار دانش
۲۲	شرکت هم‌اندیشان انرژی کیمیا	انتشار دانش
۲۳	انجمن مهندسين متالورژی	انتشار دانش
۲۴	مرکز توسعه آموزش‌های نوین ایران (متانا)	انتشار دانش
۲۵	مرکز همایش‌های توسعه ایران	انتشار دانش
۲۶	سازمان نظام مهندسی ساختمان اصفهان	انتشار دانش
۲۷	مرکز آموزش عالی شهید مفتح همدان	انتشار دانش
۲۸	مرکز علمی آموزشی و پژوهشی آرگ	انتشار دانش
۲۹	مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران	تحقیقات و نظارت

ردیف	نام مرکز	نوع خدمات
۳۰	پژوهشگاه مواد و انرژی	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی
۳۱	پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۳۲	مرکز تحقیقات شرکت توانیر	تحقیقات و نظارت
۳۳	دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری	تحقیقات و جهت‌دهی به سیستم
۳۴	دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق	انتشار دانش
۳۵	دبیرخانه کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق	انتشار دانش
۳۶	دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی مهندسی مکانیک	انتشار دانش
۳۷	دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق (انجمن مهندسیین برق و الکترونیک ایران)	انتشار دانش
۳۸	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	جهت‌دهی به سیستم
۳۹	وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)	جهت‌دهی به سیستم
۴۰	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	جهت‌دهی به سیستم
۴۱	شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	جهت‌دهی به سیستم
۴۲	صندوق مهر امام رضا (ع)	تأمین منابع مالی
۴۳	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری	تأمین منابع مالی
۴۴	صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور	تأمین منابع مالی
۴۵	صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران	تأمین منابع مالی
۴۶	صندوق توسعه فناوری‌های نوین	تأمین منابع مالی
۴۷	صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو	تأمین منابع مالی
۴۸	توانیر	تأمین منابع مالی و جهت‌دهی به سیستم
۴۹	شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو	تأمین مواد و قطعات

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود به طور کلی، اکثر بازیگران فعال در حوزه انرژی خورشیدی، دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها هستند و اکثر فعالیت‌ها شامل انجام تحقیقات و مطالعات در این زمینه می‌باشد. در حوزه فتوولتائیک، علاوه بر بازیگران فوق، شرکت‌های مشاور و تأمین‌کننده زیادی فعال هستند که فهرست آن‌ها در جدول (۲-۱) ذکر شده است.

۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره گردید در تعیین وضعیت موجود توسعه فناوری، علاوه بر تعیین بازیگران مختلف حوزه مدنظر باید مرحله توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی را تعیین نمود. با توجه به وضعیت شاخص‌های توسعه فناوری (شکل (۲-۲) و جدول (۲-۱)) مرحله توسعه فناوری برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار مشخص گردید که در ادامه به تفکیک برای هر فناوری ذکر می‌گردد.



شکل (۲-۲) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

۲-۲-۲-۱- مرحله توسعه فناوری فتوولتائیک سیلیکونی

تاکنون برای این فناوری، در کشور سه شرکت تولیدکننده (شرکت هدایت نور یزد، هلدینگ آتیه و الکترونیک سازان سمنان) وجود داشته، همچنین شرکت‌های واردکننده (بازرگانی) بسیار زیادی وجود دارند، لذا بازیگران اصلی این حوزه شامل شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر بوده‌اند. نقش دولت نیز به دلیل سیاست‌های اخیر و اقدام به تدوین اسناد و همچنین مشخص کردن و سیاست‌گذاری در برنامه پنجم توسعه، پررنگ شده است.

به دلیل وجود نمایشگاه‌ها و کنفرانس‌های مرتبط با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر شبکه‌های علمی شکل گرفته که معمولاً خروجی ملموسی وجود نداشته است لذا شبکه‌های علمی شکل گرفته ضعیف بوده‌اند. در زمینه کل فناوری‌های انرژی خورشیدی قوانینی وجود داشته است ولی در حال حاضر مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی، ساتبا و غیره (نهادهای سخت) در حال شکل‌گیری هستند.

با توجه به موارد فوق فناوری فتوولتائیک سیلیکونی در مرحله توسعه قرار دارد.

تبادل	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	
تمام بازیگران در این حوزه‌ی قناورانه به صورت فعال حضور دارند	تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ یانکپها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود	بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامی‌گری) پررنگ می‌شود	بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود بازیگران نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد.	بازیگران
شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	روابط قدری شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند نهادهای نرم شکل می‌گیرد	تعاملات
نهادهای سخت متنوعی وجود دارد	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهادهای سخت شکل گرفته است	نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد	نهادهای

شکل (۳-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری فتوولتائیک سیلیکونی

۲-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری‌های نوین فتوولتائیک

این فناوری‌ها هنوز به بازار راه نیافته‌اند و معمولاً بازیگران اصلی در راه توسعه این فناوری‌ها دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی بوده است و در حال حاضر چند شرکت دانش بنیان در حال شکل‌گیری است مانند شریف سولار که به اساتید دانشگاه‌ها وابسته هستند.

همایش‌های تخصصی بسیار محدود در طول سال برگزار شده است و متخصصین در این زمینه با شرکت در نمایشگاه‌های سایر حوزه‌ها مانند نانو و آشنایی به واسطه آن‌ها با یکدیگر آشنا شده‌اند و معمولاً روابط فردی شکل گرفته و شبکه‌ای موجود نیست. با توجه به موارد فوق فناوری‌های نوین فتوولتائیک در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد.

پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
<ul style="list-style-type: none"> • یازدهگان اصلی؛ دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود یازدهگان • نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. 	<ul style="list-style-type: none"> • یازدهگان اصلی؛ شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • شرکت‌های سررشته‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند • نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ‌تر می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> • انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند • افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان • نقش دولت در سیاست‌گذاری (قایله‌گری) پررنگ‌تر می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> • تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد • نقش پررنگ بانکها و مؤسسات مالی • نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ‌تر می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> • تمام یازدهگان در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند
<ul style="list-style-type: none"> • روابط فردی شکل گرفته است • شبکه‌های مرتبط به فناوری وجود ندارند • نهادهای نرم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> • شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> • شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است • شبکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> • شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> • شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنعتی قوی
<ul style="list-style-type: none"> • نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> • نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> • نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> • افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> • نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

شکل (۲-۴) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های نوین فتوولتائیک

۲-۲-۲-۳- مرحله توسعه فناوری مولتی جانکشن

به طور کلی، تعداد مقالات در این زمینه در ایران تاکنون کمتر از ۱۰ مقاله بوده است، بنابراین در حال حاضر، بازیگر اصلی توسعه این فناوری دانشگاه‌ها هستند. در این زمینه کنفرانسی برگزار نشده است و معمولاً فعالان این حوزه به صورت فردی یکدیگر را می‌شناسند.

با توجه به موارد فوق فناوری مولتی جانکشن در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد.

تعالد	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	
<ul style="list-style-type: none"> تمام یازبگران در این حوزه‌ی فناوریانه به صورت فعال حضور دارند 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازبگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازبگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود یازبگران نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. 	<p>یازبگران</p>
<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی قوی 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی در حال قوی شدن است شیکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> روابط قوی شکل گرفته است شیکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند 	<p>تعاملات</p>
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت‌متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها پسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت‌متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت‌متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	<p>نهادهای</p>

شکل (۲-۵) - شناسایی فاز توسعه فناوری مولتی جانکشن

۲-۲-۲-۴- مرحله توسعه فناوری استرلینگ

تمام اتفاقاتی که در این زمینه در کشور رخ داده است در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی بوده است و متخصصین این حوزه به واسطه روابط شخصی با یکدیگر آشنا هستند. با توجه به موارد فوق فناوری دیش/استرلینگ در مرحله پیش توسعه قرار دارد.

تبادل	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	
<ul style="list-style-type: none"> تمام یازبگران در این حوزه‌ی فناوریانه به صورت فعال حضور دارند 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پیرزنگ پانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پیرزنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابل‌سه‌گیری) پیرزنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازبگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گیری) پیرزنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازبگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود یازبگران نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. 	یازبگران
<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی قوی 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی در حال قوی شدن است شیکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> روابط قوی شکل گرفته است شیکه‌های ضعیف به فناوری وجود ندارند 	تعاملات
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت متشوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها پسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	نهادهای

شکل (۲-۶) - شناسایی فاز توسعه فناوری استرلینگ

۲-۲-۲-۵- مرحله توسعه فناوری سهموی خطی

در حال حاضر پروژه‌هایی در دانشگاه‌ها در حال انجام است و قابل توجه است که پروژه اجرایی ۲۵۰ کیلوواتی شیراز، با محوریت دانشگاه شیراز و شخص آقای دکتر یعقوبی انجام شده است. همچنین دولت برای انجام پروژه‌های صنعتی در این زمینه، پروژه‌هایی را به شرکت‌های بزرگ مانند مپنا سفارش داده است. کنفرانس تخصصی در این حوزه وجود ندارد اما این فناوری در کنفرانس‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و کنفرانس‌های مرتبط با مهندسی مکانیک نقش پررنگی را ایفا می‌کند، به نحوی که تقریباً تمامی فعالان این حوزه یکدیگر را شناسایی کرده‌اند و شبکه‌ای علمی تشکیل شده است اما خروجی قابل توجهی نداشته‌اند. با توجه به موارد فوق فناوری سهموی خطی در مرحله توسعه قرار دارد.

تبادل	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه
<ul style="list-style-type: none"> تمام یازدگان در این حوزه‌ی فناوریانه به صورت فعال حضور دارند 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابل‌تعمیر) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازدگان اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> یازدگان اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود یازدگان نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد
<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی قوی 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی قوی شیکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های علمی در حال قوی شدن است شیکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> روابط قدری شکل گرفته است شیکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد

شکل (۲-۷) - شناسایی فاز توسعه فناوری سهموی خطی

۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد در مرحله پیش‌توسعه کارکردهای مؤثر عبارت‌اند از: توسعه دانش (کارکرد کلیدی)، انتشار دانش و بسیج منابع (کارکردهای حمایتی) و جهت‌دهی به سیستم (کارکرد حاشیه‌ای). به‌منظور توسعه فناوری و انتقال فناوری از مرحله پیش‌توسعه به توسعه باید چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود در ابعاد ساختاری چهار کارکرد ذکر شده تعیین و مرتفع شوند.

در مرحله توسعه، تمامی هفت کارکرد ذکرشده، مؤثر به حساب می‌آیند. در این مرحله، کارآفرینی کارکرد اصلی است. توسعه و انتشار دانش و همچنین جهت‌دهی به سیستم کارکردهای حمایتی را تشکیل می‌دهند و کارکردهای شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع، و مشروعیت‌بخشی کارکردهای حاشیه‌ای هستند.

۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های خورشیدی

در گام قبلی، کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم به‌عنوان کارکردهای با اولویت برای فناوری‌های قرارگرفته در فاز پیش‌توسعه (فناوری‌های نوین فتوولتائیک، فناوری مولتی‌جانکشن، و فناوری دیش/استرلینگ) شناسایی شدند. همچنین کارکردهای کارآفرینی، توسعه و انتشار دانش و جهت‌دهی به سیستم کارکردهای با اولویت برای فناوری‌های قرارگرفته در فاز توسعه (فناوری سیلیکون و فناوری سهموی خطی) هستند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی شناسایی شده است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۱۷ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

جدول (۲-۳) - فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش‌های حوزه انرژی خورشیدی

ردیف	نام	سمت
۱	نیما تقوی نیا	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۲	محمدصادق ذبیحی	معاونت پژوهشی مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
۳	ابراهیم اصل سلیمانی	عضو هیات علمی دانشکده برق دانشگاه تهران
۴	سید محمد صادق زاده	عضو هیات علمی دانشگاه شاهد
۵	محمدصادق قاضی زاده	ریاست پژوهشگاه نیرو
۶	شاهرخ فرهنگی	عضو هیات علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران
۷	شهریار جلالی	معاون برنامه ریزی سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۸	محمود یعقوبی	عضو هیات علمی دانشگاه شیراز
۹	سید مسلم موسوی	مدیر شرکت مشاوره آتی‌اندیشان شریف
۱۰	عباس افتخاری	مدیر صنایع الکترونیک سازان
۱۱	حسین یارمحمدی	مدیر شرکت پارس التک انرژی
۱۲	اعظم ایرجی زاد	رئیس پژوهشکده علوم و فناوری نانو و عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۱۳	عباس بهجت	معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده فیزیک و عضو هیات علمی دانشگاه یزد
۱۴	رسول اژتبان	عضو هیات علمی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران
۱۵	محمود زنده دل	عضو هیات علمی مدعو دانشگاه اصفهان
۱۶	اکبر شعبانی کیا	مدیر اجرایی ستاد توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر

ردیف	نام	سمت
۱۷	محمد بهشاد شفیعی	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف

همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد به‌منظور شناسایی و تعیین چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری سؤالات مختلفی در رابطه با وجود، تعداد و کیفیت ابعاد ساختاری هر یک از چهار کارکرد مؤثر در مرحله پیش‌توسعه و همچنین کارکردهای مهم در فاز توسعه طرح شد و در جلسات مصاحبه این سؤالات از خبرگان و کارشناسان فوق‌الذکر پرسیده شد. همچنین چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی برای تمامی کارکردها، که برای تمام فناوری‌های این حوزه در هر مرحله‌ای از توسعه صادق هستند، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در ادامه خلاصه‌ای از مصاحبه‌های صورت‌گرفته ارائه شده است.

۲-۴-۱- دکتر تقوی‌نیا

۱. فناوری نسل سوم سلول خورشیدی بیشتر در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها است در حالیکه سلول خورشیدی سیلیکونی وارد صنعت شده‌اند سوال این است که آیا مشکل اصلی برای توسعه دانش بحث مالی است یا عدم رشد خوب این فناوری؟

۲. وجود خلاء دانش در حوزه سولار سل و دیگر حوزه‌ها در ایران و صورت نگرفتن بحث انباشتگی دانش.

۳. نبود یک کانال تجاری‌سازی برای اطلاع‌رسانی به تمام کسانی که در این زمینه فعال هستند و توسعه‌ای را انجام می‌دهند تا تمامی اطلاعات در سایت قرار بگیرد و اشتغال‌زایی نیز امکان‌پذیر گردد.

پس دو بحث مطرح می‌شود:

- نبود زنجیره بعد از تحقیق

- دیدن مردم یعنی Community صورت نمی‌گیرد. مثلاً یک کنفرانس خورشیدی که سالانه برگزار شود و باعث

گردد مردم در آنجا همدیگر را ببینند و کارهای همدیگر را Follow کنند.

۴. جامعه سلول خورشیدی در ایران خیلی جوان است و با متوسط عمر ۳ تا ۴ سالی که دارد خوب رشد کرده و مقالات

استخراج شده در این زمینه از متوسط مقالات تولید شده در سایر حوزه‌ها، دارای impact factor بالاتری بوده است

ولی بایستی این روند ادامه یابد.

۵. ایران دارای تعداد کم مقالات در زمینه سیلیکون است که می‌بایست برای افزایش تعداد مقالات از تحقیقات در زمینه سیلیکون حمایت شود.

۶. حال این سوال مطرح است که کدام نوع حمایت نگاه بهتری به این موضوع است؟ اینکه آنهایی که محصول خود را تجاری کرده‌اند بیشتر حمایت شوند یا نه آنهایی که کارشان نزدیک به بحث مورد نظر است حمایت شوند؟ حمایت‌ها بایستی دو، سه طبقه باشند یعنی هر چه به تجاری‌سازی فناوری نزدیکتر باشند، حمایت بیشتری بگیرند.

۷. معمولاً مشکل، مشکل بازار است چون حلقه بعدی یعنی مصرف‌کنندگان به خوبی وجود ندارند و این موضوع در کل دنیا مطرح است.

۸. بحث دیگر این است که فرصت سرمایه‌گذاری و کارآفرینی بایستی به سرمایه‌گذار معرفی شود ولی هنوز به این مرحله نرسیده‌ایم.

۹. پرینت کردن (Printing) تکنولوژی و مقوله جدیدی است که در ایران در سطح پایینی قرار دارد و در واقع سطح کارگری دارد و فیزیکدانان و شیمی‌دانان وارد این قضیه نشده‌اند.

۱۰. بایستی دولت در این زمینه سرمایه‌گذاری کرده و دست‌و‌دلباز عمل نماید که یک سری افراد را به کنفرانس‌ها و کارگاه‌ها در خارج کشور بفرستد همچنین در این زمینه می‌تواند حالت رقابتی ایجاد کند که هر سال بالفرض سه نفر از افرادی را که در این زمینه به پیشرفت خوبی رسیده‌اند، بفرستد و تصمیم اشخاص تأثیری نداشته باشد چون افراد عوض می‌شوند.

۱۱. بانک اطلاعاتی در مورد افراد فعال در حوزه خورشیدی وجود ندارد.

۱۲. کنفرانس‌ها باید کم هزینه باشند تا دانشجویان در آنها شرکت کنند مثلاً کنفرانس نانو هر دو سال یکبار در کیش برگزار می‌شد که ۷۰۰ هزار تومان خرج داشت، به همین دلیل است که بیشتر کنفرانس‌ها در تهران برگزار می‌شود تا دانشجویان بتوانند شرکت کنند.

۱۳. با توجه به ضعف موسسات سرمایه‌گذاری در ایران، یکی از عوامل عدم توسعه مناسب تاکنون، توزیع نامناسب سرمایه

است و راه حل این پدیده تخصیص سرمایه بر اساس روند رشد و عملکرد گروه‌های تحقیقاتی است.

۱۴. فرقی اساسی بین این دو سؤال وجود دارد که چه نیروگاه خورشیدی و یا چه تکنولوژی خورشیدی می‌خواهیم داشته باشیم؟

۲-۴-۲- دکتر ذبیحی

۱. اهمیت توجه به ظرفیت‌سازی در کنار شناخت ظرفیت کنونی کشور مسئله مهمی است.
۲. لزوم دستیابی به تکنولوژی‌های پایه در داخل کشور مثل تولید سیلیکون.
۳. عدم اطلاع از کارهای انجام شده در ایران یکی از ضعف‌های بزرگ است.
۴. رکورد تحقیقاتی همیشه منطبق بر صنعت و سیاست‌گذاری نیست، بنابراین باید اتفاقات رخ داده در مراکز تحقیقاتی را به همراه روند صنعت بررسی کنیم و عدم توجه به این امر یک ضعف است.
۵. برخی سیاست‌گذاران تنها صرفه اقتصادی را ملاک قرار می‌دهند که اشتباه است.
۶. برای بهبود روند سیاست‌گذاری باید سه نکته را باهم لحاظ کرد، قیمت محصول، طول عمر و بازده آن. چون سیاست‌گذاری بلند مدت مطرح است باید پیش‌بینی سهم فناوری‌ها در درازمدت هم دیده شود.
۷. تصمیم‌گیری نهایی فناوری باید با توجه به توانمندی‌ها و سپس صرفه اقتصادی باشد.
۸. نبود آزمایشگاهی برای انجام تست‌های مکانیکی روی ماژول‌ها در ایران.
۹. علیرغم وجود کارخانجات متعدد شیشه‌سازی در ایران، اما هیچ‌یک اقدام به تولید شیشه بدون آهن یا اصطلاحاً شیشه سفید نمی‌کنند مگر با افزایش تقاضای این محصول در ایران.
۱۰. اگر دید مقایسه‌ای فقط بر مبنای سلول باشد، صنعتی که مواد اولیه آن وارداتی باشد، ارزش افزوده ایجاد شده در آن توان رقابت در بازار جهانی را ندارد.
۱۱. تا زمانی که تولید سیلیسیوم سولار گرید در ایران صورت نگیرد، بقیه مراحل صرفه اقتصادی را برای کشور ندارند.
۱۲. به علت حجم سرمایه‌گذاری بالا در تولید سیلیسیوم ورود دولت و حمایت آن ضروری است.
۱۳. تولید سیلیسیوم سولار گرید چرخ دنده حساس توسعه و پیشرفت حوزه فتوولتائیک است، زیرا بخش خصوصی به

تنهایی توانایی سرمایه‌گذاری برای ورود به این بخش را ندارد، بنابراین دولت باید وارد این عرصه شود.

۱۴. عدم حمایت از تولیدکنندگان داخلی عامل ورشکستگی آنها می‌باشد بنابراین نظارت و کنترل کیفیت شرکت‌های تولیدکننده داخلی، عاملی برای پیشرفت کیفیت آنهاست و برای این کار یکی از مهمترین اقدامات راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع تست فتوولتائیک بر اساس معتبرترین استانداردهای بین‌المللی است که در پژوهشگاه نیرو در دست اقدام است.

۱۵. یکی از ضعف‌های سیستم انجام تحقیق برای تحقیق است، یعنی تحقیقات به صورت هدفمند و با هدف تولید صنعتی صورت نمی‌گیرد.

۱۶. حلقه مفقود سیاست‌های جاری، تحقیقات کاربردی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۷. تربیت تکنسین‌ها برای نصب تأسیسات خورشیدی جزء ملزومات است (یعنی ایجاد رشته‌های مهارت محور).

۱۸. تربیت تکنسین‌ها و ایجاد رشته‌های تخصصی مستلزم ایجاد بازار کار است.

۱۹. قابل رقابت نبودن برق خورشیدی به خاطر واقعی نبودن قیمت برق تولیدی در کشور نیازمند اصلاحاتی است.

۲۰. کمبود برنامه مستمر و منسجم برای تبلیغ استفاده از انرژی خورشیدی در کشور.

۲۱. ابتدا باید با فرهنگ‌سازی، بازار شکل‌دهی گردد که توسعه منابع مرتبط با انرژی خورشیدی را به دنبال دارد.

۲-۴-۳- دکتر سلیمانی

۱. توجه به توانمندی در تولیدات دارای استاندارد برای ورود به بازارهای رقابتی مسئله مهمی است.

۲. در رابطه با فناوری باید ثابت کنیم که این مسیر درست است، گام‌ها به چه صورت است و مسأله تولید در ایران باید حل شود.

۳. با توجه به شرایط جوی در ایران باید به تولید پراکنده در ایران روی آورد.

۴. اگر بخواهیم هدف‌گذاری تولید برق در حد گیگاوات را برای سیستم‌های فتوولتائیک داشته باشیم واردات صرف، با توجه به ظرفیت بنادر و پتانسیل ترابری ایران غیر عملی است. بنابراین توجه به این نکته ضروری است که تولید و واردات وابسته به ظرفیت‌های برنامه‌ریزی شده تعیین می‌شود.

۵. روند تخصیص یارانه‌ها در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر باید اصلاح شود.
۶. دولت باید حداقل با راه‌اندازی چهار نیروگاه یک مگاواتی فتوولتائیک، استارت استفاده نیروگاهی از تکنولوژی فتوولتائیک را بزند.
۷. در کنار این کار دولت باید با حمایت‌های خود، بصورت همزمان خطوط تولید ماژول‌ها را به روزرسانی کرده و شرایط برای ورود تکنولوژی‌های نوین را فراهم نماید.
۸. ایجاد خط تولید فتوولتائیک در مراحل آخر تولید در ایران و پس از رونق این تکنولوژی در ایران وارد فاز تولید مواد اولیه و تولید سیلیسیوم سولار گرید باید شد.

۲-۴-۴- دکتر صادق‌زاده

۱. اهمیت توسعه و گسترش برقراری ارتباط و استفاده از اطلاعات پیش‌تازان این صنعت در دنیا باید مورد توجه قرار گیرد.
۲. اسناد بالادستی مربوط به فناوری انرژی خورشیدی تقریباً وجود ندارد
۳. در اکثر انواع تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی روند تغییرات فناوری به صورت هموار است و پیش‌بینی آینده به خوبی امکان‌پذیر است، اما در مورد سلول‌های فتوولتائیک روند توسعه تکنولوژی بسیار متلاطم و سریع است و این بحث چالش برانگیز این سند خواهد بود.
۴. برای مصارف نیروگاهی احتمالاً سیلیکون مد نظر قرار خواهد گرفت، اما برای تحقیقات و توسعه تکنولوژی بخاطر نامعلوم بودن آینده، تصمیم‌گیری دشوار خواهد بود.
۵. بودجه‌های تحقیقاتی در زمینه فتوولتائیک باید بیشتر به سمت سلول‌های نسل جدید اختصاص یابد.
۶. انتخاب روش حمایت از تکنولوژی‌های نسل جدید بسیار مهم و تعیین‌کننده است.

۲-۴-۵- آقای دکتر قاضی‌زاده

- اهمیت انسجام کاری و جلوگیری از موازی‌کاری در وظایف افراد امری حیاتی است.

۲-۴-۶- دکتر فرهنگي

نیاز کنونی کشور بحث سند توسعه انرژی خورشیدی است و نه سند فناوری خورشیدی اما پیش‌نیاز سند توسعه، سند فناوری است که در دست تدوین است اما بحث سند توسعه انرژی خورشیدی نباید از یاد برود.

۲-۴-۷- آقای جلايي

یکی از مشکلات ایران نحوه قیمت‌گذاری خرید برق است و معیار قیمت‌گذاری برای برق تجدیدپذیر و معمولی یکسان است.

۲-۴-۸- دکتر يعقوبي

۱. هدف باید در نهایت تولید محصول با رقابت در دنیا باشد و این امر دارای اهمیت زیاد است.
۲. در بیان مزیت‌های تکنولوژی‌های CSP نسبت به فتوولتائیک، توجه در بکارگیری ذخیره‌کننده‌ها یکی از عوامل مهم می‌باشد.

۲-۴-۹- آقای مهندس موسوي

در کشورهای در حال توسعه، بازار خود نمی‌تواند تصمیم گیرنده خوبی برای توسعه تکنولوژی باشد، بهتر است در این کشورها سیاستگذاران روند سرمایه‌گذاری را کنترل کنند.

۲-۴-۱۰- آقای دکتر افتخاري

۱. ضعف تعرفه‌گذاری در گمرک ایران باعث بالا بودن قیمت تمام شده تولید ماژول فتوولتائیک در ایران می‌شود و واردات را سودآورتر می‌کند و این امر حمایت از تولیدات داخل را دشوار می‌سازد.
۲. برای رسیدن به وضعیتی مطلوب در حوزه فتوولتائیک، حمایت دولت از بخش تولید و توسعه زیرساخت باید بیشتر شود.

۲-۴-۱۱- آقای مهندس يارمحمدي

۱. تا زمانی که بازگشت سرمایه اقتصادی نباشد، توسعه استفاده از تکنولوژی انرژی خورشیدی امکان پذیر نیست.

۲. حمایت دولت امری است اجتناب ناپذیر، اما باید کار به بخش خصوصی واگذار گردد.

۲-۴-۱۲- خانم دکتر ایرجی زاد

۱. یکی از بزرگترین مشکلات کشور، عدم ورود بخش صنعت به دانشگاه و حمایت از پروژه‌های دانشجویی است.
۲. نوع تحقیقات دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و پژوهشگاه‌ها باید با هم متفاوت باشد و وظیفه سیاستگذاران مشخص کردن همین مرزها است.
۳. نبود یک کمیته تخصصی شامل نمایندگان دانشگاه‌ها، صنعت و سیاستگذاری، اختصاص بودجه به آن و تعیین اولویت‌ها.
۴. نبود گروهی تحت عنوان گروه بازار که مسئول ترند یابی و آینده نگری تکنولوژی‌ها باشند.
۵. نبود بانک اطلاعات قوی از متخصصین حوزه انرژی خورشیدی.
۶. خانم دکتر ایرجی‌زاد دو اصل پایداری مدیران و سیاستگذاران و همچنین حمایت‌های مالی مداوم را کلیدی‌ترین پارامتر برای موفقیت در این طرح دانستند.
۷. نبود رصدخانه علم و تکنولوژی برای انرژی خورشیدی.

۲-۴-۱۳- آقای دکتر بهجت

تولید مواد اولیه در ایران بسیار ضروری به نظر می‌رسد و با قطع واردات ارزش افزوده بالایی برای ایران ایجاد می‌کند که باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۴-۱۴- آقای دکتر اژه‌ایان

۱. گران بودن مواد اولیه در حوزه ساخت سلول‌های نسل جدید و عدم حمایت از دانشجویان مستعد و خروج آن‌ها از کشور را از بزرگترین مشکلات در این بخش اشاره دانستند.
۲. ایشان حمایت اصلی از پیشگامان و حمایت عمومی از همه را برای برنامه‌ریزی توسعه تحقیقات توصیه کردند.

۲-۴-۱۵- آقای دکتر زنده‌دل

پایین بودن میزان بودجه‌های تحقیقاتی از طرف دولت، جذب سرمایه‌گذاران بخش خصوصی امری ضروری برای این حوزه است.

۲-۴-۱۶- دکتر شعبانی‌کیا

۱. نبود پروژه‌های محوری و ملی برای همگام‌سازی تحقیقات ضعف دیگری است که وجود دارد.
۲. عدم ارتباط مناسب با مراکز تحقیقاتی بین‌المللی چالشی مهم برای کشور تلقی می‌گردد.
۳. شرایط پسا تحریم باید دیده شود، زیرا شرایط مختلفی برای آینده تحریم‌ها باید متصور شد.
۴. نبود مکانیزم مناسب برای تحقیقات و عدم توجه به توسعه‌دهندگان دانش.
۵. مشخص نبودن اولویت‌های ملی برای تحقیقات و انجام آن بر اساس سلايق شخصی
۶. عدم توجه به ایجاد رشته‌های تخصصی این حوزه. به عنوان مثال در وزارت علوم برای ایجاد رشته‌های تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر جلساتی برگزار شده است که خیلی موفق نبوده است.
۷. عدم توجه به مالکیت معنوی و حق برند.
۸. ضعف در سیستم‌های ذخیره‌سازی است.

۲-۴-۱۷- دکتر بهشاد شفیعی

۱. گام اول تدوین سیاست‌های کلان حمایتی است.
۲. پروژه‌های محوری برای مقابله با پروژه‌های جزیره‌ای تدوین شود.
۳. تبلیغات عمومی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر خیلی ضعیف است.
۴. نبود قانون مناسب برای مالکیت معنوی سبب عدم اعلام عمومی آن دانش است

۲-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

همان‌طور که در نظرات بیان شده توسط متخصصان مشخص است، چالش‌های فراوانی در رابطه با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی وجود دارد. با توجه به اینکه فناوری‌های مختلف انرژی خورشیدی در مراحل توسعه‌ای متفاوتی قرار دارند، چالش‌های این حوزه برای دو مرحله پیش‌توسعه و توسعه مشخص شده‌اند که در ادامه در جداول مربوطه ذکر گردیده‌اند. بعضی از چالش‌های انرژی خورشیدی نیز، برای تمام فناوری‌های این حوزه برقرارند که در قالب جدولی تکمیلی مطرح می‌شوند.

۲-۵-۱- چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی

چالش‌های توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی که بیشتر مرتبط با فناوری‌های سیلیکونی و فناوری سهموی خطی مرتبط هستند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند.

همان‌طور که در ادبیات موضوع گزارش اشاره شد، در هر مرحله از توسعه، شماری از کارکردها کلیدی‌اند، شماری دیگر حمایتی و بعضی کارکردها نیز حاشیه‌ای هستند. در مرحله توسعه، «کارآفرینی» کارکرد کلیدی است و کارکردهای حمایتی «توسعه و انتشار دانش» و «جهت‌دهی به سیستم» می‌باشند. در جدول زیر، چالش‌های مرتبط با کارآفرینی، توسعه و انتشار دانش مشخص شده‌اند. از آنجایی که چالش‌های مرتبط با کارکرد جهت‌دهی به سیستم، برای تمامی فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله از توسعه، یکسان هستند، چالش‌های مرتبط با این کارکرد خاص در جدول (۲-۶) که چالش‌های کلی مرتبط با توسعه فناوری‌های خورشیدی در آن بیان شده است، ذکر گردیده است. برای تکمیل مباحث، در جدول (۲-۴) به چالش‌های مرتبط با کارکردهای حاشیه‌ای شکل‌دهی به بازار و تأمین منابع و در جدول (۲-۶) به چالش‌های مرتبط با کارکرد مشروعیت‌بخشی اشاره شده است.

جدول (۲-۴) - چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی

چالش	کارکرد
فاصله بسیار زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران تحریم‌های بین‌المللی که موجب عدم توان انتقال دانش فنی در این حوزه می‌گردد. ضعف در فرایند انتقال فناوری و عدم وجود دانش در این حوزه	توسعه و انتشار دانش
وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه تعداد کم فناوران در این حوزه به دلیل بالا بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری در آن	کارآفرینی
مالی: عدم توانایی کارآفرینان در تأمین سرمایه مورد نیاز عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری انسانی: کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف بخش انرژی خورشیدی اعم از آکادمیک و تکنیسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری	تأمین منابع
واردکنندگان بسیار در کشور که مانع شکل‌گیری شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه می‌شود. عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم قیمت بالای برق تولیدی خورشیدی و واقعی نبودن قیمت برق در کشور (قیمت پایین خرید برق تولیدی از انرژی خورشیدی) بدهی زیاد توانیر به تولیدکنندگان برق و عدم تخصیص بودجه به خرید برق تجدیدپذیر ضعف عملکرد دولت در ایجاد بازار و عدم وجود خریدهای دولتی وجود واردکنندگان چینی در بازار	شکل‌دهی به بازار

۲-۵-۲ - چالش‌های مرحله پیش توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی

چالش‌های پیش توسعه فناوری‌های خورشیدی که اغلب آن‌ها با فناوری‌های نوین فتوولتائیک، فناوری مولتی‌جانکشن، و فناوری دیش/استرلینگ مرتبط هستند، در جدول زیر بیان شده‌اند.

همان‌طور که در ادبیات موضوع گزارش اشاره شد، در هر مرحله از توسعه، شماری از کارکردها کلیدی‌اند، شماری دیگر حمایتی و بعضی کارکردها نیز حاشیه‌ای هستند. در مرحله پیش‌توسعه، کارکرد کلیدی «توسعه و انتشار دانش» است. کارکرد حمایتی صرفاً «تأمین منابع» است و کارکرد حاشیه‌ای نیز «جهت‌دهی به سیستم» می‌باشد. در جدول زیر چالش‌های مرتبط با «توسعه و انتشار دانش» و «تأمین منابع» ذکر شده‌اند. از آنجایی که چالش‌های مرتبط با کارکرد جهت‌دهی به سیستم، برای تمامی فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله از توسعه، یکسان هستند، چالش‌های مرتبط با این کارکرد خاص در جدول (۲-۶) که چالش‌های کلی مرتبط با توسعه فناوری‌های خورشیدی در آن بیان شده است، ذکر گردیده است. برای تکمیل مباحث و با توجه به اینکه چالش‌های استخراج‌شده برای کارکردها، بر مبنای اعلام نظر خبرگان صورت گرفته است، کارکردهایی چون کارآفرینی و شکل‌دهی به بازار هم که جزو کارکردهای مهم مرحله پیش‌توسعه نبوده‌اند، در جداول وارد شده‌اند.

جدول (۲-۵) - چالش‌های مرحله پیش‌توسعه فناوری‌های خورشیدی

فاصله بسیار زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران
کمبود برخی از مواد ضروری مورد نیاز برای ساخت
مالی:

حمایت‌های مالی مقطعی از تحقیقات و قطع حمایت‌های تحقیقاتی پس از مدت‌های بسیار
کوتاه

عدم تأمین منابع مالی پروژه‌های دانشگاهی فناوری‌های نوین و در حال ظهور
فقدان سرمایه‌گذاری دولتی برای تحقیق و توسعه در این حوزه
عدم توانایی محققین در تأمین سرمایه مورد نیاز

انسانی:

کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف بخش انرژی خورشیدی
نبود قانون مناسب برای مالکیت معنوی
وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه
عدم ایجاد زنجیره پس از تحقیق تا بازار
ضعف در ایجاد بازار برای محصولات نوین مرتبط با انرژی خورشیدی در کشور

۲-۵-۳- چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی

چالش‌های بیان‌شده در جدول زیر، برای تمامی فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله‌ای از توسعه وجود دارند. چالش‌های ذکرشده در جدول (۲-۶) در واقع چالش‌هایی هستند که شامل تمام فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله‌ای از توسعه می‌شوند و به همین دلیل، برای کارکردهایی که این حالت عمومیت در مورد آن‌ها وجود داشته است، جدولی جداگانه (جدول (۲-۶)) شکل گرفته است. چالش‌هایی که در این جدول ذکر نشده‌اند شامل چالش‌های مرتبط با کارکردهای «شکل‌دهی به بازار» و «کارآفرینی» می‌باشند که وضعیت آن‌ها برای تمام فناوری‌ها عمومیت ندارند و وضعیت آن‌ها خاص مرحله توسعه یا پیش‌توسعه فناوری‌ها است.

جدول (۲-۶) - چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی

چالش	کارکرد
<p>عدم ورود دانش سطح اول جهانی به داخل کشور با ساز و کار مناسب کمبود رشته‌های تخصصی انرژی خورشیدی در کشور کمبود انباشتگی دانش (مدیریت دانش) نقص در شبکه سازی بین محققین، مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاه‌ها تحقیقات جزیره‌ای عدم شرکت محققین در کنفرانس‌های معتبر جهانی برگزاری کنفرانس‌های داخلی با سیاست‌های نامناسب (به عنوان مثال در مواردی کنفرانس در شرایطی برگزار شده است که بیشتر دانشجویان و محققین توانایی شرکت در کنفرانس را ندارند و و یا کنفرانس‌های موجود به صورت تخصصی و جهت دار در یک زمینه خاص برنامه ریزی نشده اند.) عدم ارتباط مناسب با مراکز تحقیقاتی بین‌المللی عدم توسعه تحقیقات کاربردی در امتداد تحقیقات دانشی</p>	توسعه و انتشار فناوری
<p>مالی: با توجه به وجود منابع مالی بین‌المللی مستعد مانند بانک جهانی و غیره کشور تاکنون در جذب این منابع ناکام بوده است. انسانی: خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور که این عامل باعث شده که در زمینه‌های مورد نیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد.</p>	تامین منابع

چالش	کارکرد
<p>کمبود آشنایی سازمان‌های سیاستگذار و متولی این حوزه با بحث نوآوری و فناوری‌های نوین این حوزه</p> <p>کمبود آشنایی و اعتقاد به نوآوری در میان مسئولین</p> <p>کمبود آگاهی مردم نسبت به فناوری‌های نوین و آینده آن‌ها</p>	<p>مشروعیت بخشی</p>
<p>کمبود هماهنگی میان دستگاه‌های ذی‌ربط بر مشکلات کارآفرینان این حوزه</p> <p>فرایند طولانی اخذ مجوزهای سازمان‌های مختلفی که باید مجوز ارائه دهند مانند مجوز مطالعه توسط سانا، مجوز محیط زیست، مجوز منابع طبیعی و . . .</p> <p>عدم وجود یک نقشه راه مدون در بخش تحقیقات، بازار و کاربرد</p> <p>کمبود توجه مسئولین به استراتژیک بودن دانش این نوع از فناوری</p> <p>کمبود نگاه پایدار به مبحث تحقیقات و انرژی خورشیدی.</p> <p>زیاد بودن مشغله سازمان‌های متولی توسعه این حوزه مانند توانیر به امور روزمره و عدم توجه به توسعه بلند مدت انرژی‌های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی</p> <p>نبود سازوکارهای پایدار در تأمین مالی برای دولت</p> <p>تعدد سازمان‌ها و متولیان حوزه انرژی خورشیدی</p> <p>وجود موازی‌کاری‌ها و عدم وجود هماهنگی‌های لازم میان بازیگران اصلی این حوزه می‌باشد.</p> <p>عدم وجود عزم جدی در توانیر برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر</p> <p>عدم وجود یک قانون جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر</p> <p>عدم تناسب جایگاه سازمان متولی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در وزارت نیرو و عدم توان یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها در کل سطح بخش به دلیل جایگاه نامناسب سانا</p>	<p>جهت دهی به سیستم</p>

۲-۶- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری‌های خورشیدی

با توجه به ادبیات ذکر شده در فصل اول در مورد تعیین اهداف خرد، در این مرحله بر حسب مرحله توسعه فناوری تعیین شده برای فناوری‌های خورشیدی، به هدف‌گذاری خرد برای آن‌ها می‌پردازیم. در تعیین اهداف خرد برای فناوری‌های خورشیدی هم رویکرد بالا- به- پایین و هم رویکرد پایین- به- بالا در نظر گرفته شده‌اند اما برای فناوری‌های نوین فتوولتائیک، فناوری مولتی جانکشن، و فناوری دیش/استرلینگ که در مراحل ابتدایی توسعه خود قرار دارند (پیش توسعه)، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا- به- پایین و بر مبنای ترجمه اهداف بالادستی تعیین شده‌اند و در مقابل، برای فناوری‌های فتوولتائیک سیلیکونی و

فناوری سهموی خطی که در مرحله توسعه خود قرار دارند، تمرکز در تعیین اهداف بر رویکرد پایین-به بالا (بر اساس شناسایی موانع و محرک‌ها) بوده است. این اهداف، به تفکیک برای هر یک از کارکردهای نظام توسعه نوآورانه فناورانه تعیین شده‌اند. در ادامه، اهداف خرد تعیین شده برای هر دسته از فناوری‌های قرار گرفته در مرحله پیش توسعه و توسعه و همچنین اهداف خرد کلی که برای تمام فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله‌ای از توسعه صدق می‌کنند، ذکر شده است.

۲-۶-۱- اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله توسعه

اهداف خرد توسعه برای فناوری‌های انرژی خورشیدی که بیشتر مرتبط با فناوری‌های سیلیکونی و فناوری سهموی خطی مرتبط هستند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند. تعیین این دسته از اهداف، بیشتر با تمرکز بر پاسخگویی به محرک‌ها و رفع چالش‌های پیش روی توسعه این فناوری‌ها صورت گرفته است.

جدول (۲-۷)- اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله توسعه

اهداف خرد	کارکردها
بهبود انتقال دانش میان بازیگران توسعه دانش فنی با تمرکز بر دانش فنی ساخت محصول بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری بهبود بسترهای انتشار دانش و فناوری	توسعه و انتشار دانش
شناساندن فرصت‌های موجود به کارآفرینان تلاش برای تبدیل نوآوری‌های دانشگاهی به محصول تجاری	کارآفرینی
مالی: حمایت‌های مالی هدفمند از پژوهش‌های تجاری و غیرتجاری تأمین مالی شرکت‌های فناور با سرمایه‌گذاری خطرپذیر و اعطای وام و تسهیلات بانکی انسانی: آموزش، توسعه و ارتقای نیروی انسانی	تأمین منابع
فراهم کردن قابلیت‌های فنی برای حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و آزمایشگاه‌های تخصصی فراهم کردن قابلیت‌های اقتصادی برای تولیدکنندگان نوپای تجهیزات خورشیدی	شکل‌دهی به بازار

۲-۶-۲- اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله پیش توسعه

اهداف خرد توسعه برای فناوری‌های انرژی خورشیدی که بیشتر مرتبط با فناوری‌های نوین فتوولتائیک، فناوری مولتی جانکشن، و فناوری دیش/استرلینگ مرتبط هستند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند. تعیین این دسته از اهداف، با تمرکز بر همراستایی با ارکان جهت‌ساز فاز سوم صورت گرفته است.

جدول (۲-۸) - اهداف خرد فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله پیش توسعه

اهداف خرد	کارکردها
بهبود انتقال دانش میان بازیگران بهبود بهنگام سازی دانش	توسعه و انتشار دانش
تبدیل نوآوری‌های دانشگاهی به محصول تجاری	کارآفرینی
مالی: حمایت‌های مالی مستمر از پژوهش‌های تجاری و غیرتجاری انسانی: تسهیل تحرک نیروی انسانی	تأمین منابع
فراهم کردن قابلیت‌های فنی برای شکل‌گیری شرکت‌های دانش‌بنیان حمایت و ثبت مالکیت فکری نوآوری‌های صورت‌گرفته در مورد فناوری‌های نوظهور	شکل‌دهی به بازار

۲-۶-۳- اهداف خرد کلی فناوری‌های خورشیدی

اهداف خرد توسعه برای کلیه فناوری‌های انرژی خورشیدی در هر سطحی از توسعه، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند. بیشتر این اهداف، برای رفع موانع زیرساختی و کلان تدوین شده‌اند که اغلب در مرحله توسعه فناوری خود را نشان داده و ایجاد مشکل می‌کنند و بنابراین در تعیین آن‌ها تمرکز بر رویکرد پایین به بالا بوده است.

جدول (۲-۹) - اهداف خرد کلی فناوری‌های خورشیدی

اهداف خرد	کارکردها
بهبود بهنگام‌سازی دانش حفظ موجودی دانش بهبود انتقال دانش میان بازیگران توسعه دانش غیرفنی افزایش آگاهی پیرامون فناوری	توسعه و انتشار دانش
شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی فناوری	کارآفرینی
مالی: رصد بهنگام منابع مالی و فرصت‌های تأمین منابع انسانی: آموزش و ارتقای نیروی انسانی موجود	تأمین منابع
ایجاد تصویری مثبت از فناوری‌های خورشیدی در جهت کسب علائق ملی انجام رایزنی‌های سیاسی در نهادهای تصمیم‌گیر ایجاد شبکه‌های حمایتی مانند سازمان‌های مردم‌نهاد	مشروعیت بخشی
برنامه‌ریزی راهبردی میان مدت در قالب آئین‌نامه‌های اجرایی یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها با شکل‌دهی هاب‌های تحقیقاتی و عملیاتی	جهت‌دهی به سیستم

۲-۷ - سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های خورشیدی

پس از شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه و تعیین اهداف خرد برای فناوری‌ها در قسمت قبل، در این مرحله باید سیاست‌های رفع این چالش‌ها تعیین شود و همچنین اقداماتی برای تحقق اهداف ذکر شده در نظر گرفته شود. تحقق آرمان‌ها و دستیابی به اهداف موردنظر سیاستگذاران به استفاده از ابزارهای سیاستی مناسب نیازمند است. اقدامات، فعالیت‌های تدوین شده‌ای هستند که با در نظرگیری ملاحظات و نیز همراستا با ارکان جهت‌ساز اتخاذ شده، مسیرهای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. این اقدامات با بهره‌گیری از تحلیل ساختاری موانع و محرک‌های شناسایی شده در مسیر توسعه استخراج می‌شوند.

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق

سیاست‌ها می‌باشند، از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. در ادامه، به ترتیب، سیاست‌ها و اقدامات لازم برای رفع چالش‌های فناوری‌های خورشیدی واقع در مرحله پیش‌توسعه و توسعه برشمرده می‌شوند. در نهایت، اقدامات لازم برای رفع چالش‌های کلی فناوری‌های خورشیدی نام برده می‌شوند. ارتباط این اقدامات با اهداف خرد تعیین شده در مرحله قبل، در جداول مربوط مشخص شده است. لازم به ذکر است که جداول (۲-۱۰) تا (۲-۱۲) در جلسات کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۲/۳۰ و ۱۳۹۴/۳/۲۰ مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند و نظرات خبرگان حاضر در جلسه در مورد آن‌ها اعمال گردیده است. خلاصه نظرات خبرگان در این مورد در صورتجلسات مربوطه که به پیوست این گزارش ارائه شده‌اند، ذکر شده است.

۲-۷-۱- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی

اقدامات و سیاست‌های مرتبط با رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های خورشیدی که اغلب آن‌ها در مورد فناوری‌های سیلیکونی و فناوری سهموی خطی صادق هستند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند.

جدول (۲-۱۰) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های مرحله توسعه فناوری‌های خورشیدی

سیاست‌ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه فناوری‌های سیلیکونی و سهموی خطی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه	بهبود انتقال دانش میان بازیگران توسعه دانش فنی با تمرکز بر دانش فنی ساخت محصول	فاصله بسیار زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران تحریم‌های بین‌المللی که موجب عدم توان انتقال دانش فنی در این حوزه می‌گردد. ضعف در فرایند انتقال فناوری و عدم وجود دانش کافی در این حوزه	توسعه و انتشار دانش
برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال تکنولوژی در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی	بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری بهبود بسترهای انتشار دانش و فناوری	وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه	کارآفرینی
هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه (اگر قرارداد با صنعت داشتند حمایت شوند)	تلاش برای تبدیل نوآوری‌های دانشگاهی به محصول تجاری شناساندن فرصت‌های موجود به کارآفرینان	تعداد کم فناوران در این حوزه به دلیل بالا بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری در آن	تامین منابع
مالی: ۲. تامین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی ۲. رایزنی با بانک مرکزی جهت تسهیل ضمانت جهت	مالی: حمایت‌های مالی هدفمند از پژوهش‌های تجاری و غیرتجاری	مالی: ۲. عدم توانایی کارآفرینان در تأمین سرمایه مورد نیاز ۳. عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و	

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>سرمایه‌گذاری خارجی در حوزه انرژی خورشیدی تدوین نظامنامه جذب سرمایه‌گذار خارجی در حوزه انرژی خورشیدی انسانی:</p> <p>دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی</p> <p>برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تامین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی</p>	<p>تأمین مالی شرکت‌های فناور با سرمایه‌گذاری خطرپذیر و اعطای وام و تسهیلات بانکی انسانی:</p> <p>آموزش، توسعه و ارتقای نیروی انسانی</p>	<p>صنایع داخلی به صورت منسجم بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری انسانی:</p> <p>کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف بخش انرژی خورشیدی اعم از آکادمیک و تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری</p>	
<p>ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل</p> <p>الزام دستگاه‌های دولتی به تامین بخشی از برق مورد نیاز خود از سیستم‌های بومی خورشیدی</p> <p>اعمال پاداش در تعرفه خرید برق خورشیدی برای احداث کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند</p> <p>از طریق وضع تعرفه‌های گمرکی هوشمندانه برای</p>	<p>فراهم کردن قابلیت‌های فنی برای حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و آزمایشگاه‌های تخصصی</p> <p>فراهم کردن قابلیت‌های اقتصادی برای تولیدکنندگان نوپای تجهیزات خورشیدی</p> <p>بازبینی روبه قیمت‌گذاری و خرید برق خورشیدی</p>	<p>واردکنندگان بسیار در کشور که مانع شکل‌گیری شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه می‌شود.</p> <p>عدم حمایت دولت از تولیدکنندگان و صنایع داخلی به صورت منسجم</p> <p>قیمت بالای برق تولیدی خورشیدی و واقعی نبودن قیمت برق در کشور (قیمت پایین خرید برق تولیدی از انرژی</p>	<p>شکل‌دهی به بازار</p>

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>حمایت از محصولاتی که به صورت مناسب در داخل بومی سازی شده اند.</p> <p>بازنگری در تعرفه خرید برق خورشیدی</p> <p>خرید تضمینی برق خورشیدی توسط دولت</p> <p>تدوین استانداردهای دقیق و هوشمندانه در بخش های مختلف</p> <p>تجهیز آزمایشگاه های تست مرجع برای هریک از فناوری ها در داخل کشور</p>		<p>خورشیدی)</p> <p>بدهی زیاد توانیر به تولیدکنندگان برق و عدم تخصیص بودجه به خرید برق تجدیدپذیر</p> <p>ضعف عملکرد دولت در ایجاد بازار و عدم وجود خریدهای دولتی</p> <p>وجود واردکنندگان چینی در بازار</p>	

۲-۷-۲- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های مرحله پیش توسعه فناوری‌های خورشیدی

اقدامات و سیاست‌های مرتبط با رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های خورشیدی که اغلب آن‌ها در مورد فناوری‌های نوین فتوولتائیک، فناوری مولتی‌جانکشن، و فناوری دیش/استرلینگ مرتبط هستند، در جدول زیر بیان شده‌اند.

جدول (۲-۱۱) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های مرحله پیش توسعه فناوری‌های خورشیدی

سیاست‌ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه فناوری‌های نوین فتولتائیک، چنداتصاله، و دیش/استرلینگ بر اساس روند آینده‌پژوهی فناوری و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه تعریف پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی جذب هیأت علمی توانمند در دانشگاه‌ها	بهبود انتقال دانش میان بازیگران بهبود بهنگام سازی دانش	فاصله بسیار زیاد پیشگامان این فناوری در دنیا با ایران	توسعه و انتشار دانش
حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها برگزاری کارگاه‌های تجاری سازی و تشویق محققین انرژی خورشیدی برای ایجاد کسب کار در کنفرانس‌های انرژی خورشیدی	تبدیل نوآوری‌های دانشگاهی به محصول تجاری	وجود نگاه تحقیقاتی صرف در دانشگاه	کارآفرینی
مالی: افزایش تخصیص منابع مالی دولتی در تحقیق و پژوهش ایجاد و توسعه صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر (VC)	مالی: حمایت‌های مالی مستمر از پژوهش‌های تجاری و غیرتجاری	مالی: حمایت‌های مالی مقطعی از تحقیقات و قطع حمایت‌های تحقیقاتی پس از مدت‌های بسیار کوتاه عدم تامین منابع مالی پروژه‌های دانشگاهی فناوری‌های نوین و در حال ظهور	تامین منابع

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>ارتباط با شورای عالی عتف، صندوق توسعه ملی، جهت اخذ منابع مالی در این حوزه</p> <p>انسانی:</p> <p>دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی</p>	<p>انسانی:</p> <p>تسهیل تحرک نیروی انسانی</p>	<p>فقدان سرمایه‌گذاری دولتی برای تحقیق و توسعه در این حوزه</p> <p>عدم توانایی محققین در تأمین سرمایه مورد نیاز</p> <p>انسانی:</p> <p>کمبود متخصص در حوزه‌های مختلف بخش انرژی خورشیدی</p> <p>فنی:</p> <p>کمبود برخی از مواد ضروری مورد نیاز برای ساخت</p>	
<p>ایجاد یک ساز و کار مناسب جهت خریدهای دولتی از محصولات تولیدی شرکت‌های دانش‌بنیان</p>	<p>فراهم کردن قابلیت‌های فنی برای شکل‌گیری شرکت‌های دانش‌بنیان</p> <p>حمایت و ثبت مالکیت فکری نوآوری‌های صورت‌گرفته در مورد فناوری‌های نوظهور</p>	<p>عدم ایجاد زنجیره پس از تحقیق تا بازار</p> <p>ضعف در ایجاد بازار برای محصولات نوین مرتبط با انرژی خورشیدی در کشور</p> <p>نبود قانون مناسب برای مالکیت معنوی</p>	<p>شکل‌دهی به بازار</p>

۲-۷-۳- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی

اقدامات و سیاست‌های مرتبط با رفع چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی که برای تمامی فناوری‌های خورشیدی در هر مرحله‌ای از توسعه صدق می‌کنند، در جدول زیر بیان شده‌اند.

جدول (۲-۱۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های کلی توسعه فناوری‌های خورشیدی.

سیاست‌ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>رایزنی با شورای گسترش وزارت علوم جهت ایجاد واحدهای تخصصی در رشته‌های مرتبط</p> <p>تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاه و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی</p> <p>تدوین و پیاده‌سازی نظام مدیریت دانش</p> <p>ایجاد یک بانک اطلاعاتی از متخصصین، دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها و تحقیقات در زمینه انرژی خورشیدی</p> <p>ایجاد یک شبکه منسجم بین محققین، دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های انرژی خورشیدی</p> <p>در مرکز انرژی خورشیدی، از پروژه‌هایی حمایت گردد که با سند همراستا باشد.</p> <p>تدوین نظام نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل مکانیزم حمایت از حضور اساتید و دانشجویان در کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی، حمایت از مقالات تولید شده در این زمینه، حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی</p>	<p>بهبود بهنگام‌سازی دانش</p> <p>حفظ موجودی دانش</p> <p>بهبود انتقال دانش میان بازیگران</p> <p>توسعه دانش غیرفنی</p> <p>افزایش آگاهی پیرامون فناوری</p>	<p>عدم ورود دانش سطح اول جهانی به داخل کشور با ساز و کار مناسب</p> <p>کمبود رشته‌های تخصصی انرژی خورشیدی در کشور</p> <p>کمبود انباشتگی دانش (مدیریت دانش)</p> <p>نقص در شبکه‌سازی بین محققین، مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاه‌ها</p> <p>تحقیقات جزیره‌ای</p> <p>عدم شرکت محققین در کنفرانس‌های معتبر جهانی</p>	<p>توسعه و انتشار دانش</p>

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
برگزاری کنفرانس در شرایطی که امکان حضور حداکثری محققین و دانشجویان در آن باشد.		برگزاری کنفرانس‌های داخلی با سیاست‌های نامناسب (به عنوان مثال در مواردی کنفرانس در شرایطی برگزار شده است که بیشتر دانشجویان و محققین توانایی شرکت در کنفرانس را ندارند و و یا کنفرانس‌های موجود به صورت تخصصی و جهت دار در یک زمینه خاص برنامه ریزی نشده اند.) عدم ارتباط مناسب با مراکز تحقیقاتی بین‌المللی	
تدوین دستورالعمل تشخیص شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و شورای عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور	شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری-سازي فناوری	عدم توسعه تحقیقات کاربردی در امتداد تحقیقات دانشی	کارآفرینی
مالی: جذب منابع مالی از مراجع بین‌المللی نظیر GEF، بانک جهانی و ...	مالی: رصد بهنگام منابع مالی و فرصت‌های تأمین منابع انسانی:	مالی: با توجه به وجود منابع مالی بین‌المللی مستعد مانند بانک جهانی و غیره کشور تاکنون در جذب این منابع ناکام بوده است. انسانی:	تأمین منابع

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
	آموزش و ارتقای نیروی انسانی موجود	خروج سرمایه های انسانی متخصص از کشور که این عامل باعث شده که در زمینه های مورد نیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد.	
تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در حوزه فناوری های انرژی خورشیدی برگزاری نمایشگاه های تخصصی به صورت منظم و دوره ای تهیه و تدوین برنامه آگاه سازی، ترویج و اطلاع رسانی عمومی در خصوص فناوری های مرتبط با انرژی خورشیدی	ایجاد تصویری مثبت از فناوری های خورشیدی در جهت کسب علائق ملی انجام رایزنی های سیاسی در نهادهای تصمیم گیر ایجاد شبکه های حمایتی مانند سازمان های مردم-نهاد	کمبود آشنایی سازمان های سیاستگذار و متولی این حوزه با بحث نوآوری و فناوری های نوین این حوزه کمبود آشنایی و اعتقاد به نوآوری در میان مسئولین کمبود آگاهی مردم نسبت به فناوری های نوین و آینده آنها	مشروعیت بخشی
تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی تاسیس مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی همکاری در تدوین قانون جامع توسعه انرژی های تجدیدپذیر	برنامه ریزی راهبردی میان مدت در قالب آئین-نامه های اجرایی یکپارچه سازی فعالیت ها با شکل دهی هاب های تحقیقاتی و عملیاتی	کمبود هماهنگی میان دستگاه های ذی ربط بر مشکلات کارآفرینان این حوزه فرایند طولانی اخذ مجوزهای سازمان های مختلفی که باید مجوز ارائه دهند مانند مجوز مطالعه توسط سانا، مجوز محیط زیست، مجوز منابع طبیعی و ... عدم وجود یک نقشه راه مدون در بخش تحقیقات، بازار و کاربرد کمبود توجه مسئولین به استراتژیک بودن دانش این نوع از فناوری	جهت دهی به سیستم

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
		<p>کمبود نگاه پایدار به مبحث تحقیقات و انرژی خورشیدی .</p> <p>زیاد بودن مشغله سازمان های متولی توسعه این حوزه مانند توانیر به امور روزمره و عدم توجه به توسعه بلند مدت انرژی های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی</p> <p>نبود سازوکارهای پایدار در تأمین مالی برای دولت</p> <p>تعدد سازمان ها و متولیان حوزه انرژی خورشیدی</p> <p>وجود موازی کاری ها و عدم وجود هماهنگی های لازم میان بازیگران اصلی این حوزه می باشد.</p> <p>عدم وجود عزم جدی در توانیر برای توسعه انرژی های تجدیدپذیر</p> <p>عدم وجود یک قانون جامع توسعه انرژی های تجدیدپذیر</p> <p>عدم تناسب جایگاه سازمان متولی توسعه انرژی - های تجدیدپذیر در وزارت نیرو و عدم توان یکپارچه سازی فعالیت ها در کل سطح بخش به دلیل جایگاه نامناسب سانا</p>	

۲-۸- دسته بندی اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، اقدامات مورد نیاز بر اساس سیاست‌ها و راهبردها شناسایی و پیشنهاد می‌شوند. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. اقدامات فنی در حقیقت ناظر به جنبه‌های فنی تخصصی می‌باشند و در مقابل، اقدامات غیرفنی، سیاست‌های حمایتی و پشتیبان برای ایجاد بستر مناسب فناوری را در بر می‌گیرند. دو کارکرد توسعه دانش و انتشار دانش شامل اقدامات فنی و غیرفنی و سایر ۵ کارکرد نظام نوآورانه فناوری منعکس کننده اقدامات غیرفنی هستند. در ادامه، فهرست این اقدامات ارائه شده است.

۲-۸-۱- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی

اقدامات غیرفنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی کمک می‌کنند. همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد اقدامات غیرفنی در راستای اجرای سیاست‌ها تعیین و تدوین می‌گردند. از آنجایی که سیاست‌ها به منظور رفع چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری و تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت که در واقع اقدامات غیرفنی در راستای تحقق چشم‌انداز و پیشبرد اهداف کلان سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی تدوین می‌شوند.

۲-۸-۱-۱- اقدامات مربوط به توسعه و انتشار دانش

جدول (۲-۱۳) - اقدامات غیرفنی مربوط به توسعه و انتشار دانش

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
فتولتائیک سیلیکونی فناوری سهموی خطی	برگزاری دوره‌های علمی روش‌های انتقال تکنولوژی در این حوزه و تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی
فناوری‌های نوین فتولتائیک فناوری چند اتصاله فناوری دیش/استرلینگ	جذب هیأت علمی توانمند در دانشگاه‌ها
تمامی فناوری‌ها	رایزنی با شورای گسترش وزارت علوم جهت ایجاد واحدهای تخصصی در رشته‌های مرتبط تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاه و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
	<p>تدوین و پیاده سازی نظام مدیریت دانش ایجاد یک بانک اطلاعاتی از متخصصین، دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها و تحقیقات در زمینه انرژی خورشیدی ایجاد یک شبکه منسجم بین محققین، دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های انرژی خورشیدی در مرکز انرژی خورشیدی، از پروژه‌هایی حمایت گردد که با سند همراستا باشد. تدوین نظام نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در این حوزه از قبیل مکانیزم حمایت از حضور اساتید و دانشجویان در کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی، حمایت از مقالات تولید شده در این زمینه، حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی برگزاری کنفرانس در شرایطی که امکان حضور حداکثری محققین و دانشجویان در آن باشد.</p>

۲-۸-۱-۲- اقدامات مربوط به کارآفرینی

جدول (۲-۱۴) - اقدامات غیر فنی مربوط به کارآفرینی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
فتولتائیک سیلیکونی فناوری سهموی خطی	هدایت تحقیقاتی دانشگاه‌ها به نیازمندی‌های شرکت‌های دانش‌بنیان این حوزه (قرارداد با صنعت اگر داشتند حمایت شوند)
فناوری‌های نوین فتولتائیک فناوری چند اتصاله فناوری دیش/استرلینگ	حمایت از اساتید و دانشجویان این حوزه جهت تشکیل و راه‌اندازی شرکت‌های زایشی در دانشگاه‌ها برگزاری کارگاه‌های تجاری سازی و تشویق محققین انرژی خورشیدی برای ایجاد کسب کار در کنفرانس‌های انرژی خورشیدی
تمامی فناوری‌ها	تدوین دستورالعمل تشخیص شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه و رایزنی با معاونت علمی و شورای عتف جهت اخذ حمایت‌های مالی و پشتیبانی برای این شرکت‌ها تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور

۲-۸-۱-۳- اقدامات مربوط به تأمین منابع

جدول (۲-۱۵) - اقدامات غیر فنی مربوط به تأمین منابع

اقدامات غیر فنی مورد نیاز	فناوری اولویت‌دار
<p>مالی: تأمین وام‌های بلند مدت کم‌بهره برای صنعت‌گران در این حوزه از صندوق توسعه ملی رایزنی با بانک مرکزی جهت تسهیل ضمانت جهت سرمایه‌گذاری خارجی تدوین نظامنامه جذب سرمایه‌گذار خارجی</p> <p>انسانی: دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تأمین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی</p>	<p>فتولتائیک سیلیکونی فناوری سهموی خطی</p>
<p>مالی: تخصیص منابع مالی دولتی در تحقیق و پژوهش، ایجاد و توسعه صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر (VC) ارتباط با شورای عالی عتف، صندوق توسعه ملی، جهت اخذ منابع مالی در این حوزه</p> <p>انسانی: دعوت و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی برای همکاری در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی</p>	<p>فناوری‌های نوین فتولتائیک فناوری چند اتصاله فناوری دیش/استرلینگ</p>
<p>مالی: جذب منابع مالی از مراجع بین‌المللی نظیر GEF، بانک جهانی و ...</p>	<p>تمامی فناوری‌ها</p>

۲-۸-۱-۴- اقدامات مربوط به شکل‌دهی بازار

جدول (۲-۱۶)- اقدامات غیر فنی مربوط به شکل‌دهی بازار

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
فتوولتائیک سیلیکونی فناوری سهموی خطی	ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل الزام دستگاه‌های دولتی به تامین بخشی از برق مورد نیاز خود از سیستم‌های بومی خورشیدی اعمال پاداش در تعرفه خرید برق خورشیدی برای احداث کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند از طریق وضع تعرفه‌های گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولاتی که به صورت مناسب در داخل بومی سازی شده‌اند. بازنگری در تعرفه خرید برق خورشیدی خرید تضمینی برق خورشیدی توسط دولت تدوین استانداردهای دقیق و هوشمندانه در بخش‌های مختلف تجهیز آزمایشگاه‌های تست مرجع برای هر یک از فناوری‌ها در داخل کشور
فناوری‌های نوین فتوولتائیک فناوری چند اتصاله فناوری دیش/استرلینگ	ایجاد یک ساز و کار مناسب جهت خریدهای دولتی از محصولات تولیدی شرکت‌های دانش بنیان

۲-۸-۱-۵- اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

- ۱- تشکیل شورای راهبردی متشکل از ذینفعان در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- ۲- تاسیس مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- ۳- همکاری در تدوین قانون جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

۲-۸-۱-۶- اقدامات مربوط به مشروعیت بخشی

- ۱- تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی
- ۲- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی به صورت منظم و دوره‌ای
- ۳- تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی در خصوص فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

۲-۸-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های خورشیدی

آن دسته از اقدامات که در مرحله بعدی، در تدوین پروژه‌های فناورانه مبنا قرار می‌گیرند، اقدامات فنی هستند. در این سند، این اقدامات تنها در کارکرد توسعه و انتشار دانش تعریف می‌شوند.

جدول (۲-۱۷) - اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی برای فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات فنی مورد نیاز
فتولتائیک سیلیکونی	۱. تسلط به دانش طراحی و ساخت فتولتائیک سیلیکونی ۲. تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه
فناوری‌های نوین فتولتائیک	۱. تسلط به دانش طراحی فناوری‌های نوین فتولتائیک ۲. تعریف پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی ۳. تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه
فناوری چند اتصاله	۱. تسلط به دانش طراحی فناوری چنداتصاله ۲. تعریف پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی ۳. تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه
فناوری سهموی خطی	۱. تسلط به دانش طراحی و ساخت فناوری سهموی خطی ۲. تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه
فناوری دیش/استرلینگ	۱. تسلط به دانش طراحی فناوری دیش/استرلینگ ۲. تعریف پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک با مراکز علمی و تحقیقاتی معتبر جهانی ۳. تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه

جمع‌بندی

هدف از انجام مرحله چهارم «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی» تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات سند توسعه فناوری توضیح داده شد. پس از مراحل چهارگانه تدوین اقدامات برای حوزه انرژی خورشیدی انجام شد به این صورت که در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شدند. در مرحله دوم، با توجه اینکه فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی در مراحل مختلفی از توسعه قرار داشتند، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه هر یک از فناوری‌های این حوزه بر اساس مرحله توسعه آنها تعیین شدند. در مرحله سوم، چالش‌ها و موانع موجود در تحقق هر یک از چهار کارکرد اصلی از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه خورشیدی تعیین شدند. سپس با توجه به چالش‌های تعیین شده و راهبردهای تدوین شده حوزه انرژی خورشیدی اقدامات و سیاست‌های مورد نیاز برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های این حوزه پیشنهاد شد. در نهایت، اقدامات تدوین شده در دو بخش اقدامات فنی و غیرفنی ارائه گردید.

مراجع

«روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی»، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۱

فهرست مطالب

- ۱- روش پیشنهادی برای تدوین برنامه عملیاتی ۲
- ۱-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی ۳
- ۱-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات ۵
- ۱-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات ۶
- ۱-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی ۸
- ۲-۱- تخصیص منابع و تعریف دوره‌های زمانی ۹
- ۳-۱- تعیین حوزه‌های اثر و تقسیم کار ملی ۱۰
- ۱-۳-۱- نگاشت نهادی ۱۱
- ۲-۳-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی ۱۲
- ۱-۲-۳-۱- سیاست‌گذاری ۱۳
- ۲-۲-۳-۱- تنظیم‌گری ۱۳
- ۳-۲-۳-۱- تسهیل‌گری ۱۴
- ۴-۲-۳-۱- ارائه‌دهنده کالا و خدمات ۱۴
- ۴-۱- تخصیص متولیان اقدامات ۱۵
- ۵-۱- ترسیم ره‌نگاشت برنامه عملیاتی ۱۷
- ۱-۵-۱- تعاریف ره نگاشت ۱۸
- ۲- تدوین برنامه عملیاتی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۱۹
- ۱-۲- شکستن اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی به پروژه‌های اجرایی ۱۹

- ۲-۲- تخصیص منابع و تعریف دوره‌های زمانی ۲۵
- ۳-۲- تعیین حوزه‌های اثر و تقسیم کار ملی در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۴۱
- ۳-۲-۱- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۴۱
- ۳-۲-۲- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود ۴۵
- ۳-۲-۳- تحلیل نگاشت نهادی ۴۸
- ۴-۲- تخصیص متولیان اقدامات ۵۰
- ۵-۲- ترسیم ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی ۵۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) - فهرست خبرگان حاضر در جلسه بررسی پروژه‌های اجرایی فناوری‌های انرژی خورشیدی ۲۰
- جدول (۲-۲) - پروژه‌های اجرایی حاصل از شکسته شدن اقدامات فنی تدوین شده سند ۲۱
- جدول (۳-۲) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیرفنی در توسعه فناوری‌های خورشیدی ۲۵
- جدول (۴-۲) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات فنی در توسعه فناوری‌های خورشیدی ۲۸
- جدول (۵-۲) - نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران ۴۵
- جدول (۶-۲) - متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران ۵۰
- جدول (۷-۲) - متولیان پروژه‌های فنی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران ۵۳

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - فرایند تدوین برنامه‌های عملیاتی ۳
- شکل (۲-۱) - نحوه شکستن اقدام X ۴
- شکل (۳-۱) - اجزای کامل ره‌نگاشت ۱۸
- شکل (۱-۲) - نقشه راه توسعه فناوری سهموی خطی ۵۶
- شکل (۲-۲) - نقشه راه توسعه فناوری دودکش خورشیدی ۵۷
- شکل (۳-۲) - نقشه راه توسعه فناوری موتور استرلینگ ۵۸
- شکل (۴-۲) - نقشه راه توسعه فناوری‌های نسل اول و دوم فتولتائیک ۵۹
- شکل (۵-۲) - نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین فتولتائیک ۶۰
- شکل (۶-۲) - نقشه راه توسعه استاندارد و آزمایشگاه‌های مرتبط با انرژی خورشیدی ۶۱

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت و پیشتازی کشورهای توسعه‌یافته، توجه به دانش و مهارت‌های مدیریت به‌عنوان یکی از ضروریات توسعه و رشد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است. در این میان آنچه به عنوان اصلی‌ترین کارکرد مدیریت در هر کشور موردنظر می‌باشد، برنامه‌ریزی و تلاش برای اجرا و نیل به اهداف از پیش تعیین شده در آن است. تحولات چند دهه گذشته همراه با وقوع نیازهای جدید در این سال‌ها، سیاست‌گذاران و مدیران ملی را با آنچنان دشواری‌هایی مواجه ساخته است که کوچکترین غفلت آن‌ها نسبت به مسائل، پیامدهای غیرقابل جبرانی را به‌دنبال خواهد داشت. مشاهده فناوری‌های امیدبخش که علیرغم داشتن راهبردها و سیاست‌های سنجیده، به دلیل بی‌توجهی به فرآیند اجرا، موقعیت برجسته خود را از دست داده و از صحنه رقابت کنار رفته‌اند، مؤید این نکته مهم می‌باشند. لذا توجه به برنامه‌ریزی از جنس اجرا و با ماهیت عملیاتی از آنچنان اهمیتی برخوردار است که بدون آن، راهبردها و سیاست‌های اتخاذشده قادر به توسعه موفق و پایدار فناوری نخواهند بود. از این رو در دهه‌های اخیر، توجه سیاست‌گذاران و صاحب‌نظران به شناسایی و بهره‌برداری هرچه بیشتر و بهتر از الگوها و ابزارهای نوین برنامه‌ریزی عملیاتی جلب شده است.

پرسش پیرامون مجموعه اقدامات لازم برای پیاده‌سازی و تحقق ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها موضوع قابل طرح در آخرین سطح از روش‌شناسی تدوین اسناد ملی هستند. چه سازوکارها، اجزاء، سازمان‌ها، افراد و به‌طور کلی چه الزاماتی نیاز است و نقش هر کدام به‌طور خاص در فرآیند توسعه فناوری چیست؟ رابطه بین عوامل مؤثر بر تحقق جهت‌گیری‌های بالادستی چگونه است و تنظیم و تعامل بین آن‌ها چگونه برقرار می‌شود؟

مباحث تدوین و پیاده‌سازی ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها، در حوزه «مدیریت راهبردی» مطرح می‌باشند. در مدیریت راهبردی نه تنها به رکن برنامه‌ریزی و تدوین اقدامات و فعالیت‌ها که اولین و شاید مهم‌ترین گام باشد، پرداخته می‌شود، بلکه سایر ارکان مدیریت از جمله سازماندهی، تأمین منابع، نظارت و کنترل فعالیت‌ها و ارزیابی تحقق راهبردها را نیز دربرمی‌گیرد و این فرآیند به‌طور دائمی و پویا تکرار می‌شود تا سیستم به اهداف مورد نظر دست یابد.

آنچه در این بخش به آن پرداخته خواهد شد، حرکت در جهت تحقق اهداف خرد و کلان از طریق اجرایی کردن راهبردها، سیاست‌ها و اقدامات تدوین‌شده در طول سند راهبردی است. منظور از اجرایی کردن آن‌ها طراحی برنامه‌های عملیاتی است که زمان‌بندی شده‌اند، تخصیص منابع به آن‌ها صورت گرفته است، مجریان برنامه‌ها و نحوه عمل آن‌ها مشخص شده است و در نهایت، نحوه ارتباط این برنامه‌ها در طول زمان با هم و با جهت‌گیری‌های بالادستی مشخص شده است.

در این بخش از سند با عنوان «تدوین ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی» مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای اجرای هر گام ارائه شده، که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و ره‌نگاشت^۱ در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه ارکان جهت‌ساز (شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی و نیز اقدامات لازم برای تحقق آن تدوین و معین شد. در این گزارش پس از بررسی نحوه تقسیم اقدامات به پروژه‌ها، اقدامات تدوین شده در مرحله ۴ به پروژه‌های اجرایی تقسیم می‌شوند و سپس فهرست پروژه‌های تعیین شده ارائه می‌گردد. در گام بعدی زمان و بودجه لازم برای تکمیل این پروژه‌ها مشخص شده و در ادامه متولیان و مجریان انجام پروژه‌ها بر اساس نگاشت نهادی تعیین می‌گردند. در نهایت، نقشه‌راه (ره‌نگاشت) مربوط به سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم شده است.

۱- روش پیشنهادی برای تدوین برنامه عملیاتی

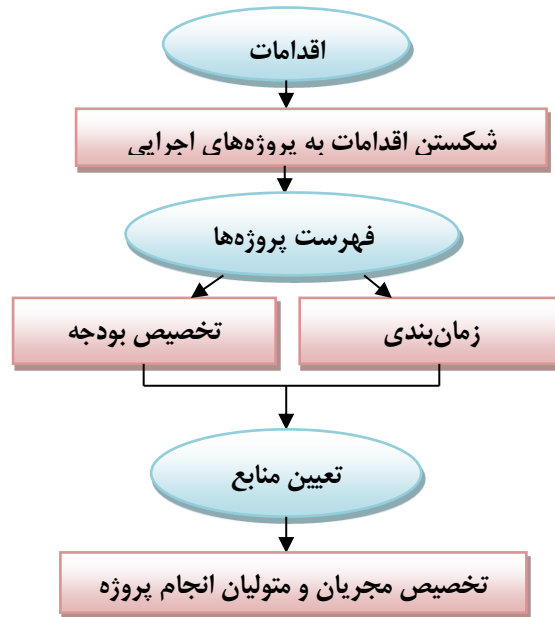
در این قسمت باید به معرفی (گام‌های) روشی برای تدوین برنامه عملیاتی پرداخت. این روش پیشنهادی باید قادر باشد تا به سؤالات مختلف فرآیند توسعه فناوری که تا این مرحله مورد توجه قرار نگرفته‌اند پاسخ داده شود؛ سؤالاتی نظیر:

- برنامه‌ها برای پاسخگویی به کدام اهداف تدوین و اجرا می‌شود؟
- برنامه‌ها چگونه اولویت‌ها و ملاحظات تعریف شده در راهبردها، سیاست‌ها و اقدامات را عملیاتی می‌سازند؟
- گروه‌ها یا نهادهای اصلی هدف (یعنی هویت‌هایی که این قصد تأثیرگذاری بر رفتار آن‌ها را دارد) کدامند؟
- مجری یا مجریان این برنامه کدامند؟ و نحوه عمل آن‌ها چگونه است؟
- دوره زمانی اجرای برنامه چقدر است؟
- منابع موردنیاز و نتایج مورد انتظار از اجرای این برنامه‌ها کدامند؟

بر مبنای ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌های تدوین شده تاکنون، در این قسمت لازم است تا روش پیشنهادی تدوین برنامه عملیاتی ارائه شود. این روش پیشنهادی متشکل از گام‌هایی است که در شکل (۱-۱) نشان داده شده‌اند. مطابق این شکل، در مرحله اول باید اقدامات تدوین شده در مرحله ۴ شناسایی شده و بر اساس معیارهایی به پروژه‌ها شکسته شوند و

¹ Road Map

فهرست پروژه‌ها استخراج شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص شده و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.



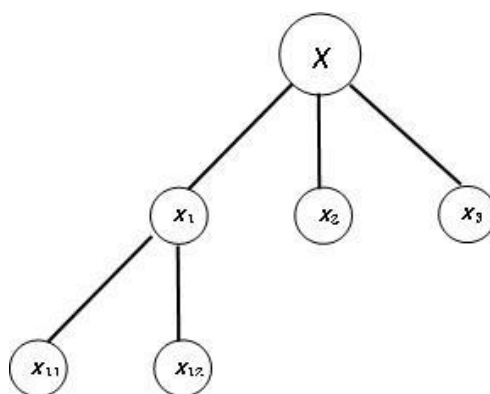
شکل (۱-۱) - فرایند تدوین برنامه‌های عملیاتی

۱-۱ - شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

در این گام پروژه‌های ضروری به‌منظور برآورده کردن اهداف کلان و نیز محقق نمودن راهبردها، اقدامات و سیاست‌ها تعیین می‌شود. این پروژه‌ها، فعالیت‌هایی هستند که توسط کنش‌گران توسعه فناوری و در راستای راهبردهای کلان و سیاست‌های نوآوری تعریف می‌شود. اگر پروژه‌ها به‌طور صحیحی برنامه‌ریزی شوند، نتایج موردانتظار از انجام آن‌ها حاصل، و در نتیجه، اهداف میان‌مدت و بلندمدت نیز محقق می‌گردد. پروژه‌ها در فرآیندی توافقی و تعاملی و براساس نظر ذینفعان استخراج می‌گردد. اقداماتی تدوین شده در مراحل قبل هم راهنمای مناسبی برای طراحی پروژه‌ها هستند. به‌عبارت دیگر، برای تحقق هر اقدام یا سیاست اجرایی، وجود مجموعه‌ای از پروژه‌ها ضروری است.

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، باید به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین‌رو در تعریف پروژه‌ها باید به جنبه‌های مختلف اقدام توجه شود. نکته حائز اهمیت دیگر

در شکستن اقدامات، میزان و سطح شکستن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۲-۱) مشاهده نمود که در آن اقدام X به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام X باید اجرا شوند را به دو صورت $X \equiv \{x_1, x_2, x_3\}$ و $X \equiv \{x_{11}, x_{12}, x_2, x_3\}$ ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام است. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد و سطح شکسته شدن اقدامات معرفی و تعیین گردد.



شکل (۲-۱) - نحوه شکستن اقدام X

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای شکستن اقدامات به پروژه‌ها قرار می‌گیرد:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می‌توان برآورد مناسبی

از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود^۱.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به اندازه

کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف پروژه امکان اختصاص آن به یک مجری را سلب نماید،

باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر باشد.

^۱ توضیحات بیشتر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS^۱ می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۱-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن شکستن اقدامات انجام شود. برای درک بهتر اقدام نمونه‌ای با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی^۲ (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی^۳ (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. مبنای شکستن اقدامات مورد توجه بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین این عوامل اشاره می‌شود.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌توان شکستن پروژه‌های اجرایی را بر اساس آن‌ها جهت‌دهی کرد. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد که هر بخش توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود به دست آورده است، و بنابراین تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

^۱ Work-Breakdown-Structure

^۲ Geographical Base

^۳ Functional Base

ج) **منافع اقتصادی:** میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنای قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) **نظرات ذینفعان:** از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است به نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات توجه شود.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌ها شکسته شوند، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی شکستن انجام پذیرد.

۱-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت، در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرآیند تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش است. چنین فرآیندهایی فرآیند استاندارد نامیده می‌شود و در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن حوزه به عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

ب) بهینه‌کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرآیند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند - که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرآیند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد.

اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی معلولی

اساس این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه ضرورت و لازمه استفاده از این ابزار است. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

- **گام ۱:** در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

- **گام ۲:** در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت‌های پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرایند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به‌کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد.

پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر به ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود.^۱

- **گام ۳:** کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

^۱ ممکن است بتوان در مورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاوی به نتیجه رسید، علی‌رغم این که در مورد اقدام بالادست استفاده از این دو ابزار نتیجه‌بخش نبوده باشد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری است که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه در مجموعه‌هایی جمع می‌شوند که از آن‌ها تحت عنوان مجموعه‌های جایگزینی یاد می‌شود. سرانجام باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آن را تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند، این موارد حذف شده - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد استفاده می‌شوند - و در غیر این صورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده موارد ذکر شده به عنوان زیرفعالیت خود باشد.

در مجموع مشخص می‌گردد که پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده باید دارای دو ویژگی زیر باشند:

۱) در یک سطح باشند،

۲) غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون هم‌پوشانی باشند. در

غیر این صورت باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد تا همپوشانی موجود حذف شود.

۱-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی باید به نحو

مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری است با نگاهی اجمالی به بازمینی گام‌های طی شده نواقص احتمالی پرداخته شود.

۱-۲- تخصیص منابع و تعریف دوره‌های زمانی

برنامه‌ریزی منابع با هدف اجرایی نمودن اقدامات تعریف شده صورت می‌پذیرد. این برنامه‌ریزی را باید قبل از اجرایی کردن اقدامات به انجام رساند. منظور از منابع موردنیاز در این گام دانش فنی، ابزارآلات و تجهیزات و منابع مالی است. در صورت وجود منابع موردنیاز، برنامه‌ریزی منابع بیانگر چگونگی و اولویت‌بندی استفاده از آنها است. اما در شرایطی که منابع موجود نباشد، برنامه‌ریزی به معنی چگونگی دستیابی به منابع از طریق خرید، همکاری و یا تولید منابع موردنیاز است.

در برنامه‌ریزی عملیاتی تخصیص منابع فرایند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به ویژه در کوتاه‌مدت مشخص می‌گردد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف است. همان‌طور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارتند از هزینه، زمان و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فناوری. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد می‌شود و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد.

هرچند پایداری و قابل پیش‌بینی بودن گاه به‌عنوان نکات مثبت در بعضی از انواع برنامه‌های حمایتی برشمرده می‌شود، اما در عمل و به‌دلایل مختلف بهتر است این برنامه‌ها برای دوره‌های زمانی مشخص و محدود طراحی و اجرا شوند. از مهم‌ترین مزایای محدود بودن زمان برنامه‌ها، می‌توان به روشن و محدود بودن بودجه موردنیاز، فراهم شدن امکانات ارزیابی بهتر نتایج و دستاوردها و امکان اصلاح، بازنگری و ایجاد تطابق بیشتر در برنامه‌ها با شرایط زمان اشاره کرد. بر این اساس، لازم است تا دوره زمانی اجرایی هر برنامه را در این گام مشخص نمود.

۱-۳- تعیین حوزه‌های اثر و تقسیم کار ملی

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی شناسایی خواهند شد. منظور از مجریان نهادهایی است که مسئولیت اجرای برنامه‌های عملیاتی و یا پروژه‌ها را برعهده دارند. ممکن است مجری همان سیاست‌گذار باشد، اما در برخی موارد سیاست‌گذار و مجری نهادهای متفاوتی هستند. اجرای برنامه‌های عملیاتی، فرآیند تعاملی میان دولت با گروه‌های هدفی است که تلاش می‌کنند برنامه مزبور را براساس انگیزه‌ها، ظرفیت و ادراک خودشان اجرا کنند یا از اجرای آن‌ها جلوگیری کرده یا آن‌ها را تغییر دهند.

در تدوین برنامه‌های عملیاتی، لازم است تا نهادهای اصلی هدف، یعنی مشمولان برنامه‌ها یا حوزه‌هایی که برنامه‌ها قصد تأثیرگذاری بر آنها را دارند، شناسایی نمود. هرچند در رویکردهای سیستمی تبیین‌شده برای ظهور نوآوری، خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری ناشی از تعامل دامنه متفاوتی از حوزه‌ها تعریف می‌گردد، اما برای دستیابی به هر هدف در سطح عملیاتی بعضی گروه‌ها یا نهادها (حوزه‌ها) می‌توانند نقش پیش‌برندگی بیشتری داشته باشند.

جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا باید کلیه بازیگران حوزه انرژی خورشیدی شناسایی شوند، لازمه انجام این ترسیم نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی و تحلیل وضع موجود است، که با استفاده از آن‌ها وضع مطلوب نهادی ترسیم می‌گردد.

هر نوع از برنامه‌های عملیاتی نیز باتوجه به یک گروه هدف خاص، مانند یک بخش یا یک خوشه خاص، یک شرکت کوچک یا متوسط و یا یک شرکت زایشی جدید طراحی می‌شود. برنامه‌ها باید نهادهایی را بیشتر مورد هدف قرار دهند که بیشترین تأثیرگذاری را در راستای تحقق اقدامات و سیاست‌های اجرایی داشته باشند. این برنامه‌ها مناسب است تا مطابق با معیارهای زیر باشند:

- حوزه‌هایی که در حوزه سیاست‌گذاری موردنظر، بیشترین تأثیرگذاری را در راستای اهداف سیاستی داشته باشند،
- حوزه‌هایی که دارای بیشترین ارتباطات پسین و پیشین در سایر حوزه‌ها باشند، یعنی برونداد آن‌ها به‌عنوان درونداد حوزه‌های دیگر بوده یا با استفاده از برونداد سایر حوزه‌ها به‌عنوان درونداد، قابلیت تحریک و رشد در سایر حوزه‌ها را دارند،
- حوزه‌هایی که بیشترین سرریز مثبت را برای سایر حوزه‌ها داشته باشند، و

- سرریزهایی که بیشترین توانایی درونی کردن دانش و تجربه به دست آمده از فعالیت فناورانه هدایت شده را برای کاربرد مجدد داشته باشند.

در ادامه، ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن بیان شده، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری‌ها ترسیم می‌شود. در بخش بعد، با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده متولیان پروژه‌های اجرایی مشخص می‌شوند.

۱-۳-۱ - نگاشت نهادی^۱

تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در حوزه انرژی خورشیدی نقش‌آفرینی می‌کنند از یک سو و تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود از سوی دیگر سبب اهمیت یافتن نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها از منظر نهادی (ساختاری) می‌شود. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد. به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع، تکمیل نگاشت نهادی به این معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

- آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟
- در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارند؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟
- میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در آن فعالیت ندارد؟
- آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟
- آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

¹- Institutional mapping

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری است. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از مؤسسات مجزا که به‌طور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این مؤسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تأثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا نمایند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرآیندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌ها است. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و به‌کارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تأثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به‌عنوان مثال، تحقیق و توسعه (به‌عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تأمین منابع مالی به‌منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت است.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری به دست می‌آید.

۱-۳-۲ - انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرایند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سؤال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش مؤثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به‌صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

۱-۳-۲-۱ - سیاست‌گذاری

سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پیگیری شده توسط دولت، کسب‌وکارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیرمداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

۱-۳-۲-۲ - تنظیم‌گری

تنظیم، مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار
- تنظیم استانداردهای صنعتی
- تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تأثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری استفاده شده بر جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری منجر شود. ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر مؤثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرایم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران

نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

۱-۳-۲-۳- تسهیل‌گری

تسهیل‌کنندگان در واقع سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به‌علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع، نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

- تسهیل‌گری در بعد فناوری
- تسهیل‌گری منابع دانشی
- تسهیل‌گری منابع مالی
- تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج
- تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

۱-۳-۲-۴- ارائه‌دهنده کالا و خدمات

- ارائه‌دهندگان شامل دو گروه ارائه‌دهندگان خدمات آموزشی-پرورشی و ارائه‌دهندگان خدمات صنعتی می‌شود.
- ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: این دسته از تأمین‌کنندگان خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند، که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه انرژی خورشیدی فعالیت می‌کنند.

- ارائه‌کننده خدمات صنعتی: این گروه شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تأمین تجهیزات مورد نیاز توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نباشند و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات را انجام دهند یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به تولیدکنندگان مواد و تجهیزات فناوری‌های انرژی خورشیدی باشند.

۱-۴- تخصیص متولیان اقدامات

تخصیص متولیان اقدامات و مشخص نمودن نحوه عمل آن‌ها یکی از تأثیرگذارترین اجزای برنامه‌های عملیاتی به‌شمار می‌رود. همان‌طور که قابلیت‌های نهاد تدوین‌کننده برنامه‌ها بر کیفیت برنامه‌ها تأثیر می‌گذارد، قابلیت‌های مجریان برنامه‌های عملیاتی نیز آثار غیرقابل چشم‌پوشی بر کیفیت اجرای برنامه‌ها و خروجی حاصل از آن‌ها دارد. لذا اطمینان از انتخاب مناسب‌ترین مجری برای هر پروژه یا برنامه عملیاتی بسیار حائز اهمیت است. مجریان باید هم از لحاظ ظرفیت‌ها و قابلیت‌های درونی برای اجرای برنامه و هم از لحاظ اعتبار، جایگاه و ارتباطات بیرونی لازم ارزیابی شوند.

آنچه که در این زمینه گاه حتی مهم‌تر از انتخاب مجری است، آن است که مجری چگونه عمل کند. نحوه عمل مجری به‌خصوص در برنامه‌های حمایتی مستقیم که ماهیتی گزینشی دارند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در غالب این‌گونه برنامه‌های عملیاتی، مجری باید بتواند بین اجزای گروه هدف قضاوت کرده و موارد واجد شرایط را انتخاب کند. برای مثال، به‌منظور اعطای گرنت برای تحقیقات، انعقاد قراردادهای تحقیقاتی یا اعطای هرگونه کمک مستقیم به شرکت‌های کوچک و متوسط، معمولاً باید تا از بین متقاضیان تعداد محدودی انتخاب شوند. نتیجه مهم چنین شرایطی این است که اولاً مجری باید از صلاحیت‌های علمی، فنی و سازمانی لازم برخوردار باشد و ثانیاً بتواند فرآیند انتخاب را کاملاً شفاف و عادلانه به انجام برساند. با توجه به موارد فوق و نیز سایر نکاتی که معمولاً جزء اصول حکمرانی برای سیاست‌گذاران و مجریان در نظام‌های نوآوری است، بعضی از اصولی که مجریان در نحوه عمل خود باید به آن توجه کنند، در ذیل آمده و سعی شده برای هر اصل مصادیق و رهنمودهایی کلی تدوین شود. اصول مزبور عبارتند از:

الف - شفافیت و عدالت

۱. تمام فعالیت‌های نهادهای دولتی در حوزه مورد بحث، باید در قالب سیاست‌ها و برنامه‌های مدون به اطلاع ذینفعان و

عموم برسد.

۲. سیاست‌گذاران و مجریان باید پایگاه‌های داده‌ای به‌روز از متن سیاست‌ها و برنامه‌ها، تمام فعالیت‌های انجام شده تحت این برنامه‌ها، مشخصات شرکت‌ها و پروژه‌های حمایت‌شده را برای دسترسی عموم علاقه‌مندان ایجاد نمایند. اطلاع-رسانی و پایگاه داده ترجیحاً باید از طریق پورتال اینترنتی نیز انجام شود. درباره فعالیت‌هایی که با امنیت ملی ارتباط دارند و فعالیت‌هایی که به لحاظ موقعیت رقابتی شرکت مهم هستند، جزئیات دقیق فعالیت‌های حمایت‌شده می‌تواند محرمانه نگه داشته شود. اما همچنان عنوان پروژه یا فعالیت‌ها و توصیفی مختصر از آن باید در پایگاه داده وجود داشته باشد.

۳. درموردی که برای اجرای برنامه‌ها به داوری خبرگان نیاز باشد، باید برای داوری‌ها از معیارهای مرتبط و مدون و فرآیندهای شفاف استفاده شود.

۴. اعضای پنل‌های داوری باید درباره موضوعاتی که نظر می‌دهند کاملاً بی‌طرف و بدون هیچگونه منفعتی باشند.

ب - پاسخگویی

۱. سیاست‌گذاران و مجریان باید گزارش‌های دوره‌ای از عملکرد خود برای دسترسی عموم علاقه‌مندان انتشار دهند و گزارش‌های موردی طبق درخواست نهاد بالادست، با آخرین اطلاعات موجود تهیه نمایند.

۲. سیاست‌گذاران و مجریان باید به‌شکل دوره‌ای تأثیر فعالیت‌های خود را از طریق مکانیزمی کاملاً بی‌طرفانه ارزیابی نمایند. علاوه بر معیارهای دیگر ارزیابی، باید توجه خاصی به تغییرات در نهاد هدف تحت محورهای تغییر در برون‌داد، تغییر در درون‌داد، تغییر در رفتار نهاد هدف و میزان تداوم آن و بهبود ظرفیت حل مسئله و نوآوری.

ج - قابل پیش‌بینی بودن

یعنی فعالیت‌هایی که مطابق معیارهای علمی، منطقی و شرایط و نیازهای موجود توجیه‌پذیرند، باید بر مبنای اصل وحدت رویه و به‌دور از تغییرات مدیریتی ادامه یابند و اگر هم قرار است از جایی قطع شوند، تاریخ این انقطاع از پیش مشخص باشد.

د - ظرفیت‌سازی

۱. سیاست‌گذاران و مجریان باید پیش از اقدام به سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی، دانش، مهارت، شرایط و قابلیت‌های لازم برای موفقیت در فعالیت موردنظر را در خود ایجاد نمایند.

۲. سیاست‌گذاران و مجریان باید فعالیت‌های خود را از طریق تیم‌های کوچک، چابک، متخصص، توانمند و انعطاف‌پذیر، مستقر در نهاد سیاست‌گذار و مجری هدایت نمایند.

۱-۵- ترسیم ره‌نگاشت برنامه عملیاتی

پس از تعریف پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی، برنامه‌ریزی منابع و تعیین مجریان، در گام آخر برنامه عملیاتی لازم است تا ارتباط میان آن‌ها مشخص شده و خلاصه نتایج آن در قالب ره‌نگاشت برنامه عملیاتی ارائه شود.

ره‌نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل دهنده ره‌نگاشت هستند.

همان‌گونه که در ابتدای این مرحله عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچ‌گاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است، اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند حال آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آن‌چنان‌که در بسیاری از موارد، درحالی‌که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شوند. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه‌راه است که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه ره‌نگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به‌کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آن‌چنان‌که استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود.

شکل زیر بیانگر ارتباط میان اجزای مختلف برنامه عملیاتی است.



شکل (۱-۳) - اجزای کامل ره‌نگاشت

نظر به اهمیت تهیه ره‌نگاشت در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از ره‌نگاشت پرداخته و مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه ره‌نگاشت بیان می‌شوند.

۱-۵-۱ - تعاریف ره‌نگاشت

در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم ره‌نگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، ره‌نگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب‌وکار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم ره‌نگاشت ارائه شده است:

- ۱) ره‌نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.
- ۲) ره‌نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و درعین حال سررسیدهای^۱ موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.
- ۳) ره‌نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.
- ۴) ره‌نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

¹- Deadline

۵) ره‌نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد. لذا برای رسیدن به هدف، ره‌نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مؤلفه‌های یک ره‌نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره‌نگاشت دارند و بیان می‌کنند همان‌طور که ره‌نگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید به صورت جزئی به تشریح زیرساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

در مجموع، می‌توان این‌گونه بیان نمود که ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند.

۲- تدوین برنامه عملیاتی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌گردد. در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا با اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز تدوین شده «سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی» محقق شده است.

۲-۱- شکستن اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی به پروژه‌های اجرایی

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان‌طور که در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیرفنی تدوین شد. برای تدوین پروژه‌های اجرایی اقدامات فنی، ابتدا کارشناسان فنی سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران به طور مجزا فهرست پروژه‌های اولیه مربوط به خود را استخراج کردند و سپس فهرست اولیه پروژه‌ها در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۳/۲۰ با حضور ۱۱ نفر از خبرگان که اسامی آن‌ها در جدول زیر ذکر شده است، بررسی شد و پس از جمع‌بندی پروژه‌های اصلی جهت اجرایی شدن اقدامات شناسایی شدند.

جدول (۱-۲) - فهرست خبرگان حاضر در جلسه بررسی پروژه‌های اجرایی فناوری‌های انرژی خورشیدی

ردیف	نام	سمت
۱	نیما تقوی نیا	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۲	محمدصادق ذبیحی	معاونت پژوهشی مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
۳	ابراهیم اصل سلیمانی	عضو هیات علمی دانشکده برق دانشگاه تهران
۴	سید محمد صادق زاده	عضو هیات علمی دانشگاه شاهد
۵	محمود زنده دل	عضو هیات علمی مدعو دانشگاه اصفهان
۶	اکبر شعبانی کیا	مدیر اجرایی ستاد توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر
۷	محمد بهشاد شفیعی	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف
۸	سید مسلم موسوی	مدیر شرکت مشاوره آتی‌اندیشان شریف
۹	سامان میرهادی	مدیر دفتر انرژی خورشیدی سانا
۱۰	نسترن ریاحی	مدیر گروه پژوهشی مواد غیر فلزی پژوهشگاه نیرو
۱۱	سوسن داوری	رئیس پژوهشکده انرژی و محیط زیست

همان‌طور که در قسمت‌های قبل اشاره شد، مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، باید به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام موردنظر شود. در این بخش، تلاش شده با استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات باید مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات است. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۲) - پروژه‌های اجرایی حاصل از شکسته شدن اقدامات فنی تدوین شده سند

فناوری	ردیف	عنوان پروژه‌ها
فناوری فتوولتائیک نسل اول و دوم	اقدام ۱: انتقال دانش فنی	
	۱	حمایت‌های کامل از تأسیس آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک در پژوهشگاه نیرو
	۲	حمایت از تکمیل و تامین تجهیزات آزمایشگاه‌های سلول فتوولتائیک
	۳	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۲۰ مگاواتی فتوولتائیک در کشور با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی و داخلی
	۴	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم‌های نصب شده
	۵	تجهیز آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم
	۶	ایجاد ارتباطات بین‌المللی برای ارتقاء کیفیت تولیدکنندگان داخلی
	۷	راه‌اندازی خط تولید ماژول فتوولتائیک با همکاری شرکت‌های معتبر بین‌المللی و بر اساس تکنولوژی روز دنیا
	۸	حمایت از صنایع داخلی برای ارتقاء کیفیت تجهیزات فتوولتائیک
	۹	افزایش قیمت خرید تضمینی برق فتوولتائیک و ایجاد مشوق‌های مالی برای راه‌اندازی سیستم‌های فتوولتائیک
	۱۰	تشکیل کمیته‌های تخصصی راهبردی در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
	۱۱	ارزیابی دقیق علمی و اقتصادی پروژه‌های پیشنهادی توسط کمیته تخصصی راهبردی
۱۲	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول چند اتصالی	
فناوری فتوولتائیک نسل اول و دوم	اقدام ۲: تولید محصول رقابت پذیر	
	۱	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۵۰ مگاواتی فتوولتائیک در کشور با درصدی از پنل‌های بومی برای حمایت از توسعه برق خورشیدی
	۲	راه‌اندازی چندین سایت پایلوت برای بکارگیری تکنولوژی‌های ساخت داخل و پایش عملکرد آنها
	۳	افزایش طول عمر و راندمان سلول/ماژول خورشیدی و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید از لحاظ اقتصادی و فنی
	۴	تحقیق و توسعه فناوری انتقال یافته و بومی‌سازی دانش فنی ساخت سلول/ماژول فتوولتائیک
	۵	ساخت نمونه آزمایشگاهی با بازده نزدیک به دستاوردهای بین‌المللی
فناوری‌های نوین فتوولتائیک	۶	ساخت نمونه نیمه صنعتی
	اقدام ۱: دستیابی به شبکه منسجم آزمایشگاهی	
	۱	تدوین ساز و کار پخش پروژه
	۲	سنتز مواد جدید
	۳	مشخصه یابی مواد سنتز شده
	۴	شبیه سازی و محاسبات عددی

فناوری	ردیف	عنوان پروژه‌ها	
	۵	ساخت سلول و انجام تست	
	۶	تأمین تجهیزات و مواد خاص آزمایشگاهی مورد نیاز در طول پروژه	
	۷	تدوین ساز و کار تجهیز و بهره‌برداری از آزمایشگاه‌ها	
	۸	شناسایی آزمایشگاه‌ها و توانمندی آنها	
	اقدام ۲: ساخت اولین نمونه سایز کوچک		
	۱	طراحی و ساخت مینی مدول‌های با بازده و طول عمر نزدیک به دستاوردهای جهانی	
	۲	تأمین تجهیزات اساسی و پرهزینه برای آزمایشگاه‌های منتخب	
	۳	شناسایی مواد جدید برای سنتز، مشخصه یابی و انجام محاسبات برای بکارگیری مواد جدید و تلاش در جهت ساخت نمونه‌های دیگر با ساختارهایی متفاوت	
	اقدام ۳: ساخت نمونه نیمه صنعتی		
	۱	ساخت نمونه نیمه صنعتی	
	۲	بهبود بازدهی	
	۳	بهبود طول عمر	
	۴	بهینه‌سازی اقتصادی فرآیند تولید	
	فناوری سهموی خطی	اقدام ۱: ساخت نیروگاه مگاواتی و کسب دانش فنی	
۱		راه‌اندازی حداقل یک نمونه نیروگاه سهموی خطی تجاری با تکنولوژی روز دنیا و سیستم ذخیره‌ساز (نیروگاه ۱)	
۲		داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده	
۳		ایجاد توانمندی تعمیرات و نگهداری	
۴		مطالعه و بررسی مزیت‌های نسبی کشور در بخش‌های مختلف فناوری با توجه به تجارب داخلی و خارجی	
۵		بررسی و امکان‌سنجی ظرفیت نصب سیستم‌های سهموی خطی در کنار نیروگاه‌های ایران بصورت هیبرید	
۶		پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های سهموی خطی در ایران	
۷		انعقاد قرارداد یا تفاهم‌نامه همکاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری سهموی خطی با رویکرد بازشناسی توانمندی داخلی	
۸		انتقال دانش فنی طراحی نیروگاه	
۹		انتقال دانش فنی تجهیزاتی که توجیه تولید در داخل را دارند	
۱۰		راه‌اندازی مرکز تست حرارتی خورشیدی و کلکتورهای سهموی خطی	
۱۱		انتخاب ظرفیت مگاواتی مناسب برای ساخت نیروگاه شماره ۲ و طراحی آن	
۱۲	ساخت و راه‌اندازی نیروگاه مگاواتی شماره ۲ به همراه سیستم ذخیره ساز		
اقدام ۲: دستیابی به دانش تولید ساخت نیروگاه‌های با ظرفیت بالا			

فناوری	ردیف	عنوان پروژه‌ها
	۱	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی
	۲	ساخت و نصب چندین نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت برابر با نیروگاه شماره ۲ یا بیشتر به منظور و بهینه‌سازی و توسعه فناوری بومی
	۳	هیبرید نمودن چند نیروگاه سیکل ترکیبی با سیستم سهموی خطی بر اساس مطالعات امکان سنجی
	۴	طراحی و ساخت نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی در کشور
دودکش خورشیدی	اقدام ۱: انجام مطالعات مبنا برای ورود به حوزه دودکش خورشیدی	
	۱	نصب حداقل یک نمونه دودکش خورشیدی ظرفیت پایین با تکنولوژی روز دنیا
	۲	شبیه سازی و تحلیل نرم افزاری
	۳	پتانسیل سنجی و مکان‌یابی نقاط مناسب در ایران برای دودکش خورشیدی
	اقدام ۲: دستیابی به فناوری دودکش خورشیدی	
	۱	طراحی دودکش و پایه‌های کلکتور
	۲	ساخت نمونه دودکش بدون توربین و انجام مطالعات جریان هوا
	۳	طراحی و ساخت توربین و سیستم انتقال قدرت
	۴	مطالعات زیست‌محیطی و امکان‌سنجی استفاده از نمونه‌هایی برای کاهش آلودگی هوای شهری
	اقدام ۳: ساخت دودکش ۱۰ کیلوواتی	
	۱	امکان سنجی و انجام مطالعات برای تجاری سازی تکنولوژی دودکش خورشیدی
	۲	ساخت دودکش و پایه های کلکتور
	۳	نصب توربین و ژنراتور
۴	نصب سیستم‌های کنترلی، راه اندازی و تست	
۵	بهینه‌سازی عملکرد سیستم	
فناوری سیستم استرلینگ	اقدام ۱: کسب دانش فنی	
	۱	خرید حداقل یک نمونه دیش و موتور استرلینگ با فناوری روز دنیا
	۲	بررسی دقیق فناوری و محصولات موجود در دنیا و انتخاب شاخص ها و مدل‌های مناسب برای کشور
	۳	انعقاد قرارداد یا تفاهم‌نامه همکاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری سیستم استرلینگ
	اقدام ۲: ساخت دستگاه در مقیاس نیمه صنعتی	
	۱	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده
	۲	تست اجزای ساخت داخل بر روی دیش و موتور خریداری شده
	۳	طراحی و پیاده‌سازی سیستم کنترل و ردیاب خورشیدی
۴	طراحی، مدل سازی اجزای متمرکز کننده و ساخت دیش با ظرفیت مناسب	

فناوری	ردیف	عنوان پروژه‌ها
	۵	طراحی، مدل سازی و ساخت اجزای موتور در امتداد قرارداد انتقال فناوری
	۶	ساخت موتور کامل با ظرفیت بهینه تا ۵ کیلووات در امتداد قرارداد انتقال فناوری
	اقدام ۳: تولید صنعتی	
	۱	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی
	۲	ساخت و نصب نمونه‌های ساخته شده از سیستم دیش-استرلینگ طراحی شده در داخل برای بررسی عملکرد و بهینه‌سازی
	۳	ساخت سیستم دیش-استرلینگ با ظرفیت بهینه برای کاربردهای صنعتی و قابلیت تجاری‌سازی
استاندارد و آزمایشگاه	اقدام ۱: تکمیل آزمایشگاه‌های تست و استانداردهای مورد نیاز کشور	
	فتوولتائیک	
	۱	راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک (Type - Sample) در پژوهشگاه نیرو
	۲	شناسایی آزمایش‌های مورد نیاز فتوولتائیک در ایران بر اساس شرایط اقلیمی منطقه‌ای
	۳	نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک
	۴	راه‌اندازی آزمون‌های تکمیلی با توجه به نیازهای شناسایی شده در آزمایشگاه مرجع
	۵	الزام به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه تست مرجع برای شرکت در مناقصات وزارت نیرو
	۶	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور
	CSP	
	۱	نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش سیستم‌های حرارتی خورشیدی
	۲	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور
	استاندارد	
	۱	شناسایی استانداردهای بین‌المللی در حوزه تولید، راه‌اندازی و بهره‌برداری از انرژی خورشیدی
	۲	تدوین استانداردهای مورد نیاز در کشور
	اقدام ۲: دستیابی به استانداردهای جامع خورشیدی و آزمایشگاه‌های مورد نیاز	
	فتوولتائیک	
	۱	تدوین دستور العمل الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی ماژول فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه مرجع
	۲	تدوین دستور العمل الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی صلاح
	CSP	
	تدوین دستور العمل الزام شرکت‌های فعال در تامین تجهیزات سیستم‌های حرارتی خورشیدی به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی صلاح	
	استاندارد	

عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
توسعه استانداردها و بومی‌سازی دستورالعمل‌های تکمیلی استاندارد بر اساس شرایط اقلیمی ایران		

۲-۲- تخصیص منابع و تعریف دوره‌های زمانی

با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، باید به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اجرایی شدن پروژه‌ها، به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق پروژه‌های اجرایی از قبل تعیین شده و هر پروژه باید در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، برای هر پروژه اجرایی، هزینه لازم برآورد و برای انجام آن پروژه تخصیص داده می‌شود. منابع لازم برای سطوح بالاتر از جمله اقدامات در حالت کلی برابر مجموع هزینه‌های سطوح پایین دست می‌باشد.^۱ در این بخش زمان و بودجه تخمینی لازم برای انجام اقدامات غیرفنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی به ترتیب در جدول (۲-۳) و جدول (۲-۴) ارائه شده است. زمان‌بندی دقیق پروژه‌ها می‌تواند به ترسیم صحیح ره‌نگاشت کمک کند.

جدول (۲-۳) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیرفنی در توسعه فناوری‌های خورشیدی

ردیف	اقدامات	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تعیین قیمت واقعی تولید و فروش برق (بر اساس حامل انرژی فسیلی)	نیروی انسانی	۶
۲	بازنگری در تعرفه خرید برق خورشیدی	نیروی انسانی	۶
۳	تدوین مکانیزم‌های حمایتی به منظور ارائه تسهیلات برای سرمایه گذاران حوزه نیروگاه‌های خورشیدی که از تجهیزات ساخت داخل (با کیفیت استاندارد) استفاده می‌کنند (از طریق وضع تعرفه‌های	نیروی انسانی	۶

^۱ - مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد اولویت‌بندی فعالیت‌ها به گونه‌ای است که مشخص باشد منابع اضافی که احیاناً در طول پروژه اختصاص می‌یابند به کدام یک از آنها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه برای پروژه جاری وجود ندارد.

ردیف	اقدامات	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
	گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولات که با کیفیت مناسب در داخل بومی سازی شده اند)		
۴	تدوین ساز و کار تجهیز و بهره برداری از آزمایشگاه های مرجع و تحقیقاتی در حوزه های فتوولتائیک و خورشیدی حرارتی با هدف بهبود کارایی سیستم های خورشیدی بکارگرفته شده در شبکه برق کشور و جلوگیری از ورود تجهیزات خورشیدی بی کیفیت به کشور و تولید تجهیزات با استانداردهای بین المللی در داخل	نیروی انسانی	۶
۵	شناسایی آزمایشگاه ها و توانمندی آن ها در حوزه انرژی خورشیدی در کشور	نیروی انسانی	۶
۶	برگزاری دوره های علمی روش های انتقال تکنولوژی حوزه برق خورشیدی و تجربیات موفق داخلی و بین المللی	نیروی انسانی	۲۴
۷	هم سو سازی اقدامات تحقیقاتی دانشگاه ها با فعالیت شرکت های دانش بنیان حوزه خورشیدی	نیروی انسانی	--
۸	تدوین ساز و کار بهره مندی سرمایه گذاران حوزه خورشیدی از تسهیلات وام های بلند مدت کم بهره داخلی (از منابعی همچون صندوق توسعه ملی)	نیروی انسانی	۶
۹	تدوین نظام نامه جذب سرمایه گذاران خارجی در حوزه انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۶
۱۰	برقراری ارتباطات و ایجاد تعاملات بین المللی به منظور بکارگیری و جذب متخصصین مطرح بین المللی در بخش تحقیق و توسعه شرکت های دانش بنیان داخلی در حوزه فن آوری انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰
۱۱	تدوین مکانیزم های جذب شرکت های بین المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور	نیروی انسانی	۶
۱۲	برگزاری دوره های فنی و حرفه ای تخصصی به منظور تامین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری نیروگاهی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰
۱۳	برگزاری دوره های تخصصی مشترک بین المللی برای متخصصین و تکنسین های داخلی	نیروی انسانی	۱۲۰
۱۴	تدوین آئین نامه برای دستگاه های دولتی به منظور الزام در تامین بخشی از برق مورد نیاز خود از سیستم های خورشیدی	نیروی انسانی	۶
۱۵	تدوین چارچوب الزامات دستگاه های دولتی در خرید محصولات خورشیدی با کیفیت ساخت داخل به منظور ایجاد بازار مطمئن	نیروی انسانی	۶

ردیف	اقدامات	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
	سازندگان داخلی		
۱۶	تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۸
۱۷	تدوین استانداردهای دقیق، هوشمندانه و جامع در بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تست سیستم‌های برق خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰
۱۸	رایزنی با وزارت علوم و ایجاد زیرساخت‌های لازم به منظور جذب هیأت علمی توانمند در حوزه انرژی خورشیدی در دانشگاه‌ها	نیروی انسانی	۱۲۰
۱۹	برگزاری کارگاه‌های مرتبط با حوزه کسب و کار انرژی خورشیدی در کنفرانس‌های مرتبط با فن‌آوری خورشیدی در راستای ترویج تجاری سازی و تشویق محققین انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰
۲۰	رایزنی با سطوح عالی وزارت نیرو به منظور افزایش تخصیص منابع مالی دولتی در امر تحقیق و پژوهش	نیروی انسانی	--
۲۱	رایزنی با سطوح عالی وزارت نیرو به منظور ایجاد و توسعه صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر (VC)	نیروی انسانی	--
۲۲	ارتباط مستمر با شورای عالی عتف و صندوق توسعه ملی، جهت اخذ منابع مالی در حوزه خورشیدی	نیروی انسانی	--
۲۳	تدوین و پیاده سازی نظام مدیریت دانش	نیروی انسانی	۱۲۰
۲۴	ایجاد بانک اطلاعاتی و شبکه متخصصین، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکتهای دانش بنیان، آزمایشگاه‌های مرجع و تحقیقاتی در زمینه انرژی خورشیدی در کشور	نیروی انسانی	۱۲۰
		تامین تجهیزات	
۲۵	تدوین نظام نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در حوزه توسعه فن‌آوری خورشیدی از قبیل مکانیزم حمایت از حضور اساتید و دانشجویان در کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی، حمایت از مقالات تولید شده در این زمینه، حمایت از پایان نامه‌های دانشجویی کارشناسی ارشد، دکتری و پسا دکتری	نیروی انسانی	۶
۲۶	حمایت از مقالات و پروژه‌های تحقیقاتی و دانشگاهی در مقاطع کارشناسی ارشد، دکترا و پسا دکترا (هم‌راستا با حوزه مورد تاکید در سند توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی)	نیروی انسانی	۱۲۰
۲۷	برگزاری کنفرانسها و نمایشگاه‌های تخصصی بین‌المللی/داخلی در	نیروی انسانی	۱۲۰

ردیف	اقدامات	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
	حوزه توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی		
۲۸	تاسیس مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲
۲۹	تشکیل و همکاری با شورای راهبردی تخصصی برای حوزه‌های مختلف اولویت دار در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۶۰
۳۰	پیگیری جذب منابع مالی از مراجع بین‌المللی نظیر GEF، بانک جهانی و ...	نیروی انسانی	--
۳۱	تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰
		مواد مصرفی	
۳۲	تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی در خصوص فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی	نیروی انسانی	۱۲۰

جدول (۲-۴) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات فنی در توسعه فناوری‌های خورشیدی

فناوری	ردیف	عنوان پروژه‌ها	دست‌آورد	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
نسل اول و دوم فتوولتائیک	اقدام ۱: کسب دانش فنی				
	۱	حمایت‌های کامل از تأسیس آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک در پژوهشگاه نیرو	صحت‌سنجی کیفیت ماژول‌های ساخت داخل و وارداتی به کشور از لحاظ پارامترهای فنی	نیروی انسانی	۳۰
				تامین تجهیزات	
	۲	حمایت از تکمیل و تامین تجهیزات آزمایشگاه‌های سلول فتوولتائیک	ارتقاء سطح کیفیت تولید سلول در خطوط تولید و همچنین بالا رفتن توان تحقیقاتی کشور در زمینه فناوری فتوولتائیک	نیروی انسانی	۲۴
				تامین تجهیزات	
	۳	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۲۰ مگاواتی	استفاده از ظرفیت ملی برای	نیروی انسانی	۳۰

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
	تامین تجهیزات خدمات عمرانی	تامین تجهیزات نیروگاه‌های فتوولتائیک	فتوولتائیک در کشور با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی و داخلی		
۲۴	نیروی انسانی	آشنایی کامل و محاسبه دقیق میزان تولید نیروگاه فتوولتائیک در کشور	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم‌های نصب شده	۴	
۶۶	نیروی انسانی تامین تجهیزات	تسهیل در امر پژوهش و بهره‌برداری مناسب از امکانات آزمایشگاهی کشور	تجهیز آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم	۵	
۳۰	نیروی انسانی	ورود تکنولوژی‌های روز دنیا به کشور و بالا رفتن کیفیت محصولات ساخت داخل	ایجاد ارتباطات بین‌المللی برای ارتقاء کیفیت تولیدکنندگان داخلی	۶	
۳۶	نیروی انسانی تامین تجهیزات خدمات عمرانی	اشتغال‌زایی و تولید محصولات دارای رقابت در بازارهای بین‌المللی (با اولویت تولید ماژول از ویفر سیلیکونی)	راه‌اندازی خط تولید ماژول فتوولتائیک با همکاری شرکت‌های معتبر بین‌المللی و بر اساس تکنولوژی روز دنیا	۷	
۳۶	نیروی انسانی	بالا رفتن کیفیت محصولات ساخت داخل	حمایت از صنایع داخلی برای ارتقاء کیفیت تجهیزات فتوولتائیک	۸	
۳۰	نیروی انسانی	افزایش میل سرمایه‌گذاران بخش خصوصی برای ورود به بازار فتوولتائیک	افزایش قیمت خرید تضمینی برق فتوولتائیک و ایجاد مشوق‌های مالی برای راه‌اندازی سیستم‌های فتوولتائیک	۹	

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری	
۱۲	نیروی انسانی		به روز رسانی نقشه راه و بررسی تخصصی پروژه‌های مورد نظر	تشکیل کمیته‌های تخصصی راهبردی در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	۱۰		
۴۲	نیروی انسانی		مدیریت مناسب بودجه‌های تحقیقاتی مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	ارزیابی دقیق علمی و اقتصادی پروژه‌های پیشنهادی توسط کمیته تخصصی راهبردی	۱۱		
۵۴	نیروی انسانی		توانایی بهره‌گیری از سلول‌های چند اتصالی دارای راندمان بالا	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول چند اتصالی	۱۲		
	تامین تجهیزات						
اقدام ۲: تولید محصول رقابت پذیر							
۶۰	نیروی انسانی		توسعه بازار داخلی و ورود ایران به عرصه نیروگاه‌های فتوولتائیک بزرگ مقیاس	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۵۰ مگاواتی فتوولتائیک در کشور با درصدی از پنل‌های بومی برای حمایت از توسعه برق خورشیدی	۱		
	تامین تجهیزات						
	خدمات عمرانی						
۶۰	نیروی انسانی		ارتقاء دانش فنی ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های فتوولتائیک در کشور	راه‌اندازی چندین سایت پایلوت برای بکارگیری تکنولوژی‌های ساخت داخل و پایش عملکرد آن‌ها	۲		
	تامین تجهیزات						
	خدمات عمرانی						
۶۰	نیروی انسانی		بالارفتن شانس رقابت محصولات داخلی در بازارهای بین‌المللی	افزایش طول عمر و راندمان سلول/ماژول خورشیدی و بهینه سازی فرآیندهای تولید از لحاظ اقتصادی و فنی	۳		
	تامین تجهیزات						

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری	
۶۰	نیروی انسانی		توسعه دانش فنی بومی	تحقیق و توسعه فناوری انتقال یافته و بومی سازی دانش فنی ساخت سلول/ماژول فتوولتائیک	۴	* نسل نوین فتوولتائیک	
۳۶	نیروی انسانی	تولید سلول‌های فتوولتائیک چنداتصال‌ی قابل رقابت در بازارهای جهانی	ساخت نمونه آزمایشگاهی با بازده نزدیک به دستاوردهای بین‌المللی (سلولهای چند اتصال‌ی)	۵			
	تامین تجهیزات						
۲۴	نیروی انسانی	تولید سلول‌های فتوولتائیک چند اتصال‌ی بصورت نیمه صنعتی در کشور	ساخت نمونه نیمه صنعتی سلول‌های فتوولتائیک چند اتصال‌ی	۶			
	تامین تجهیزات						
	خدمات عمرانی						
اقدام ۱: دستیابی به شبکه آزمایشگاهی منسجم							
۶	نیروی انسانی	ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم و بهره‌برداری بهینه از توانمندی‌های آزمایشگاهی در کل کشور	تدوین ساز و کار تجهیز و بهره‌برداری از آزمایشگاه‌ها	۱			
۱۸	نیروی انسانی		شناسایی آزمایشگاه‌ها و توانمندی آن‌ها	۲			
اقدام ۲: ساخت اولین نمونه سائز کوچک							
۱۸	نیروی انسانی	توزیع مناسب پروژه‌ها بر اساس تخصص افراد متخصص در هر حوزه	تدوین ساز و کار پخش پروژه	۱			
۴۲	نیروی انسانی	شناسایی مواد جدید برای انجام تست	سنتز مواد جدید	۲			
	مواد مصرفی						
۴۲	نیروی انسانی	شناسایی مشخصات مواد جدید	مشخصه یابی مواد سنتز شده	۳			

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاوردها	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری	
۴۲	نیروی انسانی		شناسایی دقیق پارامترهای دخیل در سیستم	شبیه سازی و محاسبات عددی	۴		
۴۲	نیروی انسانی		دستیابی به تکنولوژی ساخت سلول‌های فتوولتائیک نسل نوین	ساخت سلول و انجام تست	۵		
	مواد مصرفی						
۲۴	نیروی انسانی		دستیابی به نتایج معتبر بین‌المللی و کسب جایگاه ممتاز جهانی در رده تحقیقاتی	طراحی و ساخت مینی مدول‌های با بازده و طول عمر نزدیک به دستاوردهای جهانی	۶		
	تامین تجهیزات						
۶۰	نیروی انسانی		تکمیل آزمایشگاه‌ها	تامین تجهیزات و مواد خاص آزمایشگاهی مورد نیاز در طول پروژه	۷		
	تامین تجهیزات						
اقدام ۳: ساخت نمونه صنعتی							
۳۶	نیروی انسانی		دستیابی به تکنولوژی ساخت مینی‌ماژول‌های فتوولتائیک نسل نوین	ساخت نمونه نیمه صنعتی	۱		
	تامین تجهیزات						
۳۶	نیروی انسانی		بهینه سازی	بهبود بازدهی	۲		
۳۶	نیروی انسانی		بهینه سازی	بهبود طول عمر	۳		
۳۶	نیروی انسانی		پایین آمدن هزینه‌های تولید سلول‌های نسل نوین و بالا رفتن مزیت‌های رقابتی آن‌ها نسبت به دیگر فناوری‌ها	بهینه‌سازی اقتصادی فرآیند تولید	۴		
۷۲	نیروی انسانی		توسعه دانش فنی در حوزه مواد مورد نیاز ساخت سلول	شناسایی مواد جدید برای سنتز، مشخصه‌یابی و انجام محاسبات برای بکارگیری مواد جدید و تلاش در	۵		

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
				جهت ساخت نمونه‌های دیگر با ساختارهایی متفاوت		
اقدام ۱: ساخت نیروگاه مگاواتی و کسب دانش فنی						
۱۸	نیروی انسانی		رصد و پژوهش‌های کاربردی بر روی سیستم در حال کار	راه‌اندازی حداقل یک نمونه نیروگاه سهموی خطی تجاری با تکنولوژی روز دنیا و سیستم ذخیره ساز (نیروگاه (۱)	۱	سهموی خطی
	تامین تجهیزات					
	خدمات عمرانی					
۴۸	نیروی انسانی		آشنایی کامل و محاسبه دقیق میزان تولید نیروگاه سهموی خطی در کشور	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده	۲	
۴۸	نیروی انسانی		کسب دانش تعمیر و نگهداری	ایجاد توانمندی تعمیرات و نگهداری	۳	
۱۲	نیروی انسانی		انتخاب تکنولوژی مناسب با اقلیم ایران	مطالعه و بررسی مزیت‌های نسبی کشور در بخش‌های مختلف فناوری با توجه به تجارب داخلی و خارجی	۴	
۱۲	نیروی انسانی		صرفه‌جویی در مصرف سوخت و بالابردن کارایی نیروگاه‌های موجود	بررسی و امکان‌سنجی ظرفیت نصب سیستم‌های سهموی خطی در کنار نیروگاه‌های ایران بصورت هیبرید	۵	
۱۲	نیروی انسانی		شناسایی مکان‌های مستعد برای نصب سیستم‌های سهموی خطی در کشور	پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های سهموی خطی در ایران	۶	

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
۱۲		نیروی انسانی	بالا رفتن حجم مبادلات علمی و پایه‌ریزی برای انتقال دانش فنی تکنولوژی‌های مختلف به کشور	پیگیری انعقاد قرارداد یا تفاهم‌نامه همکاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری سهموی خطی با رویکرد بازشناسی توانمندی داخلی	۷	
۱۸		نیروی انسانی	دستیابی به دانش فنی ساخت آینه و لوله دریافت‌کننده	انتقال دانش فنی طراحی نیروگاه	۸	
۲۴		نیروی انسانی	دستیابی به دانش فنی ساخت ذخیره‌کننده حرارتی، توسعه تکنولوژی در حوزه ردیاب خورشیدی و امکان بهره‌گیری از آن در دیگر حوزه‌های خورشیدی	انتقال دانش فنی تجهیزاتی که توجیه تولید در داخل را دارند	۹	
		تامین تجهیزات				
۱۸		نیروی انسانی	سنجش و آزمایش قطعات ساخت داخل و مورد نیاز برای نیروگاه‌های سهموی خطی	راه اندازی مرکز تست حرارتی خورشیدی و کلکتورهای سهموی خطی	۱۰	
		تامین تجهیزات				
		خدمات عمرانی				
۱۲		نیروی انسانی		انتخاب ظرفیت مگاواتی مناسب برای ساخت نیروگاه شماره ۲ و طراحی آن	۱۱	
۲۴		نیروی انسانی		ساخت و راه‌اندازی نیروگاه مگاواتی شماره ۲ به همراه سیستم ذخیره ساز	۱۲	
		تامین تجهیزات				
		خدمات عمرانی				
اقدام ۲: دستیابی به دانش ساخت نیروگاه‌های با ظرفیت بالا						

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاوردها	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری		
۳۶	نیروی انسانی	تأمین تجهیزات	بهبود کیفیت در تکنولوژی‌های حاصله	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی	۱	دودکش خورشیدی		
	نیروی انسانی						تأمین تجهیزات	توسعه و بهینه‌سازی فناوری بومی ساخت نیروگاه‌های سهموی خطی در کشور	ساخت و نصب چندین نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت برابر با نیروگاه شماره ۲ یا بیشتر به منظور توسعه فناوری بومی و بهینه‌سازی	۲
۳۶	نیروی انسانی	تأمین تجهیزات	صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی کشور	هیبرید نمودن چند نیروگاه سیکل ترکیبی با سیستم سهموی خطی بر اساس مطالعات امکان‌سنجی	۳			
	خدمات عمرانی						تأمین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت نیروگاه‌های سهموی خطی با ظرفیت بالا در کشور	طراحی و ساخت نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی در کشور	۴
۳۶	نیروی انسانی	تأمین تجهیزات	صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی کشور	هیبرید نمودن چند نیروگاه سیکل ترکیبی با سیستم سهموی خطی بر اساس مطالعات امکان‌سنجی	۳			
	خدمات عمرانی						تأمین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت نیروگاه‌های سهموی خطی با ظرفیت بالا در کشور	طراحی و ساخت نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی در کشور	۴
۴۸	نیروی انسانی	تأمین تجهیزات	صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی کشور	هیبرید نمودن چند نیروگاه سیکل ترکیبی با سیستم سهموی خطی بر اساس مطالعات امکان‌سنجی	۳			
	خدمات عمرانی						تأمین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت نیروگاه‌های سهموی خطی با ظرفیت بالا در کشور	طراحی و ساخت نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی در کشور	۴
اقدام ۱: انجام مطالعات مبنا برای ورود به حوزه دودکش خورشیدی								
۱۸	نیروی انسانی	تأمین تجهیزات	رصد و پژوهش‌های کاربردی بر روی سیستم در حال کار	نصب حداقل یک نمونه دودکش خورشیدی ظرفیت پایین با تکنولوژی روز دنیا	۱			
	نیروی انسانی					شناسایی دقیق پارامترهای دخیل در سیستم	شبیه‌سازی و تحلیل نرم افزاری	۲
	نیروی انسانی								شناسایی نقاط مستعد نصب سیستم دودکش خورشیدی در ایران	پتانسیل‌سنجی و مکان‌یابی نقاط مناسب در ایران برای دودکش خورشیدی	۳
اقدام ۲: دستیابی به فناوری دودکش خورشیدی								
۲۴	نیروی انسانی		ساخت نمونه پایلوت دودکش	طراحی دودکش و پایه‌های کلکتور	۱			
۲۴	نیروی انسانی		ساخت نمونه پایلوت دودکش	ساخت نمونه دودکش بدون توربین و	۲			

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاوردها	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
		خدمات عمرانی		انجام مطالعات جریان هوا		
۴۸	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	دستیابی به دانش تولید توربین‌های مخصوص نصب در دودکش خورشیدی	طراحی و ساخت توربین و سیستم انتقال قدرت	۳	
۳۶	نیروی انسانی		امکان انتقال آلاینده‌های شهری به لایه‌های بالایی جو	مطالعات زیست‌محیطی و امکان‌سنجی استفاده از نمونه‌هایی برای کاهش آلودگی هوای شهری	۴	
اقدام ۳: ساخت دودکش ۱۰ کیلوواتی						
۴۲	نیروی انسانی		بررسی ورود به بازار تجاری دودکش خورشیدی	امکان‌سنجی و انجام مطالعات برای تجاری‌سازی تکنولوژی دودکش خورشیدی	۱	
۱۸	نیروی انسانی	خدمات عمرانی	دستیابی به دانش ساخت دودکش‌های فوق بلند مناسب برای دودکش خورشیدی	ساخت دودکش و پایه‌های کلکتور	۲	
۱۲	نیروی انسانی	خدمات عمرانی	مشخصه‌یابی عملکرد توربین در شرایط عملکردی واقعی	نصب توربین و ژنراتور	۳	
۱۸	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	رصد مناسب عملکرد سیستم	نصب سیستم‌های کنترلی، راه‌اندازی و تست	۴	
۴۲	نیروی انسانی		بالا بردن کارایی دودکش خورشیدی با بهینه‌سازی در مراحل ساخت و همچنین بهره‌برداری	بهینه‌سازی عملکرد سیستم	۵	
اقدام ۱: کسب دانش فنی						
۲۴	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	رصد و پژوهش‌های کاربردی بر روی سیستم در حال کار	خرید حداقل یک نمونه دیش و موتور استرلینگ با فناوری روز دنیا	۱	فناوری سیستم استرلینگ
	خدمات عمرانی					

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
۲۴	نیروی انسانی		انتخاب تکنولوژی مناسب با اقلیم و توانمندی‌های ایران	بررسی دقیق فناوری و محصولات موجود در دنیا و انتخاب شاخص‌ها و مدل‌های مناسب برای کشور	۲	
۲۴	نیروی انسانی		بالا رفتن حجم مبادلات علمی و پایه‌ریزی برای انتقال دانش فنی تکنولوژی‌های مختلف به کشور	انعقاد قرارداد یا تفاهم‌نامه همکاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری سیستم استرلینگ	۳	
اقدام ۲: ساخت دستگاه در مقیاس نیمه صنعتی						
۳۶	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	رصد و پژوهش‌های کاربردی بر روی سیستم در حال کار	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده	۱	
۳۶	نیروی انسانی		بهبود و ارتقاء کیفیت محصولات ساخت داخل	تست اجزای ساخت داخل بر روی دیش و موتور خریداری شده	۲	
۲۴	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	توسعه تکنولوژی در حوزه ردیاب خورشیدی و امکان بهره‌گیری از آن در دیگر حوزه‌های خورشیدی	طراحی و پیاده‌سازی سیستم کنترل و ردیاب خورشیدی	۳	
۲۴	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت دیش‌های استرلینگ با ظرفیت‌های مختلف	طراحی، مدل‌سازی اجزای متمرکز کننده و ساخت دیش با ظرفیت مناسب	۴	
۳۶	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت قطعات در ایران	طراحی، مدل‌سازی و ساخت اجزای موتور در امتداد قرارداد انتقال فناوری	۵	
۱۲	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	دستیابی به توانمندی ساخت موتور استرلینگ در کشور	ساخت موتور کامل با ظرفیت بهینه تا ۵ کیلووات در امتداد قرارداد انتقال فناوری	۶	
اقدام ۳: تولید صنعتی						
۳۶	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	بهبود کیفیت در تکنولوژی‌های حاصله	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی	۱	

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
۳۶	نیروی انسانی	خدمات عمرانی	توسعه و بهینه‌سازی فناوری بومی ساخت سیستم دیش- استرلینگ در کشور	ساخت و نصب نمونه‌های ساخته شده از سیستم دیش- استرلینگ طراحی شده در داخل برای بررسی عملکرد و بهینه‌سازی	۲	
	خدمات عمرانی					
۶۰	نیروی انسانی	تامین تجهیزات خدمات عمرانی	دستیابی به توانمندی ساخت نیروگاه‌های دیش- استرلینگ با ظرفیت بالا در کشور	ساخت سیستم دیش- استرلینگ با ظرفیت بهینه برای کاربردهای صنعتی و قابلیت تجاری‌سازی	۳	
	تامین تجهیزات					
	خدمات عمرانی					
اقدام ۱: تکمیل آزمایشگاه‌های تست و استانداردهای مورد نیاز کشور						
۱۸	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	صحت‌سنجی مشخصات فنی ماژول‌های تولید داخل و وارداتی	راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک (Sample - Type) در پژوهشگاه نیرو	۱	استاندارد و آزمایشگاه
	تامین تجهیزات					
۱۸	نیروی انسانی		بررسی دقیق عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک در مناطق مختلف کشور	شناسایی آزمایش‌های مورد نیاز فتوولتائیک در ایران بر اساس شرایط اقلیمی منطقه‌ای		
۱۸	نیروی انسانی		بررسی تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌های فتوولتائیک	نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک		

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)		دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
۳۶	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	اجرای آزمون‌های تست ماژول و سیستم بر اساس مشخصات خاص اقلیمی تعیین شده	راه‌اندازی آزمون‌های تکمیلی با توجه به نیازهای شناسایی شده در آزمایشگاه مرجع	۲	CSP
	نیروی انسانی						الزام به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه تست مرجع برای شرکت در مناقصات وزارت نیرو
۳۰	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	بهره‌برداری مناسب از امکانات آزمایشگاهی کشور در حوزه فتوولتائیک	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور		
	نیروی انسانی						نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش سیستم‌های حرارتی خورشیدی
۳۰	نیروی انسانی	تامین تجهیزات	بهره‌برداری مناسب از امکانات آزمایشگاهی کشور در حوزه حرارتی خورشیدی	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور		
	نیروی انسانی						نیازسنجی استانداردهای بین‌المللی در حوزه
۲۴	نیروی انسانی		نیازسنجی حوزه	شناسایی استانداردهای بین‌المللی در حوزه	۳	استاندارد

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
		استانداردهای خورشیدی	تولید، راه‌اندازی و بهره‌برداری از انرژی خورشیدی		
۳۰	نیروی انسانی	بالا رفتن سطح کیفی محصولات موجود در کشور	تدوین استانداردهای مورد نیاز در کشور		
اقدام ۲: دستیابی به استانداردهای جامع خورشیدی و آزمایشگاه‌های مورد نیاز					
۳۶	نیروی انسانی	بالا رفتن کیفیت محصولات ساخت داخل و بالا رفتن توان رقابتی آن‌ها در بازار و جلوگیری از ورود ماژول‌های بی کیفیت به کشور	الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی ماژول فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه مرجع	۱	فتوولتائیک
۳۶	نیروی انسانی	جلوگیری از ورود تجهیزات بی کیفیت به کشور	الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی-صلاح		
۶۰	نیروی انسانی	بالا رفتن کیفیت محصولات ساخت داخل و بالا رفتن توان رقابتی آن‌ها در بازار و جلوگیری از ورود تجهیزات بی کیفیت به کشور	الزام شرکت‌های فعال در تامین تجهیزات سیستم‌های حرارتی خورشیدی به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی-صلاح	۲	CSP
۶۰	نیروی انسانی	بالا رفتن سطح کیفی و	توسعه استانداردها و	۳	استاندارد

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	دستاورد	عنوان پروژه‌ها	ردیف	فناوری
		بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های نصب شده در کشور بر اساس استانداردهای تعریف شده برای ایران	بومی‌سازی دستورالعمل‌های تکمیلی بر اساس شرایط اقلیمی ایران		

* فناوری نسل نوین فتوولتائیک در حال حاضر شامل فناوری‌های پروسکایت، رنگدانه‌ای، کوانتوم دات، آلی (پلیمری) و غیر آلی می‌باشد که با عنایت به رصد تکنولوژی در مسیر اجرای نقشه راه حاضر، ممکن است فناوری‌هایی از آن کاسته و یا به آن اضافه گردد.

۳-۲- تعیین حوزه‌های اثر و تقسیم کار ملی در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی

جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا باید کلیه بازیگران حوزه ابررسانایی شناسایی شوند، لازمه انجام این ترسیم نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی و تحلیل وضع موجود است، که با استفاده از آن‌ها وضع مطلوب نهادی ترسیم می‌گردد. با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش به طراحی نگاشت توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی پرداخته شده است. به منظور طراحی نگاشت نهادی مطلوب باید سه مرحله اصلی انجام شود، که این مراحل به ترتیب اجرا عبارتند از: شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با حوزه تدوین سند، شناسایی روابط میان بنگاهی بین نهادها و سازمان‌های موجود و تهیه ماتریس نهاد کارکرد برای وضع موجود. در ادامه مراحل ذکر شده در رابطه با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی انجام شده است.

۳-۲-۱- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

نهادهای اصلی مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کنشگران شناسایی شده در حوزه انرژی خورشیدی شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

۱. مجمع تشخیص مصلحت نظام
۲. مجلس شورای اسلامی
۳. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۴. معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری
۵. وزارت نیرو
۶. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۷. توانیر
۸. سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
۹. مرکز توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی پژوهشگاه نیرو
۱۰. ستاد توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر
۱۱. ستاد توسعه فناوری نانو
۱۲. شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)
۱۳. سازمان توسعه برق
۱۴. سازمان حفاظت محیط زیست
۱۵. شورای عالی انقلاب فرهنگی
۱۶. شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)
۱۷. دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری
۱۸. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
۱۹. پژوهشگاه مواد و انرژی
۲۰. موسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی
۲۱. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
۲۲. دانشگاه شهید بهشتی، پردیس عباسپور
۲۳. دانشگاه صنعتی شریف

۲۴. دانشگاه تهران
۲۵. دانشگاه علم و صنعت ایران
۲۶. دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲۷. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲۸. دانشگاه تربیت مدرس
۲۹. دانشگاه شیراز
۳۰. دانشگاه صنعتی اصفهان
۳۱. دانشگاه اصفهان
۳۲. دانشگاه فردوسی مشهد
۳۳. دانشگاه شهید چمران اهواز
۳۴. دانشگاه یزد
۳۵. دانشگاه کاشان
۳۶. دانشگاه شاهد
۳۷. دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳۸. دانشگاه تبریز
۳۹. دانشگاه بیرجند
۴۰. دانشگاه آزاد اسلامی
۴۱. شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
۴۲. انجمن فیزیک ایران
۴۳. انجمن انرژی ایران
۴۴. انجمن انرژی خورشیدی
۴۵. انجمن صنایع خورشیدی ایران
۴۶. سندیکای صنعت برق

۴۷. انجمن علمی انرژی خورشیدی ایران

۴۸. انجمن بهینه سازی انرژی خورشیدی ایران

۴۹. مונنکو

۵۰. قدس نیرو

۵۱. مشانیر

۵۲. شرکت صنایع الکترونیک سازان

۵۳. شرکت هدایت نور

۵۴. شرکت پارس التک انرژی

۵۵. شرکت پاک آتیه

۵۶. شرکت آریا سولار

۵۷. شرکت سولار باد

۵۸. شرکت مهرشید نو رنگ

۵۹. شرکت مادیران

۶۰. انرژی نوین مهرآباد

۶۱. کامینز

۶۲. امید سامه

۶۳. انرژی تجدیدپذیر خراسان

۶۴. تجهیزات برقی ایران

۶۵. نور کار الکتریک

۶۶. سولار پرشیا

۲-۳-۲- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی تهیه کرد. همان‌گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند. تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی کشور در جدول (۲-۵) ارائه شده است.

جدول (۲-۵) - نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران

نقش			نهاد			
ارائه‌دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					✓	مجمع تشخیص مصلحت نظام
					✓	مجلس شورای اسلامی
					✓	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
					✓	معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری
				✓	✓	وزارت نیرو
				✓		وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
				✓		توانیر
			✓	✓		سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)
			✓	✓		مرکز توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی پژوهشگاه نیرو
			✓	✓		ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر
			✓	✓		ستاد توسعه فناوری نانو
✓			✓			شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)
			✓			سازمان توسعه برق
				✓		سازمان حفاظت محیط زیست
					✓	شورای عالی انقلاب فرهنگی

نقش				سیاست گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه‌دهنده کالا و خدمات			نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی								
	✓	✓							دانشگاه بیرجند	
	✓	✓							دانشگاه آزاد اسلامی	
									شورای سیاست گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	
			✓						انجمن فیزیک ایران	
			✓						انجمن انرژی ایران	
			✓						انجمن انرژی خورشیدی	
			✓						انجمن صنایع خورشیدی ایران	
			✓						سندیکای صنعت برق	
		✓	✓						انجمن علمی انرژی خورشیدی ایران	
		✓	✓						انجمن بهینه سازی انرژی خورشیدی ایران	
✓									مونکو	
✓									قدس نیرو	
✓									مشانیر	
✓									شرکت صنایع الکترونیک سازان	
✓									شرکت هدایت نور	
✓									شرکت پارس ال تک انرژی	
✓									شرکت پاک آتیه	
✓									شرکت آریا سولار	
✓									شرکت سولار باد	
✓									شرکت مهرشید نو رنگ	
✓									شرکت مادیران	
✓									انرژی نوین مهرآباد	
✓									کامینز	
✓									امید سامه	
✓									انرژی تجدیدپذیر خراسان	
✓									تجهیزات برقی ایران	

نقش				سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	نهاد				
ارائه‌دهنده کالا و خدمات			صنعتی				پژوهشی	آموزشی	نور کار الکتریک	سولار پرشیا	
صنعتی	پژوهشی	آموزشی									
✓											
✓											

۲-۳-۳- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تأثیرگذار در زمینه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی شناخته شده است و در ادامه کارکردهای اصلی هر کدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری‌ها مشخص گردید. در نگاشت نهادی، ۶۷ گروه تأثیرگذار اصلی شناسایی شده که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک بررسی و سپس نگاشت نهادی کلی توسعه این فناوری بر اساس این وظایف و اهداف در جدول (۲-۵) بیان شد. در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه این فناوری متولی آن است، مشخص شده است.

با توجه به نگاشت ترسیم شده، هر چند نهادها و سازمان‌های مختلفی با کارکردهای مختلف سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه کالا و خدمات در توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلأهایی نیز در این نگاشت نهادی وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

یکی از ضعف‌های نگاشت نهادی وضع موجود، عدم وجود یک نهاد متمرکز در حوزه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی می‌باشد که وظیفه مدیریت این فناوری و ایجاد هماهنگی در فعالیت بخش‌های مختلف صنعت برق در زمینه توسعه انرژی خورشیدی را عهده‌دار شود و نیز عدم وجود رویه یکسان در تحقیقات و توسعه در زمینه نیازمندی‌های بازار، نبود تمرکز در فعالیت‌های مرتبط با توسعه فناوری انرژی خورشیدی، عدم وجود پایلوت‌های مورد نیاز صنعت برق در این زمینه و نبود مدیریت نظام‌مند به‌منظور حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان مرتبط با فناوری انرژی خورشیدی از دیگر ضعف‌های این نگاشت نهادی است. به‌همین منظور برای مرتفع کردن این کاستی‌ها ایجاد یک نهاد با عنوان مرکز توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، که علاوه بر مشارکت با نهادهای سیاست‌گذار، دارای نقش تنظیم‌گری و تسهیل‌گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی کمک کند. این نهاد می‌تواند دارای نقش‌های زیر باشد.

❖ آینده پژوهی

- مطالعه مستمر فعالیت‌های انجام گرفته و آینده‌پژوهی در زمینه فناوری‌های نوین فتوولتائیک و حرارتی خورشیدی

❖ سیاست پژوهی

- مطالعه مستمر سیاست‌های حاکمیتی و حمایتی موثر بر روند توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- تدوین برنامه‌ها طرح‌ها و تعریف پروژه‌های پژوهشی در حوزه انرژی خورشیدی
- ارزیابی و به‌روزرسانی توسعه فناوری انرژی خورشیدی کشور

❖ خدمات علمی، فنی و تخصصی

- ارائه مشاوره جهت هم‌افزایی فعالیت‌های جاری در حوزه فناوری انرژی خورشیدی
- ایجاد پایگاه اطلاعات متخصصین، پژوهشگران، امکانات موجود و انباشت دانش در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- همکاری تخصصی در زمینه انرژی خورشیدی با نهادهای مسئول در حوزه‌های مدیریت دانش
- بررسی و ایجاد زمینه‌های همکاری بین‌المللی و تلاش برای توسعه آن

❖ خدمات آزمایشگاهی و مدیریت پایلوت‌ها

- ایجاد هماهنگی لازم برای ارائه خدمات آزمایشگاهی مورد نیاز در زمینه انرژی خورشیدی

❖ تجاری سازی

- شناسایی محصولات قابل تجاری‌سازی در زمینه انرژی خورشیدی و پشتیبانی تجاری از این محصولات

❖ توسعه فناوری

- ارائه مشاوره و خدمات به مراکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی و رایزنی و تعریف پروژه جهت بومی‌سازی فناوری‌های منتقل شده

۴-۲- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از اقدامات را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی اقدام با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و... مجریان فعال هر اقدام مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی و فنی در جداول (۲-۶) و (۲-۷) ارائه شده است.

جدول (۲-۶) - متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران

ردیف	اقدامات	متولی
۱	تعیین قیمت واقعی تولید و فروش برق (بر اساس حامل انرژی فسیلی)	وزارت نیرو - توانیر
۲	بازنگری در تعرفه خرید برق خورشیدی	سانا - توانیر
۳	تدوین مکانیزم‌های حمایتی به منظور ارائه تسهیلات برای سرمایه گذاران حوزه نیروگاه‌های خورشیدی که از تجهیزات ساخت داخل (با کیفیت استاندارد) استفاده می‌کنند (از طریق وضع تعرفه های گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولاتی که با کیفیت مناسب در داخل بومی سازی شده اند)	سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۴	تدوین ساز و کار تجهیز و بهره برداری از آزمایشگاه های مرجع و تحقیقاتی در حوزه های فتوولتائیک و خورشیدی حرارتی با هدف بهبود کارایی سیستم های خورشیدی بکارگرفته شده در شبکه برق کشور و جلوگیری از ورود تجهیزات خورشیدی بی کیفیت به کشور و تولید تجهیزات با استانداردهای بین المللی در داخل	سانا - شورای ارزیابی توانیر - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۵	شناسایی آزمایشگاه ها و توانمندی آن ها در حوزه انرژی خورشیدی در کشور	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی - ستاد توسعه فناوری های تجدیدپذیر
۶	برگزاری دوره های علمی روش های انتقال تکنولوژی حوزه برق خورشیدی و تجربیات موفق داخلی و بین المللی	سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۷	همسو سازی اقدامات تحقیقاتی دانشگاه ها با فعالیت شرکت های دانش بنیان حوزه خورشیدی	سانا - مرکز توسعه فناوری - مرکز رشد - مرکز توسعه فناوری صنعت برق

ردیف	اقدامات	متولی
۸	تدوین ساز و کار بهره‌مندی سرمایه‌گذاران حوزه خورشیدی از تسهیلات وام‌های بلند مدت کم‌بهره داخلی (از منابعی همچون صندوق توسعه ملی)	سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۹	تدوین نظام‌نامه جذب سرمایه‌گذاران خارجی در حوزه انرژی خورشیدی	سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۱۰	برقراری ارتباطات و ایجاد تعاملات بین‌المللی به منظور بکارگیری و جذب متخصصین مطرح بین‌المللی در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی در حوزه فن‌آوری انرژی خورشیدی	سانا - مرکز خورشیدی - مرکز رشد - مرکز توسعه فناوری صنعت برق
۱۱	تدوین مکانیزم‌های جذب شرکت‌های بین‌المللی جهت ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه خود در داخل کشور	سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۱۲	برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تخصصی به منظور تامین نیروی تکنسین صنعتی و تعمیرات و نگهداری نیروگاهی خورشیدی	ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی - سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور
۱۳	برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین‌المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی	ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی - سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور - دانشگاه‌ها
۱۴	تدوین آئین‌نامه برای دستگاه‌های دولتی به منظور الزام در تامین بخشی از برق مورد نیاز خود از سیستم‌های خورشیدی	وزارت نیرو - سانا
۱۵	تدوین چارچوب الزامات دستگاه‌های دولتی در خرید محصولات خورشیدی با کیفیت ساخت داخل به منظور ایجاد بازار مطمئن سازندگان داخلی	وزارت نیرو - سانا - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۱۶	تدوین برنامه توسعه واحدها و رشته‌های دانشگاهی و ارائه پیشنهاد جهت ایجاد چندین رشته تحصیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه انرژی خورشیدی	شورای عالی انقلاب فرهنگی - وزارت علوم
۱۷	تدوین استانداردهای دقیق، هوشمندانه و جامع در بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تست سیستم‌های برق خورشیدی	سازمان ملی استاندارد - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی

ردیف	اقدامات	متولی
۱۸	رایزنی با وزارت علوم و ایجاد زیرساختهای لازم به منظور جذب هیأت علمی توانمند در حوزه انرژی خورشیدی در دانشگاهها	پژوهشگاه نیرو - سانا
۱۹	برگزاری کارگاه های مرتبط با حوزه کسب و کار انرژی خورشیدی در کنفرانس های مرتبط با فن آوری خورشیدی در راستای ترویج تجاری سازی و تشویق محققین انرژی خورشیدی	سانا - پژوهشگاه نیرو
۲۰	رایزنی با سطوح عالی وزارت نیرو به منظور افزایش تخصیص منابع مالی دولتی در امر تحقیق و پژوهش	سانا - پژوهشگاه نیرو
۲۱	رایزنی با سطوح عالی وزارت نیرو به منظور ایجاد و توسعه صندوق های سرمایه گذاری خطرپذیر (VC)	سانا - پژوهشگاه نیرو
۲۲	ارتباط مستمر با شورای عالی عتف و صندوق توسعه ملی، جهت اخذ منابع مالی در حوزه خورشیدی	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۲۳	تدوین و پیاده سازی نظام مدیریت دانش در حوزه انرژی خورشیدی	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۲۴	ایجاد بانک اطلاعاتی و شبکه متخصصین، دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی، شرکتهای دانش بنیان، آزمایشگاههای مرجع و تحقیقاتی در زمینه انرژی خورشیدی در کشور	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۲۵	تدوین نظام نامه حمایت از دانشجویان و اساتید محقق در حوزه توسعه فن آوری خورشیدی از قبیل مکانیزم حمایت از حضور اساتید و دانشجویان در کنفرانسهای معتبر بین المللی، حمایت از مقالات تولید شده در این زمینه، حمایت از پایان نامه های دانشجویی کارشناسی ارشد، دکتری و پسا دکتری	ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی - سانا
۲۶	حمایت از مقالات و پروژه های تحقیقاتی و دانشگاهی در مقاطع کارشناسی ارشد، دکترا و پسا دکترا (همراستا با حوزه مورد تاکید در سند توسعه فن آوری انرژی خورشیدی)	ستاد توسعه فناوری انرژی تجدیدپذیر - مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی - سانا
۲۷	برگزاری کنفرانسها و نمایشگاههای تخصصی بین المللی/داخلی در حوزه توسعه فن آوری انرژی خورشیدی	پژوهشگاه نیرو
۲۸	تاسیس مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	پژوهشگاه نیرو
۲۹	تشکیل و همکاری با شورای راهبردی تخصصی برای حوزههای مختلف اولویت دار در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۳۰	پیگیری جذب منابع مالی از مراجع بین المللی نظیر GEF، بانک جهانی	پژوهشگاه نیرو - سانا -

ردیف	اقدامات	متولی
	و ...	سازمان‌های مردم نهاد (NGO)
۳۱	تهیه و انتشار نشریه تخصصی و عمومی در حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
۳۲	تهیه و تدوین برنامه آگاه‌سازی، ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی در خصوص فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی	مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی

جدول (۷-۲) - متولیان پروژه‌های فنی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران

فناوری	ردیف	اقدامات	متولی
نسل اول و دوم فتوولتائیک	۱	انتقال دانش فنی	دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران و ...)، مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...)، شرکت‌های دانش بنیان و واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
	۲	تولید محصول رقابت پذیر	
فناوری‌های نوبین فتوولتائیک	۱	دستیابی به شبکه آزمایشگاهی منسجم	دانشگاه‌ها (دانشگاه‌های شریف، یزد، مشهد؛ شیراز، اصفهان، کاشان و ...)، مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...)، شرکت‌های دانش بنیان، و
	۲	ساخت اولین نمونه سائز کوچک	

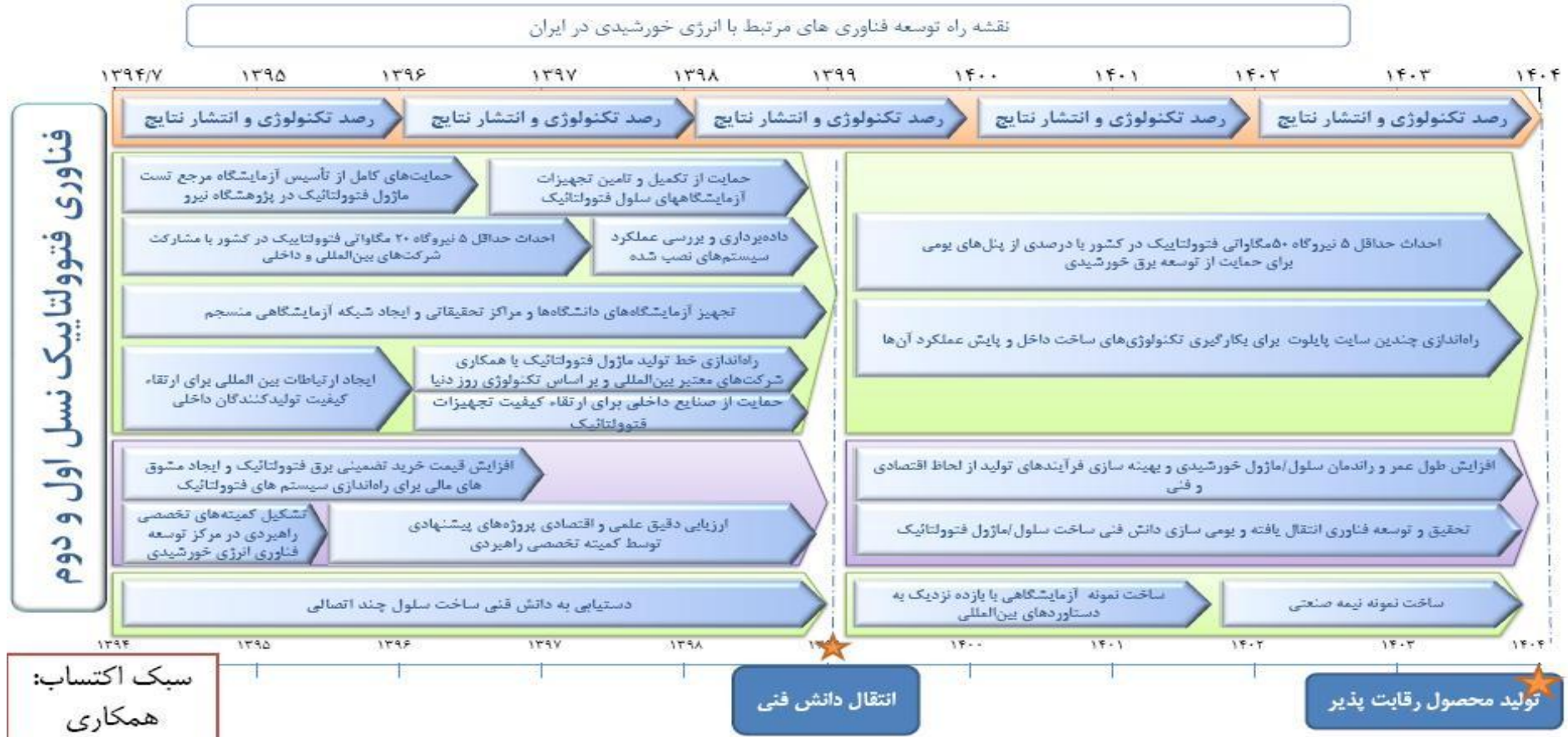
فناوری	ردیف	اقدامات	متولی
	۳	ساخت نمونه نیمه صنعتی	واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی
فناوری سهموی خطی	۱	ساخت نیروگاه مگاواتی و کسب دانش فنی	دانشگاه‌ها (دانشگاه شیراز و ...)، مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...)، شرکت‌های دانش بنیان، و واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی (مپنا، موندکو و ...)
	۲	دستیابی به دانش ساخت نیروگاه‌های با ظرفیت بالا	
دودکش خورشیدی	۱	انجام مطالعات مبنا برای ورود به حوزه دودکش خورشیدی	دانشگاه‌ها (دانشگاه تهران، دانشگاه امیرکبیر و ...)، مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو و ...)، شرکت‌های دانش بنیان، و واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی (مپنا و ...)
	۲	دستیابی به فناوری دودکش خورشیدی	
	۳	ساخت دودکش ۱۰ کیلوواتی	
فناوری سیستم استرلینگ	۱	کسب دانش فنی	دانشگاه‌ها (دانشگاه شریف، دانشگاه مالک اشتر و ...)، مراکز تحقیقاتی (پژوهشگاه نیرو، مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو و ...)، شرکت‌های دانش بنیان، و واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های صنعتی (مپنا و ...)
	۲	ساخت دستگاه در مقیاس نیمه صنعتی	
	۳	تولید صنعتی	
آرد و آزمون	۱	تکمیل آزمایشگاه‌های تست و استانداردهای مورد نیاز کشور	پژوهشگاه نیرو، سازمان

متولی	اقدامات	ردیف	فناوری
انرژی‌های نو ایران (سانا) و سازمان ملی استاندارد	دستیابی به استانداردهای جامع خورشیدی و آزمایشگاه‌های مورد نیاز	۲	

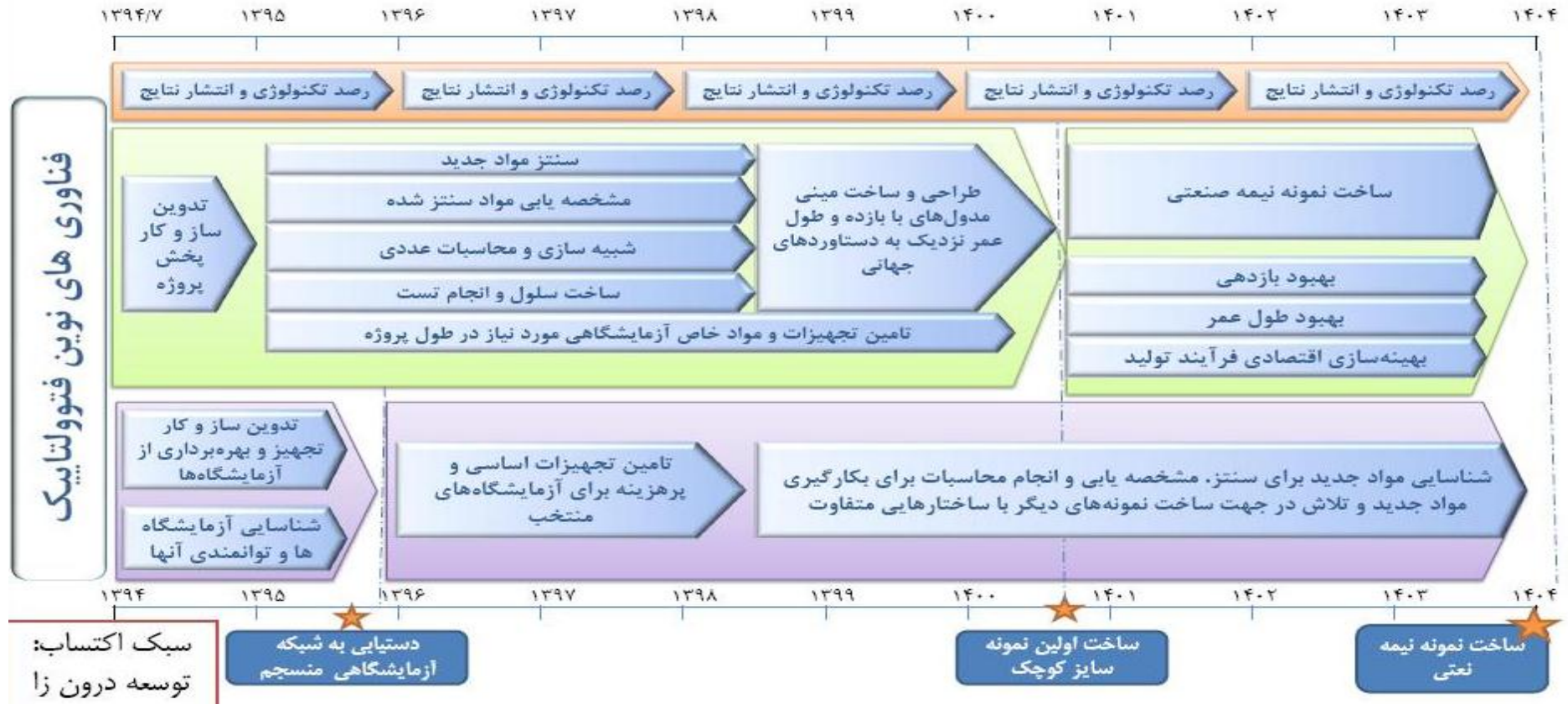
۲-۵- ترسیم ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی

ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص^۱ موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است. با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، ره‌نگاشت‌های توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این ره‌نگاشت‌ها شامل اقدامات توسعه نظام نوآوری فناوری‌های انرژی خورشیدی (اقدامات غیرفنی) و نیز اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی (اقدامات فنی) است که به تفکیک برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار خورشیدی مشخص شده‌اند. این ره‌نگاشت‌ها در شکل‌های (۲-۱) تا (۲-۶) نشان داده شده‌اند.

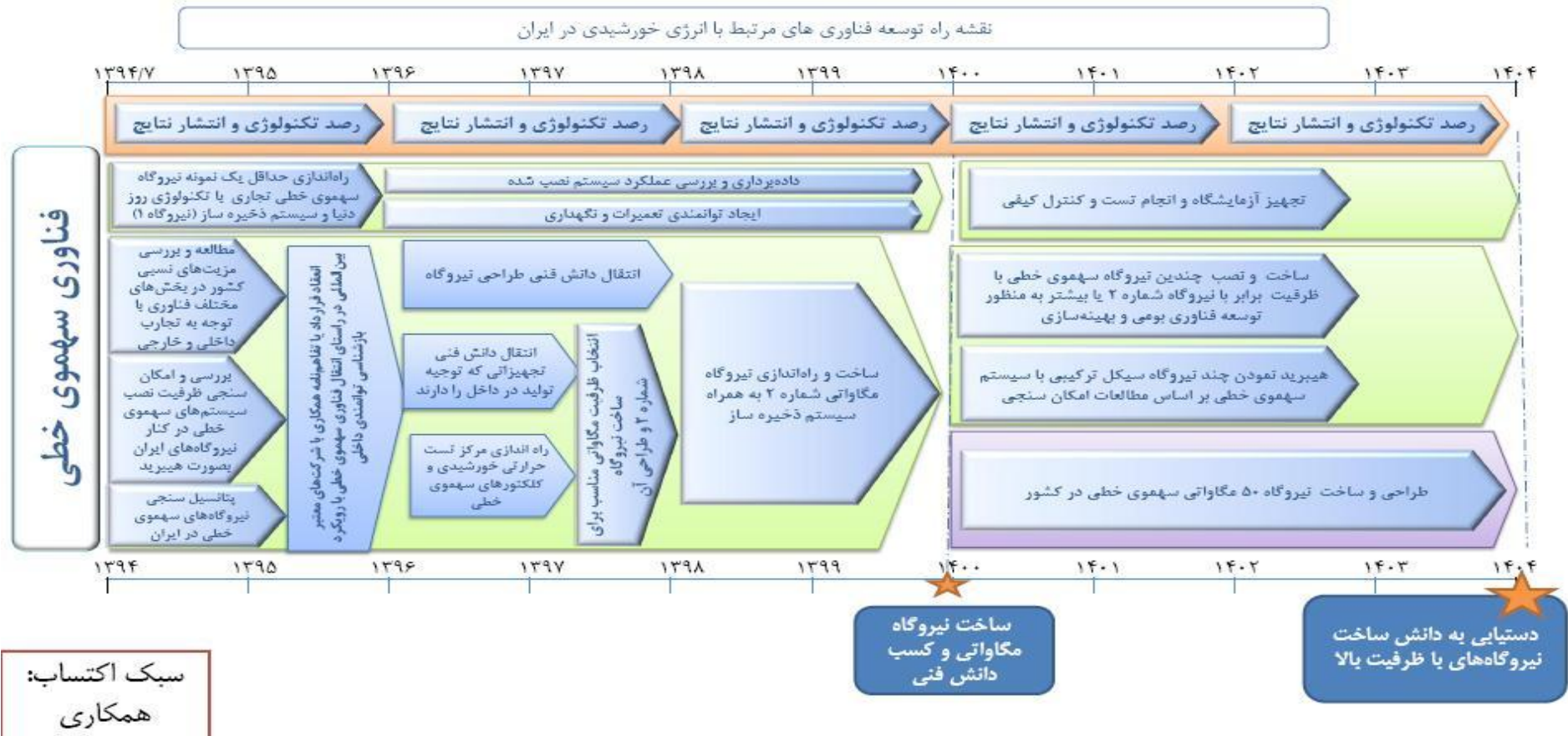
¹- Milestone



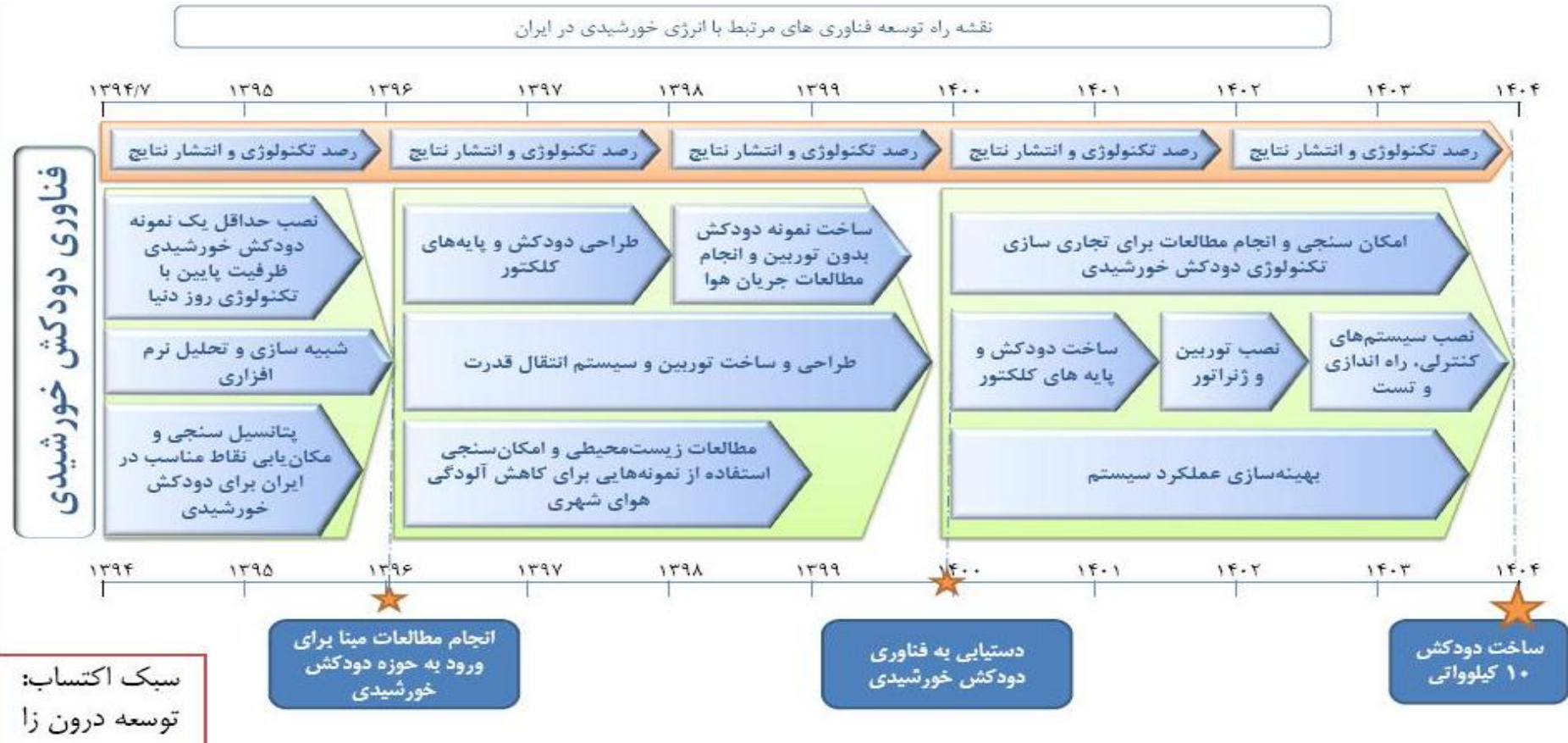
شکل (۱-۲) - نقشه راه توسعه فناوری‌های نسل اول و دوم فتوولتائیک



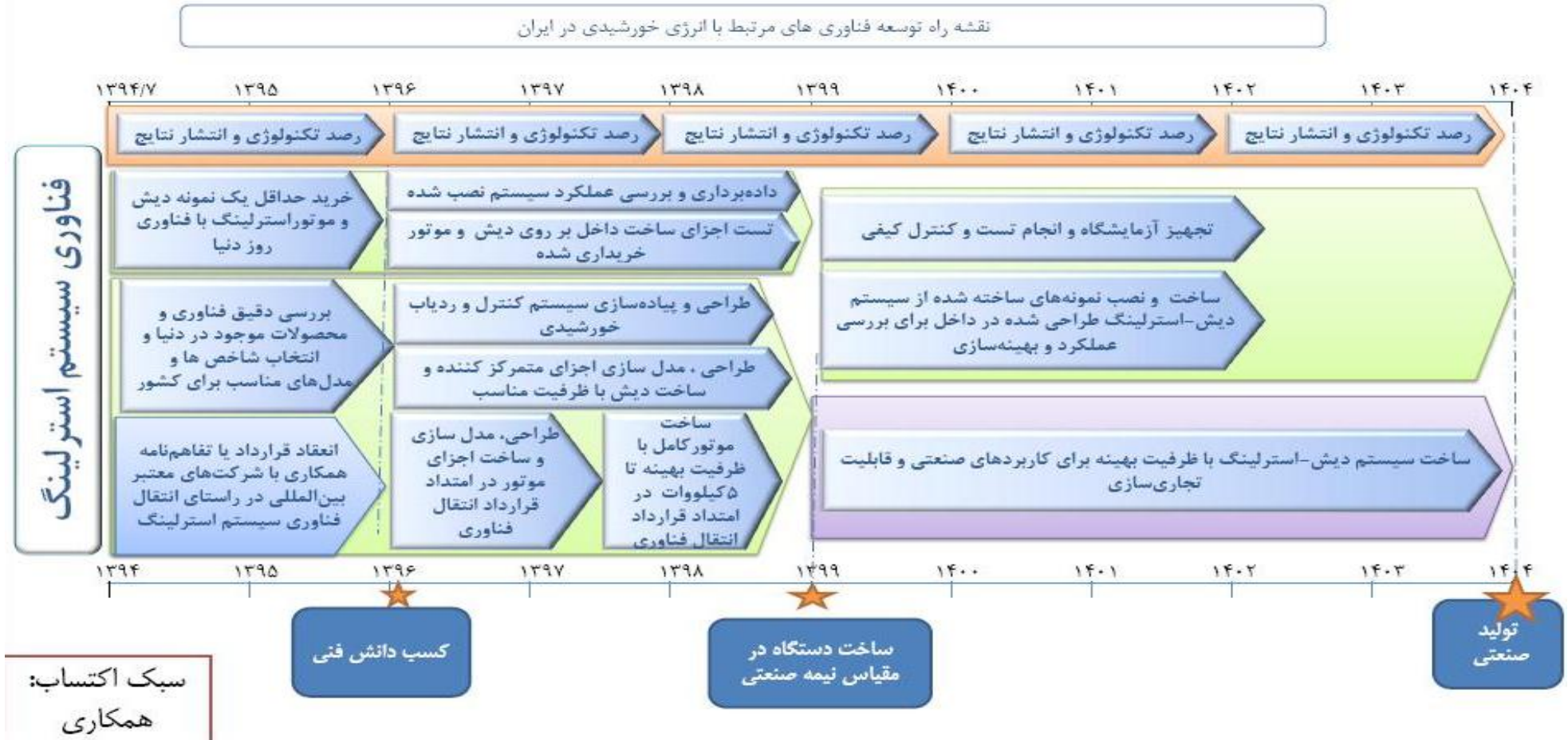
شکل (۲-۲) - نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین فوتولتائیک



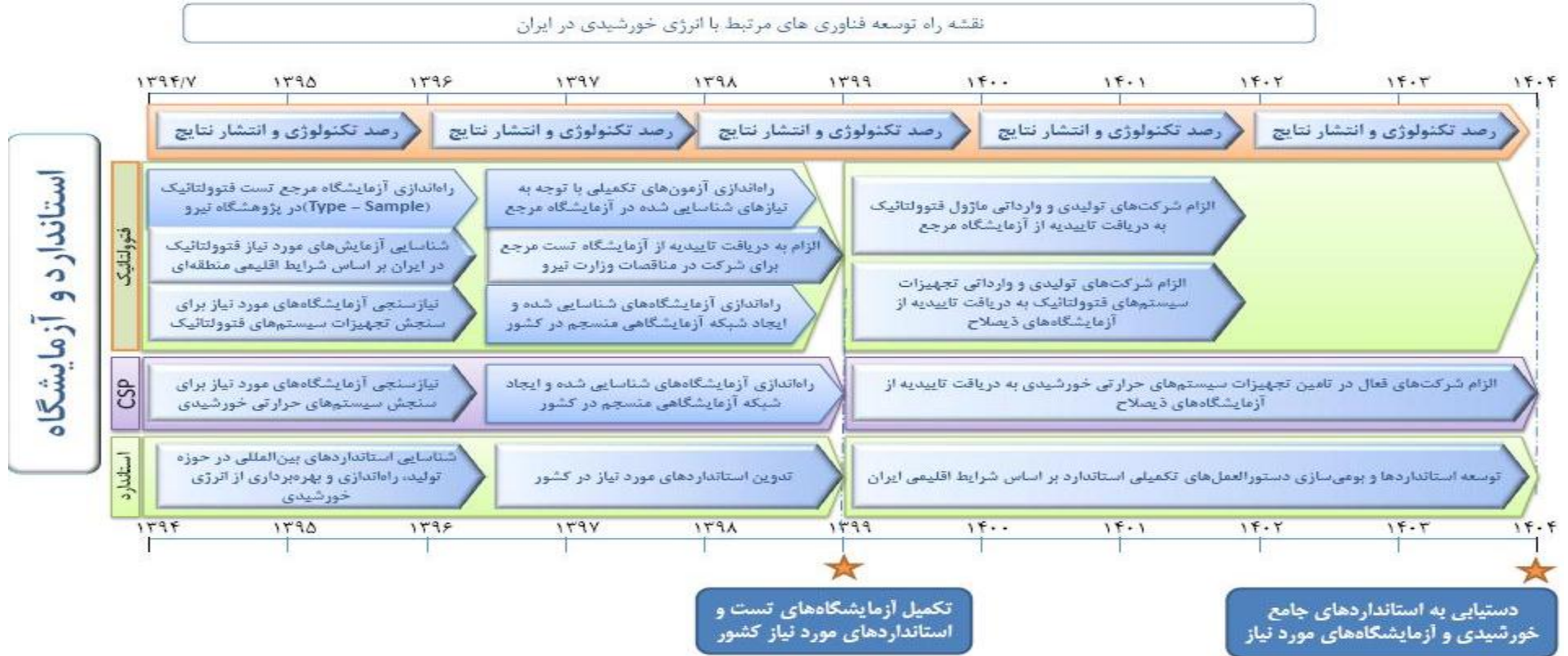
شکل (۲-۳) - نقشه راه توسعه فناوری سهموی خطی



شکل (۲-۴) - نقشه راه توسعه فناوری دودکش خورشیدی



شکل (۲-۵) - نقشه راه توسعه فناوری استرلینگ



شکل (۲-۶) - نقشه راه توسعه استاندارد و آزمایشگاه‌های مرتبط با انرژی خورشیدی

نتیجه‌گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی در ایران»، برنامه عملیاتی سند و نقشه‌راه توسعه فناوری‌ها تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل پروژه‌ها، زمان‌بندی و بودجه موردنیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند بر اساس اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم توضیح داده شد، سپس با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود. پس از این مرحله، زمان‌بندی و بودجه‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد و با توجه به شکسته شدن اقدامات غیرفنی، زمان و هزینه برای اقدامات تعیین شد. در گام بعدی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی مشخص و سپس پیشنهادهایی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی انرژی خورشیدی ترسیم شد. در نهایت، اقدامات مشخص شده برای توسعه فناوری‌های اولویت‌دار انرژی خورشیدی، به تفکیک برای هر دسته از فناوری‌ها، در بازه‌ای ۱۰ ساله تا پایان سال ۱۴۰۴، ترسیم شد.

فهرست مطالب

- ۱- روش پیشنهادی برای تدوین برنامه ارزیابی و بروزرسانی ۱
- ۱-۱- تعریف ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات ۱
- ۲-۱- همراستایی ارزیابی با اهداف و برنامه اقدامات و سیاست‌ها ۴
- ۳-۱- قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات ۶
- ۴-۱- گام‌های عمومی ارزیابی سیاست ۸
- ۵-۱- انواع روش‌های ارزیابی ۹
- ۱-۵-۱- پیمایش نوآوری ۱۰
- ۲-۵-۱- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌سازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی ۱۴
- ۱-۲-۵-۱- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان ۱۴
- ۲-۲-۵-۱- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی ۱۵
- ۳-۵-۱- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد ۱۷
- ۱-۳-۵-۱- شرایط استفاده از این روش ۱۸
- ۲-۳-۵-۱- مراحل پیاده‌سازی مدل ۱۸
- ۳-۳-۵-۱- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۹
- ۴-۵-۱- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری ۲۰
- ۱-۴-۵-۱- روش انجام ۲۱
- ۲-۴-۵-۱- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۱
- ۵-۵-۱- ارزیابی توسط خبرگان ۲۱
- ۱-۵-۵-۱- شرایط استفاده ۲۲
- ۲-۵-۵-۱- مراحل انجام روش ۲۳

- ۱-۵-۳- داده‌های مورد نیاز ۲۳
- ۱-۵-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۳
- ۱-۵-۶- مطالعه میدانی و مطالعه موردی ۲۴
- ۱-۶-۶- جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی ۲۴
- ۱-۶-۱- تدوین شاخصهای ارزیابی کارایی و اثربخشی ۲۵
- ۱-۶-۲- تدوین مکانیزم ارزیابی ۲۵
- ۱-۶-۳- تدوین ساختار نظارت و به‌روزرسانی ۲۸
- ۲- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۲۸**
- ۱-۲- مقدمه ۲۸
- ۲-۲- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ۲۹
- ۲-۳- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۰
- ۳- تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و مکانیزم ارزیابی ۴۰**
- ۱-۳- ساختار نظارت و به‌روزرسانی ۴۰
- ۱-۳-۱- بیانیه ماموریت ۴۱
- ۱-۳-۲- اهداف مرکز توسعه انرژی خورشیدی ۴۱
- ۱-۳-۳- وظایف مرکز توسعه فن آوری انرژی خورشیدی ۴۲
- ۱-۳-۱- آینده پژوهی ۴۲
- ۱-۳-۲- سیاست پژوهی ۴۲
- ۱-۳-۳- خدمات علمی، فنی و تخصصی ۴۲
- ۱-۳-۴- خدمات آزمایشگاهی و مدیریت پایلوت ها ۴۳
- ۱-۳-۵- طرح ها و پروژه ها ۴۳



۳-۱-۳-۶- تامین منابع مالی ۴۳

۳-۲- مکانیزم عملکرد ۴۴

نتیجه‌گیری ۴۶

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) - ویژگی‌های روش‌های ارزیابی ۲۶
- جدول (۱-۲) - شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۳۱
- جدول (۲-۲) - شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ۴۰

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - منطق ارزیابی اهداف و سیاست‌ها ۴
- شکل (۲-۱) - مدل منطقی ارزیابی ۵
- شکل (۳-۱) - قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست (دای، ۱۹۹۲) ۸

مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون ارزیابی نمی‌توان از اجرای درست و کامل برنامه اطمینان حاصل نمود. در مرحله چهارم طرح «سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی»، اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. با توجه به اینکه سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی نیز یک برنامه کلان برای توسعه این فناوری‌ها در صنعت برق می‌باشد، نمی‌توان بدون ارزیابی، نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف آن (که بر اساس نقشه‌راه این سند تنظیم شده‌اند) را مشخص نمود. ارزیابی هر برنامه بر اساس شاخص‌های مختلف آن حوزه انجام می‌پذیرد، از این رو به منظور ارزیابی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی باید شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بخش‌های مختلف سند تعریف شده تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و به‌روزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ارائه شده است.

۱- روش پیشنهادی برای تدوین برنامه ارزیابی و بروزرسانی

۱-۱- تعریف ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

تحلیل تأثیرات بخشی از حوزه بزرگتری از مطالعات سیاسی یعنی «ارزیابی سیاست»^۱ است. ارزیابی سیاست نیز همچون بسیاری از مفاهیم مربوط به مطالعات سیاستی دارای تعاریف مختلف است:

^۱ Program evaluation

- «تلاش برای درک تأثیر رفتار انسان و به‌ویژه ارزش‌یابی تأثیرات یک برنامه خاص بر جنبه‌هایی از رفتار که به‌عنوان اهداف این مداخله منظور شده است» (هافمن^۱، ۱۹۸۷).
- «ارزیابی اثربخشی یک برنامه ملی در تحقق اهداف خود یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه در تحقق اهداف مشترک خود» (هولی و همکاران^۲، ۱۹۷۰).
- «ارزیابی نظام‌مند عملیات و/یا نتایج یک برنامه یا سیاست در مقایسه با مجموعه‌ای از استانداردهای صریح یا ضمنی به‌عنوان راهی برای کمک به بهبود آن برنامه یا سیاست» (ویس^۳، ۱۹۹۸).

آنچه در همه تعاریف ارزیابی سیاست مشترک است و آنچه ارزیابی سیاست را از سایر مطالعات سیاستی متفاوت می‌سازد، تمرکز آن بر پیامدهای واقعی ناشی از اجرای سیاست یا برنامه و یا قضاوت در مورد این پیامدها بر مبنای نوعی ملاک (هنجاری) است (لستر و استوارت^۴، ۲۰۰۰). ارزیابی سیاست، یک فعالیت هنجاری است که در آن آنچه هست با آنچه باید باشد مقایسه می‌شود. بنابراین، ارزیابی سیاست به‌معنای تعیین ارزش یک سیاست یا برنامه بر مبنای تعدادی معیار است؛ و تلاشی سیستماتیک برای تعیین «خوبی» یا «ارزشمندی» آن‌هاست. البته باید توجه داشت که ارزیابان سیاست‌ها و اهداف از تمامی روش‌های علوم اجتماعی (و به‌ویژه روش‌های کمی) استفاده می‌کنند. با این حال، ارزیابی سیاست فاقد ساختاریافتگی است.

تقاضا برای ارزیابی سیاست، امری فراگیر است که هم در بخش عمومی و هم در بخش خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ارزیابی می‌تواند به شکل‌های مختلفی از مطالعات آکادمیک و گزارش‌های مشاوران مدیریت گرفته تا بازنگری‌های رسمی توسط نهادهای دولتی و مدیران برنامه‌ها انجام شود. بر این اساس، منطقی است که حوزه ارزیابی سیاست بیشتر به‌عنوان یک حوزه کاربردی تلقی شود تا یک حوزه آکادمیک. بسیاری از مؤلفان به این موضوع اشاره کرده‌اند. مثلاً ویس (۱۹۹۸) به این نکته پرداخته است که جهت‌گیری ارزیابی سیاست بیشتر به‌سمت بهبود و اصلاح سیاست است تا تولید دانش عمومی و اگر دانشی هم به این ترتیب تولید شود غالباً خاص برنامه و سیاست مورد نظر است و معمولاً قابل تعمیم به سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف نیست.

¹Haveman

²Wholey et al

³Weiss

⁴Lester & Stewart

هرچند ارزیابی سیاست دارای چند مفهوم محوری است، ولی از سوی دیگر موضوعی متغیر و فاقد مرزهای روشن است که می‌توان برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشته باشد. تحت عنوان ارزیابی سیاست چندین رویکرد مفهومی مجزا وجود دارد که از «تحلیل تأثیر» فراتر می‌روند. متأسفانه هیچ تعریفی از قلمرو و زیرشاخه‌های ارزیابی سیاست که مقبولیت عمومی داشته باشد وجود ندارد. البته برخی محققان همچون اسمیت و لیکاری^۱ (۲۰۰۷) تلاش کرده‌اند دسته‌بندی‌هایی ارائه کرده و به این موضوع نظم دهند. تحلیل تأثیرات همیشه حول سه محور انجام می‌شود:

مسئله (یا مشکل)، فعالیت و نتیجه مورد نظر. مسئله عبارت است از نتیجه یا شرایطی که رضایت‌بخش نباشد و انتظار رود که بدون دخالت از طریق یک برنامه یا سیاست عمومی کماکان نامناسب باقی بماند. فعالیت عبارت است از رویدادی که توسط انسان هدایت می‌شود و سیاست را تشکیل می‌دهد؛ یعنی اقداماتی که زیر نظر دولت برای برخورد با یک مسئله انجام می‌شوند. نتیجه مورد نظر عبارت است از متغیری که برای ارزیابی تأثیر (پیامد) یک سیاست عملاً سنجیده می‌شود (مور^۲، ۱۹۹۵).

بنابراین، تحلیل تأثیرات با پاسخ نظام‌مند به این سوال که «چه کاری انجام شده است؟» سروکار دارد و این کار را با شناسایی و سنجش نتیجه مورد نظر و آزمون عملی رابطه آن با سیاست یا برنامه مورد نظر انجام می‌دهد. این موضوع از نظر تئوری ساده به نظر می‌رسد، ولی در عمل می‌تواند دشوار باشد. مثلاً تحلیل تأثیرات به شدت به نحوه انتخاب «متغیر وابسته» بستگی دارد که همان نتیجه مورد انتظار است. نتیجه مورد انتظار باید دو کارکرد کلیدی داشته باشد. اول اینکه باید جنبه‌ای از مسئله را عملیاتی سازد^۳ و دوم اینکه باید متغیری باشد که بتوان بین آن و برنامه/سیاست رابطه علی برقرار کرد.

یکی از مسائلی که سیاست‌گذاری عمومی به‌طور عام و تحلیل تأثیرات به‌طور خاص با آن روبه‌روست، موضوع هنجارها و ملاحظات هنجاری است. در بسیاری از موارد، اهداف سیاست‌های اتخاذ شده چندان روشن نیستند و در نتیجه، ذی‌نفعان مختلف اهداف مختلفی را به یک سیاست واحد نسبت می‌دهند. حتی ممکن است باورهای متفاوتی نسبت به روابط علی بین «وسیله» و «هدف» وجود داشته باشد و این باورهای متفاوت، معانی سیاسی متفاوتی داشته باشند. از سوی دیگر، قضاوت در مورد اینکه سیاستی موفق بوده یا شکست خورده مستلزم این است که ابتدا مشخص شود کدام اهداف سیاست و چگونه باید مورد سنجش قرار گیرند. در بسیاری از موارد، همین انتخاب به تنهایی می‌تواند نتیجه ارزیابی را تغییر دهد. مثلاً اگر در زمینه

^۱Smith & Licari

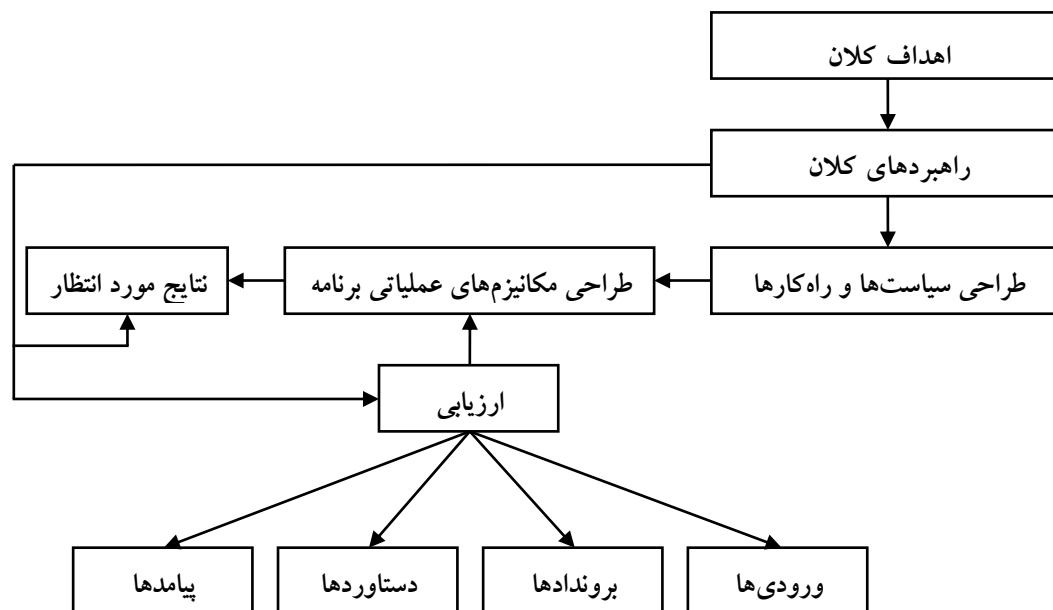
^۲Mohr

^۳Operationalize

سیاست‌های آموزشی بخواهیم عملکرد آموزشی را مورد سنجش قرار دهیم و مشخص کنیم که آیا یک سیاست خاص به اهداف خود رسیده است یا خیر، استفاده از روش‌هایی مثل تست‌های استاندارد، نرخ فارغ‌التحصیلان و امثال این‌ها می‌توانند نتایج کاملاً متناقضی را نشان دهند (اسمیت و گرنبرگ^۱، ۲۰۰۳).

۱-۲- همراستایی ارزیابی با اهداف و برنامه اقدامات و سیاست‌ها

ارزیابی هنگامی اثربخش خواهد بود که هم‌راستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود، ابتدا می‌بایست اهداف کلانی را که برنامه به دنبال آن‌هاست، استخراج نمود. سپس باید مشخص شود برنامه از چه راهبردی برای تحقق این اهداف استفاده می‌کند. در طراحی مکانیزم‌های عملیاتی یک برنامه سیاستی، مشخص می‌شود چه ورودی‌هایی به چه برون‌دادها^۲، دستاوردها^۳ و پیامدهایی^۴ تبدیل می‌شوند. بنابراین تمرکز اصلی ارزیابی بر همین مؤلفه‌ها می‌باشد. بازخوردهای ارزیابی هم می‌تواند به بهبود مکانیزم‌های عملیاتی منجر شود و هم اصلاح راهبردهای برنامه را به دنبال داشته باشد.



شکل (۱-۱) - منطق ارزیابی اهداف و سیاست‌ها

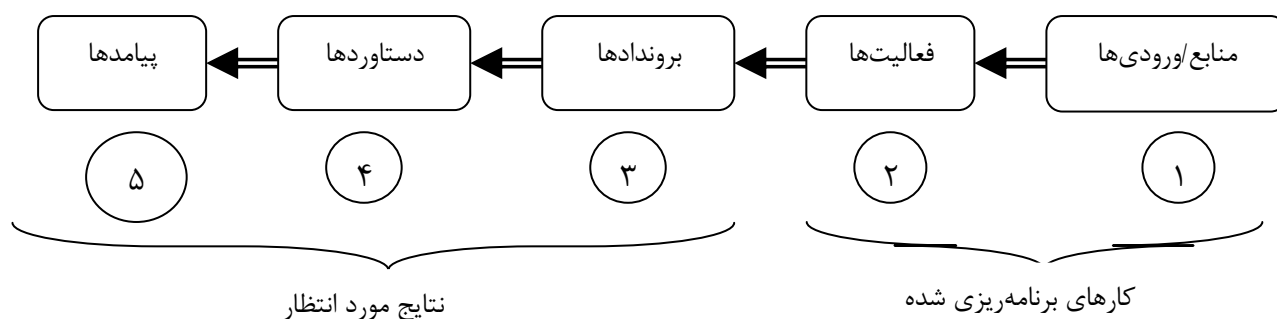
¹Smith & Granberg

²Outputs

³Results

⁴Outcomes

یکی از مفاهیمی که در ادبیات سیاست‌گذاری برای رعایت ارتباط ورودی‌ها، برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها به دفعات مورد استفاده قرار می‌گیرد «مدل منطقی»^۱ است. مدل منطقی نه تنها در طراحی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد، بلکه می‌توان از آن برای ارزیابی سیاست نیز استفاده نمود. علی‌رغم کاربردهای گسترده، این مدل بر منطقی روشن و ساده استوار است. بطور کلی، مدل منطقی روشی نظام‌مند و تصویری^۲ است که برای ارائه و انتقال درک از ارتباط میان منابعی که در برنامه مورد استفاده قرار گرفته، فعالیت‌هایی که برنامه‌ریزی شده و تغییرات و نتایجی که رسیدن به آنها دنبال می‌شود، به کار می‌رود.



شکل (۲-۱) - مدل منطقی ارزیابی

اغلب مدل‌های منطقی، تصویری است از نحوه کار برنامه. این مدل از کلمات و تصاویر برای تشریح توالی فعالیت‌ها و ارتباط آنها با نتایج مورد انتظار برنامه استفاده می‌کند. مؤلفه‌های اصلی یک مدل منطقی را می‌توان در دو گروه اصلی «کارهای برنامه‌ریزی شده» و «نتایج مورد انتظار» و در پنج گام متوالی شرح داد:

کارهای برنامه‌ریزی شده: به تشریح منابعی که گمان می‌رود برای اجرای برنامه نیاز هستند و فعالیت‌هایی که قصد

انجام آنها وجود دارد، می‌پردازد.

• منابع: عبارتند از منابع انسانی، مالی، سازمانی و ارتباطی که برای انجام برنامه مورد نیاز می‌باشند. در برخی منابع

از آنها به عنوان «ورودی» نیز نام برده شده است.

¹Logic model

²Visual

- فعالیت‌های برنامه: عبارتند از فرآیندها، ابزارها، رخدادها، فناوری و اقداماتی که بصورت آگاهانه و در راستای نیل به نتایج و یا تغییرات مورد انتظار صورت می‌پذیرند.

نتایج مورد انتظار: عبارتند از کلیه نتایج مطلوب برنامه شامل برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها.

- برون‌دادها: محصولات مستقیم فعالیت‌های برنامه‌اند و ممکن است شامل انواع، سطوح و اهدافی از خدمات باشند که توسط برنامه ارائه می‌شود.
- دستاوردها: عبارت است از تغییرات در رفتار، دانش، مهارت، وضعیت و سطح کارکرد افرادی که در برنامه مشارکت دارند. دستاوردها می‌توانند به دو گروه کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم شوند. دستاوردهای کوتاه‌مدت در بازه ۱ تا ۳ سال محقق می‌شوند؛ حال آنکه دستاوردهای بلندمدت ۴ تا ۶ سال زمان نیاز دارند. «پیامدهای» دستاوردهای کوتاه مدت در بازه ۷ تا ۱۰ سال خود را نشان می‌دهند.
- پیامدها: عبارتند از خواسته‌های اساسی و یا تغییرات ناخواسته‌ای که در سازمان، جامعه یا سیستم بر اثر اجرای برنامه در مدت ۷ تا ۱۰ سال اتفاق می‌افتد (کلوگ^۱، ۲۰۰۴).

۱-۳- قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

ارزیابی نظام‌مند سیاست‌ها و تحلیل تأثیرات آن‌ها مشتمل بر مقایسه است، مقایسه‌ای به‌منظور یافتن تغییرات به‌وجود آمده در اثر برنامه‌های سیاستی. این مقایسه در حالت ایده‌آل باید به اندازه‌گیری تفاوت بین اتفاقات به وقوع پیوسته، با اتفاقاتی بپردازد که در صورتی اجرا نشدن برنامه‌ها پدید می‌آید. اندازه‌گیری اتفاقات به‌وقوع پیوسته در شرایط بعد از اعمال برنامه‌ها دشوار نیست. مشکل اصلی در برآورد وضعیت در صورت به‌اجرا درنیامدن برنامه‌ها و مقایسه دو وضعیت باهم است. این تفاوت باید ناظر بر اعمال برنامه‌ها باشد و نه سایر تغییراتی که به‌طور همزمان در جامعه به‌وقوع پیوسته است. با توجه به اهمیت این موضوع، چهار قالب کلی برای ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات در نظر می‌گیرند:

مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه: یکی از رایج‌ترین قالب‌های تحلیل سیاست‌ها و برنامه‌ها، استفاده از نوع مقایسه قبل با بعد است. در این قالب، وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و دیگری بعد از اجرای آن‌ها مورد مقایسه باهم قرار

¹Kellogg

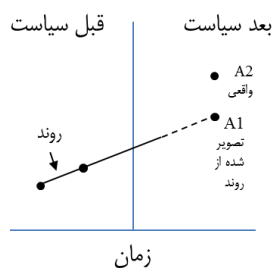
می‌گیرند. گروه‌های هدف در تحلیل تأثیرات مقایسه‌ای قبل و بعد جایگاه محوری دارند. در این حالت، اگرچه فرآیند دستیابی به تأثیر سیاست‌ها کوتاه و آسان است، اما نمی‌توان به راحتی و با اطمینان مشخص نمود که تا چه حد نتایج حاصل از اعمال برنامه‌ها و سیاست‌ها ناشی شده‌اند و تا چه اثر سایر تغییرات محیطی هم‌زمان در جامعه بوده‌اند.

مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه: برآورد بهتری از آنچه در اثر اجرای یک برنامه به‌وقوع پیوسته را می‌توان با مقایسه روند وضعیت گذشته در زمان حاضر (پس از اجرای برنامه‌های سیاستی) بدست آورد. سپس با مقایسه این حالت تصویر شده از گذشته با شرایط پدید آمده پس از اجرای واقعی برنامه‌ها می‌توان به تحلیل تأثیرات سیاست‌ها رسید. در این روش لازم است تا برای ترسیم روند وضعیت از گذشته تا به زمان اجرای سیاست‌ها، اطلاعات راجع به گروه‌های هدف در بازه‌های زمانی مختلف گردآوری شود. این قالب از حالت مقایسه قبل و بعد بهتر بوده و نتایج دقیق‌تری را فراهم می‌آورد، اما نیازمند تلاش بیشتر در فرآیند ارزیابی است.

مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه: روش رایج دیگر برای ارزیابی، مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست موردنظر قرار گرفته‌اند یا سایر بخش‌ها (شهرها، کشورها) است. در این حالت، مقایسه تنها در زمان بعد از اجرای برنامه‌های سیاستی انجام می‌شود، اما میان دو بخش مختلف (تحت تأثیر سیاست و فارغ از آن). همچنین به‌منظور افزودن بر دقت این قالب، تحلیل تأثیرات می‌توان وضعیت گذشته (قبل اجرای برنامه) را در هر دو بخش مشاهده نمود و تفاوت آن‌ها را درک کرد. سپس با اجرای برنامه و مقایسه دوباره میان وضعیت دو بخش، می‌توان به روشی دریافت که چه حدی از تفاوت میان وضعیت دو بخش به دلیل اعمال برنامه سیاستی بوده و چه حدی مرتبط با تفاوت در ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی بخش‌های مورد مطالعه.

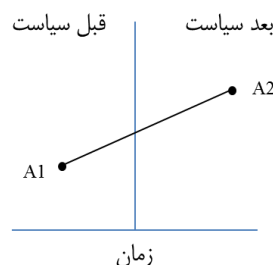
مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه: این قالب از تحلیل تأثیرات به‌عنوان یک روش مرسوم مشتمل بر انتخاب دو گروه تحت کنترل و آزمایشی است که از همه لحاظ به هم شبیه هستند، اما در یکی از آن‌ها (گروه آزمایشی) برنامه سیاستی اجرا شده ولی در دیگری خیر. در این حالت، مقایسه وضعیت دو گروه بعد از اجرای سیاست در یکی از آن‌ها می‌تواند به‌طور دقیق بیان‌کننده تأثیرات سیاست‌ها باشد. این قالب، دقیق‌ترین نتایج ارزیابی سیاست‌ها را در میان سایر روش‌ها به‌همراه می‌آورد.

قالب ۲ - تصویر گذشته و بعد از اجرا



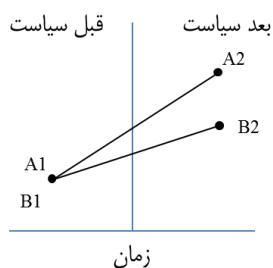
تاثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۱ - قبل و بعد



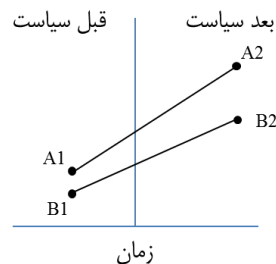
تاثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۴ - گروه کنترل شده و آزمایشی



تاثیر سیاست A فارغ از سیاست B هر دو مشابه A و B تاثیر سیاست $A2-B2$

قالب ۳ - با و بدون اجرای سیاست



تاثیر سیاست A فارغ از سیاست B تاثیر سیاست $(A2-A1)-(B2-B1)$

شکل (۱-۳) - قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست (دای^۱، ۱۹۹۲)

۱-۴- گام‌های عمومی ارزیابی سیاست

فارغ از نوع و روش ارزیابی و درجه پیچیدگی آن، به صورت کلی مراحل انجام یک ارزیابی را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- تعیین اهداف و مخاطبان (ذی‌نفعان ارزیابی)
- طراحی سؤالات و فرضیات ارزیابی
- مشخص کردن منابع در دسترس، زمان لازم و سطح مناسب تلاشی که می‌بایست صورت پذیرد
- انتخاب روش (های) ارزیابی و تجزیه و تحلیل

¹Dye

- انتخاب و یا طراحی مدل مناسب ارزیابی و رویکرد جمع‌آوری اطلاعات
- جمع‌آوری و ترکیب اطلاعات
- تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات
- تدوین گزارش ارزیابی
- ارائه و انتشار نتایج

در میان این‌گام‌ها، انتخاب روش ارزیابی و تحلیل به‌عنوان محور اصلی در ارزیابی و پایش سیاست‌ها و برنامه‌ها قرار می‌گیرد. روش‌های متنوعی برای ارزیابی وجود دارد که در عین داشتن مشابهت‌هایی، هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارا می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند. به‌عنوان مثال برخی از آن‌ها برای ارزیابی در مراحل اولیه یک برنامه مناسب‌اند و برخی دیگر برای ارزیابی در مراحل انتهایی برنامه به‌کار می‌آیند. بنابراین حتی ممکن است برای یک برنامه با گذشت زمان، از روش‌های متعدد ارزیابی استفاده شود.

از منظر زمانی، روش‌های ارزیابی به دو دسته کلی ارزیابی پیش از پیاده‌سازی و ارزیابی در حین و پس از پیاده‌سازی تقسیم می‌شوند. همچنین از منظر روش تحقیق، روش‌های ارزیابی را می‌توان به سه دسته روش‌های کمی، آماری، روش‌های مدل‌سازی و روش‌های کیفی تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های کمی و آماری مانند پیمایش، با انجام تحلیل‌های آماری بر روی داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، ارزیابی سیاست‌ها انجام می‌پذیرد. در روش‌های مدل‌سازی مانند روش‌های اقتصادسنجی، با استفاده از توابع و مدل‌های ریاضی/اقتصادی، به ارزیابی تأثیرات سیاست‌ها پرداخته می‌شود. در روش‌های کیفی نیز مانند موردکاوی نیز مشاهدات و داده‌های کیفی مبنای قضاوت ما در مورد اثرات سیاست‌ها می‌باشد (پلت و روژو^۱، ۲۰۰۲).

۱-۵- انواع روش‌های ارزیابی

مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی که می‌توانند برای تحلیل تأثیرات سیاست‌ها و برنامه‌ها در اسناد ملی فناوری مورد استفاده

قرار بگیرند به قرار زیر هستند:

¹Polt & Rojo

۱-۵-۱- پیمایش نوآوری^۱

در طی سه دهه گذشته تلاش‌های زیادی جهت سنجش و ارزیابی نوآوری صورت گرفته است. سازمان توسعه همکاری‌های اقتصادی (OECD) با انتشار دستورالعمل‌های متعددی در خصوص ارزیابی‌های مرتبط با نوآوری و فناوری که اصطلاحاً به دستورالعمل‌های فراسکاتی^۲ معروفند (دستورالعمل فراسکاتی، دستورالعمل پنتت، دستورالعمل اسلو و غیره) تلاش کرده است تا در زمینه ارزیابی، استانداردهای بین‌المللی را ایجاد کند.

تشریح روش‌های ارزیابی و تفسیر داده‌ها در این دستورالعمل‌ها، در کنار وجود بانک‌های اطلاعات و داده‌های متنوع^۳ باعث شد در دهه ۹۰ کشورهای اروپایی برای ارزیابی سیاست‌ها، از پیمایشی استفاده کنند که به پیمایش نوآوری معروف شد.

روش پیمایش نوآوری در ابتدا، به‌عنوان ابزاری جهت جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها و نه ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما اخیراً محققان زیادی پیمایش نوآوری را به‌عنوان روشی برای پرداختن به تأثیرات و پیامدهای سیاست‌های تحقیق و توسعه دولتی مورد توجه قرار داده‌اند. به‌نظر می‌رسد در آینده با توجه به افزایش داده‌های جمع‌آوری‌شده پیرامون موضوعات مرتبط با نوآوری، افزایش استفاده از روش پیمایش برای ارزیابی سیاست‌های نوآوری دولتی به‌وقوع پیوندد (لیخت و سیریلی^۴، ۲۰۰۲).

اولین پیمایش نوآوری در اروپا، در سال ۱۹۹۲ و بر اساس دستورالعمل اسلو صورت گرفت. این پیمایش‌ها مجدداً در سطح اتحادیه اروپا در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ برگزار شد. تجربه این سه پیمایش، ضمن آنکه امکان‌پذیری پیمایش نوآوری را ثابت کرد، نشان داد اینگونه پیمایش‌ها می‌تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست‌گذاران داشته باشد.

در پیمایش نوآوری، نوآوری عبارت است از محصول یا فرایند نو و یک بنگاه در صورتی نوآور معرفی می‌شود که در یک دوره زمانی سه‌ماهه موفق به طراحی حداقل یک محصول یا فرایند نو و یا بهبود در فرایندها و محصول‌های موجود شده باشد. معیار «نو» بودن، جدید بودن در بنگاه است که لزوماً به‌معنای جدید بودن در بازار نمی‌باشد. اطلاعات پیمایش از طریق توزیع پرسشنامه در نمونه‌هایی از جامعه آماری جمع‌آوری می‌شود، هرچند در برخی موارد تمام بنگاه‌های بزرگ تحت پوشش پیمایش قرار می‌گیرند. مهم‌ترین موضوعاتی که در یک پیمایش نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از:

¹ Innovation survey

² FRASCATY – Family manuals

³ از دهه ۷۰، گروه‌های پژوهشی شروع به جمع‌آوری داده‌هایی در مورد وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها نمودند که وجود این اطلاعات و داده‌ها یکی از عوامل طراحی دستورالعمل اسلو بوده است.

⁴ Licht and Sirilli

- عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه
 - اهداف نوآوری در بنگاه‌ها
 - منابع اطلاعاتی بنگاه‌ها
 - موانع نوآوری در بنگاه‌ها
- فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها
 - فعالیت‌های تحقیق و توسعه
 - همکاری‌های فناورانه
 - خرید و تجهیز ماشین‌آلات
 - محافظت از دانش و فناوری
- ویژگی‌های بنگاه‌های نوآور
 - اندازه بنگاه‌های نوآوری
 - بخش اقتصادی که بنگاه‌های نوآور در آن فعالیت می‌کنند
 - مالکیت بنگاه‌های نوآوری
 - ارتباط با سایر بنگاه‌ها مؤسسات دولتی
 - سرمایه‌گذاری در دارایی‌های نامشهود
- پیامدهای نوآوری
 - فروش ناشی از محصولات نو
 - فروش ناشی از محصولاتی که نه تنها برای بنگاه بلکه در سطح بازار نیز جدید می‌باشند
 - تأثیر نوآوری بر صادرات و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها در سطح بین‌المللی
 - تأثیر نوآوری بر اشتغال
 - تأثیر نوآوری بر ساختار مهارتی نیروی کار

اما پیمایش نوآوری چگونه می‌تواند برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری مورد استفاده قرار گیرد؟ هر ارزیابی سیاست نیازمند وجود اطلاعات کافی و دقیق در مورد موضوع سیاست مورد تحلیل است. پیمایش نوآوری بخشی از اطلاعاتی که برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری دولت‌ها لازم است را فراهم می‌آورد. این اطلاعات می‌تواند تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آن‌ها را به نمایش بگذارد.

در پیمایش نوآوری در خصوص مشارکت بنگاه‌ها در برنامه‌های نوآوری دولتی سؤالاتی طراحی شده است. در سومین پیمایش نوآوری اتحادیه اروپا، این سؤالات در سه سطح سیاست‌های اتحادیه اروپا، سیاست‌های دولتی و سیاست‌های منطقه‌ای و محلی طراحی شده بود. در برخی پیمایش‌های نوآوری مانند پیمایش نوآوری ایتالیا، سؤالات بیشتر و دقیق‌تری در خصوص سیاست‌های نوآوری دولت طراحی شده است.

با تحلیل نتایج پیمایش نوآوری می‌توان به ارزیابی برخی سیاست‌های نوآوری دولت پرداخت. به‌عنوان مثال می‌توان فهمید چه کسانی از یارانه‌های تحقیق و توسعه دولت سود برده‌اند؟ بنگاه‌های کوچک و متوسط در مقایسه با بنگاه‌های بزرگ چه سهمی از کمک‌های دولت را دریافت کرده‌اند؟ چه بخش‌های اقتصادی از تسهیلات دولتی منتفع شده‌اند؟

مقایسه پاسخ سؤالاتی از این دست، با اهدافی که برای سیاست نوآوری در نظر گرفته شده است، ارزیابی مناسبی از سیاست ارائه می‌دهد. بایستی توجه داشت هرچند پیمایش برای ارزیابی سیاست نوآوری بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، اما این ابزار می‌تواند برای ارزیابی سایر سیاست‌ها و حتی سیاست‌های عمومی نیز بکار رود. در واقع پیمایش ابزاری تحلیلی است که از طریق توزیع پرسشنامه و با جمع‌آوری اطلاعات از سایر منابع در یک جامعه یا نمونه آماری و با استفاده از تحلیل‌های آماری به ارزیابی یک سیاست می‌پردازد. مراحل انجام یک پیمایش عبارتند از:

۱. طراحی مدل مفهومی پیمایش (ارتباط و تأثیر متغیرها)؛
۲. تعریف متغیرهای مدل مفهومی؛
۳. شناسایی منابع اطلاعاتی که متغیرها از طریق آن‌ها اندازه‌گیری می‌شوند؛
۴. شناسایی جامعه و یا نمونه آماری؛
۵. طراحی و توزیع پرسشنامه؛
۶. جمع‌آوری پرسشنامه و اطلاعات از سایر منابع؛

۷. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری شده؛ و

۸. تفسیر نتایج و ارائه اقدام یا پیشنهاد.

پیمایش مانند هر ابزار دیگری مزایا و معایب متعددی دارد. مهم‌ترین مزایای این روش عبارتند از:

- با توجه به سهولت جمع‌آوری اطلاعات گسترده در روش پیمایش، می‌توان گستره وسیع‌تری از موضوعات را تحت پوشش ارزیابی قرار داد و از نقطه‌نظرات افراد و شرکت‌های بیشتری بهره جست.
 - در پیمایش می‌توان نشانگرها و متغیرهای زیادی راجع به ورودی‌ها، نتایج و پیامدهای یک برنامه را اندازه‌گیری و تحلیل کرد.
 - در پیمایش می‌توان علاوه بر استفاده از اطلاعات پرسشنامه‌ها، از اطلاعات سایر بانک‌های داده‌ها و منابع در ارزیابی بهره جست.
 - پیمایش قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها از جمله روش‌های ریاضی و اقتصادی را دارا می‌باشد.
 - اگر پیمایش با رویکردهای قضاوت خبرگان مانند پنل همراه شود، می‌تواند تحلیل‌های پویاتری از ارزیابی ارائه نماید.
- معایب عمده روش پیمایش نیز عبارتند از:

- دقت اطلاعاتی که از پرسشنامه و بر اساس قضاوت ذهنی افراد جمع‌آوری می‌گردد، همواره محل تردید است.
 - ارزیابی دقیق و درست ورودی‌ها، پیامدها و نتایج بر اساس سنجش متغیرها همواره ممکن نیست. بسیاری از پیامدها و نتایج قابل تبدیل و اندازه‌گیری از طریق متغیرها نیستند.
 - در بسیاری مواقع، مدت‌زمانی لازم است تا سیاست و یا برنامه، تأثیر و پیامدهای خود را آشکار کند. غالباً در روش پیمایش مدت‌زمان تأثیرات برنامه در نظر گرفته نمی‌شود.
- به هر حال پیمایش بهترین روش ارزیابی سیاست نیست، اما در برخی موارد، مخصوصاً در مواردی که نیاز به ارزیابی سیاست‌های کلان و در سطح وسیعی می‌باشد، این روش می‌تواند روش مناسبی به‌شمار آید.

۱-۵-۲- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌سازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی

مدل‌های اقتصادسنجی تلاش می‌کنند به ارزیابی پیامدها و آثار اقتصادی سیاست‌ها و برنامه‌ها بپردازند. در این نوع مدل‌ها، سیاست‌گذاران نتایج مورد انتظار گزینه‌ها و انتخاب‌های سیاستی را تحلیل و مقایسه می‌کنند. اینگونه مدل‌سازی و شبیه‌سازی بر اساس سناریوها با توجه به ماهیت پدیده‌های اقتصادی که غالباً پیچیده، غیرخطی و همراه با بازخوردهای متعدد است، بسیار مناسب می‌باشد.

با توجه به اینکه رفاه اجتماعی، غایت غالب سیاست‌ها و برنامه‌های دولت می‌باشد و وضعیت اقتصادی مهم‌ترین عامل مؤثر بر رفاه اجتماعی به‌شمار می‌رود، ارزیابی آثار اقتصادی برنامه‌های سیاستی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان می‌باشد.

معمولاً تأثیر اسناد ملی فناوری‌های راهبردی بر متغیرهای اقتصادی مستقیم و ساده نیست، بلکه این تأثیر از طریق سایر متغیرهای واسطه و میانجی و به‌واسطه روابط علت و معلولی متعدد اعمال می‌شود. به‌عنوان مثال نمی‌توان به آسانی و بر اساس تجزیه و تحلیل‌های حاصل از پیمایش در خصوص تأثیر یک سند ملی بر متغیرهای اقتصادی نظیر اشتغال، رشد اقتصادی و یا بهره‌وری قضاوت کرد (Capron & Cincera, 2000).

یک مدل اقتصادسنجی کلان مجموعه‌ای از معادلات ساختاری است که بر اساس مبانی اقتصادی و برای تشریح اقتصاد و یا برخی از اجزای آن تدوین شده است. در این مدل‌ها دو دسته معادله وجود دارد: رفتاری و فردی. همچنین در این مدل‌ها، دو نوع متغیر وجود دارد: متغیرهای درون‌زا که به ساختار اقتصادی (داخلی) می‌پردازند و متغیرهای برون‌زا که ارتباطات و تأثیرات بین‌المللی را بررسی می‌کنند.

۱-۵-۲-۱- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان

باید توجه داشت که استفاده از این مدل‌ها برای ارزیابی برنامه‌هایی بزرگ مقیاسی مناسب است که تأثیرات اقتصادی و اجتماعی کلان و در سطح بین‌المللی دارند. بنابراین استفاده از آن برای برنامه‌های کوچک با سطح تأثیر محدود توصیه نمی‌گردد.

استفاده از این روش نیازمند برخی الزامات است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- در دسترس بودن حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی
- درجه بالایی از خبرگی و تخصص
- زمان و هزینه کافی

علاوه بر این الزامات، روش فوق برای مواقعی که برنامه اقدامات و سیاست‌ها پیامدهای اقتصادی مشهود دارد مناسب است.

۱-۵-۳- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی

استفاده از این روش‌ها مستلزم پیمودن ۹ گام زیر است:

۱. **تعریف اهداف مدل و امکان‌پذیری سنجش آن:** ابتدا باید مشخص شود آیا سیاستی که قرار است ارزیابی شود، می‌تواند بر متغیرهای کلان اقتصادی تأثیر بگذارد یا نه؟ به عبارتی آیا پیامدهای اقتصادی قابل ملاحظه‌ای از سیاست متصور است یا نه؟ اگر پاسخ به سوال فوق مثبت است، این تأثیر چه میزان پیش‌بینی می‌شود و آیا این تأثیر کل اقتصاد را متأثر می‌سازد و تنها بر بخش و یا بخش‌هایی مؤثر است؟ برای اندازه‌گیری و ارزیابی این تأثیر چه متغیرهایی را می‌بایست اندازه‌گیری کرد و آیا اندازه‌گیری این متغیرها، پاسخ‌هایی را که تحلیل‌گر به دنبال آن‌هاست، ارائه می‌دهند یا نه؟

۲. **بررسی در دسترس بودن داده‌ها:** در این مرحله می‌بایست مشخص کرد چه داده‌هایی برای ارزیابی مورد نیاز است و آیا تمام داده‌های مورد نیاز در دسترس می‌باشد یا نه؟ همچنین در این مرحله می‌بایست نحوه مواجهه با داده‌های ناقص و یا مخدوش را روشن نمود.

۳. **طراحی مدل مفهومی:** در این گام متغیرهای اساسی مدل، روابط علی و معلولی این متغیرها، ابعاد و اجزای اصلی مدل مفهومی، مبانی زیربنایی و مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه مشخص می‌شود. همچنین باید مشخص کرد آیا مدل مفهومی طراحی شده متناسب با واقعیت وضعیت موجود می‌باشد و یا نیاز به اصلاحات و تغییرات دارد؟

۴. **جمع‌آوری و تحلیل و تبدیل داده‌ها:** هرچند روش‌های اقتصادسنجی نیاز به حجم عظیمی از داده‌ها دارند، اما داده‌های خام موجود در بانک‌های داده، به ندرت در این معادلات قابل استفاده‌اند. بنابراین معمولاً به یک فرایند تبدیل بر روی داده‌های خام نیاز است تا این داده‌ها قابلیت استفاده در مدل را داشته باشند.

۵. طراحی معادلات اقتصادسنجی مدل: در این مرحله معادلات اقتصادسنجی مدل تخمین زده می‌شوند. به عبارتی در این مرحله مدل نظری به مدل اقتصادسنجی تبدیل می‌شود. برای این کار ابتدا سری داده‌های معینی انتخاب می‌شوند که فرض می‌شود مقادیر متغیرهای موجود در مدل را نمایندگی می‌کنند. سپس فرض می‌گردد که متغیرهای نظری بر متغیرهایی که داده‌های انتخاب شده را ایجاد کرده‌اند، منطبق هستند، در نتیجه متغیرهای داده‌های واقعی در مدل جایگزین متغیرهای نظری می‌شوند. سپس یک جمله خطای تصادفی به معادله اضافه می‌شود و با تعریف فروضی بر روی جمله خطا، مدل آزمون می‌گردد.

۶. تست و کالیبره کردن مدل: حتی اگر با تخمین دقیقی، معادلات اقتصادسنجی طراحی شده باشند، ممکن است در عمل این معادلات به علت تأثیر متغیرهای بیرونی، نادیده گرفتن برخی پدیده‌ها و یا متغیرها و یا کیفیت نامناسب برخی داده‌ها، عملکرد ضعیفی از خود به نمایش بگذارند. در این مرحله، معادلات اقتصادسنجی مجدداً با داده‌های واقعی تنظیم می‌شوند و در صورت لزوم تغییراتی در معادلات و یا داده‌های مورد استفاده صورت می‌پذیرد. پس از این مرحله معادلات می‌توانند برای شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

۷. شبیه‌سازی وضعیت پایه و تحلیل حساسیت: برای ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر عملکرد و وضعیت اقتصادی، بهتر است مشخص شود این عملکرد و وضعیت در صورت عدم وجود این سیاست‌ها چه حالتی پیدا می‌کند. با این اقدام، می‌توان وضعیت پایه را با فرض نبود این سیاست‌ها مدل‌سازی و طراحی کرد. فعالیت دیگری که در این مرحله انجام می‌شود، تحلیل حساسیت است. با تحلیل حساسیت می‌توان متوجه شد که نتایج مدل تا چه حد به تغییرات ارزش متغیرهای مدل حساس‌اند. یعنی در چه بازه‌ای ارزش هر کدام از متغیرهای مدل را می‌توان تغییر داد، بدون آنکه در نتایج مدل تغییری ایجاد شود.

۸. شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها: در این حالت مقادیری که برای متغیرهای برون‌زا، ابزارهای سیاستی و سایر متغیرها به دست آمده است وارد عمل می‌شود و تأثیرات آن‌ها بر مدل و نتایج مدل اندازه‌گیری می‌گردد.

۹. تفسیر نتایج: با مقایسه نتایج مراحل ۷ (شبیه‌سازی وضعیت پایه) و ۸ (شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها) می‌توان به ارزیابی مفیدی از سیاست‌ها پرداخت.

باید توجه داشت با این روش می‌توان ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی و پس از پیاده‌سازی را انجام داد. در موفق‌ترین تحلیل‌های اقتصادسنجی صورت گرفته تاکنون، حجم وسیعی از داده‌های اقتصادی مربوط به یک بازه زمانی قابل توجه (در

حدود ۲۰ سال و یا حتی بیشتر از آن) جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل‌ها داده‌هایی مربوط به متغیرهای اقتصادی اجتماعی نظیر تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص ملی بر سرمایه، رشد بهره‌وری تولید، اشتغال، نرخ واقعی دستمزدها، قیمت‌ها، نرخ بهره، نرخ برابری ارزها و داده‌هایی مرتبط با توسعه فناوری‌های راهبردی باشند هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی و بخش خصوصی، انباشت سرمایه انسانی، سرریز دانش و اطلاعاتی در خصوص ابزارهای سیاستی و برنامه‌های توسعه فناوری مثل معافیت‌های مالیاتی فعالیت‌های تحقیق و توسعه و یارانه‌های این فعالیت جمع‌آوری شده است.

بهر حال در این روش مهم‌ترین ورودی، داده‌های معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد و بدون در اختیار داشتن این داده‌ها، روش اقتصادسنجی کارایی لازم را نخواهد داشت.

۱-۵-۴- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد^۱

اقتصاد خرد به بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی در یک کشور می‌پردازد. واحدها می‌توانند شرکت‌ها (به‌عنوان مثال وقتی قصد بررسی وضعیت انتقال فناوری وجود دارد) و یا حتی افراد (به‌عنوان نمونه وقتی قصد مطالعه وضعیت اشتغال وجود دارد) باشند. از لحاظ مبانی نظری، روش اقتصادسنجی خرد مشابه اقتصادسنجی کلان می‌باشد. تفاوت عمده این دو روش سطح تجزیه و تحلیل و نوع متغیرها و داده‌های مورد استفاده آن‌هاست.

از نظر روش‌شناسی، مدل‌های اقتصادسنجی خرد به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت گذشته بنگاه‌هایی که سیاست‌های مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌ها و مزایای در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند بهره می‌برند و آن را با وضعیت کنونی آن‌ها مقایسه می‌کنند.
- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت همزمان بنگاه‌هایی که سیاست مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌های در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند و بنگاه‌هایی که این سیاست‌ها در مورد آن‌ها اعمال نشده است و یا از این مشوق‌ها استفاده نکرده‌اند بهره‌برداری می‌کنند و ارزیابی‌ها را بر اساس مقایسه وضعیت این دو گروه از بنگاه‌ها انجام می‌دهد.

^۱ Arvanitis and Keilbach, 2002

اگر از داده‌های گذشته بنگاه‌هایی که اهداف سیاست‌ها بوده‌اند استفاده گردد، باید متوجه متغیرهایی بود که خارج از سیاست‌ها، منجر به تغییر وضعیت این بنگاه‌ها از گذشته تاکنون شده‌اند. اگر از این نکته غفلت گردد، علت اصلی تغییر داده‌های گذشته تا حال، سیاست‌های طراحی شده تفسیر می‌شود، حال آنکه ممکن است در واقعیت، علل و دلایل دیگری سبب این تحولات شده باشند که آن‌ها لحاظ نشده‌اند.

همچنین اگر داده‌های مربوط به دو دسته از بنگاه‌های مشمول سیاست و بنگاه‌هایی که در دامنه تأثیر این سیاست قرار نداشته‌اند استفاده گردد، باید متوجه عوامل و دلایلی بود که خارج از سیاست‌های تدوین شده منجر به تغییر داده‌های این دو گروه بنگاه‌ها می‌شوند. اگر این نکته مورد توجه قرار نگیرد، تفاوت در داده‌های این دو گروه را ناشی از سیاست‌های طراحی شده می‌دانیم. در صورتی که ممکن است این تفاوت‌ها ناشی از سایر عوامل و دلایلی باشید که ارتباطی به این سیاست‌ها نداشته‌اند (مانند ساختار صنعت و بازار).

۱-۵-۴-۱ - شرایط استفاده از این روش

روش اقتصادسنجی خرد مواقعی برای استفاده مناسب است که شرایط زیر مهیا باشد:

- دلایل کافی برای تأثیر سیاست‌ها در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها وجود داشته باشد
- اهداف سیاستی به صورت مستقیم و یا از طریق برخی شاخص‌ها قابل اندازه‌گیری باشند
- ارتباط میان تأثیر و پیامدهای سیاستی در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها با ابزارهای طراحی شده با تئوری‌های اقتصادی موجود توجیه‌پذیر باشد
- داده‌های متغیرهای اندازه‌گیری برای تعداد زیادی از بنگاه‌ها موجود باشد
- داده‌های کافی از وضعیت بنگاه‌ها قبل از پیاده‌سازی سیاست و یا وضعیت موجود بنگاه‌هایی که مشمول سیاست نمی‌باشند وجود داشته باشد.

۱-۵-۴-۲ - مراحل پیاده‌سازی مدل

مراحل پیاده‌سازی مدل‌های اقتصادسنجی خرد تا حد زیادی شبیه مراحل اجرای مدل‌های اقتصادسنجی کلان می‌باشد که در بخش قبل توضیح داده شده است. این مراحل به ترتیب عبارتند از:

- تعریف متغیرهای هدف: تعیین متغیرهایی که اهداف سیاست‌های طراحی شده بوده‌اند. این اهداف می‌توانند شامل هدف‌های اولیه، ثانویه و نهایی باشند. با مشخص شدن این متغیرها در واقع مدل مفهومی ارزیابی ما مشخص می‌شود.
- طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی بر اساس مدل مفهومی مشخص شده و بر مبنای تئوری‌های اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظات در خصوص امکان جمع‌آوری داده‌ها طراحی می‌شود.
- انتخاب روش اقتصادسنجی مناسب: بر اساس مدل اقتصادسنجی و داده‌های جمع‌آوری‌شده، روش مناسب اقتصادسنجی انتخاب می‌شود.
- اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌شود و برآوردهایی از متغیرهای مدل ارائه می‌شود.
- تفسیر نتایج: مرحله آخر نیز تفسیر نتایج اقتصادسنجی خرد است.

۱-۵-۴-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از مهم‌ترین مزایای روش اقتصادسنجی خرد این است، تحلیل ارزیابی بر اساس رابطه علت معلولی میان متغیرهایی صورت می‌گیرد که این رابطه علت معلولی خود ریشه در تئوری‌های اقتصادی دارد. بنابراین از لحاظ نظری، روش کاملاً معتبری است.

همچنین این روش برای ارزیابی تأثیر یک سیاست، بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمانی که تحت تأثیر مستقیم این سیاست قرار داشته‌اند (مثلاً بنگاه‌هایی که از مشوق‌های پیش‌بینی‌شده استفاده کرده‌اند) بسیار مناسب است. اما هنگامی که منظور ارزیابی، تأثیر غیرمستقیم این سیاست بر سایر بنگاه‌هایی که مشمول این سیاست نبوده‌اند (به‌عنوان مثال اثرات سرریز دانش، یا ارزیابی تأثیر سیاست بر یک بخش) این روش به‌تنهایی کافی نیست. در این مواقع می‌توان از ترکیب این روش با سایر روش‌ها مانند اقتصادسنجی کلان استفاده کرد.

مهم‌ترین ضعف مدل‌های اقتصادسنجی وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی می‌باشد. از سوی دیگر، حجم زیاد اطلاعات، هزینه و زمان این پروژه‌ها را افزایش می‌دهد. همانگونه که نیاز به تخصص بالا از

نقطه‌ضعف‌های دیگر این نوع ارزیابی است. اختیار و اقتدار لازم برای دسترسی به این حجم از اطلاعات و الزام بنگاه‌ها به ارائه سایر اطلاعات مورد نیاز را نیز باید به فهرست فوق اضافه کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود، اغلب نقطه‌ضعف‌های این روش به نحوه اجرا و مشکلات جمع‌آوری و دسترسی داده‌ها اشاره دارد. در حالیکه این روش از لحاظ تئوریک روش بسیار معتبری به‌شمار می‌رود.

۱-۵-۵- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری

معمولاً بهره‌وری و افزایش بهره‌وری به‌عنوان یکی از اهداف مهم اغلب سیاست‌ها در نظر گرفته می‌شود. سطح تجزیه و تحلیل در ارزیابی بهره‌وری می‌تواند بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری یک واحد اقتصادی (سطح خرد)، بهره‌وری یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری در یک منطقه یا کشور (سطح کلان) باشد.

مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد بهره‌وری می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل اختلاف درآمد سرانه کشورهای مختلف باشد. بر همین اساس افزایش بهره‌وری به‌عنوان هدف نهایی اغلب اسناد ملی فناوری‌های راهبردی در نظر گرفته شده است. اسناد ملی فناوری‌های راهبردی ممکن است افزایش بهره‌وری در سطح خرد، میانی و کلان را هدف گرفته باشند. روش اندازه‌گیری بهره‌وری میزان موفقیت این سیاست‌ها در افزایش بهره‌وری را بررسی می‌کند. مهم‌ترین چالش این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. به‌عبارت دیگر، شناسایی متغیرهای کنترلی مهم‌ترین مساله مدل اقتصادسنجی اندازه‌گیری بهره‌وری است. با توجه به اینکه شناسایی و اندازه‌گیری متغیرهای کنترل در سطح میانی و کلان با دشواری‌های فراوانی روبه‌رو است، این روش در سطح خرد امکان‌پذیری بالاتری دارد.

با این روش پروژه‌های زیادی در سطح خرد انجام شده است که در مهم‌ترین آن‌ها، تأثیر سیاست‌های آزادسازی بر افزایش بهره‌وری در سطح واحدهای تولیدی اندازه‌گیری شده است. برخی پروژه‌ها نیز با این روش سرریزهای فناوری میان بنگاه‌ها را اندازه‌گیری کرده‌اند.

۱-۵-۵-۱- روش انجام

- شناسایی واحدهای نمونه: برای انجام ارزیابی بهره‌وری نیاز به دو گروه نمونه از بنگاه‌ها است. گروه اول بنگاه‌هایی هستند که به‌نظر می‌رسد سیاست‌های طراحی‌شده تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری آن‌ها داشته است و گروه دوم بنگاه‌هایی‌اند که سیاست‌های مورد ارزیابی، افزایش بهره‌وری آن‌ها را مد نظر نداشته‌اند.
- طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی سنجش بهره‌وری بر اساس تابع تولید طراحی می‌شود. تابع تولید، تابعی است که ارتباط میان ورودی‌ها و بروندهای یک فعالیت اقتصادی را مشخص می‌کند.
- جستجو و جمع‌آوری اطلاعات مناسب: در این مرحله می‌بایست، اطلاعات لازم از ورودی‌ها و بروندهای متناسب با مدل اقتصادسنجی جمع‌آوری شوند.
- اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌گردد.
- تفسیر نتایج: بر اساس اطلاعات حاصل از اجرای مدل اقتصادسنجی، تأثیر سیاست‌ها بر افزایش بهره‌وری مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱-۵-۵-۲- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌های این روش نحوه سنجش خروجی‌هاست. اندازه‌گیری «ارزش افزوده» کار دشواری است که محاسبه آن همواره با ابهاماتی همراه است. چالش دیگر این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. پارامترهای متعددی بر بهره‌وری یک واحد تولید مؤثرند که تفکیک میزان تأثیر هر یک از آن‌ها و ارزیابی تأثیر سیاست‌ها به‌عنوان یکی از این عوامل از مسائل اصلی این روش است.

۱-۵-۶- ارزیابی توسط خبرگان

استفاده از پنل خبرگان و ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری است که در سال‌های اخیر برای ارزیابی سیاست نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی توسط خبرگان غالباً بر اساس قضاوت جمعی از متخصصان و صاحب‌نظران صورت می‌گیرد. مبنای قضاوت، اطلاعات و برداشت‌های تجربی و شخصی و/یا تحلیل و تفسیر شواهد و

اطلاعاتی است که ممکن است حاصل ارزیابی از طریق سایر روش‌ها بوده باشند. ارزیابی از طریق خبرگان هم برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا و هم برای ارزیابی سیاست‌ها پیش از اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از روش "ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی" برای ارزیابی پروژه‌ها قبل از اجرا به منظور تخصیص منابع مالی و حمایت‌ها بسیار معمول است. پنل‌های خبرگان نیز برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها در مواقعی که اطلاعات و شواهد کافی وجود ندارد و ارزیابی پیامدهای اقتصادی اجتماعی برنامه‌ها و پروژه‌ها از سایر روش‌ها قابل اندازه‌گیری نیست، تصویری کلی از کیفیت و تأثیر این سیاست‌ها ارائه می‌دهد. روش پنل به خصوص هنگامی که ارزیابان علاقه‌مند به بررسی جنبه‌های جدیدی از تأثیرات سیاستی هستند بسیار مؤثر است. تنوع تخصصی و ذهنیتی گروه خبرگان، منبع بزرگی از ایده‌های نویی است که می‌تواند بر کیفیت ارزیابی مؤثر واقع شود.

گروه خبرگان می‌توانند علاوه بر اظهار نظر مراجع به نتایج و پیامدهای یک سیاست، در مورد روند کلی ارزیابی و مدیریت ارزیابی نیز پیشنهادهای ارائه کنند که در ارزیابی‌های آینده از آن‌ها استفاده شود. این موضوع مزیتی است که در سایر روش‌ها کمتر به چشم می‌خورد.

۱-۵-۶-۱- شرایط استفاده

استفاده از نظرات خبرگان از منعطف‌ترین روش‌های ارزیابی سیاست است. اما برای استفاده از آن می‌بایست شرایطی مهیا باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- اعضای جامعه علمی با دانش کافی و خبرگان مرتبط با حوزه ارزیابی در دسترس بوده و برای مشارکت در فرایند ارزیابی تمایل داشته باشند.
- توقعات و سؤالات از گروه خبرگان باید در حد دانش و آگاهی آن‌ها باشد. پیش‌فرض روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، بهره‌برداری از دانش تخصصی و انباشتی حاصل از تجربه و دانش این افراد است.

۱-۵-۶-۲- مراحل انجام روش

- مشخص شدن موضوعات مورد بحث: در روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، قبل از هر چیزی می‌بایست موضوعاتی که خبرگان قرار است راجع به آن‌ها نظر دهند، مشخص شود. معمولاً این موضوعات توسط کارفرما (نهاد ارزیابی‌کننده) تعیین می‌شود.
- انتخاب رییس پنل یا گروه خبرگان: با توجه به موضوعات مورد بحث، فردی با دانش و تجربه بالای تخصصی و مدیریتی به‌عنوان رییس پنل انتخاب می‌گردد.
- انتخاب اعضای پنل با گروه خبره: با هماهنگی و مشارکت کارفرما و رییس پنل، اعضای خبرگان انتخاب می‌گردند.
- برنامه‌ریزی پنل: زمانبندی و نحوه اجرای فرایند ارزیابی توسط اعضا و با مشارکت کارفرما مشخص می‌شود.
- شناسایی و پشتیبانی نیازهای اطلاعاتی پنل: در این مرحله کلیه شواهد، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای قضاوت و تصمیم‌گیری گروه خبرگان شناسایی، تهدید و در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شود.
- اجرای ارزیابی: اعضای پنل، مدیریت رییس پنل در خصوص موضوعات مورد بحث مطابق برنامه‌ریزی انجام‌شده به جمع‌بندی می‌رسند.

۱-۵-۶-۳- داده‌های مورد نیاز

هرچند در این روش، برخلاف روش‌های کمی که پیشتر توضیح داده شد، عملیات خاصی بر روی داده‌ها صورت نمی‌پذیرد. اما داده‌ها به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی قضاوت خبرگان اهمیت زیادی دارند. داده‌ها می‌بایست دقیق و کافی بوده و ساختار آن‌ها به‌گونه‌ای باشد که خبرگان بدون نیاز به انجام عملیات پردازش بتوانند آن را تفسیر و تحلیل کنند.

۱-۵-۶-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

روش‌های استفاده از نظرات خبرگان روش‌های منعطف و اثربخشی هستند که هم برای ارزیابی‌های پس از پیاده‌سازی و هم برای ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به‌نسبت سایر روش‌ها، این روش کم‌هزینه است. هرچند برگزاری پنل در مقایسه با ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی هزینه‌های پشتیبانی بیشتری را می‌طلبد. در موضوعاتی که به حوزه‌های خاص و محدودی از علم و تخصص مربوط می‌شوند

بهتر است از روش ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی استفاده گردد و در حوزه‌های کلان‌تر از پنل. استفاده از ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و حمایت از آن‌ها بسیار معمول است. استفاده از پنل خبرگان برای ارزیابی سیاست در موضوعات مناقشه برآیند که نیاز به اجماع و توافق گروه‌های متعدد دارد، توصیه می‌شود.

۱-۵-۷- مطالعه میدانی^۱ و مطالعه موردی^۲

در مطالعه میدانی به‌جای مطالعه موضوع تحت شرایط کنترل‌شده، به مشاهده مستقیم در شرایط واقعی پرداخته می‌شود. مطالعه میدانی نیازمند استفاده از طیف وسیعی از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف است. مطالعه موردی یکی از روش‌های مطالعه میدانی است که در ارزیابی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه موردی، ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی می‌پردازد. ارزیابی با این روش مستلزم استفاده از روش‌ها و داده‌های کمی و کیفی از قبیل پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری داده‌های ثانویه و نهایتاً مشاهده مستقیم است. ارزیابی نهایی نوعی از استنتاج تفسیری است که بر اساس این منابع اطلاعاتی و روش‌های تحلیلی متعدد استخراج می‌شود. مطالعه میدانی و مطالعه موردی از روش‌های تحقیق کیفی در علوم اجتماعی می‌باشند که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. برای ارزیابی سیاست به‌روش مطالعه میدانی با مطالعه موردی، لازم است ارزیابی با بررسی و مشاهده دقیق شامل گفتگو و مصاحبه با ذی‌نفعان مختلف سیاست، بررسی اسناد و مدارک، تحلیل داده‌های کمی از پیامدها و اثرات سیاست‌ها و سایر روش‌ها به مطالعه سیاست و نتایج آن بپردازد.

۱-۶- جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، ارزیابی سیاست‌ها و اهداف بیش از آنکه از ماهیتی نظری برخوردار باشد، متعلق به حوزه اجرا و عملیاتی است. اجرایی بودن این حوزه، ضرورت نوآوری در روش پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی اسناد ملی

^۱ Field study

^۲ Case study

فناوری را کمرنگ می‌نماید. بنابراین، آنچه در این قسمت لازم است تا به‌عنوان روش پیشنهادی بر آن تأکید گردد، ارائه یک جمع‌بندی از روش‌ها و قالب‌های موجود ارزیابی و واگذاری تصمیم برای انتخاب روش مناسب به سیاست‌گذار و اجراکنندگان سند است.

تاکنون با مرور ادبیات صورت پذیرفته، تعریف، جایگاه، قالب‌های عمومی و گام‌های ارزیابی و تحلیل تأثیرات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این بررسی، پایش و ارزیابی سیاست‌ها و اهداف عبارت است از مطالعه تأثیر مجموعه‌ی هدایت‌شده‌ای از راهبردها، سیاست‌ها، اقدامات و برنامه‌ها بر وضعیت اهداف کلان و خرد و تعیین چرایی موفق بودن یا ناکام بودن دستیابی به این اهداف. بر اساس این تعریف، یکی از مهمترین نکاتی که باید در ارزیابی سیاست‌ها مورد توجه قرار بگیرد همراستایی این ارزیابی با جهت‌گیری‌های بالادستی است.

چارچوب کلی گام‌هایی که باید در مؤلفه برنامه ارزیابی و بروزرسانی اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی طی شود شامل ۳ مرحله اساسی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

۱-۶-۱- تدوین شاخص‌های ارزیابی کارایی و اثربخشی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده اهداف خرد و کلان هر یک از فناوری‌ها احصاء شوند. در این گام، می‌بایست شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی ارکان جهت‌ساز همانند اهداف کلان و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه اقدامات و سیاست‌ها مانند اهداف خرد را احصاء و بررسی نمود. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی

۱-۶-۲- تدوین مکانیزم ارزیابی

روش‌های مختلفی در مرور ادبیات برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نام برده شد که هر کدام آن‌ها ویژگی‌ها و نقاط قوت و ضعف مربوط به خود را داشتند. سیاست‌گذار یا ارزیابی‌کننده یک سند ملی توسعه فناوری لازم است تا با توجه به شرایط خاص مرتبط با موضوع خود، از روش (های) متناسب ارزیابی (پیمایش نوآوری، مدل‌های اقتصادسنجی (کلان، خرد، بهره‌وری)، ارزیابی توسط خبرگان، مطالعات موردی و تحلیل شبکه) بهره‌گیرد.

به منظور فراهم‌آوری بستر تصمیم‌سازی برای سیاست‌گذاران، می‌توان جدولی مقایسه‌ای از روش‌های مختلف ارزیابی ارائه نمود. جدول زیر با ارائه خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش از ابعاد مبنای روش، نقاط ضعف و قوت، جنس داده‌های موردنیاز و شرایط استفاده، سیاست‌گذاران را در انتخاب متناسب‌ترین روش با موضوع سند راهبردی کمک می‌کند.

جدول (۱-۱) - ویژگی‌های روش‌های ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
پیمایش نوآوری	جمع‌آوری و تحلیل گستره وسیعی از داده‌ها مبتنی بر نظرات خبرگان	وجود خطر جانبدارانه بودن نظرات افراد متخصص - عدم در نظرگیری فاصله زمانی تأثیر سیاست‌ها در ارزیابی	برخورداری از نظرات افراد متخصص و در محوریت قرار دادن موضوع نوآوری	کمی-کیفی	ارزیابی سیاست‌های کلان که اثرگذاری بر شاخص‌های ملی نوآوری دارند
اقتصادسنجی- کلان	معادلات ساختاری بر اساس مبنای اقتصاد و برای توضیح روابط علی معلولی میان اجزا	دشواری در جمع‌آوری حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص-زمان و هزینه بالا	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست-های کلان بر فاکتورهای رفاه اقتصادی کشور
اقتصادسنجی- خرد	بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی بر مبنای معادلات ساختاری	عدم توانایی در در نظرگیری در تأثیرات غیرمستقیم سیاست‌ها مانند اثرات سرریز دانش - وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی -	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمان (سطح خرد)
اقتصادسنجی- بهره‌وری	بررسی بهره‌وری واحدهای اقتصادی بر مبنای روش‌های اقتصادسنجی	دشواری در حوزه سنجش خروجی (ارزش افزوده) - تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح خرد
گروه کنترل	جمع‌آوری اطلاعات بر مبنای نظرات خبرگان و تحلیل آن‌ها بر اساس روش‌های آماری		تفکیک اثرات سیاستی از سایر عوامل تأثیرگذار بر شاخص‌های رشد بنگاه‌ها	کمی	ارزیابی کارایی و اثربخشی سیاست‌ها در سطح خرد
تحلیل هزینه-فایده	بررسی اثرات مثبت و منفی اجتماعی-اقتصادی ناشی از	دشواری در محاسبه هزینه-ها و فایده‌ها در زمانی آینده (عدم قطعیت بالا)	همه‌جانبه بودن: پوشش کامل هزینه‌ها و فایده‌های	کمی-کیفی	ارزیابی تعداد محدودی پروژه‌های بزرگ و نه تعداد زیادی پروژه

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
	اعمال سیاست‌ها با استفاده از روش - های کمی‌سازی		مشهود و نامحسوس، در افق زمانی حال و آینده، و در گروه‌های هدف و غیر هدف		کوچک
ارزیابی توسط خبرگان	جمع‌بندی نظرات متخصصین	کم‌هزینه بودن	دقت کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها	کیفی	شرایطی که اطلاعات و داده‌های کافی برای تحلیل‌های کمی وجود ندارد - در شرایط و سیاست‌هایی که اختلاف‌نظر بر سر آن - ها زیاد است
مطالعات موردی	پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماري و مشاهده مستقیم شرایط واقعی و نتیجه - گیری بر اساس آن	برخورداری از طیف گسترده‌ای از ورودی‌های داده مشتمل بر مشاهده مستقیم	پرهزینه بودن و زمان	کمی - کیفی	در شرایطی که ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی
بهینه‌گزینی	یادگیری از مقایسه عملکرد یک واحد با نمونه‌های موفق و ناموفق	بهره‌گیری از تجارب موفق و ناموفق سایر کشورها (یا واحدها) در طراحی سیاست - ها	نادیده‌گرفتن تمام جنبه‌های اثرات سیاست - خطر ناهمخوانی مکانی زمانی از مطالعات تطبیقی	کیفی	یادگیری‌های حاصله می‌بایست به‌عنوان یک ورودی در طراحی و یا ارزیابی سیاست مدنظر سیاست‌گذاران مورد استفاده قرار گیرد

بر مبنای این جدول، سیاست‌گذار می‌تواند نیازهای مسئله خود را با ویژگی‌های بیان شده برای هر روش تطبیق داده و مکانیزم و یا روش مناسب ارزیابی را برگزیند. با توجه به اینکه روش ارزیابی توسط خبرگان نسبت به سایر روش‌ها دقیق‌تر و کم‌هزینه‌تر می‌باشد، در این سند از این روش برای ارزیابی اهداف کلان و خرد با توجه به شاخص‌های تعیین شده استفاده می‌شود.

۱-۶-۳- تدوین ساختار نظارت و به‌روزرسانی

پس از تدوین شاخص‌های ارزیابی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می‌بایست ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می‌بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت‌ها و بنگاه‌های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت‌ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست‌ها و برنامه عملیاتی می‌بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد.

با توجه به موارد فوق، می‌بایست ساختاری متشکل از تمامی ذی‌نفعان به کارگیری فناوری‌های پرکاربرد در بخش ساختمان، اعم از سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه‌های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و به‌روزرسانی را بر عهده داشته باشد. این ارزیابی و به‌روزرسانی هم می‌تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و اهداف تعیین شده برای هر یک از فناوری‌ها را بازنگری کند و هم می‌تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح این اهداف رخ دهد. با توجه به اینکه اهداف تعیین شده در نقشه راه هر یک از فناوری‌ها از نظر زمانی با یکدیگر تفاوت دارند، در نتیجه در این سند ارزیابی به صورت موردی برای هر یک از این فناوری‌ها انجام خواهد شد.

۲- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

۱-۲- مقدمه

در واقع، می‌توان گفت که هدف اصلی از انجام ارزیابی از برنامه اجرا شده تعیین میزان اثرگذاری و موفقیت برنامه در رسیدن به اهداف، تعیین اصلاحات و تغییرات مورد نیاز برای اجرای برنامه در مقیاس بزرگ و استفاده از تجربیات اجرایی برای

برنامه‌های مشابه در آینده می‌باشد. در این مرحله از سند در ابتدا شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ارکان مختلف سند را مشخص کرده، تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را تعیین نمود. در ادامه به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از این رو در مرحله دوم شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها بررسی شده و پس از آن به جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده پرداخته شده است.

۲-۲- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

مرحله اول از ارزیابی سند شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بوده و قبل از اجرایی شدن سند راهبردی باید صورت پذیرد. در این مرحله به منظور ارزیابی ارکان مختلف سند (چشم‌انداز، اهداف و اقدامات) می‌باشد تعدادی شاخص تعریف می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آن‌ها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی و نحوه دستیابی به آن‌ها پرداخته شده است.

شاخص در واقع استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف است. شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی سند هستند که ناظر بر طبق آن‌ها میزان تحقق هر سطح را اندازه‌گیری و مشخص می‌نماید. از همین رو در تعیین شاخص‌ها باید به ابعاد مختلف سطوح راهبردی سند توجه داشت، به شکلی که پیشرفت امور بر اساس این شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات می‌باشد. در همین راستا باید شاخص‌های مشخص‌کننده ابعاد زیر باشند:

الف) کمیت (چقدر)

ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

لازم به ذکر است که در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف‌پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود.

در تعریف شاخص‌ها باید ویژگی‌های زیر را در نظر گرفت:

الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت (نه تصور ذهنی) بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

ج) قابل قبول بودن: باید امکان تغییرات شاخص به تحقق یا عدم تحقق مقصود وجود داشته باشد.

د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص باید در دسترس باشد.

۲-۳- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف کلان و پروژه‌های فنی و اقدامات غیرفنی به ترتیب در جداول (۱-۲) و (۲-۲) و (۳-۲) ارائه شده است.

جدول (۱-۲) شاخص‌های شناسایی شده برای تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان

اهداف	شاخص
چشم‌انداز	دستیابی به جایگاه اول علمی در منطقه
۱- دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری در حوزه انرژی خورشیدی (موقعیت رقابتی)	رشد تعداد مقالات علمی چاپ شده در مجلات معتبر بین‌المللی و رشد تعداد پتنت‌های ثبت شده
۲- بومی‌سازی و تجاری‌سازی تجهیزات فناوری‌های انرژی خورشیدی (ظرفیت‌سازی)	داشتن حداقل ۱۰ شرکت فعال دانش‌بنیان در حوزه تکنولوژی انرژی خورشیدی

اهداف	شاخص
۳- دستیابی به نیروی انسانی توانمند، خلاق و متخصص در حوزه‌های تحقیق، توسعه و ساخت و راه-اندازی فناوری‌های انرژی خورشیدی (ظرفیت‌سازی و مسئولیت اجتماعی)	راه‌اندازی حداقل ۱۰ کد-رشته مرتبط با تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی در مقاطع تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها، برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای تربیت تکنسین نصب و راه‌اندازی سیستم‌های خورشیدی
۴- جایگاه اول در تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر فناوری‌های حرارتی خورشیدی و فتوولتائیک (موقعیت رقابتی و نوآوری)	راه‌اندازی حداقل یک خط تولید ماژول‌های فتوولتائیک با فناوری روز دنیا و یک هولدینگ معتبر بین‌المللی برای راه‌اندازی و ساخت تجهیزات حرارتی خورشیدی
۵- دستیابی به حداقل یک شرکت معتبر بین‌المللی در حوزه ساخت پنل فتوولتائیک (ظرفیت‌سازی)	ساخت ماژول فتوولتائیک با فناوری روز دنیا و قابل رقابت در بازارهای بین‌المللی
۶- دستیابی به حداقل یک شرکت معتبر بین‌المللی در حوزه ساخت و بومی‌سازی سیستم‌های حرارتی (ظرفیت‌سازی)	داشتن حداقل یک هولدینگ معتبر در حوزه حرارتی خورشیدی که توانایی شرکت در مناقصات بین‌المللی را دارا باشد

جدول (۲-۳) - شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص
نسل اول و دوم فتوولتائیک	انتقال دانش فنی	۱	حمایت‌های کامل از تأسیس آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک در پژوهشگاه نیرو	✓ احداث حداقل ۵ نیروگاه ۲۰ مگاواتی با مشارکت تولیدکنندگان داخلی ✓ راه‌اندازی حداقل یک شرکت بین‌المللی معتبر در سطح منطقه با همکاری
		۲	حمایت از تکمیل و تامین تجهیزات آزمایشگاه‌های سلول فتوولتائیک	
		۳	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۲۰ مگاواتی فتوولتائیک در کشور با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی و داخلی	
		۴	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم‌های نصب شده	
		۵	تجهیز آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها و مراکز	

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص	
		۶	تحقیقاتی و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم	شرکت‌های خارجی صاحب نام	
			ایجاد ارتباطات بین‌المللی برای ارتقاء کیفیت تولیدکنندگان داخلی		
			راه‌اندازی خط تولید ماژول فتوولتائیک با همکاری شرکت‌های معتبر بین‌المللی و بر اساس تکنولوژی روز دنیا	✓ واقعی شدن قیمت خرید تضمینی برق خورشیدی	
			حمایت از صنایع داخلی برای ارتقاء کیفیت تجهیزات فتوولتائیک		
			افزایش قیمت خرید تضمینی برق فتوولتائیک و ایجاد مشوق‌های مالی برای راه‌اندازی سیستم‌های فتوولتائیک		
			تشکیل کمیته‌های تخصصی راهبردی در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی		
			ارزیابی دقیق علمی و اقتصادی پروژه‌های پیشنهادی توسط کمیته تخصصی راهبردی		
			دستیابی به دانش فنی ساخت سلول چند اتصالی		
			۱۳	احداث حداقل ۵ نیروگاه ۵۰ مگاواتی فتوولتائیک در کشور با درصدی از پنل‌های بومی برای حمایت از توسعه برق خورشیدی	✓ احداث حداقل ۵ نیروگاه ۵۰ مگاوات در کشور
			۱۴	راه‌اندازی چندین سایت پایلوت برای بکارگیری تکنولوژی‌های ساخت داخل و پایش عملکرد آنها	✓ راه‌اندازی خط تولید ماژول فتوولتائیک با فناوری چندلایه در کشور
			۱۵	افزایش طول عمر و راندمان سلول/ماژول	

تولید محصول رقابت‌پذیر

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص
			خورشیدی و بهینه سازی فرآیندهای تولید از لحاظ اقتصادی و فنی	
		۱۶	تحقیق و توسعه فناوری انتقال یافته و بومی سازی دانش فنی ساخت سلول/ماژول فتوولتائیک	
		۱۷	ساخت نمونه آزمایشگاهی با بازده نزدیک به دستاوردهای بین‌المللی	
		۱۸	ساخت نمونه نیمه صنعتی	
فناوری‌های نوین فتوولتائیک	دستیابی به شبکه آزمایشگاهی منسجم	۱	تدوین ساز و کار تجهیز و بهره‌برداری از آزمایشگاه‌ها	✓ دستیابی به اولین شبکه آزمایشگاهی منسجم در حوزه خورشیدی
		۲	شناسایی آزمایشگاه‌ها و توانمندی آن‌ها	
فناوری‌های نوین فتوولتائیک	ساخت اولین نمونه سایر کوچک	۳	تدوین ساز و کار پخش پروژه	✓ دستیابی به دانش فنی ساخت حداقل ۳ نوع مختلف از فن‌آوری‌های ماژول فتوولتائیک نسل نوین با عملکرد نزدیک به معیارهای جهانی
		۴	سنتز مواد جدید	
		۵	مشخصه یابی مواد سنتز شده	
		۶	شبیه سازی و محاسبات عددی	
		۷	ساخت سلول و انجام تست	
		۸	طراحی و ساخت مینی مدول‌های با بازده و طول عمر نزدیک به دستاوردهای جهانی	
		۹	تامین تجهیزات و مواد خاص آزمایشگاهی مورد نیاز در طول پروژه	
فناوری‌های نوین فتوولتائیک	ساخت نمونه صنعتی	۱۰	ساخت نمونه نیمه صنعتی	✓ راه‌اندازی حداقل یک خط تولید نیمه صنعتی از فن‌آوری‌های برتر در زمینه
		۱۱	بهبود بازدهی	
		۱۲	بهبود طول عمر	

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص
		۱۳	بهینه‌سازی اقتصادی فرآیند تولید	ماژول‌های نسل نوین
		۱۴	شناسایی مواد جدید برای سنتز، مشخصه‌یابی و انجام محاسبات برای بکارگیری مواد جدید و تلاش در جهت ساخت نمونه‌های دیگر با ساختارهایی متفاوت	فتوولتائیک در کشور
سهموی خطی	ساخت نیروگاه مگاواتی و کسب دانش فنی	۱	راه‌اندازی حداقل یک نمونه نیروگاه سهموی خطی تجاری با تکنولوژی روز دنیا و سیستم ذخیره ساز (نیروگاه ۱)	✓ انعقاد قرارداد همکاری با حداقل یک شرکت معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری نیروگاه خورشیدی سهموی خطی
		۲	داده‌برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده	
		۳	ایجاد توانمندی تعمیرات و نگهداری	
		۴	مطالعه و بررسی مزیت‌های نسبی کشور در بخش‌های مختلف فناوری با توجه به تجارب داخلی و خارجی	✓ راه‌اندازی حداقل یک نمونه نیروگاه سهموی خطی تا ظرفیت ۵ مگاوات به همراه سیستم ذخیره ساز
		۵	بررسی و امکان‌سنجی ظرفیت نصب سیستم‌های سهموی خطی در کنار نیروگاه‌های ایران بصورت هیبرید	
		۶	پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های سهموی خطی در ایران	✓ راه‌اندازی حداقل یک نیروگاه هیبرید
		۷	انعقاد قرارداد یا تفاهم‌نامه همکاری با شرکت‌های معتبر بین‌المللی در راستای انتقال فناوری سهموی خطی با رویکرد بازشناسی توانمندی داخلی	سهموی خطی با نیروگاه سیکل ترکیبی

شاخص	اهداف اقدام فنی	ردیف	اقدام	فناوری
در کشور	انتقال دانش فنی طراحی نیروگاه	۸		
	انتقال دانش فنی تجهیزاتی که توجیه تولید در داخل را دارند	۹		
	راه اندازی مرکز تست حرارتی خورشیدی و کلکتورهای سهموی خطی	۱۰		
	انتخاب ظرفیت مگاواتی مناسب برای ساخت نیروگاه شماره ۲ و طراحی آن	۱۱		
	ساخت و راه‌اندازی نیروگاه مگاواتی شماره ۲ به همراه سیستم ذخیره ساز	۱۲		
✓ راه‌اندازی حداقل پنج نیروگاه مگاواتی (مستقل یا هیبرید)	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی	۱۳	دستیابی به دانش ساخت نیروگاه‌های با ظرفیت بالا	
	ساخت و نصب چندین نیروگاه سهموی خطی با ظرفیت برابر با نیروگاه شماره ۲ یا بیشتر به منظور توسعه فناوری بومی و بهینه‌سازی	۱۴		
	هیبرید نمودن چند نیروگاه سیکل ترکیبی با سیستم سهموی خطی بر اساس مطالعات امکان‌سنجی	۱۵		
✓ راه‌اندازی حداقل یک نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی	طراحی و ساخت نیروگاه ۵۰ مگاواتی سهموی خطی	۱۶		
✓ نصب حداقل یک سیستم دودکش خورشیدی در	نصب حداقل یک نمونه دودکش خورشیدی	۱	انجام مطالعات مبنا برای ورود به حوزه دودکش خورشیدی	دودکش خورشیدی
	ظرفیت پایین با تکنولوژی روز دنیا	۲		
	شبه سازی و تحلیل نرم افزاری			

شاخص	اهداف اقدام فنی	ردیف	اقدام	فناوری
کشور ✓ مکان یابی حداقل ده سایت با پتانسیل مناسب برای نصب سیستم دودکش خورشیدی	پتانسیل سنجی و مکان‌یابی نقاط مناسب در ایران برای دودکش خورشیدی	۳		
✓ ساخت حداقل پنج دستگاه توربین مناسب برای سیستم دودکش خورشیدی	طراحی دودکش و پایه‌های کلکتور	۴	دستیابی به فناوری دودکش خورشیدی	
	ساخت نمونه دودکش بدون توربین و انجام مطالعات جریان هوا	۵		
	طراحی و ساخت توربین و سیستم انتقال قدرت	۶		
✓ احداث حداقل یک دستگاه دودکش تا ظرفیت ۵ کیلووات خورشیدی به همراه نصب توربین	مطالعات زیست‌محیطی و امکان‌سنجی استفاده از نمونه‌هایی برای کاهش آلودگی هوای شهری	۷		
ساخت و راه‌اندازی حداقل پنج سیستم دودکش خورشیدی ۱۰ کیلوواتی در کشور	امکان‌سنجی و انجام مطالعات برای تجاری سازی تکنولوژی دودکش خورشیدی	۸	ساخت دودکش ۱۰ کیلوواتی	
	ساخت دودکش و پایه‌های کلکتور	۹		
	نصب توربین و ژنراتور	۱۰		
	نصب سیستم‌های کنترلی، راه‌اندازی و تست	۱۱		
	بهینه‌سازی عملکرد سیستم	۱۲		

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص
سیستم استرلینگ	کسب دانش فنی	۱	خرید حداقل یک نمونه دیش و موتور استرلینگ با فناوری روز دنیا	✓ نصب و راه اندازی حداقل یک نمونه سیستم دیش - استرلینگ در کشور
		۲	بررسی دقیق فناوری و محصولات موجود در دنیا و انتخاب شاخص ها و مدل های مناسب برای کشور	✓ انعقاد حداقل یک قرارداد همکاری بین شرکت های داخلی و شرکت های معتبر بین المللی در حوزه دیش - استرلینگ
		۳	انعقاد قرارداد یا تفاهم نامه همکاری با شرکت های معتبر بین المللی در راستای انتقال فناوری سیستم استرلینگ	
	ساخت دستگاه در مقیاس نیمه صنعتی	۴	داده برداری و بررسی عملکرد سیستم نصب شده	✓ ساخت متمرکز کننده به ظرفیت های مختلف و راه اندازی سیستم ردیاب خورشیدی بر روی آن ها
		۵	تست اجزای ساخت داخل بر روی دیش و موتور	
		۶	طراحی و پیاده سازی کنترل و ردیاب خورشیدی	
		۷	طراحی، مدل سازی اجزای متمرکز کننده و ساخت دیش با ظرفیت مناسب	✓ نصب حداقل پنج نمونه موتور استرلینگ تا ظرفیت ۵ کیلووات تولید داخل بر روی متمرکز کننده
		۸	طراحی، مدل سازی و ساخت اجزای موتور در امتداد قرارداد انتقال فناوری	
		۹	ساخت موتور کامل با ظرفیت بهینه تا ۵ کیلووات در امتداد قرارداد انتقال فناوری	

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص
	تولید صنعتی	۱۰	تجهیز آزمایشگاه و انجام تست و کنترل کیفی	✓ راه‌اندازی خط تولید
		۱۱	ساخت و نصب نمونه‌های ساخته شده از سیستم دیش-استرلینگ طراحی شده در داخل برای بررسی عملکرد و بهینه‌سازی	موتورهای استرلینگ خورشیدی تا ظرفیت ۱۰ کیلووات در کشور
		۱۲	ساخت سیستم دیش-استرلینگ با ظرفیت بهینه برای کاربردهای صنعتی و قابلیت تجاری‌سازی	✓ ایجاد حداقل ۱۰ واحد تولید پراکنده با تکنولوژی دیش-استرلینگ با دانش فنی بومی هر کدام به ظرفیت ۲۰ تا ۳۰ کیلووات
استاندارد و آزمایشگاه	تکمیل آزمایشگاه‌های تست و استانداردهای مورد نیاز کشور	فتوولتائیک		
		۱	راه‌اندازی آزمایشگاه مرجع تست ماژول فتوولتائیک (Type - Sample) در پژوهشگاه نیرو	✓ راه‌اندازی حداقل یک آزمایشگاه مرجع تست
		۲	شناسایی آزمایش‌های مورد نیاز فتوولتائیک در ایران بر اساس شرایط اقلیمی منطقه‌ای	راه‌اندازی حداقل یک آزمایشگاه مرجع تست
		۳	نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک	Sample و Type برای ماژول فتوولتائیک در کشور
		۴	راه‌اندازی آزمون‌های تکمیلی با توجه به نیازهای شناسایی شده در آزمایشگاه مرجع	
		۵	الزام به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه تست مرجع برای شرکت در مناقصات وزارت نیرو	
۶	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد			

فناوری	اقدام	ردیف	اهداف اقدام فنی	شاخص	
			شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور		
		CSP			
		۷	نیازسنجی آزمایشگاه‌های مورد نیاز برای سنجش سیستم‌های حرارتی خورشیدی	✓ راه‌اندازی حداقل یک آزمایشگاه تست تجهیزات و سیستم‌های حرارتی خورشیدی در کشور	
		۸	راه‌اندازی آزمایشگاه‌های شناسایی شده و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم در کشور		
		استاندارد			
		۹	شناسایی استانداردهای بین‌المللی در حوزه تولید، راه‌اندازی و بهره‌برداری از انرژی خورشیدی	✓ تکمیل استانداردهای مورد نیاز حوزه خورشیدی در کشور	
		۱۰	تدوین استانداردهای مورد نیاز در کشور		
		فتوولتائیک			
		۱	الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی ماژول فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه مرجع	✓ بالا رفتن کیفیت محصولات وارداتی و تولیدی در کشور	
		۲	الزام شرکت‌های تولیدی و وارداتی تجهیزات سیستم‌های فتوولتائیک به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح		
CSP					
۳	الزام شرکت‌های فعال در تامین تجهیزات سیستم‌های حرارتی خورشیدی به دریافت تاییدیه از آزمایشگاه‌های ذی‌صلاح				
استاندارد					
۴	توسعه استانداردها و بومی‌سازی دستورالعمل‌های تکمیلی استاندارد بر اساس شرایط اقلیمی ایران	✓ تطبیق استانداردها بر اساس نیازهای اقلیمی کشور			

دستیابی به استانداردهای جامع خورشیدی و آزمایشگاه‌های مورد نیاز

جدول (۲-۴) - شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات غیر فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های انرژی

خورشیدی

ردیف	اهداف اقدام غیر فنی	شاخص
۱	برقراری ارتباطات و ایجاد تعاملات بین المللی به منظور بکارگیری و جذب متخصصین مطرح بین المللی در بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های دانش بنیان داخلی در حوزه فن آوری انرژی خورشیدی	انعقاد تفاهم‌نامه‌های بین المللی برای تبادل دانش فنی
۲	برگزاری دوره‌های تخصصی مشترک بین المللی برای متخصصین و تکنسین‌های داخلی	برگزاری حداقل یک کنفرانس سالانه معتبر بین المللی در حوزه انرژی خورشیدی
۳	تدوین استانداردهای دقیق، هوشمندانه و جامع در بخش‌های مختلف طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تست سیستم‌های برق خورشیدی	تکمیل استانداردهای مورد نیاز بخش انرژی خورشیدی
۴	تدوین و پیاده سازی نظام مدیریت دانش	دستیابی به نظام جامع مدیریت دانش در حوزه فناوری‌های خورشیدی
۵	ایجاد بانک اطلاعاتی و شبکه متخصصین، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکتهای دانش بنیان، آزمایشگاه‌های مرجع و تحقیقاتی در زمینه انرژی خورشیدی در کشور	راه اندازی پورتال جامع متخصصان حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی
۶	تشکیل و همکاری با شورای راهبردی تخصصی برای حوزه‌های مختلف اولویت دار در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی	برگزاری جلسات دوره‌ای کمیته تخصصی راهبردی در مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی

۳- تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

۳-۱- ساختار نظارت و به‌روزرسانی

همان‌طور در مقدمه اشاره شد، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری

و بروزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی ارائه شده است.

به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. مرکز ملی توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند را انجام می‌دهد.

۳-۱-۱- بیانیه ماموریت

مرکز توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی پژوهشگاه نیرو با هدف پیشبرد امر مدیریت تحقیقات در حوزه فن‌آوری‌های تولید برق از انرژی خورشیدی، زیرساخت‌های لازم را جهت ایجاد هماهنگی بین نقش‌آفرینان فعال بخش انرژی خورشیدی نظیر مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش بنیان فراهم می‌نماید. حمایت مرکز توسعه فن‌آوری انرژی خورشیدی از طرح‌ها و پروژه‌های کاربردی با هدف مدیریت ارائه خدمات علمی، پژوهشی و آزمایشگاهی مبتنی بر مدیریت دانش، منجر به جهت‌دهی تحقیقات و راه‌اندازی پایلوت‌های مورد نیاز صنعت برق خورشیدی می‌گردد.

۳-۱-۲- اهداف مرکز توسعه انرژی خورشیدی

- ایفای نقش مدیریت فناوری در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی در صنعت برق
- هماهنگی فعالیت بخش‌های مختلف صنعت برق، مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها در زمینه طرح‌های مرکز
- مدیریت ارائه خدمات علمی، پژوهشی و آزمایشگاهی به صنعت برق در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- راه‌اندازی پایلوت‌های مورد نیاز صنعت برق در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- جهت‌دهی تحقیقات و توسعه مرکز در راستای نیازمندی‌های بازار
- تمرکز، سازماندهی و هم‌افزایی فعالیت‌های مرتبط با توسعه فناوری انرژی خورشیدی در پژوهشگاه نیرو
- برنامه‌ریزی، تعریف، ارجاع و نظارت بر اجرای طرح‌ها و پروژه‌های کاربردی و توسعه‌ای در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی، که تحت مدیریت پژوهشگاه نیرو به اجراء درمی‌آید
- انباشت دانش در حوزه‌های علمی و تخصصی و ایجاد بانک اطلاعاتی از محققین و صاحب‌نظران در زمینه توسعه

فناوری انرژی خورشیدی

- ایجاد نظام و تامین منابع مالی لازم جهت حمایت مالی از طرح‌ها و پروژه‌های فناوری انرژی خورشیدی
 - مدیریت نظام مند حمایت از شرکت‌های دانش بنیان مرتبط با فناوری انرژی خورشیدی در قالب مراکز رشد و پارک-های علمی و فناوری و صندوق‌های مالی حمایت از پژوهش.
- در ادامه شرح وظایف این مرکز، ارائه خواهد شد.

۳-۱-۳- وظایف مرکز توسعه فن آوری انرژی خورشیدی

۳-۱-۳-۱- آینده پژوهی

- ۱- مطالعه مستمر فعالیت‌های انجام گرفته و آینده پژوهی در زمینه فناوری های نوین فتوولتاییک
- ۲- مطالعه مستمر فعالیت‌های انجام گرفته و آینده پژوهی در زمینه فناوری فتوولتاییک نسل اول و دوم
- ۳- مطالعه مستمر فعالیت‌های انجام گرفته و آینده پژوهی در زمینه فناوری های حرارتی خورشیدی

۳-۱-۳-۲- سیاست پژوهی

- ۱- مطالعه مستمر سیاست‌های حاکمیتی و حمایتی موثر بر روند توسعه فناوری و بازار محصولات مرتبط با انرژی خورشیدی در دنیا
- ۲- مطالعه و بررسی سیاست ها، اسناد بالا دستی و برنامه های کلان کشور و صنعت برق از منظر بازار فناوری‌های انرژی خورشیدی
- ۳- ارزیابی و به روز رسانی سند توسعه فناوری انرژی خورشیدی در کشور

۳-۱-۳-۳- مدیریت خدمات علمی، فنی و تخصصی

- ۱- هم افزایی فعالیت های جاری صنعت برق، مراکز تحقیقاتی و دانشگاه ها در زمینه توسعه فناوری انرژی خورشیدی در کشور
- ۲- توسعه همکاری‌های بین‌المللی با مراکز پیشروی تحقیقاتی در دنیا در حوزه فناوری‌های اولویت دار بخش برق خورشیدی
- ۳- مدیریت و انباشت دانش کسب شده در حوزه توسعه فناوری انرژی خورشیدی

- ۴- مدیریت ایجاد پایگاه اطلاعات متخصصین و زیر ساختهای موجود در زمینه انرژی خورشیدی
- ۵- حمایت از فعالیت های مرتبط با ایجاد بسترهای آموزشی، سمینارها، کارگاه ها، کنفرانس ها و اطلاع رسانی در راستای گسترش کاربرد فن آوری های انرژی خورشیدی در کشور
- ۶- حمایت از چاپ نشریات معتبر علمی-ترویجی در زمینه انرژی خورشیدی

۳-۱-۳-۴- خدمات آزمایشگاهی

- ۱- حمایت از ایجاد و توسعه آزمایشگاه های مرجع و تحقیقاتی به منظور ارائه خدمات آزمایشگاهی مورد نیاز صنعت برق در زمینه انرژی خورشیدی
- ۲- شناسایی آزمایشگاههای تست تجهیزات خورشیدی و ایجاد شبکه آزمایشگاهی منسجم میان آزمایشگاههای مرجع و تحقیقاتی مستقر در پژوهشگاهها، دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی، شرکت های دانش بنیان و تولیدکنندگان تجهیزات برق خورشیدی

۳-۱-۳-۵- مدیریت طرح ها و پروژه های تحقیقاتی منجر به پایلوت

- ۱- نیاز سنجی و تعریف طرح ها و پروژه های تحقیقاتی مرتبط با توسعه فناوری بخش برق انرژی خورشیدی در کشور با هدف دستیابی به پایلوت نیمه صنعتی
- ۲- مدیریت طرح های توسعه فناوری بخش برق انرژی خورشیدی از طریق واگذاری طرح ها و پروژه ها به دانشگاهها، پژوهشگاهها، مراکز تحقیقاتی و شرکتهای دانش بنیان مرتبط و در صورت نیاز استفاده از دانش و تجربیات بین المللی
- ۳- پشتیبانی از تجاری سازی محصولات پروژه های تحقیقاتی در زمینه انرژی خورشیدی در کشور

۳-۱-۳-۶- تامین منابع مالی

- رایزنی با وزارت نیرو و سایر نهادها و ارگان های مرتبط با سیاست گذاری بخش برق انرژی خورشیدی به منظور تخصیص و واگذاری منابع و اعتبارات مورد نیاز در راستای حمایت از طرح ها و پروژه های توسعه فناوری برق خورشیدی در کشور

۳-۲- مکانیزم عملکرد

در مرکز توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی کمیته‌های تخصصی در زمینه‌های شامل کمیته تخصصی سیلیکون، سلول‌های نسل نوین فتوولتائیک، حرارتی خورشیدی و استاندارد و پشتیبانی از متخصصان و نخبگان این حوزه‌ها در کشور تشکیل می‌گردد که وظایف کلیدی زیر را بر عهده دارند:

- رصد تکنولوژی و بروز رسانی نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی در کشور در بازه‌های زمانی ۲ ساله
- تصمیم‌گیری و داوری پروژه‌ها و طرح‌های مورد حمایت مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی
- راهبری و جهت‌دهی به فعالیت‌های صورت گرفته در هر حوزه
- بسترسازی و تسهیل ایجاد ارتباطات بین‌المللی بین مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی و موسسات و متخصصان مطرح بین‌المللی در جهت دریافت مشاوره و انتقال تکنولوژی روز دنیا به کشور

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، باید مکانیزمی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط و همچنین بررسی گزارشات مربوط به رصد تکنولوژی، شاخص‌های کلیدی تحقق نقشه راه‌های توسعه فناوری انرژی خورشیدی (شامل: رشد تعداد مقالات علمی چاپ شده در مجلات معتبر بین‌المللی و رشد تعداد پتنت‌های ثبت شده، داشتن حداقل ۱۰ شرکت فعال دانش‌بنیان در حوزه تکنولوژی انرژی خورشیدی، راه‌اندازی حداقل ۱۰ کد رشته مرتبط با تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی در مقاطع تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها، برگزاری دوره‌های فنی و حرفه‌ای، تربیت تکنسین نصب و راه‌اندازی سیستم‌های خورشیدی، راه‌اندازی حداقل یک خط تولید ماژول‌های فتوولتائیک با فناوری روز دنیا و یک هولدینگ معتبر بین‌المللی برای راه‌اندازی و ساخت تجهیزات حرارتی خورشیدی، ساخت ماژول فتوولتائیک با فناوری روز دنیا و قابل رقابت در بازارهای بین‌المللی و داشتن حداقل یک هولدینگ معتبر در حوزه حرارتی خورشیدی که توانایی شرکت در

مناقصات بین‌المللی را دارا باشد) را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق نتایج، گزارش آن را در دوره‌های زمانی دوساله به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز موظف‌اند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ساله، اتخاذ کنند. همچنین در صورت محقق نشدن شاخص‌های نقشه‌های راه سند توسعه فناوری انرژی خورشیدی را مورد بازبینی قرار دهد. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذی‌ربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه مرتبط با حوزه فناوری‌های انرژی خورشیدی را رصد کند و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید.

با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

مرحله ششم این پروژه به عنوان آخرین مرحله از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی» به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند می‌پردازد. هدف اصلی این مرحله از پروژه شناسایی مکانیزم‌ها، شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی پیشرفت سند یاد شده در بازه‌های زمانی تعریف شده محسوب می‌شود. در همین راستا ابتدا شاخص‌هایی برای اقدامات غیرفنی و فنی تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد و مرکز توسعه فناوری‌های انرژی خورشیدی پژوهشگاه نیرو به‌عنوان ناظر اجرای سند تعیین گردید. در نهایت مقرر شد که این مرکز در بازه‌های زمانی مصوب، به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند، نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.

پیوست

مشخصات جلسات انجام شده پیرامون دستیابی به نقشه راه توسعه فناوری

انرژی خورشیدی

جلسات کمیته راهبری

تاریخ برگزاری	شماره جلسه
۱۳۹۳/۰۵/۲۱	۱
۱۳۹۳/۰۶/۰۵	۲
۱۳۹۳/۰۶/۱۹	۳
۱۳۹۳/۰۷/۰۲	۴
۱۳۹۳/۰۷/۱۶	۵
۱۳۹۳/۰۷/۳۰	۶
۱۳۹۳/۰۸/۲۱	۷
۱۳۹۳/۰۹/۱۲	۸
۱۳۹۳/۱۰/۱۰	۹
۱۳۹۳/۱۰/۱۷	۱۰
۱۳۹۳/۱۰/۲۴	۱۱
۱۳۹۳/۱۱/۱	۱۲
۱۳۹۳/۱۱/۲۱	۱۳
۱۳۹۴/۰۲/۰۲	۱۴
۱۳۹۴/۰۲/۳۰	۱۵

جلسات زیر کمیته تخصصی

تاریخ برگزاری	شماره جلسه
۹۳/۱۲/۱۹	۱
۹۴/۰۴/۱۴	۲
۹۴/۰۴/۱۵	۳
۱۳۹۴/۰۴/۲۲	۴
۱۳۹۴/۰۴/۲۹	۵
۱۳۹۴/۰۵/۰۷	۶
۱۳۹۴/۰۵/۰۷	۷
۱۳۹۴/۰۵/۱۳	۸
۱۳۹۴/۰۵/۱۷	۹
۱۳۹۴/۰۵/۲۴	۱۰

تقدیر و تشکر

در پایان جا دارد از کلیه متخصصان و کارشناسان حوزه انرژی خورشیدی که برای تدوین این سند و نقشه راه توسعه فناوری انرژی خورشیدی، تیم فنی پروژه را یاری نمودند تشکر و قدردانی به عمل آید. در پایان اسامی عزیزانی که در نگارش این سند و پیشبرد پروژه سهیم بوده‌اند به ترتیب حروف الفبا ارائه میگردد:

مدیر طرح:

شهريار بزرگمهری

اعضای کمیته راهبری و مدعوین جلسات:

۱. رسول اژتیان
۲. احمد اسماعیلی
۳. ابراهیم اصل سلیمانی
۴. عباس افتخاری ممقانی
۵. اعظم ایرجی‌زاد
۶. عباس بهجت
۷. حسین بهمن‌آبادی
۸. نیما تقوی‌نیا
۹. شهريار جلالی
۱۰. مجتبی جودکی
۱۱. شهرام چگینی
۱۲. سعید حاتمی

۱۳. سوسن داوری
۱۴. محمدصادق ذبیحی
۱۵. نسترن ریاحی
۱۶. امیرحسین زمزمیان
۱۷. محمود زنده‌دل
۱۸. اکبر شعبانی کیا
۱۹. محمدبهشاد شفیعی
۲۰. سیدمحمد صادق زاده
۲۱. خطیب‌السلام صدرنژاد
۲۲. محمود عرب یعقوبی
۲۳. امیرفرشاد فتحی
۲۴. امیر فرهادی
۲۵. سعید قاسمی
۲۶. محمدصادق قاضی‌زاده
۲۷. امیر محمود پور
۲۸. سیدمحسن مرجانمهر
۲۹. امیرحسین میرآبادی
۳۰. سامان میرهادی
۳۱. حسین یارمحمدی

تیم اجرایی:

۱. محمد مهدی اخلاقی

۲. سینا سالمی

همکاران پروژه‌ای:

۱. محمدمهدی امیرآبادی فراهانی
۲. مهدی رهایی
۳. امین عرفانی
۴. محمد غیاثیان
۵. هادی فارابی اصل
۶. علیرضا فروغی‌مهر
۷. سیدعلی فرهمند
۸. سید مرتضی ملایی
۹. گیتی نوری

مشاوران فنی:

۱. محمد خلج
۲. ملیحه خنجری
۳. پژمان صالح ایزدخواست
۴. احسان لیوانی
۵. علی هاشمی

تیم داوری و نظارت مراحل پروژه:

۱. داریوش آزر

۲. محمد خسروی
۳. سوسن داوری
۴. مهدی صحافزاده
۵. مهدی متقی کرتویجی
۶. زهره مقدم
۷. سامان میرهادی

گروه مشاور همکار (شرکت آتی اندیشان شریف):

۱. الهه رفیعی
۲. علی شفیعی علویجه
۳. شیوا صالح‌نیا
۴. رامین علیزاده
۵. سید مسلم موسوی

مدیر پروژه:

آرش حق‌پرست کاشانی