

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

سند توسعه فناوری انرژی باد کشور

مجری طرح: مهندس حمیدرضا لاری
مدیر پروژه: مهندس ثریا رستمی
مرکز توسعه فناوری توربین بادی

راہبر: معاونت فناوری
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر
سفارش دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر سید هاشم اورعی میرزمانی

✦ دکتر عباس بحری

✦ دکتر مجید جمیل

✦ دکتر محمد دورعلی

✦ دکتر تورج ساتکین

گزارش حاضر با عنوان "انجام مطالعات زیربنایی تدوین سند راهبردی و نقشه راه بهره برداری از انرژی باد کشور" مربوط به فاز اول پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه بهره برداری از انرژی باد در کشور است. این پروژه به سفارش توانیر و در "مرکز توسعه فناوری توریین های بادی" پژوهشگاه نیرو با هدف شناسایی و برنامه ریزی برای کلیه حوزه های وابسته به انرژی باد در کشور در حال انجام است.

این گزارش شامل سه فصل است:

فصل اول با عنوان "بررسی منابع و اسناد بالادستی داخلی و مرتبط خارجی"، به شناسایی، جمع آوری و بررسی اسناد بالادستی داخل کشور که در گذشته در این حوزه توسعه یافته پرداخته است؛ مراجع و منابع مشابه در سایر کشورهای صاحب تکنولوژی در دنیا را نیز مورد مطالعه قرار می دهد.

فصل دوم با عنوان "تدوین مبانی سند" به تعیین محدوده مطالعات نظیر سطح تحلیل، افق برنامه ریزی و حوزه های دانشی و ساختاری می پردازد. از سوی دیگر در این فصل مشخصه های ماهوی، چرخه عمر و منشاء تغییرات فناوری استخراج می شود. در فصل سوم نیز با عنوان "هوشمندی فناوری" درخت فناوری باد و همچنین آینده های محتمل فناوری بر مبنای عدم قطعیت ها و روند پیشرفت آن مورد بررسی قرار می گیرد.

آنچه در تهیه این گزارش مدنظر قرار گرفته آن است که با توجه به تهیه "سند راهبردی انرژی باد کشور در سانا" طی سال های دهه هشتاد، سعی شده اولاً مطالب عنوان شده در گزارش جنبه تکنولوژیکی این فناوری که در سند قبلی کمتر بدان پرداخته شده را مدنظر قرار دهد ثانیاً تغییرات ایجاد شده طی سال های اخیر را در آن ملحوظ دارد.

لازم به ذکر است این گزارش به سفارش کارفرمای محترم، شرکت توانیر و در "مرکز توسعه فناوری توریین های بادی" پژوهشگاه نیرو انجام شده است. در تهیه این گزارش خانم مهندس ثریا رستمی (مدیر طرح)، خانم مهندس فروغ مروّج صالحی، خانم مهندس آرزو حسن خانی و خانم فرنوش مرتضوی همکاری داشته اند.

از آقایان مهندس حمید لاری (مجری طرح) و دکتر عباس بحری (مجری و مدیر طرح توریین بادی ۲- مگاواتی ملی)

به خاطر رهنمودها و حمایت هایشان کمال تشکر را داریم.

سرفصل مطالب

فصل ۱- بررسی منابع و اسناد بالادستی داخلی و خارجی مرتبط.....	ن
۱-۱- مقدمه	س
۱-۲- بررسی اسناد و منابع داخلی.....	ع
۱-۲-۱- سند چشم انداز بیست ساله کشور	ع
۱-۲-۲- مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰.....	ف
۱-۲-۳- قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران.....	ر
۱-۲-۴- اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه.....	خ
۱-۲-۵- قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت.....	ظ
۱-۲-۶- برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴.....	ب
۱-۲-۷- سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق.....	ه
۱-۲-۸- قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین المللی انرژی های تجدیدپذیر.....	ه
۱-۲-۹- سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران.....	و
۱-۲-۱۰- تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک.....	ط
۱-۲-۱۱- سازمان های مربوطه.....	ل
۱-۲-۱۱-۱- سازمان انرژی های نو ایران (سانا).....	ل
۱-۲-۱۱-۲- موسسه مطالعات بین المللی انرژی.....	ن
۱-۲-۱۱-۳- سازمان هوا خورشید.....	س
۱-۲-۱۱-۴- شرکت توانیر	س
۱-۲-۱۱-۵- شرکت صبا نیرو	س
۱-۳- بررسی منابع و اسناد خارجی.....	س
۱-۳-۱- مروری بر اسناد راهبردی کشورهای نمونه.....	س

سند راه انرژی بادی چین ۲۰۵۰.....	۶۴	۱-۱-۳-۱
سند راه انرژی باد ایرلند.....	قق	۱-۱-۳-۲
سند راه انرژی باد فیلیپین.....	ث	۱-۱-۳-۳
سند راه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال.....	ض	۱-۱-۳-۴
سند راه انرژی باد اروپا ۲۰۲۰.....	۵۶	۱-۱-۳-۵
سند راه انرژی کالیفرنیا ۲۰۲۰.....	۵۷	۱-۱-۳-۶
سند راه ۲۰ ساله برای تکنولوژی توربین‌های بادی کوچک آمریکا.....	۵۹	۱-۱-۳-۷
سند راه انرژی تجدیدپذیر IRENA.....	۶۰	۱-۱-۳-۸
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری.....	۶۴	۱-۴
تدوین مبانی سند.....	۶۵	۲-۱
مقدمه.....	۶۵	۲-۱-۱
تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند.....	۶۷	۲-۲
تبیین سطح تحلیل.....	۶۷	۲-۲-۱
تبیین افق برنامه‌ریزی.....	۶۸	۲-۲-۲
تبیین حوزه‌های دانشی و ساختاری.....	۷۰	۲-۲-۳
تبیین مشخصه‌های فناوری.....	۷۲	۲-۳
تبیین چرخه عمر.....	۷۲	۲-۳-۱
چرخه عمر ۲۱۰ ساله دانشگاه تولدو.....	۷۳	۲-۳-۱-۱
چرخه عمر پذیرش فناوری.....	۷۴	۲-۳-۱-۲
تبیین مشخصه‌های ماهوی فناوری.....	۷۶	۲-۳-۲
فناوری پیش‌بینی باد.....	۷۷	۲-۳-۱-۱
اندازه‌گیری در مکان.....	۷۷	۲-۳-۱-۲

۷۸.....	مدل سازی کامپیوتری	۲-۱-۲-۳-۲
۷۹.....	موانع باد	۳-۱-۲-۳-۲
۸۱.....	وضعیت فناوری پتانسیل سنجی باد.....	۴-۱-۲-۳-۲
۸۳.....	فناوری توربین و مزرعه بادی.....	۲-۲-۳-۲
۸۵.....	سایز توربین	۱-۲-۲-۳-۲
۸۵.....	فناوری معماری توربین بادی.....	۲-۲-۲-۳-۲
۹۰.....	بهره برداری و نگهداری از توربین های بادی.....	۳-۲-۲-۳-۲
۹۱.....	سرمایه گذاری مجدد روی توربین ها (بازسازی، اورهال اساسی).....	۴-۲-۲-۳-۲
۹۲.....	عمر پروژه و عمر طراحی.....	۵-۲-۲-۳-۲
۹۲.....	فناوری های برق بادی فراساحلی.....	۳-۲-۳-۲
۹۴.....	فراساحلی از نفت تا باد.....	۱-۳-۲-۳-۲
۹۵.....	مراکز تست توربین و گواهی.....	۴-۲-۳-۲
۹۹.....	منشاء تغییرات و حرکت های پارادایمی.....	۳-۳-۲
۱۱۲.....	جمع بندی و نتیجه گیری.....	۴-۲
۱۱۳.....	فصل ۳- هوشمندی فناوری.....	
۱۱۴.....	مقدمه	۱-۳
۱۱۴.....	ماهیت فناوری از لحاظ قدمت.....	۲-۳
۱۱۵.....	روش های شناسایی حوزه های فناورانه.....	۳-۳
۱۱۵.....	نگرش زنجیره ارزش فناوری.....	۱-۳-۳
۱۱۶.....	نگرش QFD.....	۲-۳-۳
۱۱۷.....	نگرش نگاهت فناوری.....	۳-۳-۳

انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری	۳-۳-۴-	۱۱۸
درخت فناوری	۳-۴-	۱۱۹
تعیین ساختار درخت فناوری صنعت باد ایران	۳-۴-۱-	۱۲۳
درخت فناوری صنعت باد ایران: آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی	۳-۴-۲-	۱۲۶
فرهنگ سازی سیاسی	۳-۴-۲-۱-	۱۲۷
توجیه سیاست گذاران	۳-۴-۲-۱-۱-	۱۲۷
سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور	۳-۴-۲-۱-۲-	۱۲۹
فرهنگ سازی عمومی	۳-۴-۲-۲-	۱۲۹
آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک	۳-۴-۲-۲-۱-	۱۲۹
جهت دهی به سرمایه های خصوصی	۳-۴-۲-۲-۲-	۱۳۰
پیوستن به حرکت جهانی	۳-۴-۲-۳-	۱۳۰
شناسایی تشکل های جهانی و پیوستن به آن ها	۳-۴-۲-۳-۱-	۱۳۱
تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد	۳-۴-۲-۳-۲-	۱۳۱
فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	۳-۴-۲-۴-	۱۳۱
ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی در کشور	۳-۴-۲-۴-۱-	۱۳۲
بررسی آلودگی های صوتی و بصری	۳-۴-۲-۴-۲-	۱۳۲
توسعه صنعتی	۳-۴-۲-۵-	۱۳۳
بومی سازی توربین بادی	۳-۴-۲-۵-۱-	۱۳۳
تربیت نیروی انسانی متخصص	۳-۴-۲-۵-۲-	۱۳۴
طراحی شغل	۳-۴-۲-۵-۳-	۱۳۴

۱۳۵	درخت فناوری صنعت باد ایران: تکنولوژی توربین بادی	۳-۴-۳-
۱۳۷	تکنولوژی توربین و اجزا	۳-۴-۳-۱-
۱۳۷	طراحی و شبیه سازی توربین	۳-۴-۳-۱-۱-
۱۳۸	پره	۳-۴-۳-۱-۲-
۱۴۲	گیربکس	۳-۴-۳-۱-۳-
۱۴۲	ناسل و هاب	۳-۴-۳-۱-۴-
۱۴۳	ژنراتور	۳-۴-۳-۱-۵-
۱۴۴	کانورتر	۳-۴-۳-۱-۶-
۱۴۴	سیستم کنترل	۳-۴-۳-۱-۷-
۱۴۸	برج	۳-۴-۳-۱-۸-
۱۴۹	توربین های بادی بدون گیربکس	۳-۴-۳-۱-۹-
۱۵۱	تکنولوژی ظرفیت توربین بادی	۳-۴-۳-۲-
۱۵۱	بهینه سازی تکنولوژی توربین بادی	۳-۴-۳-۳-
۱۵۲	استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند	۳-۴-۳-۱-
۱۵۲	اصلاح ساختاری توربین	۳-۴-۳-۲-
۱۵۳	تکنولوژی حمل و نقل و نصب توربین بادی	۳-۴-۳-۴-
۱۵۳	تکنولوژی حمل و نقل	۳-۴-۳-۱-
۱۵۳	فونداسیون ساحلی و فراساحلی	۳-۴-۳-۲-
۱۵۴	اتوماسیون نصب	۳-۴-۳-۳-
۱۵۴	تکنولوژی تعمیرات و نگهداری	۳-۴-۳-۵-

- ۱۵۵..... ۳-۴-۳-۵-۱- اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت
- ۱۵۵..... ۳-۴-۳-۵-۲- تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها
- ۱۵۵..... ۳-۴-۳-۶- تکنولوژی توربینهای فراساحلی
- ۱۵۵..... ۳-۴-۳-۶-۱- پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی
- ۱۵۶..... ۳-۴-۳-۶-۲- طراحی و ساخت توربین های فراساحلی
- ۱۵۶..... ۳-۴-۳-۶-۳- ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی
- ۱۵۶..... ۳-۴-۳-۷- تست توربین بادی
- ۱۵۷..... ۳-۴-۳-۷-۱- توسعه فنی ادوات تست توربین بادی
- ۱۵۹..... ۳-۴-۳-۷-۲- ایجاد مراکز تست توربین بادی
- ۱۵۹..... ۳-۴-۳-۸- تکنولوژی فرآوری برق
- ۱۶۰..... ۳-۴-۳-۸-۱- تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه
- ۱۶۰..... ۳-۴-۳-۸-۲- تکنولوژی ذخیره سازی
- ۱۶۲..... ۳-۴-۳-۹- تکنولوژی بازیافت
- ۱۶۳..... ۳-۴-۴- آماده سازی زیرساخت های فنی
- ۱۶۳..... ۳-۴-۴-۱- پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی
- ۱۶۳..... ۳-۴-۴-۱-۱- تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه
- ۱۶۴..... ۳-۴-۴-۱-۲- پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست
- ۱۶۴..... ۳-۴-۴-۱-۳- استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد
- ۱۶۵..... ۳-۴-۴-۲- توسعه و بهبود شبکه برق کشور
- ۱۶۶..... ۳-۴-۴-۲-۱- آماده سازی شبکه انتقال و توزیع

- ۱۶۶ ۳-۴-۲-۲-۲- ایجاد بازار برق هوشمند
- ۱۶۸ ۳-۴-۲-۳- کاهش قیمت برق بادی
- ۱۶۸ ۳-۵- آینده پژوهی فناوری
- ۱۶۸ ۳-۵-۱- تاریخچه فناوری
- ۱۷۲ ۳-۵-۱-۱- گزارش بازار فناوری سال ۲۰۱۳
- ۱۷۵ ۳-۵-۲- شناسایی آینده‌های محتمل فناوری بادی بر مبنای عدم قطعیت‌ها و روند پیشرفت آن
- ۱۷۵ ۳-۵-۱- ادبیات آینده پژوهی فناوری
- ۱۷۷ ۳-۵-۲- روش های آینده پژوهی
- ۱۷۸ ۳-۵-۲-۱- پیش بینی
- ۱۷۸ ۳-۵-۲-۲- پایش، تحلیل و برون‌یابی روندها
- ۱۷۹ ۳-۵-۲-۳- شبیه‌سازی
- ۱۷۹ ۳-۵-۲-۴- روش نظرخواهی (روش دلفی)
- ۱۸۰ ۳-۵-۲-۵- مروری بر ادبیات سناریو سازی
- ۱۸۵ ۳-۵-۲-۳- انتخاب روش مناسب آینده پژوهی
- ۱۸۵ ۳-۵-۲-۴- مطالعات تطبیقی
- ۱۸۵ ۳-۵-۲-۱- خاورمیانه و شمال آفریقا
- ۱۹۶ ۳-۵-۲-۴- انرژی بادی در جهان به روایات آمار و پیش‌بینی‌ها
- ۲۰۶ ۳-۵-۲-۵- سناریوهای برق بادی در جهان
- ۲۰۹ ۳-۵-۲-۶- شناسایی آینده‌های محتمل فناوری بادی
- ۲۰۹ ۳-۵-۲-۱- فناوری‌های در حال ظهور در بخش ارزیابی ویژگیهای باد
- ۲۱۰ ۳-۵-۲-۶- فناوری‌های در حال ظهور در بخش طراحی سیستم، اجزای پیشرفته و قابلیت اطمینان



- ۲۱۲ آینده فناوری فراساحلی ۳-۵-۲-۶-۳
- ۲۱۵ نسل آینده توربین های بادی ۳-۵-۲-۷-۷
- ۲۱۶ Makani Airborne توربین بادی ۳-۵-۲-۷-۱
- ۲۱۶ Altaeros Airborne توربین بادی ۳-۵-۲-۷-۲
- ۲۱۷ Windstalk توربین بادی ۳-۵-۲-۷-۳
- ۲۱۸ جمع بندی و نتیجه گیری ۳-۶-۶

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- مقایسه‌ای از سهم بخش‌های مختلف سرمایه گذاری برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی ۳۳
- شکل ۲-۱- سند راه انرژی باد چین ۲۰۵۰ ۳۳
- شکل ۳-۱- سند راه انرژی باد ایرلند- بخش اول ۳۳
- شکل ۴-۱- سند راه انرژی باد ایرلند بخش دوم ۳۳
- شکل ۵-۱- سند راه انرژی باد فیلیپین بخش اول ۳۳
- شکل ۶-۱- سند راه انرژی باد فیلیپین- بخش دوم ۳۳
- شکل ۷-۱- سند راه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال ۵۵
- شکل ۸-۱- سند راه انرژی باد اروپا ۵۷
- شکل ۹-۱- سند راه انرژی تجدیدپذیر کالیفرنیا ۵۸
- شکل ۱۰-۱- سند راه توسعه توربین‌های بادی کوچک ۶۰
- شکل ۱۱-۱- کشورهای موجود برای تدوین سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهانی ۶۱
- شکل ۱۲-۱- نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر ۲۰۳۰ ۶۳
- شکل ۱-۲- چرخه عمر فناوری برق بادی برگرفته از دانشگاه تولدو آمریکا ۷۳
- شکل ۲-۲- چرخه عمر پذیرش فناوری دانشگاه آیووا ۷۵
- شکل ۳-۲- شکل شماتیک اقتباسی از مدل چرخه عمر پذیرش فناوری جفری مور ۷۶
- شکل ۴-۲- مروری بر فرآیند پیش‌بینی انرژی باد ۸۱
- شکل ۵-۲- طراحی توربین یک مساله بین رشته‌ای است ۸۴
- شکل ۶-۲- تغییرات در سبک طراحی توربین بادی ۸۶
- شکل ۷-۲- چینه‌شناسی معمول ناسل در توربین بادی مدرن ۸۸
- شکل ۸-۲- چینه‌شناسی ناسل اکوتکنیا ۱۰۰ ۸۹
- شکل ۹-۲- چینه‌شناسی ناسل وستاس وی-۹۰ ۹۰

- شکل ۱۰-۲- مفاهیم متنوعی توسط توربین‌های بادی فراساحلی در حال آزمایش هستند ۹۵
- شکل ۱۱-۲- اصلی‌ترین المان‌های گواهی توربین بادی ۹۶
- شکل ۱۲-۲- اهداف نوآوری‌ها برای کاهش هزینه توربین ساحلی در ایالات متحده ۱۰۶
- شکل ۱۳-۲- روند افزایش قطر روتور و ارتفاع توربین‌های بادی در گذر زمان ۱۰۹
- شکل ۱-۳- درخت تکنولوژی محصول محور ۱۲۰
- شکل ۲-۳- درخت تکنولوژی محور ۱۲۱
- شکل ۳-۳- درخت تکنولوژی عملکرد محور ۱۲۲
- شکل ۴-۳- نمای کلی درخت فناوری صنعت باد ایران ۱۲۴
- شکل ۵-۳- نمایی از بخش فرهنگ سازی سیاسی ۱۲۶
- شکل ۶-۳- نمایی از بخش فرهنگ سازی عمومی ۱۲۹
- شکل ۷-۳- نمایی از بخش پیوستن به حرکت جهانی ۱۳۰
- شکل ۸-۳- نمایی از بخش فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست ۱۳۲
- شکل ۹-۳- نمایی از بخش صنعت درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۳۳
- شکل ۱۰-۳- نمایی از بخش تکنولوژی درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۳۶
- شکل ۱۱-۳- نمایی از بخش تکنولوژی توربین و اجزا در درخت فناوری صنعت باد ایران ۱۳۷
- شکل ۱۲-۳- نمایش اجزای جرم پره ۱۴۰
- شکل ۱۳-۳- نمایی از سیستم کنترل توربین بادی ۱۴۵
- شکل ۱۴-۳- منحنی توان-سرعت توربین بادی نمونه ۱۴۶
- شکل ۱۵-۳- منحنی ضریب توان بر اساس TSR ۱۴۷
- شکل ۱۶-۳- برج توربین بادی ۱۴۹
- شکل ۱۷-۳- نمای داخلی توربین بادی با گیربکس و بدون گیربکس ۱۵۰
- شکل ۱۸-۳- نمایی از بخش بهینه سازی تکنولوژی درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۵۲

- شکل ۱۹-۳- نمایی از بخش تکنولوژی حمل و نقل و نصب درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۵۳
- شکل ۲۰-۳- نمایی از بخش تکنولوژی تعمیرات و نگهداری درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۵۴
- شکل ۲۱-۳- نمایی از بخش تکنولوژی توربین‌های فراساحلی در درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۵۵
- شکل ۲۲-۳- نمایی از بخش تکنولوژی تست توربین بادی ۱۵۷
- شکل ۲۲-۳- اجزای اصلی گواهی تست ۱۵۸
- شکل ۲۴-۳- نمایی از بخش تکنولوژی فرآورش برق در درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۶۰
- شکل ۲۵-۳- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فنی توسعه نیروگاه بادی درخت تکنولوژی توربین بادی ۱۶۳
- شکل ۲۶-۳- نمایی از بخش توسعه و بهبود شبکه برق کشور ۱۶۵
- شکل ۲۷-۳- شبکه برق هوشمند ۱۶۷
- شکل ۲۸-۳- چارلز اف. براش (۱۸۴۹-۱۹۲۹) از موسسین صنعت برق آمریکا. کمپانی برق او در کیولند یکی از پیش قراولان شرکت معظم جنرال الکتریک بود ۱۷۰
- شکل ۲۹-۳- توربین بادی آزمایشی ۱۰۰ کیلوواتی ناسا ۱۷۲
- شکل ۳۰-۳- انواع سناریوها و سوالاتی که در نظر دارند ۱۸۳
- شکل ۳۱-۳- ماتریس دسته‌بندی فاکتورهای پیشران فناوری ۱۸۵
- شکل ۳۲-۳- سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل انرژی مصرفی کشورهای خاورمیانه در دو مقطع ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ ۱۸۷
- شکل ۳۳-۳- نرخ رشد سالیانه تولید برق در خاورمیانه بین سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ ۱۸۸
- شکل ۳۴-۳- ظرفیت نصب شده برق بادی در خاورمیانه بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ ۱۸۸
- شکل ۳۵-۳- روند سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک کشورهای صادرکننده و وارد کننده نفت در خاورمیانه ۱۸۹
- شکل ۳۶-۳- روند رشد سرمایه‌گذاری در منطقه خاورمیانه بین سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ ۱۹۰
- شکل ۳۷-۳- تفاوت قیمت برق در سه بخش خانگی، تجاری و صنعتی در خاورمیانه ۱۹۲
- شکل ۳۸-۳- ظرفیت سالیانه بادی نصب شده جهانی بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ و نرخ رشد آن ۱۹۷

- شکل ۳-۳۹- ده کشور برتر در ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۱۳..... ۱۹۸
- شکل ۳-۴۰- ظرفیت تجمعی نصب شده بادی در جهان بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳..... ۱۹۹
- شکل ۳-۴۱- ظرفیت نصب شده برق بادی در جهان به تفکیک کشورها تا پایان ۲۰۱۳..... ۲۰۲
- شکل ۳-۴۲- هدفگذاری آژانس اروپایی انرژی بادی در دو بخش ساحلی و فراساحلی..... ۲۱۳
- شکل ۳-۴۳- Makani Airborne wind turbine..... ۲۱۶
- شکل ۳-۴۴- Altaeros airborne wind turbine..... ۲۱۷
- شکل ۳-۴۵- Windstalk wind turbine..... ۲۱۸

فهرست جدول ها

جدول ۱-۱- تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک	۷۱
جدول ۱-۲- حوزه های دانشی و ساختاری انرژی بادی	۷۲
جدول ۲-۲- حساسیت تولید انرژی مزرعه بادی به متوسط سرعت باد سالانه	۸۳
جدول ۳-۲- استانداردهای وضع شده و در حال تدوین در حوزه توربین بادی	۹۷
جدول ۴-۲- اهداف و زمینه‌های نوآوری و فناوری‌های شرکت‌های نوآور در توربین بادی	۱۰۱
جدول ۵-۲- فعالیت‌های مختلف تحقیق و توسعه در سه بخش فناورانه در توربین بادی	۱۰۲
جدول ۶-۲- حوزه‌ها و تغییرات بالقوه فناورانه و آثار مورد انتظار طراحی و تولید توربین بادی ساحلی	۱۰۷
جدول ۱-۳- مقایسه روش های شناسایی فناوری	۱۱۹
جدول ۲-۳- مقایسه انواع ژنراتورهای مورد استفاده در توربین بادی	۱۴۳
جدول ۳-۳- استانداردهای مرتبط با توربین بادی	۱۵۹
جدول ۴-۳- مقایسه ظرفیت و بازده ذخیره سازها	۱۶۱
جدول ۵-۳- پتانسیل خاورمیانه در دو بخش برق بادی ساحلی و فراساحلی	۱۹۵
جدول ۶-۳- نام موسسات بین‌المللی فعال در انرژی تجدیدپذیر و برق بادی و زمینه کاری آنها	۲۰۳
جدول ۷-۳- پیش‌بینی‌های انجام شده در زمینه صنعت بادی توسط موسسات گوناگون	۲۰۶
جدول ۸-۳- پروژه های در حال انجام و فناوری های در حال ظهور در بخش ارزیابی ویژگی های باد	۲۰۹
جدول ۹-۳- فعالیت‌های مختلف تحقیق و توسعه در سه بخش فناورانه در توربین بادی	۲۱۱

فصل ۱- بررسی منابع و اسناد بالادستی داخلی و خارجی مرتبط



پس از مطالعه و بررسی دقیق اسناد داخلی مرتبط با صنعت بادی، اسناد راهبردی انرژی بادی و انرژی تجدیدپذیر کشورهای نمونه نظیر چین، ایرلند، فیلیپین، سند راه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال، اروپا، کالیفرنیا، سند راه توسعه توربین‌های بادی کوچک و سند راه انرژی تجدیدپذیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. مطالعه دقیق این اسناد راه را برای تدوین نقشه راه انرژی بادی کشور هموار می‌سازد.

مجموعه قوانین، دستورکارها و آیین‌نامه‌هایی که فهرست آن‌ها در پیش رو تقدیم می‌شود، هر یک به نوعی با موضوع انرژی های تجدیدپذیر در کشور ایران ارتباط می‌یابند. چگونگی این رابطه‌ها ممکن است مستقیم بوده و یا آن که پیوندی با زمینه های اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی یا اداری مرتبط با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند. برای کاوش در این اسناد، آرشیو اسناد پژوهشگاه نیرو، وزارتخانه های نیرو، نفت و سازمان حفاظت محیط زیست جستجو شده اند.

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 انرژی های تجدیدپذیر در عنوان آن‌ها جای ندارد. اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن‌ها در ارتباط است.

و استراتژیک منابع انرژی در اقتصاد ایران می‌توان به این نتیجه رسید که تحقق این اهداف بدون توجه و برنامه‌ریزی برای بخش انرژی ممکن نخواهد بود؛ اما بخش انرژی برای رشد و توسعه خود درگیر چالش‌ها و مشکلات متعددی بوده و مدیریت جامع انرژی از بعد عرضه و تقاضا دارای نقشی اساسی و تعیین‌کننده در جهت تحقق اهداف سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ خواهد بود [۱].

مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره: ۲۴۶۶۹۸

تاریخ: ۱۵/۱۰/۱۳۸۹

فصل پنجم: اقتصادی

نفت و گاز (ماده ۱۳۲-۱۲۵)

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 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.

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) و ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) اقدام نماید.

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.

انرژی‌های پاک

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.

ماده ۱۹۳

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.

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 محیط زیست 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 زیست محیطی در نقاط حساس اقدام و در مراجع ذیربط به تصویب برساند. ارزشها و هزینههایی که دستورالعمل آنها به تصویب رسیده، در امکان سنجی طرحهای تملک داراییهای سرمایه ای در نظر گرفته خواهد شد.

ب) سازمان محیط زیست مکلف است تمهیدات لازم را برای کاهش آلودگی هوا تا حد استانداردهای جهانی با اولویت شناسایی کانونهای انتشار ریزگردها و مهبار آن، کنترل و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه ای فراهم آورد.

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

قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

تاریخ: ۱۱/۰۶/۱۳۸۳

بخش اول - سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ (سند چشم انداز بیست ساله)

و سیاستهای کلی برنامه چهارم

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: مقام معظم رهبری

تاریخ: ۲۱/۱۰/۱۳۸۷

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

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

۲-۱-۱- سیاست‌های کلی نظام در خصوص انرژی

۲-۱-۲- سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی

بند ۱: ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسایل زیست محیطی 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 بهره برداری 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 ح: حفظ، احیاء و بهره برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در

طرح‌های توسعه

سایر بندهای مرتبط

بند ۹: سازمان دهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی

جهان:

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

هوا فضا و هسته ای

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

و تخصیص و بهره برداری بهینه از منابع

بند ۴۴: هم افزایی و گسترش فعالیت های اقتصادی در زمینه هایی 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 انرژی بر و زنجیره پایین دستی آن ها، با اولویت سرمایه گذاری در ایجاد زیربنای و زیرساخت های

مورد نیاز و ساماندهی سواحل و جزایر ایرانی خلیج فارس در سیاست های آمایش سرزمین.

بند ۵۱: تلاش برای قطع اتکای هزینه های جاری به نفت و تأمین آن از محل درآمدهای مالیاتی اختصاص عواید نفت برای

توسعه سرمایه گذاری بر اساس کارایی و بازدهی.

بخش دوم - قانون برنامه پنج ساله 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 فوق الذکر 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

نیروگاه های خارج از مدیریت و نظارت وزارت نیرو، شرایط و قیمت های تضمینی خرید برق را تا پایان سال اول برنامه چهارم،

تعیین و اعلام کند.

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

نوع سند: آیین نامه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۶۸۲۵/۳۳۱۸۸

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 می شود)، مابه التفاوت آن بر اساس متوسط بازده نیروگاه های حرارتی از محل اعتبارات یارانه انرژی در بودجه های سالانه، موضوع ردیف یارانه حامل های 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 مابه التفاوت از سال ۱۳۸۵ قابل پرداخت است. تبصره ۱: گاز طبیعی سوخت اصلی نیروگاه های حرارتی محسوب می شود. در مواقع کمبود گاز و یا بروز دلایل فنی در شبکه گاز، مابه التفاوت نرخ سوخت مایع مصرفی با نرخ نیروگاهی آن از محل اعتبارات این ماده به شرح یاد شده پرداخت می شود. تبصره ۲: مسئولیت عقد قرارداد برای تأمین سوخت و پرداخت هزینه های مربوط، به جز در مورد قراردادهای بلندمدت تبدیل انرژی، برعهده عرضه کننده می باشد.

تبصره ۳: نیروگاه های حرارتی که بازده آن ها بیشتر (کمتر) از متوسط بازده نیروگاه های حرارتی باشد، مشمول پاداش (جریمه) برای صرفه جویی در مصرف سوخت (مصرف مازاد سوخت) خواهند شد. میزان پاداش (جریمه) بر اساس مابه التفاوت نرخ موضوع بند "ب" ماده (۱۰) و نرخ نیروگاهی محاسبه و توسط مدیریت شبکه پرداخت (دریافت) می شود.

ماده ۱۰:

به منظور ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری در زمینه نیروگاه هایی که از انرژی تجدیدپذیر و یا بازیافت حرارت استفاده می شود:

الف- بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست مبلغ تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست 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 محیط زیست 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

تصویب کننده: 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.

اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه

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

تصویب کننده: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

-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 چشم انداز

۲-۴- حفظ محیط زیست

استفاده اقتصادی از انرژی‌های پاک

۳- امکانات، قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و تنگناهای توسعه‌بخش

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 چشم انداز 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 کمی بخش

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 تکنولوژی جدید و کم‌مصرف جبران شود و برای تأمین ۱۰٪ آن، برنامه‌ریزی لازم در این سند صورت گرفته است.

۸- اقدامات مهم و اساسی

۸-۱- بخش برق

واقعی کردن تعرفه های 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 سید انرژی از طریق مشارکت بخش خصوصی در قالب خرید تضمینی برق

نوع سند: سند ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" I موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵

تصویب کننده: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۲- امکانات، قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و تنگناهای توسعه بخش

۲-۱- 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) 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 ارزیابی با تأکید بر

انرژیهای نو و پاک

ایجاد، تقویت و توسعه شرکت‌های خدمات انرژی 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

اطمینان بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)

اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی

قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

نوع سند: قانون

تاریخ: ۱۳۸۰/۱۱/۲۷

ماده ۲۵

بنا بر 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 بودجه‌های 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 زیست محیطی و صرفه جویی‌های 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 کم باری 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- انرژی های نو: منظور از انرژی های نو، منابع تجدیدپذیر انرژی هستند که از جمله شامل انرژی های بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، آبی کوچک، زیست توده (بیوماس) و دریایی می شود. نیروگاه آبی کوچک به نیروگاهی اطلاق می شود که مجموع ظرفیت تولید برق ساختگاه آن، ۱۰ مگاوات یا کمتر از آن باشد.

۲- برق تجدیدپذیر: منظور انرژی الکتریکی تولیدی از منابع انرژی های نو می باشد.

فصل دوم - ضوابط اجرایی

ماده ۱

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

برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴

نوع سند: سند چشم انداز

تصویب کننده: گروه برنامه ریزی راهبردی

تاریخ: مرداد ۱۳۹۰

- مأموریت، چشم انداز 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 فن آوری 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، ارتقاء بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خوداتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفا می کند.

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- ناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی
 - ۱۰-۹- توسعه شبکه خبرگان، نخبگان و متخصصین

مأموریت بخش برق و انرژی

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 می‌باشد. وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره وری و بهره گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره وری 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 می کند.

چشم انداز 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 گونه ای عمل می کند 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 بومی سازی فناوری های نوین و سازگار با محیط زیست

۷- افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه ها:

۷-۶- تنوع بخشی در سوخت نیروگاه ها و توسعه ظرفیت های قانونی برای اولویت بخشی به تأمین سوخت نیروگاه ها

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

۹-۱- تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی سازی فناوری در فعالیتهای مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور

۹-۲- تخصیص درصد معین و فزاینده ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی سازی فن آوری های مرتبط با انرژی های نو و

تجدیدپذیر

۹-۳- تعریف و اجرای پروژه های نمونه در زمینه انرژی های نو و تجدیدپذیر و تجاری سازی آنها

۹-۴- بستر سازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی های نو و تجدیدپذیر

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

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

۱۰- توسعه مبادلات منطقه ای برق:

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

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

۱۵-۴-تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری های تولید برق

راهبردهای بخش آموزش پژوهش و فناوری

۱۰-ایفای نقش مؤثر در نقشه راه ف ناور بیهای جدید و انتقال و بومی سازی آنها

راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

۶- استفاده از ظرفیت های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فناوری های نوین و سرمایه گذاری های پر خطر مورد

نیاز صنعت آب و برق

۱۰- حمایت از انتقال و بومی سازی فن آوری های نو مورد نیاز و بکارگیری فناوری های دارای مزیت نسبی بالا

سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق

نوع سند: نقشه راه

تصویب کننده: پژوهشگاه نیرو

در بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴ سند مربوطه، به انرژی های 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.

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.

سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران

مهم ترین منبع موجود در تدوین سند راهبردی باد، سند راهبردی باد کشور است که در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ تدوین شده است. این سند در قالب گزارش هایی مجزا با عناوین زیر ارائه شده است:

متدولوژی تعیین توجیه پذیری برق بادی در مقایسه با سایر گزینه های تولید برق

مطالعات نظری؛ روش تعیین جهت گیری های کلان صنعت توربین سازی

گزارش تحلیل اقتصادی برق بادی در مقایسه با سایر گزینه های تولید برق

بررسی اثر مولفه های زیست محیطی بر توسعه بخش باد

گزارش شناخت ساختار بخش باد

شناسایی انواع تکنولوژی های توربین بادی

گزارش تحلیل وضعیت بازار صنعت برق بادی در جهان

شناسایی روند تغییرات حال و آینده ی تکنولوژی توربین های بادی

شناسایی و تحلیل زنجیره ارزش و بررسی زیرساخت ها و ظرفیت های صنعت باد کشور

گزارش ارزیابی توجیه پذیری گزینه های مختلف تولید برق

تعیین اولویت های توسعه صنعت باد و حلقه های زنجیره ارزش آن

سیاست های توسعه بخش برق بادی در ایران

بررسی مسایل اقتصادی و سیاسی انرژی های تجدیدپذیر

تعیین الگوی توسعه صنعت در بخش باد کشور

مطالعه تطبیقی وضعیت سیاست گذاری در بخش انرژی باد در چین

مطالعه تطبیقی وضعیت سیاست گذاری در بخش انرژی باد در هند

مطالعه تطبیقی وضعیت سیاستگذاری در بخش انرژی باد در آلمان

بررسی انواع سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر

تدوین متدولوژی تحلیل عملکرد بخش باد

در گزارش شناسایی تکنولوژی توربین بادی، ابتدا مقدمه‌ای در توضیح روش‌های شناسایی تکنولوژی ارائه شده است، سپس روش منتخب برای معرفی تکنولوژی توربین بادی ارائه شده و درخت تکنولوژی توربین بادی رسم شده است. البته بایستی این نکته را در نظر گرفت که درخت تکنولوژی رسم شده با اینکه اجزای مکانیکی توربین بادی را به دقت شرح داده است، در مورد سایر تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی از دید اتصال به شبکه، نصب و نگهداری و سایر دیدگاه‌ها هیچ گونه بحثی ارائه نشده است.

در گزارش شناسایی و بررسی روند تحولات حال و آینده‌ی فناوری توربین‌های بادی، در ابتدا ادبیات مفاهیم نوآوری و پیش‌بینی تکنولوژی مرور شده است سپس روند تغییرات تکنولوژیکی در اجزای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی مورد بررسی قرار گرفته است.

در گزارش شناخت ساختار باد، تمامی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با انرژی بادی در کشور شناسایی شده است و نقش و اهداف آن‌ها در استفاده از انرژی بادی در کشور بیان شده است. همچنین قوانین و مقررات مرتبط با بخش انرژی و بالاخص انرژی باد کشور مطرح شده است.

در قالب گزارش تحلیل وضعیت بازار صنعت برق بادی در جهان، وضعیت فعلی بازار و قیمت فروش توربین بادی، ظرفیت توربین بادی نصب شده در جهان، شرکت‌های معتبر در زمینه صنعت توربین سازی و پیش‌بینی برای وضعیت آتی بازار ارائه شده است. توضیحاتی در مورد چرخه عمر توربین بادی و وضعیت فعلی توربین بادی ارائه شده ولیکن چرخه عمر توربین بادی به صورت دقیق رسم نشده است.

در گزارش بررسی مسایل اقتصادی و سیاسی انرژی‌های تجدیدپذیر، مدل‌های مختلف در زمینه محاسبه قیمت تمام شده برق در نیروگاه‌ها بررسی شده است. قیمت برق و هزینه تولید آلاینده‌های زیست محیطی محاسبه شده و نیروگاه‌ها رتبه بندی گشته است.

در قالب گزارش بررسی اثر مولفه‌های زیست محیطی بر توسعه بخش باد، انواع گازهای گلخانه‌ای و تاثیر آن‌ها بر آب و هوا و محیط زیست شرح داده شده است. پیمان کیوتو مورد بررسی قرار گرفته و میزان پایبندی به این پیمان در سطح جهان و هم-چنین مواضع ایران در قبال این پیمان مشخص شده است.

گزارش متدولوژی توجیه پذیری برق بادی در مقایسه با سایر گزینه‌های تولید برق روش‌ها و رویکردهای موجود در زمینه تصمیم‌گیری ارائه شده است و در واقع بیشترین تلاش در حوزه توضیح ادبیات تصمیم‌گیری نظام مند و برنامه ریزی استراتژیک صورت گرفته است.

در گزارش ارزیابی توجیه پذیری گزینه‌های تولید برق، دو روش برای رتبه‌بندی نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در این گزارش وضعیت فعلی بازار برق ایران بررسی شده و با توجه به پتانسیل کشور ایران در زمینه نیروگاه‌های مختلف باری تولید برق، این نیروگاه‌ها رتبه بندی می‌شوند و با در نظر گرفتن فعالیت‌های سایر کشورها، نیروگاه‌های موجود در کشور درجه بندی می‌شوند که در این راستا تولید برق از نیروگاه بادی در رتبه سوم قرار گرفته است.

در قالب گزارش مطالعات نظری، روش تعیین جهت گیری‌های کلان توسعه صنعت توربین سازی، در ابتدا مفاهیم اقتصاد توسعه، انواع سیاست‌ها در راستای سیاست گذاری صنعتی و فناوری، روش‌های مختلف تحلیل صنعت ارائه شده است و بر روی ادبیات موضوع بحث زیادی شده است. در انتها نیز صنعت توربین بادی به عنوان صنعتی که قابلیت بومی سازی را دارد معرفی شده و لزوم بومی سازی این صنعت و نحوه‌ی انجام آن به طرق مختلف مورد بحث قرار گرفته است.

در گزارش تعیین اولویت توسعه صنعت باد و حلقه‌های زنجیره ارزش آن، منافع ملی حاصل از بومی سازی صنعت توربین سازی در کشور مورد بررسی قرار گرفته است، سائز مناسب برای ساخت توربین بادی در ایران بین ۱/۵ تا ۳ مگاوات انتخاب شده و قطعاتی از توربین بادی برای تدوین استراتژی توسعه صنعت توربین بادی مورد بررسی قرار گرفته است. امکان پذیری ساخت قطعات و شرکت‌های محتمل برای تولید این قطعات معرفی شده است. ذکر این نکته ضروری است که امکان ساخت بسیاری از قطعات با دید کاملاً خوش بینانه با طراحی ۱۰۰ درصد بومی عنوان شده است.

در قالب گزارش تعیین الگوی توسعه صنعت در بخش باد کشور، ماتریس پارک مورد بررسی قرار گرفته و وضعیت توربین بادی در ایران و جهان تعیین می‌شود. توضیحی در مورد چرخه عمر بازار جهانی توربین بادی ارائه می‌شود ولیکن شکلی از چرخه

عمر کشیده نشده است. وضعیت بازار توربین بادی در حال حاضر در ایران مطرح شده که ایران تنها قابلیت تولید توربین ۶۶۰ کیلووات را دارد و توضیحاتی در مورد چرخه عمر توربین بادی در ایران ارائه شده است.

در گزارش‌های مطالعه تطبیقی وضعیت سیاست‌گذاری در بخش انرژی باد در چین، هند و آلمان، وضعیت انرژی باد، وضعیت صنعت باد و سیاست‌های موجود در این کشورها در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است.

در قالب گزارش بررسی انواع سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، دسته‌بندی از انواع سیاست‌های موجود در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است و سیاست‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری در دو فصل مجزا در این گزارش شرح داده شده‌اند.

در گزارش تدوین متدولوژی تحلیل عملکرد بخش باد، نظام نوآوری مورد بررسی قرار گرفته و رویکرد آن در کشورهای در حال توسعه بیان شده است. نظام نوآوری در سه گروه بندی ملی، منطقه‌ای و بخشی معرفی شده است.

گزارش سیاست‌های بخش برق بادی ایران موانع موجود برای توسعه صنعت بادی در ایران را مورد بررسی قرار داده و در هر بخش سیاست‌ها و استراتژی‌های ممکن برای جلوگیری از این موانع و رویارویی با این چالش‌ها ارائه شده است [۲].

مطالعات تدوین سند راهبرد انرژی باد از اواسط سال ۱۳۸۹ به مدیریت آقای دکتر ناصر باقری مقدم انجام گردید. علیرغم وجود اطلاعات بسیار جامع و کامل در زمینه‌ی توربین بادی در زمینه‌های مختلف از جمله دیدگاه سیاسی، اقتصادی، زیست محیطی و سایر موارد ارائه شده در قالب گزارش‌های بالا، این گزارش‌ها فاقد نقشه راه باد کشور به صورت نمایشی که در تمامی نقشه راه‌های موجود در سایر کشورها ارائه شده است، می‌باشد. در واقع نمایش نقشه راه کمک شایانی به درک دقیق حوزه‌های مرتبط با انرژی باد و زیر حوزه‌های آن کرده و برنامه‌ریزی و زمان‌بندی موجود در سند را در راستای دستیابی به این حوزه‌ها مشخص می‌نماید.

تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک

در راستای توسعه هرچه گسترده تر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک ۳۰ تیرماه ۱۳۹۴ توسط مقام عالی وزارت نیرو ابلاغ گردید.

این مصوبه براساس مستندات قانونی: مصوبه شماره ۱۰۰/۳۷۰۷۳۲ مورخ ۹۱/۵/۸ شورای اقتصاد، مواد ۴۴، ۶۲ و ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، بندهای (الف)، (د)، (ه) و (ز) ماده ۱ قانون تأسیس وزارت نیرو و مواد ۷ و ۱۲ قانون سازمان برق ایران و در راستای اجرای وظایف قانونی وزارت نیرو در حوزه تجدیدپذیرها به شرح زیر ابلاغ گردیده است:

جدول ۱-۱- تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک

ردیف	نوع فناوری	تعرفه خرید تضمینی برق (ریال بر کیلووات ساعت)
۱	زیست توده - لندفیل	۲۹۰۰
۲	زیست توده - هضم بی هوازی	۳۱۵۰
۳	زیست توده - زیاله سوز	۵۸۷۰
۴	مزرعه بادی یا ظرفیت بیش از ۵۰ مگاوات	۴۰۶۰
۵	مزرعه بادی یا ظرفیت ۵۰ مگاوات و کمتر	۴۹۷۰
۶	بادی یا ظرفیت ۱ مگاوات و کمتر (مختص مشترکین برق و محدود به ظرفیت انشعاب)	۵۹۳۰
۷	مزرعه خورشیدی با ظرفیت بیش از ۱۰ مگاوات	۵۶۰۰
۸	مزرعه خورشیدی با ظرفیت ۱۰ مگاوات و کمتر	۶۷۵۰
۹	خورشیدی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات و کمتر مختص مشترکین برق و محدود به ظرفیت انشعاب)	۸۷۳۰
۱۰	خورشیدی با ظرفیت ۲۰ کیلووات و کمتر مختص مشترکین برق و محدود به ظرفیت انشعاب)	۹۷۷۰
۱۱	زمین گرمایی (شامل حفاری و تجهیزات)	۵۷۷۰
۱۲	توربین های انبساطی	۱۸۰۰
۱۳	بازیافت تلفات در فرآیندهای صنعتی	۳۰۵۰
۱۴	برق آبی کوچک ۱۰ مگاوات و کمتر	۳۷۰۰
۱۵	سایر انواع تجدیدپذیر و پاک بجز نیروگاه های برق آبی	۴۸۷۳

همچنین در ادامه این مصوبه بندها و تبصره هایی نیز ذکر شده که شامل موارد زیر است:

۱- قرارداد خرید تضمینی برق از نیروگاه های موضوع این ابلاغیه بجز نیروگاه های موضوع ردیف های ۵، ۶ و ۷ برای یک دوره

بیست ساله با تعرفه های یادشده منعقد می گردد که مبلغ تعرفه تا پایان دوره قرارداد مطابق تبصره «۳» ماده «۳» مصوبه شورای اقتصاد تعدیل می شود.

تبصره ۱: مبلغ تعرفه برای کلیه نیروگاه های موضوع این بند بجز نیروگاه های بادی موضوع ردیف ۲، از ابتدای ده ساله دوم تا پایان دوره قرارداد بعد از تعدیل قیمت سالانه در عدد $0/7$ ضرب می شود. تبصره ۲: مبلغ تعرفه برای نیروگاه های بادی که در دوره ده ساله اول دارای ضریب تولید ۴۰ درصد و بیشتر باشند از ابتدای دوره ده ساله دوم تا پایان قرارداد در عدد $0/4$ و برای نیروگاه های با ضریب تولید کمتر از ۲۰ درصد در عدد ۱ و برای نیروگاه های با ضریب تولید از ۲۰ درصد تا ۴۰ درصد در عددی متناسب ضرب می شود. دوره قرارداد خرید تضمینی برق از نیروگاه های موضوع ردیف های ۵، ۶ و ۷ معادل ده سال با تعرفه های یاد شده تعیین می گردد که مبلغ تعرفه تا پایان دوره قرارداد مطابق تبصره «۳» ماده «۳» مصوبه شورای اقتصاد تعدیل می شود.

۳- برای نیروگاه های متصل به شبکه توزیع، موضوع ماده «۴» مصوبه شورای اقتصاد، ۱۴۸ ریال بر کیلووات ساعت به عنوان نرخ خدمات انتقال به مبالغ فوق الذکر افزوده می گردد.

۴- پس از پایان دوره خرید تضمینی، سرمایه گذار مجاز به فروش برق در داخل کشور در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی، بازار برق و یا هر قالب مورد تایید وزارت نیرو خواهد بود. صادرات برق نیروگاه های موضوع این مصوبه منوط به دریافت مجوز جداگانه خواهد بود.

۵- به منظور حمایت از بومی سازی و ساخت داخل نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک، نرخ خرید از واحدهایی که با تجهیزات برخوردار از دانش فنی، طراحی و ساخت داخل احداث می شوند. حداکثر تا ۱۵ درصد متناسباً افزایش می یابد. سازمان انرژی های نوایران (سانا) موظف است جداول وزنی مربوطه رابه تفکیک اجزا و فناوری تعیین و اعلام نماید.

۶- در صورت انتفاع سرمایه گذاران از کمک های بلاعوض دولتی در احداث نیروگاه موضوع قرارداد خرید تضمینی برق، تعرفه خرید تضمینی برق آنها برای اجتناب از احتساب مضاعف متناسباً اصلاح خواهد شد

۷- نرخ های موضوع این مصوبه برای قراردادهایی اعمال می شود که نیروگاه موضوع قرارداد طی حداکثر ۱۸ ماه از زمان عقد قرارداد به بهره برداری تجاری برسد. برای نیروگاه های زمین گرمایی و زیست توده این مدت تا ۹ ماه قابل افزایش است. در صورت تأخیر در بهره برداری تجاری، آخرین نرخ مصوب وزارت نیرو در زمان شروع بهره برداری تجاری از نیروگاه ملاک عمل برای دوره باقیمانده قرارداد خواهد بود

۸- وزارت نیرو سیاست کاهش تعرفه های تضمینی خرید برق از منابع تجدیدپذیر و پاک بصورت متناسب با افزایش ظرفیت های منصوبه در کشور را دنبال می کند. سازمان انرژی های نو ایران (سانا) موظف به رعایت این سیاست در تهیه پیش نویس تعرفه در سال های آتی است.

سازمان های مربوطه

سازمان هایی که می توانند با تدوین سند راه باد و یا در حالت کلی با انرژی باد در ارتباط باشند در قالب گزارش شناخت ساختار باد، در سند انرژی بادی آورده شده است، اما در این گزارش، اشاره ای به دسته بندی از میزان اهمیت این سازمان ها نشده است. در بخش بعدی سازمان های مهم از میان این سازمان ها بر اساس درجه ارتباط با تدوین سند راهبردی انرژی باد گروه بندی می شوند. لازم به ذکر است که در این گزارش از آوردن نام برخی از سازمان هایی که در گزارش فوق الذکر، ذکر شده اند به علت ارتباط کمتر به تدوین سند راهبردی باد خودداری شده است.

۱-۲-۱۱-۱ سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

سازمان انرژی های نو ایران (سانا) یکی از بنام ترین سازمان های است که در راستای انرژی های تجدیدپذیر فعالیت می کند، یکی از حوزه های فعالیت این سازمان انرژی باد است. سند باد پیشین با کارفرمایی سازمان انرژی های نو برای تعیین چشم انداز انرژی بادی در کشور تدوین شده است، و این مهم اهمیت و نقش این سازمان را در ارتباط با تدوین سند راهبردی باد در کشور نمایان می کند [۳].

برخی از فعالیت هایی که در این سازمان در راستای انرژی بادی انجام گرفته است عبارتند از:

پتانسیل سنجی انرژی باد کشور

بنا بر پروژه‌های پتانسیل سنجی انجام گرفته در این سازمان، میزان ظرفیت اسمی دریافت شده از ۶۰ ایستگاه در مناطق مختلف کشور در حدود ۶۰۰۰۰ مگاوات است، و میزان انرژی قابل استحصال از لحاظ اقتصادی برابر ۱۸۰۰۰ مگاوات می‌باشد.

ظرفیت و آمار نیروگاه‌های بادی نصب شده در ایران

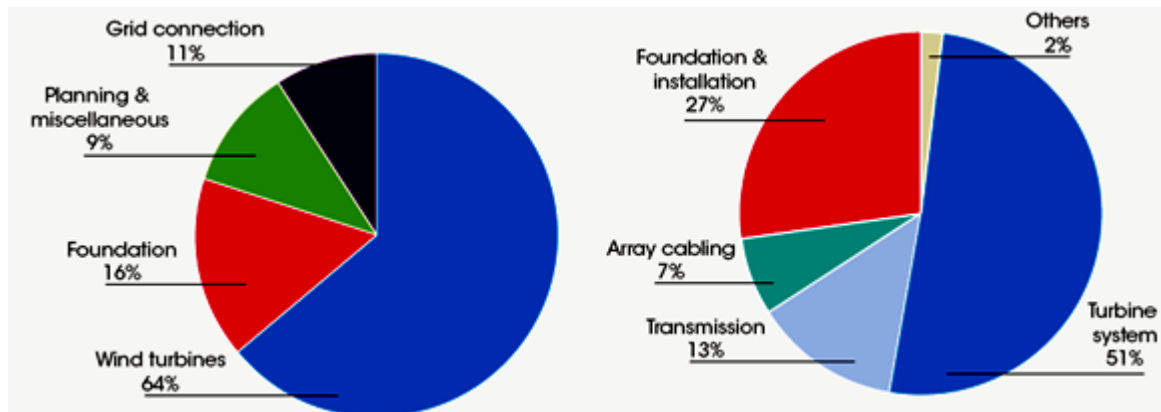
سانا لیستی از ظرفیت نیروگاه‌های بادی نصب شده در ایران تا انتهای سال ۱۳۹۱ ارائه داده است. بنا بر گفته این سازمان، ظرفیت نیروگاه‌های بادی نصب شده در ایران تا انتهای سال ۱۳۹۱ برابر با ۱۰۹/۴ مگاوات است.

چشم‌انداز انرژی باد در ایران

با در نظر گرفتن قانون پنجم توسعه، احداث ۵۰۰۰ مگاوات نیروگاه انرژی تجدیدپذیر در کشور برنامه‌ریزی شده است که از این رقم میزان ۴۵۰۰ مگاوات به انرژی بادی اختصاص دارد.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم‌های بادی در جهان

هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی در سال ۲۰۱۱ برای کشورهای توسعه یافته به تفکیک سهم هزینه هر بخش، در سایت این سازمان ارائه شده است. نمایی از میزان سهم هر بخش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- مقایسه‌ای از سهم بخش‌های مختلف سرمایه‌گذاری برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی [۳]

تدوین سند ملی توسعه پیل سوختی

سند ملی توسعه پیل سوختی در کشور از پروژه‌هایی است که در این سازمان انجام گرفته است، که روند تدوین این سند و مطالب ارائه شده در آن می‌توان منبع راهگشایی در زمینه تدوین سند راهبردی انرژی بادی در کشور باشد.

۱-۲-۱۱-۲- موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

این موسسه وابسته به وزارت نفت در راستای رسیدن به اهداف ترسیم شده در چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران و تحقق نقش مهم صنعت نفت در مجموعه فعالیت‌های مختلف در قالب پژوهش‌های اقتصاد انرژی، منابع انسانی و مدیریت، مطالعات راهبردی فناوری و حقوق، محیط زیست و توسعه پایدار تشکیل شده است. یکی از مهم‌ترین پروژه‌های انجام شده در این موسسه، طرح جامع انرژی کشور است که این طرح در قالب زیر پروژه‌های مختلف در بخش تقاضا، عرضه، مدلسازی و کلان مطالعاتی انجام گرفته است.

زیرپروژه‌های بخش تقاضا عبارتند از: تجزیه و تحلیل وضع موجود و مطلوب تقاضای انرژی در بخش خانگی، تجاری-اداری و عمومی، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی.

زیر پروژه‌های اصلی طرف عرضه عبارتند از: تجزیه و تحلیل وضع موجود و شناسایی فناوری‌های نوین سیستم عرضه انرژی در بخش‌های نفت، گاز، ذغال سنگ، برق، منابع تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای و هیدروژن.

زیرپروژه‌های بخش مدلسازی عبارتند از: الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه و سیاست‌های انرژی در ایران، توسعه و اجرای مدل تقاضای انرژی در سطح ملی، توسعه و اجرای مدل عرضه انرژی در سطح ملی، تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده در مورد مدلسازی و پیش‌بینی تقاضای انرژی کشور، مدلسازی بخش عرضه انرژی کشور و تجزیه و تحلیل مدل‌های اجرا شده برای تخصیص بهینه منابع عرضه انرژی کشور.

زیر پروژه‌های کلان مطالعاتی عبارتند از: بررسی سیاست‌های راهبردی انرژی و نقش قوانین مرتبط در آینده انرژی کشور، تجزیه و تحلیل نقش و جایگاه ایران در سیستم عرضه و تقاضای انرژی جهان و روند آینده واردات و صادرات انرژی، بررسی اثرات متقابل بین بخش اقتصاد کلان و بخش انرژی کشور، بررسی و تجزیه و تحلیل فرهنگی-اجتماعی الگوی مصرف انرژی کشور، برآورد و تجزیه و تحلیل میزان انتشار آلاینده‌ها و شناسایی و تجزیه و تحلیل فناوری‌های محیط زیستی در بخش‌های تولید و مصرف انرژی.

این پروژه در قالب گزارشات مختلف در هر بخش تدوین شده است و پیشنهادهای را در راستای سند ملی راهبردی انرژی کشور در بخش‌های مختلف ارائه داده است.

۱-۲-۱۱-۳- سازمان هوا خورشید

این سازمان فعالیت خود را در زمینه‌ی پژوهش، طراحی و ساخت توربین بادی انجام داده است که پروژه‌های انجام شده و در دست انجام این سازمان عبارتند از: توربین بادی ۳ کیلووات عمود محور، طراحی و ساخت پره کامپوزیتی توربین بادی زیر ۱۰۰ کیلووات، طراحی، ساخت و فروش دستگاه تست خستگی سروهیدرولیک کشش-فشار، طراحی، ساخت و فروش دستگاه تست خستگی voice coil actuator، طراحی و ساخت ژنراتورهای مغناطیس دائم، طراحی و ساخت توربین بادی عمود محور ۳ کیلووات [۴].

۱-۲-۱۱-۴- شرکت توانیر

در این شرکت آمار مربوط به مصرف و تولید برق در کشور ارائه شده است، که بر این اساس در سال ۱۳۹۱، قدرت نامی نیروگاه‌ها برابر ۶۹۰۹۵ مگاوات و میزان مصرف برابر ۱۹۴۱۴۸ کیلووات ساعت بوده است. همچنین نرخ خرید برق بادی بر اساس مصوبه وزیر در تاریخ ۱۳۹۱/۰۵/۰۸ برابر با ۴۳۷۱ ریال بر کیلووات ساعت است [۵].

۱-۲-۱۱-۵- شرکت صبا نیرو

شرکت صبا نیرو متعلق به گروه سدید تولید کننده توربین بادی در کشور است که محور اصلی فعالیت این شرکت در راستای تولید توربین‌های بادی با ظرفیت ۶۶۰ و ۷۱۰ کیلووات می‌باشد. این شرکت تا به حال بیش از ۱۴۵ توربین بادی در ظرفیت‌های ۳۰۰، ۵۰۰، ۵۵۰، ۶۶۰ و ۷۱۰ کیلووات را نصب و راه‌اندازی نموده است. مطالعاتی در زمینه امکان‌سنجی فنی و اقتصادی نصب توربین بادی در این شرکت انجام گرفته است [۶].

۱-۱-۳-۱ - سند راه انرژی بادی چین ۲۰۵۰ [۷]

از حدود ۳۰ سال پیش که چین در راه توسعه استفاده از انرژی را افزایش داد و به کشوری توسعه یافته بدل شد، میزان آلودگی در این کشور افزایش پیدا کرد. به صورتی که میزان باران اسیدی در سال ۱۹۸۰ تنها یک دهم این کشور را در بر می گرفت ولی هم اکنون در سراسر کشور این مشکل مشاهده می شود. بهره گیری از انرژی راه حل اصلی برای دستیابی به پیشرفت اجتماعی و اقتصادی است، اما استفاده از سوخت فسیلی به معنای افزایش چشم گیر آلودگی و خطر جدی برای سلامت است.

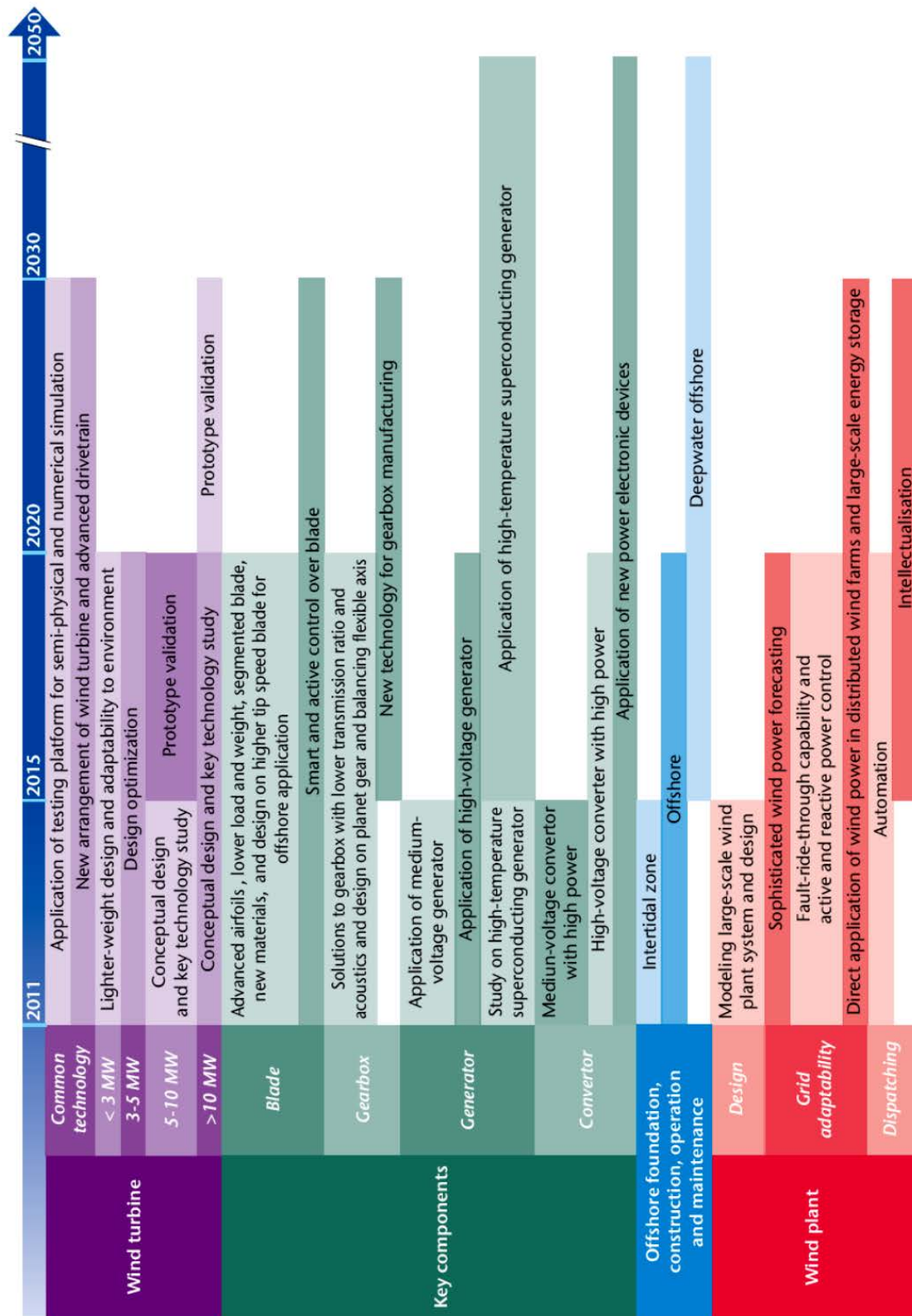
انرژی بادی به عنوان تجاری ترین و پیشرفته ترین شکل انرژی تجدیدپذیر، مهم ترین منبع تامین انرژی تجدیدپذیر به شمار می رود. از سال ۲۰۰۶، چین پیشرفت های زیادی در راستای صنعت باد کرده است. به صورتی که سهم ظرفیت نصب سالانه توربین بادی در چین از رقم ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۶ به عدد ۴۹ درصد در سال ۲۰۱۰ رسیده است. ظرفیت متصل به شبکه توربین بادی در سال ۲۰۱۰ به ۳۱۰ گیگاوات رسیده و در عرض این ۴ سال، چهار شرکت سازنده توربین بادی در چین به سطح ۱۰ شرکت برتر سازنده توربین بادی در جهان راه یافته اند.

توسعه توان بادی نیازمند توسعه شبکه توان است که انرژی را از طریق شبکه به مصرف کنندگان نهایی تحویل می دهد. در حال حاضر، سیستم قدرت چین منطبق با توسعه صنعت باد در این کشور نیست.

صنعت باد در واقع یک صنعت نو ظهور است که با سرعت زیاد و پتانسیل بالا در حال پیشرفت است، اما موانعی در راه توسعه این صنعت موجود است. در حالت کلی ۲۰ تا ۳۰ سال از زمان توسعه تا تجاری شدن یک تکنولوژی نو زمان لازم است. در حالی که، آینده ی صنعت بادی در چین تضمین شده است، خط مشی مشخصی برای توسعه این صنعت در طی ۲ یا ۳ دهه آینده مورد نیاز است. هدف از سند راه انرژی بادی، تهیه کردن راهکارهای مشخص برای سیاست گذاری با آنالیز پتانسیل منابع، RD&D، شبکه توزیع و همچنین شناخت سرمایه گذاران و مراکز تحقیقاتی است.

این سند راه در واقع مجموعه ای از آنالیز پتانسیل منابع بادی در چین، منافع و قیمت توزیع و تولید توان است تا بتواند اهداف توسعه توان بادی و مسیرهای ممکن برای توسعه تکنولوژی را شناسایی کند. به صورت خاص، شبیه سازی عددی منابع بادی و منحنی های منابع توان بادی برای شناسایی اثر توسعه توان بادی بر روی قیمت برق و توسعه اجتماعی و محیطی و همچنین تخمین میزان سرمایه گذاری تا سال ۲۰۵۰ استفاده شده است. توسعه منابع، توسعه صنعت و تکنولوژی، ساختار شبکه برق در آینده و سیاست های پشتیبان مورد بررسی قرار گرفته است.

نمای کلی سند راه انرژی بادی در چین در شکل ۳ نمایش داده شده است، که در چهار دسته کلی توربین بادی، اجزای اصلی، توربین‌های بادی فراساحلی و مزارع بادی تدوین شده است. در بخش توربین بادی، سایز توربین‌های بادی مورد بررسی قرار گرفته، در گروه اجزای اصلی، چهار جز اصلی تشکیل دهنده‌ی توربین بادی بررسی شده است. در حوزه توربین‌های فراساحلی، نصب، ساخت، عملکرد و نگهداری از این نوع توربین‌ها عنوان شده است و در گروه آخر یعنی مزارع بادی، طراحی، انطباق با شبکه و دیسپاچینگ زیر شاخه‌ها می‌باشند.



شکل ۱-۳- سند راه انرژی باد چین ۲۰۵۰

۱-۳-۱-۲- سند راه انرژی باد ایرلند [۸]

این سند راه با توجه به این هدف تدوین شده است که استفاده از انرژی تجدیدپذیر و به خصوص انرژی باد موجب افزایش امنیت منابع این کشور خواهد شد و همچنین به عنوان راه‌حلی در برابر قیمت متغیر سوخت خواهد بود. از این طریق مشاغل بیشتری در کشور ایجاد خواهد شد و میزان وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمتر خواهد شد.

با در نظر گرفتن این اهداف، آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر ایرلند (SEAI)، سند راه انرژی بادی را تنظیم کرده است و سناریوهای مربوطه برای توسعه این تکنولوژی از زمان حال تا بازه‌ی دراز مدت ۲۰۵۰ را در نظر گرفته است. این سند راه دسترسی منابع، روند توسعه تکنولوژی، ادغام شبکه و محیط نظارتی حال و آینده را در مطالعات خود لحاظ کرده است.

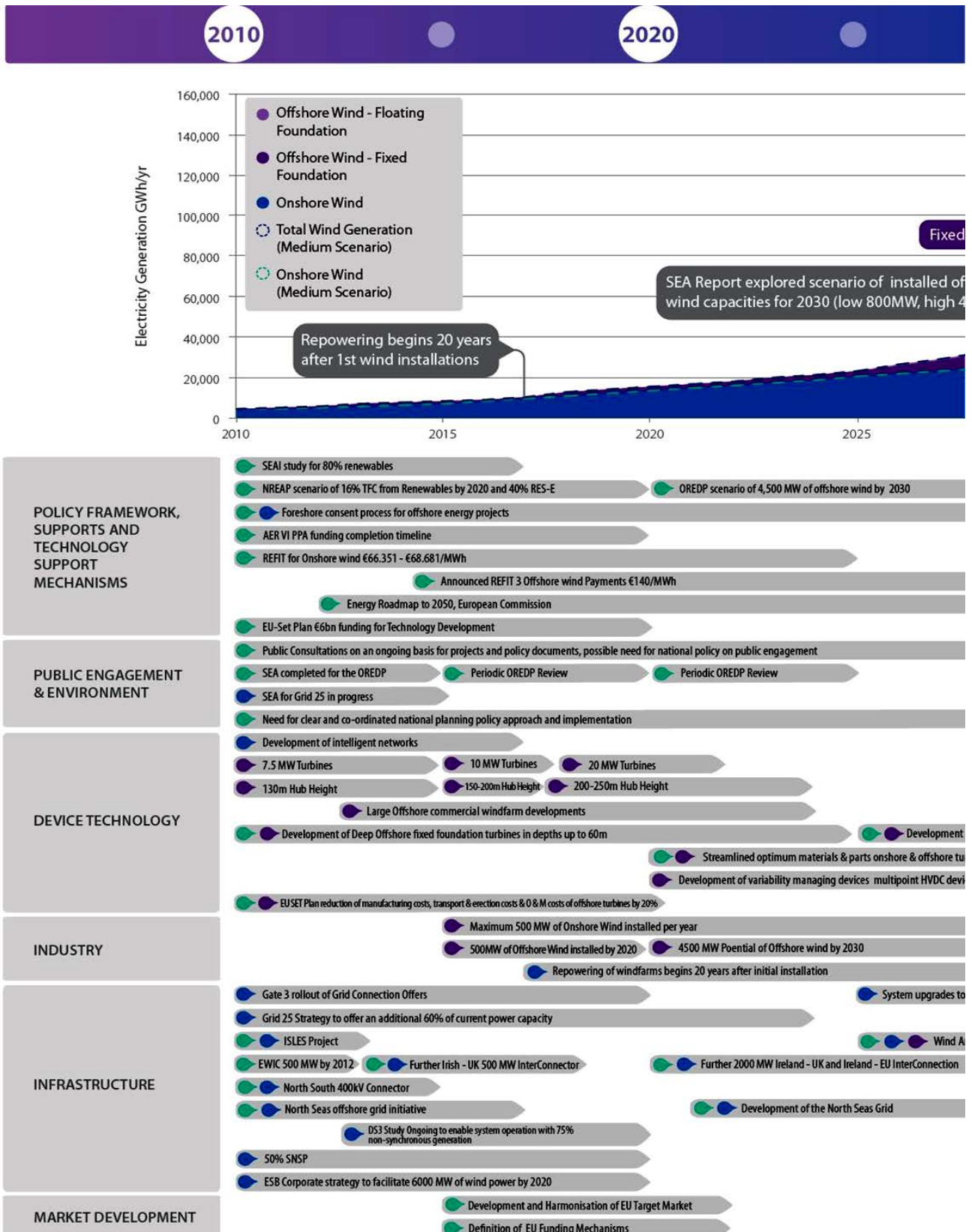
این سند راه یک مسیر توسعه سریع را برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی تا سال ۲۰۵۰ در نظر گرفته است و در کنار تدوین سند راه‌های شبکه‌های هوشمند و ماشین‌های الکتریکی نوشته شده است. این امر موجب شده است تا در این سند راه افزایش تقاضای چشمگیر در میزان برق مصرفی با توجه به افزایش جمعیت، افزایش مصرف در بخش خانگی، تحویل برق به شبکه‌های هوشمند و ایجاد سیاست‌هایی در زمینه توسعه خودرو الکتریکی لحاظ شود.

پتانسیل منابع انرژی بادی ایرلند بسیار وسیع است به گونه‌ای که از لحاظ منابع ساحلی یکی از به صرفه‌ترین منابع از لحاظ اقتصادی در سرتاسر اروپا است و از لحاظ منابع فراساحلی از وجود دریا‌های ایرلند و آتلانتیک بهره می‌گیرد. با توجه به این پتانسیل بالا سند راه با لحاظ کردن اقداماتی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در راستای توسعه توربین بادی در این کشور تدوین شده است، که بر این اساس میزان توان تولیدی از توربین‌های بادی در سال ۲۰۵۰ بسیار بیشتر از میزان تقاضای برق در این کشور و در حدود ۲/۵ درصد میزان دیماند برق در اروپا در سال ۲۰۵۰ است.

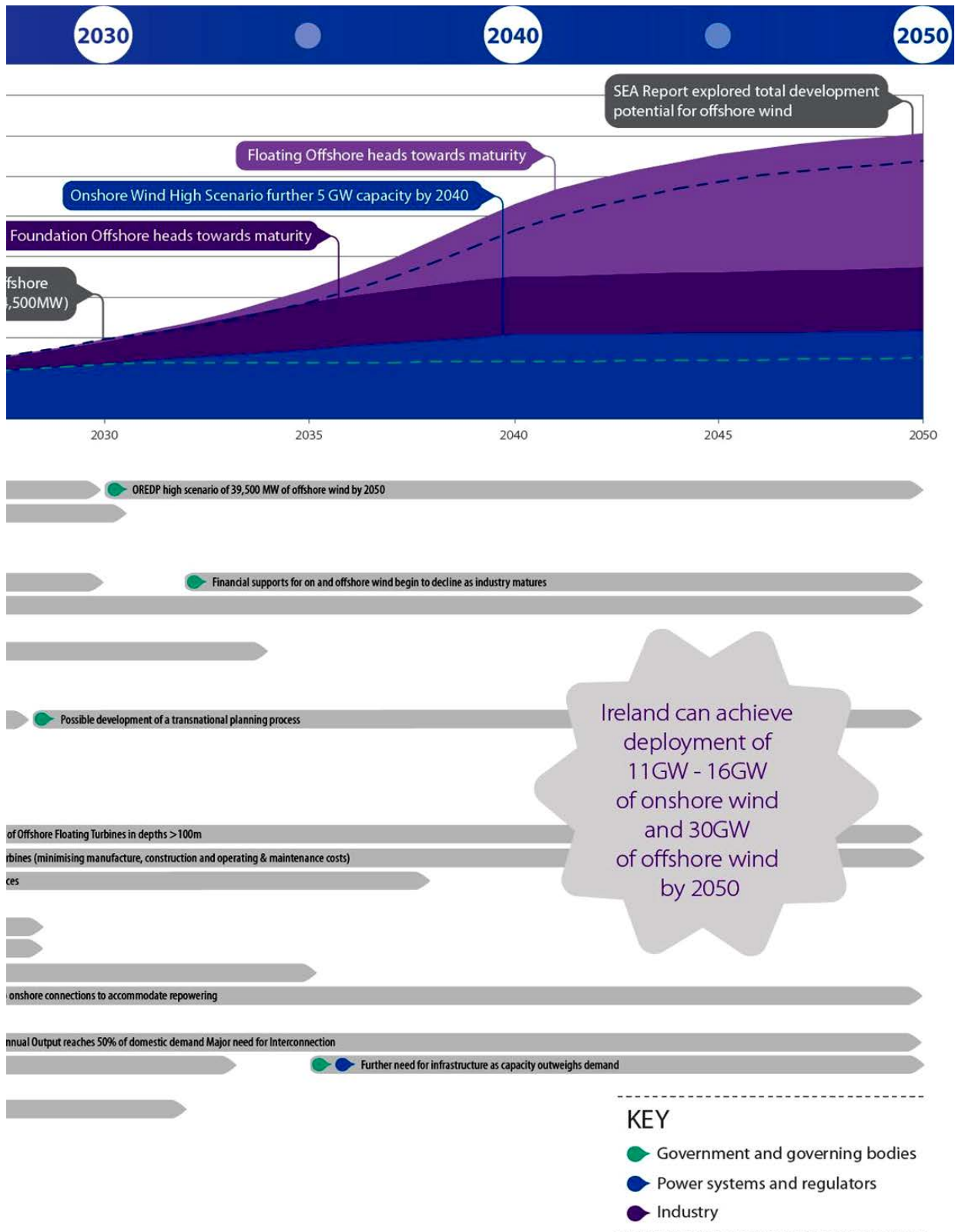
این نکته حائز اهمیت است که در کنار توسعه تکنولوژی ادغام توربین‌های بادی با شبکه برق، تکنولوژی ساخت توربین بادی نیز پیشرفت خواهد کرد. بنابراین این چشم‌انداز وجود دارد که در سال ۲۰۵۰ توربین‌های بادی با بازدهی بالاتر و در مقیاس توان‌های بزرگتر ساخته خواهد شد که موجب افزایش چشمگیر توان تولیدی از توربین بادی می‌شود. بنابراین سایت‌هایی که در حال حاضر در حال تولید توان هستند، این قابلیت را دارند که در آینده با توان و بازدهی بالاتر مجدداً توان تولید کنند. این فرآیند تولید مجدد توان که در توربین‌های بادی ساحلی لحاظ شده است، در سند راه از سال ۲۰۳۰ مورد بررسی قرار گرفته

است. ایرلند این پتانسیل را داراست که به عنوان صادرکننده اصلی برق تجدیدپذیر در بازار اروپا ظاهر شود؛ توسعه توربین بادی در این کشور با توجه به مطالعات انجام گرفته در سند راه منجر به ایجاد ۲۰۰۰۰ شغل جدید در زمینه نصب توربین بادی، بخش نگهداری و عملکرد و همچنین بخش بازار خواهد شد.

موانعی که در راه توسعه توربین بادی وجود دارند بازه گسترده‌ای شامل نرخ توسعه زیرساخت‌ها و امور مالی تا مشکلات در زمینه‌ی حفظ مجوزها در زمینه توسعه و همچنین مقبولیت توربین بادی در میان مردم را در بر می‌گیرد. نمای کلی سند راه توربین بادی در ایرلند در شکل‌های زیر نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود این سند راه در ۶ حوزه کلی سیاست‌ها، مشارکت و محیط زیست، تکنولوژی اجزا، صنعت، زیرساخت و توسعه بازار تدوین شده و تمامی تحولات و اقدامات تا سال ۲۰۵۰ در این سند راه با ارائه بازه زمانی نشان داده شده است.



شکل ۱-۴- سند راه انرژی باد ایرلند- بخش اول



شکل ۱-۵- سند راه انرژی باد ایرلند بخش دوم

۱-۳-۱-۳- سند راه انرژی باد فیلیپین [۹]

در سال ۲۰۰۸، در فیلیپین قانونی با عنوان قانون انرژی تجدیدپذیر تصویب شد که هدف این قانون در واقع تسریع روند توسعه منابع تجدیدپذیر به عنوان راهکاری برای استقلال در زمینه انرژی و کاهش میزان وابستگی به سوخت‌های فسیلی وارداتی بود. بنابر این قانون پروژه‌های تجدیدپذیر میزان زیادی کمک و حمایت مالی و غیرمالی دریافت کردند.

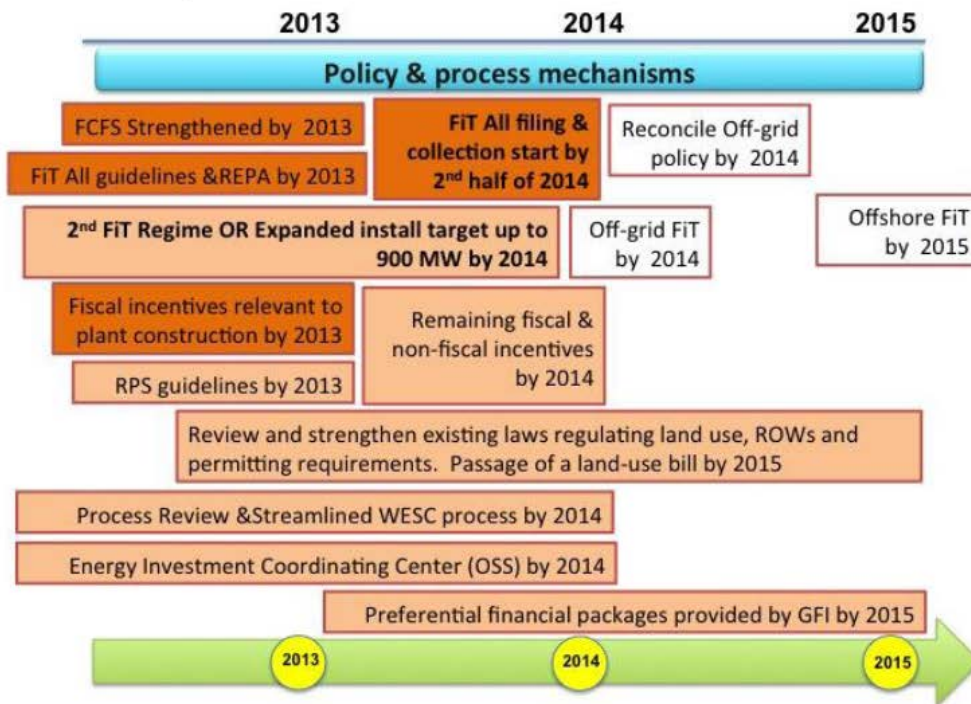
این قانون برای وارد کردن سرمایه‌گذاران و توسعه دهندگان انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله باد بسیار موفق بود؛ به گونه‌ای که در سال ۲۰۱۳، ۳۳۸ قرارداد با پتانسیل تولید ۵۷۲۳ مگاوات انرژی تجدیدپذیر در این کشور ایجاد شد و در حدود ۲۶۲ قرارداد دیگر با ظرفیت ۳۳۱۷ مگاوات در حال بازبینی هستند. در بخش باد، ۵۷ قرارداد از سال ۲۰۰۹ منعقد شده است که تعداد ۳۹ قرارداد از آن‌ها با ظرفیت ۱۶۶۲/۵ در حال فعالیت است.

در سال ۲۰۱۱ طرح انرژی‌های تجدیدپذیر ملی^۲ اجرا شد که بنا بر این طرح در طی بازه سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ میزان ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر بایستی ۳ برابر شود و از عدد ۵۴۳۸ در سال ۲۰۱۰ به ۱۵۳۰۴ مگاوات در سال ۲۰۳۰ افزایش پیدا کند که در این میان سهم افزایش میزان توربین‌های بادی ۲۳۴۵ مگاوات است.

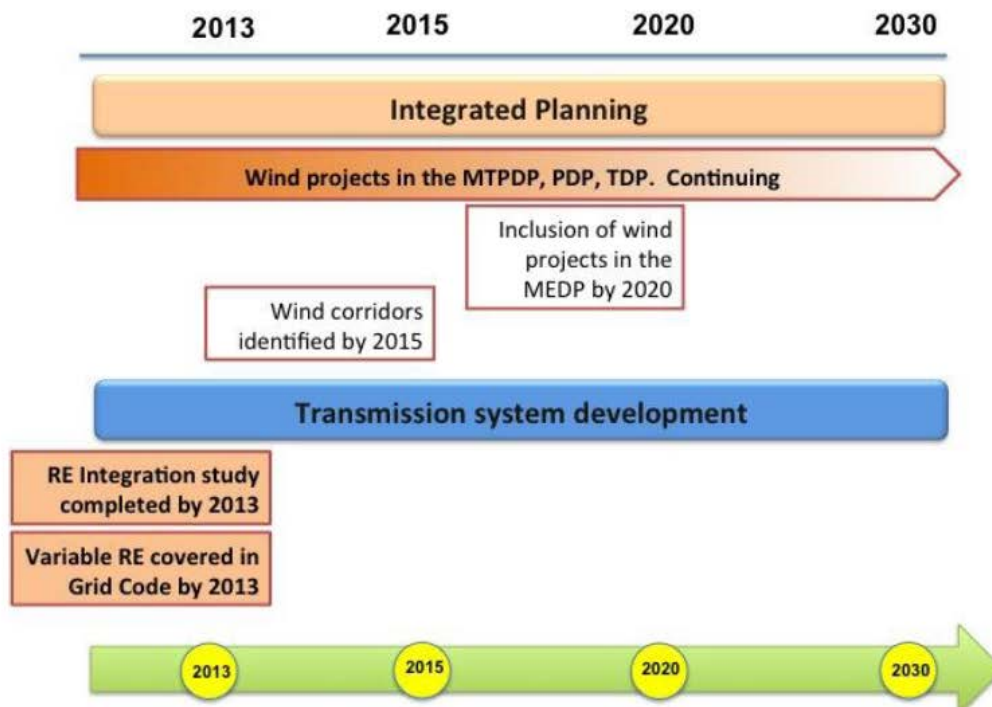
فعالیت‌ها و نقاط عطف کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در راستای رسیدن به این هدف تعریف شده است که از مهم‌ترین این اقدامات می‌توان به تغذیه در تعرفه^۳ ماندگار برای پروژه‌های توان بادی، نصب ۱ گیگاوات ظرفیت جدید تا سال ۲۰۱۵ و تساوی در تعرفه‌های باد به شبکه تا سال ۲۰۲۵ اشاره کرد.

نمای کلی سند راه انرژی باد فیلیپین در شکل ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده که این سند در چهار بخش کلی سیاست، توسعه سیستم انتقال و ادغام شبکه، ارزیابی منابع و اطلاعات عمومی و ظرفیت سازی و آموزش پرورش تدوین شده است.

1. Policy and Process Mechanisms

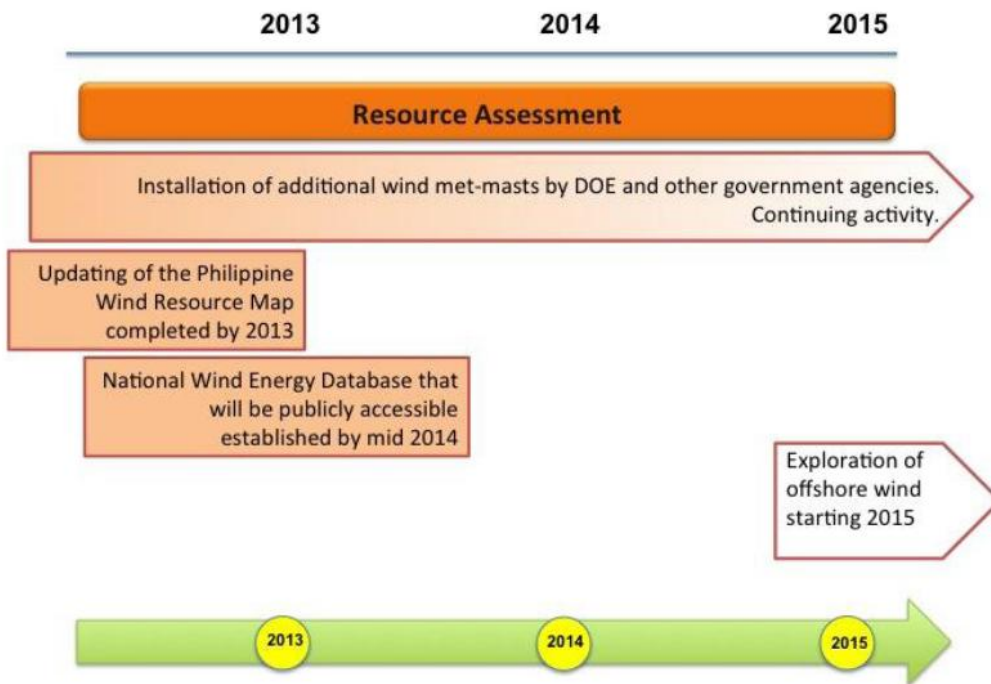


2. Integrated Planning and Transmission System Development

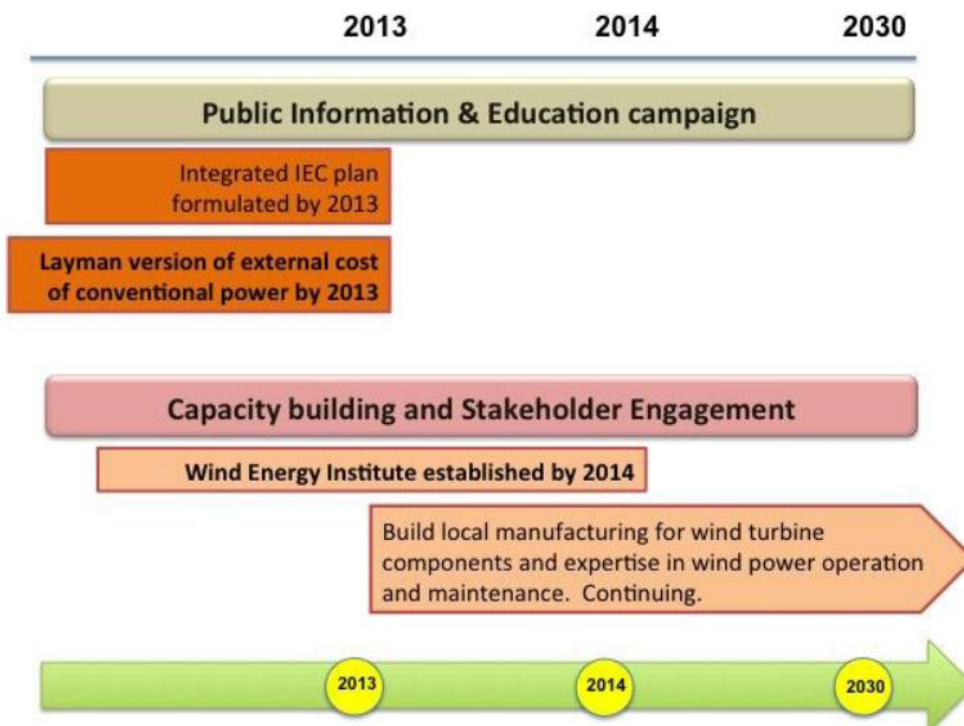


شکل ۱-۶- سند راه انرژی باد فیلیپین بخش اول

3. Resource Assessment



4. Public Information and Education Campaign; and Capacity Building and Stakeholder Engagement



شکل ۱-۷- سند راه انرژی باد فیلیپین - بخش دوم

۱-۳-۱-۴- سند راه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال [۱۰]

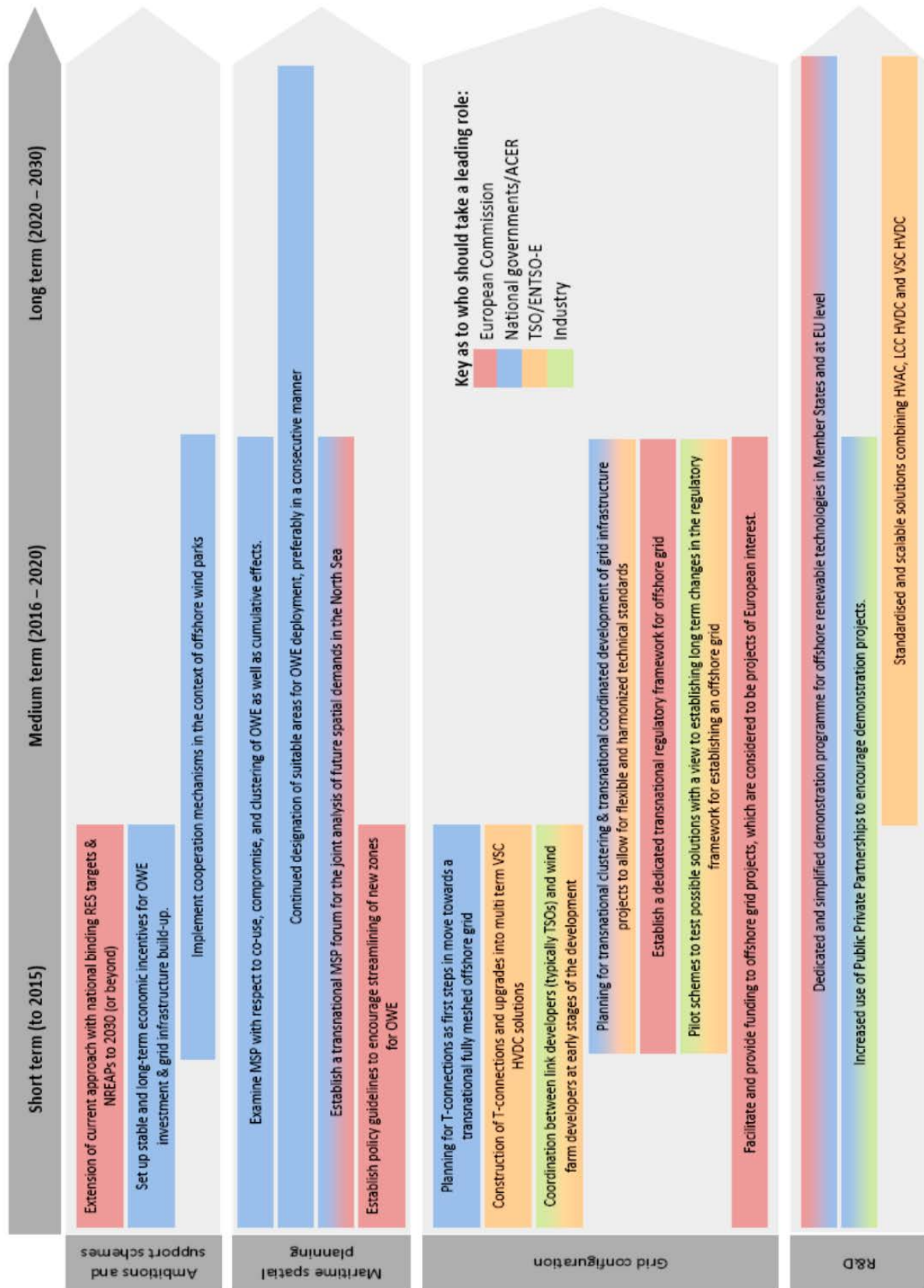
این سند راه با دو هدف ایجاد شده است: اولاً گذاشتن اهداف واقع‌گرایانه برای بهره‌گیری از توربین‌های بادی فراساحلی با کمترین اثرات سو بر سایر فعالیت‌هایی که در دریای شمال انجام می‌گیرند؛ ثانیاً مشخص کردن عملیات و نقاط عطف در جهت رسیدن به این اهداف.

کشورهای موجود در ساحل دریای شمال شامل بلژیک، دانمارک، آلمان، هلند، نروژ و انگلستان با چالش‌ها و فرصت‌هایی در راستای توسعه سریع انرژی بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال روبرو شده‌اند. در تدوین این سند راه ارزیابی بر روی گسترش پتانسیل استفاده از توربین‌های بادی فراساحلی طی سناریوهای مختلف انجام گرفته است تا دیدگاه بهتری از تأثیرات این توسعه به دست آید. بررسی تأثیر این توسعه در قالب سناریوهای مختلف، منجر به تطبیق با سیاست‌ها و راهکارها برای افزایش استفاده از توربین‌های بادی فراساحلی در مقیاس بزرگ خواهد شد.

فضای کافی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال وجود دارد، اما بسیاری از مناطق مناسب برای توربین‌های بادی فراساحلی توسط کاربران دیگر مورد استفاده قرار گرفته است. انتقال از بخش‌های نزدیک ساحل به بخش‌های عمیق‌تر دریا با مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه‌ی مربوط به ساخت توربین بادی مناسب برای این بخش‌ها و ایجاد شبکه انتقال برق فراساحلی مواجه خواهد شد.

در این سند راه این نتیجه حاصل شده است که رسیدن به ظرفیت ۱۳۵ گیگاوات از توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکز و جنوبی دریای شمال تا سال ۲۰۳۰ ممکن خواهد بود، با فرض این‌که در حدود ۳۲ گیگاوات توربین بادی فراساحلی تا سال ۲۰۲۰ توسط ۶ کشوره حاشیه دریای شمال ایجاد گردد. در بازه‌ی ۱۰ سال بعدی بایستی بیش از ۱۰۰ گیگاوات توربین بادی نصب شود. دستیابی به این هدف نیازمند تغییر روند سیاست‌ها و عملکردهای فعلی است که تا بازه‌ی زمانی ۲۰۳۰ برنامه ریزی شده است. این کشورها بایستی برای دستیابی به این ظرفیت فضای لازم را در دریای شمال برای نصب توربین‌های بادی ایجاد کنند و همین‌طور بایستی شبکه برق را برای انتقال برق از دریا به ساحل ایجاد نمایند؛ دستیابی به این چشم‌اندازها نیازمند همکاری و تعامل بیشتر بین کشورهای حاشیه دریای شمال است.

نمای کلی این سند راه در شکل زیر نمایش داده شده است، که این سند راه از چهار بخش مختلف شامل اهداف و طرح‌های پشتیبان، برنامه‌ریزی فضای دریایی، ساختار شبکه و R&D تشکیل شده است.



شکل ۱-۸- سند راه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در بخش مرکزی و جنوبی دریای شمال

۱-۳-۱-۵- سند راه انرژی باد اروپا ۲۰۲۰ [۱۱]

این سند راه انرژی باد در بازه‌ی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ تدوین شده است و اهداف این سند عبارتند از:

حفظ برتری تکنولوژیکی اروپا در صنعت باد توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی

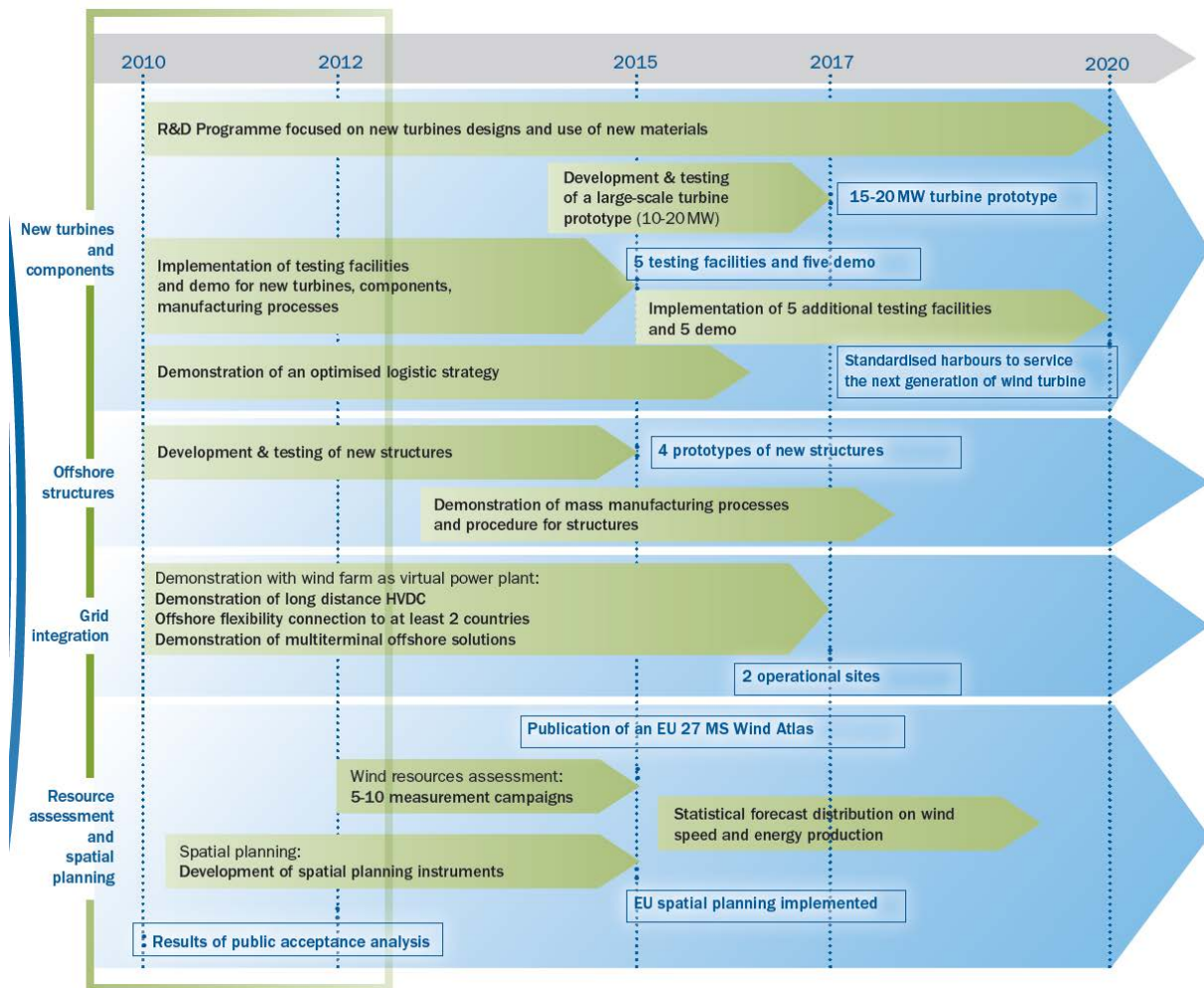
تبدیل کردن صنعت بادی ساحلی به رقابتی‌ترین منبع انرژی تا سال ۲۰۲۰ و صنعت بادی فراساحلی تا سال ۲۰۳۰

رساندن انرژی بادی به سهم ۲۰ درصد از کل برق مصرفی

ایجاد ۲۵۰۰۰۰ فرصت شغلی جدید

برای رسیدن به این اهداف سند راه انرژی بادی در بخش‌های مختلف از جمله تحقیق و توسعه در توربین‌های بادی جدید و اجزاء، تکنولوژی فراساحلی، ادغام شبکه، ارزیابی منابع و برنامه ریزی فضای لازم برای نصب توربین تدوین شده است. نمایی از سند راه انرژی باد در اروپا سال ۲۰۲۰ که در بخش‌های بالا تدوین شده است، در شکل ۸ مشخص است.

این سند راه در راستای کاهش هزینه بهره‌برداری از انرژی بادی تنظیم شده است و بهره‌برداری از توربین‌های بادی در مقیاس بزرگ را آسان خواهد کرد و همچنین عملکرد در راستای این سند راه فضای امن تکنولوژیکی بلند مدت برای اروپا و برتری در بازار را به دنبال خواهد داشت.



شکل ۱-۹- سند راه انرژی باد اروپا

۱-۳-۱-۶- سند راه انرژی کالیفرنیا ۲۰۲۰ [۱۲]

هدف این سند راه، مشخص کردن حوزه‌های اصلی تمرکز برای تحقیقات آینده، توسعه و در واقع نمایشی برای گروه تجدیدپذیر PIER است که در راه رسیدن به اهداف سیاست‌های انرژی راهگشاست. هدف اصلی در سند راه تامین حداقل ۳۳ درصد از برق در سیستم‌های انرژی کالیفرنیا تا سال ۲۰۲۰ است. با در نظر گرفتن این مهم که برای مصرف کنندگان و تامین کنندگان انرژی سرویس‌های انرژی پاک، مطمئن و ارزان تامین شود.

این سند راه با استفاده از طیف وسیعی از داده‌ها تهیه شده است. کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای به عنوان یک هدف مهم در تدوین این سند راه لحاظ شده است. این سند راه شامل تکنولوژی‌ها و منابع تجدیدپذیر زیر می‌باشد:

انرژی‌های تجدیدپذیر به اشتراک گذاشته شده، باد، زمین گرمایی، bio power، سوخت‌های زیستی، سلول خورشیدی، نیروگاه خورشیدی، برق آبی، اقیانوس/موج/جزر و مد، باد تولید پراکنده و جایگزینی گاز طبیعی با انرژی‌های تجدیدپذیر.

این سند راه از ۵ جز اصلی تشکیل شده است: اهداف سیاست گذاری، چشم‌انداز^۴، پلت فرم^۵، اهداف استراتژیک و نقاط عطف. چهار پلت فرم با اهداف استراتژیک، برای تنظیم فعالیت‌های تحقیقاتی تعریف شده است که شامل منابع تولید و تکنولوژی، ادغام شبکه، مصارف پایانی و تحولات بازار می‌باشند. تکنولوژی تولید از تجاری شدن تکنولوژی‌های پشتیبانی خواهد کرد، ادغام شبکه منجر به ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر با شبکه برق خواهد شد، نگاه به مصارف پایانی منجر به تطبیق انرژی تجدیدپذیر با مصرف کنندگان پایانی خواهد شد و تحولات بازار از مکانیزم‌ها و سیاست‌های بازار مناسب پتیبانی خواهد کرد.

در شکل زیر نمایی از سند راه انرژی تجدیدپذیر کالیفرنیا برای سال ۲۰۲۰ نشان داده شده است.

۱-۳-۱-۷- سند راه ۲۰ ساله برای تکنولوژی توربین‌های بادی کوچک آمریکا [۱۳]

بسیاری از خانه‌ها، کشاورزان و صاحبان کسب و کارهای کوچک در آمریکا این آرزو را دارند که بتوانند برق خود را از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر پاک خودشان تامین نمایند. آن‌ها در پی انتخاب نحوه‌ی تولید برق هستند با توجه به این که این روش چه آثار محیطی‌ای در پی خواهد داشت. ۹۱ درصد از شهروندان آمریکا از سرمایه گذاری در منابع جدید انرژی از قبیل منابع بادی، خورشیدی و پیل‌های سوختی حمایت می‌کنند.

با توجه به توسعه بیشتر صنعت باد، توربین‌های بادی کوچک برای بسیاری از این افراد بهترین انتخاب برای رسیدن به این هدف است. یک پارامتر بسیار مهم برای رسیدن به این هدف، تجاری ساختن توربین‌های بادی کوچک در قیمتی است که توجیه پذیر باشد. رسیدن به این مهم نیازمند فعالیت در بخش‌های مختلف از جمله سیاست گذاری، توسعه تکنولوژی و توسعه بازار است.

توسعه توربین‌های بادی کوچک علاوه به کمک به شهروندان آمریکایی برای تامین برق خود به صورت مستقل، در جهت کمک به افرادی در سرتاسر جهان که دسترسی به برق ندارند، بسیار حائز اهمیت است. نمایی از سند راه توسعه توربین‌های بادی کوچک در قالب اقداماتی که بایستی در سه بازه‌ی زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت انجام شود در شکل ۱۰ ارائه شده است.

	Technology Actions	Market Actions	Policy Actions
Near-Term (0-3 years)	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce costs by new turbine development activity for low wind speed sites and new component development for SWT - Research reliability concerns such as lightning, corrosion, bearing lubrication, alternator winding insulation, electronics - Continue focused long-term research unique to SWT - furling, durability, blade aerodynamics, noise, and power electronics - Develop packages with other distributed generation and storage technologies 	<ul style="list-style-type: none"> - Develop nationally recognized standards for participation in stimulus programs - Publish SWT articles in cornerstone magazines such as <i>Scientific American</i>, to create more "SWT buzz" - Revise new U.S. wind maps for SWT, 30 m hub height and .25 shear, new legends - Explain turbine micro-siting - Provide information to remove misconceptions about the wind resource - Incorporate the value of environmental attributes of small wind into electricity prices 	<ul style="list-style-type: none"> - Develop a strategy to work with state policies for inclusion of small wind - Develop a national policy for an SWT tax credit - Work to eliminate zoning restrictions - Develop model zoning ordinances and blueprint templates of zoning regulations, interconnection agreements, and other policies - Work to reduce excessive interconnection requirements
Mid-Term (4-10 years)	<ul style="list-style-type: none"> - Work to improve the reliability and reduce the cost of power electronics - Work to eliminate noise from small turbine designs - Develop consumer-friendly performance predictions - Improve analytical design tools - Continue the development of packages with other distributed generation and storage technologies 	<ul style="list-style-type: none"> - Update national market study - Characterize the export potential for U.S. manufacturers and work with multilateral development programs - Establish consumer-friendly customer financing programs, including lease options - Increase the number of products available (models and size range) for different market segments - Increase outreach and education 	<ul style="list-style-type: none"> - Influence/develop new state and national incentives - Disseminate and expand information on zoning regulations, interconnection agreements, and net metering rules - Develop a more consumer-friendly national interconnection standard
Long-Term (11+ Years)	<ul style="list-style-type: none"> - Develop hydrogen-based systems - Develop blackout protection strategies - Establish links with storage and other power technologies 	<ul style="list-style-type: none"> - Stimulate the emerging micro-power revolution, of which SWTs are part 	<ul style="list-style-type: none"> - Develop policies to help deliver higher service levels to rural customers
Crosscutting (Ongoing)	<ul style="list-style-type: none"> - Continually work to reduce cost and improve reliability - Continue to develop standards for reliability, durability, and longevity 	<ul style="list-style-type: none"> - Continue to develop standards for reliability, durability, and longevity 	<ul style="list-style-type: none"> - Continue to develop standards for reliability, durability, and longevity

شکل ۱-۱۱- سند راه توسعه توربین‌های بادی کوچک

۱-۳-۱-۸- سند راه انرژی تجدیدپذیر IRENA [۱۴]

در سال ۲۰۱۱، انرژی‌های تجدیدپذیر برای همه (SE4ALL) با سه هدف کلی در چشم‌انداز سال ۲۰۳۰ راه‌اندازی شد:

حصول اطمینان از دستیابی به سرویس‌های انرژی نوین

دو برابر کردن نرخ بهبود در کارایی انرژی

دو برابر کردن سهم انرژی تجدیدپذیر

سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر ۲۰۳۰ در واقع راهکار IRENA برای دستیابی به هدف سوم است. این سند راه به این نتیجه رسیده است، که دستیابی به این هدف در سال ۲۰۳۰ دور از انتظار نیست و حتی امکان مقادیر بیشتر مصرف انرژی تجدیدپذیر وجود دارد.

در این سند پیش‌بینی شده است که اگر کشورها با روند مصرف انرژی حال حاضر خود ادامه دهند و سیاست‌های کنونی خود را تغییر ندهند میزان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر از رقم ۱۸ درصد در حال حاضر تنها به رقم ۲۱ درصد در سال ۲۰۳۰ دست خواهد یافت و به هدف ما یعنی رقم ۳۶ درصد نخواهد رسید. بنابراین لزوم رسیدن به این هدف تغییر سیاست کلی کشورها در مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر است.

سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر با همکاری ۴۲ کشور در سطح جهانی انجام شده است و به این نتیجه دست یافته است که در مقایسه با سیستم‌های انرژی بر پایه سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای سلامتی بهتر است، فرصت‌های شغلی بیشتری را فراهم می‌کند و میزان انتشار کربن را کاهش می‌دهد. این ۴۲ کشور در ۵ قاره مختلف انتخاب شده‌اند و دید کاملی از رویکرد کشورهای مختلف با شرایط گوناگون نسبت به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را ارائه داده‌اند و در واقع این مهم نشان دهنده دقت موجود در مطالعات انجام گرفته برای تدوین سند راه در سطح جهانی است.



شکل ۱-۱۲- کشورهای موجود برای تدوین سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح جهانی

مشخصاً کشورهای شرکت کننده در تدوین این سند راه، با یکدیگر متفاوت هستند و راهکارهای متفاوتی برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در این کشورها وجود دارد. سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر ۲۰۳۰ در واقع پیش درآمدی برای کشورها است تا آینده‌ی بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر را مطابق با شرایط خود تنظیم کنند.

در حال حاضر ۷۵ درصد از کل انرژی تجدیدپذیر مصرفی را بیوماس تشکیل می‌دهد، که درصدی از آن‌ها تجدیدپذیر هم نیستند. در صورتی که استفاده از این بیوماس کاهش پیدا کند و انرژی‌های تجدیدپذیر نوین جایگزین آن گردد، قیمت تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر نوین کاهش و استفاده از آن‌ها افزایش می‌یابد.

اگر روند کنونی ادامه پیدا کند، سطوح استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بین ارقام ۱ تا ۴۳ درصد و با متوسط ۲۱ درصد در سال ۲۰۳۰ خواهد بود؛ چنانچه از پیشنهادهای سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شود این بازه در سال ۲۰۳۰ بین ۶ تا ۶۶ درصد و با میانگین ۲۷ درصد برای این کشورها و در مقیاس جهانی ۳۰ درصد خواهد شد.

با به کارگیری این راهکارها امکان تغییر در سطح اقتصاد یک کشور به وجود می‌آید و در سطح کلی مزایای اقتصادی-اجتماعی از قبیل تعدیل شرایط آب و هوایی، بهبود شرایط سلامتی و ایجاد فرصت‌های شغلی امکان‌پذیر خواهد شد.

نمای کلی نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر در شکل زیر نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، این نقشه راه در سه بخش کلی شاخص‌های تکنولوژی، مالی و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است.

	Units	2000	2012	REmap 2020	REmap 2030	Reference case 2030	REmap / Reference (%)	CAGR: 2000-2012 (%/yr)	CAGR: 2012-2030 (%/year)	Indicators for REmap 2030
Technology indicators										
Hydropower (excl. pumped storage)	(GW _e)	689	1004	1350	1600	1508	6	3.2	2.6	
Pumped hydro	(GW _e)		150	225	325	306	6	N/A	4.4	
Wind onshore	(GW _e)	17	283	600	1404	900	56	26.4	9.3	300 000 of 5 MW _e plants
Wind offshore	(GW _e)		6	50	231	68	242	N/A	22.5	
Solar PV	(GW _e)	8	100	400	1250	441	184	23.5	15.1	12.5 million of 100 kW _e plants
CSP	(GW _e)	0	3	15	83	52	62	7.6	21.5	830 of 100 MW _e plants
Biomass power	(GW _e)	35	83	139	390	170	129	6.7	8.9	
Geothermal	(GW _e)	8	11	25	67	26	162	3.1	10.6	
Ocean	(GW _e)	-	1	3	9	2	519	-	17.3	
Biomass, traditional	(EJ/yr)	28	27	20	12	29	-58	-0.0	-4.3	
Biomass, advanced for cooking	(EJ/yr)		1	4	4	2	88	10.4	8.4	270 million 5 kW _m cookstoves
Biomass heat from cogen for ind/DH	(EJ/yr)	1	3	4	14	6	129	10.2	9.8	
Biomass pellets for heating	(EJ/yr)	0.1	1	2	3	2	49	48.6	5.8	16 million 20 kW _m household boilers
Biomass chips logs etc. for heating buildings	(EJ/yr)		5	5	6	4	49	6.4	1.0	31 million 20 kW _m household boilers
Biomass boilers industry incl. biogas	(EJ/yr)	4	4	5	7	7	0	-1.0	3.4	0.7 million 1 MW _m industrial boilers
Biofuels transport	(billion litres/yr)	18	105	214	650	287	127	15.9	10.7	15% of global transport fuel use
Biomass use, total	(EJ/yr)	43	51	61	108	79	37	1.4	4.3	20% of total primary energy supply
Solar thermal area (2005 data)	(million m ²)	157	446	1162	4 029	1532	163	11.3	13.0	
Share in buildings	(%)	100	99	91	67	97	-31	-	10.5	
Share in industry	(%)	-	1	9	33	3	968	-	41.8	
Geothermal heat	(EJ/yr)	0.2	0.5	0.7	1.2	0.6	86	9.6	4.3	
Heat pump	(GW _m)	N/A	50	177	474	300	58	N/A	13.3	
Number of heat pumps	(mln)	N/A	4	15	40	25	58	N/A	13.3	
Battery storage	(GW _e)	N/A	2.0	25	150	73	105	N/A	27.1	5% of total variable renewables capacity
EV, PHEV	(mln)	N/A	0.2	25	160	69	133	N/A	45.8	10% of the total passenger car fleet
Financial indicators										
Net incremental system cost	(billion USD/yr)				133	0.9%	of 2011 gross fixed capital formation (15.5 trillion)			
Net incremental investment needs	(billion USD/yr)				265	1.7%				
Subsidy need	(billion USD/yr)		101		315	58%	of 2012 fossil fuel subsidies (of 544 billion)			
Fossil fuel subsidies	(billion USD/yr)		544							
Regional indicators (based on REmap 2030)										
Global - Modern RE (excl. Trad. Biomass)	(%)		9		27	14				
Global - Modern + Access	(%)				30					
Global - Modern + Access + EE	(%)				34					
Global - Modern + Access + EE + "RE+"	(%)				>36					

Note: Transition indicators for technology deployment, investment and regional deployment, and renewable energy shares provided in the policy indicators refer to REmap 2030, thereby excluding the full implementation of SE4ALL objectives of doubling the energy efficiency improvements and modern energy access.





فصل ۲ - تدوین مبانی سند

مقدمه

از آنجا که سیستم در زمینه‌های کاربردی مختلف قابل پیاده‌سازی است، تعریف سیستم در راستای تدوین سند راهبردی توسعه فناوری ضروری است. بایستی در این تعریف محدوده سیستم از حیث سطح تحلیل، افق زمانی برنامه‌ریزی و هم‌چنین حوزه‌های دانشی و ساختاری مشخص گردد. سطح تحلیل در واقع سطح تاثیرگذاری سند تدوین شده بر روی محیط را مشخص می‌کند، که خود به سه دسته‌ی منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم می‌شود. افق برنامه‌ریزی تعیین کننده بازه زمانی رسیدن به اهداف سند راه تدوین شده است، که در سه گروه کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت جای می‌گیرد. از طرف دیگر حوزه‌های دانشی و ساختاری نمایانگر اجزای تشکیل دهنده‌ی سیستم است و در واقع تعیین کننده زیرشاخه‌هایی از سیستم اصلی است که در آن اهداف تعریف و سند تدوین می‌شود [۱۵].

در گام اول در این فصل به منظور تدوین مبانی سند، ضرورت و توجیه پذیری توسعه صنعت باد، سطح تحلیل، افق زمانی برنامه‌ریزی و حوزه‌های دانشی و ساختاری تعریف و با توجه مستندات موجود و وضعیت صنعت بادی در کشور تعیین خواهد شد. در بخش دیگر این فصل مشخص‌های فناوری تبیین خواهد شد.

هرچند بهره برداری از انرژی بادی به هزاران سال قبل باز می‌گردد، اما جوامع معاصر رفع نیازمندی‌های خود را به انرژی و الکتریسیته، عمدتاً مبتنی بر سوخت‌های فسیلی قرار داده اند. از سوی دیگر طی سی سال گذشته بار دیگر، به دلیل موضوعاتی چون امنیت انرژی و مسائل زیست محیطی، علاقمندی به بهره‌مندی از انرژی بادی بالا گرفت.

در این بخش به مسیر پیموده شده این تکنولوژی، گام‌های طولانی و دشوار توسعه انرژی بادی تا رسیدن به مزارع بادی عظیم فراساحلی در سرتاسر جهان، با تاکید بر چشم اندازها و چالش‌های اصلی برای رسیدن به هدف ۱۰۰۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ خواهیم پرداخت.

بنابراین در ادامه در این فصل، موضوع تاریخچه و چرخه عمر فناوری (از دو دیدگاه) و وضعیت بازار سال گذشته بررسی شده، همچنین ابعاد و مشخصه‌های ماهوی فناوری برق بادی در سه دسته (ارزیابی باد، توربین و مزرعه بادی و فراساحلی) و منشا تغییرات آن‌ها بررسی می‌شود. مراکز تست توربین و فناوری‌هایی که احتمالاً در آینده دورتر به این صنعت شکل می‌بخشد هم فراموش نشده و در پایان موضوع حرکت‌های پارادایمی و منشا تغییرات در صنعت مورد بحث قرار خواهد گرفت.



تحلیل سند راهبردی انرژی باد، ابتدا سند راهبردی کشورهای دیگر از حیث تعیین سطح تحلیل جغرافیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ سپس محدوده تدوین سند راهبردی انرژی باد مشخص می‌گردد.

با توجه به رویکرد سایر کشورهایی که سند راه انرژی بادی را تدوین کرده‌اند و در بخش پیشین مورد بررسی قرار گرفته‌اند، بسیاری از این کشورها در سطح ملی مطالعه‌ی خود را به انجام رسانده‌اند. در میان کشورهای مطالعه شده کشورهای فیلیپین و چین کشورهای در حال توسعه هستند [۱۶]. وضعیت کشور چین از لحاظ صنعت بادی بسیار پیشرفته است زیرا این کشور ۴ سازنده‌ی برتر توربین بادی را داراست و همچنین ظرفیت زیادی را از لحاظ توربین نصب شده داراست؛ با این حال سند راه انرژی باد تدوین شده در این کشور، در سطح ملی تعیین شده است و در زمینه توسعه این فناوری در سطح کشور برنامه ریزی کرده است. در مورد فیلیپین ظرفیت نصب شده توربین بادی در این کشور، تا سال ۲۰۱۲ برابر ۳۲/۷ مگاوات بوده است در حالی که ظرفیت توان بادی این کشور در حدود ۷۶ گیگاوات تخمین زده شده است [۱۷].

بنابراین به صورت مشابه این کشور نیز نیازمند عملکردهای زیرساختی و برنامه ریزی در جهت استفاده از منابع بادی است؛ همان طور که در سند راه انرژی بادی این کشور مشاهده می‌شود این کشور نیز برنامه ریزی را در سطح ملی انجام داده است و در واقع اهمیت و نقش توسعه صنعت بادی را در سطح ملی در این مرحله با اولویت بیشتری نسب به برنامه ریزی فراملی لحاظ کرده است.

از طرف دیگر سایر کشورهای توسعه یافته مورد مطالعه مانند آمریکا ابتدا صنعت بادی را در کشور خود مورد مطالعه قرار داده‌اند و سپس برنامه‌ریزی مربوط به صادرات این توربین‌های بادی به کشورهای دیگر را انجام داده‌اند.

با توجه به شرایط موجود در مورد وضعیت صنعت بادی در ایران که یک صنعت نو ظهور است، تعیین محدوده‌ی ملی برای تبیین سند راه باد بهترین گزینه است. بنابراین در تبیین سند راهبردی انرژی بادی کشور سطح جغرافیایی مطالعه ملی انتخاب می‌شود.

تبیین افق برنامه‌ریزی

اسناد راهبردی بایستی فراتر از زمان حال، برای فناوری مورد نظر برنامه‌ریزی نمایند. در نظر گرفتن این افق‌های زمانی می‌تواند تغییرات احتمالی را که بر فناوری مورد مطالعه اثر می‌گذارند را لحاظ کند. افق برنامه‌ریزی می‌تواند بلند مدت ۱۵-۲۵ ساله، میان مدت ۵ تا ۱۵ ساله و یا کوتاه مدت ۱ تا ۵ ساله باشند.

در مطالعه‌ای که بر روی سند راه انرژی باد و همچنین انرژی تجدیدپذیر سایر کشورها انجام گرفت، مشاهده شد که افق زمانی مطالعه و تدوین سند راه انرژی بادی در این کشورها در بازه‌های زمانی متفاوت تعریف شده است. در کشور چین، افق زمانی سند راه انرژی باد تا سال ۲۰۵۰ تدوین شده است. کشور چین، یک کشور در حال توسعه در مقیاس جهانی معرفی شده است، ولی ذکر این نکته ضروری است که در مورد صنعت توربین بادی کشور چین یک کشور پیشرو محسوب می‌شود، به گونه‌ای که همان طور که در ادبیات موضوع مطرح شد، در عرض ۴ سال کشور چین پیشرفت شگرفی در زمینه صنعت بادی کرده است و ظرفیت نصب شده توربین بادی در این کشور از رقم ۱۰ به ۴۹ درصد افزایش یافته است.

بنابراین در جایگاه مقایسه اگرچه کشور چین یک کشور در حال توسعه است که در زمان کم به پیشرفت شگرفی دست یافته و لیکن سطح صنعت توربین بادی در این کشور در ابتدای تدوین سند راه بسیار وضعیت متفاوتی با وضعیت حال حاضر ایران دارد، بنابراین انتخاب افق سالانه ۲۰۵۰ افق مناسبی برای وضعیت بررسی سیر تحولات و همچنین برنامه ریزی در ایران نیست. به صورت مشابه در تدوین سند راه انرژی بادی در کشور ایرلند بازه‌ی زمانی تا سال ۲۰۵۰ در نظر گرفته شده است. کشور ایرلند بر اساس معیارهای جهانی کشوری توسعه یافته و در بین ۱۰ کشور برتر توسعه یافته در جهان محسوب می‌شود. در زمینه صنعت بادی نیز این کشور پیشرو است. و برنامه ریزی در این کشور برای افزایش ظرفیت توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی به میزان چشم گیر و تبدیل شدن به قطب اصلی تولید توان بادی در اروپا انجام گرفته است.

از طرف دیگر کشور فیلیپین که همان طور که در بخش پیشین مورد بحث قرار گرفت، شباهتی از لحاظ در حال توسعه بودن، تدوین قانون در جهت بهره گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و هدف گذاری برای توسعه توربین بادی در جهت استفاده از پتانسیل بالای توان بادی در این کشور دارد، افق مطالعه و برنامه ریزی را تا سال ۲۰۳۰ عنوان کرده است.

برنامه ریزی در سطح جهانی برای انرژی‌های تجدیدپذیر و مطالعات سند راه انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰ انجام گرفته و در واقع وضعیت کشورهای مورد مطالعه از نظر روند تحولات در راستای انرژی‌های تجدیدپذیر در این بازه انجام گرفته است. این مطالعه قشر مختلفی از کشورها از جمله کشورهای توسعه یافته و همین طور کشورهای در حال توسعه را با وضعیت‌هایی متفاوت در زمینه بهره مندی از تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر شامل می‌شود. و در واقع بهترین بازه‌ی زمانی برای برنامه ریزی برای تمامی این کشورها را تا سال ۲۰۳۰ در نظر گرفته است، که در قالب تعریف ارائه شده در قسمت اول بازه‌ی میان مدت است.

با توجه به نکات بالا و ضرورت بهره گیری از انرژی باد به صورت چشم گیر به علت کاهش یافتن منابع سوخت فسیلی بهترین افق زمانی برای مطالعه افق زمانی سال ۲۰۳۰ می باشد. در این افق زمانی میان مدت، برنامه ریزی و بررسی سیر تحولات به صورت جداگانه در حوزه های مختلف سند راه انرژی بادی انجام می گیرد؛ عملکردهای کوتاه مدت و میان مدت به منظور افزایش توان بادی نصب شده در ایران برنامه ریزی خواهد شد.

تبیین حوزه های دانشی و ساختاری

در سند راه مفاهیم مختلف ابتدا بایستی حوزه های کلی دانشی و ساختاری مربوط به فناوری تبیین گردد، تا بتوان به صورت دقیق و جامع در زمینه های مختلف مرتبط با یک فناوری برنامه ریزی کرد و روند تغییرات و تحولات در آینده آن بخش را مشخص نمود. این امر موجب دقت بیشتر سند راه شده زیرا یک فناوری را از جهات مختلف می توان مورد بررسی قرار داد و گروه بندی مطالب مربوطه سبب برنامه ریزی کامل و همه جانبه ای می شود.

در مطالعه سند راه های کشور دیگر این حقیقت مشاهده شد که بنابر سطح صنعت بادی در این کشورها و اهداف این کشور از تدوین سند راهبردی حوزه های متفاوتی در سند راه انرژی بادی در گروه گسترده ای تعریف شده است. این تقسیم بندی برای سند راه های متفاوت در زیر خلاصه شده است:

چین: توربین بادی - اجزای اصلی - فرا ساحلی - مزرعه بادی

کالیفرنیا: منابع و تکنولوژی - ادغام شبکه - مصارف پایانی - تحولات بازار

دریای شمال: اهداف و طرح های پشتیبان - برنامه ریزی فضای دریایی - ساختار شبکه - R&D

اروپا: تحقیق و توسعه در توربین های بادی جدید و اجزا تکنولوژی فرا ساحلی - ادغام شبکه - ارزیابی منابع و برنامه ریزی فضای لازم برای نصب توربین

ایرلند: سیاست ها - مشارکت و محیط زیست - تکنولوژی اجزا - صنعت - زیر ساخت - توسعه بازار

فیلیپین: سیاست - توسعه سیستم انتقال و ادغام شبکه - ارزیابی منابع - اطلاعات عمومی و ظرفیت سازی و آموزش و

پرورش

همان طور که مشاهده شد، تعریف حوزه های سند راه انرژی باد در سند راه های متفاوت در ابعاد جغرافیایی منطقه ای، ملی و فراملی به شکل متفاوت انجام گرفته است. به گونه ای هر کشور با توجه به اهداف خود در تدوین سند راهبردی انرژی باد

حوزه‌های متفاوتی را در ارتباط با صنعت باد لحاظ کرده و در تمامی این حوزه‌ها روند تحولات و برنامه ریزی‌های لازم را ارائه کرده است.

از آن‌جا که صنعت باد یک صنعت نوپا در ایران است، لزوم بررسی تحولات در تمامی بخش‌هایی که مرتبط با صنعت باد هستند اجتناب ناپذیر است. بنابراین بایستی تمامی حوزه‌های دانشی و ساختاری مرتبط با صنعت باد بررسی شده و روند تحولات در این حوزه‌ها و برنامه ریزی‌های لازم در آن‌ها انجام گیرد.

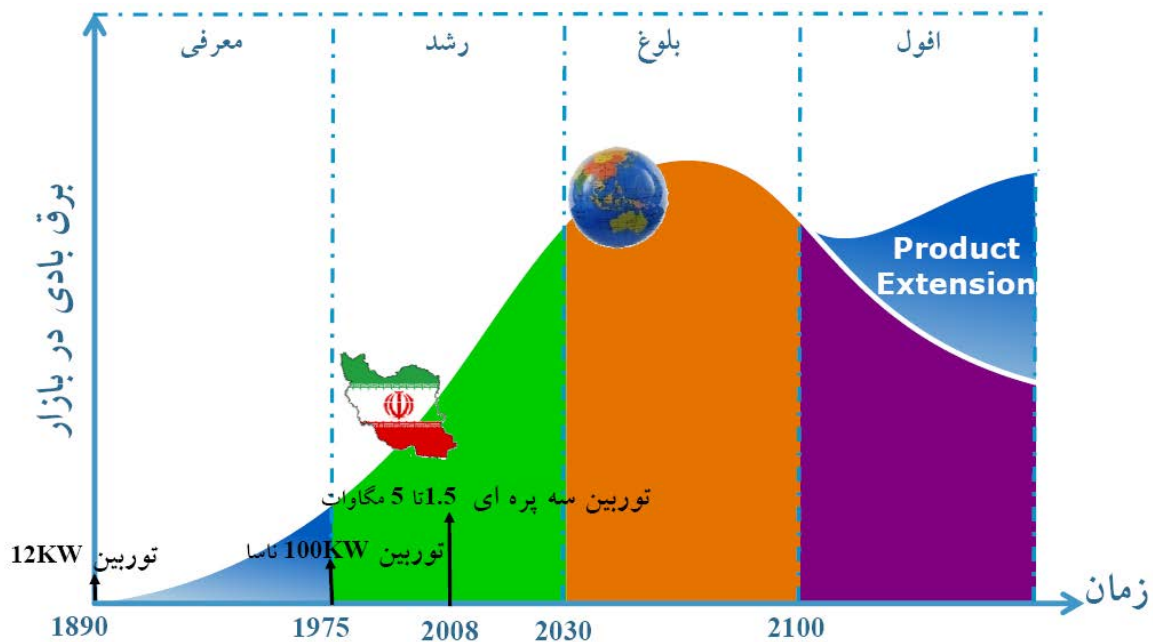
در جدول سه زیر حوزه اصلی صنعت باد، همراه با زیر شاخه‌های اصلی ارائه شده است. این مفاهیم در گزارش‌های بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

جدول ۱-۲- حوزه‌های دانشی و ساختاری انرژی بادی

فرهنگ سازی سیاسی	
فرهنگ سازی عمومی	
پیوستن به حرکت جهانی	آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی
فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	
توسعه صنعتی	
توربین و اجزاء	تکنولوژی توربین بادی
ظرفیت توربین بادی	
بهینه سازی تکنولوژی	
حمل و نقل و نصب	
نگهداری و تعمیرات	
توربین های فراساحلی	
تست توربین بادی	
فرآوری برق	
بازیافت	
پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی		آماده سازی زیرساخت های فنی
توسعه و بهبود شبکه برق کشور	

۲-۲-۱-۱- چرخه عمر ۲۱۰ ساله دانشگاه تولدو

بر اساس تاریخچه گفته شده بالا و شرایط حال حاضر، می‌توان تاریخ فناوری برق بادی را به یک دوره ۸۵ ساله اکتشاف، از ۱۸۹۰ تا ۱۹۷۵ و یک دوره شتاب ۵۵ ساله از ۱۹۷۵ تا ۲۰۳۰ و یک دوره بلوغ، از ۲۰۳۰ تا ۲۱۰۰ تقسیم بندی کرد [۱۸]. تز اصلی در این تقسیم بندی، زمان رسیدن به نقطه‌ای است که بدون مشوق‌های مالیاتی، تولید برق بادی رقابت‌پذیر باشد.



شکل ۲-۱-۱- چرخه عمر فناوری برق بادی برگرفته از دانشگاه تولدو آمریکا [۱۸]

در ایالات متحده، هزینه تولید برق بادی برای نصب‌های ساحلی (بدون شمول کمک مالیاتی)، از ۴۰ سنت به ازای هر کیلووات در سال ۱۹۹۵ به ۷ سنت در هر کیلووات در سال ۲۰۰۵ رسید. این امر ناشی از فشار نوآوری از طریق R&D و تجاری سازی بود که از دهه ۱۹۸۰ آغاز شده بود [۱۸].

از نقطه نظر تجاری و سازمانی، توربین‌های اولیه سایز کوچک رده ۱۰-۵۰ کیلوواتی که بین سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۰ وجود داشتند، بیشتر برای تولید محلی برق مانند مزارع و نقاط دور از دسترس و خارج از شبکه عمومی مناسب بودند و هزینه بالای تولید برق آنها، با صرفه‌جویی ناشی از عدم اتصال به شبکه برق جبران می‌شد. اما سیستم‌های بزرگتر ۱ تا ۳ مگاواتی که بین

سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ توسعه یافتند، دارای مدل تجاری بودند تا بتوانند از نظر اقتصادی با نرخهای رقابتی تولید داشته باشند. درست هنگامی که هزینه تولید برق این مدل‌های جدید (و حالا کلاسیک) تا حد ۴-۵ سنت به ازای هر کیلووات کاهش یافت، بازار از آن استقبال کرد (در اواخر قرن بیستم). به این ترتیب تولید برق بادی (لااقل در ایالات متحده آمریکا) به شدت وابسته به عملکرد اقتصادی قابل قبول و رقابت‌پذیری آن در مقایسه با برق فسیلی و هسته‌ای است. گواه این مدعا، کوچک شدن ۹۳ درصدی صنعت برق بادی ایالات متحده در سال ۲۰۱۳، تنها به دلیل تصویب دیرهنگام مشوقهای مالیاتی از سوی کنگره و به عبارت دیگر به صرفه نبودن آن است.

۲-۱-۲-۲- چرخه عمر پذیرش فناوری

مدل چرخه عمر پذیرش تکنولوژی^۱ یک مدل جامعه شناختی است که در سال ۱۹۵۷ در دانشگاه ایالتی آیووا^۲ برای نوآوری‌ها و محصولات کشاورزی ارائه شد. بر اساس این مدل پذیرش یک محصول یا نوآوری بر اساس ویژگی‌های آماری و روان شناختی گروه‌های پذیرنده به این ترتیب است: فرآیند پذیرش در طول زمان با توزیع نرمال و خم زنگوله‌ای قابل توصیف است. اولین گروه پذیرنده «نوآوران» هستند، به دنبال آنها «پذیرندگان سریع» و سپس «اکثریت زودهنگام و دیرهنگام» و گروه آخر «عقب افتادگان» هستند. ویژگی‌های روانشناختی این گروه‌ها هم بدین صورت قابل ارائه است:

نوآوران: مزارع بزرگتری دارند، تحصیلکرده تر هستند، موفق ترند و بیشتر تمایل به ریسک کردن دارند.

پذیرندگان سریع: جوان تر هستند، تحصیلکرده ترند، دوست دارند رهبری جوامع را به دست گیرند، تا کنون موفقیت‌های کمتری داشته اند

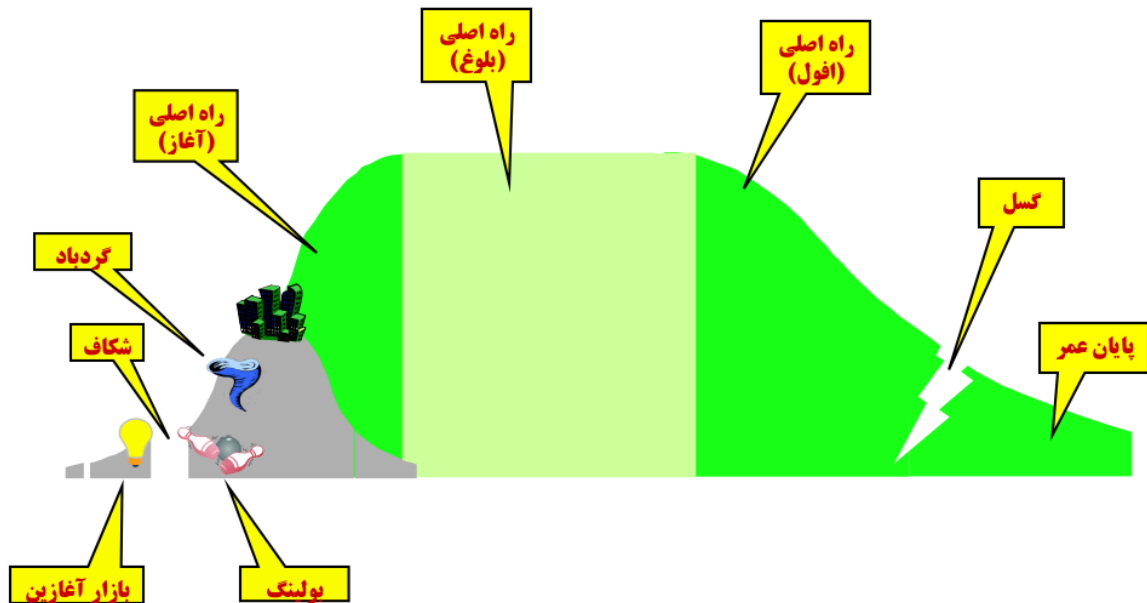
اکثریت زودهنگام: محافظه کارترند اما از ایده‌های جدید استقبال می‌کنند، فعال هستند و بر همسایگان خود تاثیر می‌گذارند.

اکثریت دیرهنگام: پیرترند، تحصیلات پایین تری دارند، نسبتاً محافظه کارند و در اجتماع فعالیتی ندارند.

عقب افتادگان: بسیار محافظه کار، مزارع و سرمایه کوچکی دارند و معمولاً از بقیه پیرتر و کم سوادترند [۱۹].

شکل ۲-۲- چرخه عمر پذیرش فناوری دانشگاه آيووا

جفری مور^{۱۱} (۱۹۹۱)، در کتابی با عنوان عبور از ورطه^{۱۱}، چرخه پذیرش فناوری را بدین شکل تکمیل کرد که در مورد نوآوریهای غیر پیوسته (که پذیرش آن مستلزم تغییر در رفتار است) بین مرحله پذیرندگان سریع تا اکثریت زود هنگام یک فاصله‌ای وجود دارد که می‌توان از آن تحت عنوان ورطه^{۱۲} (شکاف) یاد کرد، به عقیده وی بین باصیرت‌ها یا علاقمندان به فناوری و عملگرها یا اکثریت زود هنگام در انتظارات، تفاوت بسیاری است و ورطه جایی است که اکثریت زود هنگام شروع به ارزیابی ریسک کرده و منتظر می‌ماند تا ریسک پذیرش فناوری پایین تر بیاید. همچنین مور (۲۰۰۴) در کتاب در میان گردباد^{۱۳} آن بخشی که اکثریت زود هنگام در آن فعالیت دارند را دو بخش کرد، بخش نخست مسیر بولینگ^{۱۴} نامگذاری شد، بدین معنا که در این بخش، فقط آن دسته از مشتریان که علاقمند به ایده‌های جدید باشند جذب می‌شوند و محصول نوآورانه فقط می‌تواند مناسب ذائقه برخی بازارهای کوچک^{۱۵} باشد. بخش بعدی یعنی جایی که بازار انبوه روی خوش به فناوری نشان داده و جنگ فروشنده‌ها رخ می‌دهد و هر یک برای سهم بازار بیشتر تلاش می‌کنند، گردباد^{۱۶} نام دارد (شکل ۳).



شکل ۲-۳- شکل شماتیک اکتباسی از مدل چرخه عمر پذیرش فناوری جفری مور

بر اساس مدل فوق، و مبتنی بر تاریخچه گفته شده و گزارش بازار، می‌توان نتیجه گرفت که صنعت برق بادی از مرحله ورطه عبور کرده و کشورهای زیادی با توجه به نتیجه‌های موفقیت آمیزی که این صنعت برای کشورهای چین دانمارک و آلمان داشته است، این فناوری را پاسخی به نیازهای خود می‌دانند. در نتیجه و با توجه به هجوم تعداد زیادی از کشورها به این صنعت، می‌توان گفت فناوری مذکور در مرحله گردباد قرار دارد. اگر دانمارک، ایالات متحده و آلمان را به عنوان نوآور در این چرخه در نظر بگیریم، کشورهای دیگر اروپایی پذیرندگان سریع این نوآوری بودند، حال آنکه در وضعیت فعلی و با حضور فعال کشورهای در حال توسعه همچون چین و هند و کره جنوبی، تندباد مذکور در بازار صنعت برق بادی ایجاد شده است.

تبیین مشخصه‌های ماهوی فناوری

سیاستگذاری و اقتصاد برق بادی، نقش مهمی را در توسعه این صنعت ایفا کرده و می‌کند، اما نقش مهندسی همچنان محوری است. هرچند همزمان با جا افتادن این صنعت در جهان، نقش مرکزی مهندسی زیر سایه سایر ابعاد برق بادی قرار می‌گیرد و این هزینه‌ای است که مهندسان برای گسترش این صنعت متقبل می‌شوند.

در این بخش ابعاد و مشخصه‌های فناوریانه این صنعت در سه بخش بررسی می‌شود:

باد- ویژگی‌های آن و قابلیت اطمینان؛ چگونه آن را اندازه گیری کنیم، در قالب اعداد در آوریم و عنانش را به دست گیریم؛

مزارع بادی- طراحی توربین، گرد هم آوردن توربین‌های مجزا در ایستگاه‌های انرژی بادی یا مزارع بادی؛ بهینه‌سازی آنها و توسعه‌شان و ؛

فراساحلی شدن- امید منابع بسیار بزرگ، به همراه چالش‌های فنی بزرگ.

بعد از این سه بخش، فناوری مراکز تست توربین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱- فناوری پیش‌بینی باد

میزان انرژی تولیدی توسط توربین‌های بادی با مکعب متوسط سرعت باد رابطه دارد، به همین دلیل فعالان حوزه انرژی بادی بسیار علاقمندند که بدانند چقدر انرژی از باد قابل استحصال است و این میزان در مناطق مختلف چه تغییر می‌کند. باد همه جا هست، اما برای انتخاب سایت یک پروژه بالقوه، دانستن اندازه «منبع بادی» آن ناحیه بسیار مفید خواهد بود. این اندازه معمولاً با سرعت باد یا چگالی انرژی بیان می‌شود و عموماً پایین تر از یک میزان معینی انرژی دریافتی از یک سایت، صلاحیت آن سایت را برای ایجاد مزرعه بادی زیر سوال می‌برد.

۲-۳-۱-۱- اندازه گیری در مکان

بهترین و دقیق ترین روش شناخت منبع بادی یک سایت، اندازه گیری در مکان با استفاده از بادسنج^{۱۷} و بادنما^{۱۸} است. البته این روش هزینه بر و زمان بر است.

۲-۳-۱-۲-مدل سازی کامپیوتری

در مقیاس های بزرگ، سرعت باد می تواند با استفاده از برنامه های کامپیوتری مدل سازی شده و اثر پارامترهایی مثل ارتفاع، توپوگرافی و پوشش سطح زمین بر روی باد به دست آید. این اطلاعات معمولاً با سایر مقادیر ناحیه شناخته شده که توسط اداره هواشناسی ارائه شده یا داده های مدل های عددی پیش بینی هوا، تلفیق می شود.

معمولاً از برنامه های نگاشت باد یک نتیجه گرافیکی از متوسط سرعت باد (برای ارتفاع مشخص) در یک ناحیه به دست می آید. این نتیجه می تواند به شکل «اطلس بادی» ارائه شود که نمایانگر سرعت باد روی یک زمین همگن است و نیازمند تعدیل است تا پیشگویی سرعت باد در یک سایت مشخص و با در نظر گرفتن ویژگی های توپوگرافی محلی به دست آید.

در برخی نواحی «نقشه های بادی» ممکن است در دسترس باشد، که اثر ساختار زمین و پوشش آن را هم شامل می شود. البته هر دوی این ها چه نقشه و چه اطلس بادی برای نواحی با مقیاس بزرگ و در سطوح جهانی تا مناطق حکومت محلی (استان ها- ایالات) تهیه می شوند و بهترین تقریب برای منابع بادی در یک ناحیه بزرگ هستند. این نقشه ها جایگزین اندازه گیری با بادسنج نمی شوند، چرا که فقط اندازه گیری در مکان است که می تواند روی صلاحیت یک سایت متمرکز شود.

مرحله بعدی در بررسی ها این است که توربین های بادی نظری در یک مدل جغرافیایی که شامل مقادیر سرعت باد است قرار داده شود. این محاسبات معمولاً در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام می شود. با به کار گرفتن مفروضاتی درباره کارآمدی فناوری و بیان آن در واحد انرژی، این امکان فراهم خواهد بود که در مورد یک منطقه مشخص گفته شود که پتانسیل بادی آن در واحد انرژی به ازای هر سال چقدر خواهد بود [۲۰].

بخش مدیریت کل انرژی کمیسیون اروپا، در سندی که مربوط به اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی است، توصیه هایی را برای بخش فناوری انرژی بادی و تحقیق و توسعه در این زمینه داشته است. بر این اساس، در زمینه منابع، مطالعات پتانسیل سنجی باد باید سه گام را طی کنند:

۱- ارائه تعریفی از ویژگی های آب و هوایی و فیزیکی \bar{I} متوسط سرعت باد و شناسایی نواحی که می توان توربین را در آنجا می توان کار گذاشت.

۲- تخمین فضای در دسترس برای توسعه بر اساس بخش اول

۳- استفاده از تخمین فناوری موجود برای میزان انرژی که می توان برداشت کرد

گام دوم، تأثیر بسزایی روی نتیجه نهایی دارد و عملکرد دقیق در این مرحله بسیار دشوار خواهد بود. به عنوان مثال، فان وینزک و کوئلینگ با استفاده از یک رویکرد سیستمیک و محافظه کارانه معتقدند هر زمینی با متوسط باد بیشتر از ۵/۱ متر بر ثانیه به صورت بالقوه قابل بهره برداری است، هرچند به دلیل ملاحظات عملی و اجتماعی، فقط ۴ درصد چنین زمینی قابل استفاده است [۲۱].

۲-۳-۱-۳- موانع باد

بیشتر مطالعات منابع بادی با منبع نظری سطح بالا شروع می‌شود، که مرتبا با در نظر گرفتن آنچه تحت عنوان «موانع» از آن یاد می‌شود، کاهش می‌یابد. اینها ملاحظاتی هستند که تلاش دارند ناحیه را آن‌طور که در واقعیت وجود دارد، به فعالان برق بادی نشان دهند. مثلا به کمک موانع، جغرافیای ناحیه با جزئیات توصیف می‌شود؛ مناطقی که سرعت باد در آنجا صرفه اقتصادی ندارد و مناطقی که زمین نامناسب دارند شناسایی می‌شوند. همچنین، مناطقی که پتانسیل بالقوه برای توسعه دارند به تدریج از مناطقی که منابع بادی صرفا در آنجا جمع شده جدا می‌شود.

البته فرآیند پیش‌بینی باد، به همین نقطه ختم نمی‌شود و همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده شامل به کارگیری روش‌های متعدد تحلیل کیفی و کمی و ارزیابی‌های چندجانبه است. این فرآیند سه نقطه عطف دارد، در اولین ایستگاه باید سرعت متوسط باد توسط دکل نصب شده به دست آید، نقطه عطف بعدی محاسبه خروجی ناخالص مزرعه بادی است و در ایستگاه سوم، خروجی خالص مزرعه بادی نتیجه مهم فرآیند پیش‌بینی انرژی است.

شکل ۲-۴- مروری بر فرآیند پیش‌بینی انرژی باد [۴]

۲-۳-۱-۴- وضعیت فناوری پتانسیل‌سنجی باد

پیش‌بینی سرعت و انرژی باد، بخش بسیار مهم از توسعه مزارع بادی هستند و خواهند بود. سرمایه‌گذاری‌های کلانی بر اساس تخمین‌ها صورت می‌گیرد و کمترین خطایی در این پیش‌بینی می‌تواند در خروجی مزرعه بادی اثر بسیار بزرگی داشته باشد (جدول ۲-۲). همچنین، اعتماد وام دهنده و سرمایه‌گذار برق بادی باید حفظ شده و ارتقا یابد، بنابراین بهبود این بخش گریز ناپذیر است.

به طور کلی می‌توان گفت، برای یک سایت معمولی، سطح تولید انرژی با ۹۰ درصد شانس فرا رفتن (سطح P۹۰) ممکن است ۱۵ درصد پایین‌تر از تخمین مرکزی، تولید انرژی داشته باشد (سطح P۵۰). به بیان دیگر، از یکی از هر ده پروژه تحلیل شده، می‌توان انتظار داشت در طولانی مدت بیش از ۱۵ درصد کمتر از تخمین مرکزی تولید انرژی داشته باشند. البته به همین ترتیب، پروژه‌هایی هم هستند که می‌توان انتظار داشت ۱۵ درصد فراتر از تخمین مرکزی تولید انرژی کنند. بنابراین چالش موجود، این است که چگونه می‌توان دقت مدل‌ها و متدها را بالاتر برد.

به علاوه، ممکن است تولید، به دلیل تغییرات رژیم بادی، از یک سال تا سال دیگر کلاً متفاوت باشد. همچنین، سطوح نسبتاً بالای دسترسی که در اغلب مزارع بادی مدرن مهیا شده است، تنها زمانی اتفاق می‌افتد که سازه‌های عملیات و نگهداری و بودجه‌ها فراهم باشد. غفلت از مزارع بادی می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار تولید نسبت به خروجی بالقوه شود.

تا حد زیادی، دقت پیش‌بینی‌های قبل ساخت از تولید انرژی، به مالک (مدیر) پروژه بستگی دارد. هر اندازه اندازه‌گیری‌ها در مکان بهتر انجام شود، عدم اطمینان‌ها پایین می‌آید و احتمال شگفتی‌ها هنگام عملیاتی شدن مزرعه بادی کاهش می‌یابد. توصیه می‌شود از متخصصین داخلی یا خارجی برای طراحی دقیق استراتژی نظارت (مانیتورینگ) برای ایجاد تمام مزارع بادی و تعیین این نکته که آیا برای ناحیه مورد نظر به قدر کافی سرمایه‌گذاری انجام شده، دعوت شود.

متدهای ارزیابی مزارع بادی به طور مداوم در حال بهبود است و بخش‌های اصلی این توسعه‌ها به شرح زیر است:

- استفاده از تکنیک‌های پیچیده مدل‌سازی جریان باد

- اعتبار‌سنجی بیشتر مدل‌های مسیر^{۱۹}

- بهینه سازی استفاده از منابع داده‌ای که مربوط به سایت مزرعه بادی نیست جهت تعدیل داده‌های سایت برای پیش‌بینی بلندمدت
- استفاده از روش‌های سنجش از ره دور برای اندازه گیری سرعت باد
- بهبود تخمین‌های «فاکتورهای زیان»؛ و
- رویکردهای پیچیده تر به تحلیل عدم اطمینان

یکی از اصول اساسی در توسعه پیش‌بینی‌های علمی، تصفیه و اعتبارسنجی مدل‌ها در برابر داده‌های اندازه گیری شده است. سیستم‌های کنترل سرپرستی و کسب داده (اسکادا)^{۲۰} در مزارع بادی حجم بالایی از داده را ثبت می‌کند. تلاش‌هایی انجام شده تا کیفیت داده‌های اسکادا ارتقا یابد، هرچند نیاز به داده‌های باکیفیت هم در حال افزایش است. هرچند داده‌های اسکادا حاوی اطلاعاتی است که امکان اعتبارسنجی مدل‌ها و مفروضات استفاده شده در ارزیابی انرژی را می‌دهد، چالش صنعت برق بادی متمرکز بر فهم این است که داده‌ها به ما چه می‌گویند، و کجا باید از مدل‌ها، تکنیک‌ها و مفروضات مناسب استفاده کرد.

صنعت برق بادی، نیاز دارد که هر چه بیشتر و نزدیک تر با دانشمندان تغییرات اقلیمی همکاری کند تا فهم بهتری از الگوهای آب و هوایی که ممکن است در آینده تغییر کند داشته باشد.

هم اکنون تکنیک‌های پیش‌بینی کوتاه مدت باکیفیت موجود است؛ چالش اولیه صنعت آن است که از مدل‌های پیش‌بینی به روز و موجود، بیشترین ارزش را استخراج کند. هم اکنون، استفاده از چنین تکنیک‌هایی برای پاسخگویی به چالش‌های اساسی در زمینه تجمیع انرژی بادی درون شبکه، به طور جسته گریخته انجام می‌شود. به طور موازی با افزایش استفاده از ابزارهای موجود، تلاش‌های بیشتری لازم است تا بر بهبود تکنولوژی پیش‌بینی متمرکز شود [۲۰].

جدول ۲-۲- حساسیت تولید انرژی مزرعه بادی به متوسط سرعت باد سالانه [۲۰]

نکته: مفروضات به این شرح است؛ عملکرد معمولی توربین، چگالی هوا $1/225 \text{ kg/m}^3$ ، مجموع زیان ۱۲ درصد و توزیع

سرعت باد ریلی (Rayleigh)

سرعت باد (m/s)	سرعت باد نرمال شده به ۶ متر بر ثانیه (%)	تولید انرژی مزرعه بادی ۱۰ مگاواتی (MWh/annume)	تولید انرژی نرمال شده به ۶ متر بر ثانیه (%)	هزینه سرمایه نرمال شده به ۶ متر بر ثانیه (%)
۵	۸۳	۱۱،۱۵۰	۶۳	۱۰۰
۶	۱۰۰	۱۷،۷۱۴	۱۰۰	۱۰۰
۷	۱۱۷	۲۴،۵۳۴	۱۳۸	۱۰۲
۸	۱۳۳	۳۰،۹۷۲	۱۷۵	۱۰۵
۹	۱۵۰	۳۶،۶۵۶	۲۰۷	۱۱۰
۱۰	۱۶۷	۴۱،۳۸۶	۲۳۴	۱۲۰

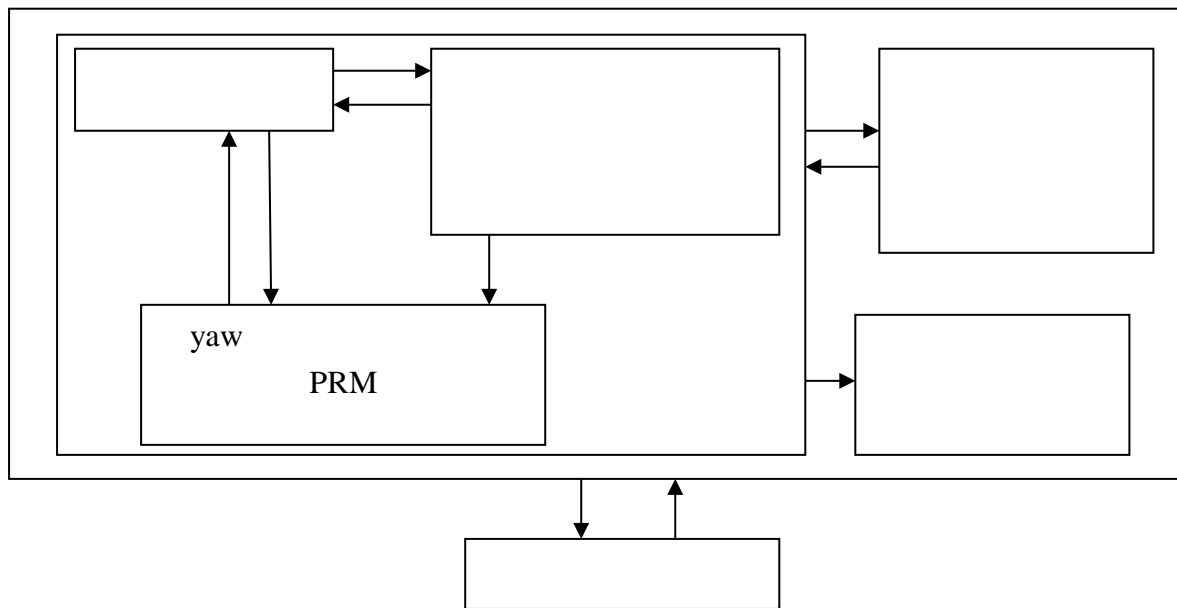
۲-۲-۲-۲- فناوری توربین و مزرعه بادی

چالش اصلی مهندسی در صنعت برق بادی، طراحی توربین بادی موثر برای گرفتن عنان انرژی باد و تبدیل آن به الکتریسیته است. در این بخش نگاهی به وضعیت حال حاضر توربین‌ها خواهیم داشت.

طراحی توربین بادی، فرآیند تعریف فرم و ویژگی‌های توربین بادی برای استخراج انرژی از باد است. نصب یک توربین بادی شامل شامل سیستم‌های لازم برای جذب انرژی بادی، قرار دادن توربین در برابر باد، تبدیل گردش مکانیکی به نیروی برق و سایر سیستم‌های شروع به کار، توقف و کنترل توربین است. شکل و ابعاد پره‌های توربین بادی با عملکرد ایرودینامیکی لازم برای استخراج کارآمد انرژی از باد و همچنین قدرت لازم برای مقاومت نیروهای وارده به پره تعیین می‌شود.

علاوه بر طراحی ایرودینامیک پره‌ها، طراحی یک سیستم برق بادی کامل شامل طراحی‌ها، کنترل‌ها، ژنراتورها، ساختار حمایتی و فونداسیون می‌شود. سایر مسائل طراحی مربوط به تجمیع توربین‌های بادی با شبکه برق است. البته ایرودینامیک یک توربین با محور افقی چندان ساده نیست. باد وزیده شده به پره‌ها همان جریان بادی نیست که دورتر از توربین در حال وزش است. همچنین طبیعتِ روش استخراج انرژی از هوا، باعث می‌شود که توربین هوا را منحرف کند. به علاوه، ایرودینامیک

توربین بادی در سطح خارجی روتور، پدیده‌ای را از خود به نمایش می‌گذارد که کمتر در سایر زمینه‌های ایرودینامیک دیده می‌شود [۲۲]. علاوه بر اینها، موضوع سازه و طراحی لرزه‌ای، بحث‌های مربوط به کاهش سر و صدا و آلودگی بصری توربین‌ها از جمله مواردی است که در طراحی توربین مد نظر قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، موضوع مدیریت و کنترل هزینه‌های طراحی در تمام مراحل باید لحاظ شود؛ همه این‌ها باعث می‌شود طراحی توربین را یک مساله بین رشته‌ای بدانیم (شکل ۵).



شکل ۲-۵- طراحی توربین یک مساله بین رشته‌ای است [۲۲]

هرچند آلبرت بتز فیزیکدان در سال ۱۹۱۹ نشان داد که برای یک ماشین ایده آل فرضی استخراج انرژی از باد، با قوانین پایه‌ای تبدیل جرم و انرژی، جذب بیش از $59/3$ درصد از انرژی جنبشی باد ممکن نخواهد بود، اما طراحی‌های مدرن توربین بادی با جذب ۷۰ تا ۸۰ درصدی، از حدود نظری این فیزیکدان عبور کرده‌اند.

۲-۳-۲-۱-۱- سایز توربین

کلاس‌های سایزی مختلفی برای توربین‌های بادی موجود است. کوچکترین آن می‌تواند کمتر از ۵۰ کیلووات تولید برق کند و در منازل و مناطق دوردست و خارج از شبکه^{۲۱} به کار گرفته می‌شود، در حالیکه توربین‌های بادی متوسط (۵۰ تا ۲۵۰ کیلووات) عمدتاً برای تامین برق روستاها، اجتماعات محلی بادی^{۲۲}، سیستم‌های هیبریدی و تولید پراکنده به کار می‌آیند. توربین‌های بادی بزرگ (۹۰۰ کیلووات تا بیش از ۲ مگاوات) در مزارع بادی اصلی و تولید انبوه و فروش در بازار انرژی استفاده می‌شوند. برای یک سرعت دوام باد مفروض، جرم توربین تقریباً با مکعب طول پره‌ها تناسب دارد. قدرت باد دریافتی توسط توربین هم با مربع طول پره در تناسب است. بیشینه طول پره هم با قدرت و خمش ناپذیری مواد آن محدود می‌شود. هزینه‌های نیروی کار و نگهداری هم با افزایش سایز توربین به تدریج افزایش می‌یابد، بنابراین برای کمینه شدن هزینه‌ها، مزارع توربین بادی معمولاً خود را با قدرت مواد و الزامات نصب و نگهداری محدود می‌کنند. توربین‌های معمول مدرن، قطر ۴۰ تا ۹۰ متری دارند و در دسته ۵۰۰ کیلووات تا ۲ مگاوات دسته بندی می‌شوند. در سال ۲۰۱۴ از قدرتمندترین توربین بادی جهان (فراساحلی)، وستاس وی-۱۶۴، با قطر روتور ۱۶۴ متری و تولید ۸ مگاواتی بهره‌برداری شد.

۲-۳-۲-۲- فناوری معماری توربین بادی

از اوایل دهه ۱۹۸۰ و همزمان با تجاری شدن تولید توربین بادی، تغییرات فراوانی در سبک طراحی آن رخ داده است که از آن جمله می‌توان به تغییر در محور توربین، تعداد پره‌ها، متغیر یا ثابت بودن سرعت و همچنین استال^{۲۳} یا پیچ^{۲۴} بودن آن اشاره کرد.

شکل ۲-۶- تغییرات در سبک طراحی توربین بادی

بیشتر توربین بادی‌های بزرگ و مدرن، سه پره و دارای محور افقی هستند (محور شفت)؛ این توربین‌ها تقریباً برای تمامی

مقیاس‌های کار می‌آیند. توربین‌های بادی افقی را می‌توان از نقطه نظر ویژگی‌های فنی به شکل زیر دسته بندی کرد:

قرارگیری روتور (در برابر باد^{۲۵} و یا هم جهت باد^{۲۶})

تعداد پرها

سیستم تنظیم ژنراتور

ارتباط هاب با روتور (صلب^{۳۷} و یا لولایی^{۳۸}؛ اصطلاحاً هاب تلوتلوخوران^{۳۹})

طراحی گیربکس (چند مرحله‌ای با ژنراتور سرعت بالا؛ گیربکس تک مرحله‌ای با سرعت متوسط؛ و دایرکت درایو با

ژنراتور همزمان)

سرعت چرخش روتور برای نگهداشتن فرکانس ثابت (ثابت یا کنترل شده توسط توان برق)؛ و

ظرفیت توربین

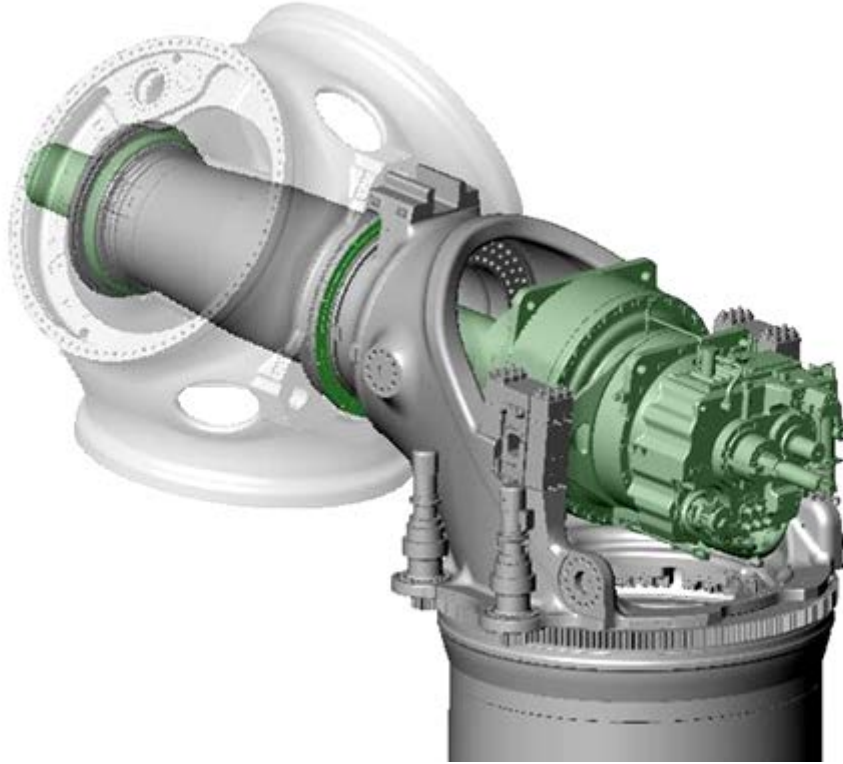
برق‌رسانی به توربین‌های محور عمودی هم همچنان وجود دارند، اما به لحاظ نظری و از نظر ایرودینامیکی کارآمدی کمتری از توربین‌های محور افقی سه پره دارند و به همین دلیل سهم بازار خود را تقریباً از دست داده اند. اما در کنار طراحی‌های مقیاس بزرگ، علاقه برای طراحی توربین‌های مقیاس کوچک دوباره جان گرفته و باعث شده در پاسخ به این نیاز بازار، طی سال‌های اخیر برخی گزینه‌های نوآورانه روی توربین‌های محور عمودی کوچک صورت پذیرد.

چنانچه گفته شد هرچند بهبودها و توسعه‌های فراوانی از آن دهه ۱۹۸۰ صورت پذیرفته است، اما معماری پایه و طراحی متداول تغییر کمی داشته است. بیشتر توربین‌های بادی روتورهای در جهت باد داشته که خودشان را همراه با جهت باد حفظ می‌کنند. روتورهای سه پره‌ای که به شدت در حال ازدیاد هستند و عموماً یک یا تا قان^{۳۰} جداگانه جلویی دارند، دارای شفت سرعت پایین متصل به گیربکس هستند که سرعت خروجی مناسب برای ژنراتورهای محبوب چهار قطبی (یا دو قطبی) را فراهم می‌کنند. این معماری کلی، معمولاً در توربین‌های بزرگ، به همراه تغییر زاویه پره (پیتچ) مرتباً تحت یک کنترل فعال برای تنظیم قدرت عملیاتی در بادهای سرعت بالا دیده می‌شود. به نظر می‌رسد برای ماشین‌های آینده هم توافق جمعی برای تنظیم پیتچ وجود دارد و این طراحی پذیرفته شده است.

سازه‌های حمایتی عموماً برج‌های لوله‌ای فولادی هستند که به صورت کاشی چه در ضخامت دیواره فلزی و چه در قطر، از پایین به بالای برج ساخته می‌شوند. برج‌های بتونی با بخش بالایی فولادی و همچنین برج‌های شبکه‌ای (خرپایی) هم وجود دارند، اما میزان استفاده و فراگیری آنها در حال کاهش است. ارتفاع برج‌ها هم بستگی به ویژگی‌های سایت و توربین‌ها دارد و در حال حاضر با حدود سه گزینه ارتفاعی (یا کمی بیشتر) رو به رو هستیم.

شکل ۲-۷- چینی معمول ناسل در توربین بادی مدرن [۲۰]

سیستم پیشران^{۳۱} در شکل ۹، روتور متصل به شفت محرک ژنراتور از طریق گیربکس را نشان می‌دهد. با همین معماری مرسوم از گیربکس چند مرحله‌ای و ژنراتور سرعت بالا، انواع مهم و متنوعی از سازه حمایتی، سیستم یاتاقان روتور و چینی کلی وجود دارد. مثلاً یک چینی متفاوت (شکل ۸) توسط شرکت اکوتکنیا (آلستوم)^{۳۲} وجود دارد که عملکردهای حمایتی و انتقال گشتاور رتور به گیربکس و ژنراتور را از هم جدا کرده است. این امر یک محیط مناسب برای گیربکس فراهم آورده است، که منجر به بارگذاری قابل پیش‌بینی و میرا کردن جریان‌های ناپایدار^{۳۳}، به دلیل قابلیت انعطاف درونی می‌شود. از بین انواع متنوع ترتیبات یاتاقان‌ها، نوع برینگ تکی بزرگ قدامی (جلویی) توسط شرکت وستاس در طراحی توربین ۳ مگاواتی وی-۹۰ پذیرفته شده است؛ که این وضعیت، به داشتن یک سیستم فشرده و سبک ناسل کمک می‌کند (شکل ۹).



شکل ۲-۸- چینش ناسل اکوتکنیا ۱۰۰

شکل ۲-۹- چینه ناسل وستاس وی-۹۰

هرچند فناوری روتور یکی از اصلی‌ترین دلایل تجاری شدن تولید توربین بوده و طراحی توربین سه پره در برابر باد در بازار بسیار فراگیر شده است، همچنان روندهای غیر مرسوم در معماری ناسل در حال ظهور است. سیستم‌های دایرکت درایو انرکن هم مدتی است که جایگاه خودش را پیدا کرده است و بسیاری از طراحی‌های دایرکت درایو مبتنی بر فناوری ژنراتور مغناطیس دائمی^{۳۴} طی سالهای اخیر ظهور یافته‌اند. همچنین تعدادی سیستم‌های هیبریدی، مثل مولتی برد^{۳۵} که از نوع چرخ دنده^{۳۶} یک یا دو مرحله‌ای بهره می‌برند، نیز ساخته شده‌اند. در حال حاضر چندان روشن نیست که کدامیک از این پیکربندی‌ها بهینه است. تلاش برای کمینه کردن هزینه سرمایه و بیشینه کردن قابلیت اطمینان ادامه دارد- هدف نهایی کمینه کردن هزینه برق تولید شده از باد است [۲۰].

۲-۳-۲-۲-۳- بهره برداری و نگهداری^{۳۷} از توربین‌های بادی

تجربه ثابت کرده است که هزینه‌های نگهداری از یک توربین جدید بسیار پایین تر از زمانی است که توربین عمر می‌کند و هزینه‌هایش بالا می‌رود. مطالعات انجام شده در دانمارک روی ۵۰۰۰ توربین بادی نصب شده در این کشور از سال ۱۹۷۵ نشان داد، نسل‌های جدیدتر توربین‌ها هزینه‌های تعمیر و نگهداری کمتری از نسل‌های گذشته دارند. (مطالعات به شکل مقایسه‌ای بین توربین‌های متعلق به نسل‌های مختلف اما ساخته شده به صورت تقریباً همزمان انجام شد).

هزینه‌های نگهداری سالیانه از توربین‌های قدیمی تر حدود ۳ درصد از کل هزینه توربین را شامل می‌شود اما از آنجا که توربین‌های جدیدتر معمولاً بزرگتر هستند، دارای هزینه‌های نگهداری کمتر و صرفه به مقیاس به ازای هر کیلووات هستند. در واقع توربین‌های بزرگتر به دلیل بهبود و توسعه در مواد و تکنیک‌های جدید نیاز کمتری به سرویس داشته و از این محل صرفه‌جویی‌هایی حاصل می‌شود. هزینه‌های نگهداری سالیانه تخمینی برای توربین‌های جدید، بین ۱/۵ تا ۲ درصد از اصل سرمایه است.

بیشتر هزینه‌های نگهداری از یک توربین بادی هر ساله میزان ثابتی برای سرویس‌های منظم است، اما مرجح آن است که هزینه‌ها به ازای نرخ هر کیلووات ساعت محاسبه شود. این بدان دلیل است که سوخت و سوز توربین‌ها با افزایش تولیدشان بالاتر می‌رود.

صرفه به مقیاس در نگهداری

همان طور که صرفه‌هایی ناشی از افزایش سایز توربین‌ها وجود دارد، صرفه‌هایی هم می‌تواند از محل راه اندازی پارک‌های بادی به جای توربین‌های مجزا به دست آید. این صرفه‌ها می‌تواند ناشی از بازدیدهای شش ماهه نگهداری، پایش و مدیریت سایت باشد. این صرفه بر مبنای هر کیلووات می‌تواند بیان شود.

۲-۳-۲-۴- سرمایه‌گذاری مجدد روی توربین‌ها (بازسازی، اورهال اساسی)

هر ماشینی با یک طول عمر تخمینی مبتنی بر دوام قطعات طراحی می‌شود. برخی از اجزای یک توربین بادی، بیشتر از سایر قطعات در معرض استهلاک است. به طور کلی قطعات متحرک بیشتر از قطعات ایستا، و قطعات بیرونی و در معرض محیط بیشتر از قطعات پوشیده شده در معرض استهلاک هستند. بنابراین پره‌ها و گیربکس‌ها بیشتر مستهلک می‌شوند.

در بسیاری از موارد، وقتی یک توربین بادی به انتهای عمر فنی طراحی خود نزدیک می‌شود، ممکن است به لحاظ اقتصادی موجه تر باشد که به جای جایگزینی، آن را با هدف افزایش طول عمر بازسازی کنیم. یک اورهال اساسی، می‌تواند شامل جایگزینی برخی قطعات داخلی و پره‌ها باشد. در بسیاری از موارد، خود برج برای مدت قابل توجهی در شرایط خوب و ایمن باقی می‌ماند.

با وجود اینکه هزینه معمول جایگزینی اجزا (یک ست پره، گیربکس و ژنراتور) تنها حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل قیمت یک توربین جدید است، اما بسیار مهم است که یک چک کامل از اجزای فعلی توربین صورت پذیرد تا اطمینان حاصل شود که نیازمند تعویض هستند یا خیر.

۲-۳-۲-۲-۵- عمر پروژه و عمر طراحی

قطعات یک توربین بادی معمولاً به نحوی طراحی می‌شوند که به مدت بیست سال کار کنند. هرچند طراحی بادوام تر برخی قطعات ممکن است، اما ساخت بادوام آنها بسیار هزینه بر است. از طرف دیگر بادوام بودن برخی از قطعات در حالی که عمر برخی دیگر زودتر به پایان می‌رسد، نوعی هدر رفت سرمایه است.

با توافقی که روی عمر بیست ساله قطعات صورت پذیرفته، نوعی مصالحه بین مهندسين ایجاد شده تا قطعاتی را بسازند که برای دو دهه با اطمینان کار کنند و تا بیست سال بعد از نصب شانس خرابی بسیار پایینی داشته باشند.

عمر طراحی یک جزء توربین بادی، در مقایسه با عمر واقعی آن نشان می‌دهد که ممکن است یک توربین بیش از زمان برنامه ریزی شده دوام بیاورد. البته این موضوع به کیفیت اجزا، چپش خوب و مناسب آنها در کنار یکدیگر و شرایط جوی و محیطی بستگی دارد. منظور از شرایط جوی تنها عوامل بادی مثل آشفتگی نبوده و چگالی هوا، متوسط رطوبت و حتی فاکتورهای لرزه‌ای را شامل می‌شود.

توربین‌های فراساحلی احتمالاً عمر بیشتری دارند، چراکه نبود موانع در دریا، خود از آشفتگی باد می‌کاهد که همین امر سبب هزینه نگهداری کمتر می‌شود که البته با هزینه‌های دسترسی برای هر نوع نگهداری و بازمینی، جبران می‌شود [۲۳].

۲-۲-۲-۳- فناوری‌های برق بادی فراساحلی

در حال حاضر نصب‌های فراساحلی تنها بخش کوچکی از بازار را تشکیل می‌دهند، اما آینده آن درخشان بوده و در حال حاضر اصلی‌ترین پیشران توسعه توربین‌های بزرگتر در این بخش است.

مزارع بادی فراساحلی در مرحله ابتدایی تجاری سازی خود قرار دارند. آنها نسبت به انواع ساحلی مزارع بادی هزینه سرمایه‌ای بالاتری را می‌طلبند، اما این امر با فاکتورهای ظرفیتی بالاتری که دارند قابل جبران است. مزارع بادی فراساحلی این امکان را فراهم می‌سازند تا در طولانی مدت استفاده بالاتری از انرژی بادی شود. دلیل فاکتورهای ظرفیتی بالاتر و امکان استفاده بیشتر از انرژی بادی توسط فراساحلی‌ها بدین شرح است:

پره‌های بلند تر و ارتفاع بیشتری دارند؛ که منجر به ناحیه جاروب شده بیشتر و خروجی الکتریسیته بالاتر می‌شود؛

در مکان‌هایی که متوسط باد بیشتر بوده و آشفتگی کمتر است، نصب می‌شوند؛

امکان برپایی مزارع بادی بسیار عظیم در این نوع ممکن است؛ و

موانع و محدودیت‌هایی که برای جانمایی در زمین وجود دارد، برای فراساحلی‌ها در دسر ساز نیست. هرچند

محدودیت‌های دیگری مثل مسیر حرکت کشتی‌ها، آلودگی بصری و زیرساخت‌های کافی در ساحل ایجاد مشکل

می‌کنند [۲۴].

طراحی توربین‌ها فراساحلی با هدف نصب در فواصل بسیار دور از ساحل، از طراحی توربین‌های زمینی در حال فاصله گرفتن

است و به دلیل عدم تمرکز بر مسائلی چون لرزش و تکانه، صدا و آلودگی بصری، مسیر فنی نسبتاً متفاوتی را می‌پیماید. البته

موضوع افزایش سایز توربین همچنان برای توربین‌های فراساحلی هم مطرح است؛ این افزایش سایز، تعادل نیروگاه را بر هم

زده و بر هزینه‌های عملیاتی می‌افزاید، اگرچه همزمان جذب انرژی را افزایش می‌دهد.

هم‌افزایی اتمسفر دریایی و امواج، بارهای متفاوتی را بر بخش‌های مختلف توربین بادی و فونداسیون آن وارد می‌کند. تا وقتی

که الزامات واقعی فناوری بادی در فراساحلی به قدر کافی فهم نشده، طراحی‌های محافظه کارانه‌ای^۱ که از سایر صنایع

فراساحلی به ودیعه گرفته شده باشد- احتمالاً در طراحی توربین‌ها به کار خواهند رفت.

توربین‌های فراساحلی می‌توانند طراحی‌های دیگری به جز رویه معمول سه پره‌ای^۱ مثل دو پره‌ای در برابر جهت باد- را به کار

گیرند (شکل ۱۰). سیستم‌های پیشرفته تیک آف قدرت جریان متناوب AC یا سیستم‌های قدرت جدید جریان مستقیم DC از

جمله فناوری‌های آتی‌داری است که برای شبکه داخلی نیروگاه بادی فراساحلی یا اتصال به ساحل می‌تواند به کار آید. تغییرات

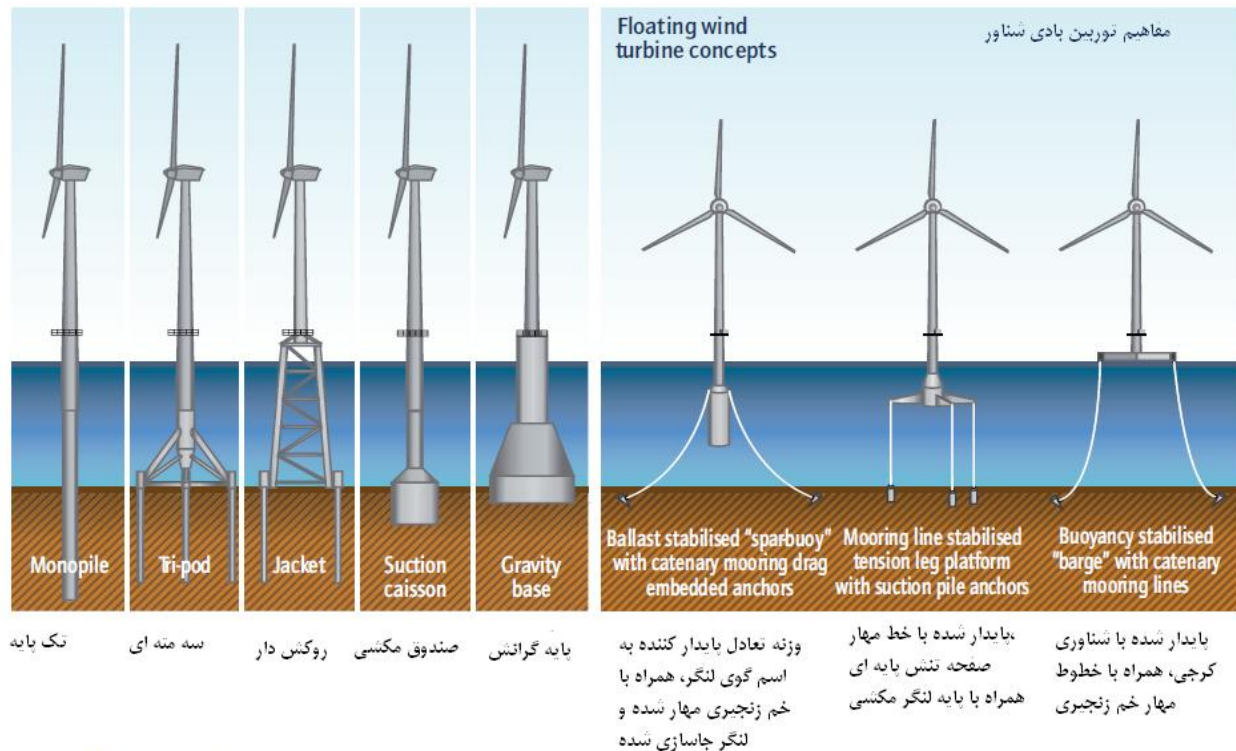
در طراحی معماری و توانایی در نظر گرفتن ملاحظات بیشتری شامل تندبادها، یخ زدگی سطحی، پرتاب و غلطیدن موج‌ها

روی هم، احتمالاً در طراحی توربین‌های فراساحلی بیشتر نیاز خواهد شد [۲۵].

۲-۳-۲-۳-۱- فراساحلی از نفت تا باد

با وجود حضور فعلی سایر بخش‌های انرژی همچون نفت و گاز در فراساحل، برق بادی فراساحلی تنها به معنی افزوده شدن این بخش بر استحصال سایر انرژی‌های فراساحلی نیست؛ بلکه الزامات دیگری را می‌طلبد. هرچند صنعت فراساحلی جهان در بخش‌های نفت و گاز بالغ است، اما تقاضاها برای مزارع بادی فراساحلی به صورت بسیار ویژه و منظم، در حوزه‌های فونداسیون، دستیابی، جابه‌جایی و حمل و نقل، و بالا کشیدن دنبال می‌شود.

در بخش نفت و گاز حفظ تولید اهمیت بسزایی دارد و هزینه‌های سرمایه‌ای بالا را توجیه می‌کند؛ اما در بخش باد، علیرغم اهمیت تولید، موضوع کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای هم بسیار حیاتی است. دکل‌های نفتی معمولاً سازه‌های عظیم اما یکپارچه‌اند، در حالی که یک مزرعه بادی بزرگ فراساحلی، ممکن است از صدها توربین تشکیل شود. بنابراین درحالی که صنعت موجود فراساحلی دارای دانش و تجربه ارزشمندی است که می‌تواند در اختیار صنعت برق بادی قرار گیرد، اما نمی‌تواند تجهیزات «حاضر و آماده‌ای»^{۳۸} را که برای مزرعه بادی بهینه باشد، به این صنعت ارائه کند.

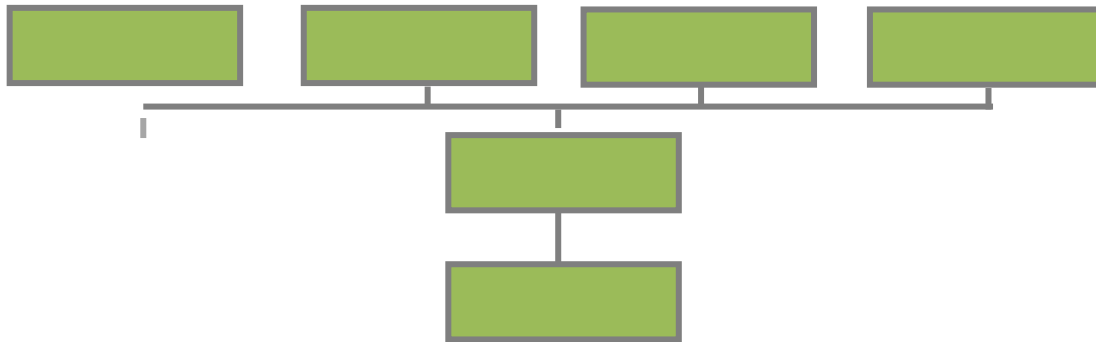


شکل ۲-۱۰- مفاهیم متنوعی توسط توربین‌های بادی فراساحلی در حال آزمایش هستند [۲۵]

۲-۲-۲-۲- مراکز تست توربین و گواهی

گواهی‌دهی و آزمایش توربین‌های بادی برای اطمینان‌دادن به همه طرف‌های درگیر در پروژه برق‌بادی، از جمله اپراتورهای مزرعه بادی، آژانس‌های دولتی، بانک‌ها و غیره بسیار حائز اهمیت است. معمولاً گواهی‌دهی را نوعی آزمون شرکت‌ها، اپراتورها یا محصولات در محک یک سری معیارهای معین می‌دانند. در بخش برق بادی، گواهی محصولات و تولیدکنندگان، در واقع یک نوع استاندارد است. گواهی‌دهی (انطباق) کاری است که توسط موسسات (یا افراد) مستقل، که نتایج، رویه‌ها یا خدمات را منطبق با استانداردهای معین یا سایر اسناد خاص معیارگونه، مستند می‌سازند.

خلاصه‌ای از اصلی‌ترین المان‌های اعطای گواهی در شکل نشان داده شده است:



شکل ۲-۱۱- اصلی‌ترین المان‌های گواهی توربین بادی [۲۶]

مهم‌ترین بخش اعطای گواهی نوع به توربین بادی، ارزیابی طراحی است، که خودش معمولاً شامل دو گام است: گام اول آزمایش عملکرد و مفاهیم امنیتی و همچنین طراحی بار و گواهی‌های بار است؛ گام دوم مقایسه بین نتایج گام اول با استانداردها و خطوط راهنمای مربوطه است.

هدف آزمایش نوع، مهیا کردن داده‌های مورد نیاز برای بررسی ابعادی است که برای ایمنی و در نتیجه تاییدهای تجربی اضافی و همچنین ابعادی است که امکان سنجش آنها با تحلیل وجود ندارد. آزمایش نوع، شامل آزمایش‌های ایمنی و عملکردی، آزمایش‌های پویایی رفتار، معیارهای بار، آزمایش‌های پره و سایر اجزا است.

هدف سنجش تولید، ارزیابی این نکته است که آیا توربین بادی تولیدشده با ویژگی‌های طراحی انطباق دارد یا نه. این سنجش باید شامل آزمون کیفیت سیستم، ارزیابی اجرا با توجه به اسناد طراحی، پایش و بررسی است. این المان‌ها در کنار یکدیگر باید این اطمینان را بدهد که الزامات فنی بیان شده در اسناد طراحی در رویه‌های تولید به درستی لحاظ شده و همه نقاط بازرسی کیفیت (چک پوینت‌ها) فرآیند تولید که در فرآیند طراحی آمده، به خوبی مدنظر قرار گرفته است.

در بخش معیارهای مشخصه، ویژگی‌های مربوط به نوع توربین بادی معلوم می‌شود. این بخش آزمایش‌های مربوط به قدرت عملکرد، کیفیت قدرت و معیارهای آکوستیک صدا را شامل می‌شود.

بنیان گواهی دهی را همین استانداردهای گفته شده و اسناد اصولی است. اینجاست که باید هنجارها و نرم‌های ویژه برق بادی و هنجارهای عمومی که ممکن است در برق بادی هم به کار آیند، شناسایی شوند. به جز اعطای گواهی یک محصول و تولیدکننده

آن، معمولاً یک آزمایش مختص پروژه هم وجود دارد که به خصوص وقتی شرایط بومی در گواهی عمومی لحاظ نشده باشد، انجام می‌شود.

استانداردهای ویژه توربین بادی که برای انجام این ارزیابی‌ها استفاده می‌شود، ممکن است بین‌المللی، منطقه‌ای یا ملی باشد. استانداردهای ملی در دانمارک، آلمان و هلند وجود دارند. کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیکال (IEC) یک سری استانداردهای بین‌المللی را منتشر کرده است؛ این استانداردها با شماره ارجاع ۶۱۴۰۰، به نام سیستم‌های ژنراتور توربین بادی است، که توسط چندین کشور در سرتاسر جهان مورد پذیرش قرار گرفته، و یا به عنوان پایه‌ای برای ایجاد استانداردهای ملی مورد استفاده قرار گرفته است. جدول زیر استانداردهایی را که تا کنون در دسترس قرار گرفته یا در حال تدوین از سوی ICE است، نشان می‌دهد [۲۶].

جدول ۲-۳- استانداردهای وضع شده و در حال تدوین در حوزه توربین بادی [۲۶]

بخش‌ها	عنوان	وضعیت	تاریخ انتشار
۱	الزامات طراحی (ویرایش ۳,۰)	در دسترس	۲۰۰۵/۰۸
۲	الزامات طراحی برای توربین‌های کوچک (ویرایش ۲,۰)	در دسترس	۲۰۰۶/۰۳
۳	الزامات طراحی برای توربین‌های بادی فراساحلی	در حال تدوین	-
۴	طراحی و ویژگی‌های گیربکس	در حال تدوین	-
۱۱	تکنیک‌های اندازه‌گیری صدای آکوستیک (ویرایش ۲,۰)	در دسترس	۲۰۰۲/۱۲
۱۲	آزمایش عملکرد توان توربین بادی	در دسترس	۲۰۰۵/۱۲
۱۳	اندازه‌گیری بارهای مکانیکی	در دسترس	۲۰۰۱/۰۶
۱۴	اعلام سطح توان نامی آشکار و طیف ارزش‌ها	در دسترس	۲۰۰۵/۰۳
۲۱	اندازه‌گیری و ارزیابی ویژگی‌های کیفی قدرتی شبکه متصل توربین‌ها	در دسترس	۲۰۰۱/۱۲
۲۲	گواهی توربین‌های بادی - قوانین و رویه‌ها	در حال تدوین	-
۲۳	آزمایش‌های ساختاری در مقیاس کامل از پره‌های روتور	موجود	۲۰۰۱/۰۴

بخش‌ها	عنوان	وضعیت	تاریخ انتشار
۲۴	محافظت سبک	موجود	۲۰۰۲/۰۷
۲۵	ارتباطات برای نظارت و کنترل نیروگاه‌های برق بادی	در حال تدوین	-

به نظر می‌رسد مرکز تست توربین که همواره با بحث گواهی‌دهی همراه است، موضوعی است که معمولاً از سوی دولت‌ها و با همکاری دانشگاه‌ها در کشورهای صاحب فناوری پیگیری شده است. همچنین چنین مراکزی باید طی همکاری با موسسات بین‌المللی استاندارد توربین بادی شکل بگیرند.

مثلاً، مرکز تست اوئسترلید^{۳۹} در دانمارک اولین جایی است که توربین‌های بادی به بلندی آسمان‌خراش در آنجا آزمایش شده است، تا کنون در این مرکز توربین‌هایی به ارتفاع ۱۹۷ متر آزمایش شده‌اند اما امکان آزمایش توربین‌های ۲۵۰ متری نسل آینده هم در این مرکز فراهم است. دانشگاه فنی دانمارک^{۴۰} به عنوان سرگروه این پروژه دولتی تعیین شده است تا این مرکز را به سکوی پیشتازی دانمارک در صنعت برق بادی تبدیل کند [۲۷].

همچنین، در سال ۲۰۱۳ زمینس انرژی آلمان اعلام کرد که در بیست و پنجمین سالگرد تاسیس بخش تست و اندازه‌گیری توربین بادی این شرکت، دو مرکز آزمایش و تحقیق و توسعه توربین‌بادی را در دانمارک افتتاح کرده است تا اجزای اصلی توربین‌های ساخت زمینس از جمله ژنراتور، ناسل کامل و برینگ‌های اصلی را در آن آزمایش کند. در این امکانات آزمایشی جدید، امکان اجرای آزمایش‌های شتاب بالای طول عمر^{۴۱} هم برای همه اجزای اصلی انواع توربین‌های دایرکت درایو و دنده‌دار فراهم آمده است تا طی یک دوره شش ماهه توربین‌های تولیدی این شرکت تحت بارها و فشارهایی به مراتب شدیدتر و جدی‌تر از قبل قرار گیرند. گفته می‌شود این مرکز، بزرگترین مرکز تست توربین جهان است [۲۸].

در آمریکا نیز آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر^{۴۲} تشکیلاتی دولتی است که تنها مرکز آزمایش توربین ارائه دهنده انواع خدمات را در این کشور به نام مرکز ملی فناوری بادی^{۴۳} در اختیار دارد که به طور تنگانی با صنعت توربین بادی این کشور

همکاری می‌کند؛ به جز این مرکز، مراکز دانشگاهی آزمایش توربین هم در این کشور وجود دارند که معمولاً یا به صورت تخصصی روی بعضی اجزا کار می‌کنند و یا در حد توربین‌های کوچک هستند.

در چین، در فاصله سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ اداره ملی انرژی و وزارت علم و فناوری این کشور، چندین آزمایشگاه و مرکز تحقیقاتی را برای تولیدکنندگان تجهیزات برق بادی تاسیس کردند. به علاوه سه سازمان طرف سوم آزمایش در بحث توربین بادی در کشور چین تعیین شده‌اند که از این قرارند: مرکز ارزیابی و تحقیقات اتصالات شبکه برق بادی، مرکز آزمایش توربین چین و آزمایشگاه مشخصه‌های برقی توربین بادی وابسته به موسسه تحقیقاتی برق شمال شرق. همچنین در حال حاضر دو مرکز آزمایش توربین دولتی هم در این کشور به بهره‌برداری رسیده‌اند که پایگاه آزمایش برق بادی ژانگی از مرکز تحقیقات ملی انرژی^{۴۴} و مرکز ملی آزمایش پره و برینگ برق بادی^{۴۵} نام دارند. همزمان با این اقدامات، «قوانین و رویه‌های اعطای گواهی کیفیت توربین بادی چین» هم تدوین شد و سازمان گواهی برق بادی چین هم همکاری‌های استراتژیک خود را با موسسات بین‌المللی همچون GL, GH, NREL, RISOE, TUV و DWEI پی گرفت [۲۹].

گفتنی است، انجمن انرژی بادی و انجمن تجهیزات انرژی بادی کشور چین هم اخیراً طرح پیشنهادی تاسیس مرکز آزمایشی و آموزشی توربین‌های بادی کوچک جهان را در این کشور به آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (ایرنا) تقدیم کرده‌اند.

منشاء تغییرات و حرکت‌های پارادایمی

مفهوم روتور باد-محركه بسیار قدیمی است و موتورهای الکتریکی هم در نیمه دوم قرن بیستم بسیار فراگیر و تجاری شدند. ساخت توربین‌های بادی به نظر ساده می‌رسد اما چالش‌های بزرگی بر سر راه آن وجود دارد:

رساندن ویژگی‌های برق تولیدی (فرکانس، ولتاژ، محتوای هارمونیک) به تولید برق استاندارد و هر یونیت مثل یک ایستگاه قدرت بدون مراقب کار کند.

با تغییرات باد هماهنگ باشد (متوسط سرعت باد در سایت‌های قابل استخراج بین ۵ تا ۱۱ متر بر ثانیه، همراه با

آشفتنگی شدید در لایه مرزبندی شده زمینی و به هنگام تندباد تا ۷۰ متر بر ثانیه است)

رقابت اقتصادی با سایر منابع انرژی داشته باشد

پیشران‌های اصلی کنونی برای تغییر در تکنولوژی بادی راه، در یک دسته بندی می‌توان به شرح زیر بر شمرد:

- سایت‌های با باد بسیار زیاد و بسیار کم؛
- عملکرد آکوستیک؛
- عملکرد ایرودینامیک؛
- تاثیر بصری؛ و
- فراساحلی

هرچند فقط حدود ۱/۵ درصد ظرفیت نصب شده فعلی در جهان مربوط به نصب‌های فراساحلی است، آخرین پیشرفت‌ها در فناوری برق بادی از بازار جذاب فراساحلی تاثیر گرفته است. این بدان معنا است که در هزاره جدید، توسعه فناوری اختصاصا بر روی روش‌هایی برای ساخت توربین‌های بزرگ متمرکز است. ملاحظات خاصی که در این زمینه وجود دارند عبارتند از:

- ترتیبات ناسل با جرم کم
- روتورهای بزرگ و مهندسی کامپوزیت پیشرفته
- طراحی برای فونداسیون‌های فراساحلی، بالا کشیدن و نگهداری

یکی از روندهای اخیر در این زمینه، توسعه خطوط تولید توربین بادی برای بازار زمینی (ساحلی) در سایزهای ۸۰۰ کیلووات تا ۳ مگاوات است. از جمله پیشران‌های دیگر برای آینده فناوری توربین‌ها، افزایش قطر روتورها است که با هدف افزایش بهره برداری از منبع بادی با سرعت کم صورت می‌گیرد. مقاوم سازی سازه‌ها، استفاده از برج‌های کوتاهتر و روتورهای کم قطرتر در سایت‌های با سرعت باد بالا از دیگر روندهاست.

موضوع سازگاری با شبکه مساله‌ای است که از توسعه توربین‌های بادی که از تنظیمات استال استفاده می‌کنند می‌کاهد. تنها بهبودهای کوچک در عملکرد ایرودینامیک در حال حاضر (با توجه به محدودیت‌های نظری) امکان پذیر هستند، اما پیشینه کردن عملکرد بدون افزایش بار، به عنوان پیشران توسعه طراحی ایرودینامیک همچنان مطرح است. موضوع تاثیر بصری انتخاب‌های طراحی را که ممکن است از نظر فنی موفقیت آمیز باشند، مثل روتورهای دو پره، محدود کرده است.

آنچنان که در جدول زیر، نشان داده شده است، نوآوری‌های صورت گرفته در صنعت توربین بادی در بخش‌های مختلف و با اهداف مختلف انجام شده و می‌توان گفت بهبود این نوآوری‌ها و فناوری‌ها، تعیین کننده روند آتی نوآوری‌ها در این صنعت هستند.

جدول ۲-۴- اهداف و زمینه‌های نوآوری و فناوری‌های شرکت‌های نوآور در توربین بادی

زمینه نوآوری	هدف	مثال‌ها
وزن	کاهش هزینه‌های تولید و کنترل	<p>وستاس: استفاده از فیبر کربن سبک در پره‌ها و برج مغناطیسی</p> <p>فناوری انتگرال بلید^{۴۶} زیمنس: پره‌هایی که از فیبر شیشه (فایبرگلاس) ساخته شده اند، با رزین اپوکسی^{۴۷} مقاوم شده و به صورت یک تکه با استفاده از یک فرآیند بسته تولید شده است.</p> <p>گامسا: پره‌هایی که با رزین اپوکسی و اجزای از جنس فیبر کربن ساخته شده است.</p>
تنظیم سرعت متغیر	امکان آن را مهیا می‌سازد تا با تغییر سرعت چرخش روتور، کشش کمینه شده و سر و صدا کاهش یابد	<p>وستاس: استفاده از فناوری آپتی اسپید^{۴۸} جی‌ای: سیستم سرعت متغیر^{۴۹}، و دامپینگ فعال (کاهش نوسان برج)</p> <p>گامسا: باز هم حمایت از سرعت چرخش متغیر روتور</p>
تنظیم پیچ	تنظیم زاویه پره‌های توربین برای حصول اطمینان از قرارگیری بهینه نسبت به باد	<p>وستاس: استفاده از فناوری آپتی تیپ^{۵۰} زیمنس: کمبی استال^{۵۱}، استفاده در توربین‌های سرعت ثابت و کمبی پیچ^{۵۲} برای استفاده در توربین‌های سرعت متغیر</p> <p>جی‌ای: سیستم کنترل^{۵۳}</p> <p>گامسا: فناوری پیچ متغیر</p>
قرارگیری توربین	ارزیابی بهترین چینش توربین‌های مبتنی بر جریان باد حول پره‌ها	<p>وستاس: تکنیک‌های دینامیک سیالات محاسباتی^{۵۴} برای نقشه کشی از باد</p>

زمینه نوآوری	هدف	مثال‌ها
سیستم نظارت (مانیتورینگ)	ارائه گزارش‌های استاندارد و سفارشی بر اساس داده‌های توربین، داده‌های الکتریکی و مکانیکی، داده‌های آماری، داده‌های هواشناسی و داده شبکه	زیمنس: سیستم اسکادا WebWPS، با پیشران ارتباطی و سیستم مدیریت پایگاه داده و سرور وب گامسا: ویندنت ^{۵۵} با تعامل مبتنی بر وب
سیستم پیش‌بینی نگهداری	تشخیص زودهنگام خطاها را در اجزا مهیا می‌کند	SMP در گامسا

کاهش هزینه، مهم‌ترین پیشران در توسعه تکنولوژی توربین بادی است، اما سایر پیشران‌ها مانند سازگاری با شبکه، کاهش سر و صدا، آلودگی بصری و تناسب با شرایط سایت هم در شکل‌گیری آینده فناوری‌ها در این صنعت موثرند. کاهش هزینه اجزا، در کنار رسیدن به عملکرد بهتر و قابلیت اطمینان (در نتیجه بهینه شدن بهره برداری و نگهداری)، همگی در کاهش هزینه‌ها نقش دارند [۲۵].

سند نقشه راه فناوری انرژی بادی ۲۰۱۳ از آژانس بین‌المللی انرژی، تلاش‌های در حال انجام در جهان برای توسعه فناوری توربین بادی را سه بخش طراحی سیستم، اجزای پیشرفته و قابلیت اطمینان O&M و آزمایش، به همراه قالب زمانی آنها مطابق جدول ۳ دسته بندی کرده است.

جدول ۲-۵- فعالیت‌های مختلف تحقیق و توسعه در سه بخش فناورانه در توربین بادی [۲۵]

طراحی سیستم	قالب زمانی
۱. توربین‌های بادی برای کار در شرایط متنوع؛ طراحی ویژه برای اقلیم سرد و یخبندان، گردباد استوایی و شرایط با باد کم	در حال انجام - نمونه‌های اولیه تجاری تا سال ۲۰۱۵
۲. مهندسی سیستم: ارائه یک رویکرد جامع به بهینه‌سازی طراحی نیروگاه‌های بادی از هر دو دیدگاه عملکردی و هزینه بهینه	در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰
۳. طراحی توربین بادی و اجزاء: بهبود مدل‌ها و ابزارها برای در نظر گرفتن جزئیات بیشتر و بهبود دقت	در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰
۴. افزایش اندازه توربین بادی: طراحی توربین‌ها در طیف ۱۰ تا ۲۰ مگاوات جهت	در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰

قالب زمانی	طراحی سیستم
الی ۲۰۲۵	استفاده طراحی‌های اجزاء پیشرفته و کاربری‌های فراساحلی
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۵	۵. نیروگاه‌های شناور فراساحلی بادی: ابزارهای طراحی عددی و طراحی‌های جدید باری فراساحلی‌های عمیق
قالب زمانی	اجزای پیشرفته
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۵	۶. روتور پیشرفته: مواد هوشمند و قوی تر، مواد سبک تر برای ساخت روتورهای بزرگتر؛ مدل‌های پیشرفته ایرودینامیک، معماری‌های جدید در روتور و المان‌های فعال پره
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۵	۷. سیستم پیشران و الکترونیک قدرت: طراحی‌های پیشرفته ژنراتور؛ مواد جایگزین برای آهنربای خاکهای کمیاب ^{۵۶} و الکترونیک قدرت؛ بهبود حمایت از شبکه از طریق الکترونیک قدرت؛ بهبود در قابلیت اطمینان گیربکس‌ها
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۵	۸. سازه‌های حمایتی: مواد جدید برای ساخت برج، فونداسیون‌های جدید برای اعماق آب‌ها و سازه‌های شناور
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۵	۹. کنترل توربین بادی و مزرعه بادی: برای کاهش بار و خسرات ایرودینامیکی
قالب زمانی	قابلیت اطمینان O&M و انجام آزمایش
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۱۵	۱۰. مدیریت داده‌های عملیاتی: توسعه فرآیندهای استاندارد و خودکار مدیریت داده‌های نیروگاه بادی؛ ساخت پایگاه داده مشترک از تجارب عملیاتی فراساحلی
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۱۵	۱۱. روش‌های تشخیصی و نگهداری بازدارنده: توسعه نظارت بر شرایط، ابزارهای نگهداری پیش‌بینی کننده و انجام نگهداری در عمل، به خصوص در بخش فراساحلی
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰	۱۲. امکانات و روش‌های آزمایش کردن: توسعه روش‌های آزمایش پیشرفته و ساخت امکاناتی برای آزمایش اجزای بزرگ
در حال انجام - تکمیل تا ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۵	۱۳. افزایش قابلیت دسترسی فنی: هدفگذاری برای توربین‌های فراساحلی برای رسیدن به بهترین رقم حال حاضر در صنعت یعنی ۹۵٪؛ با حداقل الزامات O&M در مناطق دور دست

در بخش طراحی سیستم، رفتن به سمت توربین‌های بادی خاص برای عملکرد در شرایط متنوع آب و هوایی، نیازمند فهم عمیق تر از شرایطی است که در آن یک نیروگاه بادی در طول عمر مفیدش عمل می‌کند. هدف، ارائه طراحی به صرفه تر از توربین‌هایی است که بتوانند طی عمر مفید خود، و در شرایط خاص محیطی، انرژی بیشتری را از باد استخراج کنند.

بهبود کردن نسبت برق به ناحیه جاروب شده، جهت رسیدن به کمترین هزینه هم تراز شده انرژی^{۵۷} به خصوص در سایت‌های با سرعت متوسط پایین بسیار ضروری است. اگر این بهینه سازی شامل هزینه‌های اتصال هم باشد، آنگاه نتایج متفاوتی حاصل می‌شود؛ چراکه کاهش هزینه‌های اتصال به خصوص برای فراساحلی‌ها که از ساحل دور هستند، بسیار مهم است.

تحقیق و توسعه برای افزایش اندازه توربین‌ها به ۱۰ تا ۲۰ مگاوات هم فناوری را به سمت راه حل‌های جدید، با هدف کاهش هزینه‌های توربین‌های ۲ تا ۵ مگاواتی (که برای اکثر کاربردها کفایت می‌کنند) سوق می‌دهد. سایز بهینه برای کاربردهای زمینی و فراساحلی، مساله‌ای است که هنوز حل نشده است. افزایش اندازه توربین‌های ساحلی به خاطر محدودیت‌های لوجستیک، و همچنین موضوع آلودگی بصری و صوتی محدود شده است. اما افزایش سایز در توربین‌های فراساحلی مزایای مستقیم بیشتری را حاصل می‌کند، یک ارزیابی جامع که در پروژه آپویند^{۵۸} (با بودجه اتحادیه اروپا) انجام شد نشان داد که توربین ۲۰ مگاواتی به لحاظ فنی امکان‌پذیر است، هرچند به پیشرفت‌های مهمی در زمینه مواد، طراحی معماری، توانمندی‌های کنترل و سایر فاکتورها نیاز است.

در بخش اجزای پیشرفته، روتورهای پیشرفته با محوطه جاروب شده بیشتر و دسترسی بهتر، جب انرژی بیشتری داشته و هزینه انرژی را کاهش می‌دهند. برای ارائه چنین طراحی نیاز به فهم درست تر رفتار پره‌ها در حین عملکرد است. همچنین رسیدن به فناوری کاهش سر و صدا، راه را برای افزایش زمین‌های اختصاص یافته به مزرعه بادی باز می‌کند.

بهبود در سیستم پیشران را می‌توان با بهینه شدن کل توربین دریافت. افزایش کنترل از طریق الکترونیک قدرت می‌تواند بار و تنش بر مواد را کاهش دهد. طراحی هیدرولیک سیستم پیشران، که در آن سیستم هیدرولیک جایگزین پیرباکس مکانیکی می‌شود هم یک احتمال دیگر است. توسعه مداوم توربین‌های بزرگتر و با ظرفیت بیشتر نیاز به الکترونیک قدرت و توانمندی‌های حمایت از شبکه را افزایش می‌دهد. با به کارگیری الکترونیک قدرت با ولتاژ بالاتر، احتمال کاهش هزینه تولید برق بادی نیز دور از انتظار نخواهد بود.

خاک اکسیدی کمیاب^{۵۹} در بسیاری از وسایل مدرن مانند صفحه‌های آل سی دی، باتری‌های قابل شارژ و ژنراتورهای توربین بادی (حدود ۲۰٪ آنها، بسته به اینکه چرخ دنده‌ای باشند یا دایرکت درایو) که از مغناطیس دائمی بهره می‌برند، استفاده می‌شود. این ژنراتورها فشرده تر و کارآمد تر بوده و نیاز کمتری به نگهداری دارد، که به ویژه برای فراساحلی‌ها ضروری است. اما

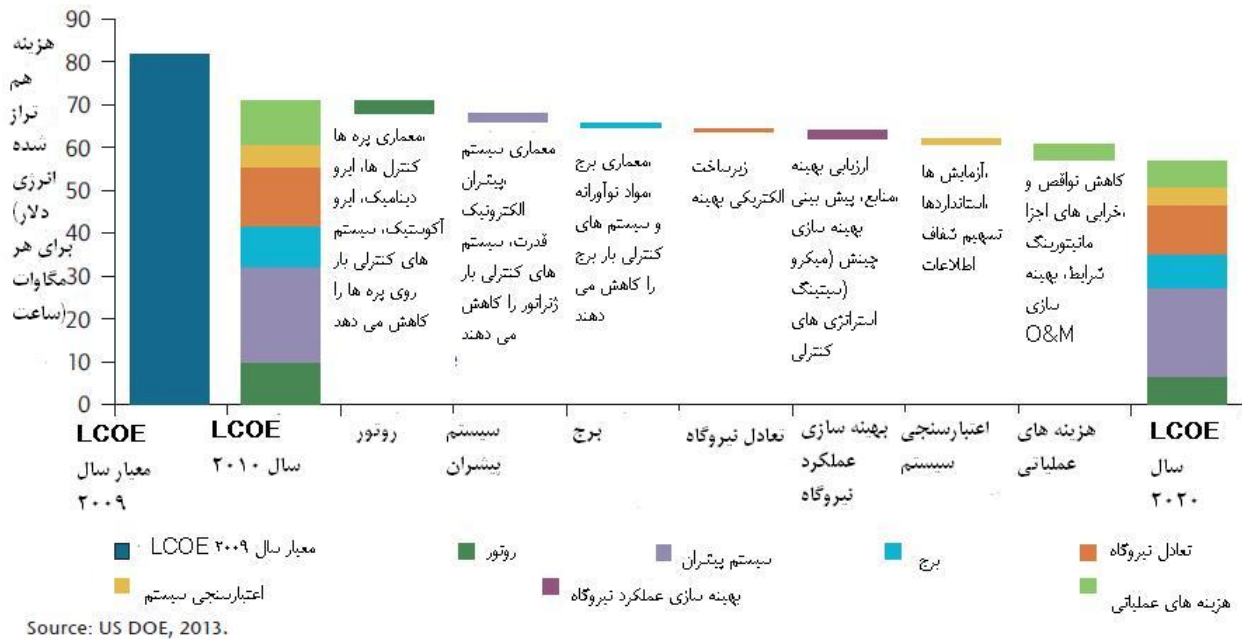
نگرانی‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه کمیابی این خاک‌ها ممکن است بر گسترش استفاده از برق بادی تاثیر منفی بگذارد، هرچند منابع شناخته شده از این خاکها، نیازهای هزار ساله با سطح مصرف فعلی را می‌تواند تامین کند و حتی قیمت اکسید نئودیمیوم که مغناطیس دائمی می‌دهد در سال ۲۰۱۲ ارز ۱۹۵ دلار آمریکا برای هر کیلوگرم به ۸۰ دلار سقوط کرد؛ روندی که حکایت از کمیاب بودن این ماده ندارد. از سوی دیگر صنعت توربین بادی تنها یک درصد از تقاضای جهانی این مواد را شامل می‌شود. در واقع تولید ۹۵ درصد خاکهای کمیاب آهنربایی جهان هم در کشور چین که دارای ۳۰ درصد این ذخایر است انجام می‌شود، و دارای محدودیت صادراتی در این کشور است. پروژه‌های معدنی برای استحصال این مواد در ۲۰ کشور دیگر در حال اجرا بوده و تحقیقات برای جایگزینی این مواد هم در حال انجام است.

سازه‌های حمایتی هم می‌توانند از تحقیقات بهبود مواد که منجر به کاهش هزینه‌ها می‌شود، بهره مند شوند. موادی مثل فیبر کربن و تیتانیوم که دارای نسبت مقاومت به جرم بالاتر باشند، با افزایش ناحیه جاروب زدن روتور، کاهش وزن ژنراتور و سازه‌های اجزای سیستم پیشران، از جرم رأس برج می‌کاهند. مواد جدید همچنین ممکن است راه‌حلی برای خود برج‌ها داشته باشند.

موضوع کنترل در توربین بادی و مزارع بادی حوزه مهمی در کاهش هزینه برق بادی محسوب می‌شوند. صنعت برق بادی در حال حاضر در حال گذاری برای بهینه ساختن سطح نیروگاه، با تک تک توربین‌ها به عنوان اجزای نیروگاه است. لایدار^۶ (نور و رادار) که در بالای توربین نصب می‌شود، توربین‌ها را از تغییراتی که در سرعت، جهت و آشفتگی باد رخ می‌دهد آگاه کرده و این امکان را فراهم می‌کند که توربین در وضعیت بهینه (به همراه پیچ پرها) قرار گیرد. چنین توانمندی‌هایی، مزایای دو گانه دارند، از یک سو منجر به بهبود عملکرد شده و از طرف دیگر هزینه‌ها را کاهش می‌دهند.

تمام این بهبودها و پیشرفت‌ها می‌تواند منجر به کاهش ۲۰ درصدی هزینه هم‌تراز شده برق بادی تولیدی در بخش ساحلی تا سال ۲۰۲۰ شود.

به صورت کلی می‌توان گفت تنها آن دسته از ابداعات در زمینه توربین بادی به مرحله نوآوری و تجاری سازی می‌رسند که در نهایت منجر به کاهش قیمت تمام شده برق بادی شوند. شکل ۱۲ نقش نوآوری‌ها در هر یک از اجزا بر قیمت هم‌تراز شده انرژی (LCOE) نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۲- اهداف نوآوری ها برای کاهش هزینه توربین ساحلی در ایالات متحده [۲۵]

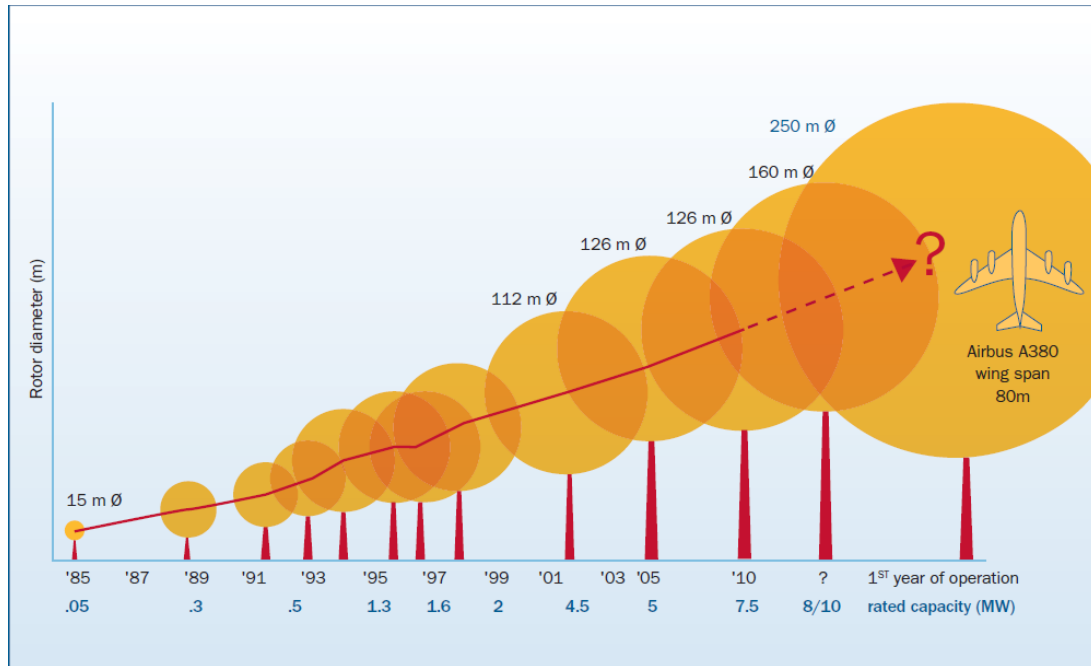
با توجه به آنچه در این بخش گفته شد، تغییرات بالقوه فناورانه و آثار مورد انتظار را در طراحی و تولید توربین بادی (در بخش ساحلی) می توان مطابق جدول ۶ خلاصه کرد.

جدول ۲-۶- حوزه‌ها و تغییرات بالقوه فناورانه و آثار مورد انتظار طراحی و تولید توربین بادی ساحلی

آثار مورد انتظار	تغییرات بالقوه	حوزه تحقیق و توسعه/ یادگیری
افزایش قابلیت اطمینان سیستم پیشران و کاهش هزینه‌های آن	طراحیهای پیشرفته سیستم پیشران، کاهش بار از طریق بهبود کنترل، و نظارت (مانیتورینگ) شرایط	فناوری سیستم پیشران (Drivetrain Technology)
افزایش صرفه به مقیاس، کاهش هزینه‌های انبارداری و لجستیک، سازگاری بالاتر اجزا (امکان وضع استانداردهای سختگیرانه و کاهش وزن)	تولید در حجم بالاتر، افزایش اتوماسیون و امکانات تولید در محل	کارآمدی تولید (Manufacturing Efficiency)
نظارت (مانیتورینگ) شرایط و ویژگیهای عملکرد توربین در لحظه، افزایش دسترسی و برنامه ریزی کارآمدتر بهره برداری و نگهداری	بهبود فناوری نظارت (مانیتورینگ)، پیشرفت در طراحی‌های ویژه و بهبود استراتژی‌های عملیاتی	استراتژی بهره برداری و نگهداری (O&M Strategy)
بهبود کیفیت مزارع بادی و افزایش ظرفیت سرویس گرید، کاهش هزینه‌های برق قدرت، و بهبود قابلیت اطمینان توربین	افزایش کنترل ولتاژ و فرکانس، ظرفیت FRT، و طیفهای عملیاتی گسترده تر	الکترونیک قدرت/ تبدیل برق (Power Electronics/Power Conversion)
افزایش انرژی دریافتی به همراه کاهش خستگی، امکان نازک شدن طراحی مارجین، و کاهش جرم اجزا، همراه با افزایش عملکرد نیروگاه	فناوری ارزیابی در لحظه (مانند لایدار) مرتبط با سیستم‌های کنترل پیشرفته، بهبود مدلسازی از سلسله آثار، و بهبود ظرفیت نصب توربین	ارزیابی منابع (Resource Assessment)
افزایش انرژی دریافتی همراه با قابلیت اطمینان بالاتر و جرم کمتر روتور، کاهش هزینه‌ها در سایر ساختارهای حمایتی توربین	روتورهای ایرودینامیک تر و بزرگتر همراه با کاهش بار مجاز توربین توسط کنترل‌های پیشرفته، و کاربست مواد پیشرفته سبک	مفهوم روتور (Rotor Concept)
کاهش هزینه‌ها جهت دسترسی به یادهای قوی تر، کمتر آشفته و در ارتفاع بالاتر از زمین	برجهای بلندتر که به کمک استفاده از طراحی‌های معمارانه جدید و مواد پیشرفته ممکن می‌شود. یا فرستادن روتور به هر نحوی به ارتفاعات بالاتر.	مفهوم برج (Tower Concept)

به علاوه، نتایج و دستاوردهایی که در اثر تجربه و در عمل به دست آمده نیز این صنعت را به سوی آینده رهنمون می‌سازد، مثلا همچنان که سرعت باد افزایش می‌یابد، میزان انرژی در دسترس به صورت توان ۲ افزایش می‌یابد. بنابراین، فاکتورهای ظرفیت با افزایش متوسط سرعت باد، به سرعت افزایش می‌یابد. دو برابر شدن سرعت باد، خروجی برق توربین بادی را با ضریب ۸ افزایش می‌دهد. بنابراین مکان یابی مزارع بادی در نواحی با سرعت متوسط باد بالا بسیار پر اهمیت می‌نماید. به علاوه، باد معمولا به صورت یکنواخت تری در سرعتها و ارتفاعات بالاتر می‌وزد. مثلا، پنج برابر شدن ارتفاع توربین بادی می‌تواند قدرت باد را تا دو برابر افزایش دهد. دمای هوا هم در این میان موثر است، هر قدر هوا چگال تر (سردتر) باشد، انرژی بیشتری را فراهم می‌کند. «صاف بودن» هوا هم مهم است. هوای آشفته خروجی را کاهش می‌دهد و می‌تواند بار روی سازه و تجهیزات را افزایش دهد، خستگی مواد را بیشتر کند و در نتیجه هزینه بهره برداری و نگهداری توربین را بالا ببرد. همچنین، بیشینه انرژی که توربین بادی می‌تواند در اختیار بگیرد، متناسب با ناحیه‌ای است که روتور جارو می‌کند. با دو برابر کردن قطر روتور، ناحیه جارو شده و در نتیجه توان خروجی با ضریب چهار افزایش می‌یابد [۲۴].

روند سالیانه برای بزرگترین اندازه توربین‌های معمول که برای تولید تجاری در نظر گرفته شده، در شکل ۱۳ نشان داده شده است. بر خلاف پیش‌بینی‌ها، همچنان مدل انرکن ای-۱۲۶ با ظرفیت ۷/۵ مگاواتی بزرگترین سائز توربین بادی ساحلی در سال ۲۰۱۴ بود. مدلی که از سال ۲۰۰۸ با ۶ مگاوات تجاری شد و سپس تا ۷ و ۷/۵ مگاوات (در سال ۲۰۱۰) ارتقا یافت. به این ترتیب می‌توان گفت روند افزایش ارتفاع و قطر در توربین‌های بادی لااقل از سال ۲۰۰۸ تا کنون متوقف شده است. در عوض، وستاس با تولید مدل وی-۱۶۴ فراساحلی در سال ۲۰۱۴ از بزرگترین توربین بادی جهان با قطر روتور ۱۶۴ متر و ارتفاع ۲۲ متری پرده برداشت. به این ترتیب آنچنانکه در سند نقشه راه فناوری برق بادی آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۳ [۲۵] هم آمده است، ادامه این روند افزایش سائز توربین‌های ساحلی از سال ۲۰۱۰ درهاله‌ای از ابهام و تردید قرار گرفته است.



شکل ۲-۱۳- روند افزایش قطر روتور و ارتفاع توربین‌های بادی در گذر زمان، که به نظر می‌رسد متوقف شده است

تمرکز بر تولید توربین‌های فراساحلی در کنار نتایج عملی گفته شده در بالا که حاکی از اهمیت مکان و متوسط سرعت باد برای تولید برق بادی بود، نشان از افزایش تمایل سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگ توربین ساز در بخش فراساحلی دارد. همچنین با نگاهی به جدول فعالیت‌های تحقیق و توسعه در صنعت برق بادی نیز متوجه سیطره بخش فراساحلی بر این فعالیت‌ها می‌شویم. مزیت فراساحلی شدن نه تنها در افزایش متوسط سرعت باد رخ می‌نماید، بلکه توانایی ساخت توربین‌های بزرگتر با قطرهای توربین بیشتر را فراهم می‌کند. هرچند این روند محدود به توربین‌های فراساحلی نمی‌شود و توربین‌های ساحلی هم به لحاظ سائز و قطر در حال افزایش هستند. در حال حاضر متوسط سائز توربین بادی‌های فراساحلی بین ۲ تا ۳ مگاوات است، توربین‌های بزرگتر کارآمدی بیشتر و صرفه اقتصادی بالاتری دارند، اما فرآیند ساخت، حمل و جاگذاری پیچیده تری دارند. در ادامه بیشتر به این موضوع خواهیم پرداخت که چرا به نظر می‌رسد که روند حاکم بر صنعت برق بادی جهان، رفتن به سوی فراساحلی شدن است.

همزمان با بهبود فناوری صنعت برق بادی که در طول گزارش بدان پرداختیم، حرکت‌هایی هم در خود صنعت به ویژه هم‌زمان با فراگیر شدن آن در دهه اخیر رخ داده است که در این بخش بدان می‌پردازیم.

- تبدیل برق بادی به یک رشته مطالعاتی و تحقیقاتی مستقل: همچنانکه دیده شد، صنعت برق بادی از طول و عرض رشد کرده است و برای توسعه خودش، مواد، سیستمها و محصولات را از سایر بخشها همچون دفاعی (برای سنسورها)، هوافضا و کشتی‌سازی (برای پرها)، و صنعت معدن برای فناوری دنده ۶۱ قرض کرده است. این گزینه «قرض گرفتن» اکنون به انتهای خود نزدیک شده است، چراکه برق بادی اکنون از مرزهای این بخشهای کمک‌رسان هم عبور کرده است و این صنعت نیازمند ایجاد و توسعه فناوری‌های جدید برای پاسخگویی به نیازهای در حال رشد خود است [۳۰]. به این ترتیب لزوم تاسیس رشته دانشگاهی مختص برق بادی، مراکز R&D و پژوهشکده‌های ویژه و همچنین مشخص کردن مرزهای علوم مرتبطه در این زمینه خاص، بیش از همیشه ضروری می‌نماید.
- رقابت‌پذیر شدن برق بادی و عدم وابستگی به سوبسید: از سوی دیگر، هزینه‌های سرمایه‌ای برق بادی طی سال‌های اخیر کاهش یافته است، دلیل این کاهش در وهله نخست افزایش رقابت‌ها بوده و سپس مربوط به پیشرفت‌های فناورانه شامل برج‌های بلندتر، پرها بلندتر و ژنراتورهای کوچکتر می‌شود که به نوبه خود سبب افزایش ظرفیت‌ها شده‌اند. این کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای باعث رقابت‌پذیر شدن برق بادی در مقایسه با انرژی‌های فسیلی شده است، به نحوی که امروزه نیروی برق تولید شده در هر کیلووات ساعت از مزارع ساحلی، در حد رقابت‌پذیر و یا نزدیک به رقابت‌پذیر با نیروگاه‌های ذغال‌سنگ جدید یا گازسوز است. در برخی بازارها همچون استرالیا، برزیل، شیلی، مکزیک، نیوزلند، آفریقای جنوبی، ترکیه، بیشتر اروپا و برخی بخش‌های هند و ایالات متحده، این رقابت‌پذیری بدون طرح‌های حمایتی و جبرانی دولتی حاصل شده است. بر اساس یک تخمین، هزینه‌های ترازشده جهانی به ازای هر مگاوات ساعت برق بادی ساحلی، بین سال‌های ۲۰۰۹ تا اوایل ۲۰۱۴ حدود ۱۵ درصد افت داشته است. هرچند در مدت مشابه، بخش فراساحلی با افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای روبه‌رو شده، موضوعی که به دلیل علاقمندی فعالان این حوزه به انجام کار در فواصل بیشتر از ساحل اتفاق افتاده است [۳۱].
- بهبود زنجیره تامین: برای کنار آمدن با چالش‌های بازار و حفظ سوددهی، تولیدکنندگان توربین زنجیره تامین خود را با تکنیک‌هایی مثل مشترک‌سازی مولفه‌ها^{۶۲} و انبارداری به صورت دقیقاً به وقت^{۶۳} بهبود دهند. در حالیکه بسیاری از

تولیدکنندگان همچنان اکثر قطعات مهم را خودشان می‌سازند، روندی هم به سمت برون‌سپاری و تولید منعطف ایجاد شده است. برخی از شرکت‌ها تمرکز خود را بر راه‌اندازی پروژه و نگهداری قرار داده‌اند، که باعث شده حتی وقتی فروش افت می‌کند، کسب‌وکار آنها همچنان پررونق باشد و برای مشتریان خود نوعی ارزش‌آفرینی در این بازار رقابتی ایجاد کرده‌اند. برخی دیگر مشارکت انتفاعی^{۶۴} را پیش گرفته‌اند. میتسویشی^{۶۵} ژاپن با وستاس دانمارک، و آروا^{۶۶} (تامین‌کننده هسته‌ای در فرانسه) با گامسا اسپانیا از این جمله‌اند که برای توسعه توربین‌های فراساحلی با هم همکاری دارند. بیشتر شرکت‌ها امروزه ادغام عمودی^{۶۷} شده‌اند، و تعداد بسیار کمی هستند که می‌توان آنها را تولیدکننده خالص توربین بادی نامید. از سوی دیگر، طی سال‌های اخیر، استراتژی واگذاری تولید به شرکت‌های محلی نیز پاسخ تولیدکنندگان توربین به قوانین کشورهای (مثل برزیل) برای استفاده از توان داخلی، همچنین بهره‌مندی از وام‌های ارزان، دوری از تغییرات نرخ ارز و گمرکات، و همچنین هزینه‌های لجستیکی و جابه‌جایی توربین‌های بزرگ و قطعات آنها بوده است [۳۱].

- حضور متنوع اندازه‌ها و تولیدکنندگان (همه چیز را می‌توان فروخت!) گفته می‌شود دور، دور توربین‌های بزرگ است؛ برای مثال، متوسط اندازه توربین‌ها در جهان در سال ۲۰۱۳، حدود ۱/۹ مگاوات بود که نسبت به ۱/۸ مگاوات سال ۲۰۱۲ رشد خوبی را نشان می‌دهد. در آلمان متوسط اندازه توربین‌ها برابر ۲/۷ مگاوات، در ایالات متحده ۱/۸ مگاوات، در چین ۱/۷ مگاوات و در هند ۱/۳ بوده است. با این همه، توربین‌های کوچک (کنترا از ۱۰۰ کیلووات) با صدها تولیدکننده در سرتاسر دنیا، شبکه‌های معاملاتی گسترده و با افزایش اهمیت گواهی برای این نوع از توربین‌های بادی همچنان در سال ۲۰۱۳ در جهان حضور فعال داشتند. بیشتر این تولیدکنندگان در چین، آمریکای شمالی و اروپا هستند. حدود سه‌چهارم تولیدکنندگان در دنیا ماشین‌های با محور افقی می‌سازند و سایرین بر نوع عمودی یا هر دو نوع تمرکز دارند. بیشتر مدل‌های محور عمودی طی ۵-۷ سال گذشته توسعه یافته‌اند [۳۱].



فصل ۳ - هوشمندی فناوری



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.

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.

نگرش QFD

این روش یکی از ابزارها و روش‌های بکارگرفته شده در مدیریت کیفیت جامع (TQM^۹) 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 کنند، شناسایی می‌کنند. این ابزار روشی سیستماتیک برای شناخت انتظارات مشتری و اعمال این انتظارات در محصول می‌باشد و روش علمی جهت طراحی، مهندسی و تولید محصول ارائه می‌نماید. بعلاوه ارزیابی عمیقی از فناوری‌های موجود و یا آینده محصول ارائه می‌نماید.

استفاده از روش QFD^{۷۰} 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. به طور 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.

نگرش نگاشت فناوری^{۷۱}

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. نگاشت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند.

ترسیم نگاشت، یک راه ایده آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیقی 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^{۷۲} و خط^{۷۳} 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 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^{۷۴}: این نوع نگاشت بیشتر به منظور تعیین مسیر و روند یابی تغییرات و پیشرفت فناوری استفاده می‌شود.
- نگاشت همبستگی^{۷۵} کلمات: 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^{۷۶}: 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^{۷۷}: 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.

انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری

در این قسمت، سه روش ذکر شده در شناسایی فناوری در بالا از منظر محدودیتها و مزیتهاشان 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 (۲۰۱۰) استفاده نمود این ماتریس می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری در انتخاب روش مناسب شناسایی فناوری مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳-۱- مقایسه روش های شناسایی فناوری

بر اساس این ماتریس، برای شناسایی فناوری های بخش انرژی بادی که بر طبق تعریف بالا از جنس فناوری های محصول و کاربردهای فناورانه قلمداد می شود، 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 اولویت بندی فناوری ها باید از این درخت استفاده گردد.

در شناخت فناوری صنعت باد از روش نگاشت فناوری استفاده شده است.

در یک محیط بازار داده شده است. همچنین، درخت تکنولوژی به تعریف المان‌های تکنولوژی بر پایه تکنولوژی‌های شناخته شده کمک می‌کند.

بنابراین دلایل، درخت تکنولوژی ابزارهای تصمیم‌گیری مهمی برای برنامه ریزی تکنولوژی هستند و در فرآیند برنامه‌ریزی تکنولوژی به کار گرفته می‌شوند [۳۸]-[۳۲].

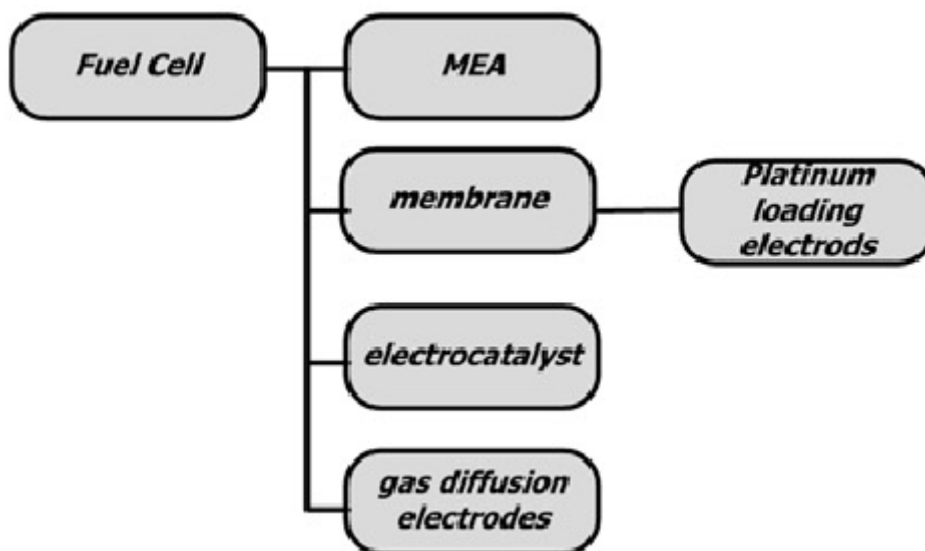
اگرچه درخت تکنولوژی شامل کلمه تکنولوژی است، این به معنای ساختار درختی برای نشان دادن اطلاعات تکنولوژیکی نیست. درخت تکنولوژی را بر اساس هدف استفاده‌ای که برای آن تعریف می‌شود، به سه دسته تقسیم می‌کنند:

طبقه بندی محصول

طبقه بندی تکنولوژی

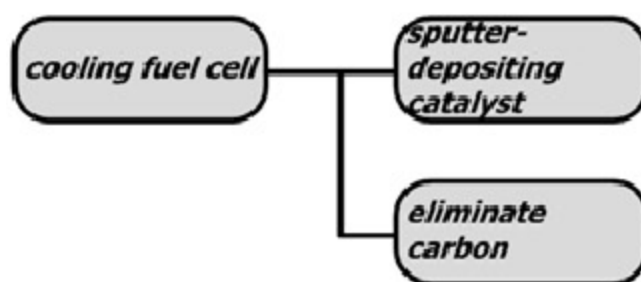
عملکرد طبقه بندی تکنولوژی

یک درخت تکنولوژی در دسته بندی طبقه بندی محصول، اجزا استفاده شده در محصول و روابط متقابل آن‌ها را نشان می‌دهد. در مقالات [۳۲] و [۳۸] یک درخت تکنولوژی برای توصیف ساختارهای محصولات سیلیکونی و اجزای گوشی همراه استفاده شده است.



شکل ۳-۱- درخت تکنولوژی محصول محور [۳۹]

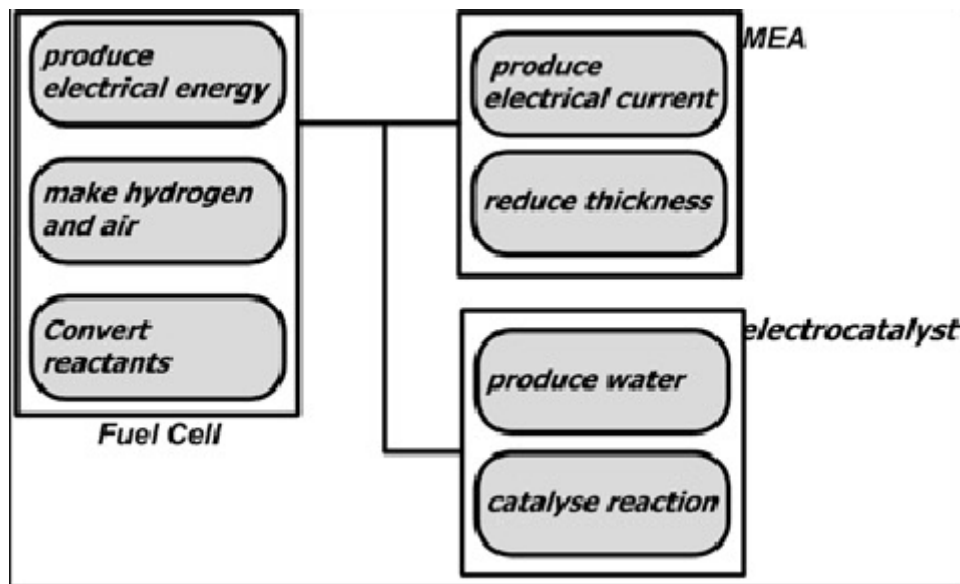
درخت تکنولوژی در دسته بندی طبقه بندی تکنولوژی، تکنولوژی‌های به کار رفته در یک محصول و روابط بین آن‌ها را نشان می‌دهد [۴۰]. در مقاله [۴۰] یک درخت تکنولوژی برای نشان دادن طبقه بندی تکنولوژی یک شبکه وسیع به عنوان گام اولیه در طراحی نقشه راه یک تکنولوژی آورده شده است. آژانس فضایی اروپا (ESA) از یک درخت تکنولوژی برای توصیف طبقه بندی تکنولوژی استفاده کرده است. ESA نحوه عملکرد جهانی و اروپا را در شاخه رباتیک و اتوماسیون فضایی برای استخراج روند پیشرفت بلند مدت را مورد بازبینی قرار داده است و از درخت تکنولوژی برای نشان دادن نتایج بهره گرفته است [۳۶] و [۳۷]. در مقاله [۳۳] از یک درخت تکنولوژی سبز برای نشان دادن رهیافت کلی دنبال شده توسط بخش انرژی سبز است.



شکل ۳-۲- درخت تکنولوژی تکنولوژی محور [۳۹]

یک درخت تکنولوژی در گروه عملکرد طبقه بندی تکنولوژی، عملکردهای تکنولوژی‌های به کار گرفته شده بر روی محصولات و تکنولوژی‌ها و روابط متقابل آن‌ها را نشان می‌دهد. عملکرد تکنولوژی اطلاعات مربوط به اهداف تکنولوژی‌ها، تاثیر تکنولوژی‌ها و یا روابط میان محصولات را نشان می‌دهد.

مقاله [۳۹] از یک سیستم تجزیه و تحلیل ثبت اختراع به کمک کامپیوتر به منظور توسعه درخت تکنولوژی عملکردی محصولات استفاده کرده است.



شکل ۳-۳- درخت تکنولوژی عملکرد محور [۳۹]

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و بر طبق مقالات [۴۰] و [۳۷] و [۳۶] و نقشه راه پیل سوختی که در کشور تهیه شده است، به منظور به دست آوردن نقشه راه تکنولوژی توربین بادی در کشور بهترین روش برای نگاشت تکنولوژی استفاده از درخت تکنولوژی بر پایه تکنولوژی است. در این روش تکنولوژی‌های موجود در مجموعه سیستم توربین بادی بهتر مورد بررسی قرار گرفته و دید کاملتری برای تدوین سند راه توربین بادی در کشور در اختیار ما قرار میدهد.

در نقشه‌های راه تهیه شده در کشورهای مختلف از جمله نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر تهیه شده در IRENA برای سال ۲۰۳۰ [۱۴]، نقشه راه انرژی باد تهیه شده در چین برای سال ۲۰۵۰ [۷]، نقشه راه توربین‌های بادی فراساحلی تهیه شده در اسکاتلند برای سال ۲۰۲۰ [۴۸]، نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر اروپا برای سال ۲۰۲۰ [۱۱] و سایر نقشه راه‌های مطالعه شده مفهومی به عنوان درخت تکنولوژی رسم نشده است؛ ولیکن در تمامی این نقشه‌های راه تکنولوژی توربین بادی در تمامی قسمت‌ها از جمله ساخت، طراحی، بازیافت و سایر مراحل توضیح داده شده است. در این گزارش درخت تکنولوژی برای نشان دادن روابط تمامی تکنولوژی‌های مربوط به توربین بادی انتخاب شده است، که دید جامع و کاملی را از تمامی تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی را در اختیار ما قرار می‌دهد.

تعیین ساختار درخت فناوری صنعت باد ایران

در تبیین درخت تکنولوژی برای توربین بادی در ابتدا ذکر یک نکته ضروری است. از آنجا که این درخت تکنولوژی برای استفاده در زمینه ایجاد نقشه راه انرژی بادی استفاده می‌شود، بایستی الزامات و تمامی مفاهیم تکنولوژیکی و موضوعات مربوط به انرژی بادی در آن نشان داده شود. به این منظور و برای سهولت در رسیدن از درخت تکنولوژی به نقشه راه انرژی بادی، تمامی حوزه‌ها و تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی بادی در این درخت تکنولوژی لحاظ شده است. در واقع در این درخت تکنولوژی وابستگی به تعریف خاصی از درخت تکنولوژی نداریم و این درخت را در راستای سهولت به رسیدن به نقشه راه انرژی بادی تبیین کرده‌ایم.

همچنین از آنجا که صنعت باد یک صنعت نوپا در ایران است، بایستی ارتباط این صنعت با تمامی صنایع در نقشه راه مشخص گردد و تمامی حوزه‌های مرتبط با این صنعت در نظر گرفته شود؛ این مهم به این دلیل است که تاثیر توسعه صنعت باد بر حوزه‌های دیگر و تاثیر تحولات و توسعه بخش‌های دیگر بر صنعت باد به طور کامل مشخص گردد و امکان برنامه‌ریزی مناسب را برای ما مهیا نماید.

در شکل ۳-۴ نمایی کلی از درخت تکنولوژی تهیه شده نشان داده شده است. این درخت تکنولوژی تا چهار سطح به منظور توضیح تکنولوژی‌های مورد استفاده در توربین بادی، توسعه یافته است.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، درخت فناوری صنعت باد ایران بسیار گسترده است که این درخت به صورت کامل در ضمیمه ارائه می‌شود. به منظور توضیح مختصر و بیان گروه‌ها و زیر شاخه‌ها به صورت کلی در این بخش می‌توان گفت که توربین بادی در ابتدا به سه بخش کلی آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی؛ تکنولوژی توربین بادی و آماده سازی زیرساخت‌های فنی تقسیم می‌شود.

در مرحله بعد زیر شاخه‌های درخت فناوری با زیر مجموعه‌های آن تا زیر سطح دوم بیان می‌شوند و بررسی و بیان دقیق زیر مجموعه‌ها به بخش‌های بعدی موکول می‌شود.

زیرگروه‌های بخش آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی به شرح زیر می‌باشد:

فرهنگ سازی سیاسی: توجیه سیاست‌گذاران I سیاست‌گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور

فرهنگ سازی عمومی: آشنایی با لزوم استفاده از انرژی‌های پاک- جهت دهی به سرمایه‌های خصوصی

فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست: بررسی آلودگی‌های صوتی و بصری- ضرورت کاهش حجم دی

اکسید کربن تولیدی در کشور

زیرگروه‌های بخش تکنولوژی توربین بادی به شرح زیر می‌باشد:

تکنولوژی توربین و اجزا: طراحی و شبیه سازی توربین- پره- گیربکس- ناسل و هاب- ژنراتور- سیستم کنترل-

کانورتور- برج- توربین‌های بادی مگاواتی بدون گیربکس

ظرفیت توربین بادی: توربین‌های بادی کوچک- ۳ تا ۵ مگاوات- بیشتر از ۵ مگاوات.

بهینه سازی تکنولوژی: استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند- اصلاح ساختاری توربین.

حمل و نقل و نصب: تکنولوژی حمل و نقل- فونداسیون ساحلی و فراساحلی- اتوماسیون نصب.

نگهداری و تعمیرات: اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت- تهیه بانک اطلاعات نت توربین‌ها

توربین‌های فراساحلی: پتانسیل سنجی نصب توربین‌های فراساحلی- طراحی و ساخت توربین‌های فراساحلی- ساختار

شبکه انتقال در مناطق فراساحلی

تست توربین بادی: ایجاد مرکز تست توربین بادی- توسعه فنی ادوات تست توربین بادی

فرآوری برق: ذخیره سازی- تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه

بازیافت: تکنولوژی بازیافت و دورریز

زیر شاخه‌های بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی عبارتند از:

پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های بادی: تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه- پتانسیل‌سنجی نیاز شبکه و مناطق

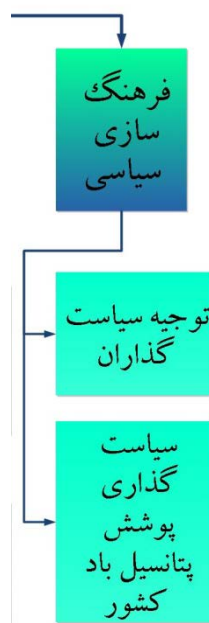
دوردست- استقرار سیستم هواشناسی و پیش‌بینی کوتاه مدت و بلندمدت باد

توسعه و بهبود شبکه برق کشور: آماده سازی شبکه انتقال و توزیع- ایجاد بازار برق هوشمند- کاهش قیمت برق

بادی

در این بخش زیرگروه‌های توربین بادی به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

درخت فناوری صنعت باد ایران: آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی



شکل ۳-۵- نمایی از بخش فرهنگ سازی سیاسی

۳-۴-۲-۱- فرهنگ سازی سیاسی

۳-۴-۲-۱-۱- توجیه سیاست گذاران

کشور ایران دارای منابع و ذخایر بزرگ انرژی است. در حال حاضر بیش از ۸۵ میدان نفتی کشف شده در کشور وجود دارد و از لحاظ ذخایر گازی، ایران دومین مقام را در میان کشورهای جهان دارد. ذخایر گازی باقیمانده در ایران در حدود ۲۶۱۶ تریلیون متر مکعب تخمین زده شده است. منابع دیگر انرژی مانند زغال سنگ و U نیز در کشور به میزان قابل توجهی وجود دارد.

روند موجود رشد بی رویه مصرف انرژی در کشور، ایران را از یک کشور صادر کننده انرژی به یک کشور وارد کننده تا قبل از اقیق ۱۴۰۰ تبدیل خواهد نمود. برای مقابله با این تهدید، اجرای راه کارهای بهینه سازی انرژی و اصلاح الگوی مصرف انرژی ضروری است. بدین ترتیب حضور ایران در بازارهای بین المللی انرژی نیز برای بلند مدت تضمین خواهد شد. بهینه سازی انرژی یک صنعت پر سود و کم هزینه برای اقتصاد ملی است و ترویج آن اشتغال زایی گسترده ای را به دنبال دارد. ایجاد امنیت انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست از دیگر مزایای اجرای راه کارهای بهینه سازی مصرف انرژی است.

با توجه به افزایش مصرف انرژی در ایران، محدود بودن منابع طبیعی، حرکت در راستای طرح توسعه پایدار و حفظ محیط زیست باید تا حد امکان از هدر رفتن و تلف شدن انرژی جلوگیری شود. برای این منظور باید در زمینه استفاده بهینه از منابع انرژی پاک در کشور ضمن شناخت راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی قدم هایی برداشته شود. با توجه به نقش حیاتی انرژی برای جوامع بشری و نقش بسیار تاثیرگذار انرژی در پیشرفت و توسعه پایدار کشورها، امروزه استفاده بهینه از منابع انرژی جهت رفع نیازهای جامعه انسانی نیازمند روی آوری به مدیریت انرژی و بهینه سازی مصرف آن است.

مدیریت انرژی عامل تأمین، مصرف بهینه و حفظ انرژی بوده و عبارت است از مجموعه اقداماتی که در جهت کاربرد مؤثر از منابع انرژی موجود صورت می گیرد که این اقدامات شامل: صرفه جویی انرژی، مصرف انرژی و جایگزینی منابع انرژی می گردد. (محمدی اردهالی، ۱۳۸۲)

دولت می تواند با وضع قوانین و مقررات خاص در بخش انرژی کشور به اصلاح الگوی مصرف انرژی دست یابد. بخش عمده این قوانین که در کشور های دیگر نیز مورد استفاده قرار می گیرند، عبارتند از: تأسیس نهادهای کارایی انرژی، برنامه های ملی

کارایی انرژی، اعمال کدهای ساختمانی اجباری و اختیاری و تهیه تأییدیه‌های ساختمانی الزامی، برچسب‌گذاری استانداردهای کارایی برای وسایل و تجهیزات، اقدامات مالیاتی، یارانه‌های تشویقی و محرک‌های پولی.

فرهنگ عبارت است از مجموعه‌ای از نمادها، نهادها و روش‌ها در یک جامعه که تعیین و تنظیم کننده رفتار انسان‌های آن جامعه می‌باشد. البته این نمادها ممکن است ناملموس باشند مانند تلقیات، باورها، ارزش‌ها و غیره. بهسازی فرهنگ مصرف انرژی در حالت کلی تابع موارد یا مؤلفه‌های زیر است:

- توجیه سیاست‌گذاران در زمینه بهره‌گیری از انرژی‌های نو و پاک.
- ارتقاء آگاهی‌های عمومی مصرف‌کنندگان در مورد انرژی‌های اولیه.
- راهنمایی و هدایت مصرف‌کننده‌ها در جهت مصرف منطقی و بموقع انرژی.
- بهبود فرهنگ استفاده از وسایل و تجهیزات (دانش فنی) مصرف‌کننده انرژی و رعایت اصول بهره‌برداری صحیح و نگهداری و تعمیرات پیشگراانه وسایل مصرف‌کننده انرژی.
- آگاهی مصرف‌کنندگان از روش‌های صرفه‌جویی انرژی در جهت کاهش تلفات آن.
- سازمان‌های دولتی و غیردولتی (خصوصاً سازمان‌های بزرگ) مدیریتی به نام "مدیریت صرفه‌جویی انرژی" را در واحدهای خود ایجاد نمایند که وظیفه‌اش بررسی نحوه مصرف انرژی در سازمان و کاهش اتلاف منابع انرژی با به‌کارگیری آموزش‌های تخصصی در سازمان مربوطه باشد.
- جایگزینی انرژی الکتریکی با سایر انرژی‌ها در محیط مصرف.
- ایجاد انگیزه و رغبت مصرف‌کنندگان در جهت باروری روحیه همبستگی، وفاق، مشارکت و احساس مسئولیت اجتماعی به عنوان تلقیات و باورهای ارزشی در جامعه.
- ترویج اعتقادات دینی: به عقیده‌ی بسیاری از صاحب‌نظران با توجه به نقش عمده فرهنگ و اعتقادات دینی در آموزش‌پذیری جامعه، راهکار نهایی پایان دادن به بهره‌برداری بی‌حد و حصر انسان از منابع طبیعی و ایجاد روحیه‌ی مسئولیت‌پذیری مشترک جهت حفاظت محیط زیست، احیاء فرهنگ‌های اصیل ملل و رویکرد به تعالیم دینی و بهره‌گیری از رهنمودهای ادیان الهی است.
- افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان در زمینه خرید وسایل مصرف‌کننده انرژی و مقدار مصرف آن‌ها.

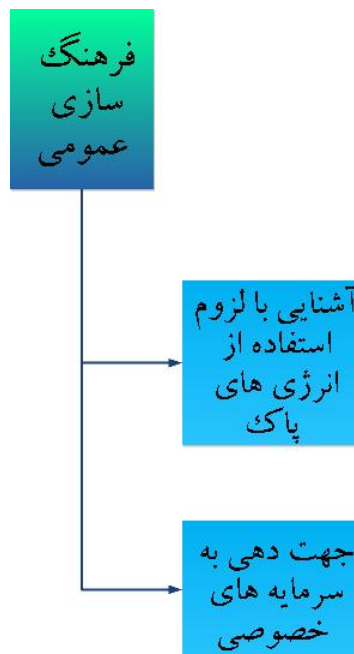
- تعلیم هنجارهای رفتاری، ارتقاء رشد فکری مردم و اصلاح سبک زندگی مردم در جهت درک ارزش های منابع انرژی و به ویژه انرژی های نو از طریق رسانه ها، در قالب برنامه ها با مقالاتی که تحت نظر متخصصین با تجربه و آگاه تهیه شود و در عین حال سعی گردد اسراف منابع انرژی به عنوان رفتاری کوتاه فکرانه و غیرعقلایی به مردم شناسانده شود.

۳-۴-۲-۱-۲- سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور

با در نظر گرفتن پتانسیل ۱۶۰۰۰ مگاواتی ایران برای استحصال برق بادی شایسته است سیاست گذاری های لازم جهت برآورد سالانه ظرفیت نیروگاه های بادی نصب شده و در حال بهره برداری انجام گیرد و برنامه ریزی ظرفیتی و منطقه ای نصب نیروگاه های بادی و پیگیری و بازنگری سیاست های قیمتی و اجرایی لازم برای نیل به اهداف بلندمدت استحصال برق بادی مطابق پتانسیل بادی کشور انجام شود و گزارش های دوره ای از پیشرفت پروژه و فاصله تا افق مورد انتظار تهیه شود.

۳-۴-۲-۲- فرهنگ سازی عمومی

دو زیر گروه بخش مردم درخت تکنولوژی توربین بادی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۶- نمای از بخش فرهنگ سازی عمومی

۳-۴-۲-۱-۲- آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک

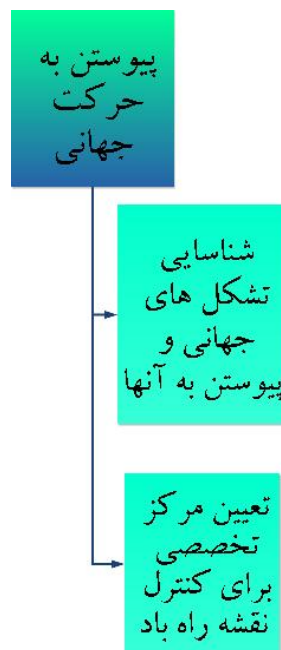
یکی از مفاهیم مهم در راستای رسیدن به توسعه در تکنولوژی توربین بادی، افزایش آگاهی و دانش مردم در لزوم استفاده از انرژی باد و رویکرد به سمت کاهش سهم برق حاصل از سوخت‌های فسیلی است. در واقع نمایان کردن اهداف کشورهای توسعه یافته و اقدامات آن‌ها در این جهت برای مردم ضروری است.

۳-۴-۲-۲-جهت دهی به سرمایه‌های خصوصی

از آن‌جا که هزینه‌ی سرمایه‌گذاری در بخش توربین بادی بسیار زیاد است ایجاد آگاهی در مردم منجر به انجام همکاری‌های در این راستا و جذب سرمایه‌های خصوصی در بخش توسعه و احداث توربین‌ها و مزارع بادی خواهد شد. ایجاد این آگاهی در مردم منجر به انتخاب برق بادی به عنوان گزینه‌ای مناسب برای تامین نیازهای خود خواهد شد و از این رو مردم حاضر به پرداخت قیمت بالاتر برای برق برای کاهش مشکلات و مضرات استفاده از سوخت‌های فسیلی خواهند شد. یکی از راهکارهای تشویق مردم برای انجام سرمایه‌گذاری در بخش توربین بادی اعمال سیاست‌های تشویقی در این بخش است، که مردم را هرچه بیشتر به سمت استفاده از انرژی‌های بادی ترغیب نماید.

۳-۴-۲-۳-پیوستن به حرکت جهانی

نمایی کلی از بخش پیوستن به حرکت جهانی درخت تکنولوژی توربین بادی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۷-نمایی از بخش پیوستن به حرکت جهانی

۳-۴-۲-۳-۱- شناسایی تشکل های جهانی و پیوستن به آن ها

یکی از گام های مهم برای همسو شدن با کشورهای پیشرو در عرصه صنعت بادی شناسایی تشکل های مرتبط با صنایع باد و پیوستن به این تشکل ها است. این موضوع در ارتباط با صنایع بادی از آن جا حائز اهمیت است که عضویت در این تشکل ها امکان بهره مندی از تکنولوژی های روز دنیا را در اختیار ایران قرار می دهد و از طرف دیگر ایران را به عنوان کشوری حامی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سطح فراملی معرفی می کند و حتی امکان صادرات برق بادی را نیز به کشورهای همسایه نظیر پاکستان فراهم خواهد کرد.

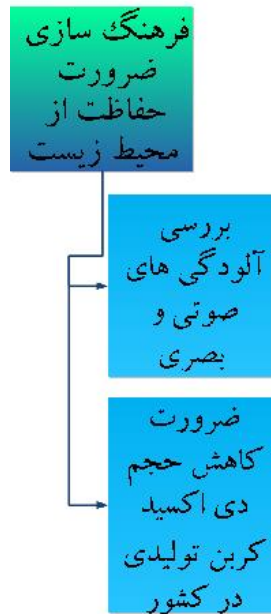
۳-۴-۲-۳-۲- تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد

در گزارش تبیین مستدل ابعاد و محدوده سند از حیث جغرافیایی، افق زمانی، حوزه های دانشی و ساختاری، افق های زمانی و ابعاد جغرافیایی متفاوتی برای بررسی نقشه راه باد و در حالت کلی نقشه راه تعریف شده بود. بر این اساس تدوین نقشه راه باد می توانست در افق کوتاه مدت، میان مدت و یا بلند مدت باشد و از طرف دیگر، محدوده جغرافیایی مطالعه می توانست در سطح منطقه ای، ملی و فراملی تعریف شود. بنابراین امکان تبیین نقشه راه انرژی باد در سطوح مختلف بایستی در نظر گرفته شود و رسیدن به این هدف تنها از طریق تاسیس یک مرکز تخصصی در جهت برنامه ریزی و کنترل نقشه راه باد امکان پذیر خواهد بود. از طرف دیگر، نقشه راه تدوین شده بایستی هر ۵ سال مورد بازبینی و تصحیح قرار بگیرد، که این امر لزوم وجود یک مرکز تخصصی در این زمینه را بیشتر نمایان می کند.

بایستی همگام با نصب، طراحی و توسعه تکنولوژی های موجود در کشورهای پیشرو در عرصه توربین بادی، بخش مجزایی برای انجام تحقیق بر روی روش های بهبود ساختار توربین های موجود و انجام تحقیقات در صنعت باد به منظور بهبود روند موجود در جهان انجام گیرد. در واقع، بخش های صنعت و تحقیق بایستی همگام با هم عمل نمایند تا نتیجه مطلوب در راستای رسیدن به کشورهای پیشرو در این زمینه حتی توسعه توربین های بادی موجود انجام گیرد.

۳-۴-۲-۳- فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست

این بخش از درخت تکنولوژی توربین بادی شامل دو زیربخش ضرورت کاهش حجم CO_2 تولیدی در کشور و بررسی آلودگی های صوتی و بصری است.



شکل ۳-۸- نمای از بخش فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست

۳-۴-۲-۱- ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی در کشور

در گام اول رویکرد به سمت استفاده از انرژی باد و در واقع بهره برداری از توربین و مزارع بادی منجر به کاهش آلودگی محیط زیستی و کاهش حجم CO_2 تولیدی خواهد شد. یکی از عوامل اساسی برای رفتن به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص انرژی باد کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای بود. بنابراین بر روی مفاهیم مورد بررسی در کنار انرژی باد بایستی اثر توربین‌ها و مزارع بادی را بر روی کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای را مد نظر قرار داد.

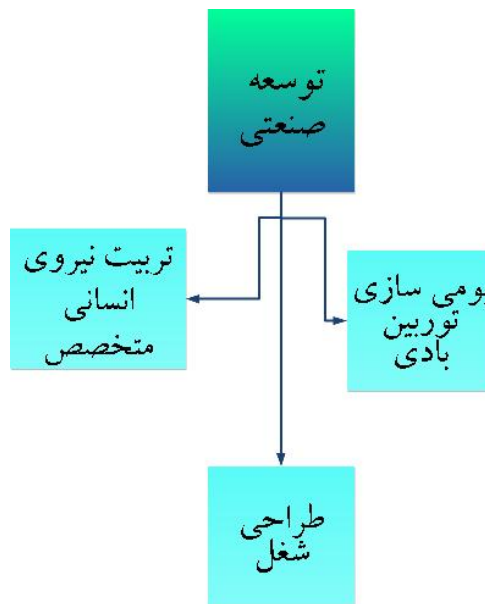
۳-۴-۲-۲- بررسی آلودگی های صوتی و بصری

در بررسی آثار محیطی توربین بادی، ابتدا بایستی محیط اطراف توربین بادی در نرم‌افزارهای معرفی شده شبیه سازی شود. این محیط در واقع اثرات مختلفی از لحاظ پوشش منطقه، ارتفاع و مناطق مسکونی موجود بر روی میزان تولید توربین‌های بادی دارد. زیرا با افزایش موانع بر سر راه باد، میزان باد رسیده به توربین بادی کاهش یافته و در نتیجه میزان برق تولید را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر، بایستی اثر توربین و مزارع بادی بر روی محیط اطراف از لحاظ ایجاد تغییرات محیطی مورد مطالعه قرار گیرد.

یکی از تاثیراتی که توربین‌های بادی بر روی محیط اطراف خود می‌گذارند، ایجاد آلودگی‌های بصری و صوتی است و این یکی از مشکلات احداث توربین‌های بادی در نزدیک مناطق شهری و یا مناطق توریستی است. بنابراین بایستی با سنسورهای مختلف این تاثیرات را مورد مطالعه قرار داد و در حین کار توربین بادی با مطالعه این آلودگی‌های در صورت افزایش میزان نویز، تمهیداتی را در راستای کاهش آن انجام داد. تمامی موارد ذکر شده، پیش از نصب و بهره برداری توربین بادی بایستی به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

۳-۴-۲-۵- توسعه صنعتی

نمایی از بخش توسعه صنعتی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۹- نمایی از بخش صنعت درخت تکنولوژی توربین بادی

بخش توسعه صنعتی به سه دسته کلی بومی سازی توربین بادی، تربیت نیروی انسانی متخصص، و طراحی شغل تقسیم شده است.

بومی سازی توربین بادی، نیازمند زمان و کسب دانش تخصصی فراوان در زمینه طراحی و بهره برداری و نگهداری و تعمیرات توربین بادی و در انتها بازیافت آن است. مطالعاتی در گزارش سند راهبردی باد در زمینه امکان سنجی ساخت توربین بادی در داخل کشور انجام شده است. در حال حاضر صبا نیرو توربین های بادی ۶۶۰ و ۷۱۰ کیلووات را تولید می کند و تولید توربین بادی ۲ مگاوات در حال مطالعه در کشور است.

۳-۴-۲-۵-۲- تربیت نیروی انسانی متخصص

در بحث تربیت نیروی انسانی متخصص، اقدامات و سیاست هایی در زمینه توسعه مهارت ها، اختصاص هزینه به بخش آموزش انرژی های تجدید پذیر و توسعه برنامه های آموزشی در راستای ایجاد مهارت هایی که در زمینه احداث، بهره برداری و نگهداری توربین بادی مورد نیاز است بایستی هدف گذاری شود. در این زمینه موسساتی در راستای آموزش این مهارت ها به افراد می تواند ایجاد شود. این بحث از این لحاظ نیز حائز اهمیت است که در غیاب مهارت های تخصصی سرمایه گذاران رغبتی به ایجاد طرح هایی در زمینه انرژی باد ندارند.

برای مثال توربین های بادی فراساحلی یک تکنولوژی نوپا در عرصه ی تکنولوژی های توربین بادی حتی در کشورهای پیشرو در این صنعت هستند، که این امر نیاز به ایجاد تخصص های مورد نیاز در این بخش را مشخص می نماید که در این زمینه می توان از نیروهای متخصص در بخش صنایع نفت و گاز بهره گرفت.

۳-۴-۲-۵-۳- طراحی شغل

در گزارش سند راهبردی باد در مورد مشاغل ایجاد شده از صنعت باد صحبت شده است، این مشاغل به دو دسته کلی مشاغل مستقیم و مشاغل غیر مستقیم تقسیم بندی شده و آماری از مشاغل ایجاد شده در کشورهای دیگر ارائه شده است. علاوه بر دین نظر گرفتن مشاغلی که می تواند در ساخت تولید اجزا توربین بادی ایجاد شود؛ مشاغل زیر نیز نمونه ای از شغل هایی هستند که می توانند پس از احداث توربین بادی ایجاد گردند.

با توجه به رشد روزافزون صنعت باد، نیاز برای سرویس های حمل و نقل افزایش می یابد؛ این سیستم ها در بهترین حالت بایستی به خاطر الزامات ذکر شده در بخش حمل و نقل، به صورت محلی ایجاد شوند. این مهم امکان ایجاد فرصت های شغلی فراوانی را به دنبال خواهد داشت.

فرآیند تعمیرات و نگهداری توربین‌های بادی، فرآیندی دراز مدت است که قابلیت ایجاد مشاغل زیادی را در طول زمان دارد. در زمینه اتصال به شبکه توربین‌های بادی، شرکت‌های در داخل کشور برای کابل گذاری می‌توانند به کار گرفته شوند و این امر مشاغل زیادی را ایجاد خواهد کرد. بازیافت کردن توربین‌های بادی ارزش‌های اقتصادی زیادی را در زمینه بهره‌برداری مجدد از مواد موجود در ساختار توربین بادی و ایجاد فرصت‌های شغلی برای بازیافت توربین بادی ایجاد می‌کند.

درخت فناوری صنعت باد ایران: تکنولوژی توربین بادی

در این حوزه، تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی به صورت کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی را در چند بخش مجزا می‌توان گروه‌بندی نمود؛ این دسته‌بندی از این حیث مفید است که امکان بررسی مجزای تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی را در اختیار ما قرار می‌دهد و در مرحله بعدی، امکان برنامه‌ریزی در این بخش‌ها را به صورت دقیق‌تر مهیا می‌کند.

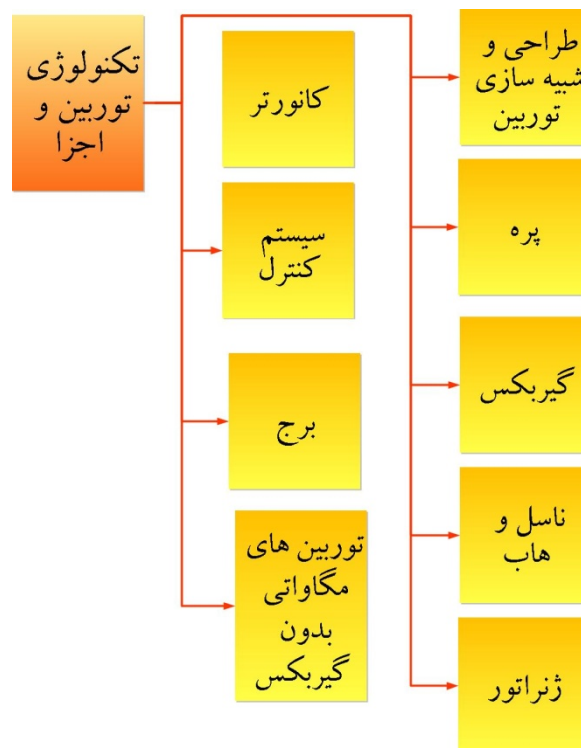
در شکل ۳-۱۰ نمای کلی بخش تکنولوژی توربین بادی از درخت فناوری نمایش داده شده است.

این بعد از شناسایی، تکنولوژی توربین بادی را به بخش‌های جداگانه شامل تکنولوژی توربین و اجزا، ظرفیت توربین بادی، بهینه سازی تکنولوژی، حمل و نقل و نصب، نگهداری و تعمیرات، توربین‌های فراساحلی، تست توربین بادی، فرآوری برق، بازیافت تقسیم کرده است؛ که هر کدام از این گروه‌ها به زیرشاخه‌های دیگری نیز تقسیم می‌شوند که در این بخش به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

۳-۴-۳-۱- تکنولوژی توربین و اجزا

بخش تکنولوژی توربین و اجزا در واقع به بررسی تکنولوژی و فن آوری اجزای مختلف توربین بادی می پردازد؛ این بخش از درخت تکنولوژی در سند راهبردی انرژی بادی [۲] به خوبی توضیح داده شده است بنابراین در بسیاری از قسمت ها به این گزارش ارجاع داده می شود و از تکرار مجدد مطالب آورده شده در این گزارش پرهیز می شود.

بخش تکنولوژی توربین و اجزا خود به زیر شاخه های طراحی و شبیه سازی توربین، پره، گیربکس، ناسل و هاب، ژنراتور، سیستم کنترل، کانورتر، برج و تربین های بادی مگاواتی بدون گیربکس تقسیم می شود. در شکل ۳-۱۱ نمایی کلی از بخش توربین و اجزا در درخت فناوری نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱۱- نمایی از بخش تکنولوژی توربین و اجزا در درخت فناوری صنعت باد ایران

۳-۴-۳-۱-۱- طراحی و شبیه سازی توربین

طراحی و شبیه سازی توربین بادی در واقع ابتدایی ترین بخش در ساخت توربین های بادی و بهره برداری از توربین های بادی است. در این زمینه نرم افزارهای متفاوتی وجود دارد.

کاربرد این نرم افزارها عبارتند از:

BLADED: این نرم افزار توسط شرکت Garrad Hassan برای طراحی و تایید طرح های توربین بادی ساحلی و فراساحلی ایجاد شده است. این نرم افزار به کاربر این امکان را می دهد تا عملکرد یک توربین بادی را در تمام بازه ی کاری مورد بررسی قرار داده و محاسبات بار را انجام دهد.

HAWC2: این نرم افزار برای محاسبه پاسخ های توربین بادی در حوزه زمان به کار می رود. این نرم افزار در طی سال های ۲۰۰۳-۲۰۰۶ در مرکز تحقیقاتی Roise در دانمارک توسعه یافته است و قابلیت بررسی ساختارهای پیچیده را دارد. **FAST**: این نرم افزار، یک نرم افزار و شبیه ساز جامع در زمینه تست و اعتبارسنجی طراحی های توربین بادی است که توانایی پیش بینی بارهای حدی و بارهایی که ایجاد خستگی مکانیکی می کنند را برای توربین های بادی ۲ و ۳ پره دارد. این نرم افزار توسط آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا ایجاد شده است.

DIGSILENT: این نرم افزار می تواند برای بررسی کیفیت توان و ارزشیابی و تحلیل توربین های بادی مورد استفاده قرار گیرد.

FOCUS6: یک ابزار یکپارچه و ماژولار برای طراحی توربین های بادی و یا اجزای توربین بادی می باشد.

SABER: این نرم افزار برای طراحی سیستم های قدرت شامل بخش های زیرسیستم های مکانیکی، الکترومغناطیسی و الکترونیک قدرت توربین های بادی مورد استفاده قرار می گیرد.

MATLAB: این نرم افزار برای مدلسازی و شبیه سازی سیستم های دینامیکی استفاده می شود، که سیستم توربین بادی با زیرسیستم های مختلف از جمله باد، توربین، ژنراتور، الکترونیک قدرت، ترانسفورماتور و شبکه در این نرم افزار شبیه سازی می شود.

۳-۴-۱-۲-پره

پره های توربین بادی بایستی به اندازه ی کافی استحکام داشته باشند، تا بتواند بارهای تحمیل شده از سرعت های باد متغیر را تحمل کند. در طی ۲۰ سال اخیر، بین ۱۰۰ میلیون تا ۱ میلیارد دلار بار مختلف برای توربین بادی شناسایی شده است. بنابراین پره های توربین بادی بایستی توانایی تحمل بارهای مختلف تا حداکثر مقداری که در شرایط بد آب و هوایی رخ می دهد، را

داشته باشند. با در نظر گرفتن این شرایط همراه با کم بودن نیروهای گرانثی بایستی موادی برای ساخت پره انتخاب شوند که حتی الامکان دارای چگالی کم و سختی زیاد و مقاومت در برابر آثار خستگی باشند.

امروزه در ساخت پره‌های توربین بادی از مواد Fibre Reinforced Polymer (FRP) استفاده می‌شود، که هر دوی ویژگی‌های بالا را در اختیار ما قرار می‌دهد، که در سند راهبردی انرژی بادی به آن اشاره شده است. استفاده از این مواد در ساخت توربین بادی، می‌تواند موانع موجود در ساختارهای پیچیده را برطرف کند و احتمال‌های زیادی در راستای بهینه کردن عملکرد توربین بادی را در اختیار ما قرار می‌دهد.

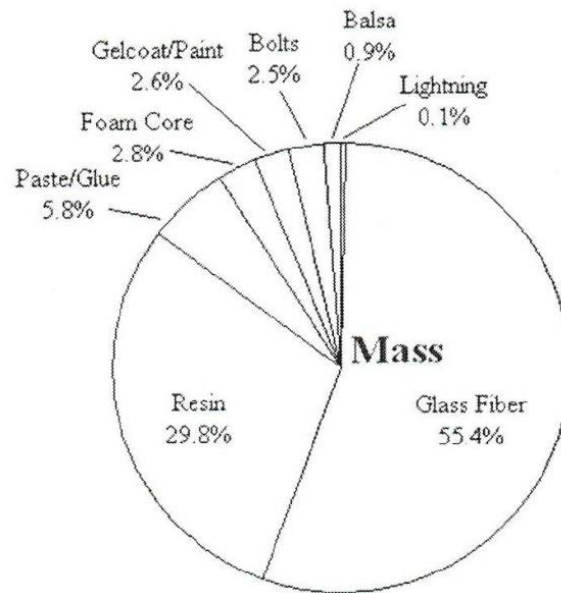
برخی از مشکلات برای استفاده از مواد FRP عبارتند از:

بایستی از کیفیت مستحکم fibres, sizings و resins اطمینان حاصل شود. عملکرد مواد بستگی زیادی به استحکام میان رفتارهای سطح fibre که sizings نامیده می‌شود، کیفیت resin و پارامترهای ساخت دارد. در حال حاضر تعداد تولیدکنندگان این مواد با توجه به نیاز روز افزون افزایش یافته است و بنابراین نیاز رو به رشدی برای توجه دقیق بر روی کیفیت این مواد وجود دارد.

بایستی از یکنواختی و یکسانی در پروسه ساخت به منظور رسیدن به کیفیت بالا اطمینان حاصل کرد. این روند با توجه به کنترل دقیق پروسه تولید و کنترل کیفیت پس از ساخت و بازبینی پره‌های جدید حاصل می‌شود. بایستی مدل‌های دقیق مواد و نرم‌افزارهای کارآمد برای طراحی پره‌ها ایجاد شود.

بایستی fibres و resins با کیفیت بالا به منظور برآورده ساختن چالش‌های موجود در طراحی پره‌های توربین بادی جدید ایجاد شوند. این امر منجر به کم شدن وزن اجزا در پره و در نتیجه کاهش یافتن نیروهای گرانثی و اثرات خستگی در روی پره‌ها می‌شود.

در مقاله [۱۵] جرم پره به عنوان تابعی از ظرفیت توربین بادی تخمین زده شده است، نمایی از این جرم در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۲- نمایش اجزای جرم پره [۴۲]

با توجه به این مقاله، به ازای نصب هر GW، در حدود ۱۰۰۰۰ تن از جرم پره مورد نیاز است. با در نظر گرفتن نرخ نصب GW ۱۰۰ در هر سال، جرم کل پرها به ۱۰۰۰۰۰۰ تن می‌رسد. راه دیگر برای تخمین جرم کل پرها استفاده از این فرضیات است: با فرض ۲۰۰۰۰ توربین ۵ MW که هر کدام از توربین‌ها ۳ پره دارند و وزن هر کدام از این پرها با توجه به طراحی و مواد موجود در حال حاضر در حدود ۱۸ تن است [۴۳]، بنابراین وزن کل مواد به کار رفته در پرها برابر با ۱۰۸۰۰۰۰۰ تن خواهد شد. با در نظر گرفتن این تخمین، نیاز آینده برای مواد به کار رفته در پره‌های توربین بادی با تجزیه جرم و نسبت معمول مواد به کار رفته در یک پره استاندارد مشخص خواهد شد.

بنابراین نرخ تولید GW ۱۰۰ در سال نیاز به منابع ۶۰۰۰۰۰۰ تنی glass fibre و ۳۰۰۰۰۰۰ تنی resin را در سال مشخص می‌کند.

تکنولوژی ساخت bearings

تمامی توربین‌های بادی مدرن، یاتاقان‌های غلتک کروی شکل دارند. مفهوم کروی بدان معنی است که بخش داخلی حلقه خارجی یاتاقان مانند بخشی از یک توپ شکل گرفته است. این شکل این مزیت را ایجاد می‌کند که یاتاقان‌ها بدون خرابی در حین کار خم شوند. ماکزیمم اندازه زاویه برابر نیم درجه است که به اندازه کافی بزرگ است تا این اطمینان حاصل شود که هر خطای کوچکی بین شفت توربین بادی و غلاف یاتاقان منجر به ایجاد بار اضافی بر روی توربین بادی نخواهد شد.

بیشتر توربین‌های بادی ۵۰۰ کیلووات و بزرگتر دارای دو یاتاقان اصلی هستند. هر کدام از آرایش‌های یاتاقان‌ها مزایا و معایبی را دارند و هر کدام از این مدل‌ها به صورت خاصی نصب می‌شوند. یاتاقان‌های اصلی با گریس روغن کاری می‌شوند و این مجزا از نوع یاتاقان است. نوع خاصی از گریس که مشخصات ویسکوزیته مناسبی حتی در شرایط سرمای سخت داشته باشد، استفاده می‌شود. محکم بودن غلاف یاتاقان با labyrinth packing چک می‌شود. رایج‌ترین موادی که در ساخت یاتاقان‌ها استفاده می‌شوند، martensitic یا bainitic هستند.

چالش‌های اصلی برای یاتاقان‌ها عبارتند از:

قابلیت اطمینان و طول عمر بالا

افزایش میزان مقاومت در برابر خستگی

تعریف تست‌های استاندارد برای تشخیص سختی یاتاقان

مشخص کردن ویژگی‌های یاتاقان برای تضمین استحکام نصب یاتاقان

پوشش و یا بافت جدید سطح

ایجاد روغن‌های تجزیه پذیر

توسعه قابلیت مانیتورینگ آفلاین و آنلاین وضعیت یاتاقان‌ها

تکنولوژی ساخت shaft

شفت اصلی توربین بادی ترکیبی از pierced shaft و flange است. این شفت از quenched carbon steel و یا چدن نشکن^{۷۸} ساخته شده است. مشخصات سطحی شفت می‌تواند از طریق پوشش سطح کاملاً تغییر کند.

چالش‌های اصلی در مورد شفت عبارتند از:

بهبود دانش فلزکاری

بهبود پروسه آهنگری^{۷۹} و پروسه اتصال

بهبود فرآیند طراحی آلیاژ

بهبود عملکرد مقاومتی شفت اصلی از طریق ذوب مجدد با لیزر و آلیاژ

۳-۴-۳-۱-۳- گیربکس

در گزارش سند راهبردی انرژی باد، لزوم استفاده از گیربکس، ساختار کلی گیربکس‌ها و ساختار توربین‌های بدون گیربکس توضیح داده شده است. یک درایو planetary برای نسبت‌های بالا بسیار مناسب است و در مقایسه با gear box های معمول در فضای کوچکتری نصب می‌شود. این نوع از طراحی قابلیت اطمینان را بالا می‌برد و ماده‌ای مناسب برای این طراحی steel ۱۸CrNiMo۷-۶ است. چالش‌های اصلی در رابطه با gear box ها عبارتند از:

بهبود قابلیت اطمینان یاتاقان

کاهش وزن

نحوه اتصال

ارتقا قوانین و مفاهیم مربوط به طراحی

مدلی مقاوم در برابر خستگی

محاسبات قابل اطمینان ساختار gear box

ایجاد ساختار سطح و پوشش با قابلیت اطمینان بالا برای gear box

۳-۴-۳-۱-۳- ناسل و هاب

Nacelle bed plate ساختاری پایه‌ای برای drive train است و هاب رتور ساختاری است که اتصال پره‌ها را ممکن می‌سازد. این دو از فولاد، آلیاژ آلومینیوم بالا و یا چدن ساخته می‌شوند. قابلیت اطمینان این ساختار در توربین‌های بادی جدید ارتقا یافته است. البته بایستی به این نکته توجه نمود که شکست bedplate موجب جابجایی در اجزای drive train خواهد شد که در نتیجه طول عمر اجزا را کاهش می‌دهد. شکست هاب رتور منجر به مشکلات جدی برای مکانیسم pitch در توربین خواهد شد. در گزارش سند راهبردی باد توضیحی در مورد هاب توربین بادی و لزوم استفاده از آن داده شده است.

چالش‌های اصلی در زمینه nacelle bedplate عبارتند از:

ایجاد ساختاری با استحکام بالاتر با استفاده از مواد مستحکم‌تر

بهبود قابلیت جوشکاری

چالش‌های اصلی در زمینه هاب رتور عبارتند از:

ایجاد ساختاری محکم‌تر با ارتقا قابلیت مواد سازنده

کاهش هزینه‌های ساخت

بهبود قابلیت جوشکاری

۳-۴-۱-۳-۵- ژنراتور

در گزارش سند راهبردی باد در مورد انواع مختلف drive train و ژنراتورهای استفاده شده در این ساختارها توضیحات کاملی داده شده است. به صورت کلی ژنراتور از یک بخش گردان به نام رتور و یک بخش ثابت با نام استاتور تشکیل شده است. بخش گردان انرژی الکتریکی را در بخش ثابت القا می‌کند. انواع مختلفی از ژنراتورها در ساختار توربین‌های بادی استفاده می‌شوند، که تعیین نوع ژنراتور مورد استفاده به طراحی کلی ساختار drive train توربین بادی وابسته است، که این موضوع به وصرت کامل با ذکر انواع در گزارش سند راهبردی باد توضیح داده شده است.

در گزارش [۴۴] ژنراتورهای مورد استفاده در توربین بادی به سه دسته کلی تقسیم شده‌اند:

ژنراتورهای القایی قفس سنجابی

ژنراتورهای القایی دوسو تغذیه^{۸۰}

ژنراتور سنکرون درایو مستقیم

مزایا و معایب استفاده از هر کدام از این ژنراتورها در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۳-۲- مقایسه انواع ژنراتورهای مورد استفاده در توربین بادی

درایو مستقیم	ژنراتور دوسو تغذیه	ژنراتور سنکرون	مزایا
فشار مکانیکی کمتر	فشار مکانیکی کمتر	ساده و قوی	
کم صداتر	کم صداتر	ارزانت‌تر	
کارایی بالاتر آیرودینامیکی	کارایی بالاتر آیرودینامیکی	کارایی بالاتر الکتریکی	

بدون gear box	ژنراتور استاندارد کانورتر کوچک	ژنراتور استاندارد	معایب
بازدهی کمتر الکتریکی نیاز به کانورتر بزرگ گران ژنراتور بزرگ و گران ژنراتور پیچیده	بازدهی کمتر الکتریکی شامل gear box گران	بازدهی کمتر آیرودینامیکی شامل gear box فشار مکانیکی Noisy	

۳-۴-۳-۱-۶- کانورتر

انواع گوناگونی از مبدل‌ها می‌تواند در ساختار توربین بادی استفاده شود که این امر وابسته به نوع طراحی drive train توربین بادی است، که امکان استفاده از انواع مختلفی از کانورترها را در توربین بادی فراهم می‌نماید. در گزارش سند راهبردی باد، انواع مختلف drive train و ساختار آن‌ها شرح داده شده است. در یک ساختار کلی می‌توان به صورت کلی مبدل‌های ac/ac، ac/dc و dc/dc را در نظر گرفت. در مقاله [۴۵] انواع مختلفی از کانورترهای مورد استفاده در توربین‌های بادی که ترکیبی از مبدل‌های بالا هستند شرح داده شده است، که این مدل‌ها عبارتند از:

Diode rectifier based converter

Back to back converter

Matrix converter

Z-source converter

Improved Z-source converter

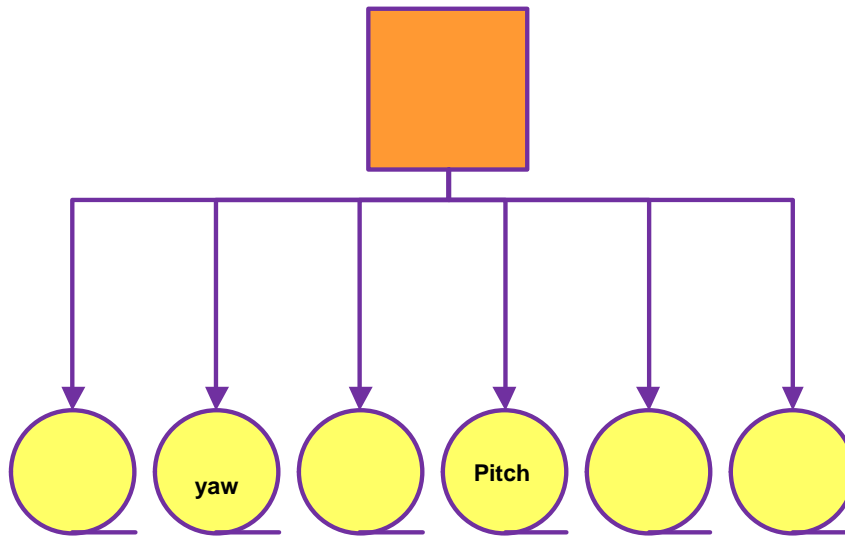
Cycloconverter

Multilevel converter

این مبدل‌ها به صورت کلی از المان‌های نیمه رسانا شامل دیود، ترایستور و سوئیچ‌های قابل کنترل یعنی IGBT تشکیل شده‌اند.

۳-۴-۳-۱-۷- سیستم کنترل

در گزارش سند راهبردی انرژی باد، در مورد کلیت سیستم کنترل توربین بادی توضیح داده شده است و این سیستم کنترل به دو دسته کلی سیستم یا و سیستم pitch تقسیم بندی شده است. در این گزارش دسته‌بندی کلی‌تری از مفاهیم و تکنولوژی‌های مرتبط با سیستم کنترل ارائه می‌شود. شکل ۳-۱۳ نمایش کلی از بخش کنترل است.



شکل ۳-۱۳- نمای از سیستم کنترل توربین بادی

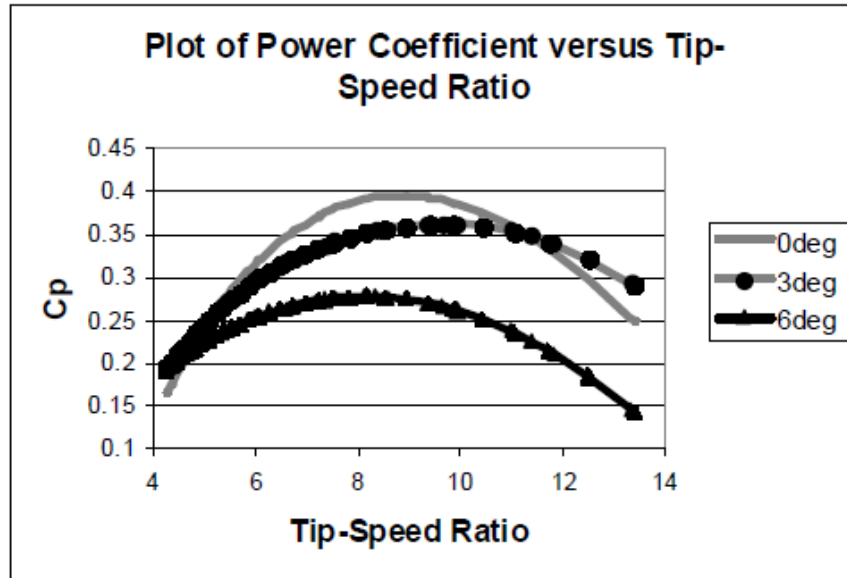
همان‌طور که مشاهده می‌شود، مفاهیم مختلفی در ارتباط با سیستم کنترل توربین بادی وجود دارد. در ابتدا طراحی سیستم کنترل توربین بادی که حالت‌های متفاوتی می‌تواند داشته باشد، لزوم وجود سیستم ترمز در توربین بادی در زمان‌های مورد نیاز مشخص است. در بهترین حالت سیستم کنترلی که برای افزایش توان قابل استحصال از توربین بادی استفاده می‌شود ترکیبی از سیستم کنترل سرعت ژنراتور، سیستم کنترل pitch و سیستم یا است. طراحی سیستم کنترل و در کنار هم قرار دادن این سیستم‌های کنترلی الزامات سخت افزاری و نرم‌افزاری مختلفی را برای ما ایجاد می‌نماید. در این قسمت لزوم استفاده از کنترلر سرعت ژنراتور و سیستم کنترل pitch با استفاده از منحنی توان - سرعت ژنراتور نشان داده می‌شود.

در حالت کلی یکی از مشخصه‌های توربین بادی منحنی توان - سرعت است که این منحنی مطابق شکل ۳-۱۴ از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است.

شکل ۳-۱۴- منحنی توان-سرعت توربین بادی نمونه

همان طور که از شکل دیده می‌شود این منحنی از چندین قسمت مجزا تشکیل شده است. در ناحیه ۲ (که زیر سرعت نامی قرار دارد) هدف استفاده از کنترلر ماکزیمم کردن توان خروجی توربین بادی است. در ناحیه ۳ (بعد از سرعت نامی قرار دارد) هدف استفاده از کنترلر برای توربین بادی ثابت نگه داشتن توان خروجی توربین بادی به منظور محدود کردن توان ژنراتور و هم چنین کنترل بار توربین بادی است.

توربین بادی نواحی دیگری از جمله ناحیه راه اندازی و ناحیه خاموش کردن دارد که در شکل فوق نمایش داده نشده است. روش‌های متفاوتی برای رسیدن به اهداف کنترلی فوق وجود دارد که دو نوع آنها در این گزارش مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور ماکزیمم کردن توان در ناحیه ۲ سرعت چرخشی توربین بایستی با سرعت باد تغییر کند تا $TSR^{\wedge 1}$ ثابت بماند. شکل ۳-۱۵ ضریب توان رتور C_p بر TSR را برای یک توربین بادی نمونه برای زوایای مختلف پره نشان می‌دهد، برای رسیدن به این منظور در ناحیه ۲ از کنترلر سرعت ژنراتور استفاده می‌شود.



شکل ۳-۱۵- منحنی ضریب توان بر اساس TSR

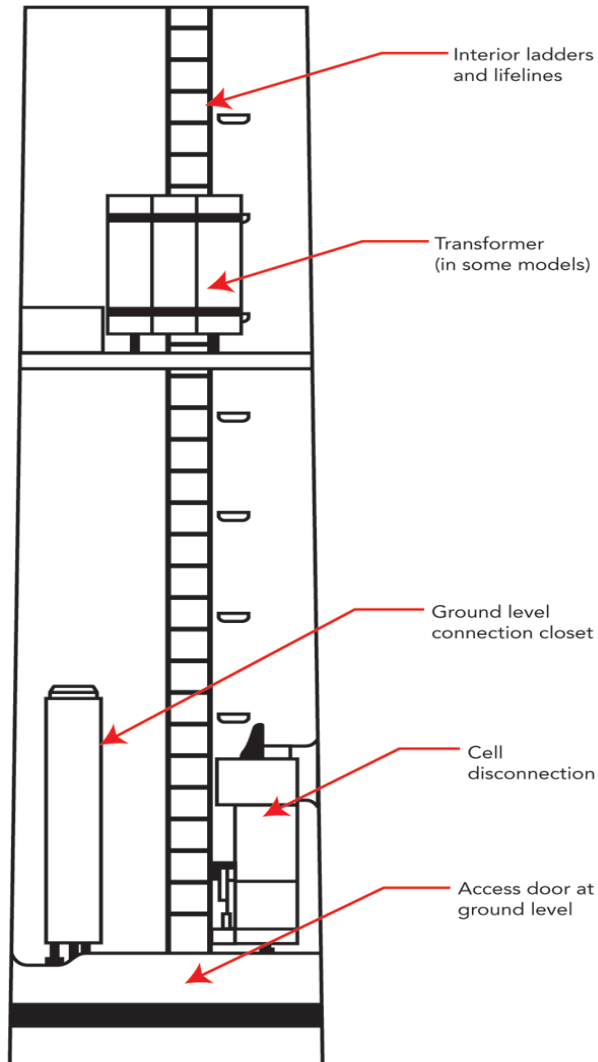
برای ماشین‌های سرعت ثابت تنها در یک سرعت باد C_p مقدار بهینه است و برای باقی سرعت‌های باد در C_p غیر بهینه عمل می‌کند. در بیشتر توربین‌های تجاری بزرگ سرعت چرخشی ماشین با سرعت باد تغییر می‌کند (ماشین‌های سرعت متغیر (V-S)). این به توربین اجازه می‌دهد تا در نزدیکی C_p بهینه عمل کند. کنترلر pitch پره برای ناحیه ۳ استفاده می‌شود [۴۶]. همان‌طور که در سند راهبردی انرژی باد اشاره شده است، لزوم استفاده از سیستم yaw در توربین بادی این است که توربین بادی را در جهت باد قرار دهد.

در بحث سیستم کنترل توربین بادی، اولین بحث طراحی سیستم کنترل است که در نرم‌افزارهای موجود برای طراحی توربین بادی که به تفصیل بحث خواهند شد، امکان تعبیه سیستم کنترل در انواع مختلف و همین‌طور تقابل این سیستم‌های کنترلی با یکدیگر و دیدن اثر آن بر روی توان قابل استحصال از توربین بادی ایجاد شده است.

بحث مهم در سیستم کنترل توربین بادی، از این جهت که سیستم کنترل میزان توان قابل استحصال از توربین بادی را مشخص می‌کند، ارتقا سیستم کنترل توربین بادی است. در واقع تکنولوژی‌های متفاوتی از لحاظ نرم‌افزاری در بخش طراحی سیستم کنترل توربین بادی و در بخش سخت‌افزاری به طور مثال در بخش طراحی ژنراتورهای سرعت متغیر و کانورترها برای سیستم کنترل سرعت ژنراتور موجود است و مطالعات مختلفی در زمینه ارتقا این مفاهیم در حال انجام است.

۳-۴-۳-۱-۸- برج توربین بادی

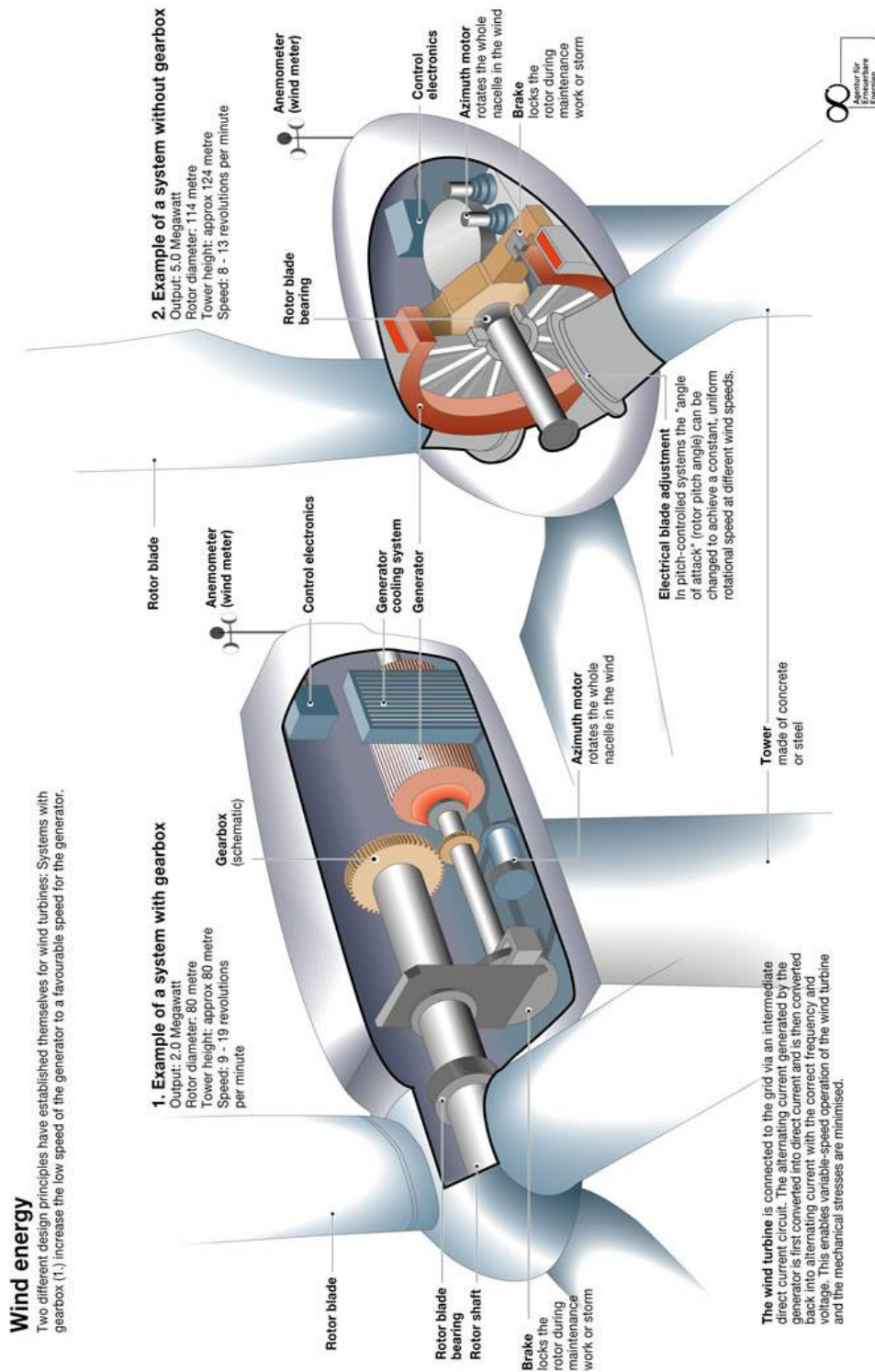
این بخش به صورت کامل برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی در سند راهبردی انرژی باد توضیح داده شده است، که به صورت کلی برج‌ها برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی متفاوت است. نمای کلی انواع برج‌های مورد استفاده در توربین‌های بادی در شکل ۳-۱۶ نشان داده شده است، که برای توربین‌های ساحلی شامل برج‌های بتنی، فلزی و هیبریدی است؛ توربین‌های بادی فراساحلی، ساختارهای برج متفاوتی شامل *tripod*، *floating*، *monopoles* و *gravity based structure* دارند.



شکل ۳-۱۶- برج توربین بادی

۳-۴-۳-۱-۹- توربین های بادی بدون گیربکس

در طراحی توربین های بادی اهداف بهینه ای از قبیل بدست آوردن راندمان بالاتر، هزینه تعمیر و نگهداری



شکل ۳-۱۷- نمای داخلی توربین بادی با گیربکس و بدون گیربکس

کمتراً، قابلیت اطمینان بالاتر و... دنبال می شود. در این راستا و برای رسیدن به اهداف بهینه ذکر شده تعیین ساختار کلی توربین بادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. توربین های بادی از نظر ساختار طبقه بندی های مختلفی دارند که یکی از زیر شاخه های طبقه بندی، از لحاظ وجود و یا عدم وجود گیربکس در توربین بادی است. درحقیقت نوع ژنراتور مولد برقی که در توربین بادی استفاده می شود، مبین این مطلب می باشد که آیا می توان گیربکس را از توربین بادی حذف نمود یا خیر. پارامتر های مختلفی وجود دارد که استفاده از توربین های بادی بدون گیربکس را جذاب و توجیه پذیر می کند، با این حال تکنولوژی بالای ساخت این نوع توربین ها در حال حاضر در انحصار چند شرکت اروپایی می باشد و همچنین پرهزینه بودن تولید و تامین قطعات مورد استفاده، بکارگیری این نوع توربین ها را با دشواری مواجه نموده است. [۴۷] نمای داخلی این نوع توربین و تفاوت آن با نوع گیربکس دار در شکل ۳-۱۷ نمایش داده شده است.

۳-۴-۳-۲- تکنولوژی ظرفیت توربین بادی

در بررسی تکنولوژی های مرتبط با توربین بادی، انواع توربین بادی از دید ظرفیت به انواع مختلف کوچک، توربین های بادی بین ۳ تا ۵ مگاوات و توربین های بادی بزرگتر از ۵ مگاوات تقسیم بندی شده است.

۳-۴-۳-۳- بهینه سازی تکنولوژی توربین بادی

یک بحث مهم در طراحی توربین های بادی، بهینه سازی تکنولوژی در بخش های مختلف توربین بادی است، که این مفهوم در قالب جوانب مختلف همان طور که در شکل ۳-۱۸ نمایش داده شده است می تواند مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۳-۱۸- نمای از بخش بهینه سازی تکنولوژی درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۳-۳-۱- استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند

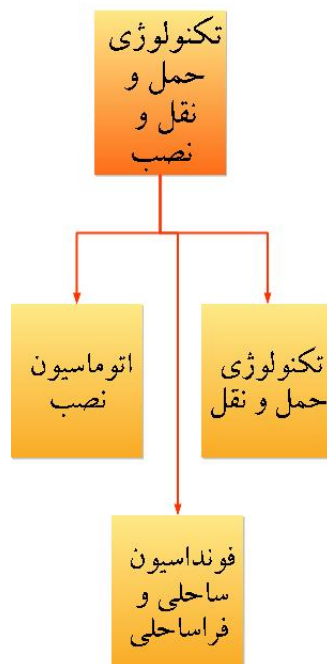
یک بحث مهم در فرآیند بهینه سازی تکنولوژی توربین های بادی، استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند است، که در توضیح بخش تکنولوژی اجزای توربین بادی برای هر کدام از اجزا یکی از مهم ترین چالش ها بهبود مواد به کار رفته در ساختار توربین بادی است. مواد هوشمند در ساختار توربین بادی با این هدف قابل مطالعه هستند که پره و سایر اجزای استفاده شده در توربین بادی قابلیت ترمیم خود را داشته باشند و در بهترین بازدهی و شکل برای توربین های بادی ایجاد شده باشند، زیرا فرآیند تعمیر اجزای توربین بادی بسیار زمان بر و مشکل است.

۳-۴-۳-۲- اصلاح ساختاری توربین

از سمت دیگر می توان مطالعاتی در زمینه اصلاح ساختار توربین های بادی موجود از لحاظ اصلاح مدل آیرودینامیکی توربین بادی و همین طور حذف، اضافه یا بهبود اجزا و زیرسیستم ها انجام داد. که این مطالعات در واقع اصلاح ساختاری توربین های بادی را به منظور رسیدن به توربین های بادی بهتر و با قابلیت استحصال توان بالاتر مورد هدف قرار می دهند.

۳-۴-۳-۴- تکنولوژی حمل و نقل و نصب توربین بادی

تکنولوژی نصب توربین بادی، شامل مفاهیم و تکنولوژی‌های گسترده‌ای است که در شکل ۳-۱۹ نمایش داده شده است و همان‌طور که در این شکل نمایش داده شده است، تکنولوژی نصب توربین بادی شامل قسمت‌های مختلف از جمله تکنولوژی حمل و نقل، فونداسیون ساحلی و فراساحلی و اتوماسیون نصب است.



شکل ۳-۱۹- نمایش از بخش تکنولوژی حمل و نقل و نصب درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۳-۴-۱- تکنولوژی حمل و نقل

در رابطه با توربین بادی چالش‌ها و مشکلات زیادی در زمینه حمل و نقل اجزای توربین بادی از این حیث که این اجزا وزن، طول و شکل غیرمعمولی دارند و این ویژگی‌ها حمل و نقل این اجزا را بسیار دشوار می‌سازد. همچنین در مراحل نصب مزارع بادی، الزاماتی برای کابل کشی بین توربین‌های بادی در مزرعه وجود دارد که این امر بایستی در بخش طراحی مزرعه بادی و در مرحله نصب لحاظ شود.

فونداسیون ساحلی و فراساحلی

پس از مرحله طراحی زیرساخت‌ها و نصب، مراحل کار مهندسی عمران شامل کارهای مربوط به زمین، فونداسیون، کانال کشی و تامین منابع آب صورت می‌گیرد. با توجه به سیستم‌های نصب موجود، فراهم کردن امکانات برای نصب تجهیزات وارداتی

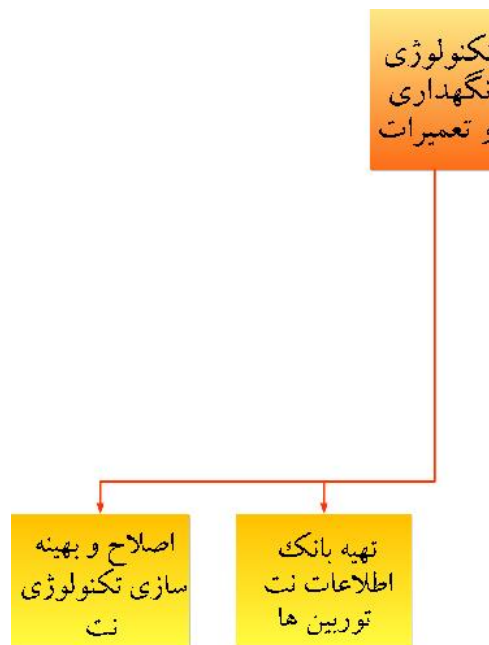
برای ساخت توربین بادی بسیار مهم است. در صورت یکه دانش ساخت محصولات در داخل کشور وجود داشته باشد، حمل و نقل و نصب محصولات با سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد و این مهم به این دلیل است که سازنده مسئولیت حمل و نقل و نصب تجهیزات را به عهده دارد. بنابراین می‌توان از تخصص‌های موجود برای نصب توربین بادی استفاده نمود. برای مثال می‌توان از سازنده‌های پلنفرم‌های نفتی فراساحلی برای ساخت مزارع بادی فراساحلی استفاده نمود.

۳-۴-۳- اتوماسیون نصب

از آنجا که فرآیند نصب توربین بادی با توجه به مشکلات ذکر شده برای حمل و نقل توربین بادی پیچیده و زمان‌بر است، ایجاد اتوماسیون نصب و در واقع توسعه‌ی آن الزامی است.

۳-۴-۳-۵- تکنولوژی تعمیرات و نگهداری

مفاهیم مرتبط با تکنولوژی تعمیرات و نگهداری توربین بادی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲۰- نمایی از بخش تکنولوژی تعمیرات و نگهداری درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۳-۵-۱- اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت

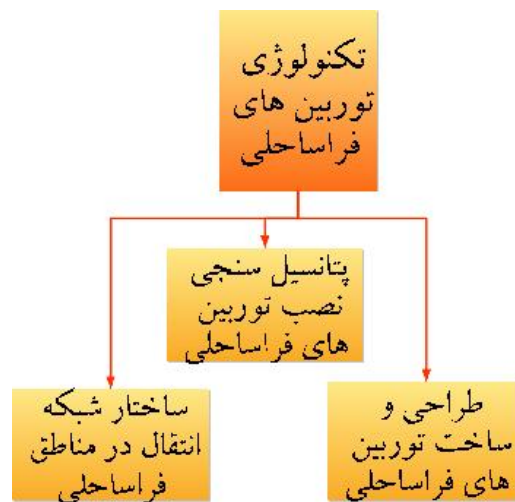
چک کردن عملکرد توربین بادی فرآیندی روزانه است که از طریق مانیتورینگ توربین بادی، رفع خطاهای موجود در عملکرد و هماهنگی با تجهیزات انجام می‌گیرد. فرآیند نگهداری توربین‌های بادی شامل انجام بازدید دوره‌ای و انجام سرویس‌هایی در زمینه تعمیر اجزای آسیب دیده است.

۳-۴-۳-۵-۲- تهیه بانک اطلاعات نت توربین‌ها

برای امکان بررسی‌های بعدی و همچنین دسترسی سریعتر به اطلاعات، لازم است بانک اطلاعاتی نگهداری و تعمیرات توربین‌ها ایجاد و هر بار فعالیت‌های انجام شده ثبت گردد.

۳-۴-۳-۶- تکنولوژی توربین‌های فراساحلی

بخش تکنولوژی توربین‌های فراساحلی در درخت تکنولوژی در شکل ۳-۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۱- نمایی از بخش تکنولوژی توربین‌های فراساحلی در درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۳-۶-۱- پتانسیل سنجی نصب توربین‌های فراساحلی

در گزارش سند راهبردی باد در مورد ساختار توربین‌های فراساحلی، انواع آن‌ها و سازه‌ی این نوع توربین‌ها توضیح داده شده است. همان‌طور که در این گزارش عنوان شده است پتانسیل و توان قابل استحصال از توربین‌های بادی فراساحلی بیشتر از

توربین‌های بادی ساحلی است، و این امر به خاطر بیشتر بودن میانگین باد در سطح دریا می‌باشد. به همین خاطر از آن‌جا که ایران می‌تواند از این قابلیت یعنی نصب توربین‌های بادی فراساحلی به خاطر مجاورت با دریای خزر و خلیج فارس استفاده نماید؛ لزوم پتانسیل سنجی باد در این مناطق به منظور نصب توربین‌های فراساحلی بسیار ضروری است.

۳-۴-۳-۲- طراحی و ساخت توربین‌های فراساحلی

همان‌طور که در بخش فونداسیون توضیح داده شد، فونداسیون این نوع توربین‌های بادی به شکل خاصی می‌باشد و محدودیت‌هایی را در جهت نصب این توربین‌ها ایجاد می‌کند (البته یک راه‌حل برای این مشکل استفاده از پلت‌فرم‌های نفتی برای نصب توربین‌های بادی فراساحلی است).

۳-۴-۳-۳- ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی

برای نصب این توربین‌های بادی بایستی امکان کابل‌کشی به مناطق شهری و مناطق ساحلی در نظر گرفته شود. همین‌طور در لحاظ کردن امکان کابل‌کشی، این نکته نیز بایستی در نظر گرفته شود که معمولاً مناطق نزدیک ساحل استفاده‌های تجاری دارند و بنابراین ترجیح برای نصب توربین‌های بادی فراساحلی در مناطق دور از ساحل است که این امر کابل‌کشی این توربین‌ها به ساحل را مشکل‌تر می‌کند.

با توجه به مطالب گفته شده در بالا پتانسیل سنجی نصب توربین‌های بادی فراساحلی، بایستی تمامی چالش‌ها را در نصب این توربین‌ها را لحاظ نماید و سپس پتانسیل نصب توربین‌ها را از لحاظ اقتصادی تعیین نماید.

همان‌طور که در بالا ذکر شد، نصب توربین‌های فراساحلی از جهت فونداسیون و برج چالش‌هایی را ایجاد می‌نماید، از این لحاظ که به نوع خاصی از برج و فونداسیون نیاز دارد؛ بنابراین بهبود فونداسیون و برج در توربین‌های فراساحلی امکان بهره‌برداری بیشتر از پتانسیل باد موجود در مناطق فراساحلی را فراهم می‌نماید.

۳-۴-۳-۷- تست توربین بادی

تست توربین‌های بادی از دو جنبه می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد: ایجاد مراکز تست توربین بادی، توسعه فنی و تکنولوژیکی ادوات تست.

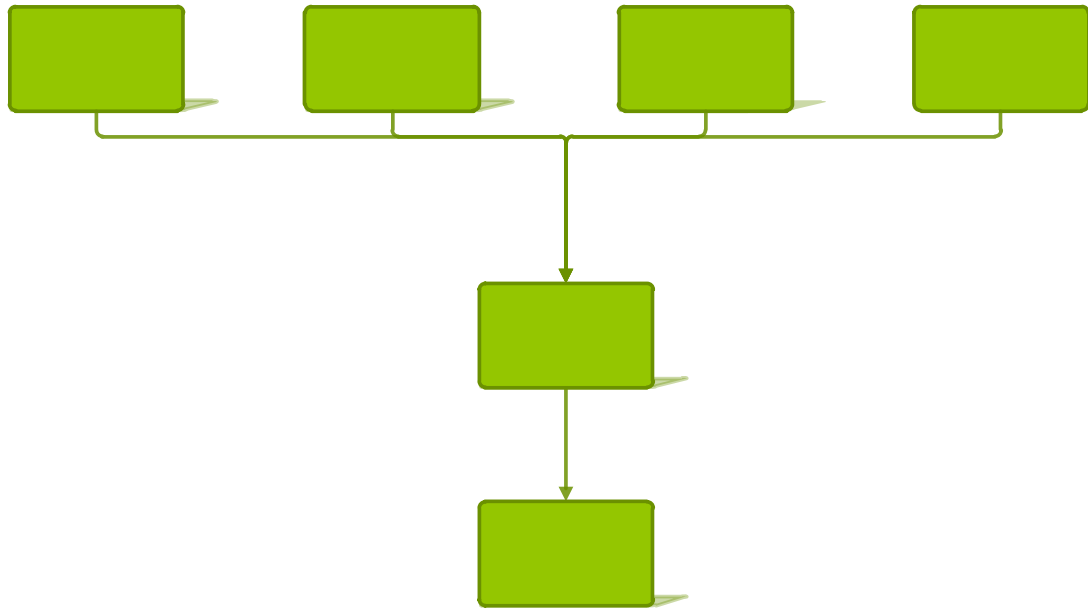


شکل ۳-۲۲- نمای از بخش تکنولوژی تست توربین بادی

۳-۴-۷-۱- توسعه فنی ادوات تست توربین بادی

فرآیند تست و صدور گواهی برای توربین‌های بادی مرحله بسیار مهمی برای حصول اطمینان در ساخت توربین‌های بادی است. در بخش‌های مرتبط با انرژی باد، گواهی در واقع تضمین کردن منطبق بودن پروسه ساخت و محصول بر طبق استانداردهای خاص است. اجزای اصلی گواهی‌نامه‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.

مهم‌ترین بخش صدور گواهی نامه برای توربین‌های بادی، ارزیابی طراحی توربین‌های بادی است، که به صورت کلی در دو مرحله انجام می‌گیرد. در مرحله اول تست‌های مرتبط با عملکرد و مفاهیم امنیتی انجام می‌گیرد و محاسبات بار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ در مرحله بعد نتایج به دست آمده از مرحله اول با استانداردهای موجود مقایسه می‌شود.



شکل ۳-۲۳- اجزای اصلی گواهی تست [۴۹]

هدف از تست نوع در واقع فراهم کردن دیتاهای مورد نیاز برای جنبه‌های امنیتی و جنبه‌هایی است که نمی‌تواند به صورت کامل با آنالیز به دست آید. این مرحله متشکل از تست‌های عملکرد و امنیتی، تست‌های بررسی رفتار دینامیکی، اندازه‌گیری بار، تست‌های پره و تست سایر اجزا است.

ارزیابی ساخت، ویژگی‌های توربین ساخته شده را با ویژگی‌های استاندارد چک می‌کند. این ارزیابی شامل آزمایش کیفیت سیستم و ارزیابی مراحل نصب است که بایستی منطبق با استاندارد و طراحی صورت گیرد. در مرحله اندازه‌گیری مشخصات، مشخصات عملکردی توربین بادی مورد تست قرار می‌گیرد. این مرحله شامل تست‌های توان، کیفیت توان و اندازه‌گیری نویز آکوستیک است.

استانداردهای مرتبط با توربین بادی می‌توانند به صورت بین‌المللی، ملی و یا ناحیه‌ای تنظیم شده باشند. نمونه‌ای از قوانین ملی در کشورهای دانمارک، آلمان و هلند یافت می‌شوند. IEC^{۸۲} مجموعه‌ای از استانداردهای بین‌المللی را در رابطه با ارزیابی توربین‌های بادی منتشر کرده است. جدول ۳-۳ قوانین و استانداردهای موجود این موسسه و استانداردهای در حال مطالعه را نمایش داده است.

جدول ۳-۳- استandarدهای مرتبط با توربین بادی [۵۰]

Part	Title	Status	Publication Date
1	Design requirements (Ed. 3.0)	Available	2005-08
2	Design requirements for small wind turbines (Ed. 2.0)	Available	2006-03
3	Design requirements for offshore wind turbines	Work in Progress	-
4	Design and specifications of gearboxes	Work in Progress	-
11	Acoustic noise measurement techniques (Ed. 2.0)	Available	2002-12
12	Wind turbine power performance testing	Available	2005-12
13	Measurement of mechanical loads	Available	2001-06
14	Declaration of apparent sound power level and tonality values	Available	2005-03
21	Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines	Available	2001-12
22	Certification of wind turbines – Rules and Procedures	Work in Progress	-
23	Full-scale structural testing of rotor blades	Available	2001-04
24	Lightning protection	Available	2002-07
25	Communications for monitoring and control of wind power plants	Work in Progress	-

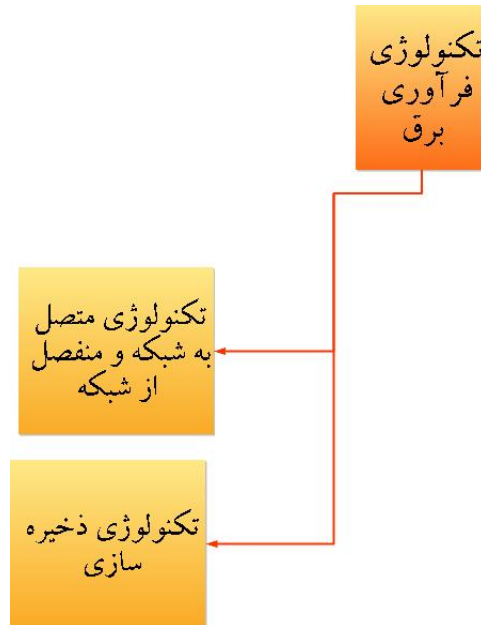
۳-۴-۳-۲- ایجاد مراکز تست توربین بادی

برای تست توربین‌های بادی، بایستی مراکز خاصی با امکانات و شرایط خاصی ایجاد شوند. برخی از امکانات مورد نیاز برای تست توربین‌های بادی عبارتند از:

تجهیزات تست دینامومتر که این تجهیز برای تست gear box های موجود در توربین بادی استفاده می‌شود. تجهیزات تست ساختاری برای تست پره‌های توربین بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تجهیزاتی برای دیدن عملکرد توربین بادی در مقابل سرعت‌های باد بالا بایستی در این مراکز ایجاد شود، تا عملکرد این توربین‌ها را در مقابل سرعت‌های باد مختلف به خصوص سرعت‌های بالا مورد ارزیابی قرار دهد. این مراکز همچنین بایستی قابلیت تست drive train توربین بادی را داشته باشند.

۳-۴-۳-۱- تکنولوژی فرآوری برق

نمای کلی از بخش تکنولوژی فرآوری برق در درخت تکنولوژی توربین بادی در شکل ۳-۲۴ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲۴- نمایش از بخش تکنولوژی فرآوری برق در درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۳-۱- تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه

استحصال برق از توربین بادی الزامات متفاوتی را داراست و این با توجه به نوع اتصال توربین بادی مشخص خواهد شد. دو نوع اتصال و بهره برداری از توربین بادی به شکل on-grid و off-grid هستند. در زمانی که توربین بادی به شبکه متصل نیست و یک بار را، که می تواند منطقه ای دوردست باشد، به صورت مجزا تغذیه می نماید، الزامی برای کابل گذاری و اتصال به شبکه نیست و بایستی حتما در کنار توربین بادی یک ذخیره ساز تعبیه شود که در صورتی که توان تولید توربین بادی در ساعت هایی بیشتر از توان بار بود امکان ذخیره توان تولیدی توربین بادی وجود داشته باشد و این توان تولیدی هدر نرود.

۳-۴-۳-۲- تکنولوژی ذخیره سازی

با توجه به ظرفیت توربین بادی و در نظر گرفتن مشخصات قیمتی نوع ذخیره ساز توربین بادی مشخص خواهد شد که سه نوع معمول ذخیره سازی که در کنار توربین بادی می توانند استفاده شوند عبارتند از: battery، pump storage، flywheel. نصب توربین بادی در در شبکه چالش های زیادی را به همراه خواهد داشت. ماهیت متغیر توان باد، عامل اصلی این مشکلات است. تغییر توان باد ناشی از ماهیت متغیر سرعت باد است، که این عامل یکی از اصلی ترین مشکلات در بهره برداری از انرژی

باد می‌باشد. حذف این نوسانات در توان خروجی توربین بادی و در واقع هموار کردن توان خروجی توربین بادی بسیار مهم و اجتناب ناپذیر است. اهمیت این موضوع در ایجاد مزرعه‌های بادی بزرگ متصل به شبکه بیشتر نمایان می‌شود. استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی این مشکل را حذف می‌کند و یا حداقل کاهش می‌دهد. استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی به منظور حل مشکل تقاضا در زمان پیک بار، نوسانات باد و رفتار دینامیکی سیستم ضروری است. عملکرد سیستم ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی، بازده و قابلیت اطمینان سیستم را به شکل چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در واقع بدون استفاده از ذخیره‌سازی انرژی، امکان بهره‌برداری کامل از توربین بادی وجود ندارد و باقی‌مانده توانی که در ساعات کم مصرف تولید می‌شود، هدر می‌رود.

در جدول زیر بازده و ظرفیت باتری و چرخ طیار بر حسب وزن مقایسه شده‌اند. Pump storage قابلیت ذخیره‌سازی ۱۰-۱۰۰ مگاوات را در ساعت با بازده ۷۰-۸۰ درصد دارد. در نتیجه می‌توان نوع ذخیره‌سازی را با توجه به بازده و ظرفیت ذخیره‌سازی انتخاب نمود.

جدول ۳-۴- مقایسه ظرفیت و بازده ذخیره‌سازیها [۴۹]

نوع ذخیره‌سازی	energy density(Wh/kg)	Efficiency(%)
Pb-acid	۳۵-۵۰	۵۰-۹۰
NiCd	۷۵	۷۰-۹۰
NaS	۱۵۰-۲۴۰	۷۰-۹۲
NaNiCl	۱۲۵	۷۰
LiIon	۱۵۰-۲۰۰	۸۰-۹۰
Flywheel	۱۰۰-۱۳۰	۹۰

در نحوه‌ی اتصال به شبکه الزاماتی از قبیل کابل‌گذاری برای اتصال به شبکه و همین‌طور قرار دادن ترانسفورماتور برای اتصال به شبکه بایستی لحاظ شود؛ که نحوه‌ی اتصال این کابل‌ها به شبکه و همین‌طور تکنولوژی ساخت کابل‌ها از این لحاظ که کابل فشار قوی یا فشار ضعیف استفاده می‌شود بایستی لحاظ شوند. به صورت معمول ولتاژ در پایانه توربین بادی کمتر از ولتاژ شبکه است، بنابراین برای اتصال به شبکه نیاز به ترانسفورمر است.

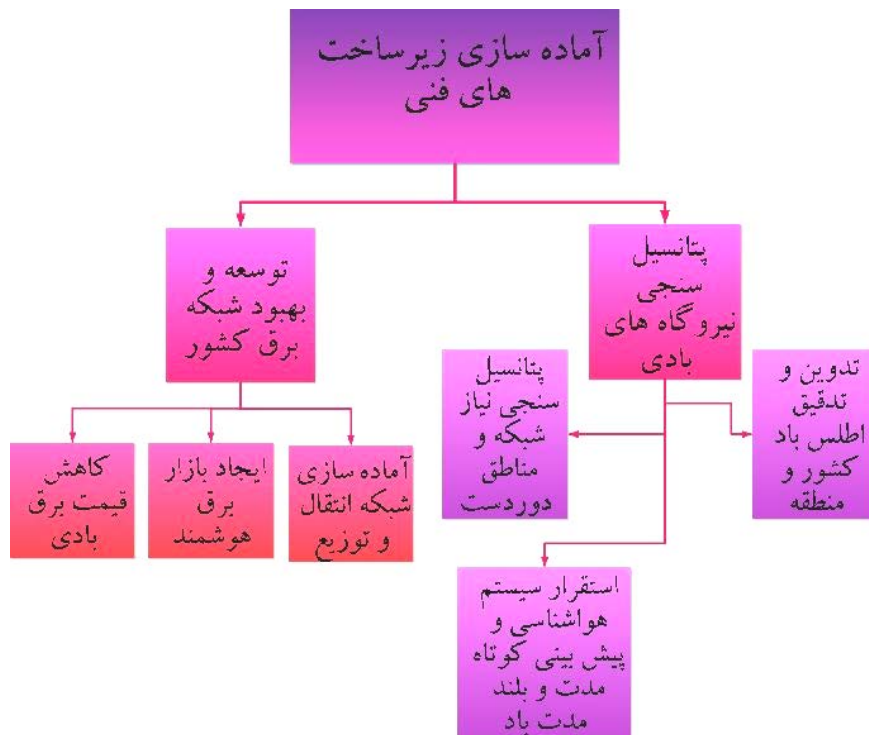
۳-۴-۳- تکنولوژی بازیافت

تکنولوژی بازیافت و دور ریختن توربین‌های بادی بسیار حائز اهمیت است. در کشورهای پیشرو در زمینه صنعت باد، که توربین‌های بادی در سال ۱۹۹۰ نصب شده‌اند و هم‌اکنون به انتهای عمر خود رسیده‌اند این بحث در حال حاضر وجود دارد. در حالت کلی مسئول پروژه، مسئولیت بازیافت و دور ریختن توربین بادی را داراست. از طرف دیگر امکان فروش توربین‌های بادی قدیمی کشورهای پیشرو به سایر کشورها وجود دارد. خرید توربین‌های دست دوم از کشورهای پیشرو با توجه به قیمت پایین‌تر یک امکان را برای کشورهای در حال توسعه برای بهره‌برداری از انرژی بادی فراهم می‌سازد. بازیافت توربین‌های بادی، امکان استفاده از مواد موجود در اجزای توربین بادی را که با توجه به توضیحات داده شده در بخش تکنولوژی اجزای توربین بادی بسیار ارزشمند هستند، را فراهم می‌سازد.

به عنوان مثال، بایستی قابلیت بازیافت پره‌های توربین بادی در زمان ساخت و انتخاب مواد لحاظ شود. در حال حاضر، پره‌های توربین بادی بازیافت نمی‌شوند و در نتیجه قابلیت استفاده مجدد از این پره‌ها وجود ندارد. در حال حاضر اقتصادی‌ترین راه‌حل برای پره‌های از کار افتاده دفن آنها در مکان‌های دفن زباله است. هم‌چنین بایستی این نکته را در نظر گرفت که مواد به کار رفته در ساخت پره توربین بادی بسیار ارزشمند است و بایستی با توجه به منابع محدود این مواد، امکان استفاده مجدد از این مواد وجود داشته باشد. این راهکار در آینده قابل قبول نیست و راهکارهای دیگر نظیر سوزاندن خطرناکی را برای انسان در پی دارد؛ بنابراین نیاز به یافتن راهکاری برای بازتوربین بادی غیر قابل انکار است.

آماده سازی زیرساخت های فنی

در نصب توربین های بادی یکی از مهم ترین مسائلی که بایستی مورد توجه قرار داده شود، آماده سازی زیرساخت های فنی است، که این موضوع می تواند از جنبه های مختلفی مورد بررسی قرار گیرد. در شکل زیر نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فنی توسعه نیروگاه بادی در درخت تکنولوژی توربین بادی نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۵- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فنی توسعه نیروگاه بادی درخت تکنولوژی توربین بادی

۳-۴-۴-۱- پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی

۳-۴-۴-۱-۱- تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه

در بحث بخش آماده سازی زیرساخت های فنی برای نصب توربین بادی همان طور که در شکل دیده می شود، چندین جنبه مجزا قابل بحث است. اولین نکته در بخش آماده سازی زیرساخت های فنی، پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی است. سازمان انرژی های نو ایران اطلس باد کشور را استخراج کرده است و تراکم باد را در مناطق مختلف مشخص نموده است، اما این اطلس نیاز به دقیق شدن و استخراج دقیق مقدار پتانسیل هر منطقه را دارد. از طرف دیگر همان طور که در بحث توربین های

بادی فراساحلی گفته شد، در بحث فراساحلی، در کشور ایران پتانسیل سنجی انجام نشده است. بنابراین نیاز به استخراج دقیق اطلس باد کشور در بخش ساحلی و فراساحلی وجود دارد که با توجه به فناوری‌های مختلف می‌توان به این هدف دست یافت.

۳-۴-۱-۲- پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست

در نصب توربین‌های بادی، بایستی مکان‌های مناسب مشخص گردد که این مکان‌ها در صورت نصب مزرعه بادی بایستی مساحت بالایی با در نظر گرفتن حد مجاز فواصل بین توربین‌های بادی داشته باشند و از طرف دیگر با توجه به مشکلات صوتی ناشی از توربین‌های بادی و همین‌طور عدم وجود موانع در مسیر توربین‌ها برای استفاده حداکثر از پتانسیل باد منطقه بایستی با فاصله از مناطق شهری نصب گردند.

۳-۴-۱-۳- استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد

در تعیین سرعت باد، به منظور بهره برداری مناسب از توربین‌های بادی چندین روش وجود دارد. یکی از روش‌ها سیستم هواشناسی و نصب باد سنج است، که سیستم‌های هواشناسی با استفاده از باد سنج جهت و سرعت باد را تعیین می‌کنند. برج‌های هواشناسی برای تعیین سرعت و جهت باد مجهز به بادسنج و بادنا هستند. برج‌هایی که برای امکان سنجی توربین بادی استفاده می‌شوند از سازه‌های فولادی لوله‌ای ساخته می‌شوند. این برج‌ها به مدت یک تا دو سال اطلاعات باد منطقه را جمع‌آوری می‌کنند و سپس این اطلاعات پایه به سرور منتقل شده و در آن‌جا تجزیه و تحلیل می‌شوند. ایستگاه‌های هواشناسی علاوه بر سرعت باد، جهت باد، میزان رطوبت، شدت تشعشع و میزان فشار هوا را اندازه‌گیری می‌نمایند. سنسورهای باد سنجی به دو دسته کلی مکانیکی و الکترونیکی یا اولتراسونیک تقسیم بندی می‌شوند.

از طرف دیگر پیش بینی سرعت باد، امکان بهره برداری مناسب از توربین یا مزاع بادی را برای ما فراهم می‌سازد، این امر به این خاطر است که با دانستن سرعت باد در زمان‌های مختلف میزان توان باد برای ما مشخص شده و امکان برنامه ریزی برای ما فراهم می‌شود و در واقع یکی از مشکلات بزرگ انرژی بادی یعنی عدم قطعیت باد از بین خواهد رفت. روش‌های پیش‌بینی باد بر پایه زمان به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند:

پیش بینی فوق العاده کوتاه: چند دقیقه تا یک ساعت

پیش بینی کوتاه مدت: از یک ساعت تا چند ساعت

پیش بینی میان مدت: از چند ساعت تا یک هفته

پیش بینی بلند مدت: از یک هفته تا یک سال

علاوه بر این تقسیم بندی، روش های پیش بینی باد از حیث نوع روش در چندین گروه زیر تقسیم بندی می شوند، که این روش ها بنابر میزان دقت مرود نیاز برای پیش بینی باد و میزان پیچیدگی روش برای پیش بینی انتخاب می شوند.

روش تداوم^{۸۳}

روش های فیزیکی

روش های آماری

روش های هم بستگی فضایی^{۸۴}

روش های هوش مصنوعی

روش های ترکیبی

۳-۴-۲- توسعه و بهبود شبکه برق کشور

بحث دیگر توسعه و بهبود شبکه برق کشور است که سازنده و مسئول احداث نیروگاه بادی بایستی ابتدا ارزیابی ای از نیاز شبکه داشته باشد تا در صورت احداث نیروگاه بادی، برق حاصل را به شبکه برق بفروشد و بنابر نیاز شبکه به احداث نیروگاه بادی پردازد. از طرف دیگر، در صورت احداث توربین بادی در مناطق دوردست که امکان کابل کشی و یا اتصال به شبکه برق وجود ندارد، بایستی پتانسیل این مناطق و مقدار برق مورد نیاز آن ها در گام اول مشخص گردد.

شکل ۳-۲۶- نمایی از بخش توسعه و بهبود شبکه برق کشور

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود این بخش به سه قسمت کلی آماده سازی شبکه انتقال و توزیع، ایجاد بازار برق هوشمند و کاهش قیمت برق بادی تقسیم می‌شود.

۳-۴-۲-۱- آماده سازی شبکه انتقال و توزیع

همان‌طور که در بخش‌های پیشین بحث شد، در بحث نصب و توسعه توربین‌های بادی بایستی ابتدا سهم برق مورد نیاز از بخش بادی را تعیین نمود و سپس مسئول پروژه توربین بادی با اپراتور شبکه قراردادی امضا نماید تا متناسب با نیاز شبکه به احداث توربین و مزارع بادی پرداخته شود.

با توجه به ماهیت متغیر انرژی بادی اتصال آن به شبکه برق کشور نیازمند تمهیدات خاصی می‌باشد که در واقع اطمینان کافی برای اپراتور شبکه برق از این لحاظ که توربین یا مزارع بادی در ساعات مختلف چه مقدار برق با قطعیت به شبکه می‌توانند تحویل دهند، به وجود آید. در واقع این امر بر روی برنامه ریزی برای پیش بینی میزان توان تولیدی نیروگاه‌ها تاثیر دارد. بنابراین برای اتصال توربین‌های بادی به شبکه برق کشور بایستی برنامه‌ریزی‌های لازم در سطح شبکه برق انجام گیرد، تا بتوان به بهترین نحو از توان توربین‌ها و مزارع بادی استفاده نمود.

۳-۴-۲-۲- ایجاد بازار برق هوشمند

برای وارد شدن به بحث تعامل توربین‌های بادی با شبکه‌های برق هوشمند ابتدا بایستی به صورت خلاصه مفهوم شبکه برق هوشمند را بیان نمود. در شکل زیر نمای کلی شبکه برق هوشمند نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۷- شبکه برق هوشمند

شبکه‌های هوشمند به تکامل و به‌روز شدن شبکه‌های موجود نسبت داده می‌شوند و شامل مونیتورینگ پیشرفته، اتوماسیون و

کنترل تولید برق، انتقال و توزیع آن هستند. شبکه‌ی برق هوشمند از سه نقطه نظر قابل تعریف است:

از دید مصرف کننده Smart Grid بدین معنی است که آن‌ها می‌توانند بر روی مصرف خود مدیریت هوشمندانه انجام

دهند تا در ساعات پیک که قیمت انرژی گران می‌باشد، هزینه‌ی کمتری بپردازند.

برای کارشناسان محیط زیست، این شبکه به معنی استفاده از تکنولوژی در جهت کمک به حل مشکلات ایجاد شده

در آب و هوا و اجتناب از تولید گازهای کربن بیش از اندازه می‌باشد.

برای صنعت برق پیک سایه و تصمیم‌گیری هوشمندانه و ارائه‌ی اطلاعات دقیق از وضعیت شبکه است.

شبکه‌های هوشمند توزیع انرژی الکتریکی یکی از جدیدترین تکنولوژی‌های روز دنیا است. اصلی‌ترین هدف، تأمین برق

مطمئن و پاسخگوئی به نیازهای رو به رشد مشتریان با کمترین خسارت به محیط زیست است. اولین شبکه هوشمند جهان در

مارس ۲۰۰۸ معرفی گردید و شهر بالدر ایالت کلرادو آمریکا موفق به دریافت عنوان اولین شهر با شبکه توزیع برق هوشمند

گردید هدف طراحان با بکارگیری تکنولوژی هوشمند حول سه محور اصلی مشترکین، تجهیزات و ارتباطات می باشد. تکنولوژی هوشمند توانایی ایجاد تغییرات اساسی در تولید، انتقال، توزیع و استفاده از انرژی الکتریکی به همراه منافع اقتصادی و محیطی دارد که در نهایت به برآورده نمودن نیازهای مشتریان و در دسترس بودن برق مطمئن و پایدار ختم می شود. از طرف دیگر سیستم می تواند با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در مواقع بحرانی، تصمیم گیری نماید و از خاموشی های ناخواسته جلوگیری کند.

در شبکه های برق هوشمند، امکان بهره برداری از نیروگاه های مختلف را دارد و بنابراین می توان تعداد زیادی منابع انرژی تجدیدپذیر شامل باد را در آن کار به گرفت. ایجاد شبکه های برق هوشمند در ایران مانند بسیاری از کشورها با نصب کنترلهای سیستم توزیع پیگیری شده است؛ و لیکن در راستای رسیدن به تمامی اهداف شبکه های برق هوشمند به عنوان یکی از عوامل مهم بایستی میزان تولید انرژی های تجدیدپذیر و در گام اول انرژی باد تعیین شود.

۳-۴-۲-۳- کاهش قیمت برق بادی

یکی از معضلات رویکرد به سمت انرژی های تجدیدپذیر هزینه سرمایه گذاری بالا در این بخش ها و در نتیجه قیمت بالای برق بادی می باشد. این امر منجر به قیمت بالای برق بادی نسبت به برق حاصل از منابع سوخت فسیلی شده است. در راستای رسیدن به توسعه در انرژی باد بایستی قیمت برق بادی را کاهش داد، این کاهش از یک طرف با کمک دولت امکان پذیر خواهد بود و از طرف دیگر بایستی قیمت برق تولیدی از منابع سوخت فسیلی بایستی واقعی گردد تا سرمایه گذاران برای سرمایه گذاری در بخش برق بادی ترغیب گردند.

پیشینه توربین‌های بادی مولد برق، آسیاب‌های بادی محور افقی مولد نیروی مکانیکی بودند که حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد در سرزمین پارس، تبت و چین به کار گرفته می‌شدند. نشر فناوری آسیاب‌های بادی مکانیکی از خاورمیانه به اروپا حدود ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ سال طول کشید و بعد از آن بود که توسعه فناوری در اروپا به وقوع پیوست. در قرن ۱۹ میلادی دهها هزار آسیاب بادی با روتور به قطر ۲۵ متر در فرانسه، آلمان و هلند کار می‌کردند و در آن زمان ۹۰ درصد نیروی مکانیکی مورد نیاز صنایع از محل انرژی بادی تامین می‌شد. نشر بیشتر فناوری آسیاب بادی به ایالات متحده و در طول قرن نوزدهم صورت گرفت، که با اختراع و نصب آسیاب بادی‌های خود تنظیم برای پمپ آب همراه بود و در سال ۱۹۲۵ حدود ۶۰۰ هزار واحد از این نوع آسیاب بادی در ایالات متحده نصب و راه اندازی شده بود. همچنین نخستین بار در ایالات متحده امریکا بود که چارلز اف. براش اولین توربین بادی ۱۲ کیلوواتی مولد جریان برق مستقیم را در کلیولند معرفی کرد که قطر روتور آن ۱۷ متر بود (شکل ۱) و ۲۰ سال کار کرد تا باتری‌های انباره اش را پر کند. پیشرفت نیروگاه‌های برق مستقیم در ۱۸۸۲ در نیویورک و ۱۸۸۴ در آلمان، پایه فناورانه مناسبی را برای ساخت توربین‌های بادی مولد برق به جای نیروی مکانیکی پدید آورد. هرچند، در نهایت فناوری برتر ۳ فاز جریان متناوب تسلا، تولید برق جریان مستقیم را به خاطر سازگاری با موتورهای برق و هزینه کمتر انتقال به راه دور از طریق شبکه، در اوایل دهه ۱۸۹۰ از دور خارج کرد [۱۸].

شکل ۳-۲۸- چارلز اف. براش (۱۸۴۹-۱۹۲۹) از موسسین صنعت برق آمریکا. کمپانی برق او در کلیولند یکی از پیش

قراولان شرکت معظم جنرال الکتریک بود

به این ترتیب در حالی اولین توربین بادی بزرگ مولد برق در سائز ۱۲ کیلووات در سال ۱۸۸۸ در آمریکا نصب شد که در مراحل آخر جنگ جهانی اول، استفاده از توربین‌های ۲۵ کیلوواتی در دانمارک بسیار مرسوم شده بود. توسعه ژنراتورهای بادی در ایالات متحده آمریکا هنگام طراحی‌های برای ملخ هواپیماها و بال هواپیماهای تک سرنشین رقم خورد، گرچه تلاش‌هایی در کشورهای چون دانمارک، فرانسه، آلمان و بریتانیا در طول سالهای ۱۹۳۵ تا ۱۹۷۰ نشان داده بود توربین‌های بادی مقیاس بزرگ می‌توانند کار کنند. بعد از جنگ جهانی دوم، روند توسعه در اروپا ادامه یافت و توربین سه پره‌ای ۲۰۰ کیلوواتی گدسر^{۸۵} اواخر دهه ۱۹۶۰ اجرا شد. همزمان طراحی‌های پیشرفته آلمانی‌ها روی توربین‌های با محور افقی در حال انجام بود که نتیجه اش را در اواخر دهه ۱۹۷۰ به ثمر نشست [۵۱].

اما بدون شک یکی از نقاط عطف در تاریخ فناوری برق بادی، شرکت دولت ایالات متحده در تحقیق و توسعه این فناوری بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳ است.

اصولا علاقه روزافزون به پتانسیل برق بادی مدرن، به دلیل اولین «شوگ قیمتی نفت» یا «بحران انرژی»، در سال ۱۹۷۳ در سرتاسر جهان آغاز شد. در سال ۱۹۷۴ یک کمیسیون از متخصصین دانمارکی اعلام کرد که «این امکان باید فراهم شود که حدود ۱۰ درصد نیازمندی‌های انرژی کشور دانمارک، از طریق انرژی بادی و بدون ایجاد اشکال در شبکه برق عمومی مرتفع شود». در نتیجه اروپا، مسیر توسعه فناوری مدرن برق بادی در طول ۴۰ سال گذشته پیمود، دانمارک و آلمان به طور ویژه توانستند رهبری تحقیقات علمی، توسعه‌های مهندسی و تجاری سازی توربین‌های بادی را در بازار به عهده بگیرند.

اداره انرژی ایالات متحده آمریکا از توسعه تجربی توربین‌ها و آزمایش آنها طی دوره ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۷ حمایت کرد. قبل از انحلال این برنامه حمایتی، ناسا در کلیولند طی ۷ یک دوره ۷ ساله ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۱ نزدیک ساحل دریاچه‌ای در اوهایو، توربین بادی ۱۰۰ کیلووات خود را آزمون. از ۱۹۹۸ تا کنون، برنامه‌های توسعه‌ای توربین بادی به آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر^{۸۶} منتقل شد.



<http://www.greenenergyohio.org/page.cfm?pageId=952>

شکل ۳-۲۹- توربین بادی آزمایشی ۱۰۰ کیلوواتی ناسا

۳-۵-۱-۱- گزارش بازار فناوری سال ۲۰۱۳

صنعت برق بادی جهان با اضافه کردن ۳۶،۱۳۴ مگاوات ظرفیت در سال ۲۰۱۳، برای نخستین بار طی ۸ سالی که از برپا شدن این صنعت به شکل جهانی می‌گذرد، کمتر از آنچه در سال قبلش به دست آورده بود، عایدی داشت. اندازه بازار سالیانه در سال ۲۰۱۳ به نسبت رشد بازار ۱۸/۶ درصدی سال ۲۰۱۲، حدود ۲۰ درصد کوچک شد. با این کاهش، نرخ رشد پنج ساله منتهی به ۲۰۱۳ رقم ۵/۱ درصد را نشان داد، حال آنکه نرخ رشد پنج ساله منتهی به ۲۰۱۲ حدود ۱۷/۸ درصد بود.

این کاهش بازار غیرمترقبه نبود. شرایط نابسامان در چندین کشور کلیدی به ویژه ایالات متحده و اسپانیا، به هیچ عنوان مشوق رشد بازار نبود. سایه بحران مالی سال ۲۰۰۸ هنوز در برخی نقاط^۱ به ویژه بازارهای اروپایی که بنیاد این صنعت هستند، سنگینی میکند. کوچک شدن بازار ایالات متحده، نتیجه نبود سازگاری سیاستی و شکست در تمديد به موقع اعتبار مالیاتی در این کشور بود، عواملی که به طور سنتی محرک سرمایه‌گذاری در ایالات متحده محسوب می‌شدند، در سال ۲۰۱۳ رکود در بازار برق بادی را رقم زدند. در سال گذشته میلادی، نصب نیروگاههای جدید بادی در ایالات متحده حدود ۹۳ درصد افت داشت و کل بازار جهانی را با خود به پایین کشید.

به هر رو طی سال ۲۰۱۳ بیش از ۳۶ هزار مگاوات ظرفیت جدید نصب شد و ظرفیت تجمعی جهان تا پایان این سال به ۳۲۱ هزار بالغ شد. در این سال همچنين، حدود ۱۹۰۲۸ توربین جدید نصب شده، در ۵۴ کشور دنیا افزوده شدند.

بازار چین به تنهایی قاره آسیا را با ۱۹/۷ درصد رشد و ۵۱ درصد سهم ظرفیتهای نصب شده جهانی، به پیش راند. اروپا در میان مناطق جهان با داشتن سهم ۳۲ درصدی از ظرفیتهای جدید نصب شده سال ۲۰۱۳ در دنیا و رشد ۲۸/۵ درصدی نسبت به رشد ۲۴/۵ درصدی سال قبلش، در جایگاه دوم قرار گرفت.

قاره آمریکا نماینده ۱۳/۱ درصد بازار جهان بود و این رقم افت واضحی را به نسبت سهم ۳۲/۲ درصدی سال ۲۰۱۲ نشان داد که همانگونه که پیشتر گفته شد نتیجه شکست سیاسی کنگره در ارائه به موقع مشوقهای مالیاتی بود. به این ترتیب بازاری که سال قبل از ۲۰۱۳ حدود ۱۳/۱ گیگاوات ظرفیت نصب کرده بود، امسال فقط ۱/۱ گیگاوات نصب داشت و این ارقام گواه یک افت ۹۳ درصدی در بازار بود.

در سال ۲۰۱۳ نفوذ برق بادی در تامین برق جهانی به ۲/۸۷ درصد بالغ شد. در بازار فراساحلی، ۱۳ پروژه جدید در سال ۲۰۱۳ نصب شد که با رشد ظرفیت ۵۰ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۲ رقم ۱،۷۲۰ مگاوات را به این بازار افزود. حدود ۴۷٪ این پروژهها در کشور بریتانیا بود و همه آن توسط شرکت زیمنس^{۸۷} اجرا شد. بار دیگر این کشور توانست لقب بزرگترین بازار فراساحلی را از آن خود کرده و شرکت زیمنس هم عنوان بزرگترین تامین کننده توربینهای فراساحلی را برای خود حفظ کرد. در شرق دور، چین یک نیروگاه فراساحلی میان-کشندي^{۸۸} ۳۶ مگاواتی و ژاپن پروژه نزدیک ساحلی ۱۶ مگاواتی را اجرا کرد. ظرفیت تجمعی فراساحلی جهانی در سال ۲۰۱۳ از عدد ۶ گیگاوات عبور کرد و به حدود ۲/۱ درصد از ظرفیت نصب شده در کل دنیا رسید. هم اکنون ۲۹ پروژه در حال ساخت مجموعاً ۶،۶۰۰ مگاواتی، در کشورهای آلمان، بریتانیا، هلند، بلژیک، چین، ژاپن، کره جنوبی، و ایالات متحده نیز وجود دارد.

اما در میان ۱۰ تامین کننده برتر توربین بادی در جهان در سال ۲۰۱۳، وستاس مقام نخست خود را که سال قبل به جنرال الکترونیک (GE) واگذار کرده بود، پس گرفت. جی‌ای هم که از تمدید دیر هنگام اعتبار مالیاتی بخش باد در ایالات متحده ضربه خورده بود، از مقام نخست به رتبه پنجم فهرست سقوط کرد. گلدویند^{۸۹} چین هم توانست از مقام هفتم سال ۲۰۱۲ خود را تا

رتبه دوم بالا بکشد، مقامی که پیش از این، اوئم^{۹۰} چین توانسته بود در سال ۲۰۱۱ از آن خود کند. انرکن^{۹۱} با نصب حدود نیمی از توربین‌های سال ۲۰۱۳ در کشور خود، رتبه سوم را از آن خود کرد حال آنکه زیمنس، با یک پله سقوط که دلیلش کاهش متقاضی سنتی خود یعنی ایالات متحده بود، در رتبه چهارم ایستاد. گامسا^{۹۲} رتبه سال ۲۰۱۲ خود را که نتیجه عملکرد قوی این شرکت در آمریکای لاتین و هند بود حفظ کرد، هرچند که در موطن خود یعنی اسپانیا فقط ۵۵ مگاوات نصب جدید در سال ۲۰۱۳ داشت. سوزلون^{۹۳} با دو پله سقوط در جایگاه هفتم قرار گرفت که برای یکی از شرکتهای تابعه سنویون (ریپاور سابق) رتبه بدی نیست اما رکود بازارهای سنتی این شرکت یعنی موطن آن هند و بازار ایالات متحده بود که این شرایط را برایش رقم زد. یونایتد پاور^{۹۴} رتبه اش را به عنوان هشتمین تامین کننده توربین بادی جهان حفظ کرد، اما این شرکت چینی حدود ۲۵ درصد از سهم بازارش را در سال ۲۰۱۳ از دست داد. مینگیانگ^{۹۵} و سینوول^{۹۶} به عنوان نهمین تامین کننده جهانی جای خود را با هم عوض کردند. سینوول که از شرایط بد خانگی رنج می‌برد، به جایگاه سیزدهم فهرست سقوط کرد. نوردکس^{۹۷} هم که روی بازار اصلی اروپا. همچنین بازارهای نوظهور در آمریکای لاتین و آفریقا تمرکز کرده، به جایگاه دهم خزید! نکته جالب در این میان حضور ۸ شرکت چینی در میان ۱۵ تامین کننده برتر توربین بادی جهان است که به لطف بازار داخلی خوب در این جایگاه قرار گرفته اند.

صنعت برق بادی جهان هرچند با چالش‌های همیشگی رو به روست، اما در سال ۲۰۱۳ هم تلاش کرد تا توانایی خود را در پاسخگویی سریع به نیازهای بازار به اثبات رساند.

سایز متوسط توربین‌های بازار در این سال ۱،۹۲۶ کیلووات بود که به نسبت سال گذشته، ۷۹ کیلووات افزایش در متوسط سایز را نشان می‌دهد. در آسیا اما همچنان توربین‌های کوچک ترجیح داده می‌شوند. متوسط سایز توربین‌هایی که سال ۲۰۱۳ به هند تحویل داده شدند، ۱،۳۳۶ کیلووات بود. در دانمارک این رقم ۳،۳۲۶ کیلووات بود. متوسط سایز توربین‌هایی که نیاز دو بازار بزرگ جهانی یعنی ایالات متحده و چین را در سال ۲۰۱۳ تامین کردند، به ترتیب ۱،۸۴۱ کیلووات و ۱،۷۱۹ کیلووات بود.

سایز توربین‌های بادی فراساحلی جهان با افت نامحسوس ۱۸۰ کیلوواتی، از ۳،۷۹۳ کیلووات در سال ۲۰۱۲ به ۳،۶۱۳ کیلووات در سال ۲۰۱۳ کاهش یافت. این امر کمتر به دلیل توصیه و درخواست بازار در مورد سایز توربین‌ها اتفاق افتاده و بیشتر در نتیجه نوع ویژه اختلاط توربین‌های نصب شده در هر سال است.

اندازه بازار توربین‌های دایرکت درایو (بدون گیربکس) در سال ۲۰۱۳ به ۲۸/۱ درصد از میان کل ظرفیتهای جدید نصب شده رسید که نسبت به عدد ۱۹/۵ درصد، رشد قابل توجهی را نشان می‌دهد. رستاخیز بازار چین نقش اساسی را در این میان ایفا کرده، چراکه گلدویند و ژمک^{۹۸} دو بزرگترین تامین کننده توربین بادی دایرکت درایو^{۹۹} هستند.

در سال ۲۰۱۳ نیز، ادامه شرایط سخت بازار همچنان تامین کنندگان توربین بادی را مجبور به جست‌وجوی مکانی برای رشد در اقصی نقاط جهان کرد. علاوه بر سرمایه‌گذاری در بازارهای نوظهور همچون آمریکای لاتین، به ویژه برزیل، شرکت اوئم چشم به فرصتهای بازار نوظهور در دو قلمروی وسیع جهان، یعنی آفریقا و شوروی سابق دارد.

تمرکز بر ایجاد تنوع در محصولات در سال ۲۰۱۳ رشد داشت و شرکت‌های سازنده توربین بادی شروع به تولید ماشینیهایی برای تولید بیشینه انرژی در نواحی با سرعت باد کم یا عملکرد در ارتفاع بالا از سطح دریا و یا آب و هوای سرد داشتند [۵۲].

شناسایی آینده‌های محتمل فناوری بادی بر مبنای عدم قطعیت‌ها و روند پیشرفت آن

۳-۵-۲-۱- ادبیات آینده پژوهی فناوری

امروزه تغییرات فناورانه با نرخ سریعتری از گذشته به وقوع 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 یافته است،

و تمایل روزافزون به جهانی شدن به همراه حفظ ویژگی‌های ملی، قومی و فرهنگی،

لزوم درک بهتر از "تغییرات" و "آینده" را برای دولتها، کسب و کارها، سازما نها و مردم ایجاد می‌کند.

آینده اساساً قرین عدم قطعیت است. با این همه، آثار و رگه‌هایی از اطلاعات و واقعیات که ریشه در گذشته و حال دارند، می‌توانند رهنمون‌هایی برای فهم آینده باشند. عدم قطعیت نهفته در آینده برای بعضی، توجیه‌کننده عدم دوراندیشی آنان است و برای عده‌ای دیگر منبعی گرانبها از فرصت‌ها. در اینجاست که نقش مطالعات پیرامون آینده یا همان آینده پژوهی بیش از هر چیز احساس میشود.

آینده پژوهی دانش و معرفتی 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 آینده پژوهی این اجازه را به سیاستگذار میدهد تا بدانند که

به کجاها میتوانند بروند) آینده‌های اکتشافی (و به کجاها باید بروند) آینده‌های هنجاری (جاذبی زاده و خزایی ۱۳۸۴).

آینده پژوهی 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، آینده پژوهی منعکس می‌کند که چگونه از دل تغییرات امروز، واقعیت فردا تولد می‌یابد.

یکی از پیش‌فرض‌های آینده پژوهی اذعان به وجود گزینه‌های متعدد آینده است. در مباحث آینده پژوهی، منظور از آینده در نظرگیری سه حالت آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب است. آینده ممکن هر چیزی اعم از خوب یا بد، محتمل یا بعید است، که میتواند در آینده روی دهد. آینده محتمل، آینده ممکن است که به احتمال زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست. آینده مطلوب نیز، آینده محتملی است که مطلوب و مرجح باشد.

در ادبیات آینده پژوهی، وجود چهار عنصر رویدادها، روندها، تصویرها و اقدام‌ها منجر به پیدایش آینده‌های مختلف میشود. 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 حیطة 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 به سختی 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 به همراه 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 که 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.

۳-۵-۲- روش‌های آینده پژوهی

آینده‌پژوهی رشته‌ای چندوجهی قلمداد میشود که مشتمل بر حوزه‌های مختلف است و طیف وسیعی از دیدگاه‌های پیرامون آینده محتمل و مرجع را در برمیگیرد. مک‌هال (۱۹۷۵) در تحقیق خود از چند پروژه آینده‌پژوهی، بیشتر از ۱۷ روش آینده‌پژوهی را تبیین می‌کند که در تلفیق با یکدیگر میتوانند به کارگرفته شوند. در ادامه چند نمونه از رایج‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی به اختصار بیان شده است.

۳-۵-۲-۲-۱- پیش بینی

هدف این روش کشف یک نمونه در داده‌های تاریخی است تا در مرحله 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 جمعیت شناسی؛ 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 پیش‌بینی 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.

۳-۵-۲-۲-۲- پیش، تحلیل و برون‌یابی روندها

روندها، الگوهای تغییر در امور پراهمیت از دید مشاهده‌گر هستند که در طول زمان بوقوع می‌پیوندند. به عنوان یکی از اولین گام‌ها در آینده‌پژوهی، پیش روندها به دنبال کشف روندهایی است که هم اکنون در جریان هستند. پیش روند بیانگر دنبال 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، مطالعه یک روند مشخص به منظور کشف ماهیت، علت‌های بروز، سرعت توسعه و پیامدهای بالقوه 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. آینده

پژوهان 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

رصد منابع اطلاعاتی

شناسایی نیروهای پیشران

۳-۵-۲-۲-۳- شبیه‌سازی

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، نتایج مربوط به آینده را پدید می‌آورد.

۳-۵-۲-۲-۴- روش نظرخواهی (روش دلفی)

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 پایه روش‌های مختلف استفاده از نظر خبرگان مانند دلفی، طوفان فکری و یا پنل خبرگی 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.

در کنار دلفی، روش طوفان فکری قرار می‌گیرد. در این روش، ایده‌های نو، از طریق تشکیل گروه‌های کوچک، با هدف تفکر خلاق درباره 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. قاعده 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.

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.

۳-۵-۲-۲-۵- مروری بر ادبیات سناریو سازی

روش سناریو را به هرمن کان^{۱۰۰} از موسسه رند^{۱۰۱} نسبت می‌دهند، کسی که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ این روش را برای تحلیل احتمالات بدیل در ارتباط با جنگ سرد بین ایالات متحده و شوروی ایجاد کرد. در پایان دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰،

شرکت نفتی شل موفق شد روش سناریو را در استراتژی‌هایش به کار گیرد، و به همین دلیل بنگاه در جایگاه بهتری نسبت به رقبایش هنگام افزایش داگهانی قیمت نفت در دهه ۱۹۷۰ قرار گرفت.

سناریو چیست؟ سناریو داستانی است که یک آینده محتمل را توصیف کرده و مهم‌ترین رویدادها، بازیگران اصلی و انگیزه‌های آنها را شناسایی می‌کند. تصمیم‌سازان می‌توانند با استفاده از سناریو به ابعاد عدم اطمینان‌های آینده که بیشتر آنها را نگران کرده، فکر کنند، یا ابعادی را که باید نگران آنها باشند، و راه‌های مقابله با این شرایط را بیابند. چون جواب ثابتی به چنین درخواست‌هایی وجود ندارد، سازندگان سناریو یک مجموعه سناریو را ارائه می‌دهند. این سناریوها همگی در پاسخ به سوال‌های یکسانی است و جنبه‌هایی از آینده را که احتمال وقوع دارد، شامل می‌شود؛ اما هر یک از سناریوها یک وضعیت متفاوتی را که ابعاد عدم اطمینان ایجاد می‌کنند، شرح می‌دهد.

سناریوها در واقع بینش‌های نظام‌مندی از آینده محیط سازمان، یا حوزه تمرکز آن و فرصت‌های توسعه هستند. سناریوها بر اساس پیامدهای مختلفی که از انواع توسعه‌های مورد انتظار امکان وقوع داشته و وضعیت را تغییر می‌دهند، شکل می‌گیرند. سناریوها می‌توانند کمی و بر اساس مدل‌های محاسباتی و کنکاش در وقایع پیشین باشند؛ همچنین ممکن است سناریوها کیفی بوده و شامل توصیفاتی از آینده‌های مختلف و باورکردنی باشد. بنابراین یک سناریو نه پیشگویی است و نه غیبگویی؛ بلکه یک سری اتفاقات را برای اثبات فرصت‌های توسعه و نتایج آن شرح می‌دهد.

سناریوها این ویژگی‌ها را دارند:

روی مولفه‌های آینده که قابل پیش‌بینی نیستند (پیش‌بینی آنها دشوار است) تمرکز می‌کنند

دانش موجود حال حاضر را در روشی نظام‌مند ساختار می‌بخشد

آینده‌های بدیل و باورکردنی ارائه می‌دهد

توانایی در نظر گرفتن ناپیوستگی‌ها را دارد

توانایی شکل‌گیری به هر دو صورت کمی و کیفی را دارد.

همه سناریوها مبتنی بر شهود هستند، اما شبیه ساختارهای تحلیلی اند. در واقع این داستان‌ها آینده‌های بالقوه را روشن و مشخص می‌سازد. سناریوها اجماع روی آینده مشخصی نیستند، پیش‌بینی هم نیستند؛ بلکه زمینه را توصیف می‌کنند و می‌گویند به چه نحو تغییر می‌کند. اما سناریوها هرگز اشاره‌ای به کاربران بالقوه خود نداشته و هیچ پاسخی را دیکته نمی‌کنند.

تصاویر می‌تواند کمک کند که سناریوها بهتر درک شوند. برخی ابعاد سناریو هم ممکن است با اعداد بهتر توصیف شود تا در تحلیل‌های کمی سیاست‌ها و استراتژی‌ها به کار رود. اما نقطه قوت و غنای سناریوها، وجود آنها به عنوان یک ابزار استراتژیک است که از واقعیت برآمده و ابعاد نامحسوس آینده را باز می‌نمایاند.

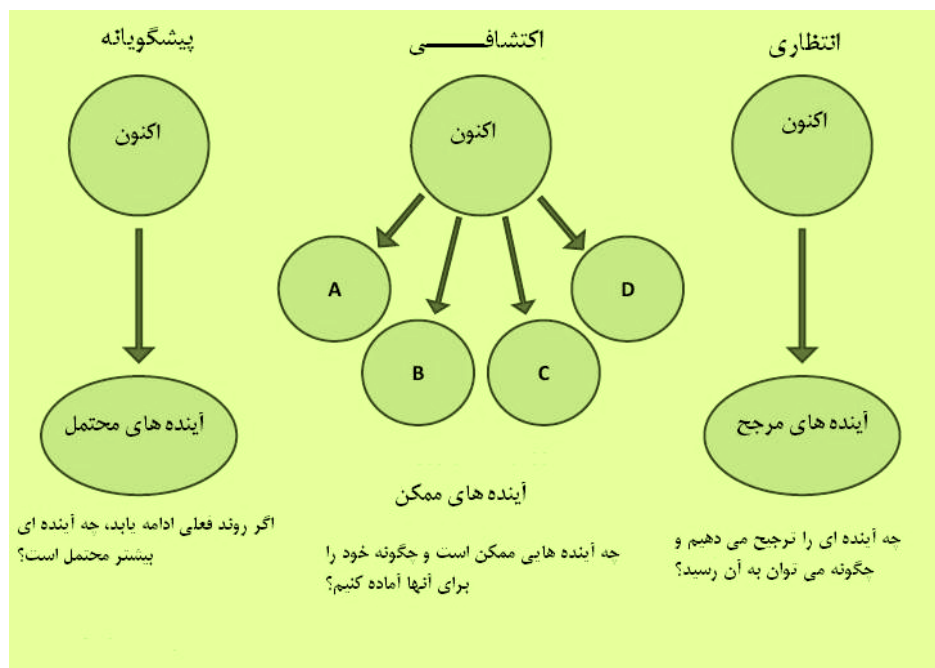
روش سناریو یک ابزار قابل استفاده و کاربردی در تصمیم‌سازی در شرایط نامطمئن و پیچیده است. استفاده از سناریوها در کنار برنامه‌ریزی استراتژیک در دهه‌های اخیر بسیار مقبول افتاده است. یکی از توضیحاتی که برای چنین رویکردی گفته می‌شود این است که محیط سازمان‌ها به شدت پیچیده شده است؛ بنابراین ابزارهای برنامه‌ریزی سنتی دیگر کفایت نمی‌کنند. هدف از استفاده از سناریوها در برنامه‌ریزی ایجاد نوعی گفت‌وگو و فهم بیشتر میان تصمیم‌سازان از فرصت‌های آینده و پویایی‌های محیطی است و آنگونه که شوارتز (۱۹۹۸) می‌گوید، «هدف نهایی از برنامه‌ریزی سناریو، ارائه تصویر دقیق‌تر از فردا نیست، بلکه تصمیم‌گیری بهتر امروز است».

سه گروه از سناریو تا کنون ارائه شده است (شکل ۳-۳۰):

سناریوهای پیشگویانه هدفشان توصیف باورپذیرترین آینده، بر اساس ادامه روندها و زمینه‌های فعلی است. یکی از انواع این قبیل سناریوها، یک نوع سناریوی اکتشافی ابتدایی است، که معمولاً آن را «اوضاع بر همین منوال»^{۱۰۲} می‌نامیم، چراکه این نوع سناریو تلاش نمی‌کند شگفتی‌های غیرمترقبه، نوآوری‌های اساسی یا شیفت‌های بازار را توصیف کند. مثال‌هایی از سناریوهای پیشگویانه، سناریوهای مختلفی است که آژانس بین‌المللی انرژی ۱۰۳ منتشر می‌کند. سناریوهایی که به عنوان بدیل سناریوهای اوضاع بر همین منوال ارائه می‌شود را می‌توان با فرض تغییرات بازار، یا شیفت‌هایی در پیش‌شرطها (مثل اکتشاف منابع بزرگ و جدید نفت، تغییر در سیستم عوارض یا تغییر الگوهای مصرف) شناسایی کرد و سپس اثر آنها را سنجید. هدف سناریوهای اکتشافی کشف یک سری آینده‌های همه به یک مقدار باورپذیر است. این رویکرد اغلب کیفی بوده و تاکید آن بر فاکتورها و نیروهای پیشران برای درک آینده‌های ممکن است. سناریوهای اکتشافی به دو روش قابل استفاده هستند. یکی اینکه در پرتو سناریوهای باورپذیر از آینده‌های ممکن، انتخاب‌های استراتژیک را می‌توان ارزیابی و قضاوت کرد؛ و یا اینکه کلا انتخاب‌های استراتژیک را بر اساس این سناریوها ایجاد کرد. این نوع از سناریوها در آینده‌نگاری بیشترین کاربرد را دارند.

سناریوهای هنجاری یا انتظاری، هدفشان رسیدن به نوعی اجماع از دیدگاه مشترک است و بر این اساس، گزینه‌ها و اولویت‌ها برای درک این دیدگاه فرموله می‌شوند. این فرآیند «پس‌نگری» نام دارد؛ چراکه برنامه‌ریزی در این روش به صورت عقبگرد از نهایت مطلوب شروع شده و مرحله به مرحله به وضعیت فعلی می‌رسد. موضوعات سیاسی مثل «صلح خاورمیانه» یا «پوشش مصرف انرژی دانمارک با انرژی تجدیدپذیر» را می‌توان با این نوع سناریوها در نظر گرفت.

سناریوها در فرآیند آینده‌نگری به سه نحو می‌توانند استفاده شوند: نخست، خود فرآیند سناریو می‌تواند «مدل‌های ذهنی» را به چالش بکشد و یا یک فهم مشترک از توسعه‌های احتمالی در ناحیه مورد تمرکز (مثلاً یک فناوری) را به بازیگران ارائه دهد. دوم، سناریوها می‌توانند پابرجا بودن استراتژی‌های موجود را بیازمایند. در نهایت، فرآیندهای سناریو، برای فرموله کردن دیدگاه‌های مشترک و استراتژی‌ها می‌توانند به کار آیند.



شکل ۳-۳۰- انواع سناریوها

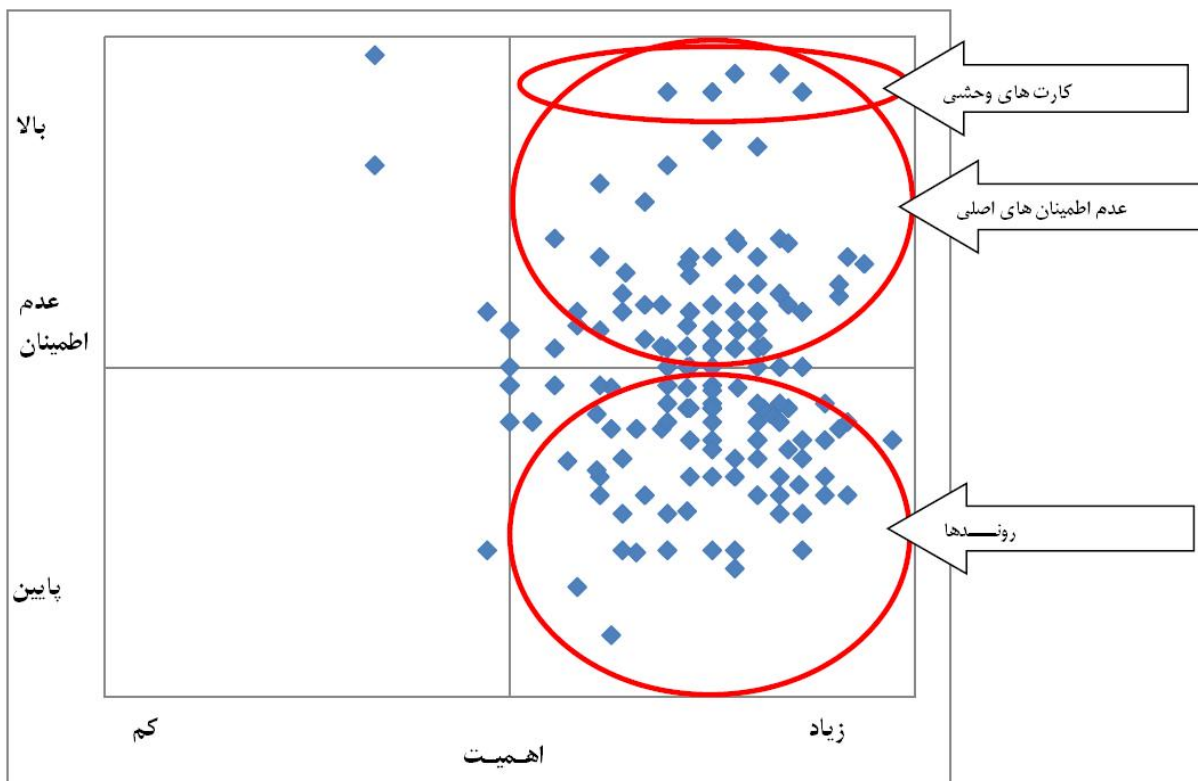
اما در فرآیند سناریوی اکتشافی که به آن مدل شبکه جهانی کسب و کار^{۱۰۴} یا GBN هم گفته می‌شود، مولفه اصلی مشخص کردن، ارزیابی و اولویت‌دهی به چالش‌های مهم، فاکتورهای پیشران و تمایلات توسعه است. در اینجا تحلیل PEST^{۱۰۵} می‌تواند اولین مجموعه از تمایلات را به ما ارائه دهد.

هر یک از فاکتورهای پیشران با علت و معلول‌های خاص خود می‌توانند تشکیل یک خوشه را بدهند. برای کمک به اولویت‌دهی، فاکتورهای پیشران را می‌توان در یک ماتریس چهار ربعی همانند شکل ۳-۳۱ قرار داد.

دو پارامتر اصلی برای ساختاردهی به فاکتورهای پیشران، اهمیت و عدم اطمینان مربوط به اثر آن در توسعه است. جای فاکتور پیشران در ماتریس، بسیار مهم است و معمولاً ساختاردهی و انتخاب این فاکتورها طی یک فرآیند گروهی صورت گرفته، و نظرات و استدلال‌ات در باره جایگاه هر یک از فاکتورهای پیشران در ماتریس برای استفاده‌های بعدی یادداشت می‌شود.

بعد از این، پویایی فاکتورهای پیشران مورد بحث گذاشته شده و ارزیابی می‌شود؛ و بر همین اساس از بین مهم‌ترین فاکتورها انتخاب صورت می‌گیرد. فاکتورهای با درجه اهمیت کم حذف می‌شوند و فاکتورهای با اهمیت بالا و عدم اطمینان کم «روند^{۱۰۶}» نامگذاری می‌شوند- یعنی فاکتورهایی که تا حد معینی در همه موارد و سناریوها نقش ایفا می‌کنند. فاکتورهای با اهمیت بالا و عدم اطمینان زیاد «عدم اطمینان‌های اصلی^{۱۰۷}» نامیده می‌شوند و پایه‌ای برای باقیمانده فرآیند سناریو هستند. فاکتورهای با اهمیت بالا اما درجه عدم اطمینان بسیار زیاد هم به عنوان «کارت‌های وحشی^{۱۰۸}» نامیده می‌شوند.

توربین بادی امروزه تبدیل به یک فناوری متداول^{۱۰۹} شده و اولین گزینه برای بسیاری از آنهایی است که می‌خواهند در امکانات جدید تولید الکتریسیته سرمایه‌گذاری کنند.



شکل ۳-۳۱- ماتریس دسته بندی فاکتورهای پیشران فناوری

۳-۲-۵-۳- انتخاب روش مناسب آینده پژوهی

هر کدام از روشهای معرفی شده برای آینده پژوهی 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 ترکیبی 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:

دلفی

مطالعات تطبیقی

سناریوسازی

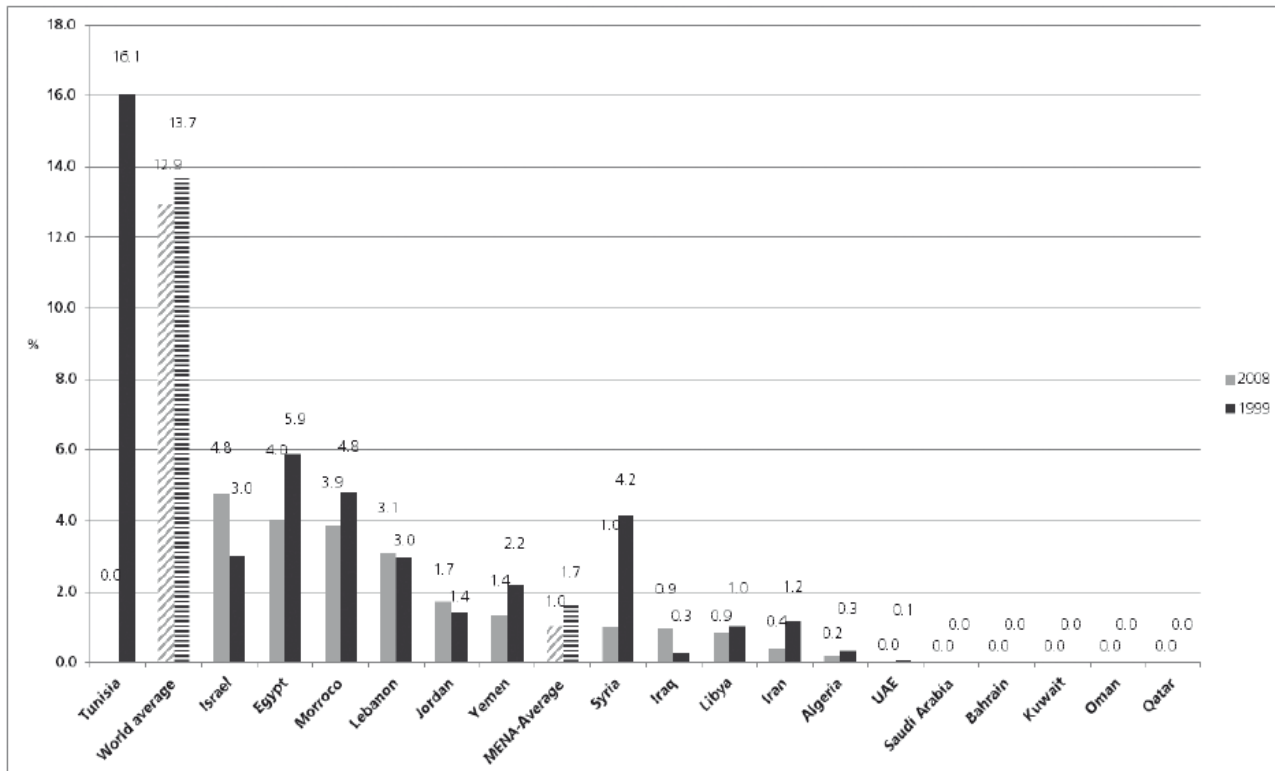
۳-۲-۴- مطالعات تطبیقی

۳-۲-۴-۱- خاورمیانه و شمال آفریقا

بعد از اینکه وضعیت برق بادی را به صورت کلی در جهان مرور کردیم، نوبت آن است که تمرکز خود را بر منطقه خاورمیانه که کشور ما در آن قرار گرفته و همسایگان منطقه‌ای معطوف کنیم. منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا^{۱۱}، در تاریخ معاصر خود بیشتر به خاطر ثروتش در انرژی شناخته شده است. این منطقه، موطن بیش از نیمی از ذخایر اثبات شده نفت خام و بیش از یک سوم گاز جهان است و همین امر باعث شده خاورمیانه طی پنجاه سال اخیر در نقش تامین کننده انرژی جهان باشد. این ویژگی خاورمیانه همچنین سبب شده بازار مصرف داخلی انرژی این منطقه برای دهه‌های متمادی در گوشه‌ای از تصویر جهانی مصرف انرژی قرار گیرد. خاورمیانه با داشتن برخی از کمترین قیمت‌های داخلی چه برای انرژی‌های اولیه و چه الکتریسیته، از نوعی کمبود انگیزه اقتصادی برای رفتن به سمت انرژی‌های جایگزین رنج می‌برد [۲۴].

چشم‌انداز انرژی‌های تجدیدپذیر در خاورمیانه

در حال حاضر می‌توان گفت وضعیت خاورمیانه از نظر انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار دور از وضعیت مطلوب است. سهم اینگونه انرژی‌ها در سبد انرژی منطقه به زحمت به یک درصد می‌رسد. با این همه، آینده این منطقه بسیار روشن است. تخمین‌ها حاکی از این است که چیزی در حدود ۴۵ درصد منابع انرژی تجدیدپذیر دنیا در این منطقه قرار دارد. در دو سوم کشورهای منطقه سهم انرژی‌های تجدیدپذیر زیر یک درصد است و در یک سوم آنها در عمل تولید انرژی تجدیدپذیر صورت نمی‌گیرد [۲۴]. شکل زیر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد مصرفی انرژی این منطقه در مقایسه با وضعیت جهانی طی دو مقطع ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ نمایش می‌دهد.

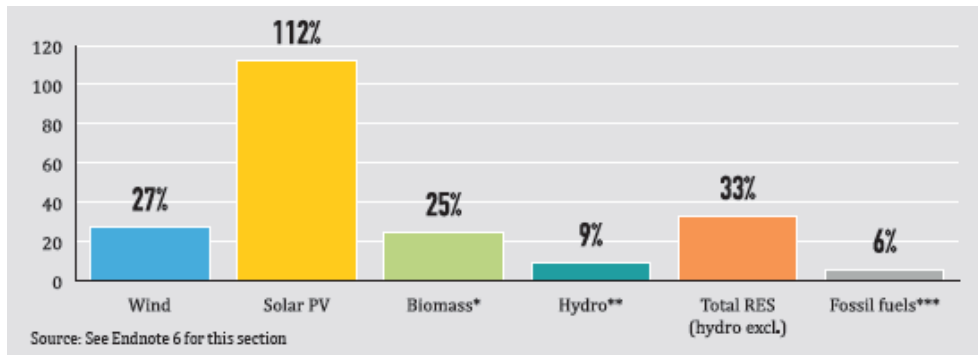


شکل ۳-۳۲- سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل انرژی مصرفی کشورهای خاورمیانه در دو مقطع ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ [۲۴]

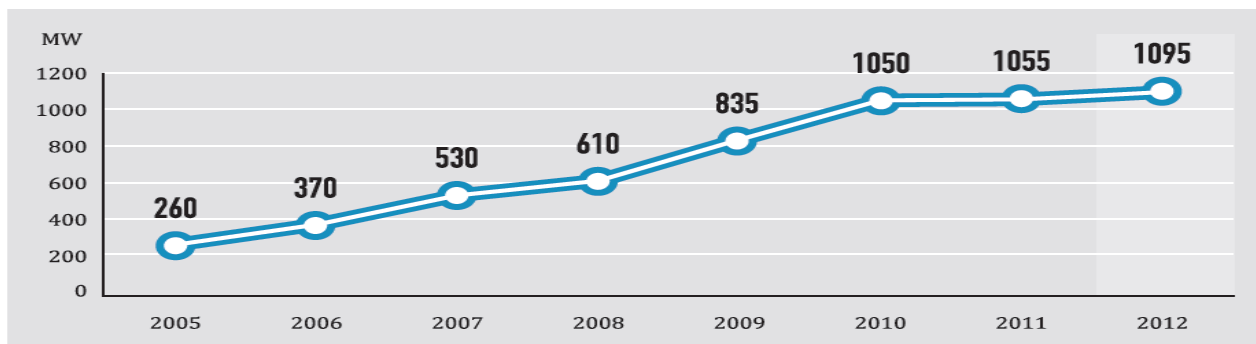
از سوی دیگر، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد عمده رشد مصرف باورنکردنی انرژی در دهه ۲۰۳۰، مربوط به آسیا و از جمله خاورمیانه است و این منطقه در حال تبدیل شدن به یکی از مصرف‌کننده‌ترین مناطق جهان است. هرچند با افزایش قیمت نفت در دهه اخیر، این مصرف بالا برای بسیاری از کشورهای صادرکننده نفت منطقه، دشواری اقتصادی خاصی را ایجاد نکرده است؛ در عین حال برخی از این کشورها مجبور شده‌اند بخش قابل توجهی از تولید نفت و گاز خود را برای مصرف داخلی، از بازار پرسود بین‌المللی حذف کنند.

برای چندین دهه، هرگاه در مورد استفاده از منابع غنی بادی و خورشیدی خاورمیانه جهت تولید انرژی صحبتی به میان می‌آمد، با اغراق گفته می‌شد که انگیزه اقتصادی کافی در این زمینه وجود ندارد؛ اما امروز به این منابع به چشم یک جایگزین ارزشمند سوخت‌های فسیلی نگریسته می‌شود که می‌تواند نه تنها منابع نفت خام بیشتری را برای صادرات آزاد کند، بلکه هزینه واردات انرژی را برای کشورهای غیرصادرکننده این منطقه کاهش خواهد داد. شکل ۷ نرخ رشد تولید برق سالیانه را در بخش‌های مختلف تجدیدپذیر در منطقه نشان می‌دهد. رشد چشمگیری در بخش انرژی خورشیدی اتفاق افتاده است که ناشی از

ظرفیت‌های بالقوه منطقه در این بخش است؛ انرژی خورشیدی موجود در منطقه خاورمیانه به تنهایی کافی است تا نیاز دهه‌ها برابر نیاز جهان، برق تولید کند (بر اساس تخمینی حدود ۷۲ برابر مصرف برق جهان در سال ۲۰۰۸) [۲۴]. انرژی خورشیدی، در کنار برق بادی دو بخش مورد علاقه از انرژی تجدیدپذیر غیر آبی در منطقه را تشکیل می‌دهند. به خصوص آنکه، نرخ رشد ۲۷ درصدی در برق بادی، نشان‌دهنده رشد صنعت برق بادی در منطقه همگام با متوسط جهانی است. شکل ۳-۳۴ روند ظرفیت‌های نصب شده در منطقه را از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۳- نرخ رشد سالیانه تولید برق در خاورمیانه بین سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ [۵۳]



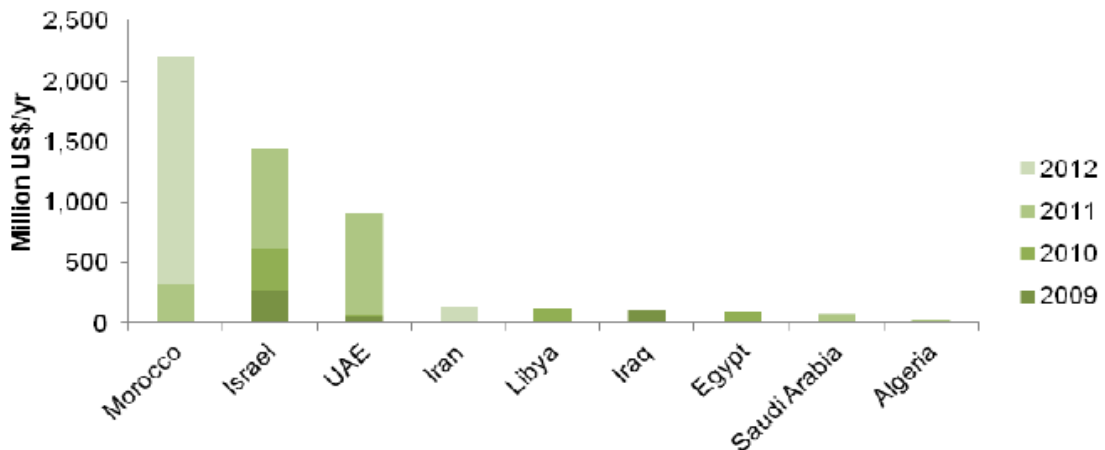
منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا، یکی از معدود مناطق جهان است که سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر در آن، بر وضعیت بحران جهانی اقتصاد موثر است. در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر در این منطقه در سال ۲۰۱۲ حدود ۲/۹ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری شد که رشد ۴۰ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۱ و حدود ۶/۵ برابری نسبت به سال ۲۰۰۴ را نشان می‌دهد [۵۳]. توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر در نشان از افزایش علاقمندی سرمایه‌گذاران به حضور در این بخش است که مهم‌ترین نشانه آن ورود بزرگترین بازیگران جهانی عرصه انرژی، یعنی شرکت‌های معظم نفت و گاز به بازار خورشیدی منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا است.

شکل ۳-۳۵- روند سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت در خاورمیانه

[۵۳]

این روند افزایش سرمایه‌گذاری‌ها به خصوص در بازه ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ بیشتر مربوط به پروژه‌های جدید در کشور مراکش بوده که شامل ۱۶۰ مگاوات ظرفیت نیروگاه‌های متمرکز خورشیدی^{۱۱۱} است که به ارزش ۱/۶ میلیارد دلار و با مالکیت شرکت سازنده، سرمایه‌گذار و مجری عربستانی ACWA افتتاح شد. این پروژه همچنین از طریق یکی از برنامه‌های تامین سرمایه بانک جهانی، به نام تامین سرمایه فناوری اقلیمی^{۱۱۲} حمایت شد. یک پروژه ۳۰۰ مگاواتی بادی هم در مراکش به بهره‌برداری رسید که با سرمایه‌گذاری مشترک و مساوی با دو بانک و یک هولدینگ مراکشی اجرا شده بود [۵۳]. شکل ۳-۳۶ وضعیت

سرمایه‌گذاری را در کشورهای مختلف منطقه طی سه سال نشان می‌دهد که در این مراکش با اختلاف از سایر کشورها پیشی گرفته است.



Source: REN21/MOFA/IRENA (2013).

شکل ۳-۳۶- روند رشد سرمایه‌گذاری در منطقه خاورمیانه بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ [۵۳]

بخش انرژی‌های تجدیدپذیر منطقه طی سال‌های اخیر، آن‌چنان که گفته شد به ویژه با ورود شرکت‌های نفت و گاز ملی و بین‌المللی در بازار انرژی خورشیدی توسعه یافته است (طی سه سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ شرکت سعودی آرامکو- شرکت نفت و گاز عربستان سعودی دارای پرچم- (در کنار مرکز مطالعات و تحقیقات نفت ملک عبدالله در مورد نیروگاه ریاض) در سه پروژه فتوولتاییک با ظرفیت نصب شده حداقل ۱۷ مگاوات سرمایه‌گذاری داشته است. شرکت توتال فرانسه ۲۰ درصد سهام بزرگترین نیروگاه متمرکز خورشیدی بهره‌بردار شده جهان^۱ پروژه اول ۱۰۰ مگاواتی شمس در امارات متحده عربی را به ارزش ۷۶۵ میلیون دلار در اختیار دارد؛ و شرکت نفتی رویال داچ شل نیز، از طریق شرکت تابعه خود در ژاپن، توسعه نیروگاه فتوولتاییک ۰/۵ مگاواتی در جزیره فاراسان عربستان سعودی را تامین مالی کرده است [۵۳].

بدون شک، بخشی از این سرمایه‌گذاری‌ها به عنوان کارهای اجتماعی و زیست محیطی شرکت‌های نفتی بین‌المللی فعال در منطقه (به ویژه عربستان سعودی) و در قالب قراردادهای نفتی منعقد می‌شود. البته این تنها شرکت‌های نفتی نیستند که به

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در منطقه علاقمندند، شرکت برق فرانسه^{۱۱۳}، بزرگترین شرکت خدماتی برق جهان، حدود ۷۲ میلیون دلار برای توسعه نیروگاه فتوولتاییک ۱۸ مگاواتی در سرزمین اشغالی سرمایه‌گذاری کرد. از بین سایر شرکت‌های بین‌المللی که در بازار خورشیدی منطقه سرمایه‌گذاری کرده‌اند، می‌توان به شرکت اسپانیایی آبنگونا^{۱۱۴} با سهم ۲۰ درصدی در پروژه اول شمس در ابوظبی اشاره کرد [۵۳].

اما سرمایه‌گذاری در بخش باد در خاورمیانه، بیشتر توسط شرکت‌های ملی و سازمان‌های انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است. به عنوان مثال، شرکت دولتی سونلگاز^{۱۱۵}، تامین مالی مزرعه بادی ۱۰ مگاواتی در الجزایر را بر عهده گرفته است. شرکت ملی گاز و برق تونس^{۱۱۶} هم توسعه مزرعه بادی ۳۴/۳ مگاواتی این کشور را، تامین مالی کرده است. سازمان انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مصر^{۱۱۷} ۴۵۵/۵ میلیون دلار از کنسرسیوم بانکی برای توسعه مزرعه بادی ۲۰۰ مگاواتی را تضمین کرده است. قبل از تغییر حکومت در لیبی هم سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر این کشور^{۱۱۸} از سرمایه‌گذاری ۱۲۷ میلیون دلاری در مزرعه بادی ۱۲۰ مگاواتی این کشور و یک نیروگاه جدید ۶۰ مگاواتی در حال آماده‌سازی خبر داده بود [۵۴].

یکی از چالش‌های خاورمیانه بر سر راه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، جدا از بی‌ثباتی‌های سیاسی، کمک‌های دولتی برای سوخت‌های فسیلی به خصوص در میان کشورهای صادرکننده نفت است که با هم زدن تنظیم بازار انرژی، روی رقابت‌پذیری قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر اثر منفی می‌گذارند. در نتیجه، روند مسلط برای سرمایه‌گذاری روی انرژی‌های تجدیدپذیر منطقه، سرمایه دولتی و تامین مالی بانک‌های توسعه‌ای خواهد بود.

اما چگونه می‌توان انرژی تجدیدپذیر را با شمول بیشتر، و از همه مهم‌تر به صورت کارآمدتر در زمینه اقتصادی خاورمیانه رشد داد و ترویج کرد؟ موسسه مطالعات انرژی آکسفورد، در نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر در خاورمیانه، چند پیشنهاد در این زمینه دارد که برخی از آنها مکمل یکدیگرند:

۱- اولین راهکار اقتصادی: اصلاح مکانیزم قیمت‌گذاری انرژی در منطقه، و آوردن بخش خصوصی، و پس از آن رسیدگی

به اعوجاجات و مسائل بازار منطقه‌ای انرژی؛ و

۲- راهکار دوم اقتصادی: مشوق‌های مالی و قانونی برای کاهش مشکل هزینه‌ای انرژی تجدیدپذیر در برابر سوخت‌های

فسیلی^۱ همگام و یکسان با بازار کشورهای توسعه‌یافته

انرژی تجدیدپذیر و مزایای تجاری و اجتماعی گسترده آن، ممکن است تنها زمانی درک شود که:

۳- با استراتژی‌های انرژی کلان ملی تجمیع شده، و به ویژه آن دسته از نتایج مثبتی که معمولاً در تعرفه‌گذاری برق

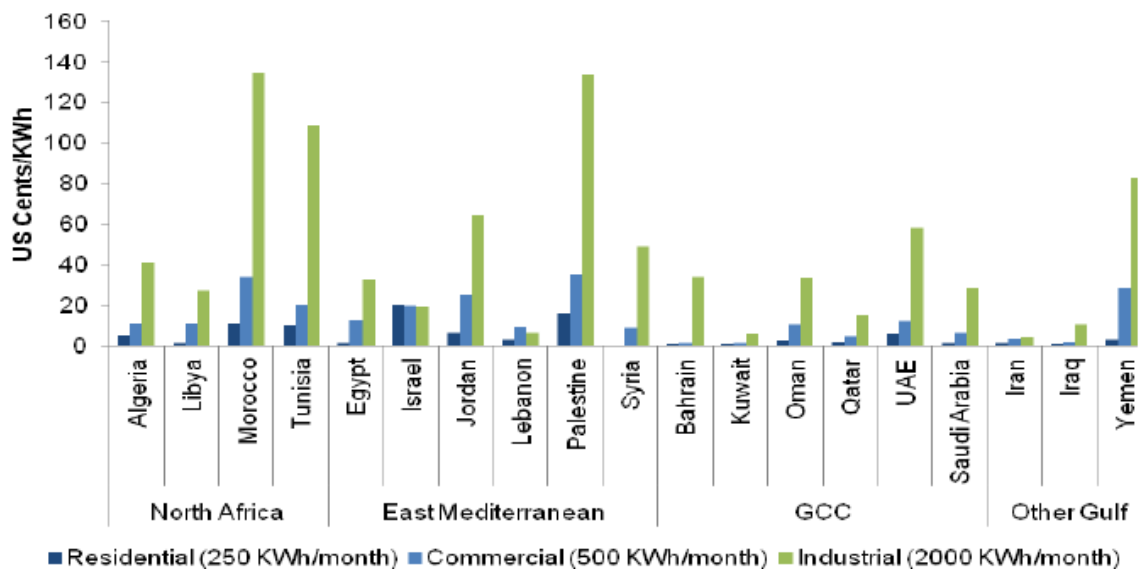
تجدیدپذیر لحاظ نشده، هدف قرار گیرد [۵۴].

شکل ۱۰ مقایسه قیمت برق را در سه بخش خانگی، تجاری و صنعتی نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد تفاوت قیمت برق صنعتی

با دو بخش مصرفی دیگر در کشورهای اتفاقی افتاده است که عمده سرمایه‌گذاری‌ها در بخش انرژی تجدیدپذیر نیز در همان

کشورها انجام شده است. به این ترتیب می‌توان اصلاح قیمت‌ها و مکانیزم قیمت‌گذاری را به عنوان یکی از نخستین اقدامات

برای ترویج انرژی‌های نو برشمرد.



Notes: Prices are averaged between (where applicable) dynamic night- and day-tariffs. Iran's highly fluctuating exchange rate makes a meaningful valuation of electricity prices in \$ terms difficult. We have used an exchange rate of IR30,600:\$1. Iranian electricity prices are as of 2013.⁴¹ UAE prices are based on Abu Dhabi in the

شکل ۳-۳- تفاوت قیمت برق در سه بخش خانگی، تجاری و صنعتی در خاورمیانه سال ۲۰۱۳ [۵۳]

برق بادی در خاورمیانه (بدون شمال آفریقا)

در حوزه برق بادی، ظرفیت کل منطقه خاورمیانه (شامل بحرین، ایران، عراق، رژیم اشغالگر، اردن، کویت، لبنان، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه، امارات متحده عربی و یمن) تا پایان ۲۰۱۱ تنها ۹۳ مگاوات بود. میزان پراکندگی برق بادی در منطقه به مراتب از انرژی خورشیدی ناهمگن تر است. منبع بادی منطقه به ویژه در کشورهایی چون ایران، عمان، سوریه، عربستان سعودی و اردن عالی است. طی دو سال گذشته دولت‌ها در این منطقه شروع به اجرای برنامه‌های توسعه‌ای برای انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی بادی کرده‌اند [۲۴].

ایران تنها کشور منطقه است که نصب‌هایی در مقیاس بزرگ داشته است و تا پایان سال ۲۰۱۳ مطابق آمار ثبت شده جهانی، ۹۱ مگاوات ظرفیت نصب شده داشته است. برنامه‌هایی برای رساندن این ظرفیت تا ۴۰۰ مگاوات طی سال‌های آتی وجود دارد. مطالعات نشان داده کشور ما پتانسیل توسعه برق بادی تا ۱۵ گیگاوات را داراست. همچنین تنها تولیدکننده توربین در منطقه، شرکت صبانیرو متعلق به ایران است.

تا به امروز، حدود ۱۲۰ مجموعه داده از سایت‌های مختلف در حال تغذیه پایگاه داده باد ایران هستند و اطلس بادی از ارتفاعات مختلف (۴۰، ۶۰ و ۸۰ متری) از ۴۲ سایت جهت توسعه برق بادی کشور در ۲۶ منطقه ارائه شده است.

اردن، دیگر کشور منطقه است که به تازگی فعالیت‌هایی را در زمینه برق بادی آغاز کرده است. استراتژی انرژی این کشور برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰، کاهش وابستگی کشور به واردات ۹۶ درصدی انرژی در سال ۲۰۱۰ را با پاسخگویی انرژی‌های تجدیدپذیر به ۱۰ درصد تقاضا نشانده رفته است. همچنین قانون جامعی برای انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۲ در مجلس این کشور تصویب شد [۵۵].

در آوریل ۲۰۱۴، شرکت پروژه بادی اردن^{۱۱۹} ساخت مزرعه بادی ۱۱۷ مگاواتی را در این کشور آغاز کرد. این شرکت، به صورت ونچر^{۱۲۰} از شرکت‌های ایفرامد^{۱۲۱} با ۵۰ درصد، شرکت مصدر آینده انرژی ابوظبی^{۱۲۲} با ۳۱ درصد و شرکت ای‌پی گلوبال^{۱۲۳} انرژی با ۱۹ درصد سهام سرمایه کلی ۵۱/۵ میلیون یورویی (۶۵ میلیون دلاری) شکل گرفت.

ساخت اولین مزرعه بادی تجاری امارات متحده عربی، با ظرفیت ۳۰ مگاوات در ژوئن ۲۰۱۲ در جزیره بنی یاس این کشور آغاز شده و همچنان ادامه دارد.

شهر انرژی اتمی و تجدیدپذیر ملک عبدالله^{۱۲۴} در سال ۲۰۱۳ اعلام کرد که بررسی مکان‌های ممکن برای ساخت پره و امکانات تست توربین تا سال ۲۰۱۶ را در دستور کار دارد. همچنین این کشور در نظر دارد تا سال ۲۰۳۲، تا یک سوم انرژی مصرفی خود را از محل انرژی تجدیدپذیر به دست آورد (۵۴ گیگاوات). بر اساس آمار و ارقام منتشر شده در برنامه ملی انرژی کشور از سوی KACARE، این میزان شامل ۴۱ گیگاوات انرژی خورشیدی (۲۵ گیگاوات نیروگاه متمرکز و ۱۶ گیگاوات فوتوولتائیک)، ۱۸ گیگاوات انرژی اتمی، ۳ گیگاوات انرژی حاصل از زباله، ۱ گیگاوات زمین گرمایی و ۹ گیگاوات برق بادی است که به خصوص برای کارخانجات آب شیرین کن استفاده می‌شود. پیش بینی شده عمده این انرژی از محل نصب زارع بادی در طول سواحل دریای سرخ و خلیج فارس تامین شود [۵۵].

آینده برق بادی خاورمیانه

با در نظر گرفتن پتانسیل بالقوه برق بادی در کشورهای خاورمیانه، سناریوهای چشم‌انداز جهانی برق بادی^{۱۲۵} (GWEO) برای این منطقه خوشبینانه تر از آن چیزی است که سناریوهای جدید سیاست‌های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) پیش‌بینی کرده است. بر اساس پیش‌بینی سناریوهای آژانس بین‌المللی انرژی، مجموع ظرفیت نصب شده منطقه، ۱ گیگاوات تا سال ۲۰۲۰ و ۱۱ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ است.

اما سناریوی متوسط چشم‌انداز جهانی، ظرفیت نصب شده خاورمیانه را تا پایان ۲۰۳۰ حدود ۱۲ گیگاوات تخمین می‌زند. در سناریوی پیشرفته، این میزان تا ۱۴ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ هم می‌رسد.

برق بادی تولیدی در این سناریوها کشورهای خاورمیانه را قادر خواهد ساخت تا استقلال انرژی خود را بهبود بخشند و منابع غنی فسیلی خود را تا مقادیر قابل توجهی حفظ و نگهداری کرده و ردپای کربنی^{۱۲۶} خود را کاهش دهند.

جدول ۳-۵ به طور ویژه، پتانسیل و سایر ویژگی‌های منطقه خاورمیانه را برای توسعه برق بادی در دو بخش ساحلی و فراساحلی نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵- پتانسیل خاورمیانه در دو بخش برق بادی ساحلی و فراساحلی [۵۴]

تکنولوژی	ویژگی‌ها	پتانسیل‌های خاورمیانه	صورت هزینه	نقش آینده آن در سبب انرژی خاورمیانه
بادی (ساحلی)	(+) تکنولوژی بالغ (+) به شدت به صرفه در مکان‌های درست (-) وقفه‌های زمانی (اما فاکتورهای ظرفیت با توسعه تکنولوژی افزایش می‌یابد) (-) تاثیر بصری	به خصوص در مناطق کوهستانی و سواحل در معرض باد پتانسیل بادی بالا، از جمله شمال آفریقا، بخش‌هایی از مراکش، یمن، عمان	با کاهش جدی هزینه‌ها از دهه ۱۹۸۰، در بسیاری از بازارهای انرژی، برق بادی ساحلی قابل رقابت است. تخمین هزینه‌ای فعلی IEA: ۴۰ دلار برای ۱۶۰ مگاوات ساعت	به دلیل رقابتی بودن و با منابع غنی بادی خاورمیانه، بسیار رقابت پذیر است
بادی (فراساحلی)	(+) صنعت سریع‌ا در حال توسعه، به خصوص در اروپا (+) به طور قابل توجهی دارای ساعت‌های بارگذاری شده بیشتر از نوع ساحلی (+) تاثیر بصری کمتر (-) مخاطره فناوری (-) وقفه‌های زمانی (-) تاثیر بر محیط زیست و جانداران آبی	پروژه‌های عظیم این نوع توربین‌ها محرک تحقیق و توسعه جدی و تخصصی در کشورهای خاورمیانه است	صورت هزینه‌های فراساحلی‌ها به دلیل هزینه‌های بالای ساخت و نگهداری و اتصال، به مراتب بالاتر از نوع ساحلی است. نیاز به سرمایه اولیه بسیار بالا افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای از اوایل دهه ۲۰۰۰ و انتظار برای افزایش بیشتر تخمین فعلی هزینه‌ای IEA: ۱۰۰ دلار برای هر ۱۹۰	توربین‌های فراساحلی در حال حاضر هنوز دارای هزینه‌های بالاست، اما با شکوفایی شدن پتانسیل‌های آینده، به لحاظ اقتصادی می‌تواند با تکنولوژی‌های جایگزین امکان مقایسه داشته باشد. این تکنولوژی در مقیاس‌های بزرگ می‌تواند در برخی بازارهای منطقه به کار بسته شود.

مگاوات ساعت			
-------------	--	--	--

۳-۵-۲-۴-۲- انرژی بادی در جهان به روایات آمار و پیش‌بینی‌ها

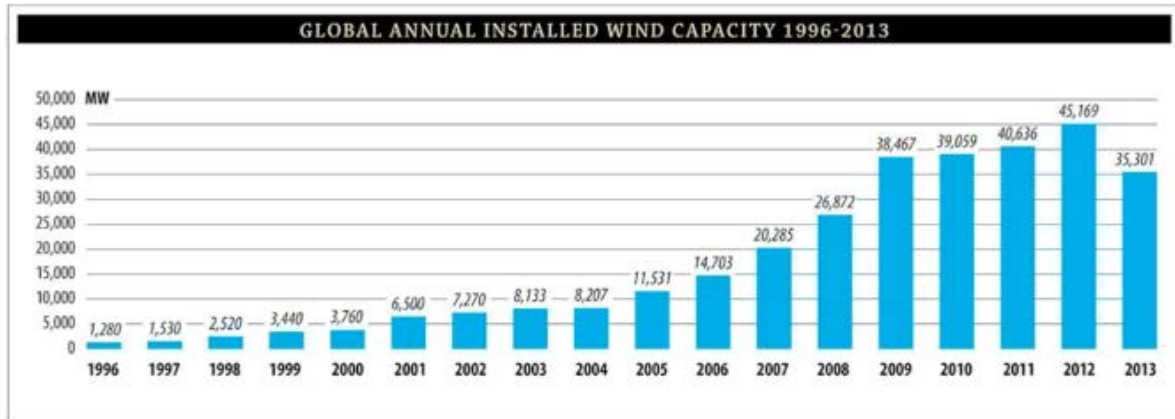
در این بخش تلاش می‌شود تا با مرور آمار و ارقام رسمی منتشر شده از وضعیت انرژی بادی، تولیدکنندگان و کشورهای فعال این حوزه، دیدگاهی کلی نسبت به این صنعت رو به رشد در جهان حاصل کرده و رویکرد کلی صنعت و همچنین موسسات بین‌المللی فعال در این زمینه را بازشناسیم.

روند جهانی

شورای جهانی انرژی بادی (GWEC)، در سال ۲۰۱۴ پیش‌بینی کرد بازار برق بادی با نرخ سالانه ظرفیت نصب شده تجمعی ۱۰ درصد طی پنج سال آینده رشد خواهد کرد [۵۵].

ولی سال ۲۰۱۳، سال سختی برای برق بادی بود. چراکه برای نخستین بار در تاریخ، ظرفیت کمتری از برق بادی نسبت به سال قبل یعنی ۲۰۱۲ نصب شد. در حالی که همواره نرخ رشد ظرفیت نصب شده سالیانه بیش از ۲۰ درصد بوده، در این سال برای نخستین این نرخ سقوط کرد. کارشناسان شورای جهانی انرژی بادی، علت این امر را عدم اطمینانهای سیاسی پیرامون قانون مالیات در ایالات متحده ذکر کرده اند. چراکه این کشور در سال ۲۰۱۳ تنها ۱ گیگاوات برق بادی نصب کرد که در مقایسه با ۱۲ گیگاوات سال ۲۰۱۲ افت قابل توجهی را به نمایش می‌گذارد (شکل ۲) [۵۶].

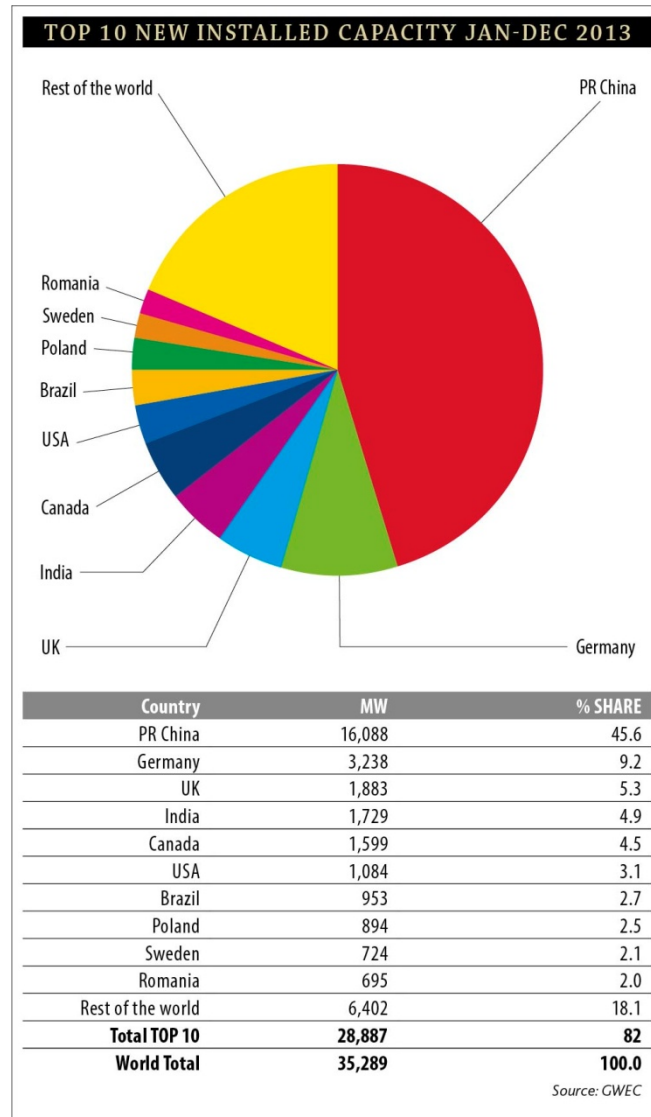
رشد سال ۲۰۱۳: ۲۱- درصد



متوسط رشد ۱۸ سال: ۲۳/۷ درصد

شکل ۳-۳۸- ظرفیت سالیانه بادی نصب شده جهانی بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ و نرخ رشد آن [۵۶]

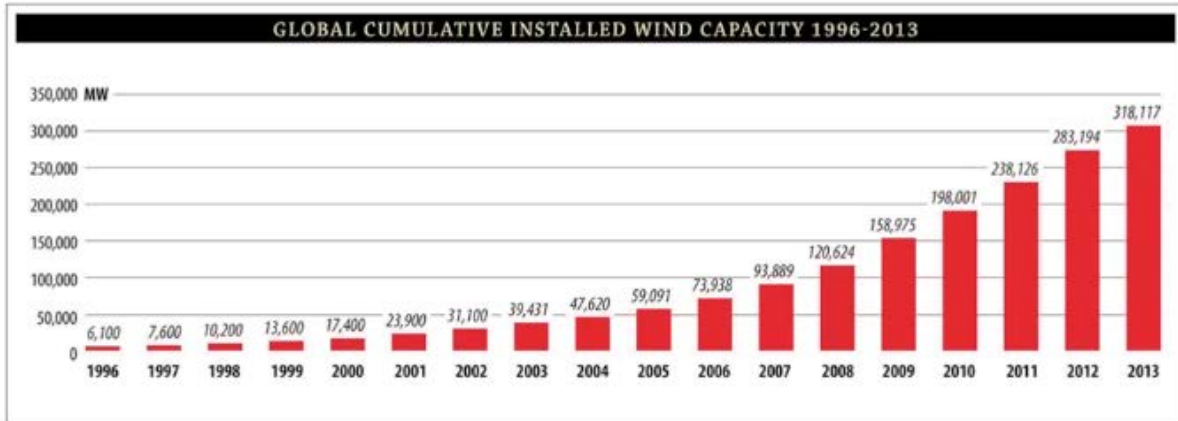
از نقطه نظر بازار سالیانه برق بادی، کشور چین پیشرو است و در آینده قابل پیش‌بینی، همچنان پیشرو خواهد بود. آلمان و بریتانیا سال بسیار خوبی را پشت سر گذاشتند و برای نخستین بار در تاریخ کانادای برق بادی بیشتری را نسبت به ایالات متحده نصب کرد. همچنین پیش‌بینی می‌شود کشور برزیل لااقل سه سال بسیار پربار را پیش رو داشته باشد (شکل ۳-۳۶) [۵۶].



شکل ۳-۳۹- ده کشور برتر در ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۱۳ [۵۶]

اما اگر به ظرفیت تجمعی نصب شده برق بادی نگاهی بیافکنیم، تصویر روشن تری برایمان ظاهر خواهد شد. در مجموع، ظرفیت نصب شده برق بادی جهانی در سال ۲۰۱۳ رشد ۱۲/۵ درصدی داشته است که رشد بدی نیست. در واقع اگر آمریکا را از معادلات حذف کنیم، در اکثر مناطق جهان رشد متوسطی را در سال گذشته تجربه کردیم. شکل ۳-۴۰ ظرفیت نصب شده تجمعی را در جهان نشان می‌دهد که بر این اساس تا پایان سال ۲۰۱۳ این میزان به عدد ۳۱۸ گیگاوات بالغ شده است [۵۶].

رشد سال ۲۰۱۳: ۱۲/۵ درصد



رشد متوسط ۱۸ سال: ۲۶/۲ درصد

شکل ۳-۴۰- ظرفیت تجمعی نصب شده بادی در جهان بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ [۵۶]

بنابراین به صورت خلاصه می توان گفت:

در اروپا، یک توربین بادی فراساحلی ۶ مگاواتی می تواند نیاز انرژی ۵۵۰۰ خانوار را تامین کند.

تعداد قطعات یک توربین بادی بالغ بر ۸۸۰۰ قطعه است.

در برخی کشورها همچون اسپانیا و استرالیا در مقاطعی، بیش از نیمی از تقاضای انرژی با برق بادی پاسخ داده می شود.

تنها در برزیل در سال ۲۰۱۲ حدود ۱۵ هزار شغل از طریق صنعت برق بادی ایجاد شد. تا پایان سال ۲۰۱۱ در این کشور ۵۸۳ مگاوات ظرفیت نصب شد. برزیل با رشد ۹۰ درصدی ظرفیت نصب شده نسبت به سال ۲۰۱۰، هم اکنون یکی از پیشگامان آمریکای جنوبی در صنعت برق بادی است؛ هرچند کشورهایی مثل مکزیک و شیلی هم به سرعت در این زمینه در حال پیشرفت هستند.

رشد سالانه بازار برق بادی در چین در سال ۲۰۱۲ عدد ۳۹/۴ درصد را نشان داد.

بیش از ۳۰ درصد مصرف برق در دانمارک با برق بادی پوشش داده شده و دولت این کشور در نظر دارد تا سال ۲۰۲۰ این رقم به ۵۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰۰ درصد بالغ شود.

تعداد توربین‌هایی که تا پایان سال ۲۰۱۲ در جهان کار می‌کردند، ۲۲۵ هزار عدد بود که حدود ۲۳،۴۶۰ توربین جدید در این سال به این عدد اضافه شده بودند.

تنها در چین تا پایان سال ۲۰۱۱ بیش از ۴۵ هزار توربین در چرخش بود.

یک توربین بادی می‌تواند در عرض ۳ تا ۶ ماه کل انرژی که برای تولید، راه اندازی و بازیافت آن بعد از ۲۰ تا ۲۵ سال مصرف می‌شود را، تولید کند.

در حال حاضر نزدیک به ۲/۵ درصد کل انرژی جهان از طریق برق بادی تامین می‌شود که پیش بینی‌ها برای این میزان در سال ۲۰۲۰ بین ۸ تا ۱۲ درصد را نشان داده است.

بزرگترین توربین دنیا به لحاظ اندازه، توربین ۶ مگاواتی آلتوم با روتور به قطر ۱۵۰/۸ متری است.

طبق یک نظرسنجی در سال ۲۰۱۱ حدود ۸۹ درصد شهروندان اروپایی موافق انرژی بادی بودند.

یک مزرعه بادی ۱۰ مگاواتی به آسانی می‌تواند در عرض دو ماه ساخته شود، این میزان برای یک مزرعه ۵۰ مگاواتی حدود ۶ ماه است.

تعداد افراد استخدام شده در صنعت برق بادی تا پایان سال ۲۰۱۱، در جهان حدود ۶۷۰ هزار نفر و در اروپا حدود

۲۴۰ هزار نفر بوده که در این قاره نسبت به سال قبل رشد ۳۰ درصدی داشته است؛ پیش‌بینی‌ها برای سال ۲۰۲۰

استخدام حدود ۵۲۰ هزار نفر اروپایی در این صنعت را نشان می‌دهد و برای سال ۲۰۳۰ عدد ۷۹۴،۰۷۹ شاغل با سهم

۶۲ درصدی بخش فراساحلی در اشتغال پیش‌بینی شده است.

ایالات متحده هم اکنون ظرفیت ۶۱،۱۱۰ مگاوات پروژه نصب شده بادی دارد. به این ترتیب ۵/۷ درصد از کل انرژی

بادی ایالات متحده از این طریق تامین می‌شود.

آسیاب‌های بادی ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد، مورد استفاده قرار می‌گرفتند و نخستین بار در چین و ایران ساخته شدند.

برق بادی هم اکنون سریع‌ترین رشد را در میان منابع تولید برق در دنیا دارد.

دو ایالت آیوا و داکوتای جنوبی، ۲۵ درصد انرژی خود را در طول سال ۲۰۱۳ از این طریق تامین کردند.

یک توربین بادی متوسط به تنهایی می‌تواند برق پانصد خانه را تامین کند.

در سال ۲۰۱۳ با تولید ۱۶۸ میلیون مگاوات ساعت برق بادی، از انتشار ۹۵/۵ میلیون تن دی اکسید کربن^۱ برابر با کاهش ۴/۴ درصدی دی اکسید کربن منتشرشده از کل صنعت انرژی و یا حذف ۱۶/۹ میلیون اتومبیل از جاده ها- جلوگیری شد.

تعداد توربین های بادی ساحلی در آمریکا به اندازه تامین ده برابر انرژی فعلی است.

بیشتر توربین های بادی (۹۵ درصد) در زمین های خصوصی نصب شده اند.

توربین بادی های مدرن حدود ۱۵ درصد بیش از توربین بادی های ساخت دهه ۱۹۹۰ تولید برق می کنند.

برق بادی در ایالات متحده یک صنعت ۱۰ میلیون دلاری است.

در سال ۲۰۳۰، برق بادی در آمریکا ۳۰ تریلیون بطری آب صرفه جویی را باعث خواهد شد.

در برخی مواقع، برق بادی ۴۵ درصد برق اسپانیا را تامین می کند.

در سال ۲۰۱۲ برق بادی، اولین منبع جدید تولید برق در ایالات متحده با سهم ۴۲ درصدی از کل ظرفیت تولید برق جدید بود.

تا می ۲۰۱۴ ایالات متحده خانه ۴۶۰۰۰ توربین بادی فعال بود [۵۷] و [۵۸].

پیش به سوی بازارهای در حال ظهور

نگاهی به ۱۰ کشور برتر از نقطه نظر ظرفیت تجمعی نصب شده، نشان می دهد که چین با فاصله زیادی پیشتاز است و پشت سرش ایالات متحده، آلمان، اسپانیا، هند و بریتانیا قرار دارند. پیش بینی می شود در آینده نزدیک هند جای اسپانیا را بگیرد و در پایان ۲۰۱۴ دانمارک جای خود را به برزیل بدهد. همچنین بازارهای در حال ظهور بیشتری طی سال های آتی در جمع ۱۰ کشور قرار خواهند گرفت. گفتنی است جایگاه کشور ما در این رتبه بندی (با عدد رسمی ۹۱ مگاوات) تا پایان ۲۰۱۳ در ایران بالاتر از کشورهای چین، سریلانکا و مغولستان است، اما پایین تر از کشورهای هم چون مصر، اتیوپی، پاکستان و هندوراس قرار می گیرد [۵۷].

رشد پیش بینی شده برای سال ۲۰۱۴ از سوی شورای انرژی باد جهانی، رقم بی سابقه ۳۴ درصد است که باعث خواهد شد

ظرفیت تجمعی نصب شده در دنیا با رشد ۱۴/۹ درصدی، افزایش ۴۷ گیگاواتی را در این سال تجربه کند [۵۵].

GLOBAL INSTALLED WIND POWER CAPACITY (MW) – REGIONAL DISTRIBUTION				
		End 2012	New 2013	Total (End of 2013)
AFRICA & MIDDLE EAST				
	Ethiopia	81	90	171
	Egypt	550	-	550
	Morocco	291	-	291
	Tunisia	104	-	104
	Iran	91	-	91
	Cape Verde	24	-	24
	Other ⁽¹⁾	24	-	24
	Total	1,165	90	1,255
ASIA				
	PR China	75,324	16,088	91,412
	India	18,421	1,729	20,150
	Japan	2,614	50	2,661
	Taiwan	571	43	614
	South Korea	483	79	561
	Thailand	112	111	223
	Pakistan	56	50	106
	Sri Lanka	63	-	63
	Mongolia	-	50	50
	Other ⁽²⁾	71	16	87
	Total	97,715	18,216	115,927
EUROPE				
	Germany	31,270	3,238	34,250
	Spain	22,784	175	22,959
	UK	8,649	1,883	10,531
	Italy	8,118	444	8,552
	France	7,623	631	8,254
	Denmark	4,162	657	4,772
	Portugal	4,529	196	4,724
	Sweden	3,746	724	4,470
	Poland	2,496	894	3,390
	Turkey	2,312	646	2,959
	Netherlands	2,391	303	2,693
	Romania	1,905	695	2,600
	Ireland	1,749	288	2,037
	Greece	1,749	116	1,865
	Austria	1,378	308	1,684
	Rest of Europe ⁽³⁾	4,956	832	5,737
	Total Europe	109,817	12,031	121,474
	of which EU-28 ⁽⁴⁾	106,454	11,159	117,289
LATIN AMERICA & CARIBBEAN				
	*Brazil	2,508	953	3,461
	Chile	205	130	335
	Argentina	142	76	218
	Costa Rica	148	-	148
	Nicaragua	146	-	146
	Honduras	102	-	102
	Dominican Republic	33	52	85
	Uruguay	56	4	59
	Caribbean ⁽⁵⁾	136	-	136
	Others ⁽⁶⁾	54	20	74
	Total	3,530	1,235	4,764
NORTH AMERICA				
	USA	60,007	1,084	61,091
	Canada	6,204	1,599	7,803
	Mexico	1,537	380	1,917
	Total	67,748	3,063	70,811
PACIFIC REGION				
	Australia	2,584	655	3,239
	New Zealand	623	-	623
	Pacific Islands	12	-	12
	Total	3,219	655	3,874
	World total	283,194	35,289	318,105

Source: GWEC

1 Israel, Jordan, Kenya, Libya, Nigeria, South Africa
 2 Bangladesh, Philippines, Vietnam
 3 Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Estonia, Finland, Faroe Islands, FYROM, Hungary, Iceland, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Malta, Norway, Romania, Russia, Switzerland, Slovakia, Slovenia, Ukraine.
 4 Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Croatia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, UK
 5 Caribbean: Aruba, Bonaire, Curacao, Cuba, Dominica, Guadalupe, Jamaica, Martinique, Granada
 6 Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru, Venezuela

Note:
 * Projects fully commissioned, grid connections pending in some cases
 Project decommissioning of approximately 374 MW and rounding affect the final sums

شکل ۳-۴۱- ظرفیت نصب شده برق بادی در جهان به تفکیک کشورها تا پایان ۲۰۱۳ [۵۷]

سازمان‌ها و موسسات ملی و بین‌المللی فراوانی در جهان در زمینه انرژی بادی مشغول فعالیت هستند. برخی از آنها به جهت گزارش‌ها و فکت‌شیت‌های سالانه خود بسیار معروف هستند، بعضی دیگر به دلیل برگزاری کنفرانس‌ها و هم‌اندیشی‌های فنی سالانه به اشتهار رسیده‌اند و تعدادی دیگر هم تلاش می‌کنند کمک‌های فنی و سیاستی مناسبی را به کشورهای عضو برسانند و یا خطوط راهنمایی برای سیاست‌گذاری‌های کلان کشورها ارائه دهند؛ کشور ما هم در بعضی از این سازمان‌ها و کنوانسیون‌ها عضویت دارد که شرح آنها در جدول ۳-۵ آمده است.

جدول ۳-۶- نام موسسات بین‌المللی فعال در انرژی تجدیدپذیر و برق بادی و زمینه کاری آنها [۵۹]، [۶۰]، [۶۱]، [۶۲]،

[۶۳]، [۶۴]، [۵۰]

نام موسسه	سال تاسیس و مقر اصلی	ماموریت	فعالیت‌های جانبی
شورای انرژی تجدیدپذیر آمریکا American Council On Renewable Energy (ACORE)	۲۰۰۱ واشنگتن-ایالات متحده	ساختن یک آمریکای ایمن و آباد با انرژی پاک و تجدید پذیر	- برگزارکننده ۴ رویداد سالانه ملی - تولید محتوای آموزشی مثل فکت چک، مرور بازار و ...
انجمن انرژی بادی آمریکا American Wind Energy Association (AWEA)	۱۹۷۴ واشنگتن-ایالات متحده	می دانیم که برق بادی برای اقتصاد، محیط زیست و امنیت انرژی آمریکا مفید است. از این رو، ماموریت ما بهبود رشد برق بادی از طریق حمایت، ارتباطات و آموزش است.	- لابی با کنگره برای ترویج سیاست‌گذاری‌های مشوق سرمایه گذاری روی برق بادی. - برگزاری بزرگترین کنفرانس و نمایشگاه برق بادی WINDPOWER - تلاش برای تدوین استاندارد برج بادی
انجمن جهانی انرژی بادی World Wind Energy Association (WWEA)	۲۰۰۱ بُن آلمان-نزدیک	این انجمن یک انجمن غیرانتفاعی بین المللی با بیش از ۶۰ عضو در ۱۰۰ کشور جهان است که برای ترویج و به کارگیری	برگزاری سالانه کنفرانس WWEC در قاره‌های مختلف.

فعالیت‌های جانبی	ماموریت	سال تاسیس و مقر اصلی	نام موسسه
شرکت در مباحثات سیاست‌گذاری بین المللی به عنوان نماینده (صدای) برق باید و انرژی تجدید پذیر	فناوری انرژی بادی در جهان فعالیت می‌کند. -زمینه را برای ارتباطات بین همه کنشگران جهانی در این زمینه مهیا می‌کند -توصیه و تاثیراتی برای دولت‌های ملی و سازمان‌های بین المللی دارد -انتقال تکنولوژی بین المللی را بهبود می‌بخشد	محوطه سازمان ملل	
- برگزار کننده منظم کنفرانسها، نمایشگاهها، سمینارها و غیره. - برگزاری منظم رویداد سالانه EWEA برای بیش از ۲۵ سال. - ترتیب دادن روز جهانی برق بادی در ۱۵ ژوئن هر سال.		بروکسل	انجمن انرژی بادی اروپا European Wind Energy Association (EWEA)
- اخذ اختیار از اعضا برای یادآوری مزایای انرژی بادی به دولت‌های ملی، سیاست‌گذاران و نهادهای بین المللی - انجام تحقیق و تحلیل روی صنعت ۷۰ کشور عضو - کار با دولتها و دادن اطلاعات شفاف درباره مزایا و پتانسیلهای برق بادی	این شورا با هدف فراهم آوردن اندیشگانی مطمئن و نماینده کل بخش انرژی بادی در سطح بین المللی تاسیس شد و ماموریت آن حصول اطمینان از این امر است که انرژی بادی جایگاه خود را به عنوان پاسخی برای چالشهای امروزی انرژی، با ارائه مزایای مهم زیست محیطی و اقتصادی، محکم ساخته است.	۲۰۰۵ با عضویت ایران	شورای جهانی انرژی بادی Global Wind Energy Council (GWEC)

نام موسسه	سال تاسیس و مقر اصلی	ماموریت	فعالیت‌های جانبی
			- حمایت از همکاری بین سیاستگذاران کشورهای مختلف
آژانس بین‌المللی انرژی International Energy Agency (IEA)	۱۹۷۴ پاریس	در پاسخ به بحران نفتی ۱۹۷۳/۴ و با عضویت کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) تشکیل شد و دارای چهار حوزه تمرکز امنیت انرژی، توسعه اقتصادی، آگاهی زیست محیطی و تعهدات بین‌المللی (همکاری نزدیک با کشورهای غیرعضو) است.	- مشاوره سیاستگذاری به کشورهای عضو و همکاری با کشورهای غیرعضو همچون چین، هند و روسیه - دارای نقش موثر در ترویج منابع انرژی جایگزین، سیاست‌های منطقی انرژی و همکاری‌های چندملیتی در زمینه تکنولوژی انرژی
چارچوب کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییرات اقلیمی United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)	امضا شده در ۱۹۹۲ نیویورک تاریخ عضویت ایران: ۱۹۹۶ (۱۳۷۵) آیین نامه اجرایی مصوب هیات وزیران: ۱۳۹۱	هدف نهایی این کنوانسیون و هر گونه اسناد حقوقی مربوطه که ممکن است توسط کنفرانس اعضاء مورد تصویب قرار گیرد، دستیابی به ثبات در تراکم گاز گلخانه‌ای در اتمسفر مطابق مفاد مربوطه کنوانسیون در سطحی است که از تداخل خطرناک فعالیت‌های بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری نماید. این سطح می‌بایست در آنچنان چهارچوب زمانی حاصل گردد که اکوسیستم‌ها بتوانند به صورت طبیعی با تغییرات آب و هوایی تطابق یابند و اطمینان حاصل شود که تولید مواد غذایی با تهدید روبرو نبوده و توسعه اقتصادی بتواند به صورتی پایدار ادامه یابد.	

فعالیت‌های جانبی	ماموریت	سال تاسیس و مقر اصلی	نام موسسه
<ul style="list-style-type: none"> - ایرنا تنها سازمانی است که متعهد به ترویج صد در صدی انرژی‌های تجدیدپذیر در سرتاسر جهان است. - برگزار کننده چندین رویداد با هدف گردهم آوری اعضا - انتشار گزارش‌های بین المللی و ملی، مقالات، بروشورها و فصلنامه 	ایرنا، به عنوان نماینده (صدای) جهانی انرژی تجدیدپذیر، با ارائه توصیه‌های عملی و حمایتی- چه برای کشورهای صنعتی و چه در حال توسعه- چارچوب‌های قانونگذاری آنها را در این زمینه تقویت کرده و به ساخت ظرفیت کمک می‌کند.	۲۰۱۰ امارات- ابوظبی با عضویت ایران	آژانس بین المللی انرژی تجدیدپذیر International Renewable Energy Agency (IRENA)

۳-۵-۲-۵- سناریوهای برق بادی در جهان

چنانکه پیش‌تر گفته شد، سناریوسازی یکی از روش‌های معمول و مقبول در حوزه آینده‌پژوهی انرژی است. به همین دلیل موسسات و مراکز تحقیقات فراوانی از این روش در گزارش‌های خود بهره جسته‌اند. آنها بر اساس تحلیل‌های خود از تغییرات فناوری و محیط آن، سناریوهای مختلفی برای صنعت نگاشته و بر اساس آن برای میزان تولید برق بادی در سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده‌اند؛ از پیش‌بینی محافظه کارانه ۲۵۰۰ تراوات‌ساعت در سال (مربوط به شرکت نفتی اکسون موبیل و اداره انرژی ایالات متحده) تا پیش‌بینی خوشبینانه ۱۴۰۰۰ تراوات‌ساعت در سال. جدول زیر، پیش‌بینی‌هایی را نشان می‌دهد که توسط این موسسات برای آینده انرژی بادی جهان نگارش شده است (به ترتیب از بالا به پایین محافظه کارانه تر است).

جدول ۳-۷- پیش‌بینی‌های انجام شده در زمینه صنعت بادی توسط موسسات گوناگون

نام موسسه و سال انجام مطالعه	سناریوها و پیش‌بینی‌های اصلی آن
۲۰۱۲ GreenPeace	سناریوی انقلاب انرژی صلح سبز: هدف رسیدن به انرژی ۱۰۰ درصد تجدیدپذیر تا ۲۰۵۰ الزام شدید سیاسی و همکاری‌های بین‌المللی برای نگهداشتن متوسط افزایش

نام موسسه و سال انجام مطالعه

سناریوها و پیش‌بینی‌های اصلی آن

دمای جهان زیر ۲ درجه و قیمت کربن تا حد ۷۵ دلار به ازای هر تن خودروهای هیبریدی/الکتریکی تا سال ۲۰۵۰ مسلط شده و انرژی هسته‌ای از دور خارج می‌شود

شورای جهانی انرژی بادی
۲۰۱۳ (GWEC)

سناریوی پیشرفته بادی در چشم‌انداز انرژی بادی جهانی تقاضای انرژی بر اساس چشم‌انداز آژانس بین‌المللی انرژی از ۱۵۰۰۰ تراوات ساعت در سال ۲۰۰۵ به ۲۹۰۰۰ تراوات ساعت در سال ۲۰۳۰ می‌رسد رسیدن به اهداف فعلی در انرژی تجدیدپذیر و کاهش دی‌اکسید کربن جاه‌طلبانه‌ترین دیدگاه نسبت به توسعه همه پتانسیل‌های تولید توربین بادی

سناریوی نقشه مجدد از برقی شدن (E-Case)

دوبرابردن سهم انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۳۰ افزایش تقاضای مصرف‌کننده نهایی به برق با توجه به برقی شدن خیلی از وسایل و پاسخگوی عمده این تقاضا برق بادی است ظرفیت بادی تا سال ۲۰۳۰ به ۲۰۵۰ گیگاوات و با مجموع تولید ۵۶۰۰ تراوات ساعت می‌رسد (با سناریوی برقی شدن کمتر) این عدد برای برق بادی ۱۶۰۰ گیگاوات خواهد بود

آژانس بین‌المللی انرژی‌های
تجدیدپذیر (ایرنا) ۲۰۱۴

سناریوی ۱۰۰٪ تجدیدپذیر

هدف رسیدن به ۱۰۰٪ انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۵۰ مصرف نهایی انرژی تا ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد و سپس تا ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد و از مصرف سال ۲۰۱۰ هم کمتر می‌شود برقی شدن در صنایع مختلف اتفاق می‌افتد؛ و سهم انرژی تجدیدپذیر در این میان از ۸ درصد سال ۲۰۱۰ به ۷۹ درصد تا ۲۰۵۰ می‌رسد؛ ساختمان‌های جدید تا سال ۲۰۳۰ مصرف انرژی‌شان نزدیک به صفر خواهد بود و در صنعت حمل و نقل هم یک شیفت از سمت سوخت به سمت برقی انجام خواهد شد.

بنیاد جهانی حیات وحش
۲۰۱۱ (WWF)

سناریوی مخلوط ۴۵۰ppm از ارزیابی انرژی جهانی

تحلیل سناریوی پایین به بالا، رسیدن به اهداف اجتماعی و زیست محیطی مثل نگهداشت متوسط افزایش دمای جهانی تا حد ۲ درجه، افزایش امنیت انرژی از طریق متنوع سازی تامین انرژی تجدیدپذیرها حدود ۷۵ درصد انرژی اولیه جهانی را تا ۲۰۵۰ تامین می‌کنند استراتژی مخلوط انرژی با تاکید بر تنوع منطقه‌ای در سطح متوسط، همراه با فناوری‌ای پیشرفته حمل و نقل

موسسه بین‌المللی تحلیل
سیستم‌های کاربردی (IIASA)
۲۰۱۲

نام موسسه و سال انجام مطالعه	سناریوها و پیش‌بینی‌های اصلی آن
آژانس بین‌المللی انرژی ۲۰۱۲	سناریوی ۲ درجه با رویکرد فناوری انرژی تحلیل سناریوی پایین به بالا با به کارگیری سیستم‌های کم کربن، تا ۸۰ درصد شانس نگهداشتن متوسط افزایش دمای جهانی تا ۲ درجه وجود دارد تقاضای انرژی تا ۳۷ درصد در فاصله ۲۰۰۹ تا ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد (این روند افزایشی در سناریوهای ۲۰۱۴ کاهش ارزیابی شد) نفت به تدریج با سه سوخت بدیل، جایگزین می‌شود: برق، هیدروژن و سوخت زیستی
آژانس بین‌المللی انرژی ۲۰۱۳	سناریوی ۴۵۰ppm دی‌اکسیدکربن بر اساس مدل انرژی جهانی IEA که دینامیک بازارهای انرژی را با استفاده از داده‌های تاریخیچه اقتصادی و متغیرهای انرژی تحلیل می‌کند انرژی اولیه جهانی تا ۳۵ درصد بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۵ افزایش می‌یابد (این روند در تصحیح ۲۰۱۴ کاهش ارزیابی شد) ۸۰ درصد شانس رسیدن به متوسط افزایش دمای ۲ درجه‌ای
اکسون موبیل ۲۰۱۴	چشم‌انداز انرژی جهانی تحلیل سناریوها با داده‌های شرکت در تقاضا و تامین انرژی، و روند آنها تا ۲۰۴۰ به همراه منابع بیرونی شامل IEA انجام شده تقاضای جهانی انرژی با افزایش ۳۵ درصدی از ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰ پیش بینی شده شدت انرژی تا ۴۵ درصد کاهش می‌یابد؛ شهم سوخت‌های فسیلی در تقاضای جهانی نزدیک به ۷۸ درصد باقی می‌ماند
اداره انرژی آمریکا DOE ۲۰۱۳	سناریوی کلان و شدید از چشم‌انداز بین‌المللی انرژی نگاشت‌ها مطابق آژانس بین‌المللی انرژی رشد بالای اقتصاد کلان جهانی: سالیانه به طور متوسط ۳/۴ درصد از ۲۰۰۸ تا ۲۰۳۵ مصرف انرژی جهانی از ۲۰۰۸ تا ۲۰۳۵ افزایش ۵۳ درصدی خواهد داشت شدت انرژی تا زیر ۴۰ درصد نسبت به سطح سال ۲۰۰۸ کاهش می‌یابد، قیمت نفت در سال ۲۰۳۵ حدود ۱۲۵ دلار به ازای هر بشکه خواهد بود تولید برق تا ۸۴ درصد افزایش می‌یابد

۳-۵-۲-۶- شناسایی آینده‌های محتمل فناوری بادی

با مرور ویژگی‌های تغییرات فنی در فناوری توربین بادی، در می‌یابیم که همه این تغییرات و در واقع پیشران‌های فناوری در حوزه توربین بادی را می‌توان در سه دسته زیر، طبقه‌بندی کرد:

- بالا بردن اندازه توربین‌ها

- بهبود کارایی

- نسل‌های جدید فناوری

بر این اساس انواع نوآوری در صنعت می‌تواند در یکی از این سه دسته قرار گیرد:

- نوآوری در بهبود یک ماشین در یک نسل و اندازه خاص

- نوآوری در افزایش اندازه در یک پلتفرم (در یک نسل خاص)

- معرفی یک پلتفرم (نسل جدید)

بر این اساس، و فقط در حوزه آینده‌نگاری فناوری، می‌توان سناریوهایی را برای صنعت برق بادی ساخت تا در سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌ها لحاظ شود.

۳-۵-۲-۶-۱- فناوری‌های در حال ظهور در بخش ارزیابی ویژگی‌های باد

نقشه راه فناوری سال ۲۰۱۳ آژانس بین‌المللی انرژی، پروژه‌های در حال انجام و فناوری‌های در حال ظهور در بخش ارزیابی ویژگی‌های باد را در سه بخش ارزیابی منابع و چینش، ارزیابی شرایط برای بهبود طراحی توربین، و بهبود دقت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت مطابق جدول ۳-۸ اعلام کرد [۲۵].

جدول ۳-۸- پروژه‌های در حال انجام و فناوری‌های در حال ظهور در بخش ارزیابی ویژگی‌های باد

قالب زمانی	ارزیابی منابع و چینش
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۱۵	۱. اطلس باد بین‌المللی؛ توسعه پایگاه‌های داده با دسترسی عمومی برای منابع بادی زمینی و فراساحلی و شرایط آنها
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۱۵	۲. تکنیک‌های سنجش از راه دور؛ فناوری و تکنیک‌های سنجش با تفکیک فضایی بالا برای استفاده در کارهای با دقت بالا و چینش نیروگاه‌های بادی
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰	۳. بهینه‌سازی چینش توربین‌ها در نیروگاه بادی؛ توسعه ابزارهایی مبتنی بر جدیدترین روش‌ها، تصفیه و تنظیم استانداردها برای تکنیک‌های مدلسازی منابع و چینش توربین‌ها

قالب زمانی	ارزیابی منابع و چپنش
تکمیل تا ۲۰۲۵	(میکروسایتینگ) ۴. کمپین‌های اندازه‌گیری و بهبود مدل برای جریان‌های پیچیده چند مقیاسی؛ پیشرفت در فهم زمین پیچیده، شرایط فراساحلی و آب‌وهوای یخبندان؛ توسعه مدل‌های جامع پیوند با اقلیم شناسی در مقیاس بزرگ؛ فرآیندهای آب‌وهواشناسی مقیاس متوسط، تاثیرات در مقیاس خرد زمین و چپنش مزرعه بادی
قالب زمانی تکمیل تا ۲۰۲۰	ارزیابی شرایط برای بهبود طراحی توربین ۵. کمپین‌های اندازه‌گیری و بهبود مدل روتور توربین در جریان باد؛ آزمایش برای جفت کردن شرایط بارگذاری پره با روتور در جریان باد، شامل دینامیک محاسباتی سیالات و اثرات مسیر
تکمیل تا ۲۰۲۵	۶. طراحی با شرایط محیطی دریایی؛ طراحی و توسعه موردی برای هم‌افزایی پیچیده باد، موج، آشفتگی و جریان؛ شامل شرایط شدید مثل گردبادها و یخبندان
قالب زمانی تکمیل تا ۲۰۲۰. در حال گرفتن داده‌های ورودی از نیروگاه‌های بادی	بهبود دقت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت ۷. پیش‌بینی باد؛ پیش‌بینی‌های هواشناسانه باد، با حلقه بازخورد از داده‌های آنلاین نیروگاه برای پیش‌بینی آب‌وهوا
تکمیل تا ۲۰۲۰	۸. پیش‌بینی تولید برق؛ برای استفاده در عملیات سیستم قدرت، با پیش‌بینی های طوفان و یخبندان

۳-۵-۲-۶-۲- فناوری‌های در حال ظهور در بخش طراحی سیستم، اجزای پیشرفته و قابلیت اطمینان

سند نقشه راه فناوری انرژی بادی ۲۰۱۳ از آژانس بین‌المللی انرژی، تلاش‌های در حال انجام در جهان برای توسعه فناوری توربین بادی را سه بخش طراحی سیستم، اجزای پیشرفته و قابلیت اطمینان O&M و آزمایش، به همراه قالب زمانی آنها مطابق جدول ۳-۹ دسته بندی کرده است.

جدول ۳-۹- فعالیت‌های مختلف تحقیق و توسعه در سه بخش فناورانه در توربین بادی [۲۵]

قالب زمانی	طراحی سیستم
در حال انجام- نمونه‌های اولیه تجاری تا سال ۲۰۱۵	۱۴. توربین‌های بادی برای کار در شرایط متنوع؛ طراحی ویژه برای اقلیم سرد و یخبندان، گردباد استوایی و شرایط با باد کم
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰	۱۵. مهندسی سیستم: ارائه یک رویکرد جامع به بهینه سازی طراحی نیروگاه‌های بادی از هر دو دیدگاه عملکردی و هزینه بهینه
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰	۱۶. طراحی توربین بادی و اجزاء: بهبود مدل‌ها و ابزارها برای در نظر گرفتن جزئیات بیشتر و بهبود دقت
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۵	۱۷. افزایش اندازه توربین بادی: طراحی توربین‌ها در طیف ۱۰ تا ۲۰ مگاوات جهت استفاده طراحی‌های اجزاء پیشرفته و کاربری‌های فراساحلی
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۵	۱۸. نیروگاه‌های شناور فراساحلی بادی: ابزارهای طراحی عددی و طراحی‌های جدید باری فراساحلی‌های عمیق اجزای پیشرفته
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۵	۱۹. روتور پیشرفته: مواد هوشمند و قوی تر، مواد سبک تر برای ساخت روتورهای بزرگتر؛ مدل‌های پیشرفته ایرودینامیک، معماری‌های جدید در روتور و المان‌های فعال پره
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۵	۲۰. سیستم پیشران و الکترونیک قدرت: طراحی‌های پیشرفته ژنراتور؛ مواد جایگزین برای آهنربای خاکهای کمیاب ^{۱۲۷} و الکترونیک قدرت؛ بهبود حمایت از شبکه از طریق الکترونیک قدرت؛ بهبود در قابلیت اطمینان گیربکس‌ها
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۵	۲۱. سازه‌های حمایتی: مواد جدید برای ساخت برج، فونداسیون‌های جدید برای اعماق آبها و سازه‌های شناور
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۵	۲۲. کنترل توربین بادی و مزرعه بادی: برای کاهش بار و خسرات ایرودینامیکی
قالب زمانی	قابلیت اطمینان O&M و انجام آزمایش
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۱۵	۲۳. مدیریت داده‌های عملیاتی: توسعه فرآیندهای استانداردها و خودکار مدیریت داده‌های نیروگاه بادی؛ ساخت پایگاه داده مشترک از تجارب عملیاتی فراساحلی
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۱۵	۲۴. روش‌های تشخیصی و نگهداری بازدارنده: توسعه نظارت بر شرایط، ابزارهای نگهداری پیش‌بینی کننده و انجام نگهداری در عمل، به خصوص در بخش فراساحلی
در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰	۲۵. امکانات و روش‌های آزمایش کردن: توسعه روش‌های آزمایش پیشرفته و

قالب زمانی

طراحی سیستم

در حال انجام- تکمیل تا ۲۰۲۰
الی ۲۰۲۵

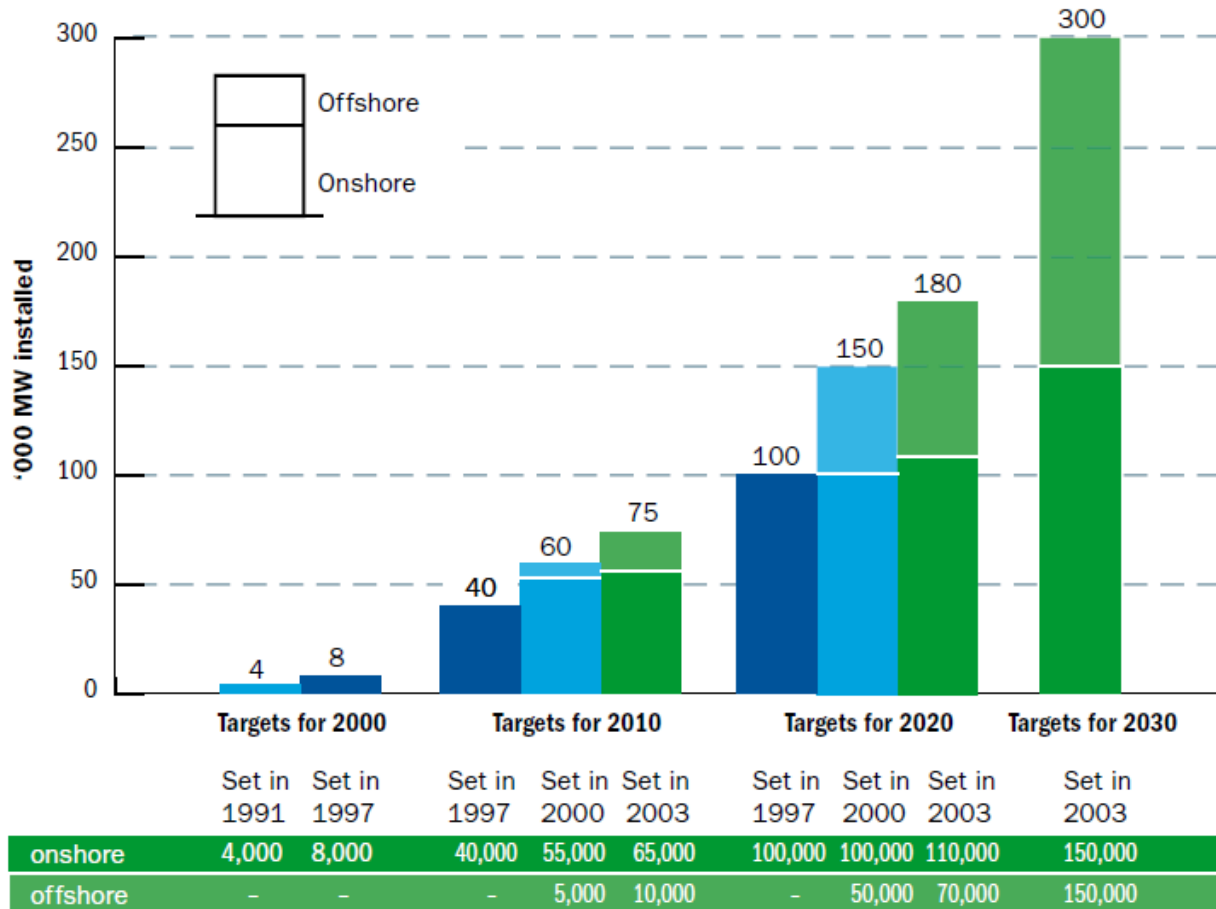
ساخت امکاناتی برای آزمایش اجزای بزرگ
۲۶. افزایش قابلیت دسترسی فنی: هدفگذاری برای توربین‌های فراساحلی برای
رسیدن به بهترین رقم حال حاضر در صنعت یعنی ۹۵٪؛ با حداقل الزامات
O&M در مناطق دور دست

۳-۵-۲-۶-۳- آینده فناوری فراساحلی

بر اساس اعلام شورای جهانی انرژی بادی (GWEC)، انرژی برق بادی فراساحلی می‌تواند تا هفت برابر نیاز اروپا به انرژی و تا چهار برابر نیاز ایالات متحده به انرژی را تامین کند. در حال حاضر، ۹۰ درصد ظرفیت نصب شده فراساحلی جهان در اروپای شمالی، دریای شمال، دریای ایرلند، کانال انگلیس و بالتیک قرار دارد.

برق بادی فراساحلی، به نسبت یک فناوری جدید به شمار می‌آید، بنابراین پیش‌بینی می‌شود هزینه‌های آن در آینده کمتر شده و فناوری آن پیشرفته‌تر شود، تا بدین ترتیب این نوع از انرژی کارآمدتر و رقابت‌پذیرتر شود. با این حال فناوری موجود هم در سرتاسر جهان، با استقبال بسیاری از دولت‌ها در برنامه‌ریزی‌های انرژی‌شان مواجه شده است.

بحث فراساحلی، یک جزء اساسی در هدفگذاری ۲۰ درصدی اروپا در سهم انرژی تجدیدپذیر از انرژی مصرفی کل این قاره است؛ به طوری که آژانس اروپایی انرژی بادی^{۱۲۸}، هدفگذاری برابری را برای انرژی تولیدی در دو بخش ساحلی و فراساحلی در سال ۲۰۳۰ قرار داده است.



شکل ۳-۴۲- هدفگذاری آژانس اروپایی انرژی بادی در دو بخش ساحلی و فراساحلی [۳۰]

چین هم هدف ۳۰ گیگاواتی را برای بخش فراساحلی خود تا سال ۲۰۲۰ نشانه رفته است. ایالات متحده منابع بادی فراساحلی بسیار عالی دارد و پروژه‌هایی هم در این کشور در حال اجراست، هرچند آن طور که شورای جهانی انرژی بادی اعلام کرده ایالات متحده آمریکا، ظرفیت نصب‌شده‌ای در این بخش ندارد، با این حال می‌توان تصور کرد با ورود و فعالیت کشورهای بزرگ و قدرتمند در بخش فراساحلی، چه آینده درخشانی در پیش روی این بخش قرار می‌گیرد. همچنین، قرار گرفتن اکثر شهرهای بزرگ و پرجمعیت جهان در حاشیه دریاها و اقیانوس‌ها، بر این احتمال می‌افزاید.

به‌علاوه، یکی از موانع همیشگی مزارع بادی ساحلی که در نوع فراساحلی مرتفع می‌شود، بحث اخذ موافقت برای تاسیس مزارع بادی در نواحی با سرعت متوسط بالای باد و نزدیک به محل تقاضا است. در نیروگاه‌های فراساحلی، این امکان فراهم شده که با حفظ حقوق زیست محیطی، توربین‌های بادی بزرگ و متعدد در دل دریاها، که سرعت متوسط باد بسیار بالا است، نصب

شود؛ امکانی که سبب شده هرچند هزینه نصب توربین‌های فراساحلی، دو برابر نوع ساحلی بوده، اما آینده و چشم‌انداز آتی آن درخشان قلمداد شود. مثلاً، پیش‌بینی می‌شود نصب توربین‌های فراساحلی، به دلیل سرعت باد بالاتر و باثبات‌تر دریاها، خروجی انرژی حدود ۵۰ درصد بیشتر از انواع ساحلی خود داشته باشند [۶۵].

اداره انرژی ایالات متحده^{۱۲۹}، انتظار دارد هزینه الکتریسیته تولیدی توسط توربین‌های فراساحلی تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰ درصد کاهش یابد. بخش دارایی‌های پادشاهی بریتانیا^{۱۳۰} پیش‌بینی مشابهی را برای پروژه‌های برق بادی تا سال ۲۰۲۰ داشته است. بر این اساس، کاهش هزینه‌ها بیشتر از حوزه‌هایی همچون رقابت، نصب، و تغییر در توربین‌ها (با ۱۷ درصد صرفه جویی) رخ خواهد داد. همچنین، از محل افزایش حدود ۹ درصدی توان نامی، هزینه سرمایه‌ای از کاهش ۴ تا ۵ درصدی برخوردار خواهد شد، هزینه‌های عملیاتی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش خواهد یافت، و تولید انرژی سالانه تا ۵ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. در بریتانیا که بخش دولتی، مالکیت همه سایت‌های فراساحلی را دارد، نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر این کشور، شکست قیمت برق بادی به ۱۰۰ پوند به ازای هر مگاوات‌ساعت (برای ۱۵۰ دلار آمریکا) و ظرفیت ۱۸ گیگاواتی در آب‌های آن تا سال ۲۰۲۰ هدفگذاری شده است. برای رسیدن به این هدف، همه بخش‌های زنجیره تامین باید نقش خود را در ساخت صنعت ایفا کنند تا نوآوری‌ها قیمت را به پایین سوق دهند؛ هفت حوزه شناخته شده برای شکوفایی صنعت فراساحلی بریتانیا به این قرار است:

- معرفی توربین‌های بزرگتر با قابلیت اطمینان و جذب انرژی بالاتر و هزینه‌های عملیاتی کمتر؛
- رقابت بیشتر در بازار تامین (مانند توربین، فونداسیون و نصب) که در آن شرکت‌هایی از داخل، اروپا و شرق آسیا حضور داشته باشند.
- فعالیت بیشتر در پروژه‌های نزدیک به نوآوری؛
- صرفه به مقیاس و استانداردسازی
- بهینه‌سازی و روش‌های نصب
- تولد انبوه، فونداسیون استاندارد در آب‌های عمیق
- هزینه سرمایه‌ای پایین‌تر با کاهش ریسک در بخش‌های ساخت، و بهره‌برداری و نگهداری

بر این اساس، این نتیجه حاصل شد که کاهش هزینه‌ها نیازمند یک بازار بزرگتر است، قابلیت پیش‌بینی و دوام بازار نیازمند رسیدن به حداکثر نتایج است. توسعه‌دهندگان مزارع بادی و تامین‌کنندگان باید با هم کار کنند، تا هزینه‌های پیوسته (بدون حضور واسطه) حاصل شده و ریسک کاهش یابد. مدیریت پیوسته پروژه‌ها، به جای پروژه به پروژه کار کردن، عامل دیگری است که منجر به کاهش هزینه‌ها خواهد شد [۲۵].

۳-۵-۲-۷- نسل آینده توربین‌های بادی

تا کنون، مفاهیمی برای جایگزینی توربین‌های محور افقی دو یا سه پره، از نقطه نظر مقرون به صرفه بودن و قابلیت اطمینان فنی، کم آورده اند. اما ممکن است این چنین مفاهیمی در آینده دور، گزینه‌های عملی به شمار آیند.

تحقیقات آتی، محتملا گزینه‌های انقلابی تری را شامل می‌شود. گزینه‌هایی همچون توربین‌های بادی هوابرد^{۱۳۱}، کایت‌هایی که انرژی مکانیکی را به ژنراتورهای زمینی منتقل می‌کنند و یا ماشین‌های کاملا پرنده، شبیه چرخنده‌های خودکار مهار شده‌ای که با روتورهایشان هم تولید برق می‌کنند و هم از زمین بلند می‌شوند.

گوگل اخیرا شرکت نوپایی^{۱۳۲} را به نام مکانی^{۱۳۳} خریداری کرد که منحصرا روی توسعه چنین دستگاه‌هایی کار می‌کند. بادهای در ارتفاع بالا به عنوان بادهای بسیار خوب و منابع باثبات بادی شناخته می‌شوند که معمولا توسط خلبانان برای صرفه‌جویی در زمان و سوخت استفاده می‌شوند. پتانسیل این نوع بادها بسیار قابل توجه بوده، اما برخی دانشمندان پتانسیل آنها را برای نگرانی‌های زیست‌محیطی از تولید الکتریسیته بالاتر می‌دانند.

در حالی که فناوری‌ها برای تولید برق از امواج ساحلی در حال توسعه است، استفاده از بادها برای حمل‌ونقل دریایی بعد از قرن‌ها خدمت به نوع بشر، (به جز در موارد تفریحی) کمتر دیده می‌شود. دسته‌ای از فناوری‌های جدید و مدرن (مثل بادبان‌ها و کایت‌های خودکار) می‌توانند در سوخت مصرفی در حمل‌ونقل دریایی، چه از طریق انرژی مکانیکی مستقیم، و چه با تولید برق، صرفه‌جویی کنند.

در آینده، ممکن است ترکیب‌های نوآورانه از انرژی‌های تجدیدپذیر و گزینه‌های جدید برای نحوه ذخیره آن، مقرون به صرفه بودن خود را ثابت کنند. در حال حاضر علاقمندی شدیدی برای جزایر انرژی که پیشنهاد هلند بوده و ترکیبی از برق بادی،

پمپ ذخیره و برق امواج به طور بالقوه است، به وجود آمده است. گزینه‌های دیگری هم برای سیستم‌های مجزای ذخیره زیردریایی برای توربین‌های فراساحلی وجود دارد [۲۵].

در زیر به سه نمونه از تکنولوژی‌های در حال پیشرفت در آمریکا اشاره شده است [۶۶]:

۳-۵-۲-۷-۱- توربین بادی Makani Airborne

این توربین که در کمپانی Makani power در دست ساخت است (شکل ۳-۴۱)، یک توربین بادی پرنده است که با وزنی ۹۰٪ کمتر از توربین‌های بادی سنتی می‌تواند از بادهایی که در ارتفاع ۱۰۰۰ پایی سطح زمین می‌وزند بهره‌گیرد؛ این بدان معناست که با استفاده از این توربین ۸۵٪ آمریکا پتانسیل لازم برای برق بادی را خواهد داشت. این توربین همچنین می‌تواند به صورت فراساحلی مورد استفاده قرار گیرد که به بهره‌گیری از منبع انرژی معادل ۴ برابر انرژی برق کل آمریکا خواهد انجامید.



شکل ۳-۴۳- Makani Airborne wind turbine

۳-۵-۲-۷-۲- توربین بادی Altaeros Airborne

این توربین از یک پوسته بادکنک مانند بادشونده با گاز هلیوم برای صعود به ارتفاعات بالا و دسترسی به بادهایی قویتر از آنچه در دسترس توربین های بادی سنتی است بهره می گیرد. کمپانی تولید کننده این توربین ادعا می کند که مهار بادهای ارتفاعات بالا به ۶۵٪ کاهش هزینه انرژی منجر خواهد شد و به خاطر طراحی منحصر به فرد این توربین زمان نصب از چند هفته به چند روز تقلیل خواهد یافت.



شکل ۳-۴۴ - Altaeros airborne wind turbine

۳-۵-۲-۷-۳- توربین بادی Windstalk

در هریک از این میله های میان تهی (شکل ۳-۴۵) مجموعه ای از دیسک های سرامیکی پیزوالکتریک وجود دارد و بین این دیسک ها، الکتروود قرار گرفته است. این الکتروودها با کابلهایی که از سر تا ته میله کشده شده به سایر الکتروودها متصل است؛ یکی از کابل ها الکتروودهای فرد و دیگری الکتروودهای زوج را به یکدیگر متصل می کند. وقتی باد این میله های منعطف را تکان می دهد، پیزوالکتریک ها تحت فشار قرار می گیرند و جریان الکتریسیته در الکتروودها تولید می شود.

شکل ۳-۴۵ - Windstalk wind turbine

مراجع

- [۱]. سند چشم انداز ۱۴۰۴. [۱].
- [۲]. سند راه انرژی باد کشور سال ۱۳۹۰. [۲].
- [۳] www.sun.org.ir.
- [۴] www.sari.um.ac.ir.
- [۵] www.tavanir.org.ir.
- [۶] www.sabanaroo.co.ir.
- [۷] China Wind Energy development roadmap, IEA, ۲۰۱۱.
- [۸] Wind energy roadmap Ireland, Sustainable energy authority of Ireland, ۲۰۱۱.
- [۹] Philippine wind energy roadmap, ۲۰۱۳.
- [۱۰] Roadmap to the deployment of offshore wind energy in the Central and Southern North Sea (۲۰۲۰ - ۲۰۳۰), International Energy Europe.
- [۱۱] The European Wind Initiative Wind Power Research and Development to ۲۰۲۰.
- [۱۲] PIER renewable energy technologies program research development and demonstration roadmap, California energy commission, ۲۰۰۷.
- [۱۳] A ۲۰-year industry plan for small wind turbine technology, American Wind Energy Association, ۲۰۰۲.
- [۱۴] Renewable Energy roadmap ۲۰۳۰, IRENA, January ۲۰۱۴.
- [۱۵] روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، وزارت نیرو، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲ [۱۵].
- [۱۶] <http://www.isi-web.org/component/content/article/۵-root/root/۸۱-developing>
- [۱۷] Wind energy future in Asia, ۲۰۱۲.

[۱۸] Dismukes John P., Miller Lawrence K. and Bers John A., (۲۰۰۹), The Industrial life cycle of wind energy electrical power generation ARI methodology modeling of life cycle dynamics, Technological Forecasting & Social Chanfe, ۷۶, ۱۷۸-۱۹۱.

[۱۹] information available at <https://www.boundless.com/management/textbooks/boundless-management-textbook/organizational-culture-and-innovation-۴/technology-and-innovation-۳۷/the-technology-life-cycle-۲۰۲-۳۴۸۶/>

[۲۰] European Wind Energy Association, WIND ENERGY - THE FACTS, (۲۰۰۹), PART ۱, Technology.

[۲۱] European Commission, Directorate-General for Energy. (۱۹۹۶), WIND ENERGY - THE FACTS, Vol ۱.

[۲۲] Lakshmi N. Sankar, Module ۵,۱: Wind Turbine Design Overview, Radius, and Airfoils, available at <http://www.ae.gatech.edu/>

[۲۳] information available at <http://www.windmeasurementinternational.com/wind-turbines/om-turbines.php>

[۲۴] REN۲۱, IRENA, Directorate of Energy & Climate Change, (۲۰۱۳), MENA Renewable Status Report.

[۲۵] International Energy Agency (IEA), (۲۰۱۳), Technology Roadmap; Wind Energy.

[۲۶] Information available at http://www.wwindea.org/technology/ch۰۱/en/۱_۵.html.

[۲۷] Information Available at <http://um.dk/en/news/newsdisplaypage/?newsid=۶۵d۰f۲e۱-۷۸۸۷-۴b۱۰-a۴۰۰-e۱۸۷۶ed۵۷e۲۵>

[۲۸] Information available at

[http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/۲۰۱۳/energy/wind-power/ew۲۰۱۳۰۳۰۲۳.htm&content\[\]=EW&content\[\]=WP](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/۲۰۱۳/energy/wind-power/ew۲۰۱۳۰۳۰۲۳.htm&content[]=EW&content[]=WP)

- [۲۹] Maegaard Preben, Krenz Anna and Wolfgang Palz, (۲۰۱۳), Wind Power for the World: International Reviews and Development
- [۳۰] Advisory Council of the European Wind Energy Technology Platform, (۲۰۰۶), Wind Energy: A Vision for Europe in ۲۰۳۰.
- [۳۱] Renewable Energy Policy Network for the ۲۱st Century (REN۲۱), (۲۰۱۴), RENEWABLES ۲۰۱۴ GLOBAL STATUS REPORT.
- [۳۲] Aude, J. S., & Kahn, H. J. (۱۹۸۶). A design rule database system to support technology. In ۲۳rd conference on adaptable applications design automation (pp. ۵۱۰-۵۱۶).
- [۳۳] Choudhury, P., & Fallah, M. H. (۲۰۰۹). A technology tree based VND model for identifying the top technologies in the US renewable energy industry. In IEEE international conference on industrial engineering and engineering management, ۲۰۰۹, IEEM ۲۰۰۹ (pp. ۲۱-۲۵).
- [۳۴] Durand, T. (۱۹۹۲). Dual technological trees: Assessing the intensity and strategic significance of technological change. *Research Policy*, ۲۱, ۳۶۱-۳۸۰.
- [۳۵] Guglielmi, M., Williams, E., Groepper, P., & Lascar, S. (۲۰۱۰). The technology management process at the European space agency. *Acta Astronautica*, ۶۶, ۸۸۳-۸۸۹.
- [۳۶] Visentin, G. (۲۰۰۸). The ESA A&R technology R&D plan ۲۰۰۷-۲۰۰۹: Serving European future missions. In ۹th International symposium on artificial intelligence: Robotics and automation in space.
- [۳۷] Yoon, B., Phaal, R., & Probert, D. (۲۰۰۸). Morphology analysis for technology roadmapping: Application of text mining. *R&D Management*, ۳۸, ۵۱-۶۸.
- [۳۸] Sungchul Choi, Hyunseok Park, Dongwoo Kang, Jae Yeol Lee, Kwangsoo Kim (۲۰۱۲). An SAO-based text mining approach to building a technology tree for technology planning, ۳۹, ۱۱۴۴۳-۱۱۴۵۵.

- [۳۹] Lee, S., Kang, S., Park, E., & Park, Y. (۲۰۰۸). Applying technology road-maps in project selection and planning. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, ۲۵, ۳۹-۵۱.
- [۴۰] Cascini, G., & Zini, M. (۲۰۰۸). Measuring patent similarity by comparing inventions functional trees. In G. Cascini (Ed.), *Computer-aided innovation (CAI)* (pp. ۳۱-۴۲). Boston: Springer.
- [۴۱] L.D. Willey. Design and Development of Megawatt Wind Turbines. In *Wind Power and Wind Turbine Design*. Ed. Wei Tong. WIT Press ۲۰۱۰. ISBN ۹۷۸-۱-۸۴۵۶۴-۲۰۵-۱.
- [۴۲] Denja Lekou; Scaling limits & costs regarding WT blades. UpWind report, September ۲۰۱۰.
- [۴۳] Wind Turbine Generator Model - SARI/Energy, Dr M S R Murty.
- [۴۴] Md Rabiul Islam, Youguang Guo, and Jianguo Zhu, Power converters for wind turbines: Current and future development.
- [۴۵] Ogata, K., ۱۹۹۰, *Modern Control Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- [۴۶] National Renewable Energy Laboratory. What is Wind Turbine Certification? Available at <http://wind.nrel.gov/cert_stds/Certification/certification/index.html>.
- [۴۷] آرش باباخانی فرشکار و مجید جمیل، ۱۳۹۰، تحلیل و بررسی توربین های بادی بدون گیربکس، نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید، تهران، هم اندیشان انرژی کیمیا، http://www.civilica.com/Paper-WINDCONF۰۱-WINDCONF۰۱_۰۰۱.html
- [۴۸] Scotland's Offshore Wind Route Map, ۲۰۰۹.
- [۴۹] P. Grbovic (۲۰۱۴), Energy storage technologies and devices [online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails>
- [۵۰] Information available at <http://www.iea.org/>.
- [۵۱] Kladelis John K and D.Zafirakis. (۲۰۱۱), The wind energy (r)evolution: A short review of a long history, *Renewable Energy*, ۳۶, ۱۸۸۷-۱۹۰۱.
- [۵۲] Navigant Consulting, (۲۰۱۴), A BTM Wind Report; World Market Update ۲۰۱۳
- [۵۳] Clean Energy Pipeline, (۲۰۱۳), The Future For Renewable Energy In The Mena Region.

[۵۴] The Oxford Institute for Energy Studies, (۲۰۱۴), A Roadmap for Renewable Energy in the Middle East and North Africa.

[۵۵] Global Wind Energy Council, (۲۰۱۴), Global Wind Energy Outlook/۲۰۱۴.

[۵۶] Navigant Research, (۲۰۱۴), A BTM Wind Report; World Market Update ۲۰۱۳.

[۵۷] Information available at <http://www.gwec.net/>.

[۲۰] Information available at www.cleantechnica.com.

[۵۹] Information available at <http://www.acore.org/>.

[۶۰] Information available at <http://www.ewea.org/>.

[۶۱] Information available at <http://www.awea.org/>.

[۶۲] Information available at <http://www.wwindea.org/>.

[۶۳] Information available at <http://www.irena.org/>.

[۶۴] اطلاعات موجود در وبسایت سازمان حفاظت از محیط زیست ج.ا.ا. <http://www.doe.ir>

[۶۵] International Renewable Energy Agency (IRENA), (۲۰۱۲), Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series; Wind Power.

[۶۶] information available at <http://www.treehugger.com/wind-technology/future-wind-power-9-cool-innovations.html>

[۶۷] Information available at <http://www.nrel.gov/about/>

فهرست مطالب

۱۶.....	فصل ۱- تدوین چشم انداز	۱-۱-۱
۱۷.....	مقدمه	۱-۱-۱
۱۸.....	مبانی نظری تدوین بیانیه چشم انداز	۱-۲-۱
۱۸.....	تعریف چشم انداز	۱-۲-۱
۱۹.....	ویژگی های چشم انداز	۱-۲-۱
۱۹.....	روش های تبیین بیانیه چشم انداز	۱-۲-۱
۲۰.....	روش برت نی نوس	۱-۳-۲-۱
۲۰.....	روش استوارت	۱-۳-۲-۱
۲۰.....	روش کیگلی	۱-۳-۲-۱
۲۱.....	انواع چشم اندازها	۱-۴-۲-۱
۲۱.....	چشم انداز کمی	۱-۴-۲-۱
۲۱.....	چشم انداز کیفی	۱-۴-۲-۱
۲۱.....	چشم انداز رتبه ای	۱-۴-۲-۱
۲۱.....	چشم انداز مقایسه ای	۱-۴-۲-۱
۲۲.....	ضرورت تبیین چشم انداز	۱-۵-۲-۱
۲۲.....	فرآیند تدوین چشم انداز	۱-۶-۲-۱
۲۴.....	نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی	۱-۶-۲-۱
	نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم اندازی توسعه فناوری های انرژی باد در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)	۱-۶-۲-۱
۳۷.....		
۴۲.....	تبیین چارچوب بیانیه چشم انداز	۱-۳-۱
۴۴.....	ابعاد بیانیه چشم انداز	۱-۴-۱

فصل ۲-۲	تدوین اهداف کلان و بلندمدت و تهیه ویرایش ۱ نقشه راه شامل حوزه های اصلی	۴۵.....
۱-۲-۱	مقدمه	۴۶.....
۲-۲-۲	مطالعات تطبیقی در باره اهداف کلان کشورها	۴۶.....
۱-۲-۲-۱	مروری بر جهت گیری های اصلی سند باد کشورهای نمونه	۴۶.....
۱-۱-۲-۲-۱	چین	۴۷.....
۲-۱-۲-۲-۲	اروپا	۵۸.....
۳-۱-۲-۲-۲	ایرلند	۶۲.....
۴-۱-۲-۲-۲	فیلیپین	۶۴.....
۳-۲-۳	نکات کلیدی استخراج شده	۶۷.....
۱-۳-۲-۳	نکات کلیدی مطالعات تطبیقی	۶۷.....
۲-۳-۲-۳	نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم انداز	۶۸.....
۴-۲-۳	تعیین حوزه های کاربردی مرتبط با انرژی باد	۶۸.....
۵-۲-۳	پیش نویس اولیه حوزه های کلان مرتبط با انرژی باد	۶۹.....
۱-۵-۲-۳	آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی	۷۰.....
۱-۱-۵-۲-۳	فرهنگ سازی سیاسی	۷۱.....
۲-۱-۵-۲-۳	فرهنگ سازی عمومی	۷۲.....
۳-۱-۵-۲-۳	پیوستن به حرکت جهانی	۷۳.....
۴-۱-۵-۲-۳	فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	۷۳.....
۵-۱-۵-۲-۳	توسعه صنعتی	۷۴.....
۲-۵-۲-۳	تکنولوژی توربین بادی	۷۶.....
۱-۲-۵-۲-۳	توربین و اجزا	۷۶.....
۲-۲-۵-۲-۳	ظرفیت توربین بادی	۸۰.....
۳-۲-۵-۲-۳	بهینه سازی تکنولوژی	۸۰.....

۸۱	حمل و نقل و نصب	۴-۲-۵-۲
۸۳	نگهداری و تعمیرات	۵-۲-۵-۲
۸۴	توربین‌های فراساحلی	۶-۲-۵-۲
۸۶	تست توربین بادی	۷-۲-۵-۲
۸۷	فرآوری برق	۸-۲-۵-۲
۸۸	بازیافت	۹-۲-۵-۲
۸۹	آماده سازی زیرساخت های فنی	۳-۵-۲
۸۹	پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی	۱-۳-۵-۲
۹۴	توسعه و بهبود شبکه برق کشور	۲-۳-۵-۲
۹۵	جمع بندی و ارائه اهداف بلندمدت	۶-۲
۹۸	تدوین اهداف میان مدت و تهیه ویرایش ۲ نقشه راه شامل حوزه های فرعی	۳
۹۹	مقدمه	۱-۳
۹۹	تعریف اهداف میان مدت فناوری باد بر اساس مستندات داخلی و خارجی	۲-۳
۱۰۲	حوزه های سند راه انرژی باد	۳-۳
۱۰۵	آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی	۱-۳-۳
۱۰۵	فرهنگ سازی سیاسی	۱-۱-۳-۳
۱۰۵	توجیه سیاست گذاران	۱-۱-۳-۳
۱۰۷	سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور	۲-۱-۳-۳
۱۰۷	فرهنگ سازی عمومی	۲-۱-۳-۳
۱۰۷	آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک	۱-۲-۱-۳-۳
۱۰۷	جهت دهی به سرمایه های خصوصی	۲-۲-۱-۳-۳
۱۰۸	پیوستن به حرکت جهانی	۳-۱-۳-۳

- ۱۰۹..... ۳-۳-۱-۳-۱-شناسایی تشکل های جهانی و پیوستن به آن ها
- ۱۱۶..... ۳-۳-۱-۳-۲-تعیین یک مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد
- ۱۱۶..... ۳-۳-۱-۴- فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست
- ۱۱۷..... ۳-۳-۱-۴-۱- ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی در کشور
- ۱۱۷..... ۳-۳-۱-۴-۲- بررسی آلودگی های صوتی و بصری
- ۱۲۰..... ۳-۳-۱-۵- توسعه صنعتی
- ۱۲۰..... ۳-۳-۱-۵-۱- بومی سازی توربین بادی
- ۱۲۱..... ۳-۳-۱-۵-۲- تربیت نیروی انسانی متخصص
- ۱۲۱..... ۳-۳-۱-۵-۳- طراحی شغل
- ۱۲۲..... ۳-۳-۲- تکنولوژی توربین بادی
- ۱۲۲..... ۳-۳-۲-۱- تکنولوژی توربین و اجزا
- ۱۲۳..... ۳-۳-۲-۱-۱- طراحی و شبیه سازی توربین
- ۱۲۴..... ۳-۳-۲-۱-۲- پره
- ۱۲۵..... ۳-۳-۲-۱-۳- گیربکس
- ۱۲۵..... ۳-۳-۲-۱-۴- ناسل و هاب
- ۱۲۶..... ۳-۳-۲-۱-۵- ژنراتور
- ۱۲۶..... ۳-۳-۲-۱-۶- کانورتر
- ۱۲۷..... ۳-۳-۲-۱-۷- سیستم کنترل
- ۱۲۷..... ۳-۳-۲-۱-۸- برج
- ۱۲۸..... ۳-۳-۲-۱-۹- توربین های بادی بدون گیربکس

۱۲۸.....	ظرفیت توربین بادی	۳-۳-۲-
۱۳۰.....	بهینه سازی تکنولوژی توربین بادی	۳-۳-۲-
۱۳۰.....	استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند	۳-۳-۲-۱-
۱۳۱.....	اصلاح ساختاری توربین	۳-۳-۲-۲-
۱۳۱.....	تکنولوژی حمل و نقل و نصب	۳-۳-۲-۴-
۱۳۱.....	تکنولوژی حمل و نقل	۳-۳-۲-۱-۴-
۱۳۱.....	فونداسیون ساحلی و فراساحلی	۳-۳-۲-۲-۴-
۱۳۲.....	اتوماسیون نصب	۳-۳-۲-۳-۴-
۱۳۲.....	تکنولوژی تعمیرات و نگهداری	۳-۳-۲-۵-
۱۳۲.....	اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت	۳-۳-۲-۱-۵-
۱۳۳.....	تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها	۳-۳-۲-۲-۵-
۱۳۳.....	تکنولوژی توربین های فراساحلی	۳-۳-۲-۶-
۱۳۳.....	پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی	۳-۳-۲-۱-۶-
۱۳۳.....	طراحی و ساخت توربین های فراساحلی	۳-۳-۲-۲-۶-
۱۳۴.....	ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی	۳-۳-۲-۳-۶-
۱۳۴.....	تست توربین بادی	۳-۳-۲-۷-
۱۳۵.....	ایجاد مرکز تست توربین بادی	۳-۳-۲-۱-۷-
۱۳۵.....	توسعه فنی ادوات تست توربین بادی	۳-۳-۲-۲-۷-
۱۳۵.....	تکنولوژی فرآوری برق	۳-۳-۲-۸-
۱۳۵.....	ذخیره سازی	۳-۳-۲-۱-۸-
۱۳۷.....	تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه	۳-۳-۲-۲-۸-

۱۳۸.....	تکنولوژی بازیافت و دورریز	۹-۲-۳-۳-
۱۳۹.....	آماده سازی زیرساخت های فنی	۳-۳-۳-
۱۳۹.....	پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی	۱-۳-۳-۳-
۱۳۹.....	تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه	۱-۱-۳-۳-۳-
۱۴۰.....	پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست	۲-۱-۳-۳-۳-
۱۴۰.....	استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد	۳-۱-۳-۳-۳-
۱۴۱.....	توسعه و بهبود شبکه برق کشور	۲-۳-۳-۳-
۱۴۱.....	آماده سازی شبکه انتقال و توزیع	۱-۲-۳-۳-۳-
۱۴۲.....	ایجاد بازار برق هوشمند	۲-۲-۳-۳-۳-
۱۴۴.....	کاهش قیمت برق بادی	۳-۲-۳-۳-۳-
۱۴۵.....	جمع بندی و نتیجه گیری	۴-۳-
۱۴۷.....	تدوین راهبردهای توسعه فناوری	۴-
۱۴۱.....	مقدمه	۱-۴-
۱۴۸.....	بررسی راهبردهای توسعه انرژی باد در کشورهای نمونه	۲-۴-
۱۴۸.....	مالزی	۱-۲-۴-
۱۴۲.....	چین	۲-۲-۴-
۱۵۴.....	فیلیپین	۳-۲-۴-
۱۵۶.....	هند	۴-۲-۴-
۱۵۸.....	ژاپن	۵-۲-۴-
۱۵۹.....	کره	۶-۲-۴-
۱۶۱.....	سریلانکا	۷-۲-۴-
۱۶۱.....	ویتنام	۸-۲-۴-

۱۶۳.....	بررسی موانع و راهکارهای اجرایی توسعه بهره‌برداری از انرژی باد در کشور	۳-۴
۱۸۳.....	جمع‌بندی و ارائه راهبردهای نهایی سند باد کشور	۴-۴
۱۸۵.....	تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری	فصل ۵-۵
۱۸۶.....	مقدمه	۱-۵
۱۸۶.....	بررسی سیاست‌های کلان توسعه انرژی باد در کشورهای نمونه	۲-۵
۱۸۶.....	چک	۱-۲-۵
۱۸۷.....	مصر	۲-۲-۵
۱۸۸.....	دانمارک	۳-۲-۵
۱۹۳.....	پرتغال	۴-۲-۵
۱۹۶.....	برزیل	۵-۲-۵
۲۰۱.....	آلمان	۶-۲-۵
۲۰۴.....	ایرلند	۷-۲-۵
۲۰۵.....	سیاست‌های کلان مذکور در سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران	۳-۵
۲۰۷.....	شکست بازار	۱-۳-۵
۲۰۷.....	شکست در تقاضای بازار	۱-۱-۳-۵
۲۰۷.....	کیفیت بازار	۴-۲-۳-۳-۳
۲۰۷.....	کمیت بازار	۵-۲-۳-۳-۳
۲۰۸.....	شکست در ساختار بازار	۲-۱-۳-۵
۲۰۸.....	قدرت بازار	۱-۲-۱-۳-۵
۲۰۸.....	موانع ورود	۲-۲-۱-۳-۵
۲۰۹.....	سیاست‌های بازار برق	۳-۱-۳-۵
۲۰۹.....	سیاست تعرفه‌گذاری	۱-۳-۱-۳-۳۵

۲۱۰.....	سیاست‌های بازار صنعت	۴-۱-۳-۵
۲۱۰.....	شکست‌های سیستمی	۲-۳-۵
۲۱۰.....	شکست کارکردی	۱-۲-۳-۵
۲۱۰.....	مشروعیت بخشی	۱-۱-۲-۳-۵
۲۱۱.....	شکست تامین و تسهیل منابع	۲-۲-۳-۵
۲۱۱.....	منابع مالی	۱-۲-۲-۳-۵
۲۱۳.....	منابع انسانی	۲-۲-۲-۳-۵
۲۱۳.....	تامین مواد و تجهیزات و ایجاد زیرساخت	۳-۲-۲-۳-۵
۲۱۳.....	توسعه و انتشار دانش	۳-۲-۳-۵
۲۱۵.....	توسعه کارآفرینی	۴-۲-۳-۵
۲۱۵.....	شکست ساختاری	۳-۳-۵
۲۱۵.....	موانع ساختاری	۱-۳-۳-۵
۲۱۶.....	شکست‌های تحولی تکاملی	۴-۳-۵
۲۱۷.....	جمع‌بندی و ارائه سیاست‌های کلان سند باد کشور	۴-۵

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- روش شناسی ترسیم چشم انداز ۲۴
- شکل ۲-۱- کشورهای دارای سیاست گذاری در زمینه انرژی های تجدیدپذیر ۳۸
- شکل ۳-۱- ظرفیت بادی سالانه نصب شده در دنیا تا سال ۲۰۱۴ میلادی ۳۸
- شکل ۴-۱- ظرفیت بادی تجمیعی نصب شده در دنیا به تفکیک سال تا سال ۲۰۱۴ میلادی ۳۹
- شکل ۵-۱- ظرفیت بادی تجمیعی نصب شده در دنیا به تفکیک کشورهای پیشرو تا سال ۲۰۱۴ میلادی ۳۹
- شکل ۶-۱- سرمایه گذاری سالانه بر روی انرژی های تجدیدپذیر به تفکیک منطقه در دنیا تا سال ۲۰۱۴ میلادی .. ۴۰
- شکل ۷-۱- برق بادی تولیدی در سه کشور ایالات متحده آمریکا، چین و آلمان به تفکیک سال تا پایان سال ۲۰۱۳ میلادی ۴۱
- شکل ۸-۱- برق بادی بسیار مقرون به صرفه است ۴۲
- شکل ۱-۲- تخمین توان بادی اضافه شده و کم شده تا سال ۲۰۵۰ در چین ۴۸
- شکل ۲-۲- پیشبینی توان تامین شده از واحدهای توربین بادی با توان مختلف در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰ ۴۹
- شکل ۳-۲- شبکه برق منطقهای یکپارچه ملی چین ۵۵
- شکل ۴-۲- شبکه برق فوق فشار قوی چین ۵۶
- شکل ۵-۲- روند کاهش CO₂ تا سال ۲۰۵۰ ۵۸
- شکل ۶-۲- روند توسعه انرژی بادی در اروپا ۶۰
- شکل ۷-۲- میزان مشارکت ایرلند در دیماندر برق و انرژی بادی در اروپا در سال ۲۰۵۰ ۶۳
- شکل ۸-۲- مشاغل سالانه ایجاد شده مرتبط با صنعت بادی ۶۳
- شکل ۹-۲- میزان کاهش تولید CO₂ تا سال ۲۰۵۰ ۶۴
- شکل ۱۰-۲- ساختار شبیهسازهای توربین بادی ۷۷
- شکل ۱۱-۲- اشکال معمول توربین بادی ۷۸
- شکل ۱۲-۲- ساختار توربین بادی ۷۹
- شکل ۱۳-۲- مواد مورد انتظار در بازیافت پره توربین بادی ۸۹

- شکل ۲-۱۴- پتانسیل باد کشور ایران ۹۱
- جدول ۳-۱- حوزه های اصلی و میانی نقشه راهبردی صنعت باد کشور ایران تا افق سال ۱۴۱۰ ۱۰۳
- شکل ۳-۲- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی ۱۰۸
- شکل ۳-۳- نمایی از بخش پیوستن به حرکت جهانی ۱۱۰
- شکل ۳-۴- روند افزایش ظرفیت نصب شده در جهان ۱۱۱
- شکل ۳-۵- افزایش سالانه ظرفیت نصب شده توربین بادی تا سال ۲۰۱۳ ۱۱۲
- شکل ۳-۶- روند افزایش ظرفیت نصب شده توربین بادی در سال ۲۰۱۳ ۱۱۳
- شکل ۳-۷- ظرفیت نصب شده توربین بادی فراساحلی در سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ ۱۱۴
- شکل ۳-۸- روند افزایش بازار صنعت بادی تا سال ۲۰۱۸ ۱۱۵
- شکل ۳-۹- مقایسه اثرات نوپزی توربین بادی با تجهیزات دیگر ۱۱۸
- شکل ۳-۱۰- سنسورهای اندازه‌گیری نوپز توربین بادی ۱۱۹
- شکل ۳-۱۱- مشاغل ایجاد شده مرتبط با صنعت بادی ۱۲۱
- شکل ۳-۱۲- نمایی از بخش توربین و اجزا ۱۲۳
- شکل ۳-۱۳- نمایی از بخش ظرفیت توربین بادی ۱۳۰
- شکل ۳-۱۴- نمایی از بخش بهینه‌سازی تکنولوژی ۱۳۰
- شکل ۳-۱۵- نمایی از بخش حمل و نقل و نصب توربین بادی ۱۳۱
- شکل ۳-۱۶- نمایی از بخش تکنولوژی تعمیرات و نگهداری ۱۳۲
- شکل ۳-۱۷- نمایی از توربین های فراساحلی ۱۳۴
- شکل ۳-۱۸- نمایی از بخش تست توربین بادی ۱۳۵
- شکل ۳-۱۹- نمایی از بخش تکنولوژی فرآوری برق ۱۳۷
- شکل ۳-۲۰- نمایی از بخش تکنولوژی بازیافت و دور ریز ۱۳۸
- شکل ۳-۲۱- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فنی ۱۳۹
- شکل ۳-۲۲- نمایی از بخش پتانسیل‌سنجی توسعه نیروگاه بادی ۱۳۹

- شکل ۳-۲۳- ساختار شبکه هوشمند ۱۴۳
- شکل ۳-۲۴- نمایی از بخش پتانسیلسنجی توسعه نیروگاه ۱۴۴
- شکل ۳-۲۵- ویرایش ۲ نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد ایران ۱۴۶
- شکل ۵-۱- ظرفیت نصب شده توربین بادی در دانمارک ۱۹۱
- شکل ۵-۲- راهکارهای برطرف کردن چالشهای صنعت بادی دانمارک تا سال ۲۰۲۵ ۱۹۳
- شکل ۵-۳- پراکندگی صنایع بادی در سال ۲۰۱۰ در برزیل ۱۹۸
- شکل ۵-۴- روند نصب ظرفیت توسط تولیدکنندگان توربین بادی در سال ۲۰۱۰ ۱۹۹
- شکل ۵-۵- درخت شکستهای نظام نوآوری فناورانه ۲۰۶
- شکل ۵-۶- روند تدوین سیاست ارائه شده در منبع [۵۶] ۲۰۷
- شکل ۵-۷- سندراه انرژی باد چین ۲۲۲
- شکل ۵-۸- سندراه انرژی باد اروپا ۲۲۳
- شکل ۵-۹- سندراه انرژی باد ایرلند ۲۲۴
- شکل ۵-۱۰- سندراه انرژی باد ایرلند ۲۲۶
- شکل ۵-۱۱- سند راه انرژی باد فیلیپین ۲۲۶
- شکل ۵-۱۲- سندراه انرژی باد فیلیپین ۲۲۷

فهرست جداول

جدول ۱-۱-۱	عناوین اسناد بالادستی بررسی شده مرتبط باحوزه انرژی	۲۶
جدول ۲-۱	مقایسه ای میان ظرفیت نصب شده و برق بادی تولیدی چین و امریکا	۴۱
جدول ۳-۱	ابعاد بیانیه چشم انداز	۴۴
جدول ۱-۲	حوزه‌های اصلی سند راهبردی انرژی بادی ایران	۶۹
جدول ۱-۳	ظرفیت نصب شده توربین بادی در کشورهای آفریقا و خاورمیانه در سال ۲۰۱۳	۱۱۰
جدول ۱-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی چین	۱۵۳
جدول ۲-۴	سیاستهای توان بادی چین	۱۵۳
جدول ۳-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی فیلیپین	۱۵۴
جدول ۴-۴	سیاستهای توان بادی فیلیپین	۱۵۶
جدول ۵-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی هند	۱۵۷
جدول ۶-۴	سیاستهای توان بادی هند	۱۵۸
جدول ۷-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی ژاپن	۱۵۸
جدول ۸-۴	سیاستهای توان بادی ژاپن	۱۵۹
جدول ۹-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی کره	۱۶۰
جدول ۱۰-۴	سیاستهای توان بادی کره	۱۶۰
جدول ۱۱-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی سریلانکا	۱۶۱
جدول ۱۲-۴	سیاستهای توان بادی سریلانکا	۱۶۱
جدول ۱۳-۴	مشوقهای مالی و مقرراتی ویتنام	۱۶۱
جدول ۱۴-۴	سیاستهای توان بادی ویتنام	۱۶۲
جدول ۱۵-۴	موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش ظرفیت‌سازی و ارائه نمونه اولیه	۱۶۵
جدول ۱۶-۴	موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش برنامه‌ریزی تولید توان	۱۶۷
جدول ۱۷-۴	موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش خرید توان	۱۶۸

- جدول ۴-۱۸- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش صدور مجوز ۱۷۰
- جدول ۴-۱۹- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش زمینهای عمومی ۱۷۰
- جدول ۴-۲۰- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش ارزیابی منابع بادی ۱۷۲
- جدول ۴-۲۱- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش اثرات زیستمحیطی و اجتماعی ۱۷۴
- جدول ۴-۲۲- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش برنامه‌ریزی فضای عمومی ۱۷۵
- جدول ۴-۲۳- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تولید توان ۱۷۸
- جدول ۴-۲۴- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تجهیزات توربین بادی، مشارکت محلی ۱۷۹
- جدول ۴-۲۵- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تعامل مزرعه بادی و شبکه انتقال . ۱۸۰



فصل ۱ - تدوین چشم انداز

۱-۱- مقدمه

چشم انداز 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 باد 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 این که تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز می‌باشد در ابتدا به بررسی چهارچوب 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.

۱-۲- مبانی نظری تدوین بیانیه چشم‌انداز

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

چشم‌انداز^۱ بیانگر نتایجی است که مؤسسه تحقق بخشیدن به آن را در دراز مدت هدف قرارداده است به عبارت دیگر چشم‌انداز شامل "آنچه می‌خواهیم در آینده باشیم" است.

امروزه برای مؤسساتی که حیات خود را در محدوده محیطی متغیر ادامه می‌دهند بطور معمول داشتن آمادگی برای امکان تأمین، تثبیت و هماهنگی قبلی این متغیرها یک ضرورت است. بینش (چشم‌انداز) استراتژیک در سازمان‌ها فرهنگ اندیشیدن منظم و اتخاذ تصمیمات اساسی را فراهم خواهد ساخت. چشم‌انداز می‌تواند متأثر از تجربیات و مطالعات و نیاز جامعه و تقاضاهای محیطی باشد. چشم‌انداز تصویر آینده شرکت بعد از تحقق مأموریت^۲ در افق برنامه می‌باشد و برای تحقق چشم‌انداز باید مأموریت را طوری تعیین کرد که آن چشم‌انداز محقق گردد.

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 می‌شود.

۱-۲-۲- ویژگی‌های چشم‌انداز

ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آنها باشد عبارتند از:

۱. قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت پذیر
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 اجرای آنها
۱۲. نشان دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها

۱-۲-۳- روش‌های تبیین بیانیه چشم انداز

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 ارائه شده است.

۱-۲-۳-۱- روش برت نی نوس

برت نی نوس روش نسبتاً پیچیده ولی نسبتاً جامعی 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

۱-۲-۳-۲- 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

۱-۲-۳- روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهمتر از آن، نقشه راهی 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 رابزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

۱. انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
۲. تدارک جلسه‌آشنایی 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

۱-۲-۴- انواع چشم‌اندازها

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌های کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود:

۱-۲-۴-۱- 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 درصدی (% سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

۱-۲-۴-۲- 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 می‌برند.

۱-۲-۴-۳- 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.

۱-۲-۴-۴- چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصولی 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.

۱-۲-۵- ضرورت تبیین 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 اصولی 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 رهبری 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:

آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟

آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟

آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟

آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟

آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟

آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟

آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار میکنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته

باشند؟

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؟)

آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟

چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک سیستم توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاً ساختارهای راهبردی و

در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

۱-۲-۶- فرآیند تدوین چشم‌انداز

با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک

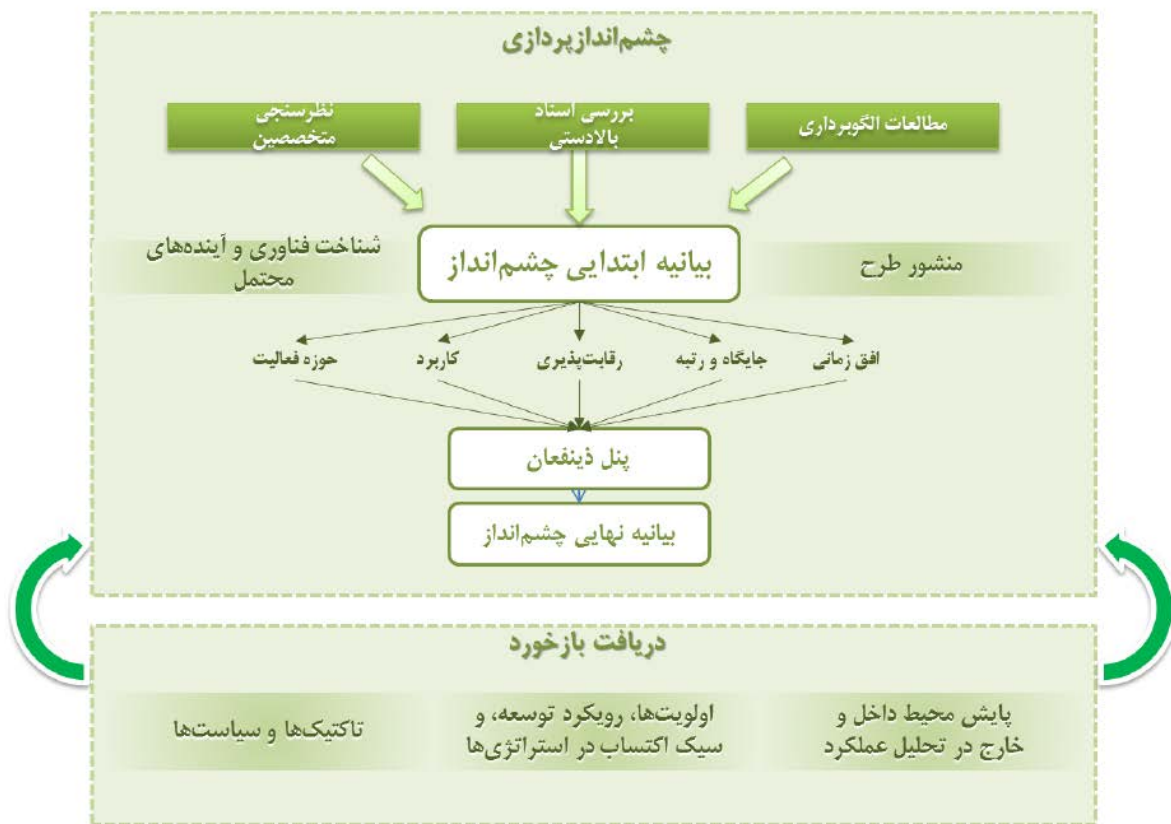
روش مناسب برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان‌طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت

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 ۲-۱ عمل شود.
- 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 کسب و کاری 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 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 زیر 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 باد پرداخته می‌شود.



شکل ۱-۱- روش شناسی ترسیم چشم‌انداز

۱-۲-۶-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان‌طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است، که به منظور تدوین چشم‌انداز نیازمند بررسی اسناد مختلف پرداخته هستیم. 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 شونده‌اند که لیست این اسناد در جدول زیر ارائه شده است. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۱، به بعد بوده است تا بتوان اسنادی که به هرگونه با انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی باد ارتباط دارند را یافت.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته تقسیم 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 بادی اشاره شده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های نو، می‌توان ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز انرژی بادی را برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی حوزه انرژی باید در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول زیر ارائه شده است. 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."

جدول ۱ ۱- عناوین اسناد بالادستی بررسی شده مرتبط با حوزه انرژی

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 زیست‌محیطی 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 بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین‌گرمایی 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

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه های با سوخت غیریارانه ای متعلق به بخش های خصوصی و تعاونی
	انرژی های پاک - ماده ۱۳۹	حمایت از بخش های خصوصی و تعاونی به منظور ایجاد زیرساخت های تولید تجهیزات نیروگاه های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی ها در سبد تولید انرژی کشور فراهم کردن زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه
	کشاورزی - ماده ۱۴۸	جایگزینی سوخت فسیلی و انرژی های تجدیدپذیر به جای سوخت هیزمی
	محیط زیست - ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	تنظیم دستورالعمل های محاسبه ارزش ها و هزینه های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی های زیست محیطی در نقاط حساس
مجموعه برنامه پنج ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست های کلی برنامه چهارم	آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی افزایش بازدهی نیروگاه ها، متنوع سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر و نوین گسترش تولید برق از نیروگاه های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پر بازده برق و تولید همزمان برق و حرارت حفظ، احیاء و بهره برداری بهینه از سرمایه ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح های توسعه کسب فن آوری بویژه فن آوری های نو شامل: ریز فن آوری و فن آوری های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست محیطی، هوا فضا و هسته ای
	ماده ۷- (م)	موظف بودن دولت به تأمین منابع لازم برای اجرای بخش انرژی های نو
	ماده ۲۵ و آیین نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون	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 سرمایه گذاری در

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	برنامه چهارم توسعه	نیروگاه های تجدیدپذیر و بازیافت حرارت با پرداخت حمایت های مالی بابت عدم انتشار آلاینده ها 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
	آیین نامه اجرایی ماده ۶۶	مصرف بهینه حامل های انرژی از طریق ترمیم ساختمان ها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی های نو، اصلاح روش های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی استفاده از تکنولوژی های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه سازی 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 انرژی های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	تجهیز ساختمان ها به سیستم های آبگرمکن خورشیدی برای استفاده اقتصادی از انرژی های پاک ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور افزایش سهم اقتصادی انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور پرهیز از احداث نیروگاه ها تحت تأثیر عوامل غیراقتصادی (مانند نیروگاه های زغال سنگی با هزینه خیلی زیاد، نیروگاه خورشیدی و بعضی نیروگاه های آبی) ایجاد زمینه های تحقیقاتی در انرژی های 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 انرژی های تجدیدپذیر
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	حذف تدریجی یارانه فرآورده های نفتی و برقراری عوارض زیست محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن. تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل های انرژی، پتانسیل های

ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه	ماده / بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
<p>محلی، ظرفیت‌های موجود و سیستم‌های عرضه انرژی.</p> <p>تحصیل ارزش افزوده بالاتر از حامل‌های انرژی در کشور توسعه و بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور</p> <p>دستیابی به فناوری‌های نوین و کارای انرژی حمایت از بازار انرژی و افزایش سهم بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)</p> <p>افزایش امنیت عرضه انرژی و بهبود کیفیت حامل‌های انرژی عرضه‌شده</p> <p>افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی</p> <p>ایجاد تمرکز در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی کشور اصلاح نظام قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی توسعه هرچه بیشتر بهره‌برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی</p> <p>ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت‌های لازم برای جایگزینی سوخت‌های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی</p> <p>تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی</p> <p>معرفی و ترویج احداث نیروگاه‌های تجدیدشونده با اجرای پروژه‌های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)</p> <p>اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی</p> <p>موظف بودن وزارت نفت (سازمان بهینه سازی مصرف سوخت) در کمک به توسعه استفاده از فناوری‌های نوین (آبگرمکن‌های خورشیدی و کانورتورهای هوا و DHC)</p>	<p>سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵</p>	
<p>پرداخت مبلغی تشویقی از طرف سازمان محیط زیست بابت عدم انتشار الاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست در بودجه‌های سنواتی</p>	<p>ماده ۲۵</p>	<p>قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت</p>

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	تضمین خرید برق تولیدی تجدیدپذیر توسط بخش خصوصی و دولتی جلب مشارکت و حمایت از سرمایه گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی های نو
	وزارت نیرو	ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر ارتقای توانمندی در تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فن آوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فن آوری های نوین و انتقال و بومی سازی فن آوری های دارای مزیت نسبی
برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	بخش برق و انرژی	شناسایی، انتقال و بومی سازی فن آوری های نوین و سازگار با محیط زیست تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی سازی فن آوری در فعالیت های مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور تخصیص % معین و فزاینده ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی سازی فن آوری های مرتبط با انرژی های نو و تجدیدپذیر تعریف و اجرای پروژه های نمونه در زمینه انرژی های نو و تجدیدپذیر و تجاری سازی آنها بستر سازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی های نو و تجدیدپذیر جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فن آوری های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری خدمات
	بخش آموزش، پژوهش و	ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن آوری های جدید و انتقال

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	فن آوری	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 فن آوری	اولویت‌ها در حوزه علوم پایه و کاربردی: • انرژی‌های نو و تجدیدپذیر • بازیافت و تبدیل انرژی
	فصل چهارم راهبردها و اقدامات ملی برای توسعه علم و فن آوری در کشور	تعامل فعال و اثرگذار در حوزه علم و فن آوری 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 فن آوری متناسب با اولویت‌های ملی و بهره‌گیری از فرصت‌های جهانی
قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	فصل دوم: سیاست‌ها و خط مشی‌های اساسی - ماده ۴	لحاظ کردن بودجه برای راهکارهای تشویقی جهت ارتقای نظام تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید
	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 بهینه‌سازی 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

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		دریافت هزینه های عمومی برقراری انشعاب (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 زمان های کمبود در شبکه سراسری، برای مشترکینی که اقدام به احداث مولد در محل مصرف می نمایند
	فصل دهم: انرژی های تجدیدپذیر و هسته ای - ماده ۶۱ و ۶۲	موظف بودن وزارت نیرو نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان غیردولتی موظف بودن وزارتخانه های نفت و نیرو نسبت به اعلام حمایت عمومی از ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی و اختصاص مبلغی از محل بودجه های مصوب سالانه خود به این امر به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، و سامانه های فتوولتائیک
سند راهبرد انرژی های نو کشور		تاکید بر اقتصادی کردن استفاده از انرژی خورشیدی و اولویت دار بودن تولید و بومی سازی مبدل های فتوولتائیک در حجم و راندمان بالا با توجه به سادگی و سرمایه اندک مورد نیاز از میان سایر فن آوری های ممکن لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی های 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 چاه های کشاورزی با استفاده از منابع انرژی نوین از جمله انرژی خورشیدی به جای سوخت های سنگواره ای و پرداخت مبلغ یارانه معادل سوخت به شرکت های تولید برق از جمله خورشیدی وزارت نفت اجازه دارد به منظور اجرای طرح های بهینه سازی، کاهش گازهای گلخانه ای و کاهش مصرف

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		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 بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه-های چرخه (سیکل) ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی-های 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 پیش‌گرم‌کن‌های 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

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		انرژی توسعه بازار فن آوری های 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 فن آوری با افزایش ارتباطات بین‌المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعدادهای 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 زمین‌گرمایی ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هر یک 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 فن آوری 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 طرح تولید پراکنده

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		انجام هماهنگی لازم با ارگان های ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده
مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره برداری 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 انرژی های نو موظف بودن وزارت نفت (سازمان بهینه سازی مصرف سوخت) نسبت به انجام امور مربوط به حمایت از بهینه سازی مصرف سوخت های فسیلی مانند تولید آبگرمکن های خورشیدی، حمام های روستایی و پمپ های بادی آبکش، با رویکرد سفارش کار به بیرون
قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه سازی مصرف انرژی	بند الف تبصره ۱۲	به منظور تشویق صنایع در امر بهینه سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان یارانه 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 انرژی های فسیلی با انرژی های نو و تجدیدپذیر در کلیه اماکن شهری لزوم انجام تمام فرایندهای احتراقی تمام کارخانه ها، کارگاه ها و واحدهای تولیدی مستقر در محدوده و حریم شهرها از ابتدای سال ۱۳۹۲ با انرژی های تجدیدپذیر یا گاز و لزوم تأمین این انرژی توسط وزارت نیرو الزام وزارت نیرو به تسریع در احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر
مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا (۱۳۹۳)		اختصاص حداقل ۱۰٪ از ظرفیت های جدید تولید برق به نیروگاه های بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین- گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی (مدت ۶۰ ماه)

ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه	ماده / بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
<p>۷- توسعه فناوری های تبدیل انرژی های تجدیدپذیر</p> <p>۱۰- فناوری های ذخیره سازی برق و انرژی و تولید پراکنده</p> <p>۱۷- فناوری های کاهش آلاینده ها و گازهای گلخانه ای در جانب عرضه و تقاضای انرژی</p> <p>۱۰- توسعه فناوری های انواع نیروگاه های خورشیدی</p> <p>۱- تدوین راهبرد جامع انرژی و یکپارچه سازی اسناد پیشین با تأکید بر افزایش سهم ایران در بازار جهانی انرژی</p> <p>۲- برنامه جامع کاهش آلاینده های ناشی از تولید و مصرف انرژی</p>	<p>۱- کمیسیون تخصصی انرژی الف: اولویت های کمیسیون تخصصی انرژی- بندهای ۷ و ۱۰ و ۱۷</p> <p>ب: طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی</p> <ul style="list-style-type: none"> • برق و انرژی- بند ۱۰ • فرابخشی و محیط زیست- بندهای ۱، ۲ 	
<p>ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش انرژی های تجدیدپذیر با اولویت انرژی های آبی</p> <p>سیاست های تشویقی برای توسعه نیروگاه های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی</p> <p>بهره گیری افزون تر از فناوری های نوین و پاک برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای</p> <p>افزایش سهم انرژی های نو از جمله خورشیدی با توجه به پتانسیل مناسب این گونه انرژی ها در کشور</p> <p>احداث نیروگاه هایی با سوخت پاک و جایگزینی نیروگاه های سوخت فسیلی با آن ها</p> <p>احداث نیروگاه هایی با راندمان بالاتر مانند نیروگاه های سیکل ترکیبی</p> <p>استفاده از فناوری های جدید و انتقال تکنولوژی ارتقای توانایی ها و دانش علمی و فنی جهت دستیابی به روش های نوین تولید و استحصال آب شرب (باروری ابرها، بهره برداری از رطوبت هوا، آب شربین کن های</p>	<p>۳- کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات</p> <p>الف: اولویت های راهبردی پژوهش و فناوری</p> <ul style="list-style-type: none"> • صنعت آب و برق <p>ب: سایر اولویت های پژوهشی</p> <ul style="list-style-type: none"> • محیط زیست • صنعت آب و برق 	<p>اولویت های تحقیقاتی و فن آوری مصوب کمیسیون های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف)</p>

عنوان سند بالادستی	ماده / بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		خورشیدی و ..
	۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی اولویت های تحقیقاتی و فن آوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی	۲- توسعه و استفاده از فناوری های نوین در کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی
	• حوزه مشترک- بندهای ۲ و ۷ ماشین آلات و تجهیزات- بند ۲	۷- شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، منابع طبیعی و محیط زیست
		۲- توسعه فناوری های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی های تجدیدپذیر

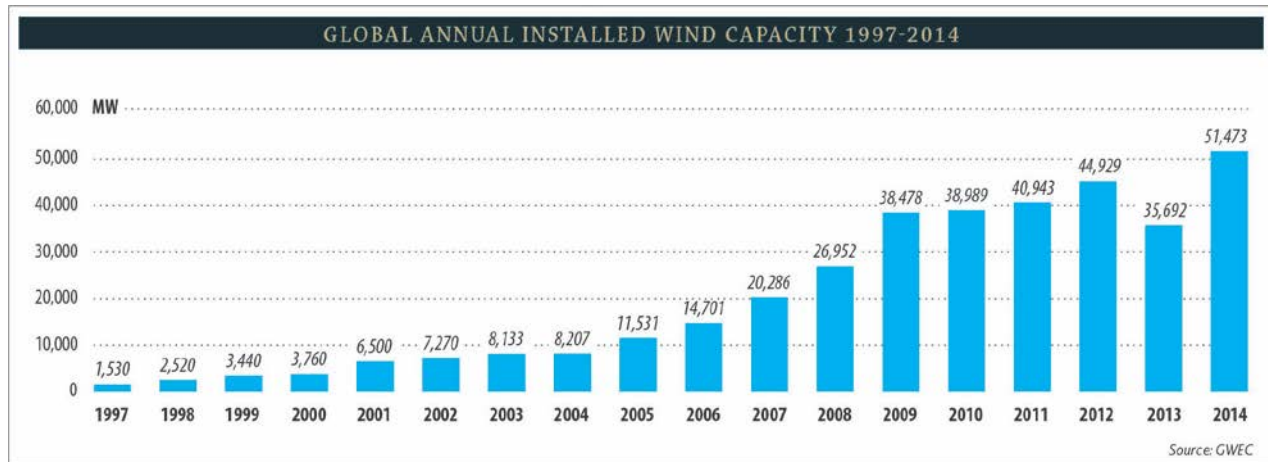
۱-۲-۶-۲- نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم اندازی توسعه فناوری های انرژی باد در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)

امروزه، کشورهای متعددی در جهان وجود دارند که از مزایای انرژی باد بهره می گیرند. همانطور که در بررسی چهارچوب نظری تدوین اشاره شده، بررسی ابعاد چشم اندازی توسعه فناوری های انرژی بادی در سایر کشورها منبع مناسبی است که میتوان از آن در تدوین بیانیه اولیه چشم انداز استفاده کرد.

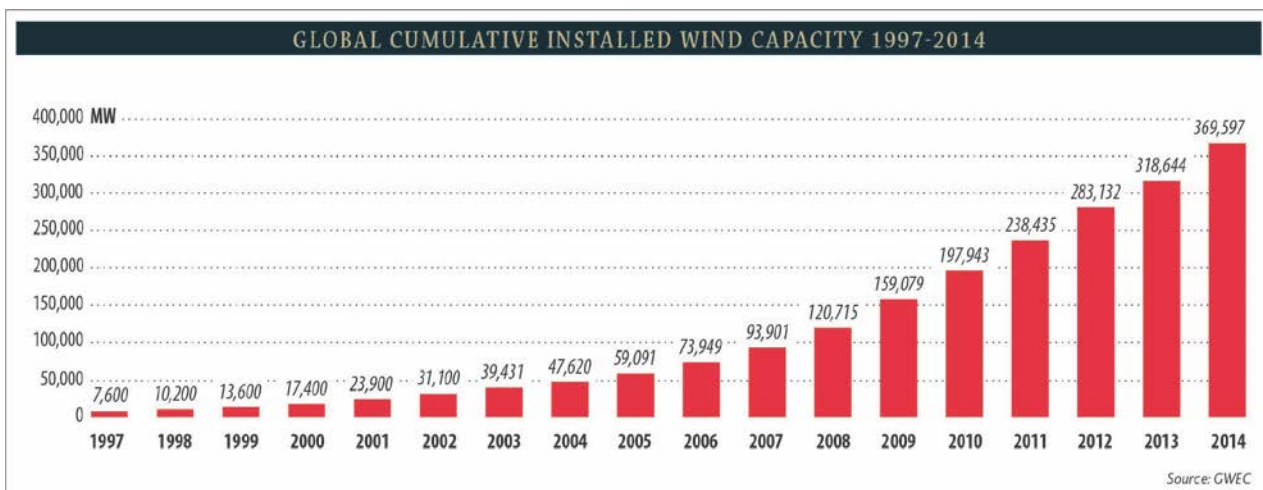
بررسی انرژی باد و مهار آن و مطالعه کشورهای گوناگون در زمینه بهره گیری از این انرژی در گزارش " انجام مطالعات زیربنایی تدوین سند راهبردی و نقشه راه بهره برداری از انرژی باد کشور " و همچنین در گزارش پیش رو به صورت جداگانه برای بخش های تدوین سیاست های کلان و خرد به طور مفصل آمده است. در اینجا به طور مختصر مروری بر این مطالعات آورده شده است.

شکل ۱-۲- کشورهای دارای سیاست گذاری در زمینه انرژی های تجدیدپذیر

در شکل فوق کشورهای دارای سیاست گذاری و هدف گذاری در زمینه انرژی های تجدید پذیر بر اساس گزارش جهانی سال ۲۰۱۵ REN۲۱^۳ آورده شده است. همانطور که در شکل هم دیده می شود تقریباً سرتاسر قاره آمریکا، آسیا، استرالیا دارای سیاست گذاری و هدف گذاری در زمینه انرژی های تجدیدپذیر هستند و تنها بخشی از قاره آفریقا هنوز به این کار اقدام نکرده است.



شکل ۱-۳- ظرفیت بادی سالانه نصب شده در دنیا تا سال ۲۰۱۴ میلادی



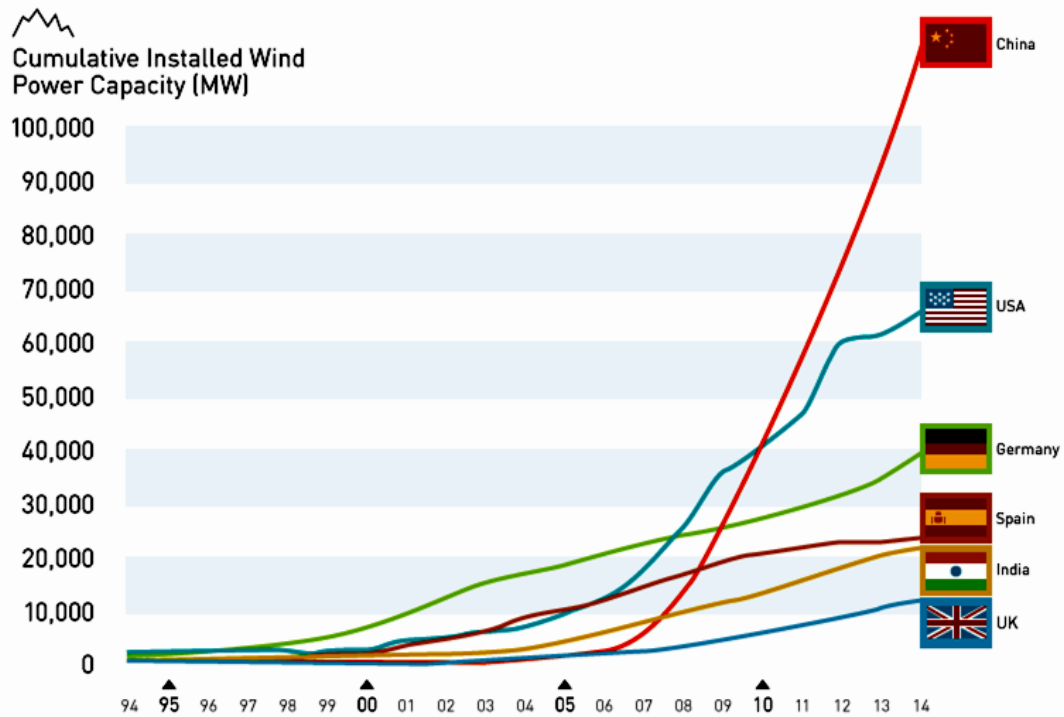
شکل ۱-۴- ظرفیت بادی تجمیعی نصب شده در دنیا به تفکیک سال تا سال ۲۰۱۴ میلادی

شکل های ۳ و ۴ حکایت از سرعت رشد برق بادی در دنیا را دارد. همانطور که در شکل ۴-۱ ملاحظه می شود، ظرفیت بادی

نصب شده دنیا تا پایان سال ۲۰۱۴ میلادی به حدود ۳۷۰۰۰۰ مگاوات خواهد رسید.

CHINA'S GROWTH IN WIND POWER STAYS PARABOLIC

The country added 2x more capacity in 2014 than the entire European Union

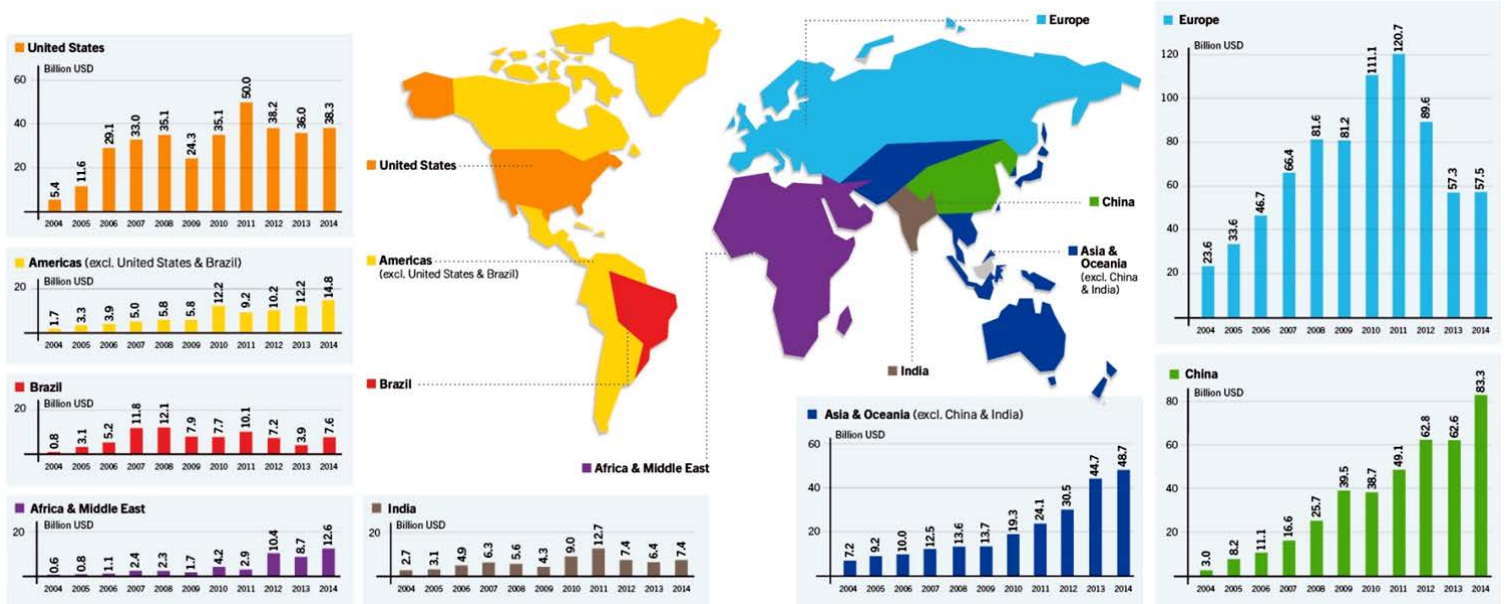


شکل ۱-۵- ظرفیت بادی تجمیعی نصب شده در دنیا به تفکیک کشورهای پیشرو تا سال ۲۰۱۴ میلادی

چین در سال ۲۰۱۴، ۲۳۱۹۶ مگاوات ظرفیت جدید احداث کرده است که حدود دوبرابر ظرفیت احداث شده در کل اروپا

(۱۱۸۲۹ مگاوات) در همین سال است.

Global New Investment in Renewable Power and Fuels, by Region, 2004–2013



Data include government and corporate R&D.

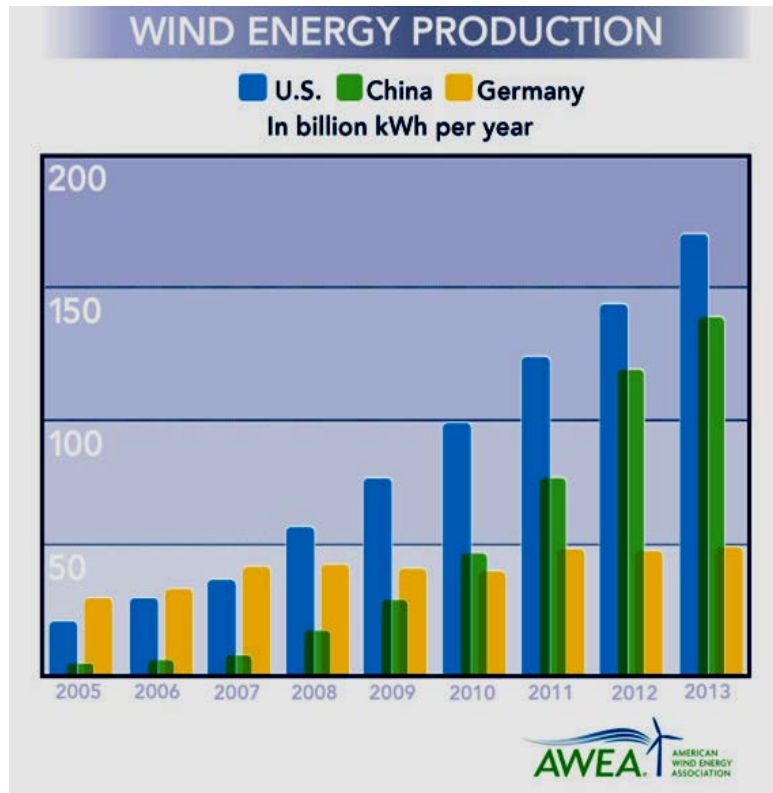
REN21 Renewables 2015 Global Status Report



Source: Frankfurt School–UNEP and BNEF

شکل ۱-۶- سرمایه گذاری سالانه بر روی انرژی های تجدیدپذیر به تفکیک منطقه در دنیا تا سال ۲۰۱۴ میلادی

چین در سال ۲۰۱۴ میلادی به تنهایی بیش از ۸۳ میلیارد دلار سرمایه گذاری کرده است که از مجموع اقیانوسیه، آسیا، خاورمیانه، آفریقا و هند بیشتر است. از این میان کمترین سرمایه گذاری با مبلغ حدود ۷/۴ میلیارد دلار مربوط به خاورمیانه و آفریقا با هم است. (شکل ۱-۶)



شکل ۱-۷- برق بادی تولیدی در سه کشور ایالات متحده آمریکا، چین و آلمان به تفکیک سال تا پایان سال ۲۰۱۳

میلادی

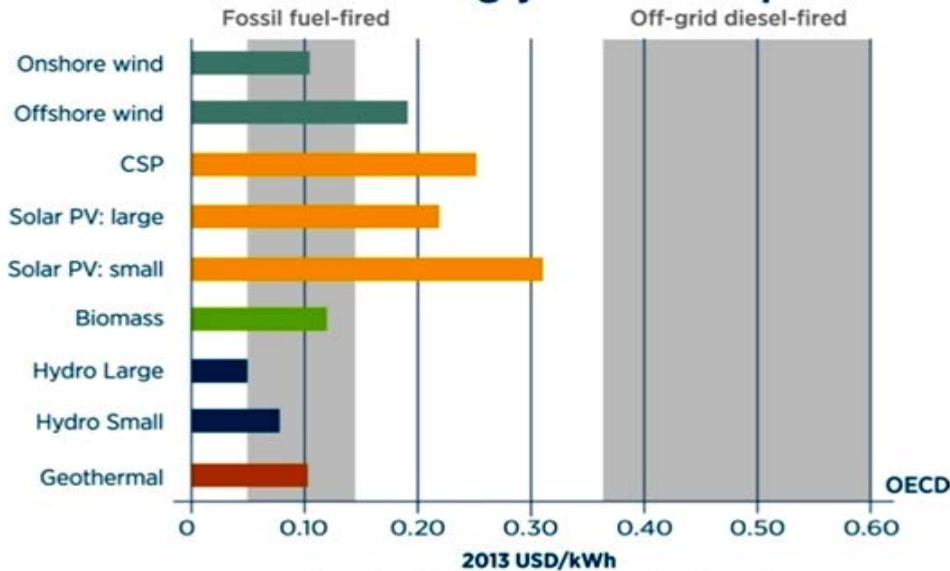
در شکل ۱-۷ برق بادی تولیدی در سه کشور ایالات متحده آمریکا، چین و آلمان به تفکیک سال تا پایان سال ۲۰۱۳ میلادی

نشان داده شده است. جدول زیر مقایسه ای میان ظرفیت نصب شده و برق بادی تولیدی چین و امریکا ارائه می دهد:

جدول ۱-۲- مقایسه ای میان ظرفیت نصب شده و برق بادی تولیدی چین و امریکا

نام کشور	ظرفیت افزوده از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۳	برق تولیدی
چین	۲۰/۷ گیگاوات	۱۳۸ تراوات ساعت
امریکا	۴/۷ گیگاوات	۱۶۷ تراوات ساعت

Renewables are Increasingly Cost-Competitive



شکل ۱-۸- برق بادی بسیار مقرون به صرفه است

به گفته IRENA :

قیمت برق بادی ساحلی از سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۴ حدود ۱۸٪ افت پیدا کرده است .

این افت به دلیل افت قیمت ۳۰٪ی توربین های بادی تا این تاریخ است.

برق بادی به یکی از منابع ارزان در بازارهای در حال رشد بدل خواهد شد.

۱-۳- تبیین چارچوب بیانیه چشم انداز

با توجه به بررسی های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و ابعاد چشم اندازی اسناد سایر کشورها ویژگی ها و چارچوب های مهم در تدوین سناریوی توسعه، فناوری بادی مشخص شد. در حال حاضر در کشور ایران تحقیق بر روی طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی ۲ مگاوات انجام می شود، در صورتی که نمونه اولیه این توربین بادی تا ۲ سال دیگر با بیشترین طراحی بومی ساخته شود، امکان بهینه سازی و تولید انبوه این سازه از توربین بادی به وجود می آید؛ این امر سبب جذب سرمایه گذاران به منظور توسعه صنعت بادی می شود و بالطبع شرایط این صنعت را بهبود خواهد داد و در نتیجه تلاش بیشتری در زمینه بومی سازی این صنعت و انتقال تکنولوژی در این زمینه انجام می گیرد.

از سوی دیگر ایران مطابق بر آمار ارائه شده توسط GWEC با کشورهای آفریقایی و خاور میانه در یک گروه بندی قرار دارد. در این میان ظرفیت نصب شده کشورهای مصر، مراکش، تونس، ایران و اتیوپی به ترتیب برابر ۵۵۰، ۲۹۱، ۱۰۴، ۹۱ و ۱۷۱ مگاوات است (اگرچه بر اساس آمار ارائه شده توسط وزارت نیرو ظرفیت بادی نصب شده تا پایان سال ۱۳۹۱ برابر ۱۱۰ مگاوات بوده است). بنابراین ۴ کشور دیگر در سطح منطقه از ظرفیت نصب شده ی بیشتری نسبت به ایران برخوردارند با توجه به رویکرد ایران به انرژی های تجدیدپذیر و به خصوص انرژی بادی و توان بالقوه کشور در زمینه انرژی بادی و تلاش به منظور بومی سازی این صنعت می توان به خوبی این انتظار و چشم انداز را داشت که در چشم انداز ۱۴۱۰ ایران در سطح کشورهای منطقه بالاترین ظرفیت نصب شده را خواهد داشت. بر این اساس، چشم انداز انرژی بادی ایران به شرح زیر می باشد:

"

"

۱-۴- ابعاد بیانیه چشم انداز

همانطور که قبلاً در توضیح فرایند (روش منتخب) تدوین بیانیه چشم انداز ذکر شد، باید بررسی شود که ویژگی های اساسی، در نظر گرفته شده و لحاظ شده اند یا نه. این ویژگی های اساسی عبارتند از: افق زمانی برنامه ریزی، جایگاه و رتبه عددی توانمندی در منطقه و جهان، توجه به اسناد بالادستی مرتبط، حوزه کاربرد فناوری، اصول ارزشی حاکم بر توسعه فناوری مورد نظر، و تعیین سطح کلی فعالیت.

جدول زیر جزئیات این ویژگی ها و چگونگی لحاظ شدن آن ها در بیانیه را توضیح می دهد.

جدول ۱-۳- ابعاد بیانیه چشم انداز

محتوا (درافق مورد انتظار)	ابعاد مندرج در چشم انداز
۱۴۱۰	افق برنامه ریزی
رتبه اول در سطح منطقه	جایگاه و رتبه عددی توانمندی فناوریانه در منطقه و جهان
سند چشم انداز بیست ساله کشور نقشه جامع علمی کشور سند چشم انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	ذکر اهداف بالادستی تبیین شده در اسناد قبلی
فناوری های انرژی بادی	حوزه کاربرد فناوری
حفاظت از محیط زیست ارتقای توانمندی های فناوری های حوزه باد تکیه بر توانمندی های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق	اصول ارزشی
طراحی، تولید و بومی سازی	تعریف کلی سطح فعالیت

فصل ۲- تدوین اهداف کلان و بلندمدت و تهیه ویرایش ۱ نقشه راه شامل حوزه‌های اصلی

۲-۱- مقدمه

یک نقشه راه موفق شامل اهداف روشن و راه مناسب برای دستیابی به این اهداف است. توسعه یک دید کلی برای آینده انرژی بادی در یک قالب زمانی مشخص می‌تواند شامل اهداف سیاسی، تکنولوژیکی و زیست محیطی باشد. برای رسیدن به این اهداف بایستی سند راه در حوزه‌های مختلف تعریف شده و انتخاب این حوزه‌ها بایستی با توجه به اهداف تدوین سند راه صورت بگیرد.

از سوی دیگر بایستی سطح صنعت بادی در کشور ایران به عنوان یک عامل اساسی در تعیین حوزه‌های مورد مطالعه صنعت بادی لحاظ شود؛ از آن‌جا که صنعت بادی به عنوان یک صنعت نوپا در ایران مطرح می‌شود، لزوم بررسی ابعاد و اثرات توسعه این صنعت در بخش‌های مختلف انکارناپذیر است. بنابراین بایستی در سند راهبردی انرژی باد تمامی ابعاد و حوزه‌های مرتبط با این صنعت را در نظر گرفت.

۲-۲- مطالعات تطبیقی در باره اهداف کلان کشورها

مشخص نمودن دقیق این حوزه‌ها بدون نگاه دقیق به سند راه انرژی باد کشورهای دیگر میسر نیست. بایستی با نگاهی دقیق سند راه انرژی بادی کشورهای دیگر، اهداف آن‌ها از تدوین سند و سطح صنعت بادی در این کشورها مد نظر قرار داده شود تا زمینه مناسبی برای تدوین سند راه انرژی بادی کشور فراهم شود. در این مطالعه سند راه انرژی بادی کشورهای پیشرو در زمینه صنعت بادی نظیر چین، ایرلند و کشورهای اروپایی و از سوی دیگر سند راه کشوری در حال توسعه در صنعت بادی نظیر فیلیپین مورد بررسی مطالعه دقیق قرار گرفته و روند انتخاب اهداف و چشم‌اندازهای سند راه انرژی بادی بیان شده است. با انجام مطالعات ذکر شده، حوزه‌های کلان سند راهبردی انرژی باد ایران انتخاب شده و تمامی این حوزه‌ها با لحاظ نمودن نوع ارتباط با صنعت بادی در این گزارش توضیح داده خواهد شد.

۲-۲-۱- مروری بر جهت‌گیری‌های اصلی سند باد کشورهای نمونه

در ابتدا بر حوزه‌های مورد مطالعه در سایر کشورها نگاهی داریم و نوع نگاه آن‌ها در انتخاب حوزه‌های مورد مطالعه در سند راهبردی انرژی باد را با توجه به اهداف این کشورها در تدوین سند و همچنین سطح صنعت توربین بادی در این کشورها را

مورد مطالعه قرار می‌دهیم، تا زمینه مناسبی در راستای انتخاب بهتر حوزه‌های سند راهبردی انرژی باد کشور فراهم شود. حوزه-

های مورد مطالعه در سند راهبردی انرژی باد کشورهای زیر عبارتند از:

چین: توربین بادی - اجزای اصلی - فرا ساحلی - مزرعه بادی

کالیفرنیا: منابع و تکنولوژی - ادغام شبکه - مصارف پایانی - تحولات بازار

دریای شمال: اهداف و طرح‌های پشتیبان - برنامه ریزی فضای دریایی - ساختار شبکه - R&D

اروپا: تحقیق و توسعه در توربین‌های بادی جدید و اجزا تکنولوژی فرا ساحلی - ادغام شبکه - ارزیابی منابع و برنامه

ریزی فضای لازم برای نصب توربین

ایرلند: سیاست‌ها - مشارکت و محیط زیست - تکنولوژی اجزا - صنعت - زیر ساخت - توسعه بازار

فیلیپین: سیاست - توسعه سیستم انتقال و ادغام شبکه - ارزیابی منابع - اطلاعات عمومی و ظرفیت سازی و آموزش و

پرورش

همان‌طور که از این تقسیم‌بندی مشاهده می‌شود، در تدوین سند راهبردی انرژی باد در کشورهای مختلف حوزه‌های متنوعی

مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است و انتخاب این امر فراخور اهداف این کشورها در تدوین سند باد و سطح بررسی این

کشورها در ارتباط با صنعت باد و از طرف دیگر سطح صنعت باد در این کشورها است.

به منظور شناخت بیشتر در نحوه‌ی انتخاب این حوزه‌ها برای سند باد در کشورهای مختلف، حوزه‌های مورد مطالعه هر کدام از

این کشورها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱-۱-۲ - چین [۱]

در سند راهبردی باد این کشور، چهار بخش اصلی توربین بادی، اجزای اصلی، فراساحلی و مزرعه بادی مورد مطالعه قرار گرفته

است. در بخش توربین بادی در سند راه، تکنولوژی و ظرفیت توربین‌های بادی مورد مطالعه قرار گرفته است و اهداف در این

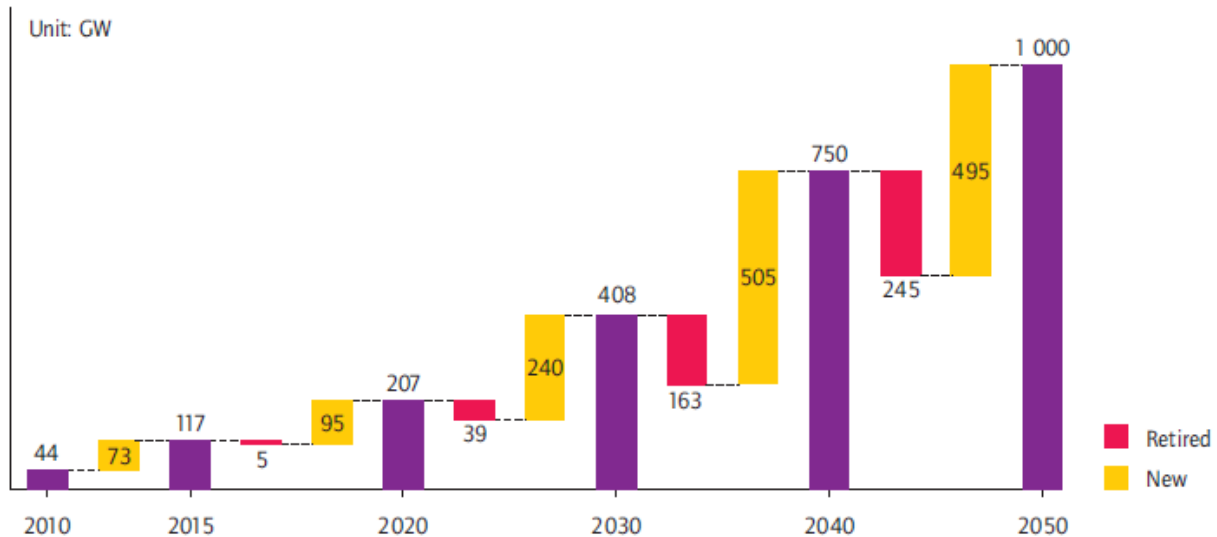
راستا بیان شده است. سند راه انرژی باد در چین در بخش ضمائم نشان داده شده است.

در واقع بخش توربین بادی با هدف بررسی بخش تکنولوژی‌های اصلی در زمینه توربین بادی و بررسی ساخت توربین‌های

بادی در ظرفیت‌های بالا قرار داده شده است. تحقیق و توسعه در این زمینه تنها با توجه به تجربیات بین‌المللی بیان نشده است

بلکه اهداف استراتژیک چین نیز در این حوزه لحاظ شده است. این امر به این خاطر است که تحقیق و توسعه بسته به عوامل

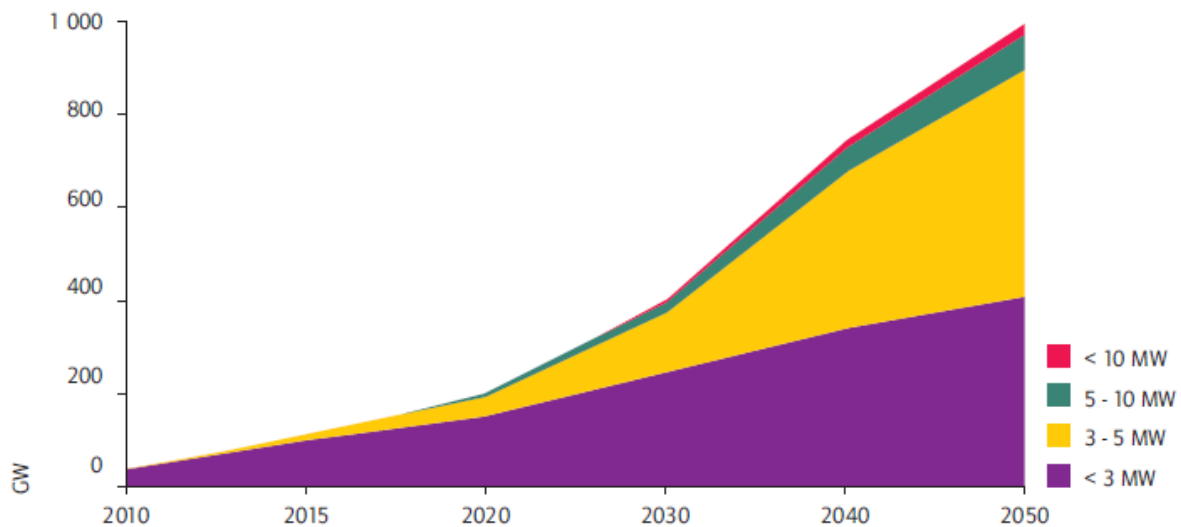
مختلفی شامل اهداف صنعت بادی، موقعیت جغرافیایی، آب و هوای منطقه، مشخصات منابع بادی، مشخصات مصرف در منطقه و شبکه برق دارد. سند راه چین با هدف توسعه و تطبیق بر تغییر این عوامل تنظیم شده است. صنعت بادی در چین بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ رشد چشمگیری داشته است. در آینده هدف چین تحقیق و توسعه در راستای به کارگیری توربین‌های بادی با ظرفیت بالا به منظور تامین نیاز به توان تولیدی بادی و حصول اطمینان از کیفیت و قابلیت اطمینان توربین‌های بادی است. با در نظر گرفتن این هدف، چین نموداری را از میزان توان بادی اضافه شده را تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده است، در این پیش‌بینی میزان توان توربین‌های حذف شده از شبکه تا این سال نیز لحاظ شده است.



شکل ۱-۲- تخمین توان بادی اضافه شده و کم شده تا سال ۲۰۵۰ در چین

از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵، توربین‌های ۳ مگاوات یا کوچکتر توربین‌های اصلی مورد استفاده هستند؛ این‌ها در راستای تامین توان سالانه ۱۵ تا ۲۰ گیگاوات به بازار عرضه می‌شوند. در این بازه توربین‌های بادی بین ۳ تا ۵ مگاوات در راستای پروژه‌های فراساحلی و در برخی از موارد ساحلی با هدف تامین توان سالانه مورد نیاز ۸ گیگاوات به کار گرفته خواهند شد. در بازه ۵ ساله ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، در سطح فراساحلی با هدف تامین توان سالانه ۱ تا ۱/۳ گیگاوات به کار گرفته خواهند شد. بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰، واحدهای ۵ تا ۱۰ مگاوات برای تامین توان سالانه ۲۲ گیگاوات به صورت فراساحلی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، بسیاری از توربین‌های بادی ۳ مگاوات از رده خارج می‌شوند و این امر نیاز زیادی را برای به کارگیری از توربین‌های بادی دیگر ایجاد خواهد کرد. توربین‌های بادی با ظرفیت ۳ تا ۵ مگاوات جایگزین این توربین‌های بادی

خواهند شد. این واحدها در این بازه هدف تامین توان سالانه بین ۳۰ تا ۵۰ گیگاوات را دارند. واحدهایی با ظرفیت ۵ تا ۱۰ مگاوات بایستی پتانسیل تامین بین ۵ تا ۱۰ گیگاوات را به صورت سالانه داشته باشند و تامین توان سالانه بین ۱ تا ۲ گیگاوات برای واحدهای ۱۰ مگاوات پیش‌بینی شده است. در شکل ۲ نمایی از روند توسعه توربین‌های بادی با ظرفیت‌های مختلف در این بازه ۴۰ ساله نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- پیش‌بینی توان تامین شده از واحدهای توربین بادی با توان مختلف در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰

در حال حاضر، ۱۰ سازنده اصلی در چین واحدهای توربین بادی با توان بین ۲/۵ تا ۳/۶ مگاوات را تولید می‌کنند. نمونه‌های اولیه برای توربین بادی فراساحلی ۵ مگاوات ایجاد شده است. برخی از سازندگان و موسسات تحقیقاتی، تحقیقات بر روی واحدهای ۱۰ مگاوات را آغاز کرده‌اند و نمونه اولیه این توربین بادی را تا سال ۲۰۲۰ آماده می‌کنند. بایستی تحقیقات زیادی بر روی توسعه تکنولوژی توربین‌های بادی با ظرفیت بالا متناسب با شرایط مزارع بادی در چین انجام گیرد. توربین‌های بادی سازگار با محیط زیست در سایزهای ۳ مگاوات یا کوچکتر بایستی ایجاد شوند. طراحی توربین‌های بادی با سایز ۳/۵ مگاوات بایستی بهبود پیدا کند و طراحی مفهومی و اصول تکنولوژیکی توربین‌های فراساحلی در سایز ۵ تا ۱۰ مگاوات بایستی استخراج شود. تا سال ۲۰۲۰، توربین‌های ۵ مگاوات تجاری و مدل اولیه توربین‌های بادی فراساحلی ۱۰ تا ۱۰ مگاوات تکمیل خواهد شد. از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰، این انتظار وجود دارد تا سیستم توربین‌های بادی ۵ تا ۱۰ مگاوات تجاری شوند. همچنین گواهی مدل سیستم‌های فراساحلی با سایز بزرگتر از ۱۰ مگاوات بایستی تکمیل شود.

بهبود عملکرد توربین‌های بادی برای مطابقت با شرایط ادغام با شبکه یک نیاز اساسی است. تا پیش از سال ۲۰۱۵، چین بایستی برنامه‌های تحقیقات پایه‌ای را در راستای بهبود عملکرد توربین‌های بادی بر اساس ژنراتورهای دو سو تغذیه^۴ ایجاد کند. در بازه‌ی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، سیستم‌های کنترل جدید توربین بادی و متناسب با شبکه بایستی ایجاد شود. بعد از سال ۲۰۲۰، تکنولوژی‌های توربین بادی متناسب با شبکه بایستی در چین توسعه پیدا کند. توسعه تکنولوژی توربین‌های بادی فراساحلی بایستی بر روی قابلیت اطمینان، بازدهی قیمتی، سازگاری با محیط زیست، آسانی حمل و نقل، نصب و نگهداری و مقاومت در برابر طوفان تمرکز داشته باشد.

اجزای اصلی که در مطالعه سند راهبردی باد بررسی شده‌اند، پره‌ها، چرخ دنده، ژنراتور، اینورتر و برج هستند. همان‌طور که سایز توربین‌های بادی رشد می‌کند، بایستی تحقیق و توسعه در زمینه ایجاد تکنولوژی پره‌های پیشرفته، سیستم‌های مکانیکی، سیستم‌های کنترلی و تکنولوژی اینورترهای متناسب با ظرفیت بالا انجام گیرد. اطمینان از کیفیت اجزا و کنترل این کیفیت بایستی در تمامی مراحل تولید انجام گیرد.

پره‌ها در توربین‌های بادی با سایز بزرگ بایستی طول بیشتری داشته باشند. در طی ۱۰ سال آینده، کاهش وزن پره و بارگذاری بر روی آن، بهبود سازگاری با محیط زیست و ایجاد امکانات مناسب حمل و نقل از چالش‌های اساسی می‌باشد. تحقیق و توسعه بایستی بر روی بهبود مانیتورینگ وضعیت پره، استفاده از طراحی و مواد جدید مانند فیبر کربن انجام گیرد. برای کاربردهای توربین بادی فراساحلی، پره‌های با سرعت نوک پره بالاتر در حدود ۱۲۰ متر بر ثانیه بایستی ایجاد شود. برای جلوگیری از آثار مخرب پره‌های توربین بادی از کار افتاده، تکنولوژی‌های جدیدی بایستی در راستای بازیافت پره‌های توربین بادی ایجاد شود. کشور چین همچنان در زمینه چرخ دنده‌های توربین بادی بایستی تجربه‌های بیشتری کسب کند. بنابراین بایستی تحقیقات بیشتری در زمینه ارتقا تکنولوژیکی در ساختار، مواد و تکنیک‌ها به خصوص در زمینه افزایش طول عمر یاتاقان، اندازه و قابلیت اطمینان آن انجام گیرد.

هدف اصلی تکنولوژی ژنراتور بهبود عملکرد در ادغام با شبکه و کاهش وزن است. با توسعه تکنولوژی و کاهش قیمت در سطح توان‌های بالا، ژنراتورهای متصل به شبکه با اینورتر مانند ژنراتورهای سنکرون مغناطیس دائم و ژنراتورهای سنکرون تحریک-پذیر، به صورت گسترده استفاده شدند. با توجه به توسعه تکنولوژی و ارزان شدن مواد ابررسانا، امید به تولید ژنراتورهایی در سایز ۱۰ مگاوات و بالاتر در ۱۰ سال آینده وجود دارد. توسعه‌ی ژنراتورهای ولتاژ بالا چشم‌انداز دیگری در توسعه تکنولوژی

است. در حالی که توربین‌های بادی با سایز ۳ تا ۵ مگاوات از ژنراتورهای ولتاژ متوسط استفاده می‌کنند، انتظار استفاده از ژنراتورهای ولتاژ بالا برای توربین‌های با ظرفیت بالاتر وجود دارد.

با افزایش ظرفیت توربین‌های بادی نیاز به توسعه‌ی اینورترهایی با سایز بزرگتر وجود دارد. به علاوه، شرایط برخی از مزارع بادی نیاز برای نصب توربین‌های بادی با قابلیت اطمینان بالا و نصب آسان ایجاد می‌کند که این مهم نیازمند کانورترهای مازولار است. با توجه به روند رو به رشد بهره‌گیری از توان بادی و به کارگیری از تعداد بیشتری اینورتر نیاز برای مطالعه و کنترل آثار مخرب بر روی شبکه وجود دارد.

ارتفاع برج‌های موجود در حدود ۶۰ تا ۸۰ متر است و افزایش ارتفاع برج‌ها توان تولیدی را افزایش خواهد داد. برج‌های بلندتر نیازمند محاسبات بار دقیق‌تر است. از طرف دیگر استفاده از برج‌های توربین بادی در مناطق فراساحلی با توجه به مشکلات ایجاد شده در زمینه خوردگی برج چالش‌های فراوانی را ایجاد می‌کند. برج‌های وارداتی از کشورهای اروپایی، سازگاری لازم با شرایط آب و هوایی و جغرافیایی را ندارند. تکنولوژی ضد خوردگی برج برای افزایش طول عمر مزارع بادی به ۲۰ سال یا بالاتر بایستی در چین توسعه پیدا کند.

در زمینه فراهم کردن زمین مناسب برای مزارع بادی، چین در سطح بالایی قرار دارد. و لیکن بایستی تلاش‌هایی در زمینه توسعه تکنولوژی micro-siting انجام بگیرد تا طرح ریزی، طراحی و عملکرد مزارع بادی را در زمین‌هایی با ساختار پیچیده آسان نماید. بایستی از شبیه سازی سیستم‌های بادی بهبود یافته و بسته‌های نرم‌افزاری قوی برای طراحی هر چه دقیق‌تر محیط‌های کوهستانی و ناهموار استفاده شود. تا پیش از سال ۲۰۱۵، سیستم طراحی و عملکرد مزارع بادی در زمین‌هایی با ساختار ناهمگون بایستی توسعه پیدا کند. در بازه‌ی زمانی تا سال ۲۰۲۰، طراحی و عملکرد هرگونه ساختار پیچیده در زمینه زمین‌های مزارع بادی بایستی به صورت کامل قابل تحلیل باشد.

در زمینه مزارع بادی فراساحلی به خصوص توربین‌های فراساحلی نصب شده در آب‌های عمیق مطالعات زیادی مورد نیاز است. تحقیقات و کارهای زیادی بایستی در زمینه شناخت و تحلیل مناسب این نوع از توربین‌ها و مزارع بادی بایستی انجام بگیرد. تا پیش از سال ۲۰۲۰، مزارع بادی فراساحلی چین نبایست در عمق بیشتر از ۲۵ متر نصب شوند. برخی از مزارع بادی بایستی به صورت نمونه در بخش‌های جزر و مدی نصب شوند. در افق زمانی ۲۰۱۵، چین بایستی تمامی چالش‌های مرتبط با فونداسیون، ساختار، عملکرد و نگهداری از توربین‌های بادی در این مناطق را به صورت کامل شناخته باشد و تا سال ۲۰۲۰، در زمینه‌ی نصب مزارع بادی فراساحلی در آب‌های کم عمق هیچ گونه مشکلی نداشته باشد. در سال ۲۰۲۰، مزارع بادی فراساحلی

بایستی در عمق ۵۰ تا ۲۰۰ متر نصب شوند. با توجه به ساختار حال حاضر بنادر و ترمینال‌های ساحلی در چین، سه گزینه برای حمل و نقل و نصب توربین‌های بادی فراساحلی در این منطقه وجود دارد:

هماهنگ سازی و پیکربندی ترمینال‌ها و بنادر موجود

نوسازی و توسعه ترمینال‌ها و بنادر موجود

ایجاد بنادر و ترمینال‌های جدید

تا پیش از سال ۲۰۱۵، ترمینال‌ها و بنادر موجود پاسخگوی نیاز پروژه‌های کوچک فراساحلی هستند. پس از سال ۲۰۱۵، در حدود ۲۰ پروژه فراساحلی سالانه بهره برداری خواهد شد و این امر نیازمند ساخت بنادر و ترمینال‌های ویژه‌ای است. بعد از سال ۲۰۲۰، نقل و انتقال تجهیزات توربین‌های بادی در سایز بزرگ فشار مضاعفی را برای توسعه و یا ایجاد ساختارهای جدید به وجود می‌آورد. پس از سال ۲۰۲۰، مزارع بادی فراساحلی در فواصل طولانی‌تری نسبت به ساحل و در آب‌های عمیق‌تر نصب خواهند شد.

با وجود اینکه چین فعالیت در عرصه توربین‌های بادی فراساحلی را دیر آغاز کرده است، بسیاری از شرکت‌های مهندسی که کار مرتبط با سازه‌ها و ساختار دریایی دارند، تحقیقات را در زمینه چگونگی نصب و حمل و نقل توربین‌های بادی آغاز کرده‌اند. در حال حاضر کشتی‌های مخصوصی برای توربین‌های بادی فراساحلی در حال ساخت هستند.

تا سال ۲۰۱۵، حمل و نقل و نصب تجهیزات توربین‌های فراساحلی تا حد زیادی وابسته به کشتی‌ها و جرثقیل‌های معمول همراه با بعضی از ادوات تخصصی است. در افق ۵ سال بعدی تجهیزاتی با ظرفیت بالاتر، قابلیت اطمینان و امن‌تر توسعه پیدا خواهند کرد. پس از سال ۲۰۲۰، با توجه به توسعه مزارع بادی در عمق بالا، تجهیزاتی با امنیت بالاتر برای شرایط آب و هوایی سخت مورد نیاز است.

در راستای ادغام توربین‌های بادی با شبکه، فعالیت‌های زیادی در راستای تطبیق توان بادی با شبکه از جمله پیش‌بینی توان بادی، انتقال برق در فواصل بالا و ذخیره‌سازی برق در ظرفیت بالا انجام گرفته است.

تا پیش از سال ۲۰۲۰، توربین‌های بادی متناسب با شبکه با قابلیت کنترل توان اکتیو، راکتیو و کنترل فرکانس ایجاد خواهند شد. در افق زمانی سال ۲۰۳۰، سیستم‌های کنترل و ذخیره‌سازها در راستای کنترل بهتر توان بادی ایجاد خواهند شد. تا سال ۲۰۳۰، با توجه به توسعه تکنولوژی ذخیره‌سازها در سایزهای بزرگ، مزارع بادی در تعامل با شبکه‌های الکتریکی معمول فعالیت می‌کنند.

همان طور که توان بادی افزایش می‌یابد، پیش‌بینی بهتر توان بادی ضروری است. پیش‌بینی‌های دقیق ضامن عملکرد مطمئن شبکه برق، مدیریت بهینه بازار برق و بیشترین استفاده از توان بادی است. تا سال ۲۰۲۰، تحقیقات بیشتر بر روی روش‌های آماری پیش‌بینی است که قابلیت پیش‌بینی در بازه زمانی ۳ تا ۷۲ ساعت را دارند. در بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰، تحقیقات در زمینه توسعه روند پیش‌بینی توان بادی به صورت بلند مدت انجام می‌گیرد. پس از سال ۲۰۳۰، پیش‌بینی توان بادی ساختارهای هوشمند را پشتیبانی خواهد کرد.

تکنولوژی‌های انتقال فرکانس پایین و ابررساناها و انتقال در سطوح ولتاژ بالا در مسافت‌های طولانی بایستی برای مزارع بادی توسعه پیدا کند.

تا پیش از سال ۲۰۲۰، تکنولوژی‌های پیشرفته شامل جبران‌سازی توان راکتیو، جبران‌سازی سری و کنترل ولتاژ برای بهبود کیفیت توان بادی به کار گرفته می‌شود. برای ساختار مزارع بادی نزدیک به ساحل از روش‌های انتقال ac استفاده می‌شود، اما با افزایش ظرفیت و نصب مزارع بادی فراساحلی در عمق بالا، تکنولوژی فشار قوی dc با سرعت بیشتری توسعه پیدا می‌کند. پس از سال ۲۰۲۰، با بهبود روش انتقال فشار قوی dc، مزایای اقتصادی و بازده افزایش پیدا خواهد کرد و این تضمینی برای توسعه مزارع بادی در سایزهای بزرگ است. پس از سال ۲۰۳۰، تکنولوژی ابررساناها برای انتقال توان بادی در فواصل بالا استفاده می‌شود.

تا پیش از سال ۲۰۲۰، یک سیستم یکپارچه جمع‌آوری داده مزارع و توربین‌های بادی و سیستم کنترل دیسپاچینگ بایستی به منظور پیش‌بینی، کنترل و دیسپاچینگ اتوماتیک توان بادی ایجاد شود. در افق ۱۰ سال بعدی، با توجه به ساختار شبکه هوشمند اولیه، ادغام تکنولوژی‌های کنترل و توزیع با دید به توسعه کنترل سیستم برق و دیسپاچینگ توان بادی به صورت هوشمند انجام خواهد شد. کنترل عملکردی منابع توان متغیر سایز بزرگ و سیستم کلی بهبود پیدا خواهد کرد. توان بادی و سایر منابع تولید انرژی تجدیدپذیر به صورت منعطف متصل، انتقال و استفاده خواهند شد.

سیستم‌های ذخیره‌ساز در حال حاضر به خاطر سایز کوچک، قیمت بالا، عملکرد تکنیکی نامناسب و بازار کوچک مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. تا کنون، pump storage در سطح گسترده‌تری نسبت به باتری‌های شیمیایی استفاده شده است. باتری‌های مایع و همچنین تکنولوژی باتری‌های Li-Ion بایستی با اولویت دنبال شود.

تا پیش از سال ۲۰۲۰، ذخیره‌سازها در سایز بزرگ بایستی بر پایه تکنولوژی pump storage توسعه پیدا کنند. پس از این سال، انتظار پیشرفت در عرصه تکنولوژی باتری‌ها و هزینه در انواع باتری‌های Li-Ion، مایع و سولفور سدیم وجود دارد. در

حدود سال ۲۰۲۰، ذخیره‌سازهای انرژی در ظرفیت بالا در مقیاس‌های بزرگ چند هزار مگاوات با بازده ۹۰ درصد نصب خواهند شد. این ذخیره‌سازها به صورت گسترده برای اصلاح پیک بار، اصلاح فرکانسی و مدیریت پخش بار استفاده می‌شوند. تا سال ۲۰۳۰، سیستم‌های ذخیره‌ساز هوای فشرده و شیمیایی از لحاظ قیمتی به صرفه خواهند شد و در سطح انبوه استفاده می‌شوند. پیش از سال ۲۰۵۰، تکنولوژی باتری‌ها با ظرفیت بالا از pump storage ها پیشی خواهد گرفت.

بیشتر منابع بادی چین در شمال چین دور از بارها و یا شبکه برق قرار دارند؛ از سوی دیگر توان بادی به شکل زیادی نوسان می‌کند و این امر کنترل و عدم قطعیت در تولید توان را افزایش می‌دهد. بنابراین ادغام توربین‌های بادی با شبکه یک چالش اساسی در زمینه توسعه توربین‌های بادی به شمار می‌آید. چین با سرعت بالایی در حال گسترش توان بادی است و به منظور پی بردن به نقش توان بادی در چین، بایستی در ابتدا شبکه برق سراسری را مورد مطالعه قرار داد. با توجه به توزیع اولیه منابع در چین، منابع تولید رد بخش غربی چین قرار دارند این در حالی است که بخش اعظم مصرف در بخش شرقی چین است. به این خاطر انتقال برق از بخش غرب به شرق چین یک مساله مهم در افق زمانی میان مدت و بلند مدت است.

در حال حاضر، ذغال‌سنگ منبع غالب تولید توان در چین است. در پایان سال ۲۰۱۰، توان حرارتی معادل ۷۳/۴ درصد توان تولیدی را تشکیل می‌داد. بدون در نظر گرفتن تغییر خاصی در روند موجود این انتظار وجود دارد که توان تولید از ذغال سنگ و منابع آبی منابع اصلی تولید برق در طی ۴۰ سال آینده باشند. توان هسته‌ای به همراه توان بادی و خورشیدی در مناطق جنوبی و غربی چین منابع مهمی به شمار می‌روند. هم‌چنین برق از منابع گاز طبیعی و pump storage ها به عنوان منابع کمکی و تنظیم‌کننده تولید خواهد شد. تا افق زمانی سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰، ظرفیت تولید برق آبی و تولید برق از ذغال سنگ به صورت پیوسته، با تمرکز بر روی مناطق غربی افزایش خواهد یافت و این در حالی است که توان‌های بادی و خورشیدی با روند افزایشی نصب و بهره‌برداری خواهند شد. در بازه‌ی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰، ظرفیت برق آبی ثابت خواهد ماند، نصب توان گرمایی کاهش و سهم توان خورشیدی، بادی و هسته‌ای افزایش پیدا خواهد کرد. تا سال ۲۰۵۰، تکنولوژی‌های تولید توان بهبود یافته، سهم ظرفیت نصب شده ذغال سنگ به ۳۵٪ کاهش یافته و سهم توان بادی تا رقم ۲۵ تا ۳۰٪ افزایش پیدا خواهد کرد.

توزیع جغرافیایی نامتقارن بارها و منابع تولید توان در چین منجر به لزوم انتقال برق از غرب به شرق چین و پشتیبانی متقابل میان شبکه‌های شمالی و جنوبی شده است. شبکه شمال چین، مرکز اصلی تامین بار است. مصرف در این بخش بر روی توان گرمایی و برق دریافتی از شبکه‌های شمال غربی و شمال شرقی تکیه دارد. مناطقی که با شبکه شمال غربی چین پوشش داده

می‌شود، منابع خورشیدی، باد، آبی و ذغال سنگی فراوانی دارد با این حال بارها در این مناطق بسیار محدود است، بنابراین برق بایستی از این منطقه صادر شود. شبکه‌ی برق مناطق مرکزی در چین وابسته به منابع جدید توان در بخش غربی چین است. شبکه برق شرقی چین، مقدار زیادی برق را از بخش غربی از منابع متفاوت دریافت می‌کند. شبکه بخش جنوبی چین، مقدار زیادی برق را از منابع آبی در بخش غربی چین و در دراز مدت از تبت و سایر کشورهای همسایه دریافت می‌کند. انتقال برق درون شبکه‌ای در طول ۲۰ سال آینده توسعه خواهد یافت. ظرفیت انتقال از بخش غربی به شرقی به میزان ۳۰۰ گیگاوات تا سال ۲۰۲۰ و ۴۰۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت و در همین مقدار تا سال ۲۰۵۰ باقی خواهد ماند. دو رویکرد متفاوت برای توسعه شبکه برق چین در آینده وجود دارد:

شبکه برق منطقه‌ای یکپارچه ملی

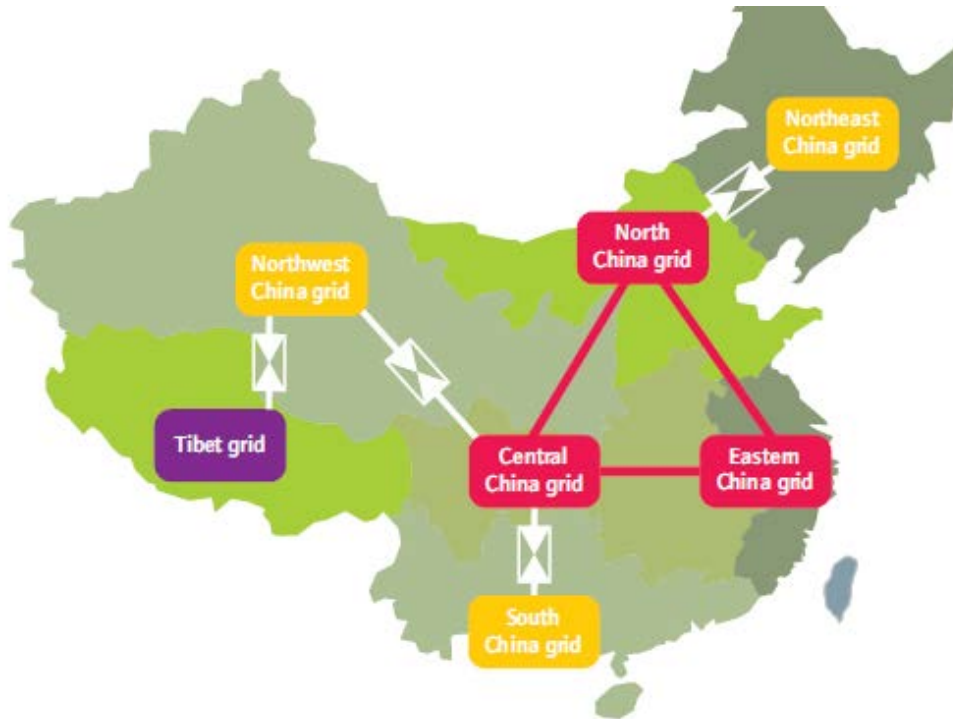
شبکه برق فوق فشار قوی

همان‌طور که در شکل زیر دیده می‌شود، در راهکار اول چین ۶ شبکه برق منطقه‌ای حال حاضر خود را حفظ می‌کند و ارتباط میان این شبکه‌ها را با ایجاد شبکه برق ۵۰۰ کیلوولت گسترش می‌دهد. شبکه ۵۰۰/۷۵۰ کیلوولت در آینده برای افزایش پتانسیل و بهبود بازدهی ساختار شبکه موجود توسعه خواهد یافت. در همین حال، شبکه ۵۰۰ کیلوولت در راستای بهبود ظرفیت انتقال، ظرفیت انتقال در فواصل بالا و ظرفیت برای کنترل خطا توسعه خواهد یافت.



شکل ۲-۳- شبکه برق منطقه‌ای یکپارچه ملی چین

در راهکار دوم یک شبکه برق فوق فشار قوی به شکل زیر ایجاد خواهد شد.



شکل ۲-۴- شبکه برق فوق فشار قوی چین

پخش توان در چین، از حالت متوسط ساعات کاری به حالت حفاظت انرژی، که متناسب با انرژی‌های تجدیدپذیر و باد می‌باشد انتقال یافته است. با توجه به رتبه‌بندی نیروگاه‌های تولید برق با توجه به مصرف انرژی و میزان آلودگی آن‌ها، پخش بار بهینه به منظور استفاده در سطوح شبکه‌های استانی و منطقه‌ای با در نظر گرفتن مینیمم کردن مصرف و آلودگی انتخاب شده است. بر این اساس منابع تولید توان به ترتیب باد، خورشیدی، انرژی اقیانوسی، برق آبی، بیوماس، زمین گرمایی و سایر منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر ژنراتورهای پسماندهای شهری و در انتها سوخت‌های فسیلی و هسته‌ای درجه‌بندی شده‌اند. درحالی‌که خلا یک بازار برق مناسب پخش توان را با چالش‌های مواجه کرده است. در افق دید بلند مدت بایستی دیسپاچینگ با در نظر گرفتن قیود اقتصادی لحاظ شود.

با توجه به هدف گذاری چین، تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت نیروگاه‌های بادی چین تا ۱۰۰ گیگاوات افزایش پیدا خواهد کرد که این رقم برای سال ۲۰۵۰، ۱۰۰ گیگاوات خواهد بود. ادغام و تطبیق توان بادی با شبکه بستگی به عوامل زیادی شامل توان خروجی بادی، بار سیستم، ساختار منابع توان، قابلیت تنظیم و سطوح انتقال دارد. این عوامل که در طول زمان تغییر می‌کنند، چالش‌های اساسی را در راستای ادغام توان بادی با شبکه ایجاد می‌کنند.

تا سال ۲۰۲۰، توسعه مزارع بادی در مناطق شمالی و مناطق نزدیک به ساحل است که این مناطق دور از مراکز بار قرار دارند. از طرف دیگر از آنجا که تولید توان در چین بر پایه منابع ذغال سنگی است، توسعه شبکه و تجدید ساختار در شبکه مورد نیاز است. سیاست‌های موجود در راستای ادغام توان بادی نامناسب است و تنها بر روی تعرفه‌های مزارع بادی، یارانه‌ها و قیمت خرید برق از مزارع بادی تمرکز دارد. در حال حاضر شبکه برق با ساختار عمودی در بخش‌های انتقال، توزیع و فروش توان با کمپانی‌های مشابه مدیریت می‌شود. در حال حاضر، معاملات دور از ساختار شکل یافته‌ی بازار است و فقدان مکانیزم‌های ضروری در عملکرد بازار، دیسپاچینگ مستقل در جهت به کارگیری توان بادی، معاملات بازار آزاد، تعرفه‌های منعطف و به اشتراک‌گذاری هزینه‌ها وجود دارد.

پس از سال ۲۰۲۰، چین به توسعه سریع در راستای به کارگیری توان بادی ادامه خواهد داد و توجه بیشتری را معطوف به سیستم‌های ساختار بادی خواهد کرد. پس از آن، به کارگیری و توسعه توان بادی در اندازه بیشتر یک چالش اساسی است و نیازمند تجدید ساختار کلی در سیستم می‌باشد.

به کارگیری توان بادی در سطح سیستم ملی نیازمند اصلاحات تکنیکی و مدیریتی است. توسعه سیستم توان و توان بادی بایستی بر پایه سند راه تکنولوژی، استانداردهای سیستم و استراتژی عملکرد و دیسپاچینگ سیستم باشد. در راستای بهبود عملکرد سیستم و حذف موانع، به کارگیری مکانیزم‌های بازار برق توسعه یافته و مشوق‌ها مورد نیاز است. در طی سالیان پیش چین یکی از قدرتمندترین شبکه‌های قدرت را در جهان ایجاد کرده است. بر اساس مطالعات انجام گرفته در چین در سال ۲۰۱۰، چین قابلیت دستیابی به ظرفیت ۱۶۰ تا ۲۰۰ گیگاوات را تا سال ۲۰۲۰ دارد که در این راستا بایستی اقدامات زیر انجام بگیرد:

آغاز ادغام توان بادی با شبکه در سطح استانی

بهبود برنامه‌ریزی و تجدید ساختار نیروگاه‌های بادی و سایر نیروگاه‌ها و ساخت شبکه قدرت

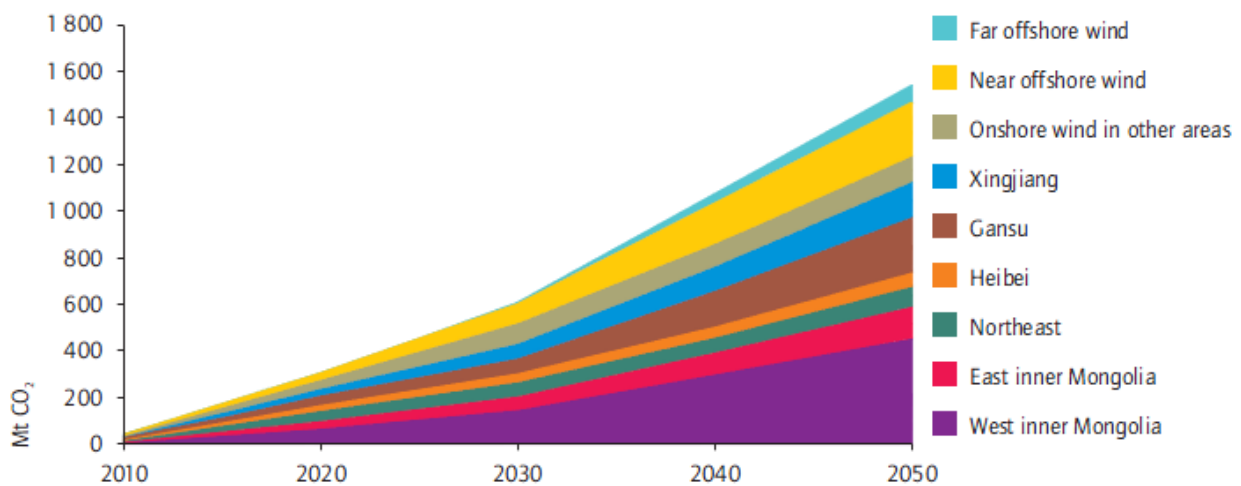
بهبود دیسپاچینگ توان و تسریع روند توسعه بازار برق

بهبود مدیریت دیماندر جهت پاسخگویی به تغییرات بار

ایجاد سیاست‌های قیمتی و قوانین بازار برای ادغام توان بادی با شبکه در حجم بالا

پس از بازه سال ۲۰۳۰، با توجه به افزایش تقاضا در بخش غربی چین، ظرفیت ادغام توان بادی با شبکه به شکل چشم‌گیری افزایش خواهد یافت.

یکی از اهداف مهم چین در جهت استفاده از انرژی بادی کاهش حجم CO_2 در این کشور است. تا پیش از سال ۲۰۲۰، با تجدید ساختار شبکه برق بازار توان بادی در سطح گسترده‌ای توسعه خواهد یافت. ذغال سنگ برترن منبع تولید توان در چین می‌باشد، و لیکن حرکت در جهت سندر راه انرژی بادی منجر به جایگزینی ۱۳۰ میلیون تن ذغال سنگ تا سال ۲۰۲۰، ۲۶۰ میلیون تن ذغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ و ۶۶۰ میلیون تن ذغال سنگ تا سال ۲۰۵۰ خواهد شد. جایگزینی ذغال سنگ با باد اثرات محیط‌زیستی فراوانی به دنبال خواهد داشت. اگرچه توسعه توان بادی در سایز بالا اثراتی منفی بر روی محیط زیست نظیر استفاده از زمین‌های بکر، آلودگی‌های صوتی و بصری، مهاجرت پرندگان و تشعشعات الکترومغناطیسی خواهد داشت اما در قیاس با ذغال سنگ اثرات منفی کمتری دارد. میزان کاهش سالانه انتشار CO_2 انتظار می‌رود که برابر ۳۰۰ میلیون تن تا سال ۲۰۲۰، ۶۰۰ میلیون تن تا سال ۲۰۳۰ و ۱۵۰۰ میلیون تن تا سال ۲۰۵۰ باشد که این روند در شکل زیر نشان داده شده است. علاوه بر این، کاهش انتشار SO_2 به میزان ۱/۱ میلیون تن تا سال ۲۰۲۰، ۲/۲ میلیون تن تا سال ۲۰۳۰ و ۵/۶ میلیون تن تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شده است.



شکل ۲-۵- روند کاهش CO_2 تا سال ۲۰۵۰

۲-۲-۱-۲- اروپا [۲]

در سند راه انرژی باد اروپا چهار بخش مجزای تحقیق و توسعه در توربین‌های بادی جدید، اجزا تکنولوژی فرا ساحلی، ادغام شبکه و ارزیابی منابع و برنامه‌ریزی فضای لازم برای نصب توربین ارائه شده است. نمای کلی سند راه انرژی باد اروپا در بخش

ضمائم ارائه شده است. به منظور تبیین سند راه انرژی باد اروپا در غالب چهار بخش فوق، فعالیت‌های تحقیقاتی زیر انجام گرفته است:

افزایش قابلیت اطمینان، دسترسی و بازدهی توربین بادی

توسعه روش‌های مدیریت شبکه به منظور ادغام توان بادی با شبکه در حجم بالا

توسعه تکنولوژی توربین بادی در دو نوع مختلف توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی

فراساحلی به منظور کاهش هزینه‌ها و ایجاد نمونه اولیه توربین‌های بادی در سایز ۱۰-۲۰ مگاوات

بهبود طراحی مزارع بادی

پشتیبانی از صنعت توربین‌های بادی فراساحلی در کوتاه مدت و میان مدت و حصول اطمینان از برتری اروپا در این

صنعت در بلند مدت

دستیابی به مدل توربین بادی در سایز بزرگ و اتصال مزارع بادی فراساحلی به شبکه

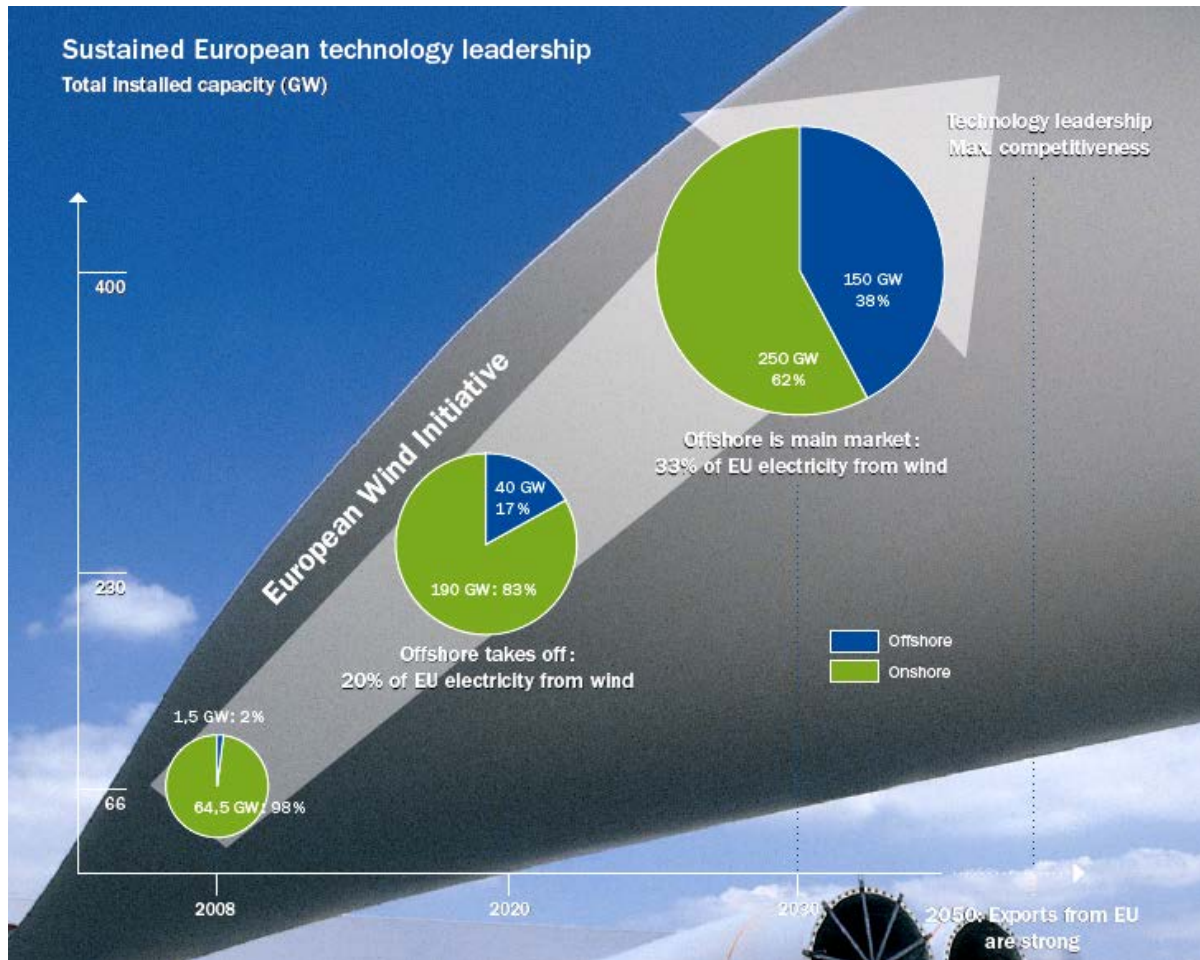
بهبود روند نگهداری و نصب توربین‌های بادی فراساحلی

قابلیت اتصال به شبکه توان بادی در اندازه بالا

تسهیل روند ارزیابی مکان نصب توربین بادی

توسعه مدل‌های جدید در جهت پیش‌بینی باد

نمای کلی از روند توسعه تکنولوژی در صورت حرکت در راستای این سند راه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- روند توسعه انرژی بادی در اروپا

در بازه سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ در این سند راه در چهار حوزه فوق فعالیت‌های زیر انجام می‌گیرد:

(۱) توربین‌های جدید و اجزا:

معرفی توربین‌های بادی بزرگ در سایز ۱۰-۲۰ مگاوات

بهبود قابلیت اطمینان توربین‌های بادی بزرگ و مزارع بادی

بهبود توربین‌های بادی برای مقاومت در شرایط سخت آب و هوایی

ارائه روش‌های جدید در جهت تست اجزای توربین‌های بادی بزرگ

بهبود سایز و قابلیت سیستم‌های تست آزمایشگاهی برای توربین‌های بادی ۱۰-۲۰ مگاوات

ایجاد ادوات تست در مزارع بادی برای توربین‌های بادی با سایز ۱۰ تا ۲۰ مگاوات

ایجاد روش‌های به صرفه در جهت حمل‌ونقل و نصب توربین‌های بادی با سایز بزرگ

(۲) تکنولوژی فراساحلی:

معرفی زیرساخت‌های جدید در جهت کاهش هزینه‌ها در چرخه عمر توربین بادی

ارائه مدل‌های جدید توربین بادی فراساحلی

تسهیل روند تولید انبوه توربین‌های فراساحلی

توسعه پلت‌فرم‌های چندین مگاواتی

کاهش آلودگی صوتی و اثرات محیط زیستی

افزایش قابلیت اطمینان و بهبود راهکارهای عملکرد و نگهداری

افزایش طول عمر توربین‌های بادی و ایجاد روش‌های بازیافت توربین بادی

بهبود عملکرد و طراحی توربین‌های بادی فراساحلی

بهبود تکنولوژی ارزیابی توربین‌های بادی فراساحلی

ایجاد اطلس بادی فراساحلی اروپا

(۳) ادغام با شبکه:

اتصال مزارع بادی به شبکه‌های فراساحلی چند ترمیناله

بهبود نیروگاه‌های بادی HVDC

بهبود طراحی بخش الکتریکی نیروگاه‌های بادی و اتصال به شبکه

مدلسازی نیروگاه بادی برای انجام مطالعات

فراهم کردن سرویس‌های پشتیبانی مناسب شبکه

تست قابلیت‌های نیروگاه بادی

آنالیز اثر توان بادی بر روی شبکه برق

بهبود تکنیک‌های پیش‌بینی توان

(۴) ارزیابی منابع و برنامه‌ریزی فضای لازم برای نصب توربین:

آنالیز شرایط آب و هوایی و باد در اروپا

مطالعه منابع بادی و بارها

کاهش میزان انتشار نویز

بازیافت توربین‌ها و طرح ریزی سناریوهای پایان عمر توربین بادی

بهبود روش‌های مکان‌یابی توربین بادی

آنالیز اثرات محیط زیستی توربین بادی و مزایای آن

آنالیز روند قیمت انرژی بادی

آنالیز هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی استفاده از توربین‌های بادی و مزایای آن

بازبینی اثرات سیاست‌های صنعتی برای باد

روند فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده در این چهار بخش در شکل سند راه انرژی بادی اروپا در ضمیمه ارائه شده است.

۲-۲-۱-۳- ایرلند [۳]

در سند راه انرژی باد ایرلند ۶ بخش سیاست‌ها، مشارکت و محیط زیست، تکنولوژی اجزا، صنعت، زیر ساخت و توسعه بازار ارائه شده است. نما کلی سند راه انرژی باد ایرلند در بخش ضمیمه آورده شده است. انرژی بادی در ایرلند به عنوان یکی از منابع اصلی تامین انرژی مطرح است. یکی از اهداف اصلی در تدوین این سند شناسایی عملیات لازم در جهت تسریع روند پیشرفت در زمینه توربین‌های بادی نصب شده روی زمین و فراساحلی است. این اقدامات در راستای کمک به سیاست‌گذاران، فعالان در زمینه صنعت و شبکه برق است تا ظرفیت بالایی از توربین بادی نصب گردد. بر اساس عملکرد در راستای این سند راه چشم-اندازهای زیر در ۶ حوزه تعریف شده محقق می‌گردند:

در صورت ایجاد تحولات در بخش سیاست‌گذاری و زیرساخت‌ها، ایرلند قابلیت توسعه توان بادی به اندازه ۱۱ تا

۱۶ گیگاوات در بخش فراساحلی و ۳۰ گیگاوات در بخش توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین را دارد.

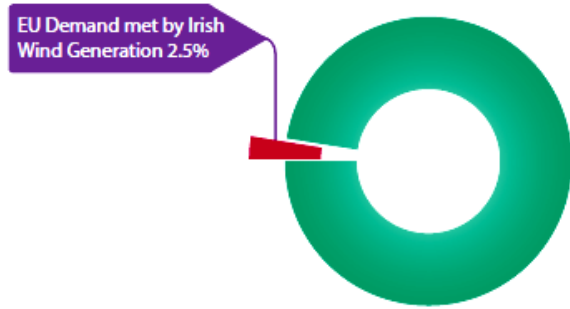
انرژی بادی قابلیت تولید برق به اندازه‌ای بیشتر از مصرف خانگی را تا سال ۲۰۳۰ دارا می‌باشد.

مقایسه‌ای بین میزان تولید برق از بخش بادی و دیماند در ایرلند نشان می‌دهد که ایرلند قابلیت صادرات برق

بادی را در بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ دارا می‌باشد.

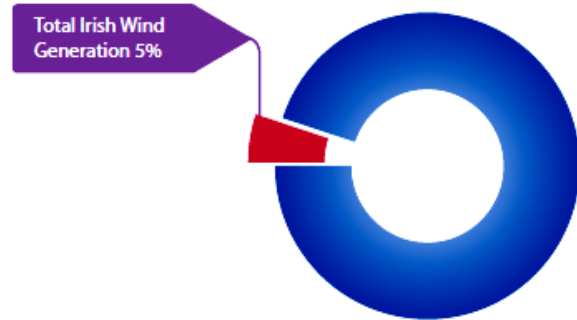
تا سال ۲۰۵۰، صنعت بادی در ایرلند قابلیت تامین ۲/۵ درصد از برق اروپا را دارد و ۵ درصد انرژی بادی در اروپا در ایرلند است که این روند در شکل زیر نشان داده شده است.

Irish Contribution to EU Electricity Demand in 2050



● Rest of EU Demand ● Total Irish Wind Generation

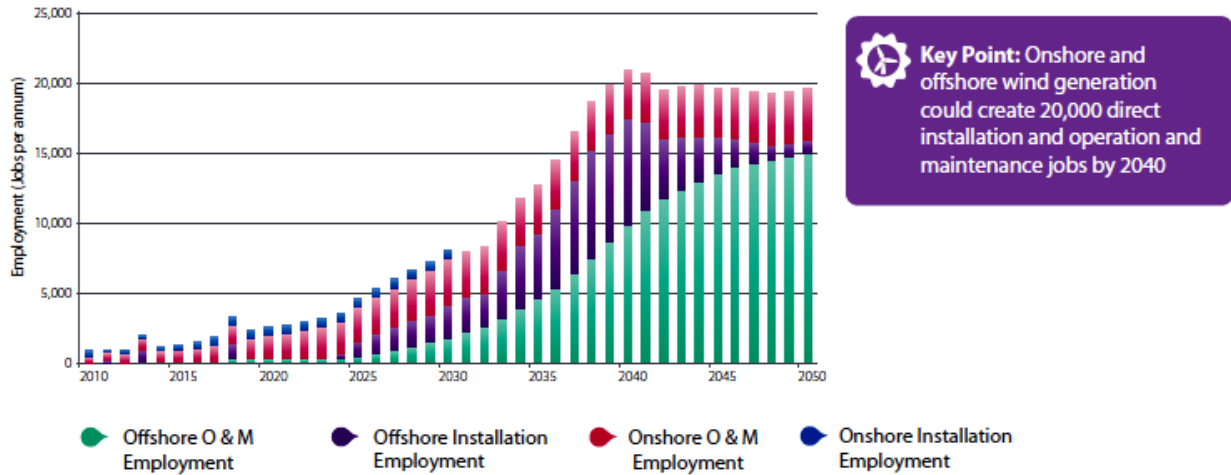
Irish Contribution to EU Wind Generation in 2050



● Rest of EU Wind Generation ● Total Irish Wind Generation

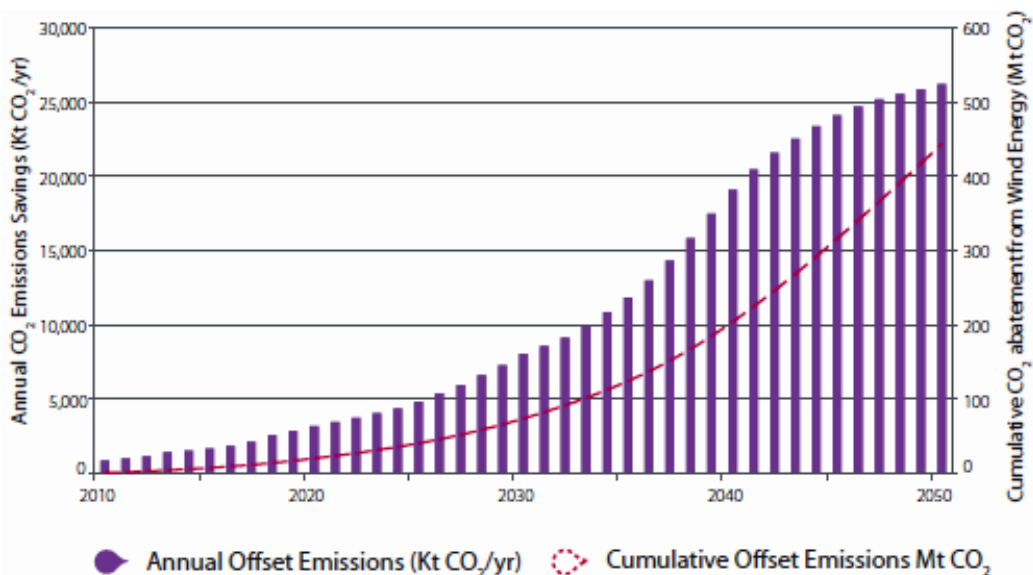
شکل ۲-۷- میزان مشارکت ایرلند در دیماند برق و انرژی بادی در اروپا در سال ۲۰۵۰

هزینه سرمایه‌گذاری در صنعت بادی تا سال ۲۰۴۰ به مقدار ۶ و ۱۲ میلیارد دلار خواهد رسید. صنعت بادی قابلیت ایجاد ۲۰۰۰۰ شغل به صورت مستقیم در زمینه عملکرد و نگهداری و نصب را دارد. در بازه‌ی بعدی تا سال ۲۰۵۰ صنعت بادی فراساحلی قابلیت ایجاد مشاغل بیشتری را دارد. روند ایجاد مشاغل مرتبط با صنعت باد تا سال ۲۰۵۰ در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۸- مشاغل سالانه ایجاد شده مرتبط با صنعت بادی

استفاده از انرژی بادی کاهش قابل توجهی را در میزان انتشار CO_2 منجر خواهد شد که این کاهش به میزان بین ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلیون تن تا سال ۲۰۵۰ خواهد بود. روند اختلاف میزان CO_2 تولیدی در صورت استفاده از گاز طبیعی با حالت جایگزینی با توربین بادی در شکل زیر تا سال ۲۰۵۰ به صورت سالانه نمایش داده شده است.



شکل ۲-۹- میزان کاهش تولید CO_2 تا سال ۲۰۵۰

پتانسیل اقتصادی برق بادی به میزان ۱۵ میلیارد یور تا سال ۲۰۵۰ خواهد رسید.

روند برنامه‌ها و چشم‌اندازهای ایرلند در تدوین سند راهبردی انرژی باد در ۶ بخش ذکر شده در بخش ضمیمه در سند راه انرژی باد نشان داده شده است.

۲-۲-۱-۴- فیلیپین [۴]

سند راه انرژی باد فیلیپین در چهار بخش سیاست، توسعه سیستم انتقال و ادغام شبکه، ارزیابی منابع و اطلاعات عمومی و ظرفیت سازی و آموزش و پرورش ارائه شده است. نمای کلی سند راه انرژی باد فیلیپین در بخش ضمیمه ارائه شده است. رسیدن به ظرفیت ۲۳۴۵ مگاوات تا سال ۲۰۳۰ نیازمند اکتشاف و توسعه سایت‌های جدید توربین بادی است. بایستی در این راستا ارزیابی منابع بادی و به روز رسانی نقشه راه باد بایستی به صورت پیوسته انجام گیرد. در کنار این فعالیت‌ها سیستم‌های مزارع توربین بادی مستقل از شبکه و فراساحلی بایستی توسعه پیدا کند.

در راستای توسعه صنعت بادی، ساخت اجزای توربین بادی و داشتن متخصصان عملکرد و نگهداری توربین باید بایستی به عنوان یک اولویت در نظر گرفته شود. تاسیس یک مرکز انرژی بادی یک گام مهم در راستای توسعه این صنعت می‌باشد. این گونه موسسات از لحاظ ایجاد قابلیت‌های تکنیکی نظیر پیش‌بینی باد، ادغام با شبکه و ارزیابی منابع باد ارزشمند می‌باشند. در راستای رسیدن به اهداف این سند راه بخشی از اقدامات عبارتند از: موافقت با feed-in-tariff برای پروژه‌های توان بادی در سال ۲۰۱۲، نصب ۱ گیگاوات ظرفیت جدید تا سال ۲۰۱۵ و یکسان‌سازی تعرفه‌های بادی با شبکه تا سال ۲۰۲۵.

این سند راه در سه فاز اصلی تدوین شده است:

تسریع روند نصب ۲۰۰ مگاوات اولیه توان بادی تا سال ۲۰۱۵

نصب ۷۰۰ مگاوات بعدی تا سال ۲۰۲۰

رسیدن به ظرفیت نصب شده ۲۳۴۵ مگاوات تا سال ۲۰۳۰

از آن جاکه این سند راه در سال ۲۰۱۲ تدوین شده است اهداف و چشم‌اندازها بر اساس این سال در سند راه مشخص شده‌اند. در راستای رسیدن به فاز اول بایستی اقدامات زیر در بازه‌ی زمانی مشخص شده انجام گیرند:

(۱) ایجاد یا ایجاد قوانین و سیاست‌های مشخص در راستای سطح‌بندی اقدامات و حذف عدم قطعیت‌ها:

دستورالعمل FCFS بایستی تا پاییز سال ۲۰۱۳ تقویت گردد و در این راستا بایستی بودجه کافی برای ایجاد ۲۰۰ مگاوات پروژه توربین بادی اختصاص داده شود.

مجوز راهکار FiT بایستی تا سال ۲۰۱۳ صادر شود و موافقت نامه قیمت های انرژی تجدیدپذیر بایستی امضا گردد.

(۲) جلب نظر عموم در راستای پروژه های انرژی تجدیدپذیر:

طرح جامع IEC بایستی تا سال ۲۰۱۳ تهیه شود.

مطالعات بر روی قیمت برق بادی تا سال ۲۰۱۳

در راستای تحقق اهداف فاز دوم بایستی اقدامات زیر انجام گیرد:

(۱) به کارگیری روش هایی در جهت رفع اشکال سیاست های موجود

ایجاد FiT ثانویه برای نصب ۷۰۰ مگاوات توربین بادی تا سال ۲۰۱۴

توسعه راهکار استاندارد انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۱۳

تعیین مشوق های مالی و غیرمالی تا سال ۲۰۱۴

بازبینی قوانین موجود تا سال ۲۰۱۵

(۲) تسریع روند توسعه پروژه های بادی

ارزیابی پروسه های موجود تا نیمه سال ۲۰۱۴

تسهیل روند قراردادهای تجدیدپذیر تا نیمه سال ۲۰۱۴

تشکیل مرکز هماهنگی سرمایه گذاری در انرژی تا سال ۲۰۱۴

(۳) ایجاد طرح های کوتاه مدت و بلند مدت برای توسعه توان بادی

وارد کردن پروژه های بادی در طرح های توسعه توان، خطوط انتقال و توزیع.

شناسایی پروژه های توان بادی در طرح های توسعه میان مدت

(۴) شناسایی پتانسیل پروژه های بادی

اعلام تجاری سازی پروژه های بادی با مجموع ظرفیت ۷۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۱۵

(۵) ارزیابی منابع بادی به منظور توسعه منبع دیتای بادی بلندمدت قابل اطمینان در جها کاهش ریسک و هزینه پروژه ها

به روزرسانی نقشه باد فیلیپین تا پاییز سال ۲۰۱۳

ایجاد پایگاه داده بین‌المللی تا نیمه سال ۲۰۱۴

(۶) قوی ساختن شبکه برق

تعیین میزان مجاز نفوذ توان بادی به شبکه برق تا سال ۲۰۱۳

ایجاد تسهیلات در راستای اتصال توان جدید به شبکه

در نظر گرفتن الزامات ورود توان تجدیدپذیر به شبکه تا سال ۲۰۱۳

(۷) حصول اطمینان از دسترسی به زیرساخت‌ها به منظور توسعه پروژه‌های توان بادی

ارزیابی تسهیلات زیرساخت‌ها و مشخص کردن نیازهای موجود در جهت توسعه زیرساخت‌ها

(۸) شناسایی راه‌های برای توسعه توان بادی تا سال ۲۰۱۵

توسعه خطوط انتقال

انجام مطالعات پایداری شبکه و نصب ذخیره‌سازها

(۹) تامین مالی پروژه‌های توان بادی تا سال ۲۰۱۵

به منظور رسیدن به چشم‌اندازهای فاز سوم سند راه توان بادی فیلیپین بایستی اقدامات زیر انجام گیرد:

(۱) شناسایی پروژه‌های بادی برای رسیدن به ظرفیت نصب شده ۱۱۴۲ مگاوات تا سال ۲۰۳۰

اعطا کردن پروژه‌های بادی تا سال ۲۰۲۰

(۲) تشدید روند توسعه تحقیقاتی و توسعه تکنولوژی توان بادی

ایجاد موسسه انرژی بادی تا سال ۲۰۱۴

ایجاد توانمندی ملی در فیلیپین برای ساخت قطعات توربین بادی و تربیت متخصصان در این زمینه

(۳) ایجاد مزارع بادی off-grid

سیاست‌گذاری مزارع بادی مستقل از شبکه تا سال ۲۰۱۴

تعیین راهکار مزارع بادی off-grid تا سال ۲۰۱۴

ادغام پروژه‌های بادی با طرح توسعه الکتریکی تا سال ۲۰۲۰

(۴) ایجاد مزارع بادی فراساحلی

انجام مطالعات ارزیابی منابع فراساحلی تا سال ۲۰۱۵

ارزیابی طرح توسعه زیرساخت‌های مزارع فراساحلی

تامین اعتبار مزارع بادی فراساحلی تا سال ۲۰۱۷

علاوه بر اقدامات و چشم‌اندازهای مشخص شده در موارد بالا، سایر اقدامات در راستای رسیدن به اهداف سند راه انرژی بادی فیلیپین تا سال ۲۰۳۰ در سند راه انرژی بادی فیلیپین در بخش ضmann نشان داده شده است.

۲-۳- نکات کلیدی استخراج شده

۲-۳-۱- نکات کلیدی مطالعات تطبیقی

۱. برنامه ریزی استراتژیک برای بهره‌گیری از انرژی باد در دنیا

۲. رویکرد افزایش ظرفیت توربین‌های بادی در دنیا

۳. شکل‌گیری و گسترش شکل‌های جهانی در جهت انرژی‌های تجدیدپذیر

۴. توسعه شبکه‌های انتقال و توزیع متناسب با مزارع بادی

۵. رویکرد نوآوری و توسعه تکنولوژی‌های جدید در توربین‌های بادی

۶. رشد برق بادی فراساحلی

۲-۳-۲- نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم‌انداز

بر اساس نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز تدوین شده، اهداف کلان حوزه‌های اصلی سند راهبردی انرژی بادی ایران در ۳ حوزه اصلی تدوین شدند که عبارتند از:

۱. آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی (ناظر بر بعد هدف ارزشی و مسئولیت اجتماعی)

۲. تکنولوژی توربین بادی (ناظر بر بعد هدف نوآوری و رقابت پذیری)

۳. آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی (ناظر بر بعد هدف ظرفیت‌سازی)

این ۳ حوزه، ابعاد ذکر شده در چشم‌انداز را به خوبی پوشش می‌دهند. در ادامه به تفصیل این حوزه‌ها را مورد بررسی قرار خواهیم

داد.

۲-۴- تعیین حوزه‌های کاربردی مرتبط با انرژی باد

دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری‌های انرژی بادی دارای حوزه‌های کاربرد متنوعی است که در ذیل به طور اجمالی به حوزه‌های مربوطه اشاره گردیده است.

به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط‌زیست، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، و کاهش وابستگی به منابع انرژی خارجی کاربرد دارد. انرژی باد 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 (فتوولتاییک) نصب‌شده در روستاها و مناطق دوردست را دارد. همچنین تنوع کاربردهای مستقیم انرژی باد 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 باد در راستای تأمین کاهش وابستگی اقتصاد کشور به نفت و همچنین دارای کاربرد در تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر می‌باشد.

۲-۵- پیش‌نویس اولیه حوزه‌های کلان مرتبط با انرژی باد

در این گزارش به منظور تعیین اهداف توسعه فناوری‌های بادی از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارتند از:

مطالعات تطبیقی انجام‌شده در حوزه فناوری‌های انرژی باد

گزارش اسناد بالادستی انرژی باد و انرژی‌های تجدیدپذیر

نکات مهم استخراج‌شده از بیانیه چشم‌انداز

با توجه به موارد فوق، دستاوردهای حاصل از انرژی باد در کشور، مشخص شد. لازم به ذکر است که در تدوین پیش‌نویس اهداف، توجه به ویژگی‌های مطلوب برای اهداف که شامل قابل اندازه‌گیری بودن، قابل دستیابی بودن، واقع‌گرایی، محدودیت به زمان، و عینی بودن می‌باشند، ضروری است؛

بر اساس مطالعات انجام گرفته بر روی کشورهای نمونه و حوزه‌های مورد مطالعه در سندهای این کشورها و همچنین با لحاظ نمودن سطح صنعت بادی در ایران و نیاز برای مطالعه حوزه‌های مختلف برای توسعه صنعت بادی، حوزه‌های اصلی مورد مطالعه در سند راهبردی انرژی بادی به صورت جدول زیر مشخص گردید.

جدول ۱-۲- حوزه‌های اصلی سند راهبردی انرژی بادی ایران

فرهنگ سازی سیاسی	
فرهنگ سازی عمومی	
پیوستن به حرکت جهانی	آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی
فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	
توسعه صنعتی	
توربین و اجزاء	تکنولوژی توربین بادی
ظرفیت توربین بادی	
بهینه سازی تکنولوژی	
حمل و نقل و نصب	
نگهداری و تعمیرات	
توربین های فراساحلی	
تست توربین بادی	
فرآوری برق	
بازیافت	
پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی		آماده سازی زیرساخت های فنی
توسعه و بهبود شبکه برق کشور	

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در تعیین حوزه‌های اصلی مورد مطالعه در سند راهبردی انرژی بادی ابتدا سه دسته بندی کلی آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی، تکنولوژی توربین بادی و آماده سازی زیرساخت های فنی بیان شده‌اند. این سه دسته کلی در واقع جهت کلی سند راهبردی انرژی بادی را در ایران مشخص می‌نمایند.

در قالب دسته‌بندی آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی، حوزه های اصلی فرهنگ سازی سیاسی، فرهنگ سازی عمومی، پیوستن به حرکت جهانی، فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست و توسعه صنعتی قرار دارند. در بخش تکنولوژی توربین بادی حوزه‌های اصلی توربین و اجزاء، ظرفیت توربین بادی، بهینه سازی تکنولوژی، حمل و نقل و نصب، نگهداری و تعمیرات، توربین های فراساحلی، تست توربین بادی، فرآوری برق و بازیافت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آماده سازی زیرساخت های فنی نیروگاه بادی دسته کلی است که به حوزه های پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی و توسعه و بهبود شبکه برق کشور تقسیم شده است.

صنعت، توسعه و بهبود شبکه برق کشور، ارزیابی محیط و اثرات محیط زیستی، مردم، پیوستن به حرکت جهانی و ارزیابی اثرات بر روی بازار حوزه های مورد مطالعه در دسته سیاست گذاری، فرهنگ سازی و آماده سازی زیرساخت ها هستند. در بخش بعدی به تفصیل هر کدام از این حوزه ها شرح داده می شوند؛ این نکته نیز بایستی ذکر گردد که در گزارش درخت تکنولوژی توربین بادی در مورد این حوزه ها توضیحاتی داده شده است.

۲-۵-۱- آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی

توسعه صنعت بادی، نیازمند اقدامات زیرساختی فراوانی در بخش های مختلف می باشد. این اقدامات از یک سو نیازمند ایجاد فرهنگ و بستر مناسب در میان مردم و صنایع مختلف است و از سوی دیگر بایستی سیاست های لازم در جهت بهره گیری مناسب از این صنعت ایجاد شود. در حقیقت رفتن به سوی انرژی های تجدیدپذیر به ویژه انرژی باد به عنوان یکی از محبوبترین اشکال انرژی فراتر از یک خواسته و به عنوان یک الزام است.

مطمئناً با توجه به هزینه های سرمایه گذاری بالا در این صنعت رویکرد به سمت صنعت بادی نیازمند ارتقای دانش مردم در زمینه های مزایای جایگزینی سوخت های فسیلی و انرژی تجدیدپذیر برای تامین برق است. در زمینه تشویق سرمایه گذاران مختلف برای سرمایه گذاری در صنعت بادی بایستی سیاست های تشویقی نیز در جهت استفاده از انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته شود.

۲-۵-۱-۱- فرهنگ سازی سیاسی

وابستگی بالای شبکه برق به منابع فسیلی و بازده پایین نیروگاه های حرارتی که در برخی موارد به حدود ۲۰ درصد می رسد، سبب هدر رفتن ذخایر فسیلی کشور می شود. ادامه روند توسعه نیروگاه ها با این روش، امکان استفاده از ذخایر فسیلی را جهت تولید کالا با ارزش افزوده بیشتر محدود می کند. در حال حاضر شبکه برق کشور وابستگی زیادی به سوخت های فسیلی دارد، به نحوی که بخش اعظم برق مصرفی را در نیروگاه های حرارتی تولید می کند. از طرف دیگر، این وابستگی به تولید برق از سوخت های فسیلی تنوع روش های تولید برق را کم کرده و موجب آسیب پذیر شدن کشور در این بخش شده است و این در حالی است که ایران از ظرفیت خوبی در زمینه تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر به ویژه باد برخوردار می باشد.

بررسی وضعیت تولید برق در سطح دنیا نشان می‌دهد کشورهای واردکننده انرژی که متوجه محدودیت و هزینه اقتصادی استفاده از منابع فسیلی جهت تولید برق هستند، اولویت بالایی برای استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی قائل شده‌اند. با توجه به پیشرفت فناوری های مرتبط با انرژی های تجدیدپذیر در سال های اخیر و کاهش قیمت تمام شده آنها، سهم این منابع در تولید برق به صورت شتابان در حال افزایش است. اگرچه در سال ۲۰۰۰ ظرفیت نیروگاه های تجدیدپذیر در دنیا کمتر از ۲ درصد مجموع نیروگاه های برق بود، اما این رقم در حال حاضر به شکل چشمگیری افزایش یافته است. توسعه نیروگاه های تجدیدپذیر در کشورهای دیگر نظیر آلمان و چین و بسیاری از کشورها به عنوان اولویت در نظر گرفته شده است و در طی سال های اخیر توسعه چشمگیری در صنعت باد در این کشورها انجام شده است. این در حالی است که توسعه نیروگاه ها در ایران طی سال های گذشته با تکیه بر نیروگاه های حرارتی صورت گرفته و وابستگی برق کشور را به سوخت های فسیلی افزایش داده است. با وجود گذشت بیش از یک دهه از شروع فعالیت های وزارت نیرو در زمینه انرژی های تجدیدپذیر، سهم این منابع در تولید برق بسیار محدود است و این در حالی است که چین در همین بازه زمانی به یکی از قدرت های اصلی صنعت باد در جهان تبدیل شده است [۵].

کشور ایران با تنوع آب و هوایی زیادی روبرو است و به منظور استفاده بهینه از این پتانسیل در جهت تولید برق بایستی در ابتدا سیاستگذاران به این مهم توجه داشته باشند و سیاست های لازم جهت توسعه صنعت باد کشور در اولویت قرار گیرد تا منابع بادی در کشور به صورت دقیق شناسایی شوند و پتانسیل باد کشور مشخص گردد. طبق آمار ارائه شده در سانا ظرفیت ایران بالغ بر ۶۰۰۰۰ مگاوات است که از این میان ۱۸۰۰۰ مگاوات ظرفیت اقتصادی برای منابع بادی وجود دارد. در زمینه توسعه صنعت باد کشور بایستی مطالعات گسترده ای در زمینه منابع بادی کشور در مناطق فراساحلی و کل کشور انجام گیرد و توسعه صنعت بادی به منظور تامین برق کشور نیازمند تعیین مشخص نیاز شبکه برای نصب و توسعه نیروگاه های بادی نیز هست.

۲-۱-۵-۲- فرهنگ سازی عمومی

یکی از علل تخریب و تهدید محیط زیست استفاده شتابزده و بی حد و مرز از منابع انرژی فسیلی و اثرات سوء ناشی از آنها می باشد. بنابراین محاسبات انجام شده، مصرف انرژی جهان هر بیست سال دو برابر می شود. بنابراین اهمیت یک منبع قابل اطمینان و سازگار با محیط زیست پیوسته ضرورت یافته و محسوس تر می گردد.

در کشور ما به علت دسترسی به منابع ارزان انرژیهای فسیلی، به منابع انرژی تجدیدپذیر و سازگار با محیطزیست کمتر توجه شده است. ولی به علت کاهش منابع زیرزمینی و نمود اثرات سوء این نوع منابع انرژی بر محیطزیست کلیه اقشار جامعه برای حفظ و صیانت از محیطزیست باید عزم خود را جزم کنند.

در این راه سرمایهگذاران، پژوهشگران، عامه مردم و دولتمردان نقش حیاتی دارند. مردم با اهمیت دادن به حفظ محیطزیست و اعتقاد عمیق به توسعه پایدار به صورت یک باور ملی می‌توانند نجات‌دهنده محیطزیست خود باشند. دولتمردان به عنوان ترسیم‌کننده سیاست کلی رسیدن به این هدف و مردم به عنوان عمل‌کنندگان در جهت رسیدن به هدف تعریف شده هر یک با تنگناها و راهکارهای روبرو هستند که انتخاب تدابیر مناسب باید بر آنها فائق آیند.

مردم بایستی در رابطه با سند راه و اهداف آن اطلاع‌رسانی شوند و این لزوماً به معنای مداخله مستقیم آنها در سند راه و یا پروسه تدوین و به کارگیری آن نیست [۶].

۲-۵-۱-۳- پیوستن به حرکت جهانی

انرژی باد با رشد متوسط سالیانه بیش از ۲۶ درصد، رشد قابل توجهی در میان منابع مختلف انرژی داشته است. میزان رشد سالانه در ظرفیت‌های نصب شده توربین بادی در کشورهای مختلف نتیجه برنامه‌ریزی بلندمدت در این زمینه و به کارگیری بخش‌های مختلف در راستای توسعه صنعت بادی بوده است؛ به گونه‌ای که همان‌طور که در بخش مطالعه سند راه انرژی بادی چین عنوان شد این کشور در ظرف چهار سال ظرفیت نصب شده توربین بادی خود را به شکل چشمگیری افزایش داده است و در راستای توسعه هرچه بیشتر صنعت بادی در بخش‌های توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی فراساحلی برنامه‌ریزی انجام داده است. بنابراین توسعه صنعت بادی در کشور نیازمند مطالعه عمیق سند راه‌های کشورهای دیگر و در واقع بررسی روند رو به رشد آنها می‌باشد. با توجه به توسعه اندک صنعت بادی در طی سالیان اخیر، برنامه‌ریزی در راستای توسعه صنعت بادی در کشور بایستی با نگاه به روند استفاده از توربین بادی در جهان انجام شود. در حقیقت علاوه بر افزایش ظرفیت توربین‌های بادی نصب شده در کشور بایستی توربین‌های بادی منطبق با ظرفیت روز جهان گسترش پیدا کنند و مطالعاتی در زمینه بهبود و توسعه صنعت بادی در زمینه ساخت توربین بادی و بهبود آن انجام گیرد. از سوی دیگر بایستی کمیته‌ها و تشکلهای مختلفی برای بازبینی و به روز کردن سند راه انرژی بادی تشکیل شوند و با تدقیق سند راه انرژی باد به توسعه هرچه بیشتر صنعت بادی در کشور و همسو شدن این روند پیشرفت با روند جهانی کمک نمایند.

۲-۵-۱-۴- فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست

بهره گیری از توربین‌های بادی در مقابل استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور تولید برق مزایای زیست محیطی فراوانی از جمله کاهش میزان CO_2 را دارا می‌باشد. در واقع می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین دلایل رویکرد به انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله باد برای تامین برق کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بود. بنابراین لزوم توسعه صنعت بادی در کشور برای تامین برق یک نیاز اساسی برای کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای است.

برخلاف نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های سوخت فسیلی که به مقدار زیادی آب برای خنک کردن نیروگاه نیاز دارند، نیروگاه‌های بادی نیازی به آب برای تولید انرژی الکتریکی ندارند. در این نیروگاه‌ها امکان آلوده شدن منابع آبی توسط این آب-ها وجود دارد.

توربین‌های بادی باید ده برابر قطرشان در راستای باد غالب و پنج برابر قطرشان در راستای عمودی از هم فاصله داشته باشند تا کمترین تلفات حاصل شود. در نتیجه توربین‌های بادی تقریباً به $0/1$ کیلومترمربع مکان خالی به ازای هر مگاوات توان نامی تولیدی نیازمند هستند.

معمولاً برای نصب این توربین‌ها نیازی به پاک‌سازی درختان منطقه نیست. کشاورزان می‌توانند برای ساخت این توربین‌ها زمین‌های خود را به شرکت‌های سازنده اجاره دهند. در ایالات متحده، کشاورزان حدود ۲ تا ۵ هزار دلار به ازای هر توربین در هر سال دریافت می‌کنند. زمین‌های مورد استفاده قرار گرفته برای توربین‌های بادی هم‌چنان می‌توانند برای کشاورزی و چرای دام مورد استفاده قرار بگیرند چراکه تنها ۱٪ از زمین برای ساخت پی توربین و راه دسترسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر ۹۹٪ زمین هنوز قابل استفاده است.

برخی از توربین‌های بادی موجب کشته شدن پرنده‌ها به ویژه پرنده‌های شکاری می‌شوند، البته مطالعات نشان می‌دهد که تعداد پرنده‌های کشته شده توسط توربین‌های بادی در مقابل عوامل انسانی دیگر کشته شدن پرندگان مانند خطوط برق، ترافیک، شکار، ساختمان‌های بلند و به ویژه استفاده از منابع آلوده انرژی تعداد بسیار ناچیزی است؛ برای مثال در انگلستان که در آن چندین هزار توربین بادی وجود دارد تقریباً در هر سال تنها یک پرنده در هر توربین کشته می‌شود در حالی که تنها در اثر آثار مخرب استفاده از خودروها هر سال در حدود ۱۰ میلیون پرنده کشته می‌شوند. در ایالات متحده توربین‌ها هر سال در حدود ۷۰۰۰۰ پرنده را می‌کشند که در مقابل ۵۷ میلیون پرنده کشته شده در اثر استفاده از خودروها یا $97/5$ میلیون پرنده کشته شده

در اثر برخورد با شیشه‌ها مقدار اندکی است. مقاله‌ای در رابطه با طبیعت اظهار داشته که هر توربین به طور متوسط هر سال ۰/۳ پرند یا به عبارتی ۱ پرنده در طول ۳۰ سال می‌کشد.

این در حالی است که اثرات آلودگی‌های صوتی و بصری توربین‌های بادی را نیز نمی‌توان در توسعه توربین‌های بادی نادیده گرفت. بنابراین در توسعه صنعت بادی در کنار نگاه به مزایای آن و در نظرگیری آن به عنوان انرژی پاک بایستی اثرات مخرب زیست‌محیطی آن نیز مورد بررسی و مطالعه قرار داده شود.

۲-۵-۱-۵- توسعه صنعتی

تأثیر بخش صنعت در توسعه به کارگیری انرژی باد را می‌توان به شکل‌های مختلف مورد بررسی قرار داد. در حقیقت افراد مشغول به کار در صنایع مختلف می‌توانند به طرق گوناگونی می‌توانند در صنعت بادی دخیل باشند.

وظایف این بخش از انجام مطالعات، تولید تا تایید محصول نهایی یعنی توربین بادی گسترده می‌شود. در راستای تدوین سند راهبردی انرژی باد ترکیب این گروه بایستی اهداف به کارگیری سند راه را منعکس نماید. از طرف دیگر، این گروه می‌تواند نقش اساسی در توسعه سند راه داشته باشد. همچنین این گروه شامل متخصصانی است که می‌توانند نقش اساسی در توسعه و تجاری کردن تکنولوژی داشته باشند. بنابراین وظایف این تشکلهای را می‌توان به صورت خلاصه در قالب وظایف زیر خلاصه نمود:

تایید اهداف سند راه

دنبال کردن پیشرفت پروژه

مدیریت پروژه

ارتباط با سرمایه‌گذاران

انجام تحلیل

طرح ریزی کارگاه‌ها به منظور توسعه صنعت بادی

تهیه پیش‌نویس

بازبینی سند راه

از طرف دیگر با ایجاد سیاست‌های مناسب در بخش صنعت، می‌توان صنعت توربین بادی را به یک صنعت بومی در کشور بدل ساخت و نیروهای انسانی متخصص را در این صنعت در زمینه تولید توربین بادی و فرآیند نگهداری و عملکرد توربین بادی تربیت کرد. یکی دیگر از مهم‌ترین ضرورت‌های رویکرد به انرژی بادی، افزایش میزان مشاغل در رابطه با صنعت باد است. در مطالعات انجام شده در زمینه توسعه استفاده از نیروگاه‌های بادی بایستی اثرات این صنعت بر روی بازار مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی می‌تواند در سه بخش مجزای بازار داخلی، منطقه‌ای و جهانی باشد. این درحالی است که تا کنون بازار مشخصی در زمینه توربین بادی در کشور وجود نداشته است و در واقع رقابتی بین تولیدکنندگان توربین بادی به منظور ایجاد بازار نبود است که تشکیل یک بازار مشخص با قوانین و سیاست‌های مناسب می‌تواند انگیزه زیادی برای افراد مختلف برای سرمایه‌گذاری در این صنعت و در حقیقت تبدیل این صنعت به یک صنعت رو به رشد در ایران بکند.

ارزیابی بازار توربین بادی در منطقه دیدگاه مناسبی از لحاظ امکان‌سنجی صادرات و تبادل اطلاعات و دانش‌های فنی و تخصصی در زمینه صنعت بادی را فراهم می‌کند و این امر چشم‌انداز مناسبی را در زمینه توسعه صنعت بادی فراهم خواهد کرد. از سوی دیگر، بررسی روند بازار جهانی در واقع به عنوان مشوقی برای تسریع روند توسعه صنعت بادی در کشور خواهد بود و پیشرفت‌های آن‌ها در زمینه صنایع بادی امکان برنامه‌ریزی مناسب در جهت همگام شدن با روند توسعه بازار جهانی صنعت بادی را فراهم خواهد کرد.

بخش اعظمی از بازار توربین بادی هم‌چنان توسط صنعت بادی نصب شده بر روی زمین کنترل می‌شود و منابع بادی زیادی بر روی زمین برای بهره‌برداری وجود دارد و این درحالی است که بازار صنعت بادی فراساحلی هم به سرعت در حال رشد است. روند مطالعه اثرات بازار در بخش‌های مختلف به صورت مفصل در گزارش تدقیق حوزه‌های کلان و شناسایی حوزه‌های میانی بر اساس اهداف میان مدت توضیح داده خواهد شد.

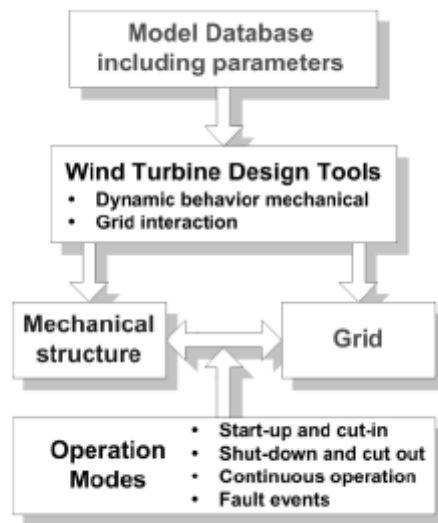
۲-۵-۲- تکنولوژی توربین بادی

در این بخش تمامی تکنولوژی‌های مرتبط با توربین بادی از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجاکه صنعت بادی یک صنعت نوپا در ایران است بایستی تمامی حوزه‌های مرتبط با توربین بادی از لحاظ تکنولوژیکی مورد مطالعه قرار گیرد تا اقدامات و برنامه‌ریزی‌های لازم در این حوزه‌ها با توجه به اهداف تدوین سند راهبردی انرژی باد مشخص گردد. در این بخش حوزه‌های اصلی مورد مطالعه در دسته تکنولوژی توربین بادی بیان می‌شود.

۲-۵-۱-۲- توربین و اجزا

با توجه به اهمیت صنعت بادی، داشتن مدل‌های دقیق و واقع‌گرایانه توربین‌های بادی برای تحلیل، طراحی و آنالیز توربین‌های بادی قابل تصور است. در طراحی و پیاده‌سازی توربین بادی داشتن یک استاندارد مناسب برای ارزیابی کیفیت طراحی و شبیه‌سازی حائز اهمیت است؛ به این منظور استانداردهای بین‌المللی تدوین شده‌اند.

از آن‌جاکه توربین‌های بادی دارای بخش‌های مختلف نظیر بخش آیرودینامیک، مکانیک، الکترونیک و کنترل هستند یک نرم‌افزار مناسب در زمینه طراحی و شبیه‌سازی توربین‌های بادی بایستی قابلیت ارزیابی توربین‌های بادی را در این زمینه‌ها داشته باشد که این رابطه در شکل زیر نمایش داده شده است. در حقیقت یک نرم‌افزار مناسب شبیه‌سازی توربین بادی بایستی ارتباط بین بخش‌های مکانیکی و الکتریکی را به شکل مناسبی در نظر گرفته و تحلیل نماید.



شکل ۲-۱۰- ساختار شبیه‌سازهای توربین بادی [۷]

این نرم‌افزارها قابلیت ارزیابی توربین‌های بادی و قابلیت شبکه را به منظور اتصال توربین‌ها و مزارع بادی به شبکه دارد. شبیه‌سازی اتصال توربین‌های بادی به شبکه اطلاعات ارزشمندی را از تقابل توربین بادی با شبکه در اختیار ما قرار می‌دهد و هزینه‌های بهره‌برداری از شبکه با توربین بادی را کاهش می‌دهد.

به صورت کلی یک نرم‌افزار شبیه‌ساز مناسب توربین بادی بایستی دارای ویژگی‌های زیر باشد:

توانایی شبیه‌سازی رفتار دینامیکی توربین بادی و ایجاد تقابل بین موفیتهای خطا، حالت پیوسته و گسسته

توانایی طراحی مناسب بخش الکتریکی و ایجاد انعطاف در مدلسازی فضای حالت بخش‌های الکتریکی توسعه مدل‌های دینامیکی و فضای حالت برای تمامی اجزای توربین بادی نظیر مدل‌های مکانیکی توربین بادی، مدل ژنراتور، کانورتر و مدل ترانسفورماتور

به منظور تعمیم دادن پایگاه داده مدل، مدل توسعه یافته بایستی شرایط زیر را احراز نماید:

مدل بایستی در دسترس و بر اساس اصول و ادبیات معمول توربین بادی باشد.

مدل بایستی جزئیات مختلف را در نظر گرفته باشد.

پارامترهای مدل بایستی به سهولت قابل تحلیل باشند.

سرعت شبیه‌سازی مدل بایستی به اندازه کافی سریع باشد.

مدل بایستی سازگار با کاربر^۵ باشد و مستندات شبیه‌سازی را تهیه نماید.

مدل بایستی قابلیت ارتقا برای در نظر گرفتن ویژگی‌های دیگر در شبیه‌سازی را داشته باشد.

پس از شبیه‌سازی اجزای مختلف توربین بادی در نرم‌افزارهای مختلف بایستی مدل کلی توربین بادی را در حالت متصل به شبکه در یک نرم‌افزار ایجاد کرد. برای مثال چهار شکل معمول اتصال توربین بادی به شبکه در شکل زیر نمایش داده شده است.

شکل ۲-۱۱- اشکال معمول توربین بادی: a) سرعت ثابت با ژنراتور القایی قفس سنجابی در اتصال مستقیم با شبکه (b) سرعت متغیر با ژنراتور القایی قفس سنجابی (c) سرعت متغیر با ژنراتور القایی دوسو تغذیه (d) سرعت متغیر با ژنراتور سنکرون

تحریک مستقیم [۷]

در بحث مرتبط با اجزای توربین بادی، می‌توان قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده توربین بادی را در نظر گرفت. اجزای اصلی توربین بادی شامل پره، bearings، shaft، gear box، nacelle bed plate and rotor hub، ژنراتور، converter، سیستم کنترل و برج است.

توربین‌های با محور افقی متداول، به سه بخش اصلی تقسیم می‌شوند:

بخش روتور، که تقریباً ۲۰



بخش تکیه‌گاهی که در بر گیرنده ی ۱۵

۲-۵-۲- ظرفیت توربین بادی

همان‌طور که در گزارش سند راهبردی انرژی باد ایران بیان شده است، توربین‌های بادی از حیث ظرفیت به سه دسته کلی توربین‌های بادی بزرگ، کوچک و متوسط تقسیم می‌شوند. توربین‌های بادی کوچک بر اساس ظرفیت‌های ذکر شده در این منبع به توربین‌های بادی با ظرفیت کمتر از ۵۰ کیلووات اطلاق می‌شود و توربین‌های بادی بزرگ شامل گروه‌بندی توربین‌های با ظرفیت بیش از ۲۵۰ کیلووات است.

در دسته بندی ارائه شده در [۹] توربین‌های بادی با لحاظ کردن کاربرد و سایز آن‌ها به سه دسته تقسیم شده‌اند. بر این اساس توربین‌های بادی با سایز کوچکتر از ۳۰ کیلووات در مصارف خانگی کاربرد دارند. توربین‌های بادی متوسط با سایز ۳۰ تا ۵۰۰ کیلووات در تغذیه مستقیم بارهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. توربین‌های بادی در سایز ۵۰۰ کیلووات تا ۲ مگاوات کاربرد تجاری پیدا کرده‌اند.

این در حالی است که [۱۰] توربین‌های بادی کوچک را با سایز کوچکتر از ۱۰۰ کیلووات معرفی کرده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفته که در دسته‌بندی‌های متفاوت حدود سایز توربین‌های بادی به شکل متغیری تعریف شده است و بنابر مراجع مختلف می‌توان دسته‌بندی را به صورت‌های گوناگون بیان نمود. در گزارش تدقیق حوزه‌های کلان و شناسایی حوزه‌های میانی بر اساس اهداف میان مدت، ظرفیت توربین‌های بادی به صورت دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۵-۳- بهینه سازی تکنولوژی

شناسایی انرژی بادی به عنوان یک منبع تولید برق ارزان و پاک فرصت‌های شغلی و امکان نوآوری در زمینه‌های مختلف به منظور بهره‌برداری از این انرژی را ایجاد نمود. این در حالی است که صنعت بادی بایستی همچنان کاهش قابل توجهی را در قیمت برق تولیدی داشته باشد تا با برق تولیدی از سوخت‌های فسیلی قابل رقابت باشد؛ این امر تنها از طریق بهبود بازده توربین بادی در بازه‌ی گسترده‌تری از بادها و کاهش هزینه‌های ساخت امکان‌پذیر است.

هزینه برق تولیدی از توربین بادی تابع عوامل مختلفی نظیر هزینه ساخت توربین بادی، هزینه احداث مزارع بادی، الزامات انتقال توان بادی به شبکه، نگهداری و شرایط باد منطقه است. هر کدام از طراحی‌های جدید توربین بادی تمرکز بر روی بهبود

تکنولوژی آیرودینامیک پره‌ها، مواد، کنترل توربین بادی و سیستم ژنراتور توربین بادی به منظور کاهش هزینه‌های سیستم توربین بادی و افزایش طول عمر توربین بادی دارند [۱۱].

یکی از چالش‌های اساسی طراحان توربین بادی، تنظیم توان خروجی توربین بادی در بازه گسترده باد، ایجاد توان ثابت در طول زمان و کاهش بارگذاری بر روی پره‌ها است. بهبود ساختار توربین بادی می‌تواند از طریق اصلاح ساختاری توربین صورت گیرد. یکی دیگر از مواردی که در بهبود ساختار توربین بادی بسیار مورد توجه است بهره‌گیری از مواد هوشمند در توربین بادی است. در توضیح اصلاح ساختار توربین بادی می‌توان به افزایش طول رتور اشاره کرد که این امر در طول سالیان اخیر منجر به افزایش ظرفیت توربین بادی شده است. از سوی دیگر محیط جاروب شده توسط توربین بادی در طی ۵ سال اخیر در حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است که این افزایش در واقع نشان‌دهنده‌ی تولید توان توربین بادی در سرعت‌های باد کمتر است.

یکی دیگر از اصلاحات ساختاری انجام گرفته در سالیان پیش افزایش دسترسی به توربین بادی از رقم ۷۰ درصد به حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد بوده است. این در حالی است که در حال حاضر توربین‌های بادی با دسترسی ۹۸ درصد در حال تولید هستند که این رقم مشابه عملکرد توربین‌های گازی و نیروگاه‌های هسته‌ای است. به منظور دستیابی به این مقدار قابلیت اطمینان بایستی اجزای توربین بادی بهبود یابد [۱۲].

یکی دیگر از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در زمینه طراحی توربین بادی تفاوت قائل شدن میان طراحی توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی فراساحلی بود که در طی ده سال اخیر رخ داده است. طراحی توربین‌های بادی با ساختار شناور یکی از تغییرات اساسی در زمینه توربین‌های بادی شناور بود.

این روند پیشرفت در تولید توربین‌های بادی در زمینه‌های مختلف انتظار برای پیشرفت توربین بادی با سرعت بیشتری را در طی ده سال آینده ایجاد کرده است. این پیشرفت سبب ایجاد توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و فراساحلی با ساختار جدید و توسعه در اجزای و روند کنترل توربین بادی خواهد شد.

۲-۵-۲- حمل و نقل و نصب

تکنولوژی حمل و نقل و نصب توربین‌های بادی نیز شامل بخش‌های مختلف می‌شود. در ابتدا پایه برج توربین بادی بایستی ایجاد شود که به صورت معمول یک فونداسیون از جنس بتن ساخته می‌شود. این فونداسیون مساحتی در حدود ۱۴*۱۴

مترمربع و عمقی در حدود ۲ متر دارد. این پایه معمولاً در عمق یک متری زمین ایجاد می‌شود. توربین‌ها از طریق کابل‌های دفن شده در زمین به یکدیگر متصل می‌شوند.

به منظور دسترسی به توربین‌های بادی نیاز به احداث جاده‌هایی با پهنای ۵ متر وجود دارد. این جاده‌ها بایستی در صورت ساخت تا حداکثر زمان ممکن برای نگهداری و تعمیرات توربین بادی در دسترس باشند.

از طرف دیگر بایستی امکاناتی برای نظارت بر عملکرد توربین‌های بادی موجود باشد. در زمان عملکرد توربین بادی، امکان دسترسی به توربین‌های بادی بسیار محدود است. نگهداری از توربین بادی در حالتی غیر از رخداد یک خطا از طریق یک ون هر سه ماه انجام می‌گیرد. از طرف دیگر امکان کنترل عملکرد توربین بادی بایستی از طریق یک خط تلفن کنترل شده از راه دور فراهم شود. سیستم کنترل توربین بادی در صورت رخداد خطا به صورت خودکار قطع شده و با مرکز تماس حاصل می‌شود. توربین‌های بادی به صورت متوسط ارتفاع ۶۸ متر و قطر پره ۶۲ متری دارند. زمانی که نوک پره در بالاترین ارتفاع قرار می‌گیرد ارتفاعی در حدود ۹۹ متر از سطح زمین دارد در پایین‌ترین ارتفاع در حدود ۳۷ متر است. این شرایط توربین بادی الزامات خاصی را برای نصب توربین بادی ایجاد می‌کند [۱۳].

بلند کردن بارها در شرایط باد سخت خطرات زیادی را ایجاد می‌کند. اثرات باد بر روی بارها منجر به ایجاد حوادث جدی‌ای خواهد شد که این امر منجر به ایجاد تجهیزات جدید برای نصب توربین بادی شده است. پیش از بلند کردن قطعات با جرثقیل بایستی از میزان باد قابل تحمل برای قطعات توربین بادی اطمینان حاصل کرد. بنابراین بایستی از میزان باد مجاز اطلاع داشت.

نصب توربین‌های بادی بایستی با تجهیزات مناسب و متخصصان آموزش دیده انجام گیرد. نصب توربین‌های بادی به طور مثال در حدود نصف روز برای واحد یک کیلووات تا ۳ روز برای واحد ۱۰ کیلووات طول می‌کشد. محل نصب توربین‌های بادی از اهمیت بالایی برخوردار است بنابراین توربین‌های بادی بایستی در مکان‌های نزدیک به مناطق مسکونی و یا درختان نصب شوند. بنابراین در انتخاب محل مناسب برای نصب توربین‌های بادی بایستی الزامات مربوط به مساحت مورد نیاز برای نصب توربین، دوری از مناطق مسکونی، الزامات نصب اینورتر و وجود منبع الکتریکی در نزدیک محل نصب توربین بادی در نظر گرفته شود [۱۴].

بنابراین می‌توان گفت که فرآیند نصب توربین بادی از دو مرحله تشکیل شده است. در ابتدا کارهای مرتبط با زمین نصب توربین بادی بایستی انجام بگیرد و در مرحله بعد در حدود ۳۰ روز بعد بایستی توربین بادی نصب شود.

به طور مثال در فرآیند نصب توربین بادی ارئه شده در [۱۵] دو جرثقیل با قابلیت حمل بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ تن برای حمل تجهیزات و افراد مورد نیاز است. در ابتدا برج پوشیده شد با استیل که نردبان داخلی دارد، نصب می‌گردد. برج توربین بادی با پوشش خاصی پوشانده می‌شود. توربین بادی نصب می‌گردد و در انتها متخصصان مکانیک و مهندسان برق روند نصب را تکمیل می‌کنند.

۲-۵-۲-۵- نگهداری و تعمیرات

افزایش در ظرفیت توربین‌های بادی نصب شده به معنای توسعه فرآیند نگهداری و تعمیرات توربین بادی است. این روند سبب ایجاد رقابت بین بخش‌های ارائه دهنده خدمات نگهداری و تعمیرات و در نتیجه کاهش هزینه‌های مرتبط با عملکرد توربین بادی شده است. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در بیش از ۸ گیگاوات از ظرفیت نصب شده در آمریکا هزینه نگهداری و تعمیرات در بازه‌ی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ افزایش یافته است [۱۶].

روند بهبود فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات نیازمند صرف زمان و هزینه است. در بعضی از موارد کیفیت عملکرد توربین بادی به دلیل عدم صرف هزینه مناسب بر روی مانیتورینگ عملکرد، مانیتورینگ شرایط و سیستم‌های قابل پیش‌بینی برای نگهداری توربین کاهش می‌یابد. حفاظت مزارع بادی به صورت بهینه نیازمند درک عمیق از نحوه عملکرد توربین بادی است. تعداد زیادی از مزارع بادی با SCADA^۶ تجهیز شده‌اند. هرچند در بسیاری از موارد اطلاعات جمع‌آوری شده برای تشخیص عملکرد توربین بادی و برطرف کردن خطاهای کوچک موجود پیش از رخداد یک خطا مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. بنابراین بایستی سرمایه کافی در جهت نظارت بر دیتاهای جمع‌آوری شده و مانیتورینگ وضعیت توربین بادی برای کاهش هزینه‌های عملکرد توربین بادی صرف شود.

اخیراً، برخی از بخش‌های مرتبط با عملکرد و نگهداری توربین بادی طرح‌های گسترده‌ای در زمینه نظارت بر دیتاهای جمع‌آوری شده و بازرسی روتین‌های موجود به منظور آگاهی از نحوه عملکرد توربین بادی و مانیتورینگ وضعیت آن به صورت منظم فراهم کرده‌اند که می‌تواند منجر به اقدامات پیش‌گیرانه در راستای بهبود عملکرد توربین بادی شود. این روند منجر به کاهش هزینه‌های مرتبط با عملکرد و نگهداری توربین بادی خواهد شد.

با این وجود، این اقدامات به تنهایی هزینه‌های مرتبط با عملکرد و نگهداری توربین بادی را کاهش نخواهد داد. اشکال در اجزای مورد استفاده در توربین بادی نظیر چرخ‌دنده‌ها و ژنراتور همراه با هزینه‌های برنامه‌ریزی نشده نظیر هزینه‌های مرتبط با جرتقیل منجر به افزایش هزینه‌های عملکرد و نگهداری توربین بادی می‌شود.

اگرچه پیشرفت‌های زیادی در زمینه اجزای توربین بادی در طی ۳۰ سال اخیر انجام گرفته است، توسعه بیشتری در زمینه بازده و قابلیت اطمینان توربین‌های بادی مورد نیاز است. این امر نه تنها منجر به بهبود توربین بادی خواهد شد بلکه هزینه‌های ثانویه مرتبط با عملکرد توربین بادی را کاهش خواهد داد. بنابراین بهبود در روند طراحی توربین بادی منجر به کاهش قابل توجهی در هزینه‌های مرتبط با عملکرد توربین بادی خواهد شد.

بسیاری از مطالعات انجام گرفته بر روی توربین‌های بادی به این نتیجه منجر شده است که ادوات الکتریکی مهم‌ترین نقش را در بروز خطا در توربین‌های بادی دارند. تجهیزات مختلفی در زمینه مانیتورینگ وضعیت اجزای توربین بادی به کار گرفته می‌شود. به عنوان مثال این تجهیزات در صورت تغییر دمای روغن درون چرخ‌دنده‌ها و یا سطح لرزش اعلام خطر می‌کنند. این روش به عنوان یک مثال بسیار خوب از مانیتورینگ وضعیت توربین بادی است و روش‌های مشابه می‌تواند در زمینه مانیتورینگ وضعیت پره‌ها، یاتاقان‌ها، مکانیزم کنترل pitch و سایر تجهیزات انجام گیرد. در حال حاضر ادواتی برای نظارت بر وضعیت توربین بادی در حال کار تعبیه شده‌اند. برخی از نرم‌افزارها نیز در زمینه تشخیص بهترین زمان نظارت بر عملکرد تجهیزات ایجاد شده‌اند. این نرم‌افزارها ارزیابی امکان تاخیر در روند بررسی تجهیزات را مهیا می‌کنند.

۲-۵-۲-۶- توربین‌های فراساحلی

بازار انرژی بادی فراساحلی بسیار جوان‌تر از بازار انرژی بادی ساحلی است. تا سال ۲۰۱۲، ۵/۴ گیگاوات توان بادی فراساحلی مورد بهره‌برداری قرار گرفته که از این میان میزان ۹۰ درصد در آب‌های شما اروپا بوده است. به صورت کلی، پروژه‌های فراساحلی ریسک بالاتری را از لحاظ توسعه پروژه در زمان ساخت، عملکرد، قیمت و پیچیدگی بالاتر ایجاد خواهد کرد. در حال حاضر بزرگترین بازارهای انرژی بادی فراساحلی با چالش‌های سیاسی و گستردگی مکانیزم‌های پشتیبان تکنولوژی مواجه هستند. با این حال، انتظار توسعه انرژی بادی فراساحلی در اروپا با نرخ ۱۵ درصد سالانه وجود دارد. بر طبق تخمین جدید IEA، تا سال ۲۰۱۸ ظرفیت انرژی بادی فراساحلی به ۲۸ گیگاوات خواهد رسید.

یکی از چالش‌های اساسی در راستای توسعه انرژی بادی فراساحلی هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا است که در حال حاضر سه برابر هزینه ساحلی بوده اگرچه بایستی ظرفیت‌های بالای توربین‌های بادی فراساحلی مد نظر قرار داده شود. با توجه به عوامل مختلف نظیر فاصله از ساحل و عمق آب هزینه سرمایه‌گذاری بین ارقام $\frac{3}{6}$ تا $\frac{5}{6}$ میلیون دلار بر مگاوات است. در مقابل هزینه سرمایه‌گذاری توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین در رنج $\frac{1}{1}$ میلیون دلار بر مگاوات در چین تا $\frac{2}{6}$ میلیون دلار بر مگاوات در ژاپن تغییر می‌کند، که حد متوسط این هزینه در آمریکا با $\frac{1}{6}$ و اروپای غربی با $\frac{1}{7}$ میلیون دلار بر مگاوات است [۶].

مزارع بادی فراساحلی در ابتدای روند توسعه تجاری هستند. در حالت کلی، مزارع بادی فراساحلی توسعه بیشتری را در طول زمان نسبت به مزارع بادی نصب شده بر روی زمین به ارمغان می‌آورند. دلایل ظرفیت بالاتر و پتانسیل بیشتر برای توسعه عبارتند از:

این توربین‌ها بلندتر هستند و پره‌های طولانی‌تری دارند که در نتیجه سطح جاروب شده را افزایش داده و منجر به بیشتر شدن برق خروجی خواهد شد.

این توربین‌ها در مکان‌هایی نصب می‌شوند که سرعت باد بالاتر و اغتشاش کمتری دارند.

قابلیت توسعه مزارع بادی بسیار بزرگ وجود دارد.

قیود کمتری از لحاظ مکان نصب وجود دارد. با در نظر گرفتن این نکته که محدودیت‌های دیگری شامل خطوط حمل و نقل دریایی، اثرات بصری و ناکافی بودن زیرساخت‌های فراساحلی مشکلاتی را در راستای توسعه این مزارع ایجاد می‌کند.

یکی از چالش‌های اساسی در راستای توسعه باد در بسیاری از کشورها جلب موافقت برای نصب و توسعه مزارع بادی در مناطق با میانگین بالای سرعت باد است که منطبق بر مصارف باشد. تحت محیط نظارتی صحیح، مزارع بادی فراساحلی می‌توانند در راستای برطرف کردن این چالش با به کارگیری مزارع بادی در محیطی با متوسط بالای سرعت باد عمل کنند. بنابراین اگرچه هزینه بهره‌برداری از مزارع بادی فراساحلی بسیار گرانتر از مزارع بادی عادی است در طولانی مدت با توجه به ظرفیت بالا به نتایج مطلوبی منجر خواهد شد. این انتظار وجود دارد که خروجی برق بادی از مزارع بادی فراساحلی ۵۰ درصد بیشتر از مزرعه بادی مشابه نصب شده بر روی زمین با توجه به سرعت بالای باد در مناطق فراساحلی باشد.

در ابتدا نصب توربین‌های بادی در محیط‌های دریایی بر پایه ماشین‌های موجود برای نصب توربین‌های بادی بر روی زمین صورت می‌گرفته است و این در حالی است که طراحی‌های مختص به توربین‌های بادی فراساحلی در حال حاضر در حال پدیدار شدن است. سازندگان و توسعه دهندگان توربین‌های بادی فراساحلی در حال حاضر بیش از ده سال تجربه و دانش را در عرصه توسعه توربین‌های بادی فراساحلی به همراه دارند. توربین‌ها و اجزای استفاده شده در توربین‌های فراساحلی به همراه دانش درباره شرایط ویژه کارکرد این توربین‌ها پیوسته در حال توسعه است و این در حالی است که کاهش هزینه بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراساحلی به عنوان یک چالش اساسی باقی است.

۲-۵-۲-۷- تست توربین بادی

تست توربین بادی به منظور ارزیابی مشخصات مختلف توربین بادی و تطبیق آن با استانداردهای ارائه شده در گزارش درخت تکنولوژی توربین بادی انجام می‌شود. تست توربین بادی شامل بخش‌های زیر می‌باشد [۱۷]:

عملکرد توان

آکوستیک

اندازه‌گیری بارها

ارزیابی طراحی

عملکرد الکتریکی

با توجه به افزایش سایز توربین‌های بادی (توربین‌های بادی ۳ مگاواتی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی ۶ مگاواتی فراساحلی) نیاز به تجهیزات تست بزرگتر محرز است. درایوتترین توربین‌های بادی در دینامومتر قرار می‌گیرد و توسط یک موتور الکتریکی به جای باد برای تست چرخانده می‌شود. با استفاده از شفت‌ها و چرخ‌دنده‌های مختلف و موتور ۶ مگاواتی می‌توان شرایط مختلف باد را شبیه‌سازی کرد و توربین‌ها را در زمان‌های طولانی‌تری در باد بالا تست نمود [۱۸].

تجهیزات جدید قابلیت شبیه‌سازی اثر اغتشاش باد و فشار اعمال شده بر روی پره را دارند. در برخی از سایت‌ها قابلیت شبیه‌سازی تعامل میان توربین بادی و شبکه نیز وجود دارد. این قابلیت امکان دیدن تاثیر اضافه ولتاژ یا کمبود ولتاژ در شبکه را بر روی توربین بادی ایجاد می‌کند. این تست‌ها در زمینه یافتن راهکاری برای پشتیبانی شبکه راهگشا می‌باشند.

در واقع تجهیزات و مراکز تست دقیق تر امکان اطلاع یافتن بیشتر از شرایط توربین بادی در محیط حقیقی را مهیا می کند. در نتیجه تست های انجام گرفته توربین های بادی در حال حاضر امکان تطبیق با ولتاژ پایین در هنگام رخداد خطا برای ادامه کار در شبکه را دارند. از طرف دیگر ادوات الکترونیک قدرت در توربین های بادی امکان تطبیق با فرکانس های مختلف را فراهم می کند.

بهترین راه در جهت رسیدن به تکنولوژی توسعه یافته با هزینه کم و قابلیت اطمینان بالا از طریق تست فراهم می شود. در زمینه ی ادوات تست توربین بادی و سایت های آن در گزارش تدقیق حوزه های کلان و شناسایی حوزه های میانی بر اساس اهداف میان مدت توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

۲-۵-۲-۸- فرآوری برق

در استحصال برق از توربین های بادی بایستی الزامات توربین بادی برای ارتباط یا عدم ارتباط به شبکه و سایر تجهیزات مورد نیاز لحاظ نمود. توربین های بادی بر اساس نوع ارتباط با شبکه به دو دسته کلی توربین های بادی متصل و منفصل به شبکه تقسیم بندی می شوند.

توربین های بادی جدا از شبکه برای تامین برق یک بار یا منطقه خاص استفاده می شوند و در نتیجه نیازمند الزامات یک شبکه سراسری نیستند. این سیستم ها غالباً در تامین برق مناطق دورافتاده کاربرد دارند و در کنار یک ذخیره ساز استفاده می شوند که نحوه کارکرد آن ها در گزارش تدقیق حوزه های کلان و شناسایی حوزه های میانی بر اساس اهداف میان مدت به صورت مفصل بررسی خواهد شد.

توربین های بادی متصل به شبکه به دو دسته کلی، توربین های بادی متصل به شبکه منفرد و توربین های بادی متصل به شبکه گروهی تقسیم بندی می شوند. دسته اول برای تامین بارهای الکتریکی در مقیاس کوچک نظیر بارهای مسکونی و تجاری و کشاورزی استفاده می شوند این توربین ها علاوه بر تامین بار می توانند برق مازاد را در اختیار شبکه قرار دهند. در گروه دوم یعنی مزارع بادی مجموعه ای از توربین های بادی به تامین توان می پردازند و این امر سبب تامین بخش از نیاز شبکه خواهد شد که ظرفیت مزارع بادی با توجه به ظرفیت و تعداد توربین های بادی به کار رفته در مزرعه تعیین خواهد شد.

نصب توربین بادی در شبکه چالش‌های زیادی را به همراه خواهد داشت. ماهیت متغیر توان باد، عامل اصلی این مشکلات است. تغییر توان باد ناشی از ماهیت متغیر سرعت باد است، که این عامل یکی از اصلی‌ترین مشکلات در بهره‌برداری از انرژی باد می‌باشد. حذف این نوسانات در توان خروجی توربین بادی و در واقع هموار کردن توان خروجی توربین بادی بسیار مهم و اجتناب‌ناپذیر است. اهمیت این موضوع در ایجاد مزرعه‌های بادی بزرگ متصل به شبکه بیشتر نمایان می‌شود.

استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی این مشکل را حذف می‌کند و یا حداقل کاهش می‌دهد. استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی به منظور حل مشکل تقاضا در زمان پیک بار، نوسانات باد و رفتار دینامیکی سیستم ضروری است. عملکرد سیستم ذخیره‌سازی انرژی در کنار توربین بادی، بازده و قابلیت اطمینان سیستم را به شکل چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در واقع بدون استفاده از ذخیره‌سازی انرژی، امکان بهره‌برداری کامل از توربین بادی وجود ندارد و باقی‌مانده‌ای که در ساعات کم مصرف تولید می‌شود، هدر می‌رود.

بنابراین نحوه تعامل توربین‌های بادی با شبکه از دو دیدگاه جداگانه نحوه اتصال به شبکه و ادوات مورد نیاز برای اتصال به شبکه بررسی می‌شود.

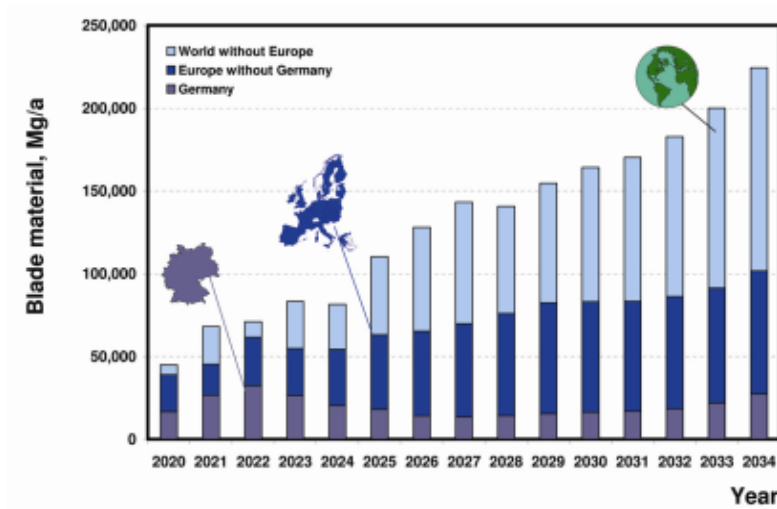
۲-۵-۲-۹- بازیافت

در کنار توسعه توربین‌های بادی و رویکرد کشورهای مختلف در بهره‌گیری از توان بادی بایستی نحوه‌ی جایگزینی و بازیافت توربین‌های بادی نیز در نظر گرفته شود. با توجه به این‌که توربین‌های بادی به عنوان یکی از انواع انرژی پاک تامین برق مطرح شده‌اند، بایستی نحوه‌ی بازیافت آن‌ها به منظور ارزیابی اثرات آن‌ها بر روی محیط زیست مشخص گردد. این جنبه از توربین بادی در بسیاری از مطالعات نادیده گرفته شده است.

به دلیل جوان بودن صنعت توربین بادی، اطلاعات بسیار محدودی در رابطه با بازیافت و دور ریختن توربین بادی در اختیار است. این در حالی است که در حدود ۲۰ سال زمان به منظور کسب تجربه در زمینه نحوه‌ی بازیافت و دور ریختن توربین بادی لازم است [۱۹].

امروزه توربین‌های بادی در سایز بزرگتر نیازمند حجم بالایی از مواد است و این در حالی است که روند بازیافت fiberglass موجود در پره‌های توربین بادی با مشکل مواجه است. یکی از مهم‌ترین اجزای سازنده توربین بادی که مورد بازیافت قرار می-

گیرد، پره توربین بادی است. امروزه حجم بالایی از این مواد در نیروگاه‌ها سوخته می‌شوند و نابود می‌گردند. این امر در حالی است که استفاده از مواد موجود در پره‌های توربین بادی به ساخت پره‌های دیگر محدود نمی‌شود و می‌توان به کاربردهای دیگری نظیر ساخت میز و یا استفاده در جاده‌ها اشاره نمود [۲۰]. در شکل زیر مقدار مواد مورد انتظار در بازیافت پره‌های توربین بادی نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۳- مواد مورد انتظار در بازیافت پره توربین بادی [۲۱]

۲-۵-۳- آماده سازی زیرساخت های فنی

۲-۵-۳-۱- پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی

یکی از اقدامات اساسی در راستای توسعه صنعت بادی در کشور، استخراج اطلس باد کشور و تعیین دقیق پتانسیل باد کشور است. این اقدام منجر به تعیین دقیق پتانسیل باد کشور و برنامه‌ریزی در جهت مشخص نمودن میزان استفاده از منابع بادی برای تامین برق در کشور خواهد شد.

در این زمینه در سازمان انرژی‌های نو ایران نقشه‌ی بادی تهیه شده است که این نقشه باد مشخصات و نحوه‌ی توزیع باد در ایران را مشخص می‌کند. منابع باد را با رزولوشن متوسط (تقریباً ۹۰۰ متر) و برای سرعت باد در ارتفاع‌های ۵۰ و ۸۰ متر بالای سطح زمین نشان می‌دهد. این نقشه به منظور برنامه‌ریزی جهت بادسنجی تدوین شده است و بایستی با استفاده از این نقشه، نقشه مناسب برای تعیین محل‌های مناسب جهت احداث نیروگاه‌های بادی تهیه شود. هدف اصلی از تهیه اطلس و نقشه منابع باد ایران، شناسایی و تعیین مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه بادی است. مراحل تهیه اطلس باد کشور عبارتند از:

تهیه ویرایش صفر نقشه باد

ابتدا بر اساس اطلاعات اولیه موجود، محاسبات منابع باد با استفاده از مدل سه بعدی جو (KLIMM) و نرم افزار Wind pro انجام گرفته است. بر اساس این مطالعات نقشه اولیه باد ایران با رزولوشن ۹۰۰ متر * ۹۰۰ متر تهیه شده که این نقشه مقادیر انرژی و سرعت متوسط باد را نشان می دهد.

عملیات بادسنجی

در این مرحله ۵۰ ایستگاه بادسنجی در نقاط مختلف ایران نصب شده است که این ایستگاهها اطلاعات باد منطقه را به مدت یک سال جمع آوری کرده اند. در واقع این ایستگاهها به منظور جمع آوری دقیق داده های باد کشور احداث شده اند تا اطلاعات در دسترس برای تدوین اطلس باد کشور معتبر باشد.

آماده سازی نقشه نهایی باد ایران

پس از جمع آوری اطلاعات معتبر باد کشور، محاسبات و اقدامات نهایی در راستای تدوین اطلس و نقشه باد ایران انجام خواهد شد.

شناسایی مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه بادی و جایابی توربینها

در مرحله بعدی پس از دریافت و آنالیز داده های باد، ۱۰ سایت برتر همراه با چیدمان بهینه هر سایت و نقشه باد این مناطق با رزولوشن ۲۰۰ متر * ۲۰۰ متر تدوین خواهد شد.

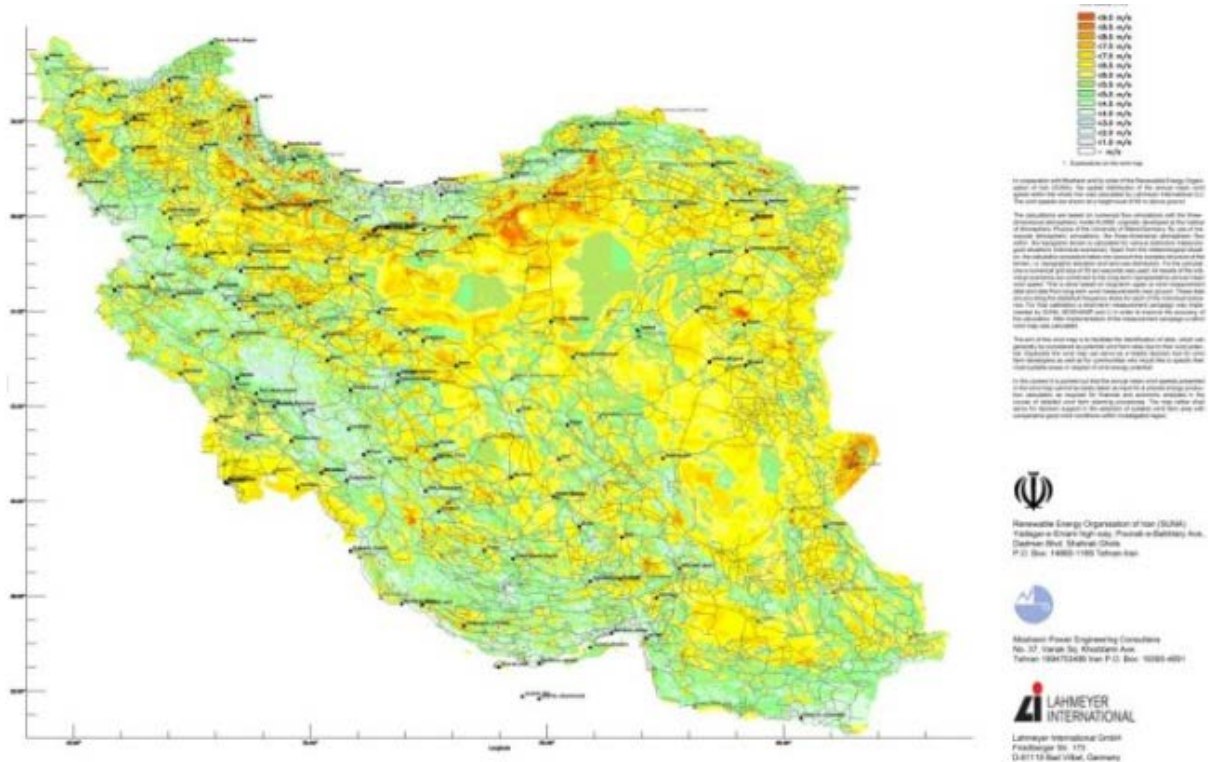
در زمینه اطلاعات در دسترس برای تدوین اطلس باد کشور منابع مختلفی در دسترس است. یکی از منابعی که در جهت تدوین اطلس باد کشور مورد استفاده قرار گرفته است اطلاعات سرعت و جهت باد جو بالا در ارتفاع ۷۴۰۰ متری از اطلس جهانی هواشناسی است. بانک اطلاعاتی که در این مطالعات استفاده شده است یک دوره آمار ۷ ساله از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۷ و یک دوره ۶ ساله از ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۱ را شامل می شود. بر این اساس بادهای غالب در ایران، بادهایی هستند که از شمال غربی، غرب و جنوب غربی می وزند.

علاوه بر آمار باد جو بالا اطلاعات مربوط به پروفیل دما در لایه های مختلف جو نیز بایستی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند. دما در لایه های مختلف جوی نشان دهنده تاثیر پایداری اتمسفریک بر جریان های هوا است، به همین دلیل در یک لایه جو پایدار جابه جایی توده های هوا ناچیز می باشد. بنابراین اطلاعات دما به منظور تعیین باد بسیار ضروری است.

یکی دیگر از منابع معتبر اطلاعاتی سالنامه‌ی هواشناسی منتشر شده توسط سازمان هواشناسی ایران است که در این سالنامه اطلاعات مرتبط با سرعت و جهت باد، بارندگی و سایر اطلاعات ثبت شده است. در مطالعات انجام گرفته توسط سانا اطلاعات سرعت و جهت باد برای یک دوره ده ساله مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند.

نقشه باد و یاریش صفر بر اساس ۱۲ جهت وزش باد برای تمامی نواحی ایران محاسبه شده و اطلاعات باد از ۱۶۰ ایستگاه هواشناسی، ۵ ایستگاه بادسنجی در خوزستان، ۱۰ ایستگاه بادسنجی در منجیل و ۱ ایستگاه بادسنجی در بینالود مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سازمان انرژی‌های نو ایران توزیع سرعت میانگین سالانه باد را برای سراسر ایران تهیه کرده است و در این نقشه پروفیل سرعت باد در ارتفاع ۵۰ و ۸۰ متری برای کل کشور ارائه شده است. نتایج این محاسبات با مقادیر اندازه‌گیری شده بلندمدت شرایط باد ترکیب شده و این اطلاعات برای کالیبراسیون نهایی و جایابی مزارع بادی استفاده خواهد شد.

در انتهای عملیات بادسنجی، نقشه به روز شده باد آماده شده و بر اساس آن، مکان مزارع بادی تعیین خواهد شد. در واقع هدف از تدوین این نقشه، سهولت مکان‌یابی نقاط مستعد برای احداث مزارع بادی است. در عین حال این نقشه می‌تواند به عنوان ابزاری برای جذب سرمایه‌گذاران به منظور احداث نیروگاه‌های بادی در مناطق مختلف استفاده شود. یکی از نکات ضروری این است که سرعت میانگین سالانه باد تنها عامل تعیین کننده برای انجام تجزیه و تحلیل اقتصادی برای احداث نیروگاه‌های بادی نیست [۲۲]. نقشه پتانسیل باد کشور ایران در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۴- پتانسیل باد کشور ایران [۲۲]

در مطالعات انجام گرفته تا کنون پتانسیل باد ایران به صورت تقریبی مشخص گردیده است این مطالعات بایستی به صورت دقیق برای تعیین دقیق پتانسیل باد ایران انجام گیرند و اطلس باد کشور به منظور توسعه صنعت بادی بایستی به صورت دقیق مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

به منظور توسعه نیروگاه‌های بادی بایستی در ابتدا نیاز شبکه برای تامین برق و گسترش نیروگاه‌های بادی تعیین شود. این پتانسیل سنجی از چندین دیدگاه متفاوت می‌تواند انجام بگیرد و یکی از مهم‌ترین نکاتی که بایستی در این توسعه مورد توجه قرار گیرد ضرورت جایگزینی نیروگاه‌های سوخت فسیلی با نیروگاه‌های بادی به منظور تامین برق است.

اطلاعات به دست آمده از اطلس باد در زمینه تعیین مکان مناسب برای نصب توربین‌های بادی راهگشا خواهد بود. البته بایستی این نکته مورد توجه قرار گرفته شود که تنها عامل سرعت باد مشخص کننده محل مناسب برای احداث نیروگاه بادی نیست بلکه بایستی عوامل دیگر نظیر کاربری زمین، قیمت زمین، دور بودن از مناطق مسکونی و جنگل‌ها و سایر عوامل برای انتخاب مناسب محل احداث نیروگاه‌های بادی مورد توجه قرار گیرد.

مکان‌یابی محل مناسب برای استقرار مزارع بادی مانند هر پروژه مهندسی دیگر، به اطلاعات پایه و برنامه‌ریزی دقیق نیازمند است. انتخاب عوامل متعدد سبب تعدد لایه‌های اطلاعاتی شده و کوشش‌ها برای یافتن راه‌حلی مناسب برای تحلیل لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه صحیح، تصمیم‌گیران را به سمت و سوی استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا از نظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات در حد بالایی قرار داشته باشد.

در زمینه تعیین مکان مناسب احداث نیروگاه بادی، مطالعات مختلفی انجام گرفته‌اند. امکان استقرار توربین‌های بزرگ بادی در استان اردبیل و تعیین مناطق مناسب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه مدل تصمیم‌گیری چند معیاره انجام گرفته است. مطالعات متعددی در کشورهای مختلف برای استفاده از انرژی بادی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های تصمیم‌گیری صورت گرفته که منجر به شناسایی پتانسیل و پهنه‌های مناسب برای نصب و ایجاد نیروگاه‌های بزرگ بادی شده است.

در مقاله‌ای در کشور تایلند تحت حمایت سازمان‌های مربوطه و با تلفیق AHP و GIS با در نظر گرفتن معیارهای ارتفاع، پتانسیل باد، ناهمواری‌های سطح زمین، فاصله از روستا، نقاط زیستی، فرودگاه، مناظر طبیعی، بزرگراه‌ها، مناطق راهبردی، رودخانه‌ها و کانال اقدام به شناسایی مناطق مستعد برای نصب توربین‌های بزرگ بادی کرده است [۲۳].

در مقاله [۲۴] با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل fuzzy و با استفاده از معیارهای پتانسیل باد، فاصله از شهرهای بزرگ، رود، شهرک، فرودگاه، مناطق حفاظت شده و سکونت‌گاه پرنده‌ها و اثرات منفی توربین‌های بادی هم‌چون آلودگی صوتی اقدام به ارزیابی محیطی سیستم‌های انرژی باد و تعیین مناطق مناسب برای مزارع بادی به منظور بهره‌گیری در برنامه‌ریزی فضایی شده است.

پتانسیل باد در کشور لهستان با استفاده از رویکرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و در نظر گرفتن ۳ معیار اقتصادی، اکولوژیکی و تکنیکی و با در نظر گرفتن عواملی چون ارتفاع، مناطق شهری، پهنه‌های آبی، مناطق جنگلی، مناطق حفاظت شده، شیب، راه‌های ارتباطی، شبکه انتقال نیرو به منظور معرفی مناطق و پهنه‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری در زمینه احداث نیروگاه‌های بادی اندازه‌گیری شده است [۲۵].

یکی دیگر از مطالعات انجام گرفته در این زمینه به منظور احداث توربین بادی در استان زنجان انجام شده است که این مطالعه با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره (روش هم‌پوشانی شاخص، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش فازی) و با در نظر گرفتن عوامل مختلف نظیر سرعت باد، کاربری اراضی، توپوگرافی، شیب زمین، آب و هوا، بارندگی، پوشش گیاهی،

فاصله از شهر، فاصله از روستاها، دسترسی به راهها و خطوط ریلی، فاصله از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، فاصله از خطوط گسل و جنس زمین مناطق مناسب برای احداث مزارع بادی را تعیین کرده است [۲۶].

بنابراین با تدقیق اطلس باد کشور و در نظر گرفتن عوامل مختلف ذکر شده در مقالات فوق می‌توان محل مناسب برای احداث نیروگاه‌های بادی را به صورت دقیق مشخص نمود.

غیر قابل پیش بینی بودن پارامترهای باد، بزرگترین ضعف آن به عنوان یک منبع انرژی است. توان تولیدی هر سیستم تبدیل انرژی بادی، به سرعت و جهت وزش باد بستگی دارد، لذا هرگونه تلاشی برای پیش بینی توان تولیدی توربین بادی و داشتن دیدی مناسب از میزان توان تحویلی نیروگاه بادی به شبکه نیازمند انجام مطالعات دقیق برای پیش‌بینی باد به روش‌های مختلف است و از طرف دیگر استقرار سایت‌های هواشناسی مناسب به منظور بادسنجی و مشخص نمودن دیتاهای دقیق باد بسیار ضروری است.

از جمله سایر مزایای تخمین پارامترهای باد، توانایی کنترل و تنظیم توربین بادی برای استحصال حداکثر توان ممکن از باد وزشی است. بعلاوه در صورتیکه عملکرد توربین و سیستم الکتریکی نیروگاه بادی، با پیش‌بینی دقیق تغییرات سرعت و جهت باد کنترل موثری شوند، راندمان تولید توان الکتریکی و طول عمر تجهیزات تا حد بسیار چشمگیری افزایش می‌یابد که این امر به منظور کنترل سیستم‌های هایبرید دیزلی- بادی بسیار ضروری است [۲۷].

پیش‌بینی سرعت باد در بازه‌های زمانی طولانی، به مدیریت شبکه برق این امکان را می‌دهد تا با برنامه‌ریزی صحیح، از حداکثر ظرفیت منابع انرژی بادی در دسترس بهره برده و میزان انرژی ذخیره مورد نیاز را کاهش دهد که خود سبب افزایش قابلیت اطمینان در شبکه و کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها می‌گردد. افزایش سهم مزارع بادی در کل تولید برق شبکه‌های بزرگ، باعث شده تا در محاسبات اقتصادی مربوط به پخش بار، نقش این منابع نیز با توجه به پیش‌بینی‌هایی که از توان تولیدی آنها می‌شود، لحاظ گردد.

روش‌های پیش‌بینی سرعت باد از دیدگاه نوع روش و زمان مورد پیش‌بینی به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند که این دسته بندی در گزارش درخت تکنولوژی باد ارائه داده شده است.

در سرتاسر ایران ایستگاه‌های بادسنجی توسط سازمان انرژی‌های نو نصب گردیده است که این ایستگاه‌ها مجهز به سنسورهای سرعت باد در ارتفاع ۱۰، ۳۰ و ۴۰ متری از سطح زمین و سنسورهای جهت باد در ارتفاع ۳۰ و ۳۷/۵ متری می-

باشند. در این ایستگاهها اطلاعات به صورت ثانیه‌ای اندازه‌گیری شده و به صورت میانگین در هر ۱۰ دقیقه ذخیره می‌شوند [۲۲].

هدف از انجام عملیات باد سنجی عبارت است از:

دستیابی به سری‌های زمانی سرعت باد

اندازه‌گیری مقادیر سرعت میانگین باد در ارتفاعات ۱۰، ۳۰ و ۴۰ متری

اندازه‌گیری جهات وزش باد

به دست آوردن توزع سرعت متوسط باد

به دست آوردن توزیع weibull بر اساس میانگین ۱۰ دقیقه‌ای سرعت باد

با توجه به ضریب نفوذ بالای نیروگاه‌های بادی در شبکه‌های قدرت و نیز عدم قطعیت بالای تولید توان در نیروگاه‌های بادی به دلیل ذات تصادفی سرعت باد، توسعه شبکه انتقال و ظرفیت سازی برای اتصال نیروگاه بادی به شبکه یک امر ضروری در راستای توسعه بهره‌گیری از توان بادی است.

۲-۵-۳-۲- توسعه و بهبود شبکه برق کشور

یکی دیگر از ضرورت‌های رویکرد به انرژی بادی و استفاده از آن برای تامین برق، استفاده در جهت تامین برق مناطق دور افتاده و دور از دسترس است که استفاده از توربین‌های بادی کوچک در این زمینه برای تامین برق مناطق مرزی و روستاهای دورافتاده که امکان استفاده از شبکه انتقال وجود ندارد بسیار ضروری است.

با طراحی و ساخت توربین‌های بادی کوچک و متوسط در حد مصرف واحدهای کوچک و دورافتاده علاوه بر تامین انرژی الکتریکی ارزان برای این مناطق می‌توان از هزینه‌های بسیار گزاف رساندن انرژی الکتریکی از طریق شبکه سراسری برق و یا سوخت‌رسانی به این مناطق می‌توان تا حد زیادی جلوگیری کرد. با توجه به این مطلب که ایران دارای حدود ۶۶۰۰۰ روستا می‌باشد، برق‌رسانی به یک روستای چندخانوار در دور افتاده موجه نیست و استفاده از توربین‌های بادی در بسیاری از مناطق مستعد و بادخیز راه‌حل مناسبی جهت تامین انرژی می‌باشد. از سوی دیگر برخی از روستاهای واقع شده در مناطق مرزی از

اهمیت استراتژیکی بالایی برخوردار می‌باشند و حفظ امنیت این روستاها بسیار اساسی است و این در حالی است که تامین برق این روستاها با مشکل مواجه است و استفاده از توربین بادی برای تامین برق این مناطق بسیار توجیه‌پذیر است. با توجه به اینکه تامین انرژی الکتریکی در مناطق روستایی به خصوص مناطق دوردست به لحاظ فنی و اقتصادی همواره مشکلاتی را فراراه متولیان برق‌رسانی به روستاها قرار داده است از طرفی افت ولتاژ تلفات توان در خطوط انتهایی شبکه سراسری باعث تحمیل هزینه گزاف هم به مصرف‌کننده به لحاظ کاهش ولتاژ و هم به شبکه به علت تلفات توان گردیده است [۲۸].

یکی از موضوعاتی که لازم است به همراه رشد و توسعه سریع انرژی‌های تجدیدپذیر خصوصاً نیروگاه‌های بادی در کشور مد نظر قرار گیرد، ظرفیت‌سازی مناسب شبکه انتقال و فوق توزیع برای انتقال توان بادی به شبکه است. این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که از یک سو میزان تولید توان بادی، احتمالاتی و تصادفی است و از سوی دیگر ضریب بهره برداری از نیروگاه بادی، نسبتاً پایین است و شاید مقرون به صرفه نباشد ظرفیت‌سازی برای حداکثر ظرفیت تولید نیروگاه انجام گیرد. بنابراین در توسعه نیروگاه بادی بایستی اثرات آن بر روی شبکه توزیع برق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شود. توسعه و بهبود شبکه برق کشور در راستای به کارگیری توان بادی می‌تواند در بخش‌های مختلف از جمله تعیین سهم برق بادی در تامین نیاز شبکه، آماده‌سازی شبکه انتقال و توزیع برای توسعه صنعت بادی، ایجاد بازار برق هوشمند و کاهش قیمت برق بادی توسط اپراتور صنعت برق به منظور رویکرد بیشتر به این انرژی پاک مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۶- جمع‌بندی و ارائه اهداف بلندمدت

در این فصل، ابتدا اهداف بلندمدت انرژی بادی ایران بر اساس مستندات و مطالعات انجام‌گرفته و وضعیت موجود صنعت بادی در ایران تعیین گردید؛ در گام بعدی، سند راه انرژی بادی سایر کشورها با دیدگاه بررسی حوزه‌های مورد مطالعه آن‌ها در صنعت بادی مورد بررسی قرار داده شد و سپس حوزه‌های کلان سند راه انرژی باد بر اساس اهداف تدوین سند راه مشخص گردید، از سوی دیگر مطالعه و ارزیابی کاملی بر روی تمامی این حوزه‌ها انجام گرفت که این حوزه‌ها عبارتند از:

آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی که به شرح زیر می‌باشد:

فرهنگ سازی سیاسی

فرهنگ سازی عمومی

فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست

تکنولوژی توربین بادی که به شرح زیر می باشد:

تکنولوژی توربین و اجزا

ظرفیت توربین بادی

بهینه سازی تکنولوژی

حمل و نقل و نصب

نگهداری و تعمیرات

توربین های فراساحلی

تست توربین بادی

فرآوری برق

بازیافت

آماده سازی زیرساخت های فنی که عبارتند از:

پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی

توسعه و بهبود شبکه برق کشور

بر اساس مطالعات انجام گرفته و بررسی اسناد راهبردی کشورهای نمونه و با لحاظ نمودن وضعیت صنعت بادی در ایران اهداف بلند مدت به شرح زیر ارائه می شود:

ایجاد تنوع در سبد انرژی کشور و عدم وابستگی به منابع سوخت فسیلی به منظور تامین برق.

کاهش میزان گازهای گلخانه ای از طریق جایگزینی نیروگاه های مبتنی بر سوخت های فسیلی با نیروگاه های بادی.

بومی سازی صنعت بادی و تلاش به منظور انتقال تکنولوژی به سایر کشورهای منطقه.

افزایش سرمایه گذاری در زمینه صنعت بادی و بالا بردن میزان جذابیت این صنعت به منظور جذب سرمایه گذاران.

شناسایی روند بازار جهانی و تلاش برای تطابق با روند پیشرفت بازار جهانی و ایجاد سهم در بازار صنعت بادی جهانی. افزایش ظرفیت شبکه انتقال و توزیع به منظور ادغام ظرفیت بالای نیروگاه‌های بادی با شبکه. توسعه دانش فنی و تخصصی و اتوماسیون صنایع بادی. انجام تحقیق و توسعه به منظور دستیابی به دستاوردهای نوین در زمینه‌های مختلف مرتبط با صنایع بادی. توسعه توربین‌های بادی فراساحلی با توجه به توان بالقوه کشور در عرصه صنعت بادی فراساحلی.

فصل ۳- تدوین اهداف میان مدت و تهیه ویرایش ۲ نقشه راه شامل حوزه‌های فرعی

۳-۱- مقدمه

پس از انتخاب حوزه‌های اصلی نقشه راه انرژی بادی ایران، بایستی حوزه‌های میانی نقشه راه تعیین گردند و لیکن بایستی به این نکته توجه نمود که انتخاب این حوزه‌ها وابسته به حوزه‌های اصلی نقشه راه و اهداف و چشم‌اندازها در تدوین نقشه راه است. برای رسیدن به این مهم، ابتدا نقشه راه انرژی بادی چین، ایرلند، اروپا و فیلیپین در بخش انتخاب حوزه‌ها و نحوه تعیین چشم‌اندازها به صورت کامل در بخش شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت مورد بررسی قرار گرفته است.

مطالعه ادبیات این کشورها در نحوه نوشتار سند راه انرژی بادی، راهنمای بسیار خوبی در زمینه تدوین سند راهبردی انرژی بادی ایران است. پس از مطالعه دقیق این اسناد، اهداف ایران در نقشه راهبردی انرژی بادی با توجه به سطح قابلیت و امکانات ایران در سطح صنعت بادی تعیین شد. پس از تعیین اهداف، حوزه‌های میانی به دقت انتخاب گردید و نمای کلی نقشه راه انرژی بادی به دست آمد.

لازم به توضیح است که حوزه‌های سند راه انرژی بادی ایران در بخش‌های شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری و شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت شرح داده شده است. در این فصل توضیحات تکمیلی در راستای این حوزه‌ها داده شده و اهداف میان‌مدت نقشه‌راه مشخص می‌شوند و در بعضی از بخش‌ها به توضیحات بخش‌های پیشین و سند راهبردی انرژی بادی ایران ارجاع داده خواهد شد.

۳-۲- تعریف اهداف میان مدت فناوری باد بر اساس مستندات داخلی و خارجی

نقشه راه بادی تدوین شده در طی این گزارشات در ابتدا به سه بخش کلی تکنولوژی توربین بادی، پتانسیل سنجی توسعه نیروگاه بادی و سیاست گذاری، فرهنگ سازی و آماده سازی زیرساخت‌ها تقسیم می‌شود.

حوزه‌های میانی تا دو سطح تعیین شده‌اند و چشم‌اندازها در این گروه‌بندی ارائه خواهد شد.

زیرگروه‌های بخش آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی به شرح زیر می‌باشد:

فرهنگ سازی سیاسی: توجیه سیاست گذاران - سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور

فرهنگ سازی عمومی: آشنایی با لزوم استفاده از انرژی‌های پاک - جهت دهی به سرمایه‌های خصوصی

پیوستن به حرکت جهانی؛ شناسایی شکل های جهانی و پیوستن به آن ها- تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد

فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست: ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی- بررسی آلودگی های صوتی و بصری

توسعه صنعتی: بومی سازی توربین بادی- تربیت نیروی انسانی متخصص- طراحی شغل

زیر حوزه های بخش تکنولوژی توربین بادی عبارتند از:

تکنولوژی توربین و اجزا: طراحی و شبیه سازی توربین- پره- گیربکس- ناسل و هاب- ژنراتور- سیستم کنترل- کانورتر- برج- توربین های بادی مگاواتی بدون گیربکس

ظرفیت توربین بادی: توربین های بادی کوچک- ۳ تا ۵ مگاوات- بیشتر از ۵ مگاوات.

بهینه سازی تکنولوژی: استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند- اصلاح ساختاری توربین.

حمل و نقل و نصب: تکنولوژی حمل و نقل- فونداسیون ساحلی و فراساحلی- اتوماسیون نصب.

نگهداری و تعمیرات: اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت- تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها

توربین های فراساحلی: پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی- طراحی و ساخت توربین های فراساحلی- ساختار

شبکه انتقال در مناطق فراساحلی

تست توربین بادی: ایجاد مرکز تست توربین بادی- توسعه فنی ادوات تست توربین بادی

فراوری برق: ذخیره سازی- تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه

بازیافت: تکنولوژی بازیافت و دورریز

زیر شاخه های بخش آماده سازی زیرساخت های فنی عبارتند از:

پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی: تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه- پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق

دوردست- استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلندمدت باد

توسعه و بهبود شبکه برق کشور: آماده سازی شبکه انتقال و توزیع- ایجاد بازار برق هوشمند- کاهش قیمت برق

بادی

بر اساس تعریف ارائه شده در افق زمانی بازه زمانی میان مدت برابر با ۵ تا ۱۰ سال است. بنابراین در تقسیم بندی های ارائه شده اهداف میان مدت ارائه خواهد شد.

طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی با ظرفیت بالای ۱۰ مگاوات و تولید انبوه توربین های بادی با ظرفیت زیر ۵ مگاوات.

توسعه نرم افزار بهینه برای طراحی توربین های بادی.

استفاده از مواد هوشمند به منظور بهبود عملکرد اجزای توربین بادی.

توسعه فنی ادوات تست توربین بادی.

مطالعه بر روی بهبود ساختار توربین بادی.

توسعه تجهیزات حمل و نقل توربین بادی.

توسعه اتوماسیون نصب توربین بادی.

توسعه تکنولوژی نت کردن تعمیرات و نگهداری برای توربین های بادی با ظرفیت بالا.

توسعه طراحی و ساخت ذخیره ساز متناسب با ظرفیت های توربین بادی.

توسعه روش های بازیافت توربین بادی و انتقال دانش فنی در این زمینه با سایر کشورها.

امکان سنجی نصب و توسعه توربین های بادی فراساحلی.

طراحی و ساخت توربین بادی فراساحلی و مطالعات بر روی توسعه نیروگاه های بادی فراساحلی.

بومی سازی طراحی و ساخت اجزای توربین بادی و رفع اشکالات موجود در طراحی های پیشین.

تغذیه مناطق دوردست شبکه از طریق توربین بادی به صورت مجزا از شبکه.

تجهیز پایگاه های هواشناسی به منظور پیش بینی دقیق باد.

برنامه ریزی در جهت ایجاد بستر مناسب و تربیت نیروی متخصص در راستای صنعت باد.

افزایش اتوماسیون صنعت باد.

مدل سازی شبکه هوشمند و بستر سازی مناسب به منظور هوشمند سازی شبکه برق کشور.

بررسی فواید و مضرات زیست محیطی بهره‌گیری از توربین‌های بادی و انتخاب مکان مناسب بر این اساس به منظور نصب و توسعه نیروگاه بادی.

کاهش مالیات بخش‌های صنعتی مشترک انرژی بادی و تاسیس بانک‌هایی در جهت اعطای وام‌های کم بهره به سرمایه‌گذاران در این بخش.

تعیین و اعمال سهم تکنولوژی طراحی و ساخت در بازار داخلی، منطقه‌ای و خارجی.

۳-۳- حوزه‌های سند راه انرژی باد

در تدوین سند راهبردی انرژی باد کشور مانند سایر سندهای راهبردی بایستی حوزه‌های کلی و میانی به دقت مشخص گردند، تشخیص و انتخاب صحیح این حوزه‌ها روند تدوین سند را به سهولت امکان‌پذیر می‌کند. در حقیقت این انتخاب یک رکن اساسی در سند راه است.

به منظور توضیح مختصر و بیان حوزه‌ها به صورت کلی در این بخش می‌توان گفت که سند راهبردی و نقشه‌راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور در ابتدا به سه بخش کلی آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی؛ تکنولوژی توربین بادی و آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی تقسیم می‌شود.

حوزه‌های میانی تا دو سطح تعیین شده‌اند و چشم‌اندازها در این گروه‌بندی ارائه خواهد شد. زیرگروه‌های بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی به شرح زیر می‌باشد:

فرهنگ سازی سیاسی: توجیه سیاست‌گذاران - سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور

فرهنگ سازی عمومی: آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک- جهت دهی به سرمایه های خصوصی

پیوستن به حرکت جهانی: شناسایی شکل های جهانی و پیوستن به آن ها- تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد

فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست: ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی- بررسی آلودگی های صوتی و بصری

توسعه صنعتی: بومی سازی توربین بادی- تربیت نیروی انسانی متخصص- طراحی شغل

زیر حوزه‌های بخش تکنولوژی توربین بادی عبارتند از:

- تکنولوژی توربین و اجزا: طراحی و شبیه سازی توربین- پره- گیربکس- ناسل و هاب- ژنراتور- سیستم کنترل- کانورتر- برج- توربین های بادی مگاواتی بدون گیربکس
- ظرفیت توربین بادی: توربین های بادی کوچک- ۳ تا ۵ مگاوات- بیشتر از ۵ مگاوات.
- بهینه سازی تکنولوژی: استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند- اصلاح ساختاری توربین.
- حمل و نقل و نصب: تکنولوژی حمل و نقل- فونداسیون ساحلی و فراساحلی- اتوماسیون نصب.
- نگهداری و تعمیرات: اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت- تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها
- توربین های فراساحلی: پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی- طراحی و ساخت توربین های فراساحلی- ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی
- تست توربین بادی: ایجاد مرکز تست توربین بادی- توسعه فنی ادوات تست توربین بادی
- فرآوری برق: ذخیره سازی- تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه
- بازیافت: تکنولوژی بازیافت و دورریز

زیر شاخه‌های بخش آماده سازی زیرساخت های فنی عبارتند از:

- پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی: تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه- پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق
- دوردست- استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلندمدت باد
- توسعه و بهبود شبکه برق کشور: آماده سازی شبکه انتقال و توزیع- ایجاد بازار برق هوشمند- کاهش قیمت برق بادی

با توجه به توضیحات دقیق حوزه های اصلی در گزارش شناسایی حوزه های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت، در این گزارش حوزه های میانی به صورت کامل توضیح داده خواهد شد. در گزارش درخت فناوری باد توضیحاتی در زمینه این حوزه ها داده شده است و در این گزارش به بررسی دقیق تر این حوزه ها می پردازیم.

جدول ۳-۱- حوزه های اصلی و میانی نقشه راهبردی صنعت باد کشور ایران تا افق سال ۱۴۱۰

توجیه سیاست گذاران	فرهنگ سازی سیاسی	آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی
سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور	فرهنگ سازی عمومی	
آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک		
جهت دهی به سرمایه های خصوصی	پیوستن به حرکت جهانی	
شناسایی تشکل های جهانی و پیوستن به آن ها		
تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد	فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	
ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی		
بررسی آلودگی های صوتی و بصری	توسعه صنعتی	
بومی سازی توربین بادی		
تربیت نیروی انسانی متخصص		
طراحی شغل	توربین و اجزاء	تکنولوژی توربین بادی
طراحی و شبیه سازی توربین		
پره		
گیربکس		
ناسل و هاب		
ژنراتور		
سیستم کنترل		
کانورتر		
برج		
توربین های مگاواتی بدون گیربکس			ظرفیت توربین بادی
توربین های بادی کوچک		
توربین های ۳ تا ۵ مگاوات		
توربین های بزرگتر از ۵ مگاوات	بهینه سازی تکنولوژی	
استفاده از موارد سبک، مقاوم و هوشمند		
اصلاح ساختاری توربین	حمل و نقل و نصب	
تکنولوژی حمل و نقل		
فونداسیون ساحلی و فراساحلی		
اتوماسیون نصب	نگهداری و تعمیرات	
اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت		
تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها		

پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی	توربین های فراساحلی	
طراحی و ساخت توربین های فراساحلی		
ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی		
ایجاد مراکز تست توربین بادی	تست توربین بادی	
توسعه ادوات تست توربین بادی		
ذخیره سازی	فرآوری برق	
تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه		
تکنولوژی بازیافت و دور ریز		
تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه	پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی		آماده سازی زیرساخت های فنی
پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست		
استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد		
آماده سازی شبکه انتقال و توزیع	توسعه و بهبود شبکه برق کشور	
ایجاد بازار برق هوشمند		
کاهش قیمت برق بادی		

۳-۳-۱- آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی

۳-۳-۱-۱- فرهنگ سازی سیاسی

توجیه سیاست گذاران

کشور ایران دارای منابع و ذخایر بزرگ انرژی است. در حال حاضر بیش از ۸۵ میدان نفتی کشف شده در کشور وجود دارد و از لحاظ ذخایر گازی، ایران دومین مقام را در میان کشورهای جهان دارد. ذخایر گازی باقیمانده در ایران در حدود ۲۶۱۶ تریلیون متر مکعب تخمین زده شده است. منابع دیگر انرژی مانند زغال سنگ و E نیز در کشور به میزان قابل توجهی وجود دارد. روند موجود رشد بی رویه مصرف انرژی در کشور، ایران را از یک کشور صادر کننده انرژی به یک کشور وارد کننده تا قبل از افق ۱۴۰۰ تبدیل خواهد نمود. برای مقابله با این تهدید، اجرای راه کارهای بهینه سازی انرژی و اصلاح الگوی مصرف انرژی ضروری است. بدین ترتیب حضور ایران در بازارهای بین المللی انرژی نیز برای بلند مدت تضمین خواهد شد. بهینه سازی

انرژی یک صنعت پر سود و کم هزینه برای اقتصاد ملی است و ترویج آن اشتغال زایی گسترده ای را به دنبال دارد. ایجاد امنیت انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست از دیگر مزایای اجرای راه کارهای بهینه سازی مصرف انرژی است.

با توجه به افزایش مصرف انرژی در ایران، محدود بودن منابع طبیعی، حرکت در راستای طرح توسعه پایدار و حفظ محیط زیست باید تا حد امکان از هدر رفتن و تلف شدن انرژی جلوگیری شود. برای این منظور باید در زمینه استفاده بهینه از منابع انرژی پاک در کشور ضمن شناخت راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی قدم هایی برداشته شود. با توجه به نقش حیاتی انرژی برای جوامع بشری و نقش بسیار تاثیرگذار انرژی در پیشرفت و توسعه پایدار کشورها، امروزه استفاده بهینه از منابع انرژی جهت رفع نیازهای جامعه انسانی نیازمند روی آوری به مدیریت انرژی و بهینه سازی مصرف آن است.

مدیریت انرژی عامل تأمین، مصرف بهینه و حفظ انرژی بوده و عبارت است از مجموعه اقداماتی که در جهت کاربرد مؤثر از منابع انرژی موجود صورت می گیرد که این اقدامات شامل: صرفه جویی انرژی، مصرف انرژی و جایگزینی منابع انرژی می گردد. (محمدی اردهالی، ۱۳۸۲)

دولت می تواند با وضع قوانین و مقررات خاص در بخش انرژی کشور به اصلاح الگوی مصرف انرژی دست یابد. بخش عمده این قوانین که در کشور های دیگر نیز مورد استفاده قرار می گیرند، عبارتند از: تأسیس نهادهای کارایی انرژی، برنامه های ملی کارایی انرژی، اعمال کدهای ساختمانی اجباری و اختیاری و تهیه تأییدیه های ساختمانی الزامی، برچسب گذاری استانداردهای کارایی برای وسایل و تجهیزات، اقدامات مالیاتی، یارانه های تشویقی و محرک های پولی.

فرهنگ عبارت است از مجموعه ای از نمادها، نهادها و روش ها در یک جامعه که تعیین و تنظیم کننده رفتار انسان های آن جامعه می باشد. البته این نمادها ممکن است ناملموس باشند مانند تلقیات، باورها، ارزش ها و غیره. بهسازی فرهنگ مصرف انرژی در حالت کلی تابع موارد یا مؤلفه های زیر است:

- توجیه سیاست گذاران در زمینه بهره گیری از انرژی های نو و پاک.
- ارتقاء آگاهی های عمومی مصرف کنندگان در مورد انرژی های اولیه.
- راهنمایی و هدایت مصرف کننده ها در جهت مصرف منطقی و بموقع انرژی.
- بهبود فرهنگ استفاده از وسایل و تجهیزات (دانش فنی) مصرف کننده انرژی و رعایت اصول بهره برداری صحیح و نگهداری و تعمیرات پیشگراانه وسایل مصرف کننده انرژی.
- آگاهی مصرف کنندگان از روش های صرفه جویی انرژی در جهت کاهش تلفات آن.

- سازمان های دولتی و غیردولتی (خصوصاً سازمان های بزرگ) مدیریتی به نام "مدیریت صرفه جویی انرژی" را در واحدهای خود ایجاد نمایند که وظیفه اش بررسی نحوه مصرف انرژی در سازمان و کاهش اتلاف منابع انرژی با به کارگیری آموزش های تخصصی در سازمان مربوطه باشد.

- جایگزینی انرژی الکتریکی با سایر انرژی ها در محیط مصرف.

- ایجاد انگیزه و رغبت مصرف کنندگان در جهت باروری روحیه همبستگی، وفاق، مشارکت و احساس مسئولیت اجتماعی به عنوان تلقیات و باورهای ارزشی در جامعه.

- ترویج اعتقادات دینی: به عقیده بسیاری از صاحب نظران با توجه به نقش عمده فرهنگ و اعتقادات دینی در آموزش پذیری جامعه، راهکار نهایی پایان دادن به بهره برداری بی حد و حصر انسان از منابع طبیعی و ایجاد روحیهی مسؤلیت پذیری مشترک جهت حفاظت محیط زیست، احیاء فرهنگ های اصیل ملل و رویکرد به تعالیم دینی و بهره گیری از رهنمودهای ادیان الهی است.

- افزایش آگاهی مصرف کنندگان در زمینه خرید وسائل مصرف کننده انرژی و مقدار مصرف آن ها.

- تعلیم هنجارهای رفتاری، ارتقاء رشد فکری مردم و اصلاح سبک زندگی مردم در جهت درک ارزش های منابع انرژی از طریق رسانه ها، در قالب برنامه ها با مقالاتی که تحت نظر متخصصین با تجربه و آگاه تهیه شود و در عین حال سعی گردد اسراف منابع انرژی به عنوان رفتاری کوتاه فکرانه و غیرعقلایی به مردم شناسانده شود.

سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور

با در نظر گرفتن پتانسیل ۱۶۰۰۰ مگاواتی ایران برای استحصال برق بادی شایسته است سیاست گذاری های لازم جهت برآورد سالانه ظرفیت نیروگاه های بادی نصب شده و در حال بهره برداری انجام گیرد و برنامه ریزی ظرفیتی و منطقه ای نصب نیروگاه های بادی و پیگیری و بازنگری سیاست های قیمتی و اجرایی لازم برای نیل به اهداف بلندمدت استحصال برق بادی مطابق پتانسیل بادی کشور انجام شود و گزارش های دوره ای از پیشرفت پروژه و فاصله تا افق مورد انتظار تهیه شود.

۳-۱-۲- فرهنگ سازی عمومی

آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک

در توسعه و ایجاد هر صنعتی از جمله صنعت بادی، مردم و پذیرش و مقبولیت صنعت در میان آن‌ها نقش اساسی را ایفا می‌کند. بنابراین در زمینه ایجاد گرایش به سمت هر صنعت یا تکنولوژی جدیدی بایستی ابتدا بستر ذهنی مناسب در میان مردم ایجاد شود. این بسترسازی می‌تواند از سطوح آموزشی در میان کودکان تا انجام تبلیغات و اشاعه فرهنگ صنعت در میان مردم گسترده شود.

جهت دهی به سرمایه های خصوصی

سیاست‌گذاری در جهت توسعه صنعت توربین بادی بایستی در راستای جذب سرمایه‌گذاران خصوصی در این بخش باشد. ادغام انرژی بادی در مقیاس بالا با شبکه برق و ورود آن به بازار نیازمند جذب سرمایه‌های بخش خصوصی در کنار سرمایه‌گذاری دولتی می‌باشد [۲۹]. جذب سرمایه از بخش خصوصی با اعمال سیاست‌های تشویقی نظیر معافیت مالیاتی و یا قیمت‌های خرید برق بالا سبب بالا رفتن انگیزه عمومی در جهت سرمایه‌گذاری در صنعت بادی می‌شود. بدیهی است که بخش بانکداری در ایجاد وام‌هایی با بهره پایین برای کمک به



شکل ۳-۲- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی

توسعه صنایع تجدیدپذیر از جمله صنایع بادی بسیار سودمند می‌باشند. در آلمان اپراتورهای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در حدود ۱۹ میلیارد دلار از مشترکان خود در سال ۲۰۱۲ دریافت کرده‌اند. این در حالی است که برخی از صنایع و کمپانی‌ها از دادن این مبلغ معاف شده‌اند [۳۰].

در واقع هدف اصلی سیاست‌گذاران صنعت بادی، ایجاد تعادل میان مواضع مشترکان و صاحبان سرمایه است. در زمینه جذب سرمایه‌گذاران خصوصی، بایستی تا سال ۲۰۲۰ سیاست‌های تشویقی مناسب به منظور جذب سرمایه‌گذاران خصوصی ایجاد

شود. پس از سال ۲۰۱۵ و ایجاد بستر مناسب در میان افشار مختلف جامعه بایستی بانک‌های خصوصی و دولتی در جهت حمایت از صنعت بادی ایجاد شود.

از سوی دیگر بایستی آموزش‌ها و بسترسازی در جهت رویکرد به انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد شود. این بسترسازی هم‌اکنون از طریق پخش برنامه‌های آموزشی در زمینه مزایای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و ملزومات حفظ سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آینده انجام گرفته است. در سطوح دانشگاهی نیز در رشته‌های مختلف رویکرد به انرژی بادی از لحاظ تکنولوژی و اقتصادی و مزایای اجتماعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به بستر موجود در حال حاضر می‌توان روند آموزش و تبلیغات عمومی در جهت ترویج فرهنگ استفاده از انرژی بادی را تا سال ۲۰۲۰ ادامه داد و این چشم‌انداز وجود دارد که در این سال زمینه ذهنی لازم برای تمامی افراد در زمینه لزوم استفاده از این انرژی ایجاد شده باشد.

۳-۳-۱-۳- پیوستن به حرکت جهانی

بخش پیوستن به حرکت جهانی سند راه انرژی باد، از دو زیر حوزه ۱. شناسایی تشکل‌های جهانی و پیوستن به آن‌ها و ۲. تعیین یک مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد، تشکیل شده است.

شناسایی تشکل‌های جهانی و پیوستن به آن‌ها

با توجه به توسعه سیاست‌های مرتبط با کاهش کربن، توسعه صنعت بادی نه تنها به عنوان ابزاری در جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای بلکه به عنوان راهکاری در جهت رشد اقتصادی برای کشورهای مختلف است. انرژی بادی به عنوان یکی از اشکال انرژی پاک، در بسیاری از کشورها به عنوان یکی از اشکال مهم انرژی شناخته شده است و کشورهای مختلف با رویکرد متنوع کردن سبد انرژی خود، به سمت انرژی بادی گرایش پیدا کرده‌اند.

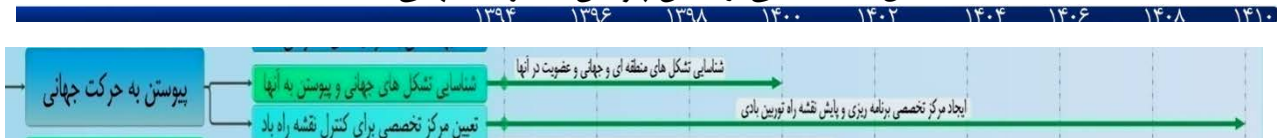
از آن‌جاکه صنعت بادی یک صنعت نوپا در ایران است، بایستی در تمامی جهات و جنبه‌های مرتبط با صنعت بادی تحقیق انجام گیرد و در حقیقت تمامی بخش‌ها نیازمند توسعه می‌باشند. به عنوان مثال اولویت‌های تحقیقاتی اروپا در زمینه صنعت بادی شامل توسعه اجزا و قطعات توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی فراساحلی، ایجاد توربین‌های بادی با ظرفیت بالا، ایجاد تجهیزات تست، بهبود فونداسیون توربین‌های بادی فراساحلی، ادغام با شبکه در ظرفیت بالا از طریق HVDC و افزایش میزان مقبولیت توربین است. این در حالی است که اروپا در عرصه صنعت بادی پیشتاز است و با توجه به موضوعات مورد بررسی در روند تحقیق و مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که تمامی حوزه‌های مرتبط با صنعت بادی را مورد

تحقیق و بررسی قرار داده است تا در طی چشم‌انداز آتی نیز در این عرصه پیشرو باشد. از دیگر حوزه‌های تحقیقاتی اروپا در حال حاضر، بهبود سرویس‌دهی به توربین‌های بادی، استفاده از تجهیزات با استاندارد بالاتر، بهبود پره‌ها به منظور استحصال توان بالاتر و ایجاد نرم‌افزارها و روش‌های کنترلی جدید به منظور بهبود کیفیت توان است.

در قالب گزارش جمع‌آوری و مطالعه منابع و اسناد خارجی مرتبط با سند راهبردی باد، تشکل‌های جهانی مرتبط با صنعت باد شناسایی شده است که از این میان می‌توان به عضویت ایران در انجمن جهانی انرژی باد از سال ۲۰۱۰ تا کنون اشاره نمود [۳۱]. عضویت در تشکل‌های مختلف مرتبط با صنعت باد سبب ارتقا سطح دانش و تخصص ایران در زمینه انرژی باد خواهد شد و راه را برای تبادل دانش فنی و تخصصی در جهت ساخت و بهره‌برداری از توربین‌های بادی با ظرفیت‌هایی نزدیک به ظرفیت جهانی هموار خواهد کرد. نمای کلی بخش پیوستن به حرکت جهانی نقشه راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نشان داده شده است.

در رابطه با بازار داخلی توربین بادی در ایران در حال حاضر صبا نیرو تولیدکننده اصلی توربین‌های بادی با ظرفیت ۶۶۰ و ۷۱۰ کیلووات است. این در حالی است که به تازگی مپنا توربین بادی ۲/۵ مگاواتی را نصب کرده است و در حوزه توربین بادی شروع به فعالیت کرده است. پژوهشگاه نیرو نیز در حال طراحی توربین بادی ۲ مگاواتی است. بنابراین بازار رقابتی در ایران در زمینه توربین بادی وجود ندارد ولیکن با توجه به ایجاد انگیزه در سرمایه‌گذاران مختلف امکان توسعه صنعت باد و ایجاد بازاری ساختار یافته در ایران وجود دارد که همین امر سبب توسعه بیشتر در روند صنعت توربین بادی خواهد شد.

شکل ۳-۳- نمایی از بخش پیوستن به حرکت جهانی



بازار منطقه‌ای

بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده توسط GWEC، مناطق خاورمیانه و آفریقا با یکدیگر بررسی می‌شوند و اگر بخواهیم بازار را در سطح منطقه‌ای بررسی کنیم بایستی ظرفیت نصب شده کشورهای موجود در این مناطق را مورد ارزیابی قرار دهیم. در جدول زیر مقدار ظرفیت نصب شده توربین بادی در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ بر اساس آمار ارائه شده در GWEC نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ظرفیت ایران در این آمار ۹۱ مگاوات بیان شده است که بر اساس آمار ارائه شده توسط توانیر در پایان سال ۱۳۹۲، این عدد برابر ۱۱۰ مگاوات بوده است.

جدول ۳-۱- ظرفیت نصب شده توربین بادی در کشورهای آفریقا و خاورمیانه در سال ۲۰۱۳

کشورهای آفریقا و خاورمیانه	ظرفیت نصب شده تا پایان ۲۰۱۲ (MW)	ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۱۳ (MW)	کل ظرفیت تا پایان ۲۰۱۳ (MW)
اتیوپی	۸۱	۹۰	۱۷۱
مصر	۵۵۰	-	۵۵۰
مراکش	۲۹۱	-	۲۹۱
تونس	۱۰۴	-	۱۰۴
ایران	۹۱	-	۹۱
کیپ ورد	۲۴	-	۲۴
سایر کشورها	۲۴	-	۲۴

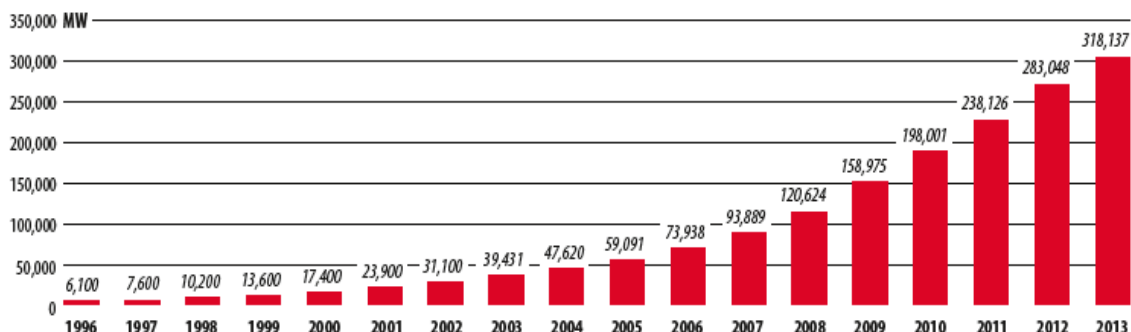
بر اساس پیش‌بینی انجام شده در آینده بازار بادی در مناطق آفریقا و خاورمیانه با عدم قطعیت‌هایی روبرو است اما امکان افزایش ظرفیت در این عرصه در مناطق آفریقا به خوبی وجود دارد. آفریقا منابع بادی بسیار مناسبی را در اختیار دارد که امکان توسعه این صنعت را در این کشور با احتمالات خوبی در آینده مواجه می‌کند.

بازار جهانی

رشد در زمینه بازار بادی تا سال ۲۰۰۸ توسط اروپا کنترل و اداره می‌شد در حالی که کشورهای دانمارک و سپس آلمان و اسپانیا ظرفیت نصب شده خود را افزایش دادند. اخیراً کشورهای ایتالیا، فرانسه و پرتغال ظرفیت بالایی را اضافه کرده‌اند. اگرچه از سال ۲۰۰۸، ظرفیت بالایی در چین و آمریکا اضافه شده است. در سال ۲۰۱۱، چین ۱۷/۵ گیگاوات ظرفیت اضافه کرده است که معادل ۴۳ درصد ظرفیت جهانی در سال ۲۰۱۱ و ۷۰ درصد بیشتر از ظرفیت اضافه شده در اروپا بوده است.

صنعت بادی به صورت متوسط رشد ۲۷ درصد در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ داشته است و به صورت میانگین در هر سه سال ظرفیت نصب شده دو برابر شده است. در حال حاضر ۸۳ کشور از توان بادی به صورت تجاری استفاده می‌کنند و ۵۲ کشور ظرفیت توان بادی خود را در سال ۲۰۱۰ افزایش داده‌اند. ظرفیت جدید اضافه شده در سال ۲۰۱۱ برابر ۴۱ گیگاوات است که این رقم بیش از سایر تکنولوژی‌های تجدیدپذیر بوده است. این به معنای افزایش ۲۰ درصدی در پایان سال ۲۰۱۱ نسبت به سال پیشین است و کل ظرفیت نصب شده در این سال به ۲۳۸ گیگاوات رسیده است. در شکل زیر روند افزایش ظرفیت نصب شده توربین بادی در جهان نشان داده شده است. در این میان اروپا ۴۱ درصد، آسیا ۳۵ درصد و آمریکای شمالی ۲۲ درصد ظرفیت نصب شده جهانی را دارا می‌باشد.

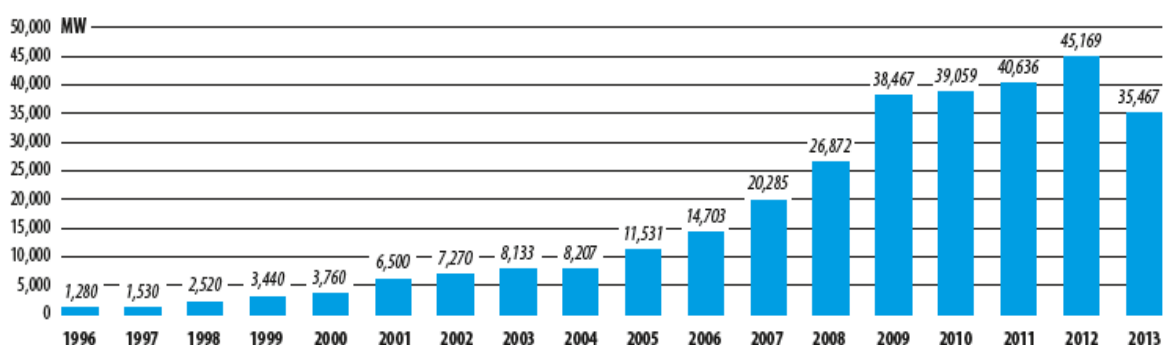
GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED WIND CAPACITY 1996-2013



شکل ۳-۴- روند افزایش ظرفیت نصب شده در جهان [۳۲]

بازار جهانی باد در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مسطح بوده است اما در سال ۲۰۱۱ ظرفیت اضافه شده ۴۰/۶ گیگاوات بوده است که از رقم ۳۸/۸ گیگاوات در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است. روند افزایش نصب توربین‌های بادی در و افزایش سالانه ظرفیت نصب شده تا سال ۲۰۱۳ در شکل زیر نشان داده شده است.

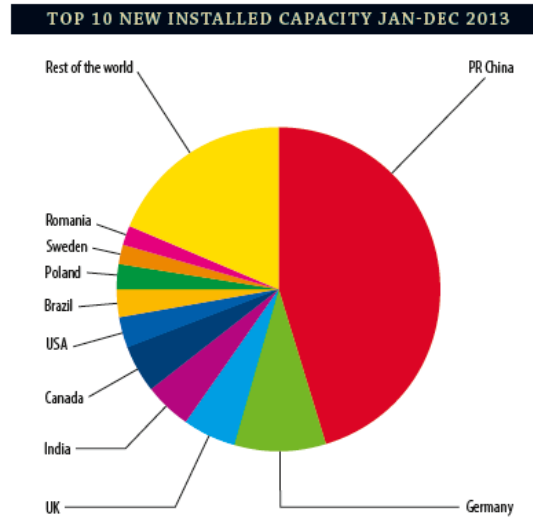
GLOBAL ANNUAL INSTALLED WIND CAPACITY 1996-2013



شکل ۳-۵- افزایش سالانه ظرفیت نصب شده توربین بادی تا سال ۲۰۱۳ [۳۲]

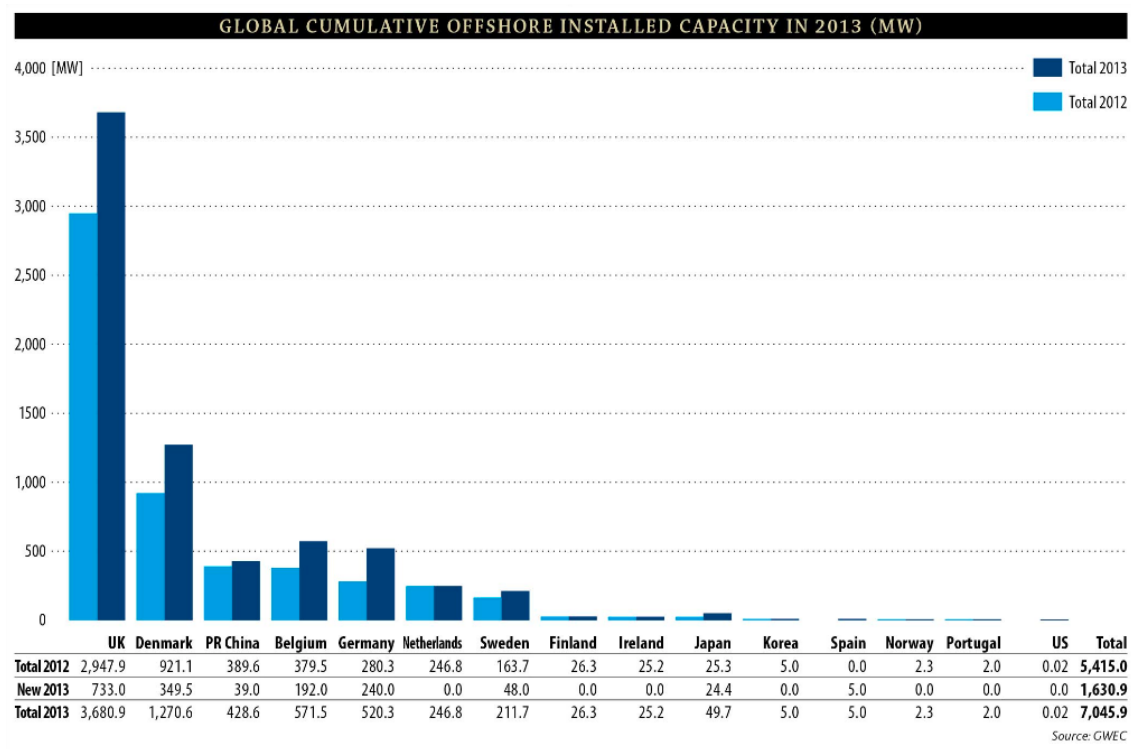
توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین ۹۷ درصد از ظرفیت اضافه شده در سال ۲۰۱۰ را شامل شده‌اند. در سال ۲۰۱۱، بازار اروپا ۱۰ گیگاوات ظرفیت جدید اضافه کرده است و این در حالی است که این رقم برای آمریکا برابر ۸/۱ گیگاوات بوده است و افزایش ظرفیت چین در این سال منجر به هم سطح شدن افزایش نسبت به سال قبل شد. بایستی این نکته نیز لحاظ شود که بازار صنعت بادی در آمریکای لاتین در حال پیشی گرفتن است و میزان افزایش ظرفیت در سال ۲۰۱۱، ۱۲۰ درصد بیشتر از

رقم مشابه در سال ۲۰۱۰ بوده است. در شکل زیر روند افزایش ظرفیت در کشورهای برتر در عرصه توربین بادی نشان داده شده است.



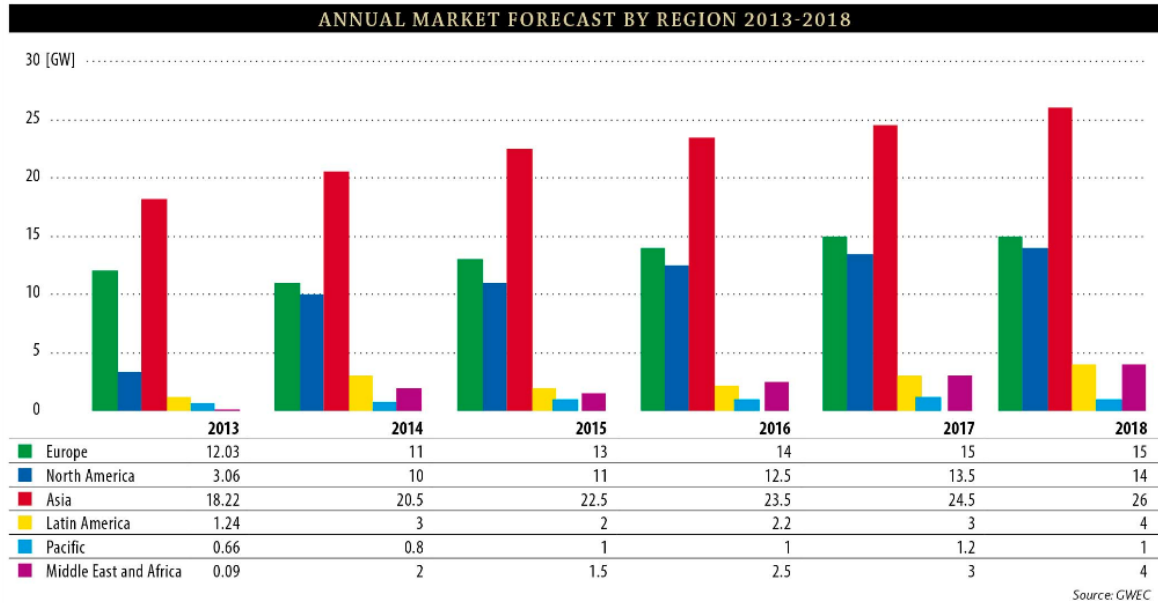
شکل ۳-۶- روند افزایش ظرفیت نصب شده توربین بادی در سال ۲۰۱۳ [۳۲]

بازار صنعت بادی فراساحلی به سرعت در حال رشد است و در پایان سال ۲۰۱۰ به ۳۱۱۸ مگاوات رسیده است. ۱۱۶۲ مگاوات ظرفیت در طی سال ۲۰۱۰ به صورت جهانی اضافه شده است که این مقدار افزایش ۵۹/۴ درصدی را نسبت به سال ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. در اروپا، در سال ۲۰۱۰ به میزان ۸۸۳ مگاوات ظرفیت توان بادی فراساحلی افزایش یافته است که این مقدار یک افزایش ۵۱ درصدی را نسبت به سال ۲۰۰۹ نشان می‌دهد و این دقیقاً در زمانی است که ظرفیت توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین در اروپا ۱۳ درصد کاهش یافته است. سایز مزارع بادی نصب شده نیز در حال افزایش است. در سال ۲۰۱۰، اندازه متوسط مزارع بادی ۱۵۵ مگاوات بوده که این مقدار بیش از دو برابر ظرفیت ۷۲ مگاواتی در سال ۲۰۰۹ است. روند افزایش ظرفیت در کشورهای مختلف در طی سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ در شکل زیر نشان داده شده است. سایر کشورها به دنبال توسعه مزارع بادی فراساحلی هستند و برنامه‌ریزی برای افزایش ظرفیت بالا در این راستا در کشورهای آمریکا، چین و سایر بازارهای نو ظهور در عرصه صنعت بادی وجود دارد.



شکل ۳-۷- ظرفیت نصب شده توربین بادی فراساحلی در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳

بر اساس پیش‌بینی انجام شده در GWEC در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۳ انجام گرفته است روند افزایش ظرفیت توربین‌های بادی تا سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی شده است، که روند این افزایش مطابق با مناطق مختلف در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۸- روند افزایش بازار صنعت بادی تا سال ۲۰۱۸ [۳۲]

در پیش‌بینی روند آتی بازار بایستی این نکته لحاظ شود که شرایط توسعه بازار بسیار متاثر از وضعیت اقتصادی در سطح جهان است. همان‌طور که بحران اقتصادی در سال ۲۰۱۰ منجر به کاهش روند رشد اضافه ظرفیت نسبت به سال ۲۰۰۹ شد و همان‌طور که در نمودار مشخص است این رقم در اسل ۲۰۱۳ کاهش قابل توجهی داشته است. انتظار یک روند افزایشی مطابق با نمودار نشان داده شده تا سال ۲۰۱۸ وجود دارد.

در عرصه صنعت بادی فراساحلی انگلستان همچنان پیش‌تاز است و این در حالی است که چین برای افزایش ظرفیت خود در مقیاس قابل توجهی برنامه‌ریزی می‌کند. در سال ۲۰۱۱، ظرفیت بادی فراساحلی در اروپا به میزان ۸۶۶ مگاوات افزایش یافته است و این مقدمه‌ای برای توسعه صنعت توربین‌های بادی فراساحلی در اروپا است.

آسیا، اروپا و آمریکای شمالی به روند افزایش ظرفیت خود ادامه خواهند داد. چین با برنامه‌ریزی مناسب روند افزایشی چشمگیری در عرصه توربین‌های بادی خواهد داشت. همچنین هند به عنوان یک بازار نوظهور در عرصه توربین‌های بادی عمل خواهد کرد و به میزان ۲ تا ۳ گیگاوات به صورت سالانه افزایش ظرفیت خواهد داشت. بنابراین با ادامه این روند امکان پیش‌تاز شدن آسیا در عرصه ظرفیت نصب شده و پیشی گرفتن از اروپا در آینده نزدیک وجود دارد. نمای کلی بخش ارزیابی اثرات بر روی بازار نقشه راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.

تعیین یک مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد

در گزارش تبیین مستدل ابعاد و محدوده سند از حیث جغرافیایی، افق زمانی، حوزه‌های دانشی و ساختاری، افق‌های زمانی و ابعاد جغرافیایی متفاوتی برای بررسی نقشه راه باد و در حالت کلی نقشه راه تعریف شده بود. بر این اساس تدوین نقشه راه باد می‌توانست در افق کوتاه مدت، میان مدت و یا بلند مدت باشد و از طرف دیگر، محدوده جغرافیایی مطالعه می‌توانست در سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تعریف شود. بنابراین امکان تبیین نقشه راه انرژی باد در سطوح مختلف بایستی در نظر گرفته شود و رسیدن به این هدف تنها از طریق تاسیس یک مرکز تخصصی در جهت برنامه ریزی و کنترل نقشه راه باد امکان‌پذیر خواهد بود. از طرف دیگر، نقشه راه تدوین شده بایستی هر ۵ سال مورد بازبینی و تصحیح قرار بگیرد، که این امر لزوم وجود یک مرکز تخصصی در این زمینه را بیشتر نمایان می‌کند.

بایستی همگام با نصب، طراحی و توسعه تکنولوژی‌های موجود در کشورهای پیشرو در عرصه توربین بادی، بخش مجزایی برای انجام تحقیق بر روی روش‌های بهبود ساختار توربین‌های موجود و انجام تحقیقات در صنعت باد به منظور بهبود روند موجود در جهان انجام گیرد. در واقع، بخش‌های صنعت و تحقیق بایستی همگام با هم عمل نمایند تا نتیجه مطلوب در راستای رسیدن به کشورهای پیشرو در این زمینه حتی توسعه توربین‌های بادی موجود انجام گیرد.

۳-۳-۱-۴- فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست

توربین‌ها بادی برای راه‌اندازی و بهره‌برداری نیاز به هیچ گونه سوختی ندارند و بنابراین در قبال انرژی الکتریکی تولید آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند. بهره‌برداری از این توربین‌ها دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، جیوه، ذرات معلق یا هیچ گونه عامل آلوده‌کننده هوا تولید نمی‌کند. اما توربین‌های بادی در مراحل ساخت از منابع مختلفی استفاده می‌کنند. در طول ساخت نیروگاه‌های بادی باید از موادی مانند فولاد، بتن، آلومینیوم و سایر مواد استفاده کرد که تولید و انتقال آن‌ها نیازمند مصرف انواع سوخت‌هاست. دی‌اکسید کربن تولید شده در این مراحل پس از حدود ۹ ماه کار کردن نیروگاه جبران خواهد شد. انرژی باد در بین انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق می‌باشد که آلودگی زیست محیطی در پی ندارد.

ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی در کشور

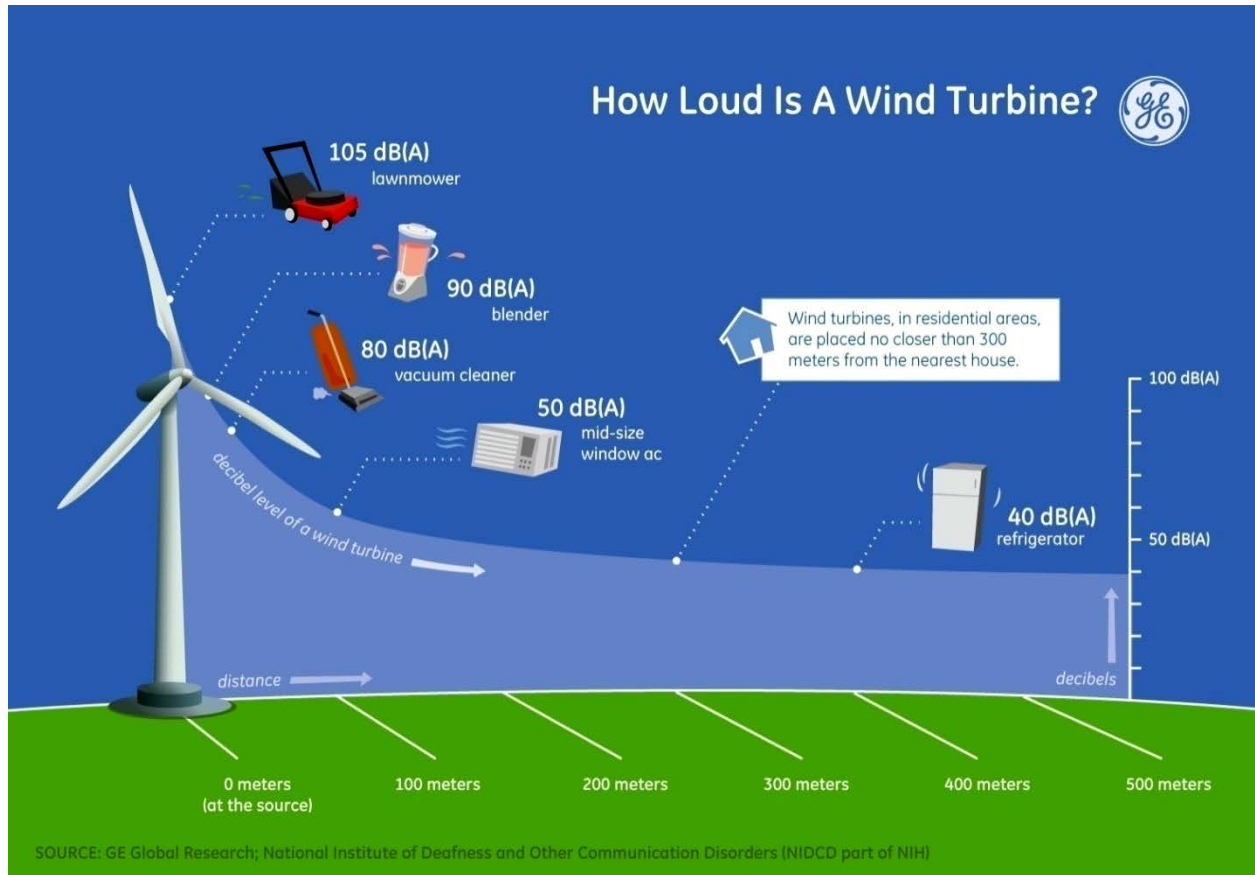
بر اساس آمار ارائه شده توسط سانا، تولید هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی از باد می‌تواند از انتشار حدود یک کیلوگرم CO_2 در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی جلوگیری کند و جایگزینی یک درصد از انرژی برق بادی با انرژی برق تولیدی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌تواند به میزان ۳ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد.

میزان انتشار جهانی CO_2 ، در سال ۲۰۱۰ از مقدار ۳۰ گیگاتن تجاوز کرد و در سال ۲۰۱۳، میزان کربن دی‌اکسید موجود در جو به ۴۰۰ ppm رسید، که این مقدار بیش از مقادیر ۱۸۰ تا ۳۰۰ در طول ۶۵۰۰۰۰ سال گذشته بود. میزان انتشار CO_2 در حال افزایش است و با این روند به مقدار ۴۱ گیگاتن در سال ۲۰۱۰ خواهد رسید [۳۳].

بررسی آلودگی‌های صوتی و بصری

یکی از مسائلی که در زمینه استفاده از نیروگاه‌های بادی مطرح است این است که به دلیل ماهیت متغیر باد، بایستی نیروگاه‌های حرارتی به عنوان نیروگاه پشتیبان در کنار این نیروگاه‌ها عمل کنند و این معضل تکیه تنها به نیروگاه‌های بادی را به عنوان یک نیروگاه تجدیدپذیر غیرممکن کرده است؛ استفاده از نیروگاه‌های حرارتی در کنار نیروگاه‌های بادی سبب انتشار گازهای آلاینده خواهد شد ولیکن بایستی این نکته را مد نظر داشت که جایگزینی بخش از نیروگاه‌های حرارتی با نیروگاه‌های تجدیدپذیر سبب کاهش میزان آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد.

در شکل زیر اثرات نویزی توربین بادی با وسایل و تجهیزات دیگر مقایسه شده است.



شکل ۳-۹- مقایسه اثرات نویزی توربین بادی با تجهیزات دیگر

آلودگی صوتی ناشی از توربین‌ها در صورتی که در منطقه توربین‌ها قرار گرفته باشیم در حدود ۹۵ دسیبل می‌باشد، این در حالی است که این قدرت موج صوت در فاصله ۵۰۰ متری به ۴۵ دسیبل کاهش پیدا می‌کند. در صورتی که می‌توان گفت قدرت صوتی یک جاروبرقی برابر ۸۰ دسیبل و صحبت کردن ۶۰ دسیبل و ورق زدن کتاب ۴۰ دسیبل می‌باشد.

دومین مورد پدیده‌ی چشمک زدن متناوب (Shadow Flickering) هست که به دلیل عبور نور به صورت متناوب از بین پره‌های توربین بادی به وجود می‌آید. تناوب این حرکت کمتر از ۲ هرتز می‌باشد. این پدیده در صورتی که تناوبی بین ۵ تا ۳۰ هرتز داشته باشد باعث بیماری اپیلپسی می‌گردد که یک نوع بیماری دستگاه بینایی هست و باعث ایجاد ضعف در سیستم هشیاری و عدم تمرکز می‌شود. اما در این مورد و با توجه به این که این پدیده با تناوب پائین و تنها در ساعات روز اتفاق می‌افتد می‌توان گفت تاکنون موردی مشاهده نشده است. اما در طراحی نیروگاه می‌توان با دقت بیشتری عمل نموده و از اتفاق افتادن این پدیده تا حدی جلوگیری نمود [۳۴].

آلودگی تصویری یکی دیگر از دلایل مخالفت با توربین‌های بادی است که اصولاً ایراد بزرگی محسوب نمی‌شود. با این وجود مردم توربین‌های بلند با سرعت چرخش کم‌تر را بیش‌تر می‌پسندند.

در حال حاضر سنسورهای زیادی به منظور مانیتورینگ وضعیت کارکرد توربین بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ هدف به کارگیری این سنسورها حفظ عملکرد توربین بادی در شرایطی با قابلیت اطمینان بالا و کاهش زمان خرابی توربین‌های بادی است. این سنسورها با هدف اندازه‌گیری میزان نویز، گشتاور، strain و لرزش توربین‌های بادی استفاده می‌شوند. استفاده از این سنسورها به منظور حصول اطمینان از سلامت عملکرد توربین‌های بادی ضروری است [۳۵].

در راستای اندازه‌گیری نویز توربین‌های بادی میکروفون‌ها به صورت داخلی و خارجی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گیربکس و یاتاقان منابع اصلی تولید نویز در توربین‌های بادی هستند. انواع این سنسورها در شکل زیر نمایش داده شده است. با انجام آنالیزهایی می‌توان منابع احتمالی ایجاد خطا را شناسایی نمود. این آنالیزها می‌توانند بر روی گیربکس ب عنوان یکی از منابع اصلی ایجاد نویز در توربین بادی به عنوان مثال انجام بگیرند.



شکل ۳-۱۰- سنسورهای اندازه‌گیری نویز توربین بادی [۳۵]

محیط اطراف توربین بادی بایستی در راستای انجام مطالعات دقیق‌تر بر روی اثرات زیست محیطی توربین بادی شبیه‌سازی گردند؛ این مدل‌سازی می‌تواند در نرم‌افزارهای معرفی شده در بخش شبیه‌سازی توربین بادی انجام شود. این شبیه‌سازی پیش از مراحل نصب و بهره‌برداری توربین بادی می‌تواند نقش موثری در رفع نواقص احتمالی موجود در ساختار توربین بادی به طور مثال نقص در گیربکس که منجر به آلودگی صوتی می‌شود، داشته باشد.

در زمینه بررسی اثرات زیست محیطی توربین بادی، می‌تواند مطالعات به صورت آزمایشگاهی نیز انجام بگیرد که انجام این مطالعات می‌تواند در سطح اجزای توربین بادی مانند تست گیربکس، ناسل، ژنراتور و کانورتر انجام گیرد تا عیوب هر کدام از این قطعات برطرف شود. از طرف دیگر، این تست‌ها می‌تواند بر روی توربین بادی به عنوان یک مجموع کامل انجام شود تا اثرات آلودگی صوتی آن مورد بررسی قرار گیرد و میزان کاهش CO_2 به صورت آزمایشگاهی اندازه‌گیری شود. شکل‌های محیط‌زیست بایستی در کارگاه‌های مرتبط با سند راه شرکت داشته باشند و از اهداف و کلیت این گزارش آگاه باشند. این گروه‌ها از طرف دیگر می‌توانند نقش اساسی در تدوین اهدافی در راستای کارکرد گروه خود برای تدوین سند راه داشته باشند و همین‌طور می‌توانند پیش‌نویس سند راه را مورد بازبینی قرار داده و در پروسه مرتبط با تدوین سند راه به صورت فعال حضور داشته باشند. با توجه به سطح فعالیت این گروه‌ها، بایستی اطلاع‌رسانی جامعی به این گروه‌ها در رابطه با سند راه داده شود.

۳-۳-۱-۵- توسعه صنعتی

این بخش از سند راه انرژی باد شامل سه بخش مجزای بومی سازی ساخت توربین بادی در قالب یک صنعت منعطف، تربیت نیروی انسانی متخصص و طراحی شغل است.

بومی سازی توربین بادی

در مبحث بومی سازی ساخت توربین بادی، می‌توان گفت که توربین‌های بادی ۶۶۰ کیلووات هم‌اکنون در کشور ساخته و تولید می‌شوند و طراحی و ساخت توربین بادی ۲ مگاوات در حال تحقیق است. این در حالی است که کشور ایران بایستی قابلیت ساخت تمامی قطعات توربین بادی را با دانش تخصصی پیدا کند و این تخصص از روش‌های گوناگون قابل دستیابی است. به عنوان مثال کشور برزیل که در زمینه توربین‌های بادی در سال‌های اخیر توسعه یافته است این دانش را از طریق انتقال دانش و تخصص با واردات توربین بادی و دانش آن از کشورهای دیگر به دست آوردند. بنابراین یکی از بهترین راه‌ها در زمینه حصول دانش و تخصص در زمینه توربین بادی تبادل دانش با کشورهای پیشرو در عرصه توربین بادی است. در گزارش سند راهبردی انرژی باد کشور، امکان‌سنجی تولید قطعات مختلف توربین بادی در کشور انجام شده است که در برخی موارد این پیش‌بین‌ها بسیار خوش‌بینانه انجام شده است و نیازمند مطالعات و بررسی‌های دقیق‌تر در زمینه روش‌های رسیدن به این دانش و تخصص است.

تربیت نیروی انسانی متخصص

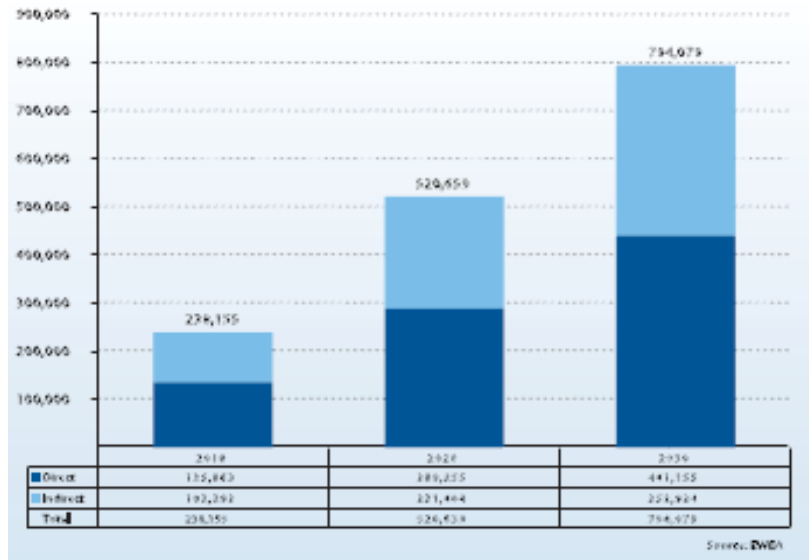
در بحث تربیت نیروی انسانی متخصص، اقدامات و سیاست‌هایی در زمینه توسعه مهارت‌ها، اختصاص هزینه به بخش آموزش انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه برنامه‌های آموزشی در راستای ایجاد مهارت‌هایی که در زمینه احداث، بهره برداری و نگهداری توربین بادی مورد نیاز است بایستی هدف گذاری شود. در این زمینه موسساتی در راستای آموزش این مهارت‌ها به افراد می-تواند ایجاد شود. این بحث از این لحاظ نیز حائز اهمیت است که در غیاب مهارت‌های تخصصی سرمایه‌گذاران رغبتی به ایجاد طرح‌هایی در زمینه انرژی باد ندارند.

برای مثال توربین‌های بادی فراساحلی یک تکنولوژی نوپا در عرصه‌ی تکنولوژی‌های توربین بادی حتی در کشورهای پیشرو در این صنعت هستند، که این امر نیاز به ایجاد تخصص‌های مورد نیاز در این بخش را مشخص می‌نماید که در این زمینه می‌توان از نیروهای متخصص در بخش صنایع نفت و گاز بهره گرفت.

طراحی شغل

ایجاد شغل در این صنعت به نسبت صنایع دیگر انرژی بیشتر است. بر اساس آمار ارائه شده در اروپا به ازای نصب یک مگاوات برق بادی ۱۵ الی ۱۹ شغل ایجاد می‌شود و این درحالی است که این تعداد می‌تواند به مقدار خوبی در کشورهای در حال توسعه افزایش پیدا کند. در سال ۲۰۰۰، ظرفیت نصب شده توربین بادی ۸۰۰۰ مگاوات نیم میلیون فرصت شغلی ایجاد کرده بود [۲۲].

میزان مشاغل ایجاد شده در اروپا مرتبط با صنعت بادی تا سال ۲۰۲۰، ۵۲۰۰۰۰ شغل تخمین زده شده است. نمایی از نرخ مشاغل مرتبط با توربین بادی ایجاد شده در اروپا در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱۱- مشاغل ایجاد شده مرتبط با صنعت بادی [۳۶]

در این میان انتظار افزایش چشم‌گیری در میزان مشاغل ایجاد شده مرتبط با صنعت توربین بادی فراساحلی وجود دارد. در اروپا ۱۱۳۶ توربین بادی فراساحلی متصل به شبکه در ۴۵ مزرعه بادی در ۹ کشور مختلف وجود دارد [۳۷]. این پیش‌بینی وجود دارد که تا سال ۲۰۳۰، مشاغل مرتبط با صنعت بادی فراساحلی ۶۲ درصد کل مشاغل مرتبط با صنعت بادی را تشکیل خواهند داد.

ایجاد مزارع بادی و گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی نیازمند ایجاد مشاغل در بخش‌های مختلف نظیر اقلیم‌شناسی، ژئوفیزیک، ساختار و فونداسیون توربین بادی، انتقال قطعات توربین بادی، خدمات حمل‌ونقل، نصب و راه‌اندازی، تدارکات، خدمات تعمیر و نگهداری و بخش بازیافت و از بین بردن توربین بادی است.

در تمامی زمینه‌های ذکر شده بایستی نیروی انسانی متخصص در داخل کشور تربیت شود. تخصص نیروی انسانی در توربین‌های بادی نصب شده بر روی زمین و توربین‌های بادی فراساحلی در بعضی از بخش‌ها نظیر فونداسیون توربین بادی متفاوت است. تربیت این نیروی انسانی متخصص بایستی از بخش دانشگاهی آغاز شده و می‌تواند به عنوان دوره‌های برای تربیت تکنسین در مزارع بادی نیز انجام گیرد.

۳-۳-۲- تکنولوژی توربین بادی

۳-۳-۱- تکنولوژی توربین و اجزا

تکنولوژی اجزای توربین بادی، زیرگروه‌های متفاوتی از جمله بخش تکنولوژی توربین و اجزا خود به زیر شاخه‌های طراحی و شبیه سازی توربین، پره، گیربکس، ناسل و هاب، ژنراتور، سیستم کنترل، کانورتر، برج و تریب های بادی مگاواتی بدون گیربکس را در برمی‌گیرد. در زمینه اجزای توربین بادی در سند راهبردی انرژی بادی ایران و گزارش شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری توضیحات کاملی ارائه شده که در اینجا مجدداً به اختصار آورده شده است؛ نمای کلی بخش تکنولوژی توربین و اجزای سند راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.

روند کلی عملکرد شبیه‌سازهای توربین بادی در گزارش شناسایی حوزه های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت، مورد بررسی قرار گرفته و ویژگی‌های یک ابزار شبیه سازی مناسب با توجه به عملکرد مورد انتظار بیان شده است. ویژگی‌ها و قابلیت‌های هر کدام از نرم‌افزارهای مورد استفاده قرار گرفته در طراحی و شبیه‌سازی توربین بادی شامل MATLAB، FAST، BLADED، DIGSILENT، HAWC۲، FOCUS۶ و SABER در قالب گزارش شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری مطرح شده است.



شکل ۳-۱۲- نمایی از بخش توربین و اجزا

طراحی و شبیه‌سازی توربین

طراحی و شبیه سازی توربین بادی در واقع ابتدایی‌ترین بخش در ساخت توربین‌های بادی و بهره‌برداری از توربین‌های بادی است. در این زمینه نرم‌افزارهای متفاوتی وجود دارد.

کاربرد این نرم‌افزارها عبارتند از:

BLADED : این نرم افزار توسط شرکت Garrad Hassan برای طراحی و تایید طرح های توربین بادی ساحلی و فراساحلی ایجاد شده است. این نرم افزار به کاربر این امکان را می دهد تا عملکرد یک توربین بادی را در تمام بازه ی کاری مورد بررسی قرار داده و محاسبات بار را انجام دهد.

HAWC2 : این نرم افزار برای محاسبه پاسخ های توربین بادی در حوزه زمان به کار می رود. این نرم افزار در طی سال- های ۲۰۰۳-۲۰۰۶ در مرکز تحقیقاتی Roise در دانمارک توسعه یافته است و قابلیت بررسی ساختارهای پیچیده را دارد. FAST : این نرم افزار، یک نرم افزار و شبیه ساز جامع در زمینه تست و اعتبارسنجی طراحی های توربین بادی است که توانایی پیش بینی بارهای حدی و بارهایی که ایجاد خستگی مکانیکی می کنند را برای توربین های بادی ۲ و ۳ پره دارد. این نرم افزار توسط آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا ایجاد شده است.

DIGSILENT : این نرم افزار می تواند برای بررسی کیفیت توان و ارزشیابی و تحلیل توربین های بادی مورد استفاده قرار گیرد.

FOCUS6 : یک ابزار یکپارچه و ماژولار برای طراحی توربین های بادی و یا اجزای توربین بادی می باشد.

SABER : این نرم افزار برای طراحی سیستم های قدرت شامل بخش های زیرسیستم های مکانیکی، الکترومغناطیسی و الکترونیک قدرت توربین های بادی مورد استفاده قرار می گیرد.

MATLAB : این نرم افزار برای مدل سازی و شبیه سازی سیستم های دینامیکی استفاده می شود، که سیستم توربین بادی با زیرسیستم های مختلف از جمله باد، توربین، ژنراتور، الکترونیک قدرت، ترانسفورماتور و شبکه در این نرم افزار شبیه سازی می شود.

پره

پره های توربین بادی بایستی به اندازه ی کافی استحکام داشته باشند، تا بتواند بارهای تحمیل شده از سرعت های باد متغیر را تحمل کند. در طی ۲۰ سال اخیر، بین ۱۰۰ میلیون تا ۱ میلیارد دلار بار مختلف برای توربین بادی شناسایی شده است. بنابراین پره های توربین بادی بایستی توانایی تحمل بارهای مختلف تا حداکثر مقداری که در شرایط بد آب و هوایی رخ می دهد، را داشته باشند. با در نظر گرفتن این شرایط همراه با کم بودن نیروهای گرانشی بایستی موادی برای ساخت پره انتخاب شوند که حتی الامکان دارای چگالی کم و سختی زیاد و مقاومت در برابر آثار خستگی باشند.

امروزه در ساخت پره‌های توربین بادی از مواد Fibre Reinforced Polymer (FRP) استفاده می‌شود، که هر دوی ویژگی‌های بالا را در اختیار ما قرار می‌دهد، که در سند راهبردی انرژی بادی به آن اشاره شده است. استفاده از این مواد در ساخت توربین بادی، می‌تواند موانع موجود در ساختارهای پیچیده را برطرف کند و احتمال‌های زیادی در راستای بهینه کردن عملکرد توربین بادی را در اختیار ما قرار می‌دهد.

برخی از مشکلات برای استفاده از مواد FRP عبارتند از:

بایستی از کیفیت مستحکم fibres، sizings و resins اطمینان حاصل شود. عملکرد مواد بستگی زیادی به استحکام میان رفتارهای سطح fibre که sizings نامیده می‌شود، کیفیت resin و پارامترهای ساخت دارد. در حال حاضر تعداد تولیدکنندگان این مواد با توجه به نیاز روز افزون افزایش یافته است و بنابراین نیاز رو به رشدی برای توجه دقیق بر روی کیفیت این مواد وجود دارد.

بایستی از یکنواختی و یکسانی در پروسه ساخت به منظور رسیدن به کیفیت بالا اطمینان حاصل کرد. این روند با توجه به کنترل دقیق پروسه تولید و کنترل کیفیت پس از ساخت و بازبینی پره‌های جدید حاصل می‌شود. بایستی مدل‌های دقیق مواد و نرم‌افزارهای کارآمد برای طراحی پره‌ها ایجاد شود.

بایستی fibres و resins با کیفیت بالا به منظور برآورده ساختن چالش‌های موجود در طراحی پره‌های توربین بادی جدید ایجاد شوند. این امر منجر به کم شدن وزن اجزا در پره و در نتیجه کاهش یافتن نیروهای گرانشی و اثرات خستگی در روی پره‌ها می‌شود.

گیربکس

در گزارش سند راهبردی انرژی باد، لزوم استفاده از گیربکس، ساختار کلی گیربکس‌ها و ساختار توربین‌های بدون گیربکس توضیح داده شده است. یک درایو planetary برای نسبت‌های بالا بسیار مناسب است و در مقایسه با gear box های معمول در فضای کوچکتری نصب می‌شود. این نوع از طراحی قابلیت اطمینان را بالا می‌برد و ماده‌ای مناسب برای این طراحی steel ۶-۱۸CrNiMo۷ است. چالش‌های اصلی در رابطه با gear box ها عبارتند از:

بهبود قابلیت اطمینان یا تاقان

کاهش وزن

نحوه اتصال

ارتقا قوانین و مفاهیم مربوط به طراحی

مدلی مقاوم در برابر خستگی

محاسبات قابل اطمینان ساختار gear box

ایجاد ساختار سطح و پوشش با قابلیت اطمینان بالا برای gear box

ناسل و هاب

plate ساختاری پایه‌ای برای drive train است و هاب رتور ساختاری است که اتصال پره‌ها را ممکن می‌سازد. این دو از فولاد، آلیاژ آلومینیوم بالا و یا چدن ساخته می‌شوند. قابلیت اطمینان این ساختار در توربین‌های بادی جدید ارتقا یافته است. البته بایستی به این نکته توجه نمود که شکست bedplate موجب جابجایی در اجزای drive train خواهد شد که در نتیجه طول عمر اجزا را کاهش می‌دهد. شکست هاب رتور منجر به مشکلات جدی برای مکانیسم pitch در توربین خواهد شد. در گزارش سند راهبردی باد توضیحی در مورد هاب توربین بادی و لزوم استفاده از آن داده شده است.

چالش‌های اصلی در زمینه nacelle bedplate عبارتند از:

ایجاد ساختاری با استحکام بالاتر با استفاده از مواد مستحکم‌تر

بهبود قابلیت جوشکاری

چالش‌های اصلی در زمینه هاب رتور عبارتند از:

ایجاد ساختاری محکم‌تر با ارتقا قابلیت مواد سازنده

کاهش هزینه‌های ساخت

بهبود قابلیت جوشکاری

ژنراتور

در گزارش سند راهبردی باد در مورد انواع مختلف drive train و ژنراتورهای استفاده شده در این ساختارها توضیحات کاملی داده شده است. به صورت کلی ژنراتور از یک بخش گردان به نام رتور و یک بخش ثابت با نام استاتور تشکیل شده است. بخش گردان انرژی الکتریکی را در بخش ثابت القا می‌کند. انواع مختلفی از ژنراتورها در ساختار توربین‌های بادی استفاده می‌شوند، که تعیین نوع ژنراتور مورد استفاده به طراحی کلی ساختار drive train توربین بادی وابسته است، که این موضوع به و صرت کامل با ذکر انواع در گزارش سند راهبردی باد توضیح داده شده است.

ژنراتورهای مورد استفاده در توربین بادی به سه دسته کلی تقسیم شده‌اند:

ژنراتورهای القایی قفس سنجابی

ژنراتورهای القایی دوسو تغذیه^۷

ژنراتور سنکرون درایو مستقیم

کانورتر

انواع گوناگونی از مبدل‌ها می‌تواند در ساختار توربین بادی استفاده شود که این امر وابسته به نوع طراحی drive train توربین بادی است، که امکان استفاده از انواع مختلفی از کانورترها را در توربین بادی فراهم می‌نماید. در گزارش سند راهبردی باد، انواع مختلف drive train و ساختار آن‌ها شرح داده شده است. در یک ساختار کلی می‌توان به صورت کلی مبدل‌های ac/ac، ac/dc و dc/dc را در نظر گرفت. در مقاله [۳۸] انواع مختلفی از کانورترهای مورد استفاده در توربین‌های بادی که ترکیبی از مبدل‌های بالا هستند شرح داده شده است، که این مدل‌ها عبارتند از:

Diode rectifier based converter

Back to back converter

Matrix converter

Z-source converter

Improved Z-source converter

Cycloconverter

Multilevel converter

این مبدل‌ها به صورت کلی از المان‌های نیمه رسانا شامل دیود، تریستور و سوئیچ‌های قابل کنترل یعنی IGBT تشکیل شده‌اند.

سیستم کنترل

مفاهیم مختلفی در ارتباط با سیستم کنترل توربین بادی وجود دارد. در ابتدا طراحی سیستم کنترل توربین بادی که حالت‌های متفاوتی می‌تواند داشته باشد. لزوم وجود سیستم ترمز در توربین بادی در زمان‌های مورد نیاز مشخص است. در بهترین حالت سیستم کنترلی که برای افزایش توان قابل استحصال از توربین بادی استفاده می‌شود ترکیبی از سیستم کنترل سرعت ژنراتور، سیستم کنترل pitch و سیستم یا است. طراحی سیستم کنترل و در کنار هم قرار دادن این سیستم‌های کنترلی الزامات سخت افزاری و نرم‌افزاری مختلفی را برای ما ایجاد می‌نماید. در این قسمت لزوم استفاده از کنترلر سرعت ژنراتور و سیستم کنترل pitch با استفاده از منحنی توان - سرعت ژنراتور نشان داده می‌شود.

بحث مهم در سیستم کنترل توربین بادی، از این جهت که سیستم کنترل میزان توان قابل استحصال از توربین بادی را مشخص می‌کند، ارتقا سیستم کنترل توربین بادی است. در واقع تکنولوژی‌های متفاوتی از لحاظ نرم‌افزاری در بخش طراحی سیستم کنترل توربین بادی و در بخش سخت افزاری به طور مثال در بخش طراحی ژنراتورهای سرعت متغیر و کانورترها برای سیستم کنترل سرعت ژنراتور موجود است و مطالعات مختلفی در زمینه ارتقا این مفاهیم در حال انجام است.

این مبحث به طور کامل تری در گزارش

برج

این بخش به صورت کامل برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی در سند راهبردی انرژی باد توضیح داده شده است، که به صورت کلی برج‌ها برای توربین‌های بادی ساحلی و فراساحلی متفاوت است؛ توربین‌های بادی فراساحلی، ساختارهای برج متفاوتی شامل gravity based structure و monopoles، floating، tripod دارند.

در طراحی توربین‌های بادی اهداف بهینه‌ای از قبیل بدست آوردن راندمان بالاتر، هزینه تعمیر و نگهداری کمتر، قابلیت اطمینان بالاتر و... دنبال می‌شود. در این راستا و برای رسیدن به اهداف بهینه ذکر شده تعیین ساختار کلی توربین بادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. توربین‌های بادی از نظر ساختار طبقه‌بندی‌های مختلفی دارند که یکی از زیر شاخه‌های طبقه‌بندی، از لحاظ وجود و یا عدم وجود گیربکس در توربین بادی است. درحقیقت نوع ژنراتور مولد برقی که در توربین بادی استفاده می‌شود، مبین این مطلب می‌باشد که آیا می‌توان گیربکس را از توربین بادی حذف نمود یا خیر. پارامترهای مختلفی وجود دارد که استفاده از توربین‌های بادی بدون گیربکس را جذاب و توجیه‌پذیر می‌کند، با این حال تکنولوژی بالای ساخت این نوع توربین‌ها در حال حاضر در انحصار چند شرکت اروپایی می‌باشد و همچنین پرهزینه بودن تولید و تامین قطعات مورد استفاده، بکارگیری این نوع توربین‌ها را با دشواری مواجه نموده است.

۳-۳-۲- ظرفیت توربین بادی

توربین‌های بادی بر اساس ظرفیت به سه گروه توربین‌های بادی کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم می‌شوند. در بیان این گروه‌ها در سند راهبردی انرژی باد ایران، توربین‌های بادی کوچک، بین ۳ تا ۵ مگاوات و بزرگتر از ۵ مگاوات بررسی شده‌اند. این دسته‌بندی با توجه به بررسی سندهای دیگر در این سند ارائه شود.

اگرچه تعریف مشخصی برای توربین‌های بادی کوچک وجود ندارد، به صورت کلی به توربین‌های بادی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات یا کمتر اطلاق می‌شود که این عدد در سند راهبردی انرژی باد ۵۰ کیلووات بیان شده است. در مقایسه با توربین‌های بادی معمول، توربین‌های بادی کوچک هزینه بهره‌برداری بالاتری داشته و میزان تولید توان در آن‌ها کمتر است و لیکن این توربین‌ها برخی از دیماندهای خاص در شبکه را تامین می‌نمایند و اثرات اجتماعی و اقتصادی را به خصوص زمانی که off-grid بهره‌برداری می‌شوند به ارمغان می‌آورند. سهم توربین‌های بادی کوچک از کل بازار توربین بادی در سال ۲۰۱۰ برابر ۰/۱۴ درصد بوده است که پیش‌بینی شده است که این عدد به ۰/۴۸ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش پیدا کند.

توربین‌های بادی کوچک برای تامین نیاز مزارع، منازل و کسب و کارهای کوچک می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. آن‌ها می‌توانند نقش مهمی را در تامین نیاز مناطق روستایی به صورت مجزا از شبکه ایفا کنند. بنابراین توربین‌های بادی کوچک به

عنوان یکی از روش‌های مناسب در تامین برق off-grid مطرح هستند و می‌توانند در کنار سلول خورشیدی نیز نیاز سیستم را تامین نمایند.

اگرچه تکنولوژی توربین‌های بادی در سطح قابل قبولی قرار دارد، پیشرفت‌هایی در زمینه ساخت، بهبود عملکرد توربین بادی و کاهش هزینه‌های مرتبط با آن مورد نیاز است. روش‌های نگهداری و نصب کارآمدتر می‌تواند جذابیت و بعد اقتصادی توربین‌های بادی کوچک را بهبود بخشد. توسعه تکنولوژیکی توربین‌های بادی کوچک از سال ۱۹۷۰ آغاز شده است و لیکن همچنان برخی اصلاحات در زمینه بهبود قابلیت اطمینان عملکرد و کاهش نویز می‌تواند موثر باشد. بهبود ارتقا airfoil، ژنراتورهای super-magnet، الکترونیک قدرت هوشمند، برج‌های بلند و استفاده از ساختارهای کم نویز عملکرد توربین‌های بادی کوچک را بهبود داده و هزینه برق تولیدی مزارع را کاهش می‌دهد.

در حال حاضر ۲۵۰ شرکت مختلف در ۲۶ کشور در حال تولید توربین‌های بادی کوچک هستند. بیش از نیمی از بازار توربین‌های بادی کوچک در حال حاضر در اختیار ۱۰ شرکت سازنده در آمریکا است. پس از آمریکا کشورهای انگلستان و کانادا در این عرصه پیشرو هستند. در پایان سال ۲۰۱۰، کل ظرفیت نصب شده توربین‌های بادی کوچک به ۴۴۰ مگاوات رسید [۱۰].

تقریباً تمامی توربین‌های بادی کوچک در حال حاضر از ژنراتورهای مغناطیس دائم، درایو مستقیم و کنترل یا غیر فعال استفاده می‌کنند. برخی از این توربین‌ها از ۴ یا ۵ پره استفاده می‌کنند تا سرعت چرخشی را کاهش و گشتاور را افزایش دهند. تعیین مکان مناسب برای نصب توربین‌های بادی کوچک بسیار ضروری است زیرا باد سنجی در این مناطق با توجه به هزینه و وقت زیاد به صرفه نیست. بنابراین تعیین مکان مناسب تنها بر اساس تجربه و نظر متخصصان و از سوی دیگر با توجه به مکان‌های در دسترس در منطقه صورت می‌گیرد. به همین خاطر بسیاری از سیستم‌ها به خاطر مکان‌یابی نامناسب عملکرد ضعیفی دارند. ارتفاع برج یکی از فاکتورهای مهم در توربین‌های بادی کوچک است. برج‌های کوچک ظرفیت توربین بادی را کاهش می‌دهند و حتی منجر به ایجاد اغتشاش بیشتر در توربین بادی می‌شوند. برج‌های بلند این معایب را پوشش می‌دهند ولی هزینه را افزایش خواهند داد. یکی دیگر از الزامات توربین‌های بادی کوچک نگهداری این توربین‌ها است که این امر نیازمند صرف هزینه و برای بالا بردن قابلیت اطمینان نیروی متخصص است.

یکی از چالش‌های اساسی در ارتباط با توربین‌های بادی کوچک این است که این توربین‌ها در نزدیکی محل‌های مسکونی واقع شده‌اند که در این محل‌ها سرعت باد کمتر و به دلیل برخورد با موانع اغتشاشی است. طراحی توربین‌های بادی که در این شرایط به صورت مطمئن و با نویز پایین کار کنند یک چالش اساسی است.

بنابراین در تکنولوژی توربین‌های بادی کوچک بایستی نکات زیر لحاظ شود:

بایستی کمتر از سایر توربین‌های بادی از هوای مغتشش تاثیر پذیرند.

هزینه نصب آن‌ها با سایر توربین‌های بادی با طول برج یکسان، برابر باشد.

بایستی قابلیت کار در سرعت‌های باد پایین‌تر را با ظرفیت مناسب داشته باشند.

توربین‌های بادی با ظرفیت بالاتر، توربین‌های بادی معمولی هستند که در مزارع بادی و یا در سایر کاربردها استفاده می‌شوند.

این گروه‌بندی در نقشه راه باد به صورت توربین‌های بادی با ظرفیت کمتر از ۳ مگاوات، توربین‌های بادی با ظرفیت ۳ تا ۵

مگاوات، توربین‌های بادی با ظرفیت ۵ تا ۱۰ مگاوات و توربین‌های بادی با ظرفیت بالای ۱۰ مگاوات بیان شده است. نقشه راه



باد در بخش ظرفیت به شکل زیر است.

شکل ۳-۱۳- نمایشی از بخش ظرفیت توربین بادی

۳-۲-۳- بهینه‌سازی تکنولوژی توربین بادی

بخش بهینه‌سازی تکنولوژی به دو زیرگروه استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند و اصلاح ساختاری توربین تقسیم می‌شود.

این بخش در گزارش‌های شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت و شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های

فناوری و ترسیم درخت فناوری، به صورت کامل توضیح داده شده است.

نمای کلی بخش بهینه‌سازی تکنولوژی سند راه انرژی باد ایران در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۴- نمایشی از بخش بهینه‌سازی تکنولوژی

استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند

یک بحث مهم در فرآیند بهینه سازی تکنولوژی توربین های بادی، استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند است، که در توضیح بخش تکنولوژی اجزای توربین بادی برای هر کدام از اجزا یکی از مهم ترین چالش ها بهبود مواد به کار رفته در ساختار توربین بادی است. مواد هوشمند در ساختار توربین بادی با این هدف قابل مطالعه هستند که پره و سایر اجزای استفاده شده در توربین بادی قابلیت ترمیم خود را داشته باشند و در بهترین بازدهی و شکل برای توربین های بادی ایجاد شده باشند، زیرا فرآیند تعمیر اجزای توربین بادی بسیار زمان بر و مشکل است.

اصلاح ساختاری توربین

از سمت دیگر می توان مطالعاتی در زمینه اصلاح ساختار توربین های بادی موجود از لحاظ اصلاح مدل آیرودینامیکی توربین بادی و همین طور حذف، اضافه یا بهبود اجزا و زیرسیستم ها انجام داد. که این مطالعات در واقع اصلاح ساختاری توربین های بادی را به منظور رسیدن به توربین های بادی بهتر و با قابلیت استحصال توان بالاتر مورد هدف قرار می دهند.

۳-۳-۲-۴- تکنولوژی حمل و نقل و نصب

بخش تکنولوژی نصب توربین بادی شامل زیرگروه های تکنولوژی حمل و نقل، فونداسیون ساحلی و فراساحلی و اتوماسیون نصب است. در گزارش شناسایی حوزه های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت، مراحل نصب توربین بادی بیان شده است و در گزارش شناسایی اجزا و زیر سیستم های فناوری و ترسیم درخت فناوری، چالش های مربوط به حمل و نقل توربین



توربین بادی بیان شده اند.

شکل ۳-۱۵- نمایشی از بخش حمل و نقل و نصب توربین بادی

تکنولوژی حمل و نقل

در رابطه با توربین بادی چالش ها و مشکلات زیادی در زمینه حمل و نقل اجزای توربین بادی از این حیث که این اجزا وزن، طول و شکل غیرمعمولی دارند و این ویژگی ها حمل و نقل این اجزا را بسیار دشوار می سازد. همچنین در مراحل نصب مزارع

بادی، الزاماتی برای کابل کشی بین توربین‌های بادی در مزرعه وجود دارد که این امر بایستی در بخش طراحی مزرعه بادی و در مرحله نصب لحاظ شود.

فونداسیون ساحلی و فراساحلی

پس از مرحله طراحی زیرساخت‌ها و نصب، مراحل کار مهندسی عمران شامل کارهای مربوط به زمین، فونداسیون، کانال کشی و تامین منابع آب صورت می‌گیرد. با توجه به سیستم‌های نصب موجود، فراهم کردن امکانات برای نصب تجهیزات وارداتی برای ساخت توربین بادی بسیار مهم است. در صورت یکه دانش ساخت محصولات در داخل کشور وجود داشته باشد، حمل و نقل و نصب محصولات با سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد و این مهم به این دلیل است که سازنده مسئولیت حمل و نقل و نصب تجهیزات را به عهده دارد. بنابراین می‌توان از تخصص‌های موجود برای نصب توربین بادی استفاده نمود. برای مثال می‌توان از سازنده‌های پلتفرم‌های نفتی فراساحلی برای ساخت مزارع بادی فراساحلی استفاده نمود.

اتوماسیون نصب

گسترش کاربرد توربین‌های بادی نیازمند توسعه روند تولید توربین بادی و قطعات آن می‌باشد. یکی از عواملی که به صورت چشم‌گیری به گسترش این روند کمک می‌کند، توسعه اتوماسیون در صنایع بادی است. اتوماسیون صنایع باد، می‌تواند در بخش‌های تولید قطعات و اجزای توربین بادی و فراتر از آن در بخش کنترل، ارتباطات^۸ و مانیتورینگ توربین بادی توسعه یابد. از آنجا که فرآیند نصب توربین بادی با توجه به مشکلات ذکر شده برای حمل و نقل توربین بادی پیچیده و زمان‌بر است، ایجاد اتوماسیون نصب و در واقع توسعه‌ی آن الزامی است.

۳-۳-۲-۵- تکنولوژی تعمیرات و نگهداری

عملکرد بخش نگهداری و تعمیرات توربین بادی در گزارش شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت همراه با مثالی از نحوه چک کردن عملکرد ارائه شده است. این بخش شامل زیرگروه‌های اصلاح و بهینه‌سازی تکنولوژی نت و

تهیه بانک اطلاعات نت توربین‌ها با هدف کاهش هزینه‌ها، بازدید روتین و تعمیر و جایگزینی اجزای آسیب دیده و از کارافتاده است. نمایی از بخش تکنولوژی نگهداری و تعمیرات نقشه راه باد ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱۶- نمایی از بخش تکنولوژی تعمیرات و نگهداری

اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت

چک کردن عملکرد توربین بادی فرآیندی روزانه است که از طریق مانیتورینگ توربین بادی، رفع خطاهای موجود در عملکرد و هماهنگی با تجهیزات انجام می‌گیرد. فرآیند نگهداری توربین‌های بادی شامل بازدید دوره‌ای و انجام سرویس‌هایی در زمینه تعمیر اجزای آسیب دیده است.

تهیه بانک اطلاعات نت توربین‌ها

برای امکان بررسی‌های بعدی و همچنین دسترسی سریعتر به اطلاعات، لازم است بانک اطلاعاتی نگهداری و تعمیرات توربین‌ها ایجاد و هر بار فعالیت‌های انجام شده ثبت گردد.

۳-۳-۲-۶- تکنولوژی توربین‌های فراساحلی

پتانسیل سنجی نصب توربین‌های فراساحلی

در حال حاضر پتانسیل باد ایران در بخش فراساحلی تعیین نشده است و اطلس مدونی از وضعیت باد فراساحلی ایران وجود ندارد. این در حالی است که تمامی کشورهای پیشرو در عرصه توربین بادی در صورت مجاورت با مناطق فراساحلی، چشم‌اندازی در راستای توسعه ظرفیت توربین‌های بادی فراساحلی دارند. این مهم در مطالعه اسناد راهبردی انرژی باد چین، اروپا و فیلیپین مشاهده شد. بنابراین اولین و یکی از مهم‌ترین گام‌ها در راستای توسعه صنعت بادی فراساحلی در ایران امکان‌سنجی نصب توربین‌های فراساحلی در ایران است. توسعه توربین‌های بادی فراساحلی از یک سو سبب تامین بخشی از برق مورد نیاز

ایران خواهد شد و از سوی دیگر با توجه به مجاورت ایران با خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر امکان صادرات برق به کشورهای همسایه وجود دارد.

طراحی و ساخت توربین‌های فراساحلی

توربین‌های بادی فراساحلی نیازمند حفاظت بیشتر در برابر خوردگی و محیط نامناسب دریا هستند. در حقیقت این هزینه سرمایه‌گذاری بیشتر ناشی از افزایش هزینه نصب برای فونداسیون، برج و توربین به همراه هزینه برای مراقبت در برابر محیط دریا است. تفاوت اساسی میان مزارع بادی فراساحلی و مزارع بادی نصب شده بر روی زمین، فونداسیون مورد نیاز برای توربین‌های بادی فراساحلی است. این فونداسیون‌ها نیازمند ساختاری پیچیده‌تر هستند که منجر به هزینه‌های بیشتر در نصب این توربین‌ها می‌شود.

فونداسیون‌ها در چهار گروه *monopiles*، *floating*، *tripod* و *gravity based structures* دسته بندی شده‌اند. به کارگیری هر کدام از این ساختارها بستگی به شرایط محیط نصب و هزینه در نظر گرفته شده برای بهره‌برداری دارد. مزایا و معایب این ساختارها در گزارش سند راهبردی انرژی باد بیان شده‌اند.

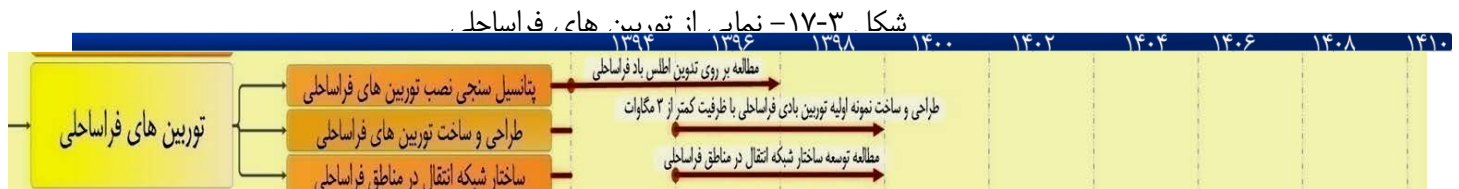
در حال حاضر، بیشتر توربین‌های بادی فراساحلی در آب‌های کم عمق و با استفاده از ساختار *monopile* نصب شده‌اند. پرکاربردترین نوع این ساختار شامل قرار دادن تیوب‌های استیل با قطر ۳ تا ۵ متر در عمق ۱۵-۳۰ متری دریا است. مزیت این ساختار این است که نیازمند پایه‌ای از بستر دریا نیست و ساخت آن به نسبت آسان است اما نصب آن سخت و امکان بارگذاری و ایجاد خستگی بر روی آن وجود دارد. چالش اصلی در این زمینه توسعه فونداسیون‌های ارزان‌تر برای استفاده در آب‌های با عمق بالاتر است.

آینده باد فراساحلی بر پایه توسعه پروژه‌های در سایز بزرگ واقع شده در آب‌های عمیق‌تر به منظور افزایش ظرفیت و افزایش فضا به منظور کارکرد توربین‌های بادی در سایزهای بزرگ است. اگرچه افزایش فاصله با ساحل، سایز کابل را افزایش می‌دهد و هزینه نصب و فونداسیون توربین‌های بادی در این عمق آب بالا است، با توجه به ظرفیت بالای توربین‌های بادی در این مکان امکان به وجود آمدن یک تعادل در این هزینه‌ها وجود دارد.

ظرفیت نصب شده توربین‌های بادی از رقم ۲/۹ مگاوات در سال ۲۰۱۰ به ۳/۴ مگاوات رسیده است. در حال حاضر مزارع بادی نصب شده شامل توربین‌های بادی ۳/۶ مگاوات هستند و این در حالی است که توربین‌های بادی با ظرفیت ۵ مگاوات یا بالاتر

در دسترس و یا در حال توسعه هستند. روند نصب توربین‌های بادی فراساحلی در سائزهای بزرگتر در آینده ادامه خواهد یافت [۱۰].

نمایی از بخش تکنولوژی توربین‌های فراساحلی نقشه راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.



ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی

برای نصب این توربین‌های بادی بایستی امکان کابل کشی به مناطق شهری و مناطق ساحلی در نظر گرفته شود. همین‌طور در لحاظ کردن امکان کابل کشی، این نکته نیز بایستی در نظر گرفته شود که معمولا مناطق نزدیک ساحل استفاده‌های تجاری دارند و بنابراین ترجیح برای نصب توربین‌های بادی فراساحلی در مناطق دور از ساحل است که این امر کابل کشی این توربین‌ها به ساحل را مشکل‌تر می‌کند.

۳-۳-۲-۷- تست توربین بادی

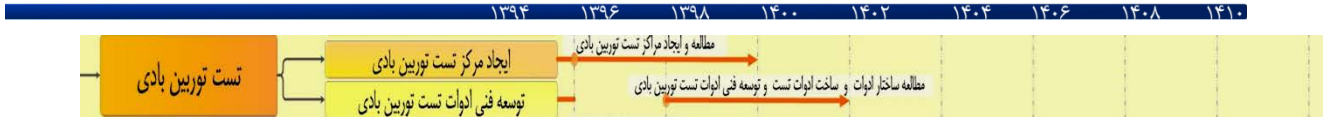
این بخش شامل دو زیر گروه ایجاد مرکز تست و توسعه فنی ادوات تست توربین بادی است.

ایجاد مرکز تست توربین بادی

در رابطه با اصول گواهی تست توربین بادی، استانداردهای مرتبط با تست توربین بادی و امکانات مورد نیاز برای تست توربین بادی در گزارش شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری توضیحات کاملی ارائه شده است.

توسعه فنی ادوات تست توربین بادی

در قالب گزارش شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلندمدت، مواردی که در تست‌های توربین بادی مورد بررسی قرار می‌گیرند و امکانات جدیدی که برای تست توربین بادی ایجاد شده بیان شده‌اند.



شکل ۳-۱۸- نمایی از بخش تست توربین بادی

۳-۳-۲-۸- تکنولوژی فرآوری برق

ذخیره سازی

در کنار استفاده از منابع تجدیدپذیر از جمله انرژی بادی استفاده از ذخیره‌سازها بسیار مطلوب است. رویکرد بالا به ذخیره‌سازها به علت توسعه توربین بادی در ظرفیت بالا گسترش یافته است. این سیستم‌های ذخیره‌ساز می‌توانند در کلیه بخش‌های شبکه قدرت شامل بخش تولید، توزیع و مصرف استفاده گردند. نوع سرویس ذخیره‌ساز وابسته به این است که ذخیره‌ساز در چه بخشی از شبکه قرار دارد و در دو گروه متمرکز (تولید و انتقال) و غیرمتمرکز (توزیع و مصرف پایانی) قرار می‌گیرد. در حال حاضر تمرکز اصلی بر روی ذخیره‌سازهای متمرکز قرار دارد که به منظور تامین پیک مصرف کاربرد دارند. بر اساس یک تقسیم‌بندی ذخیره‌سازها بر اساس زمان ذخیره‌سازی انرژی به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

ذخیره‌ساز زمان کوتاه (کمتر از یک ساعت) که این گروه از ذخیره‌سازها برای پایداری شبکه با ایجاد ظرفیت رزرو و کنترل ولتاژ به کار می‌روند. در این‌گونه از ذخیره‌سازها معمولاً تزریق توان در بازه‌های زمانی در حدود ثانیه تا دقیقه انجام می‌گیرد. باتری و چرخ طیار معمولاً برای این منظور استفاده می‌شوند.

ذخیره روزانه که به منظور تطابق و پوشاندن پیک مصرف روزانه استفاده می‌شود. انرژی در زمان‌هایی که مصرف کم است ذخیره شده و در زمان‌های مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. منابع ذخیره‌ساز هوای فشرده برای این منظور مناسب هستند.

ذخیره‌سازی فصلی در نیروگاه‌های برق‌آبی انجام می‌گیرد و این امر با توجه به سطح بارندگی و آب در فصول مختلف است.

فرآیند ذخیره‌سازی برق از سه مرحله متفاوت تشکیل شده است:

تبدیل انرژی الکتریکی به اشکال دیگر انرژی

ذخیره انرژی در یک بازه زمانی

تبدیل مجدد انرژی ذخیره شده به انرژی الکتریکی

تکنولوژی‌های متفاوت ذخیره‌سازی انرژی می‌توانند در اشکال مختلفی که انرژی در ذخیره‌ساز ذخیره می‌شود بیان شوند [۲۸]:

ذخیره‌سازهای مکانیکی انرژی برق را به شکل مختلف انرژی جاذبه‌ای، چرخشی و اشکال دیگر انرژی تبدیل می‌کنند و از انواع مختلف این ذخیره‌سازها می‌توان به PHS، CAES و چرخ طیار اشاره نمود.

ذخیره‌ساز انرژی شیمیایی، انرژی الکتریکی منجر به یک واکنش شیمیایی می‌شود که انرژی را ذخیره می‌کند.

ذخیره‌سازی انرژی الکتروشیمیایی منجر به واکنش‌های الکتروشیمیایی می‌شود که در این گروه باتری‌ها و ابرخازن‌ها جای می‌گیرند.

ذخیره‌سازهای الکتریکی تبدیل شکلی از انرژی الکتریکی به شکل دیگر انرژی ندارند. خازن‌ها و ذخیره‌سازهای مغناطیسی ابررسانا در این گروه هستند که این تکنولوژی در شبکه‌ها برق هم اکنون کاربرد ندارد.

ذخیره‌سازهای گرمایی، انرژی الکتریکی را به صورت حرارتی ذخیره می‌کنند.

ادغام ذخیره‌سازهای با ظرفیت بالا با سیستم برق یک عملکرد مناسب در راستای حذف نوسانات توان منابع تجدیدپذیر است. این تجهیزات تاثیر تغییرات توان بادی بر روی شبکه برق را کاهش و تطابق توان خروجی پیش‌بینی شده با توان حقیقی توربین بادی را افزایش می‌دهند. بایستی به عملکرد سیستم‌های ذخیره‌ساز، طرح‌ریزی و استفاده از این ادوات توجه بیشتری شود. سیستم‌های ذخیره‌ساز بایستی در سمت بار و سمت تولید توان به کار گرفته شوند.

تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه

سیستم‌های توربین بادی منفصل از شبکه به صورت مجزا از شبکه عمل می‌کنند و در نتیجه نیازی به ادغام یا اتصال به شبکه و چالش‌های مرتبط با آن را ندارند. برخی از کاربردهای توربین‌های منفصل از شبکه شارژ باتری، گرمایش آب، تولید توان الکتریکی در نواحی دورافتاده، تامین انرژی دستگاه‌های ناوبری دریایی و شیرین‌سازی آب است.

سیستم‌های گرمایش آب اغلب در منازل مسکونی استفاده می‌شوند و در این سیستم‌ها توربین بادی به طور مستقیم به یک رادیاتور یا آب‌گرمکن و یا بخاری الکتریکی متصل می‌شود و در نتیجه کاربردهای گرمایشی دارد که در این حالت به صورت

مشابه می‌توان از توربین بادی در جهت سرمایه‌ش منزل مسکونی نیز استفاده نمود. در تامین برق مناطق دورافتاده به دلیل عدم نیاز به شبکه برق، تولید برق بسیار مقرون به صرفه و قابل اعتماد است و در غالب موارد به دلیل ماهیت متغیر باد این سیستم‌ها نیازمند یک سیستم ذخیره‌کننده نیز می‌باشند. مزیت این سیستم‌ها این است که در کنار توربین بادی می‌توان سلول خورشیدی و یا دیزل ژنراتور را به منظور تامین برق یک منطقه به صورت سیستم هیبرید استفاده نمود.

توربین‌های بادی متصل به شبکه منفرد به صورت معمول برای تامین بارهای الکتریکی از نوع مسکونی، تجاری، صنعتی و یا کشاورزی استفاده می‌شود. این گروه از توربین‌های بادی نزدیک به بار احداث می‌شوند و در اتصال به شبکه میزان برق مازاد را به شبکه می‌فروشند. این اتصال به شبکه این امکان را فراهم می‌سازد که در صورت عدم توانایی توربین بادی در تامین بار، شبکه برق مور نیاز را تامین نماید. کشورهای آمریکا، آلمان، دانمارک، هلند و اسپانیا سیاست‌های تشویقی مناسبی را در این زمینه فراهم نموده‌اند تا مشترکین را به سمت به کارگیری این توربین‌های بادی جذب نمایند.

توربین‌های بادی متصل به شبکه گروهی همان مزارع بادی هستند که مقدار انرژی قابل تولید هر مزرعه بسته به نوع و تعداد توربین‌های بادی در مزرعه دارد. به منظور انتقال توان تولیدی در مزارع بادی به شبکه از ترانسفورماتورها استفاده می‌شود. نمای کلی بخش تکنولوژی فرآوری برق سند راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱۹- نمای کلی از بخش تکنولوژی فرآوری برق

۳-۲-۳- تکنولوژی بازیافت و دورریز

تکنولوژی بازیافت و دور ریختن توربین بادی به عنوان مبحث جدیدی در مباحث صنعت توربین بادی در کشورهای پیشرو در این عرصه مطرح است. توضیحاتی در این موضوع در گزارش‌های شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری و شناسایی حوزه های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت ارائه شده است. نمای کلی بخش تکنولوژی بازیافت و دور ریختن نقشه راه انرژی بادی ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲۰- نمایی از بخش تکنولوژی بازیافت و دور ریز

۳-۳- آماده سازی زیرساخت های فنی

این حوزه شامل دو زیر مجموعه است؛ ۱. پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی و ۲. توسعه و بهبود شبکه برق کشور که در ادامه به

آن ها خواهیم پرداخت:



شکل ۳-۲۱- نمایی از بخش آماده سازی زیرساخت های فنی

۳-۳-۱- پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی

این حوزه همراه با زیرحوزه های آن یعنی تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه، پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست برای تغذیه شبکه ای و استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد در گزارش شناسایی حوزه



پتانسیل سنجی توسعه نیروگاه بادی در نقشه راه انرژی بادی ایران نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲۲- نمایی از بخش پتانسیل سنجی توسعه نیروگاه بادی

تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه

سازمان انرژی های نو ایران اطلس باد کشور را استخراج کرده است و تراکم باد را در مناطق مختلف مشخص نموده است، اما این اطلس نیاز به دقیق شدن و استخراج دقیق مقدار پتانسیل هر منطقه را دارد. از طرف دیگر همان طور که در بحث توربین های بادی فراساحلی گفته شد، در بحث فراساحلی، در کشور ایران پتانسیل سنجی انجام نشده است. بنابراین نیاز به استخراج

دقیق اطلس باد کشور در بخش ساحلی و فراساحلی وجود دارد که با توجه به فناوری‌های مختلف می‌توان به این هدف دست یافت.

پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست

در نصب توربین‌های بادی، بایستی مکان‌های مناسب مشخص گردد که این مکان‌ها در صورت نصب مزرعه بادی بایستی مساحت بالایی با در نظر گرفتن حد مجاز فواصل بین توربین‌های بادی داشته باشند و از طرف دیگر با توجه به مشکلات صوتی ناشی از توربین‌های بادی و همین‌طور عدم وجود موانع در مسیر توربین‌ها برای استفاده حداکثر از پتانسیل باد منطقه بایستی با فاصله از مناطق شهری نصب گردند.

استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد

در تعیین سرعت باد، به منظور بهره برداری مناسب از توربین‌های بادی چندین روش وجود دارد. یکی از روش‌ها سیستم هواشناسی و نصب باد سنج است، که سیستم‌های هواشناسی با استفاده از باد سنج جهت و سرعت باد را تعیین می‌کنند. برج‌های هواشناسی برای تعیین سرعت و جهت باد مجهز به بادسنج و بادنما هستند. برج‌هایی که برای امکان سنجی توربین بادی استفاده می‌شوند از سازه‌های فولادی لوله‌ای ساخته می‌شوند. این برج‌ها به مدت یک تا دو سال اطلاعات باد منطقه را جمع‌آوری می‌کنند و سپس این اطلاعات پایه به سرور منتقل شده و در آن‌جا تجزیه و تحلیل می‌شوند. ایستگاه‌های هواشناسی علاوه بر سرعت باد، جهت باد، میزان رطوبت، شدت تشعشع و میزان فشار هوا را اندازه‌گیری می‌نمایند. سنسورهای باد سنجی به دو دسته کلی مکانیکی و الکترونیکی یا اولتراسونیک تقسیم بندی می‌شوند.

از طرف دیگر پیش بینی سرعت باد، امکان بهره برداری مناسب از توربین یا مزاع بادی را برای ما فراهم می‌سازد، این امر به این خاطر است که با دانستن سرعت باد در زمان‌های مختلف میزان توان باد برای ما مشخص شده و امکان برنامه ریزی برای ما فراهم می‌شود و در واقع یکی از مشکلات بزرگ انرژی بادی یعنی عدم قطعیت باد از بین خواهد رفت. روش‌های پیش‌بینی باد بر پایه زمان به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند:

پیش بینی فوق العاده کوتاه: چند دقیقه تا یک ساعت

پیش بینی کوتاه مدت: از یک ساعت تا چند ساعت

پیش بینی میان مدت: از چند ساعت تا یک هفته

پیش بینی بلند مدت: از یک هفته تا یک سال

علاوه بر این تقسیم بندی، روش های پیش بینی باد از حیث نوع روش در چندین گروه زیر تقسیم بندی می شوند، که این روش ها بنابر میزان دقت مرود نیاز برای پیش بینی باد و میزان پیچیدگی روش برای پیش بینی انتخاب می شوند.

روش تداوم^۹

روش های فیزیکی

روش های آماری

روش های هم بستگی فضایی^{۱۰}

روش های هوش مصنوعی

روش های ترکیبی

۳-۳-۲- توسعه و بهبود شبکه برق کشور

آماده سازی شبکه انتقال و توزیع

انرژی بادی مانند سایر منابع انرژی تجدیدپذیر وابسته به شرایط جغرافیایی و آب و هوایی است، به گونه ای که برق تولیدی با توجه به سرعت وزش باد نوسان می کند. اگرچه این تغییرات در بازه های زمانی ثانیه یا دقیقه تغییری ایجاد نمی کند اما در طول یک روز و در سطح ملی برق تولیدی از مقدار مینیمم صفر تا ماکزیمم نوسان می کند. سیستم هایی که ظرفیت بالایی از توان بادی را دارند بایستی قابلیت انعطاف به منظور تطبیق با نیاز شبکه را داشته باشند. این قابلیت انعطاف می تواند از طرف منابع و یا بازار ایجاد شود. منابع انعطاف پذیر با توجه به شرایط تغییر پیدا می کنند و شامل نیروگاه های قابل دیسپاچینگ مانند نیروگاه های گازی و برق آبی تا تبادل برق با سیستم های دیگر و حتی نیروگاه های متغیر مانند برخی از نیروگاه های بادی فراساحلی در

دانمارک می‌شوند. این منابع منعطف بایستی قابلیت پاسخ‌دهی در زمان و مکان مناسب را با داشتن مشوق‌های مناسب داشته باشند.

یکی از چالش‌های اساسی که در سند راه انرژی باد اروپا ذکر شده است [۲۸]، عدم پیش‌بینی صحیح از روند افزایش سهم ظرفیت بادی است. در واقع سیاست‌گذاری غلط و دیدهای غیرواقع‌گرایانه سبب ایجاد چالش‌هایی در زمینه توسعه توان بادی شده است. این روند منجر به فقدان یک قالب منطقی در جهت توسعه و عدم برنامه‌ریزی صحیح در میزان سرمایه‌گذاری خواهد شد. در کشورهایی مانند چک و اسپانیا این پیش‌بینی اشتباه از روند توسعه سبب کمبود میزان سرمایه‌گذاری و کمک طرح‌های پشتیبان به توسعه ظرفیت بادی شده است؛ به گونه‌ای که در برخی از طرح‌ها میزان سوددهی کمتر از میزان سرمایه‌گذاری بوده است و این واحدها به عنوان طرح‌های ضررده مطرح شده‌اند. یکی از عوامل اصلی این چالش ایجاد بحران‌های اقتصادی در این کشورها بوده است که سبب نادیده گرفته شدن اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی نیروگاه‌های بادی شده است.

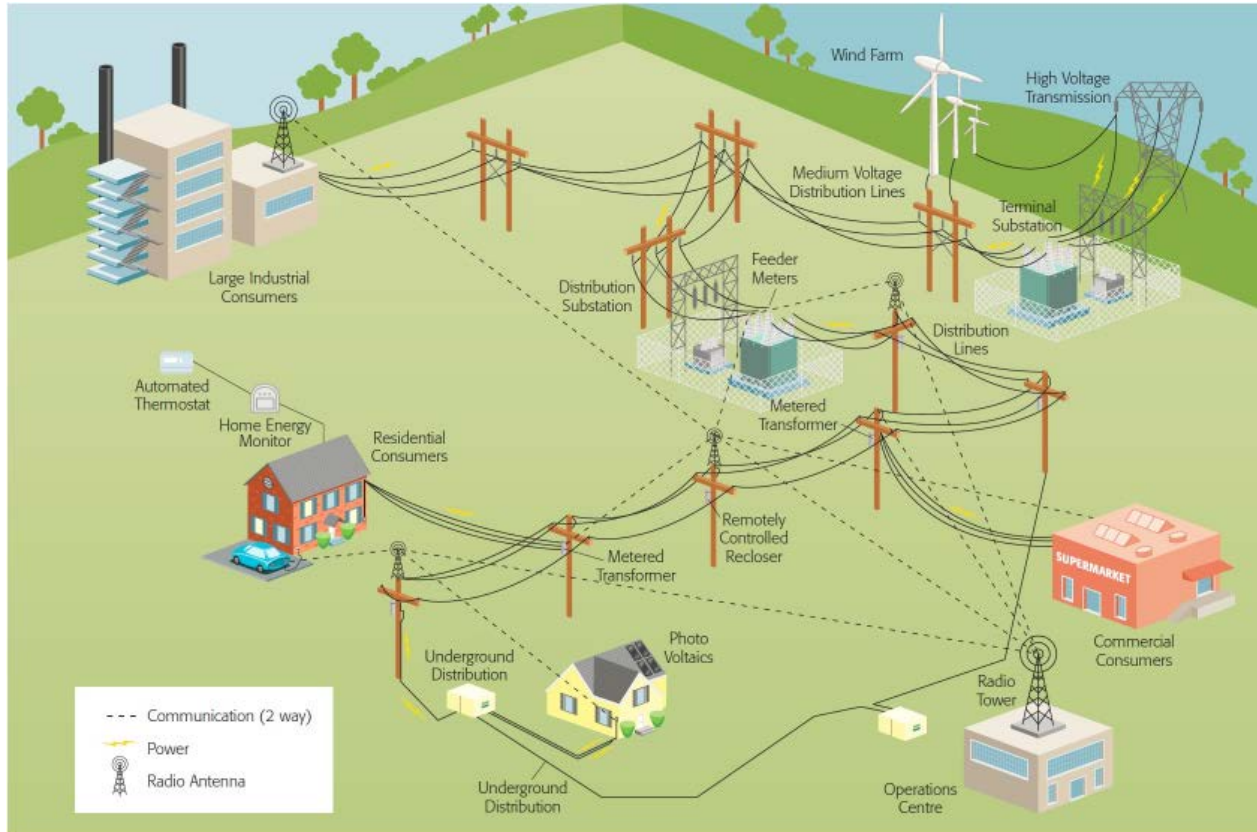
در طول سالیان متمادی، IEA به دنبال راهکار مناسب در جهت ادغام و مدیریت منابع متغیر انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است. دو منبع [۳۰] و [۳۱] چالش‌های تکنیکی در جهت ادغام مقادیر بزرگ برق خورشیدی و بادی را مورد بررسی قرار داده است و پیشنهاداتی را در راستای رفع این موانع ارائه کرده است. به علاوه، "Task ۲۵" از توافق‌نامه به کارگیری باد در IEA، یک قالب بین‌المللی در جهت تبادل دانش و تجربیات مرتبط با عملکرد سیستم با مقادیر بالای توان بادی با در نظر گرفتن بهترین همکاری با اپراتور سیستم انتقال ارائه داده است.

در ادغام توان بادی با شبکه برق الزامات فراوانی بایستی در شبکه لحاظ شود. توان بادی می‌تواند جریان توان در شبکه برق و تلفات را تغییر دهد که منجر به تغییراتی در ساختار شبکه برق خواهد شد. ادغام توان بادی با شبکه می‌تواند اثرات مخربی بر روی کیفیت توان، نوسانات ولتاژ و ایجاد هارمونیک و فلیکر داشته باشد. در مورد اتصال توربین بادی در سیستم‌های کوچک می‌تواند پایداری حالت گذرای فرکانسی و ولتاژی را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین به منظور حل مشکل ماهیت متغیر توان بادی راه‌حلی در جهت مدیریت تولید و عرضه توان و همچنین کنترل فرکانس و ولتاژ ایجاد شده است [۳۹].

ایجاد بازار برق هوشمند

در رابطه با ساختار و اهداف شبکه هوشمند در گزارش شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری توضیحاتی داده شده و شمایی کلی از ساختار شبکه هوشمند با قابلیت اتصال منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر توربین بادی نمایش

داده شده است. نمایی دیگر از ساختار کلی شبکه‌های هوشمند به منظور فهم نحوه ساختار و عملکرد شبکه‌های هوشمند در شکل زیر نشان داده می‌شود.



شکل ۳-۲۳- ساختار شبکه هوشمند [۴۰]

شبکه‌های هوشمند در واقع با هدف ایجاد تغییرات ساختاری در روند تولید، انتقال، توزیع و مصرف برق با در نظر گرفتن حجم بالایی منابع تجدیدپذیر، مانیتورینگ، کنترل، برقراری ارتباط میان سرمایه‌گذاران و حفاظت از شبکه ایجاد شده‌اند. این تحول اثرات تکنیکی، اجتماعی و اقتصادی را به دنبال دارد. در حقیقت هدف به کارگیری این شبکه‌ها ایجاد شبکه‌ای با بهره‌برداری مناسب از منابع انرژی تجدیدپذیر به ویژه در بخش توزیع، کاهش تلفات شبکه و بهبود بازدهی است. در این حالت، منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند در نزدیکی محل مصرف و یا با فاصله از مصرف قرار داشته باشند. شبکه برق بایستی به شکلی گسترش پیدا کند تا بتواند منابع تولید توان تجدیدپذیر را در مناطق روستایی تا سطوح انتقال در خود جای دهد و مشکلی در جهت ادغام توربین بادی با شبکه وجود نداشته باشد.

استفاده از شبکه‌های هوشمند می‌تواند تغییر بزرگی در روابط میان مشتریان و تامین‌کنندگان توان ایجاد نماید که میزان کنترل بر روی توان مصرفی برای هر دو را افزایش می‌دهد. رسیدن به این مهم نیازمند سیاست‌های هوشمند و استراتژی‌های توسعه مناسب است. به منظور رسیدن به این هدف، IEA بر روی تدوین مستندات در مورد شبکه‌های هوشمند کار می‌کند. کنترل دیسپاچینگ یک نقش اساسی را در ساختار شبکه برق برای تخصیص توان‌ها اجرا می‌کند. نوسانات توان بادی و توسعه استفاده از تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر در مقیاس بالا نیازمند روش‌های دیسپاچینگ هوشمند است. آنالیز دیتا و آمار مرتبط با توربین بادی بایستی به منظور ارتقا دانش در زمینه مشخصات توان بادی به صورت کاملی انجام گیرد. استراتژی‌ها و تکنولوژی‌های برنامه ریزی بایستی به صورت پیوسته برای بهبود روند برنامه ریزی توان بادی مورد مطالعه قرار گیرند. تکنولوژی شبکه هوشمند بایستی در کنترل دیسپاچینگ به کار گرفته شود.

کاهش قیمت برق بادی

انرژی بادی مانند سایر انرژی‌های تجدیدپذیر مشوق‌های مالی دریافت می‌کند اما هزینه سوخت ندارد. پارامترهای اصلی در زمینه اقتصاد صنعت بادی عبارتند از:

هزینه سرمایه‌گذاری

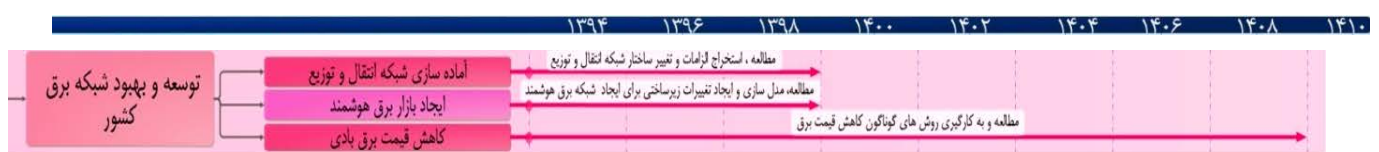
هزینه عملکرد و نگهداری

ظرفیت توربین بادی

طول عمر اقتصادی

اگرچه صنعت بادی مشوق‌های مالی دریافت می‌کند این صنعت در میان صنایع تجدیدپذیر تکنولوژی به صرفه‌ای است و قیمت برق تولید شده بر واحد kWh آن توجیه‌پذیر است [۱۰].

در شکل زیر نمای کلی بخش توسعه و بهبود شبکه برق کشور نقشه راه انرژی بادی ایران نمایش داده شده است.



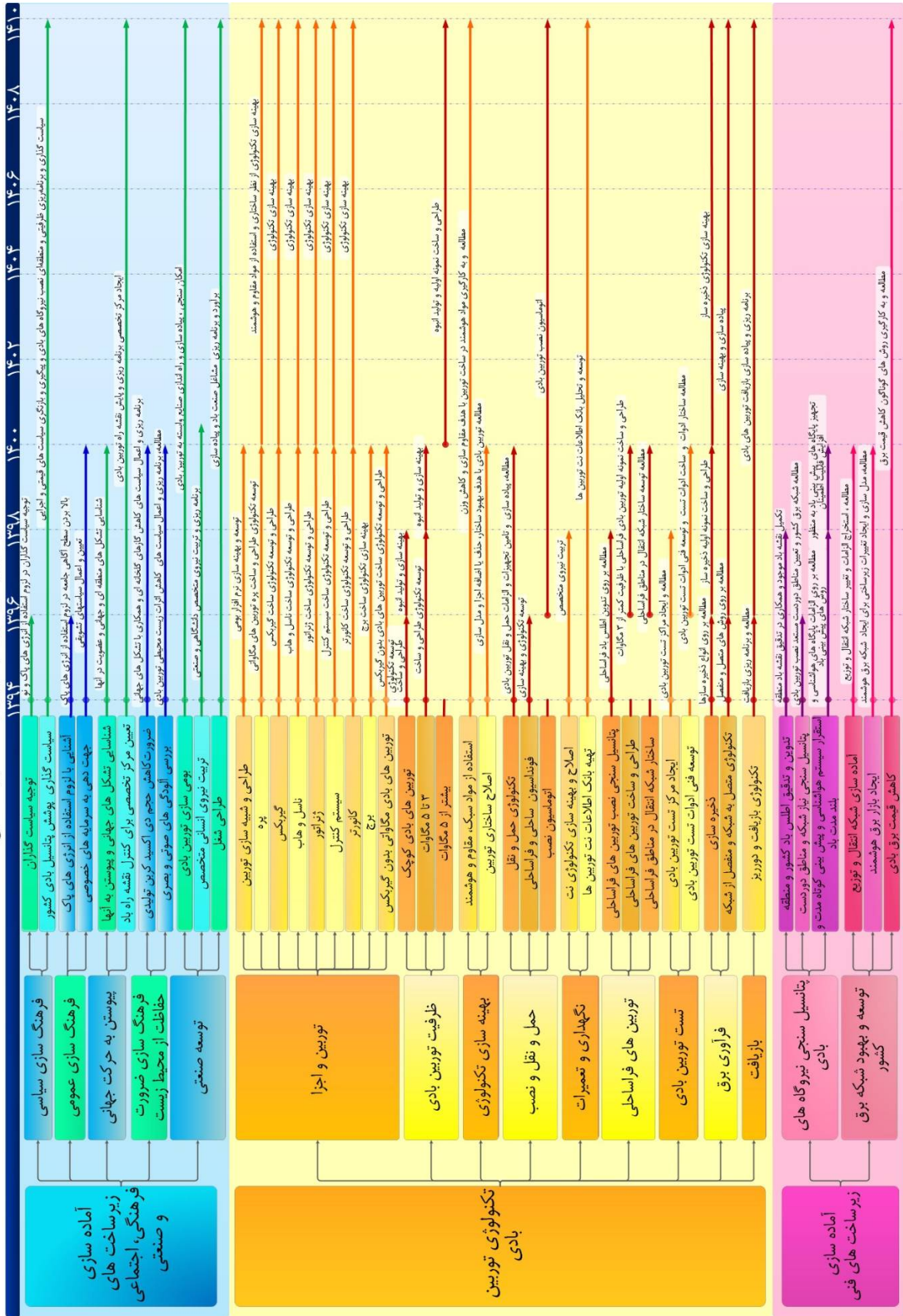
شکل ۳-۲۴- نمای از بخش پتانسیل سنجی توسعه نیروگاه

۳-۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل در ادامه شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت، حوزه‌های میانی سند راه بر اساس اهداف و چشم‌اندازها انتخاب شده و چهارچوب اصلی سند راه مشخص گردید. تمامی زیرحوزه‌های سند راه انرژی باد در این فصل به صورت کامل توضیح داده شده و در انتها در بخش ضمایم شمای کلی سند راه انرژی بادی کشور نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در این سند راه اقدامات کشورهای دیگر در حوزه‌های مختلف تعریف شده، نشان داده شده است تا مقایسه سند راه انرژی باد ایران و سایر کشورها به سهولت انجام شود. در این بخش شمای کلی ویرایش ۲ نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد ایران با در نظر گرفتن حوزه‌های فرعی نمایش داده می‌شود.



نقشه راه بهره برداری از انرژی باد کشور تا افق ۱۴۱۰





فصل ۴ - تدوین راهبردهای توسعه فناوری

۴-۱- مقدمه

پس از تدوین شمای کلی نقشه راه انرژی باد ایران و مشخص نمودن اهداف و چشم‌اندازها بایستی راهبردهای موثر در راستای رسیدن به این اهداف را مشخص نمود. در تدوین راهبردهای توسعه فناوری مرور تجربیات و راهبردهای توسعه فناوری انرژی باد در کشورهای دیگر گامی اساسی است. به این دلیل ابتدا سیاست‌ها و راهبردهای کشورهای دیگر از جمله مالزی، چین، فیلیپین، هند، ژاپن، کره، سری‌لانکا، ویتنام مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند؛ این کشورها در سطوح مختلفی از لحاظ توسعه صنایع بادی قرار دارند و می‌توانند تجارب مختلفی را در حوزه توسعه صنایع بادی در اختیار ما قرار دهند.

یکی از منابع جامع و کامل در راستای سیاست‌ها و راهبردهای توسعه فناوری بادی در ایران، گزارش سیاست‌های بخش توسعه برق بادی در ایران از مجموعه گزارش‌های سند راهبردی انرژی بادی ایران است. در این منبع به صورت کامل موانع موجود در توسعه صنعت بادی در ایران مورد بررسی قرار گرفته و سپس سیاست‌ها و راهبردهای توسعه فناوری بخش بادی در ایران بیان شده است. با این توضیح، پس از بررسی راهبردهای توسعه انرژی باد در کشورهای نمونه، راهبردهای توسعه انرژی باد در ایران با لحاظ نمودن این مطالعات و منطبق بر گزارش سند راهبردی انرژی باد ارائه می‌شود.

۴-۲- بررسی راهبردهای توسعه انرژی باد در کشورهای نمونه

۴-۲-۱- مالزی

سیاست‌ها و اقدامات مرتبط با انرژی تجدیدپذیر در مالزی با دیدگاه دستیابی به توسعه اجتماعی-اقتصادی همراه شده است. سیاست‌ها به پنج اهرم استراتژیک در راستای دستیابی به اهداف اجتماعی-اقتصادی اشاره کرده‌اند. اهرم استراتژیک اصلی معرفی یک قالب قانونی و منظم در راستای به کارگیری انرژی تجدیدپذیر است. چهار اهرم استراتژیک دیگر عبارتند از:

تهیه یک محیط پشتیبان اقتصادی برای انرژی‌های تجدیدپذیر.

شناسایی توسعه سرمایه افراد.

گسترش تحقیق و توسعه در بخش‌های انرژی تجدیدپذیر.

ایجاد آگاهی عمومی و سیاست‌های پشتیبان انرژی تجدیدپذیر.

سیاست‌های ملی انرژی تجدیدپذیر با رویکرد طراحی معیارهای ارزیابی و ایجاد ارزش به عنوان شاخص موفقیت ایجاد شده است. در واقع این سیاست‌ها بستری برای ارزیابی پیشرفت‌ها و توسعه فراهم کرده است. دیتاهای جمع‌آوری شده در سالیان متوالی روند توسعه و پیشرفت را مشخص می‌کند. در واقع این آمار اثباتی تجربی برای ادامه روند سیاست‌های پشتیبان ایجاد می‌کند. این سیاست‌ها همچنین پیشنهاد می‌دهند که ارزش‌های ایجاد شده بایستی به صورت مرتب مورد ارزیابی قرار گیرند [۲۹].

۴-۲-۲- چین [۱]

سیاست‌های مرتبط با انرژی بادی در چین در گزارش مطالعه تطبیقی وضعیت سیاست‌گذاری در بخش انرژی باد در چین از مجموعه گزارشات اسناد راهبردی باد مورد بررسی قرار گرفته است. در این گزارش سیاست‌های ذکر شده در نقشه راه انرژی بادی چین ذکر می‌شود تا به عنوان راهنمایی در راستای سیاست‌گذاری مناسب در بخش انرژی بادی ایران باشد.

بر اساس سند راهبردی انرژی بادی چین، سیاست‌های انتخاب شده بایستی شفاف، پایدار و قابل پیش‌بینی باشند تا سرمایه‌گذاران با کمترین عدم قطعیت در مراحل مختلف پیشرفت تکنولوژی مواجه شوند. پس از این که صنعت بادی به یک صنعت رقابت‌پذیر بدل شد بایستی سیاست‌ها به سرعت تنظیم شده و یا تغییر یابند تا از وابستگی به مشوق‌های مالی جلوگیری شود.

توسعه پایدار اقتصادی چین وابسته به منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر است. اگر چین وابستگی به منابع سوخت فسیلی را ادامه می‌داد با آینده پرچالشی مواجه می‌شد. در ۲۰ تا ۳۰ سال آینده همراه با افزایش تقاضای انرژی، دولت با چالش محافظت از منابع انرژی همراه با کاهش مصرف منابع سوخت فسیلی مواجه خواهد شد. تنها راه‌حل برای این معضل بهره‌گیری از ساختار انرژی پاک بود که در طی انقلاب انرژی قرن ۲۱ ایجاد شد. انرژی بادی از پیشرفته‌ترین انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است که به سطح تجاری دست یافته است. در طی طرح پنج ساله چین تا سال ۲۰۱۵، چین یک طرح ملی را در جهت تغییر ساختار انرژی ایجاد کرده است که یکی از المان‌های اصلی این طرح بهره‌گیری از انرژی بادی است.

زیرساخت‌های شبکه، عملکرد و دیسپاچینگ اجزای اصلی شبکه برق هستند. در حال حاضر، شبکه برق چین همگام با نیاز برای توسعه توان بادی نیست و نیاز به رشد و توسعه در جهت افزایش میزان توان بادی متغیر را دارد. در صورت لزوم بهره‌گیری کامل از منابع انرژی پاک و حفظ امنیت و قابلیت اطمینان، بایستی شبکه‌های برق در آینده انعطاف‌پذیری بیشتری را در هر دو سمت عرضه و تقاضا داشته باشند.

بازار توان بادی بایستی در ابتدا توسط دولت پشتیبانی شود و سپس در جهت رسیدن به یک بازار بالغ توسعه یابد. اهداف توسعه توان بادی مطابق با استراتژی انرژی ملی در یک بازه ۵۰ ساله یا طولانی‌تر تنظیم شده است. طرح‌های توسعه توان بادی پنج ساله در چین بایستی توسط دولت مرکزی اجرا شوند. در هر کدام از طرح‌ها بایستی اهداف به صورت پنج ساله تعریف شوند. طرح‌ها بایستی شامل برنامه‌های توسعه ویژه، طرح‌های منطقه‌ای، اولویت‌بندی پروژه‌ها، زمانبندی توسعه، توسعه طرح‌های پشتیبان زیرساخت شبکه و سیستم‌های خدمات تکنیکی باشد.

قوانین جدی در سطح ملی بایستی به منظور حصول اطمینان خاطر از توسعه توان و بازار برق بادی وضع شود. بر اساس قوانین وضع شده توسط دولت، بایستی تمامی برق بادی تولیدی توسط شبکه خریداری شود. با توجه به وسعت چین بایستی اهداف توان تجدیدپذیر به صورت استانی در نظر گرفته شود.

بایستی قوانینی در جهت اولویت‌بندی ادغام توان بادی با شبکه وضع گردد. شبکه برق چین بایستی به منظور بهره‌برداری از ماکزیمم مقدار توان بادی از طریق روش‌های به صرفه در شبکه استانی و منطقه‌ای تغییرات لازم را ایجاد نماید. بر اساس این - که انرژی تجدیدپذیر از جمله توان بادی بایستی گسترش یابد، سرمایه‌گذاران شبکه برق بایستی شبکه را با هدف نصب ظرفیت کل ۱ TW در افق سال ۲۰۵۰ توسعه دهند و استراتژی‌های توسعه ۵ ساله تنظیم نمایند. در این راستا بایستی تا سال ۲۰۳۰ شبکه برق هوشمند یکپارچه در چین ایجاد شود.

از لحاظ پشتیبانی مالی بایستی مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاران قرار داده شود. مشوق‌های مالی بایستی بر اساس ساختار بازار تعریف شوند. در نهایت بایستی توان بادی در بازار به صورت یکسان رقابت کند و بدون وابستگی به مشوق‌های مالی دولتی به صورت پایدار توسعه یابد. در حال حاضر بازار توان بادی در چین فاقد رقابت عادلانه است. برای مثال، وضع تعرفه توان و قوانین تنظیم کننده شبکه قدرت نمی‌تواند نقش راه‌اندازهای مختلف توان را مشخص نماید. بار پایه، تطبیق با پیک توان و منابع توان جانشین عملی نمی‌شوند. هزینه اثرات محیط زیستی به صورت جداگانه در ساختار قیمت داخلی در نظر قرار گرفته نشده است. کم‌یابی منابع در رشد قیمت‌ها مدنظر قرار گرفته نمی‌شود. رقابت ناعادلانه برای توان بادی یکی از موانع اصلی در راستای توسعه توان بادی است.

سیاست‌ها و اقدامات پشتیبان پیشنهاد شده در سند راه انرژی بادی چین بایستی بر روی مشوق‌های مالیاتی و تعرفه‌ها، با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی، هزینه‌های منابع و سایر فاکتورها به منظور رسیدن به اهداف توسعه توان در کمترین قیمت تمرکز یابد. بر اساس سیاست‌های مدون شده در سند راه انرژی بادی چین، تا سال ۲۰۱۵ بایستی مینیمم و ماکزیمم تعرفه در

بازار برق با چندین هدف اجرا شود. در ابتدا به این منظور که تطبیق با پیک توان یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های رقابت در بازار برق باشد؛ از طرف دیگر، مالیات زیست محیطی، مالیات کربن و سایر سیاست‌های مالیاتی بایستی با هدف ایجاد یک محیط رقابتی عادلانه برای انرژی بادی و سایر اشکال انرژی مورد مطالعه قرار گیرد. به علاوه، مکانیزم قیمت‌گذاری برای توان بادی بایستی توسعه یابد و با جزئیات قوانین feed-in tariff را برای رسیدن به سودهای منطقی در صنعت بادی وضع نماید.

بایستی اطلاعات دقیق در رابطه با منابع بادی استخراج شود. تا پیش از سال ۲۰۲۰، بایستی نقشه راه ارزیابی و تحقیق منابع بادی با جزئیات کامل توسعه یابد. در کنار این اقدامات بایستی اطلاعات مرتبط با منابع انرژی بادی و پروژه‌های مزارع بادی استخراج شود. اقدامات اصلی در راستای رسیدن به این اهداف عبارتند از:

یک شبکه بزرگ و تخصصی مشاهده منابع بادی بایستی در مناطقی که از لحاظ منابع بادی غنی هستند و برخی مناطق خاص، گسترش یابد. پایگاه داده ملی منابع بادی بایستی ایجاد گردد.

با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف از قبیل منابع باد منطقه‌ای، زیرساخت‌های شبکه، شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های مزارع بادی بایستی پایگاه داده جامعی از مناطق ممکن برای احداث مزارع بادی ایجاد شود.

بایستی این پایگاه داده هر ۳ تا ۵ سال توسط دولت به روز شود. مکانیزم رقابت بازار به منظور جذب سرمایه بایستی برای توسعه توان بادی توسط دولت مشخص گردد.

به منظور تشویق فعالیت‌های تحقیقاتی در صنعت باد، کاهش هزینه‌های توسعه و بهبود روند توسعه تکنولوژی در بازار بایستی مجموعه کاملی از قوانین بازار و مدیریت توان باد تا پیش از سال ۲۰۲۰ تدوین شود. بر اساس سند راه انرژی بادی در چین، بایستی تا سال ۲۰۱۵ مجموعه کاملی از قوانین صنعت بادی وضع گردد. استانداردهای بهبود یافته، سیستم گواهی و تست، برنامه مدیریتی کارآمد، هماهنگی موثر بین شبکه، تولید توان، تکنولوژی تحقیق و توسعه، استانداردسازی همگی عواملی تاثیرگذار در ایجاد محیطی مطلوب برای توسعه صنعت بادی هستند. به علاوه ادغام موثر توان بادی با شبکه، ارزیابی منابع، شبکه و بازار بایستی به صورت برنامه پنج ساله توسط دولت بازبینی شود.

استانداردهای توربین بادی و قوانین تست به صورت پیوسته توسعه خواهد یافت. تا سال ۲۰۱۵، تمامی سیستم‌های توربین بادی بایستی توسط سازمان‌های معتبر مورد ارزیابی قرار گیرند. سیستم استاندارد حال حاضر چین به منظور تطبیق مناسب با شرایط محیطی چین در حال اصلاح هستند. همان‌طور که سائز توربین‌های بادی افزایش می‌یابد، استانداردهای کیفیت محصولات بایستی به روز شود. یک مرکز صدور گواهی و تست اجزای توربین بادی بایستی در چین احداث شود.

از طریق ایجاد یک مرکز ملی تکنولوژی تحقیق و توسعه بایستی تحقیقاتی اساسی در راستای حل مشکلات فنی سازندگان چینی انجام گیرد. نتایج تحقیقات می‌تواند کمک خوبی در جهت تقویت هماهنگی میان توسعه‌دهندگان انرژی بادی، سازندگان، سرویس‌دهندگان توربین بادی و اپراتورهای شبکه باشد.

بر اساس سند راه انرژی بادی در چین، تا پایان سال ۲۰۱۵ بایستی سیستم ملی تکنولوژی توان بادی ایجاد شود. تحقیقات و توانمندی‌های سرویس تکنولوژی معمول بایستی توسعه یابد؛ در این میان تمرکز بایستی بر روی سرویس‌های صدور گواهی و تست پره‌ها، سیستم‌های مکانیکی و سایر اجزای توربین بادی باشد. مزارع بادی آزمایشگاهی در برخی از مناطق چین به منظور تامین سرویس گواهی و تست پشتیبان برای سیستم‌های توربین بادی و اتصال به شبکه ایجاد شده است.

پیش از سال ۲۰۲۰، سیستم سرویس صنعتی توان بادی بایستی ایجاد شود که مشاوره فنی، تحقیقات استراتژیک، نصب و حمل‌ونقل، عملکرد و نگهداری و سرویس‌های صدور گواهی و تست را برای توسعه گسترده صنعت بادی در چین بر عهده گیرد.

فعالیت‌های تحقیقاتی بایستی از طریق مشوق‌هایی نظیر بودجه‌های توسعه انرژی تجدیدپذیر و برنامه‌های تکنولوژی ملی گسترش یابد. به طور مثال این تحقیقات می‌توانند در زمینه سیستم‌های توربین بادی توان بالا و سیستم‌های توربین بادی سرعت پایین، پیش‌بینی خروجی مزارع بادی، تکنولوژی ذخیره انرژی، شبکه‌های هوشمند، نحوه توزیع توان، تکنولوژی‌های مصرف‌کنندگان نظیر خودرو برقی و روش‌های ارزیابی اثرات محیطی مزارع بادی انجام گیرند.

در راستای سیاست‌های سند راهبردی انرژی بادی چین، برنامه‌های آموزشی انرژی بادی چین بایستی سرعت یابد. با استفاده از ظرفیت تحقیق و توسعه ملی، امکانات آزمایشگاهی عمومی، برنامه‌های گواهی و تست، قابلیت‌های آموزشی در مباحث فنی و صنعتی بایستی تقویت شود.

دولت چین بایستی پشتیبانی خود را از منابع انسانی و برنامه‌های ظرفیت‌سازی افزایش دهد. آموزش پرسنل بایستی به نحو مطلوبی انجام گیرد تا تعداد کافی از متخصصان صنعت بادی موجود باشد. برنامه‌های آموزشی صنعت بادی بایستی در سطح ملی توسعه یابد.

موسسات دانشگاهی معتبر بایستی برای برنامه‌ریزی دوره‌های تربیت متخصصین در کارشناسی ارشد و دکتری به کار گرفته شوند. برنامه‌های آموزشی مشترک بایستی میان سرمایه‌گذاران و دانشگاه‌ها ایجاد شود. دوره‌های کارورزی و آموزشی پسا

دکتری بایستی در کمپانی‌های مرتبط با صنعت بادی قرار داده شود. دانشگاه‌ها بایستی امکاناتی را ایجاد نمایند تا دانشجویان مستعد خارج از کشور برای ادامه تحصیل و کسب تخصص در این زمینه به کشور بازگردند. در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی قید شده است.

جدول ۴-۱- مشوق‌های مالی و مقرراتی چین [۴۱]

Feed-In-Tariff باد	چهار دسته‌بندی متفاوت بسته به نوع مناطقی که منابع بادی در آن‌ها موجود است وجود دارد که در بازه \$/kWh ۰/۰۷۸ تا ۰/۰۹۴ برای عملکرد ۲۰ ساله مزارع بادی قرار می‌گیرند. برای توربین‌های بادی فراساحلی: اولین دور اعطای امتیاز ۰/۱۲۳؛ ۰/۱۱۲؛ ۰/۱۰۹ \$/kWh. پروژه‌های نمایی ۰/۱۵۵ \$/kWh.
سایر مشوق‌ها	قیمت ثابت وابسته به منابع بادی ۵۰٪ تخفیف در مالیات بر ارزش افزوده، درآمد مالیاتی صفر برای سه سال و ۵۰٪ تخفیف مالیاتی برای سه سال بعد.

لیستی از سیاست‌های تشویقی چین در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۲- سیاست‌های توان بادی چین [۴۱]

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
۲۰۰۳	چین پروژه‌های تشویقی اعلام می‌کند و در این مرحله از اعلام پروژه‌ها، انجام پروژه به کمترین قیمت اعطا می‌شود.
۲۰۰۶	قانون انرژی تجدیدپذیر ملی موثر واقع شده و قواعد اصلی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر پشتیبانی از دسترسی به شبکه برای تولیدکنندگان انرژی تجدیدپذیر وضع می‌شود.
۲۰۰۷	طرح‌های مرتبط با انرژی تجدیدپذیر میان مدت و بلندمدت مورد هدف قرار گرفته و هدف توسعه ملی برای ۵ گیگاوات تا سال ۲۰۱۰ و ۳۰ گیگاوات تا سال ۲۰۲۰ است.
۲۰۰۹	تعرفه جدید برای برق بادی پیشنهاد شده و مقدار تعرفه وابسته به منابع بادی است و در بازه ۰/۰۸ تا ۰/۰۹ \$/kWh است.
۲۰۱۰	پس از سال ۲۰۱۰، سیاست VAT جدیدی اعلام شد که طی این سیاست VAT تجهیزات مزارع بادی مالیات‌پذیر است. بنابراین درآمد دولتی از پروژه‌های بادی برای ۶ تا ۷ سال کاهش یافته است.

۴-۲-۳- فیلپین [۴]

سیاست اصلی ذکر شده در سند راهبردی انرژی بادی چین، سیاست First-Come-First-Served (FCFS) است، که هدف اصلی این سیاست حصول اطمینان از پرداخت مشوق‌های مالی کمکی به سرمایه‌گذاران و توسعه‌دهندگان اصلی در صنعت باد

است. در واقع شرکت‌های کوچک تازه تاسیس امکان زیادی برای توسعه در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را ندارند و این در حالی است که می‌توان کمک‌های مالی را در اختیار شرکت‌های بزرگی که سابقه فعالیت درخشان در عرصه صنعت بادی را دارند، قرار داد.

اگرچه در وضعیت کنونی فیلیپین که صنعت بادی به عنوان یک صنعت نوپا مطرح است، FCFS به عنوان گزینه بهتر سیاست-گذاری مطرح است؛ سازمان انرژی فیلیپین بر این عقیده است که بایستی امکان و تسهیلات لازم را برای جذب سرمایه‌گذاران در صنعت بادی ایجاد کرد. بر اساس تجارب فیلیپین، در میان چهار شرکت بزرگ و اصلی متعهد شده به انجام پروژه‌هایی در راستای توسعه صنعت بادی تنها یک شرکت برنامه کاری خود را به سازمان انرژی ارائه داده است. در سند راهبردی انرژی بادی فیلیپین قید شده است که بایستی راهکار اساسی در جهت تعیین میزان تعرفه‌های دریافت شده از مصرف‌کنندگان ایجاد شود. در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی قید شده است.

جدول ۴-۳- مشوق‌های مالی و مقرراتی فیلیپین [۴۲]

Feed-In-Tariff بادی	۰/۱۹۷ \$/kWh
RPS	FiT برای برق تولیدی از بیوماس، برق آبی و خورشیدی تعیین شده است. قیمت ثابت وابسته به منابع بادی ۵۰٪ تخفیف در مالیات بر ارزش افزوده، درآمد مالیاتی صفر برای سه سال و ۵۰٪ تخفیف مالیاتی برای سه سال بعد. در این برنامه مصرف‌کنندگان نهایی می‌توانند منابع انرژی تجدیدپذیر مصرفی خود را انتخاب نمایند. خط مشی انتخاب این انرژی در حال حاضر در حال بررسی است.
انتخاب انرژی سبز	سیستمی است که در آن کاربر شبکه توزیع یک ارتباط دوطرفه ب شبکه دارد و تنها برای مصرف کاربر تغییر پیدا می‌کند. این قوانین در حال حاضر توسط کمیسیون قوانین انرژی در حال بازبینی هستند. برای توسعه دهندگان:
Net metering برای انرژی تجدیدپذیر سایر موارد	معافیت مالیاتی ۷ ساله ۱۰ سال معافیت از پرداخت گمرک برای تجهیزات انرژی تجدیدپذیر ۱/۵٪ نرخ مالیاتی غیرمنقول در تجهیزات ۷ سال از دست دادن carry-over ۱۰٪ نرخ مالیاتی مشترک بعد از ITH استهلاک تسریع شده نرخ افزایش صفر درصدی مالیات مشوق‌های مالی برای توسعه دهندگان انرژی تجدیدپذیر

معافیت مالیاتی از پرداخت‌های کربن
 ۱۰۰٪ واحد مالیاتی بر روی تجهیزات سرمایه‌خانگی، معافیت از پرداخت جهانی و پرداخت
 انتقال
 سیستم‌های ترکیبی و تولید هم‌زمان
 برای تولید کنندگان:
 ۷ سال معافیت مالیاتی
 ۱۰ سال معافیت از پرداخت گمرکی برای تجهیزات وارداتی
 نرخ افزایش صفر درصدی مالیات
 ۱۰۰٪ واحد مالیاتی روی تجهیزات داخلی
 برنامه‌های کمک مالی

لیستی از سیاست‌های تشویقی فیلپین در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۴- سیاست‌های توان بادی فیلپین [۴۲]

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
۲۰۰۸	قانون انرژی تجدیدپذیر: بهبود توسعه، بهره برداری و تجاری سازی منابع انرژی تجدیدپذیر. مشوق‌های مالی و غیر مالی و پشتیبانی نهادی.
۲۰۰۹	پشتیبانی‌های نهادی تحت قانون انرژی تجدیدپذیر شامل موارد زیر می‌باشد:
۲۰۱۱	(۱) ایجاد هیئت مدیره انرژی تجدیدپذیر ملی
	(۲) ایجاد دفتر مدیریت انرژی‌های تجدیدپذیر
	(۳) سرمایه‌گذاری به میزان ۸/۵ میلیارد دلار در انرژی تجدیدپذیر
	(۴) برنامه کمک مالی
	(۵) فیلپین چشم‌اندازهای خود را در راستای رسیدن به ظرفیت ۱/۵۴ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ مشخص نموده است.

۴-۲-۴- هند

در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی در هند قید شده است. ظرفیت توان بادی نصب شده در هند برابر ۱۷۳۷۲ مگاوات است و از این رو می‌توان گفت که هند یک کشور پیشرو در عرصه صنایع بادی به شمار می‌رود.

جدول ۴-۵- مشوق‌های مالی و مقرراتی هند [۴۲]

<p>(۱) ۰/۰۷۴ تا ۰/۱۱۷ \$/kWh</p> <p>(۲) ۰/۰۶۷ تا ۰/۱۰۸ \$/kWh</p> <p>(۳) ۰/۰۶۸ تا ۰/۱۰۳ \$/kWh</p> <p>(۴) ۰/۰۷۹۶۸ \$/kWh</p>	<p>Feed-In-Tariff باد</p> <p>(۱) SERC (کمیسیون تنظیم مقررات برق)</p> <p>(۲) CERC (کمیسیون تنظیم مقررات مرکزی برق)</p> <p>(۳) Maharashtra</p> <p>(۴) Madhya Pradesh</p>
۰/۵٪ تا ۱۴٪	سه‌میه خرید تجدیدپذیر از ۲۵ SERCs.
۰/۰۳۳ پایه و ۰/۰۸۶ \$/kWh قیمت ماکزیمم	گواهی‌های انرژی تجدیدپذیر قابل معامله (RECs)
۸۰٪ برای پروژه‌های بادی	استهلاک سریع
۱۰ سال	معافیت مالیاتی
۰/۰۱ \$/kWh برای پروژه‌های توان بادی که از استهلاک سریع برخوردار نیستند.	تولید بر اساس مشوق‌ها
اجزای خاص توربین بادی	امتیازات در واردات
تمامی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر	کمک هزینه از ۱۰۰٪ سرمایه‌گذاران خارجی
برای ایالت‌هایی که به صورت موثر انرژی‌های تجدیدپذیر را با شبکه ادغام کرده‌اند.	تخصیص بودجه از ۱۱۰۰ میلیون دلار
تمامی انرژی‌های تجدیدپذیر	ایجاد بودجه ملی انرژی پاک
	مشوق‌هایی برای بهره‌برداران در مناطقی با شرایط اقتصادی خاص

لیستی از سیاست‌های تشویقی هند در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۶- سیاست‌های توان بادی هند [۴۲]

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
پیش از سال ۱۹۹۴/۹۵	فاز نمایی تا ۱۰۰٪ استهلاک شتاب یافته انجام شده و ایجاد مزایای مالیات بر فروش. (در حال حاضر نرخ استهلاک ۸۰٪ و مزایای مالیاتی حذف شده است)
سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۳	رژیم مالیاتی تغییر یافته و قیمت خرید انرژی توسط دولت تعیین می‌شود.
پس از سال ۲۰۰۳	قانون برق در سال ۲۰۰۳ FEED-IN-TARIFF را معرفی کرد، سهام اجباری و دسترسی آزاد ایجاد نمود که منجر به افزایش ظرفیت به میزان ۸۶٪ شد.

۴-۲-۵- ژاپن [۴۳]

در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی در ژاپن قید شده است. ظرفیت نصب شده ژاپن تا پایان سال ۲۰۱۲ برابر ۲۵۰۱ مگاوات است.

جدول ۴-۷- مشوق‌های مالی و مقرراتی ژاپن [۴۳]

Feed-In-Tariff باد	۰/۷۳ \$/kwh برای پروژه‌های زیر ۲۰ کیلووات، ثابت برای ۲۰ سال.
	۰/۲۹ \$/kwh برای پروژه‌های بالای ۲۰ کیلووات، ثابت برای ۲۰ سال.

لیستی از سیاست‌های مرتبط با صنایع باد ژاپن در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۸- سیاست‌های توان بادی ژاپن [۴۳]

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
۲۰۰۳	طرح پایه انرژی: سهم انرژی تجدیدپذیر به مقدار ۲۰٪ در سال ۲۰۲۰ برسد. بازبینی دوم این سند بر اهمیت مزارع بادی فراساحلی به عنوان عاملی تاثیرگذار در آینده انرژی تاکید کرده است.
۲۰۰۳	قانون RPS: افزایش تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان ۱۲/۲ TWh (۱/۳۵٪ برق) تا سال ۲۰۱۰؛ ۳۰۰۰ مگاوات سهم باد تعیین شده است.
۲۰۰۷	برنامه تکنولوژی انرژی نوین زمین سرد: به منظور کاهش ۵۰٪ میزان انتشار ازوضع کنونی تا سال ۲۰۵۰.
۲۰۰۹	افزایش میزان سهم انرژی تجدیدپذیر به میزان ۲۰٪ منابع انرژی اولیه تا سال ۲۰۲۰ به منظور تحقق اهداف میان مدت کاهش میزان انتشار.
۲۰۱۱/۲۰۱۲	قبض feed-in-tariff برای موافقت در سال ۲۰۱۲.

۴-۲-۶- کره

در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی در کره قید شده است. ظرفیت نصب شده کره تا سال ۲۰۱۲ برابر ۴۰۷ مگاوات است و در نتیجه کره ظرفیت بیشتری را از ایران نصب نموده است.

جدول ۴-۹- مشوق‌های مالی و مقرراتی کره [۴۴]

Feed-In-Tariff باد	جایگزین شده با RECs+ قیمت مرزی سیستم برای برق
استانداردهای بخش تجدیدپذیر	افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر به میزان ۲٪ تا سال ۲۰۱۲ و ۱۰٪ تا سال ۲۰۲۲.
گواهی تجدیدپذیر	انرژی اپراتورهای مزارع بادی REC دریافت خواهند کرد، که این میزان برای مزارع بادی فراساحلی دو برابر مزارع بادی نصب شده بر روی زمین است. REC در بازه ۲۰ ساله پرداخت می‌شوند و مقدار آن در حال حاضر برابر ۰/۳۶ \$/kwh است.

لیستی از سیاست‌های مرتبط با صنایع باد کره در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۱۰- سیاست‌های توان بادی کره [۴۴]

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
۲۰۰۲	قانون انرژی تجدیدپذیر: طرح پشتیبانی جدیدی را ایجاد کرده است که شامل Feed-in-tariff می‌شود.
۲۰۰۳	دومین طرح پایه برای توسعه تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر: افزایش میزان مشارکت منابع انرژی تجدیدپذیر از ۱/۰۵٪ در سال ۱۹۹۹ به ۵٪ در سال ۲۰۱۰.
۲۰۱۰	RPS: چهارچوب نظارتی جایگزین طرح FIT شده است که هدف این طرح جبران‌سازی هزینه بالای سرمایه‌گذاری انرژی تجدیدپذیر است.
	دولت راهکاری برای توسعه توان بادی فراساحلی تدوین کرده است که سرمایه‌هایی با ارزش تا ۸/۲ بیلیون دلار را جذب می‌کند تا مزارع بادی را با ظرفیت کلی ۲/۵ گیگاوات گسترش دهد. دولت تلاش می‌کند تا از مشارکت بخش خصوصی برای نصب ۵۰۰ توربین در سواحل غربی کشور استفاده نماید.
	بخش محلی در راستای توسعه پروژه‌های باد فراساحلی در سطح کشور عمل نماید.

۴-۲-۷- سریلانکا

در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی در سریلانکا قید شده است. ظرفیت نصب شده سریلانکا تا

سال ۲۰۱۲ برابر ۳۳ مگاوات است که در مقایسه با ایران ظرفیت کمتری را نصب نموده است.

جدول ۴-۱۱- مشوق‌های مالی و مقرراتی سری لانکا [۴۵]

Feed-In-Tariff باد ۰/۱۹۵ \$/kWh

لیستی از سیاست‌های مرتبط با صنایع باد سریلانکا در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۱۲- سیاست‌های توان بادی سریلانکا [۴۵]

سیاست‌های پشتیبان توان بادی	سال
سیاست انرژی ملی و راهکارها در راستای افزایش میزان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر به غیر از برق آبی به میزان ۱۰٪ ۲۰۰۸ تدوین شده است.	

۴-۲-۸- ویتنام

در جدول زیر مشوق‌های مالی اعطا شده به صنایع توربین بادی در ویتنام قید شده است. ظرفیت نصب شده ویتنام تا سال ۲۰۱۲ برابر ۳۰ مگاوات است که با توجه به این رقم می‌توان گفت که ویتنام در وضعیت پایین‌تری نسبت به ایران در صنایع بادی قرار دارد.

جدول ۴-۱۳- مشوق‌های مالی و مقرراتی ویتنام [۴۶]

Feed-In-Tariff باد	دولت با FIT موافقت کرده است = ۰/۰۷۸ \$/kWh برای توان بادی بعلاوه کمک مالی ۰/۰۱ \$/kWh از بودجه حفاظت محیط زیست
--------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

لیستی از سیاست‌های مرتبط با صنایع باد ویتنام در طی سالیان مختلف در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۴-۱۴- سیاست‌های توان بادی ویتنام [۴۶]

سیاست‌های پشتیبان توان بادی	سال
طرح انرژی تجدیدپذیر در ویتنام توسط بخش الکتریسیته و بانک جهانی تدوین شده است. این طرح یک قالب ۱۰ ساله را در دوفاز پنج ساله تدوین کرده است تا از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منبع برق مناطق روستایی و تامین برق شبکه استفاده نماید.	۱۹۹۹
قانون برق مورد قبول واقع شد. این قانون بهره‌برداری و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را برای تولید برق افزایش داده است. مشوق‌هایی برای سرمایه‌گذاران در نظر گرفته شده و مزایای مالیاتی در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر لحاظ	۲۰۰۵

سال	سیاست‌های پشتیبان توان بادی
	شده است. این طرح منجر به تشویق احداث شبکه‌های متمرکز و نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی، کوهستانی و سواحل شده است.
۲۰۰۷	مکانیزم توسعه پاک حقوق و قوانینی را برای پیمانکاران و کارگزاران تعیین کرده است. کمک‌های مالی برای پروژه‌هایی در مناطق خاص تعیین شده است.
۲۰۰۷	طرح توسعه توان ملی (۲۰۱۵-۲۰۰۶) با نگاهی به سال ۲۰۲۵، توسعه انرژی تجدیدپذیر را در مناطق دوردست، کوهستانی، جزیره‌ای و مرزی مورد توجه قرار داده است.
۲۰۰۷	راهکارهای توسعه انرژی ملی برای ویتنام تا سال ۲۰۲۰ و نگاهی به سال ۲۰۵۰: سهم انرژی تجدیدپذیر به میزان ۳٪ منبع انرژی اولیه تا سال ۲۰۱۰، ۵٪ تا سال ۲۰۲۰ و ۱۱٪ تا سال ۲۰۵۰ تعیین شده است. این راهکار اعلام کرده است که نرخ برق‌رسانی بایستی به ۱۰۰٪ تا سال ۲۰۲۰ برسد.
۲۰۰۸	دایره مشترک: قوانینی بر روی کمک هزینه محصولات از پروژه‌های CDM شامل تولید توان بادی.
۲۰۰۸	قوانین تحت شرایط و ضوابط خاصی برای بهره‌برداری از انرژی تجدیدپذیر در نیروگاه‌های کوچک متصل به شبکه وضع می‌شوند.
۲۰۱۱	قانونی توسط وزیر بر روی مکانیزم مشوق‌ها در راستای پشتیبانی از توسعه پروژه‌های انرژی بادی در ویتنام تنظیم شده است.

۳-۴- بررسی موانع و راهکارهای اجرایی توسعه بهره‌برداری از انرژی باد در کشور

در تدوین راهبردهای توسعه فناوری ایران، بایستی ابتدا به این نکته اشاره نمود که در قالب گزارش سیاست‌های توسعه بخش برق بادی ایران از مجموعه گزارش‌های سند راهبردی انرژی باد ایران به صورت کامل و دقیق بیان شده است. در قالب این گزارش‌ها ابتدا موانع موجود در گسترش انرژی بادی در بخش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و سپس سیاست‌ها و راهبردهای رسیدن به اهداف توسعه انرژی بادی مطرح شده است. این گزارش به تفصیل سیاست‌ها و راهبردهای توسعه صنایع باد را در ایران بررسی کرده است. بنابراین می‌توان از این گزارش به عنوان منبع کاملی از سیاست‌ها و راهبردهای توسعه بخش بادی ایران یاد نمود.

در قالب گزارش‌هایی جداگانه، نظام سیاست‌گذاری و ساختار صنایع باد به صورت کلی در کشورهای چین، آلمان و هند مورد بررسی قرار گرفته است. در این گزارش‌ها نظام سیاست‌گذاری انرژی تجدیدپذیر، وضعیت انرژی باد، وضعیت صنعت باد و ابزارها، سیاست‌ها و مقررات موجود مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در قالب گزارش بررسی انواع سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، انواع سیاست‌های مرتبط با انرژی تجدیدپذیر بیان شده‌اند. در این گزارش انواع سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر دسته‌بندی شده، سیاست‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری در راستای انرژی‌های تجدیدپذیر بیان شده‌اند.

به صورت کلی می‌تواند گفت که مجموعه گزارش‌های سند راهبردی انرژی باد، به صورت کامل سیاست‌ها و راهبردهای توسعه صنعت بادی را بررسی و تحلیل نموده‌اند. مطرح نمودن نمونه‌های بیشتری از سایر کشورها و سیاست‌های به کارگرفته شده در این کشورها در راستای توسعه صنایع باد می‌تواند در زمینه برنامه‌ریزی در صنایع بادی راهگشا باشد؛ این در حالی است که نمی‌توان نقاط قوت و جامعیت سیاست‌ها و راهبردهای ارائه شده در سند راهبردی انرژی باد را نادیده گرفت.

در یک نگاه کلی می‌توان گفت که شرایط انعقاد قرارداد خرید تضمینی از جمله قیمت پایین خرید برق بادی یکی از چالش‌های پیش روی متقاضیان احداث این نیروگاه‌ها بود که توسط وزارت نیرو اصلاح شد و به ۴۴۳ تومان افزایش یافت. اگرچه افزایش قیمت خرید تضمینی برق بادی نشان‌دهنده عزم جدی وزارت نیرو در گسترش نیروگاه‌های بادی است، اما گسترش نیروگاه‌های بادی نیازمند تحقق موارد زیر است:

محدود کردن دوره قرارداد خرید تضمینی برای یک دوره حداکثر ۵ ساله، مانعی جدی برای ورود سرمایه‌گذاران غیردولتی به این بخش محسوب می‌شود. این در حالی است که دوره قرارداد خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های بادی در کشورهای پیشرو مانند آلمان به صورت بلند مدت ۲۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. لذا ضروری است دوره قرارداد خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های بادی به ۲۰ سال افزایش یابد.

نامشخص بودن نحوه افزایش قیمت خرید تضمینی برق در سال‌های آتی، آینده سرمایه‌گذاری در این بخش را با ابهاماتی مواجه می‌کند. بررسی‌های کارشناسی نشان می‌دهد تعیین قیمت خرید تضمینی به ۵۰۰ تومان به ازای هر کیلووات ساعت و افزایش سالانه ۱۰ درصد به صورت مشخص طی دوره قرارداد ۲۰ ساله، زمینه حضور بخش غیردولتی را برای سرمایه‌گذاری در این صنعت فراهم می‌کند.

از آن‌جاکه به دلیل مشکلات کنونی وزارت نیرو در تامین نقدینگی، نگرانی‌هایی در مورد دیرکرد این وزارتخانه در پرداخت مطالبات وجود دارد، لازم است جریمه دیرکرد پرداخت مطالبات نیروگاه‌های بادی معادل نرخ سود اوراق مشارکت در قرارداد لحاظ شود.

موقعیت‌های بادخیز و مناسب کشور برای احداث نیروگاه‌های بادی، یک سرمایه ملی به شمار می‌رود که لازم است از واگذاری مالکیت آنها پرهیز شده و برای نسل‌های آینده حفظ شوند. بنابراین ضروری است زمین‌های قابل استفاده برای احداث نیروگاه‌های بادی به صورت اجاره ارزان قیمت در دوره قرارداد ۲۰ ساله و قابل تمدید در اختیار سرمایه گذاران قرار گیرد. در این صورت پس از سپری شدن دوره قرارداد می‌توان نسبت جمع‌آوری توربین‌های قدیمی و احداث نیروگاه‌های جدید با استفاده از فناوری‌های روز دنیا اقدام کرد.

تمامی موارد فوق اشاراتی کلی به راهکارها و مشکلات پیش روی وزارت نیرو در راستای توسعه صنایع باد دارد، از آن‌جاکه سیاست‌ها و راهبردهای توسعه فناوری در سند راهبردی انرژی باد به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفته‌اند در این گزارش و گزارش سیاست‌های کلان توسعه فناوری راهبردها و سیاست‌های توسعه فناوری بادی منطبق بر گزارش سند راهبردی انرژی بادی ارائه می‌شود. در قالب منابع [۵۴] - [۴۷]، موانع اصلی در زمینه توسعه انرژی بادی مطرح شده است. در جدول زیر موانع موجود در توسعه صنعت بادی با مطالعه این منابع و با توجه به وضعیت صنعت بادی در ایران بیان شده و راهکارهای موجود برای توسعه صنعت بادی بیان می‌شود. این موانع در چندین گروه جداگانه با توجه به حوزه‌های مختلف صنایع بادی مطرح شده و راهکارهای ممکن برای حل این معضلات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

(۱) نهادهای صنعت بادی، ظرفیت‌سازی و ارائه نمونه اولیه

جدول ۴-۱۵- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش ظرفیت‌سازی و ارائه نمونه اولیه

موانع	راهکارها
۱ تعداد زیادی از ارگان‌های دولتی در قوانین باد دخیل هستند و این در حالی است که همکاری کمی بین آنها وجود دارد.	بایستی همکاری قوی میان ارگان‌های مختلف در زمینه صنعت بادی وجود داشته باشد. نیروی کاری بایستی با صنعت و سیاست‌گذاران در ارتباط قوی باشد.
۲ ایجاد محیطی قانون‌مدار برای توسعه بخش بادی مشکل است.	می‌توان این مشکل را از طریق اجرای پروژه‌های بادی و واگذاری این پروژه‌ها در مناقصه بین‌المللی حل نمود و در صورتی که قوانین مستحکمی در این راستا وجود ندارد، بایستی قرارداد جامعی تدوین گردد. برای مثال الزامات اتصال به شبکه با کد شبکه جامعی برای مزارع و توربین‌های بادی جایگزین شود.
۳ توسعه دولت/تجهیزات پروژه‌های IPP/BOO در صورتی که پروژه‌ها در سایت‌های از پیش تعیین شده مناقصه شوند، مورد نیاز است.	دولت بایستی به صورت کامل مطمئن شود که مطالعات شبکه، ارزیابی‌های زیست-محیطی و اجتماعی پیش از انجام مزایده انجام شده باشد. در این صورت ممکن است که برنده مزایده از انجام پروژه به علت مشکلات زیست‌محیطی بازماند. مطالعات نهایی بایستی توسط توسعه‌دهندگان واجد شرایط چک شود.
۴ نصب دکل‌های هواشناسی بر طبق استانداردهای IEC ضروری است و این دکل‌ها بایستی با امکانات خاص تجهیز شوند.	توان بادی نیازمند اندازه‌گیری دقیق سرعت باد است که این مقادیر بایستی دقیق‌تر از اندازه‌گیری‌های معمول هواشناسی باشند: خطای یک درصدی در اندازه‌گیری متوسط سرعت باد منجر به تلفات ۳ درصدی در توان تولید می‌شود. اولین دکل هواشناسی در کشور بایستی با حضور کارشناسان مجرب بین‌المللی نصب شود. کارکنان محلی برای نصب و نگهداری از دکل بایستی آموزش داده شوند. بایستی در هنگام عقد قرارداد به حضور کارشناسانی بین‌المللی به منظور آموزش نیروهای محلی توجه نمود.
۵ تکنسین‌های برای نگهداری از توربین بادی در این کشورها موجود نیستند.	در بستن قراردادهای بین‌المللی به حضور افرادی برای آموزش نیروهای متخصص برای نگهداری توربین بادی دقت شود. اپراتورهای با تجربه در زمینه موتورهای کشتی می‌توانند گزینه‌ی مناسبی برای این مشاغل باشند.
۶ تخصص لازم در پروژه‌های بادی کسب نمی‌شود.	بایستی برنامه‌های آموزشی قوی در این راستا برگزار شود زیرا پروژه‌های بادی ماهیت کاملاً متفاوتی با پروژه‌های نیروگاه‌های حرارتی دارند و نیازمند کسب تخصص بالاتری می‌باشند.

(۲) موانع اقتصادی برای باد در مرحله برنامه‌ریزی تولید توان

جدول ۴-۱۶- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش برنامه ریزی تولید توان

موانع	راهکارها
۱ شکست بازار در وارد کردن اثرات جانبی در تجزیه و تحلیل پروژه های بادی.	بایستی تمامی اثرات جانبی بهره گیری از توان بادی در هنگام انجام مطالعات اقتصادی صنعت بادی مورد نظر قرار داده شود تا هزینه صحیح بهره گیری از انرژی بادی مشخص گردد.
۲ رقابت موجود میان انرژی بادی با سوخت یارانه ای برای تولید توان.	بایستی هزینه های جانبی صحیح مصرف سوخت یارانه ای مدنظر قرار داده شود و مزایای ذخیره سوخت نظیر امکان صادرات آن و حفظ آن برای نسل های آینده مورد مطالعه قرار گیرد.
۳ عدم در نظرگیری ریسک های قیمت سوخت در برنامه ریزی سیستم های توان منجر به انتخاب راه حل کوتاه مدت و کم هزینه به جای برنامه ریزی مناسب می شود.	مدل های برنامه ریزی سیستم های قدرت نظیر WASP به صورت سیستماتیک راهکارهایی با پایین ترین قیمت را انتخاب می نمایند حتی اگر راه حل هایی با ریسک پایین تر ولی با قیمتی با تفاوتی اندک بالاتر موجود باشد.
۴ استفاده زیاد از توان گرمایی معمول منجر شده است که ریسک های قیمت سوخت به مشتریان انتقال داده شود یا از طریق بودجه عمومی جبران گردد.	بایستی از مدلهایی که برای محاسبه توازن میان قیمت و ریسک موجود است، استفاده شود. مدل ESMAP در حال حاضر در دسترس است که استفاده از این مدل نیازمند تخصص های دیگری نیز می باشد.
۵ بازار برق با باد تطبیق پیدا نکرده است.	یکی از مزایای اصلی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی بادی این است که باد رایگان است بنابراین می تواند یک قرارداد تضمینی خرید بیست ساله با توسعه دهندگان توان بادی منعقد شود.
	پیش بینی های کوتاه مدت باد در مقایسه با زمان برنامه ریزی توان در بازار برق بسیار کوتاه است. بنابراین بایستی بازه زمانی مورد نظر برای برنامه ریزی میزان توان تحویلی به مصرف کنندگان در صورت استفاده از انرژی بادی در بازه های کوتاه تری تعیین شود.

۳) تعرفه های انرژی و قراردادهای خرید توان

جدول ۴-۱۷- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش خرید توان

موانع	راهکارها
۱ فقدان قراردادهای خرید توان ۲۰ ساله و متغیر بودن FIT با تغییرات سیاسی	انرژی بادی به شدت نیازمند مشوق های مالی است. بنابراین تدوین قراردادهای خرید توان با قیمت ثابت به عنوان یک عامل مهم در توسعه صنعت بادی است. قیمت خرید هر kWh برق بایستی به صورت منطقی انتخاب شود و این مجزا از این است که تعرفه توسط مناقصه یا طرح FIT تعیین شده باشد. از آنجایی که طول عمر مزارع بادی توسط IEC ۲۰ سال تعیین شده

موانع	راهکارها
	است، انعقاد قرارداد بیست ساله تضمینی محکم برای سرمایه گذاران می باشد. تغییر در FIT تنها بایستی در پروژه های جدید اعمال گردد و این امر اطمینانی برای سرمایه گذاران ایجاد می نماید.
۲	عدم پایداری در طرح تعرفه
	هزینه های انرژی باد می تواند در بخش های مختلف شامل تعرفه برق، قرار دادن مالیات بر روی شبکه انتقال، بودجه انرژی تجدیدپذیر و قیمت ذخیره شده از کاهش مصرف سوخت تقسیم گردد.
۳	قراردادهای offtake برق فاقد اعتبار کافی است.
	پروژه های بادی بایستی در برخی از مقاطع زمانی توسط دولت و از طریق ضمانت های ریسک جزئی پشتیبانی گردند. این پشتیبانی می تواند از طریق MIGA و یا سازمان های بیمه صادرات انجام گیرد.
۴	FIT ثابت و یا سود انرژی تجدیدپذیر در هر kWh نمی تواند سوددهی پروژه ها بادی را تضمین نماید.
	تعیین FIT مناسب در بازار جدید مشکل و پیچیده است. تعرفه ای که مناسب است تا به حال سود زیادی در بهترین سایت ها نمی دهد. قسمتی از تعدیل از طریق تعرفه ها انجام می گیرد و این با سودآوری یا منابع بادی متفاوت است. برای تعیین بهترین تعرفه متغیر بایستی مزارع بادی کمی بر اساس قیمت kWh به مزایده گذاشته شوند.
۵	انرژی بادی نمی تواند از لحاظ مالی با سوخت هایی که کمک مالی دریافت می کنند، رقابت کند.
	اگر یارانه های سوخت پیدا نکند، راهکارهای جایگزینی نظیر صادرات سوخت و ذخیره آن می تواند اتخاذ گردد.
۶	مشوق های مالی ناکافی است.
	تعیین یک تعرفه مناسب برای برق بادی یک چالش اساسی است و می تواند با قیمت ثابت و یا از طریق مزایده انجام شود. بایستی طرح های ویژه ای در راستای کمک مالی به پروژه ها اتخاذ گردد.

(۴) صدور مجوز

جدول ۴-۱۸- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش صدور مجوز

موانع	راهکارها
۱ الزامات فروان برای انجام پروژه بادی ممکن است کیفیت انجام پروژه را	مجوزهای مورد نیاز برای پروژه بایستی به صورت منطقی انتخاب گردند. بنابراین در انجام مزایده برای پروژه های بادی، برنده مزایده شرایط لازم را برای

موانع	راهکارها
کاهش دهد.	اتخاذ مجوز دارد. برای تسریع و تسهیل روند دریافت مجوز بایستی ارگان دولتی خاصی برای این امر ایجاد گردد. این امر به صورت موفقیت آمیز در دانمارک انجام گرفته است.

(۵) سیاست استفاده از زمین‌های عمومی

جدول ۴-۱۹- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش زمین‌های عمومی

موانع	راهکارها
۱ فقدان زمین‌های مناسب برای احداث مزارع بادی به دلیل وجود تعداد بالای دلالان زمین منجر به عدم بهره‌برداری از بسیاری از زمین‌های بادخیز می‌شود.	در سیستم FIT ثابت، بهترین راهکار وجود رقابت برای تعیین استفاده زمین است. بایستی تا زمان بهره‌برداری از پروژه اجاره به صورت سالانه پرداخت شود. بایستی تاریخی برای لغو اجاره زمین پیش از راه‌اندازی وجود داشته باشد. این طرح پیش از این در ایرلند با موفقیت اجرا شده است. دسترسی به زمین‌ها بایستی کاملاً با محدودیت اعمال شود و از ورود زمین‌خواران به مناقصات پروژه‌های بادی خودداری گردد. در این شرایط بایستی تنها توسعه‌دهندگان واجد شرایط وارد مناقصات برای اجرای پروژه‌های بادی شوند. برای پروژه‌های مزارع بادی که مکان سایت مشخص است، اشکالی در انتخاب زمین وجود ندارد؛ ولیکن در پروژه‌هایی که انتخاب سایت بر عهده دهندگان صنایع بادی است بایستی از طریق دول مساعدت‌هایی در جهت یافتن زمین مناسب انجام گیرد.
۲ اجاره زمین	اگر قرار بر پرداخت اجاره در پروژه‌های مزارع بادی باشد، بهترین روش تعیین مقدار این اجاره بر اساس MWh تولیدی مزرعه بادی است. در روشی دیگر، قیمت اجاره در تعیین قیمت مزایده لحاظ می‌شود، بنابراین برای زمین‌های عمومی در نظر نگرفتن قیمتی برای اجاره منطقی به نظر می‌رسد. در این روش بایستی MW هر زمین مشخص گردد تا بیشترین بهره‌برداری از زمین با توجه به باد منطقه انجام گیرد. تعیین تعداد توربین‌های نصب شده در هر زمین و یا به عبارتی دیگر MW زمین وابسته به شرایط جغرافیایی، ضریب سختی سطح و شرایط آب و هوای است.

۶) ارزیابی منابع بادی

جدول ۴-۲۰- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش ارزیابی منابع بادی

موانع	راهکارها
۱) عدم اطلاع از منابع بادی ملی و هزینه‌های تولید احتمالی	تهیه اطلس بادی Meso-scale بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای، دیتاهای آنالیز مجدد مدل هوا و مدل‌های هواشناسی. وجود دکل هواشناسی در منطقه برای تعیین مدل باد منطقه بسیار موثر است. ESMAP مرجع مناسبی برای تعیین اطلس بادی است. در شرایطی که در انجام مزایده پروژه‌های بادی، بایستگی برندگان مزایده محل احداث مزارع بادی را انتخاب نمایند، پتانسیل سنجی منطقه به دقت انجام می‌گیرد. به منظور رسیدن به تولید توان بیشتر، پتانسیل سنجی توسط افراد انجام می‌شود.
۲) فقدان دیتاهای بلندمدت بادی، پیش‌بینی توان بادی را با عدم قطعیت روبرو می‌کند.	دولت بایستی طرح‌هایی در راستای پتانسیل‌سنجی منابع بادی موجود در مناطق مختلف اجرا نماید تا بانک اطلاعاتی معتبری از سرعت باد مناطق موجود باشد. به عنوان مثال‌های خوبی از اجرای این برنامه می‌توان به طرح‌های DANIDA و GTZ اشاره کرد به ترتیب سرعت باد را در بازه زمانی ۱۵ و ۵ ساله اندازه‌گیری کرده‌اند.
۳) دولت اقدامات کاملی در راستای بهره‌برداری از سایت‌های مناسب انجام نمی‌دهد.	اقدامات اولیه در سایت‌های مناسب با منابع بادی خوب، دسترسی به شبکه و دسترسی مناسب تنها در صورت ارزیابی جامع سایت کامل می‌شود. اگر سایت توسط دولت انتخاب می‌شود بایستی تمامی ارزیابی‌های اولیه توسط دولت انجام گیرد تا بهترین محل برای توسعه مزرعه بادی انتخاب شود. در صورتی که بایستی سایت مناسب توسط اجراکنندگان پروژه انتخاب شود، بنابراین تمامی ارزیابی‌های موردنیاز بایستی توسط این افراد انجام گیرد.
۴) امکان وجود آمار غلط از پتانسیل‌سنجی سایت وجود دارد.	بایستی توسعه‌دهندگان پروژه، پتانسیل‌سنجی را به صورت مستقل انجام دهند تا بتوانند به صورت صحیح میزان توان تولیدی را تخمین بزنند.
۵) نبود نقشه‌ی توپوگرافی با کیفیت بالا منطقه میزان ریسک را در مدلسازی افزایش می‌دهد.	در روشی سایت مورد اسکن لیزر هوایی قرار می‌گیرد. این کار بایستی پس از ساخت مزارع بادی انجام بگیرد؛ زیرا دریافت مشخصات دقیق سایت تنها با اندازه‌گیری و نمونه‌برداری پس از ساخت سایت امکان‌پذیر است.

۷) اثرات زیست محیطی و اجتماعی

جدول ۴-۲۱- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش اثرات زیست محیطی و اجتماعی

موانع	راهکارها
۱ توسعه مزرعه بادی در یک سایت از استفاده‌های دیگر زمین‌های مجاور خودداری می‌کند.	بایستی تمامی جنب‌های اجتماعی و زیست محیطی تاسیس نیروگاه بادی در یک منطقه مورد مطالعه قرار بگیرد. در انتخاب محل مناسب برای توسعه مزرعه بادی بایستی تمامی عوامل نظیر سرعت باد، کاربری اراضی، توپوگرافی، شیب زمین، آب و هوا، بارندگی، پوشش گیاهی، فاصله از شهر، فاصله از روستاها، دسترسی به راه‌ها و خطوط ریلی، فاصله از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، فاصله از خطوط گسل و جنس زمین در نظر گرفته شود.
۲ به اثرات جانبی زیست محیطی و اجتماعی در احداث مزارع بادی توجهی نمی‌شود.	بایستی ارزیابی‌های اولیه زیست محیطی و اجتماعی انجام گرفته و نتایج این بررسی‌ها در انتخاب سایت مناسب وارد شود.
۳ استفاده شخص از زمین- های مجاور مزارع بادی: حق مالکیت به صورت ضعیفی تعیین شده است.	بایستی نحوه استفاده از زمین‌های مجاور مزارع بادی به صورت دقیق مشخص می‌گردد. در صورت ایجاد موانع در مسیر باد به مزارع بادی، میزان انرژی دریافتی از مزارع بادی کاهش می‌یابد.
۴ صاحبان زمین‌های مجاور مزارع بادی با احداث مزارع بادی مخالفت می‌کنند.	بایستی تمامی صاحبان زمین مجاور مزارع بادی حقوقی را به عنوان جبران زیان‌های ناشی از تاسیس مزارع بادی دریافت نمایند؛ زیرا تاسیس مزارع بادی بر روی کاربری زمین‌های مجاور تاثیر می‌گذارد و آلودگی‌های صوتی و بصری ایجاد می‌نماید. در صورت عدم دریافت هزینه جبران‌سازی درصد رضایت صاحبان زمین از وجود مزارع بادی کاهش می‌یابد و این موجب اثر منفی در زمینه تاسیس مزارع بادی می‌شود.
۵ وجود قوانینی در مخالفت با تغییر کاربری زمین‌های زراعی	در صورت وجود قوانین در مخالفت با تغییر کاربری زمین، می‌توان زمین‌ها را اجاره نمود. بیشتر زمین‌ها پس از احداث مزارع بادی مزروعی باقی می‌مانند.
۶ پایین بودن سطح آگاهی عمومی منجر به مخالفت با احداث مزارع بادی می‌شود.	بایستی سطح دانش عمومی در جهت فواید احداث مزارع بادی افزایش یابد. می‌توان از تجارب سایر کشورها در جهت توسعه مزارع بادی استفاده نمود.
۷ نگرانی‌های موجود برای امنیت همسایگان و کارکنان مزارع بادی	تمامی توربین‌های بادی موجود در مزارع بادی بایستی از لحاظ طول عمر مطلوب مطابق با استانداردها چک شوند و انتخاب نوع توربین‌های بادی در مناطق مختلف بایستی بر اساس استاندارد انجام گیرد.
۸ نگرانی‌های موجود در رابطه	بایستی مطالعاتی یک ساله در رابطه با گونه پرندگان موجود در محیط‌های حساس انجام

موانع	راهکارها
با نابودی پرندگان	بگیرد. کاهش اقدامات می‌تواند در مواردی که مزرعه بادی در مسیر مهاجرت پرندگان قرار دارد، انجام بگیرد. برای مثال در فصول مهاجرت پرندگان میزان کارکرد مزارع بادی کاهش یابد. بهترین روش خودداری از تاثیر احداث مزارع بادی بر روی پرندگان، انجام این مطالعات در مرحله تعیین مکان‌های مناسب برای توسعه مزارع بادی است.

۸) برنامه‌ریزی فضای عمومی (منطقه‌بندی)

جدول ۴-۲۲- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش برنامه‌ریزی فضای عمومی

موانع	راهکارها
۱ برنامه‌ریزی غلط مزارع بادی منجر به ایجاد تداخل بین مزارع بادی می‌شود و میزان ریسک را افزایش می‌دهد (این مساله در مناطقی که باد با سرعت بالا و مزارع بادی متراکم دارند رخ می‌دهد).	مزارع بادی در جریان باد ایجاد اغتشاش می‌کنند؛ این اغتشاش بر تولید توان تاثیر می‌گذارد و منجر به کاهش توان تولیدی می‌شود. این مساله در احداث مزارع بادی بسیار مهم است به این دلیل مزارع بادی نباید نزدیک به یکدیگر احداث شوند. مزرعه بادی بالادستی میزان تولید انرژی مزرعه بادی پایین‌دستی را به مقدار ۱۰ تا ۲۰ درصد بسته به میزان سختی سطح و تراکم اغتشاش کاهش می‌دهد. عدم برنامه‌ریزی صحیح مزارع بادی به معنای بهینه نبودن میزان انرژی استخراجی از مزارع بادی نیز هست؛ به گونه‌ای که میزان انرژی تولید ۱۵ تا ۲۰ درصد کمتر می‌شود. در صورت احداث مزارع بادی نزدیک به یکدیگر نیاز است که منطقه‌ای واسط میان مزارع بادی موجود باشد. بایستی پتانسیل سنجی به شکل دقیقی انجام گیرد زیرا ممکن است احداث یک مزرعه بادی بزرگ کارآمدتر از احداث چندین مزرعه بادی باشد.
۲ برنامه‌ریزی ضعیف سایت توربین بادی در زمینه ایجاد آلودگی‌های صوتی و بصری منجر به ایجاد مشکل برای زمین‌های در مجاورت با مزارع بادی می‌شود.	نرم‌افزارهای قوی نظیر Windpro برای ارزیابی اثرات مزارع بادی وجود دارند. در تحلیل مزارع بادی بایستی به این نکته توجه شود که میزان نویز از ۴۰ دسیبل تجاوز نکند. مشکل flicker تنها در بخش جنوب شرقی توربین بادی در نیمکره شمالی ایجاد می‌شود؛ بنابراین می‌توان نواحی ممنوعه را به دقت بر اساس استانداردها تعیین کرد. از طرف دیگر، ماکزیمم ساعت مورد قبول flicker بایستی مشخص گردد.
۳ نهادهای هوایی نظامی و غیرنظامی ممکن است تحت تاثیر مزارع بادی قرار بگیرند.	قوانین برای علامتگذاری هوایی توربین‌های بادی بلند بر طبق استانداردهای موجود بایستی به دقت انجام بگیرد. بایستی به این نکته دقت داشت که مطالعات توپوگرافی مزرعه بادی بایستی به شکل دقیقی انجام بگیرد و تداخل آن با مسیرهای هوایی ارزیابی شود.
۴ نهادهای ارتباطاتی ممکن است تحت	

موانع	راهکارها
تاثیر احداث مزارع بادی قرار بگیرند.	مخابراتی قرار داشته باشند. البته بایستی این نکته لحاظ شود که توربین‌های بادی مشکلی جدی در تداخل با موج‌های رادیویی نیستند. در برخی از مناطق توربین‌های بادی استفاده‌ی مجزایی به عنوان برج‌های مخابراتی نیز دارند.
۵ جاده‌ها ممکن است تحت تاثیر احداث مزارع بادی قرار بگیرند.	فاصله مزارع بادی از جاده‌ها بایستی در حدود ۱۰۰ متر باشد.
۶ بازیافت و دور ریختن تجهیزات مزارع بادی بایستی مورد توجه قرار بگیرد.	بایستی تسهیلاتی در راستای بازیافت توربین بادی در نظر گرفته شود. امکان بازیافت توربین بادی و استفاده مجدد از مواد آن، فروختن توربین بادی به کشورهای دیگر و یا از بین بردن توربین بادی بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورتی که توربین بادی به مدت یک سال از کار افتاده باشد، بایستی با حذف توربین بادی از زمین محل نصب توربین بادی به صورت مجزا استفاده شود.

۹) تجربه در زمینه تولید مستقل توان

جدول ۴-۲۳- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تولید توان

موانع	راهکارها
۱ تعیین مسئولیت ارگان‌ها در پروژه‌های بادی	بهترین راه برای تقسیم مسئولیت‌ها در نظر گرفتن میزان کارآمدی سازمان‌ها در هر حوزه است. مسئولیت حوزه مالی به عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه‌ها بر عهده‌ی مسئول پروژه می‌باشد.
۲ اشکال در روند قرارداد پروژه	بر اساس استاندارد موجود عمر مزارع بادی ۲۰ سال در نظر گرفته می‌شود و قرارداد برای خرید برق به صورت بیست ساله منعقد می‌شود.

(۱۰) تجهیزات توربین بادی، مشارکت محلی

جدول ۴-۲۴- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تجهیزات توربین بادی، مشارکت محلی

موانع	راهکارها
۱ نیاز به سهم بالای مشارکت محلی و زیرساختها نظیر جادهها و فونداسیون برای پروژههای کوچک اقتصادی نیست.	یکی از مهمترین پیشنیازها برای توسعه صنعت بادی در یک کشور داشتن برنامه توسعهی مدون با چشمانداز ده ساله و وجود سیاستهای معتبر برای مقابله با تغییرات سیاسی در کشورها است. در غیر این صورت صرف هزینه برای پروژههای کوچک غیرقابل اطمینان است.
۲ حمل و نقل برجها با مشکلاتی روبرو است.	هزینه حمل و نقل برجهای توربین بادیهای بزرگ به اندازهی است که ساخت برجهای مزارع بادی بزرگ را در محل مزرعه بادی توجیهپذیر کند.
۳ مونتاژ و ساخت ناسل اشتباها به عنوان یک بخش اساسی در اشتغالزایی و انتقال تکنولوژی عنوان شده است.	مونتاژ و جمعآوری ناسل در حدود کمتر از ۲ درصد هزینه توربین بادی است. به همین خاطر، منافع اقتصادی و اشتغالزایی اندکی در صورت تولید محلی وجود دارد. بنابراین می توان این تجهیز را به صورت آماده تهیه نمود.
۴ ساخت پرههای توربین بادی نیازمند حجم بالایی از مواد خاص می باشد.	الگوی ساخت پرههای توربین بادی همانند پرههای توربین بادی به سختی قابل انتقال هستند. بنابراین بایستی این الگوها به صورت محلی در محل ساخت توربین بادی وجود داشته باشند. مواد اولیه ساخت پره توربین بادی در اکثر موارد بایستی از کشورهای دیگر وارد شوند. پرها در حدود ۱۲ تا ۱۵ درصد توربین بادی را تشکیل می دهند و بایستی تحت استاندارد ISO۹۰۰۰ تولید شوند.
۵ پروژههای کوچک موفق به دریافت سرمایه گذاران معتبر و بین المللی نمی شوند.	به صورت معمول توسعه دهندگان توربین بادی با تجربه در سطح بین المللی در توسعه پروژههای مزارع بادی با اندازه ۱۰۰ تا ۲۵۰ مگاوات مشارکت می کنند. پروژههای مزارع بادی با اندازه کوچکتر از ۵۰ مگاوات در جذب سرمایه گذار با مشکل مواجه می شوند؛ به خصوص در صورتی که اولین پروژه مزرعه بادی در منطقه مذکور باشند. یکی از بهترین راهکارها ادغام چندین پروژه مزرعه بادی کوچک با یکدیگر و واگذاری آن به یک سرمایه گذار است.

(۱۱) تعامل مزرعه بادی و شبکه انتقال

جدول ۴-۲۵- موانع و راهکارهای موجود در راستای توسعه صنایع باد در بخش تعامل مزرعه بادی و شبکه انتقال

موانع	راهکارها
۱ نبود اطلاعات کافی از مشخصه‌های توان بادی در منطقه و فرض توان بادی به صورت کاملاً متغیر	بایستی اقدامات اولیه در جهت ایجاد زیرساخت‌ها برای پیش-بینی توان بادی به صورت کوتاه مدت انجام گیرد. تمهیدات مورد نیاز در شبکه برای مطالعه کیفیت توان با توجه به ادغام توان بادی با شبکه انجام شود. شبیه‌سازی و مطالعه توان بادی در شبکه بایستی با توجه به دیتاهای موجود از باد منطقه انجام گیرد.
۲ عدم وجود کد استاندارد مرتبط با شبکه برای مزارع و یا توربین بادی	کد شبکه‌ای جامع برای توربین‌ها و مزارع بادی بایستی بر اساس روند بازارهای برق بین‌المللی ایجاد شود که با شرایط شبکه محلی سازگاری داشته باشد. این کد بایستی مشمولیت داشته و قابلیت تطبیق با شرایط متغیر شبکه را داشته باشد.
۳ عدم وجود مطالعات مناسب در رابطه با پایداری شبکه	بایستی این مطالعات برای مزارع بادی بزرگ انجام شود.
۴ وجود شبکه‌های برق ضعیف. در مناطقی که مزارع بادی ایجاد می‌شوند بایستی شبکه تقویت گردد. نیاز به اتصال به شبکه در مناطق دوردست در برخی از مناطق بسیار هزینه‌بر است.	بایستی در مناطق مرتبط با مزارع بادی در بازه ۵ ساله مطالعات تعیین هزینه تقویت شبکه عمومی انجام شود. این مطالعات به عنوان مکمل نقشه منابع باد موجود برای یافتن مکان مناسب اقتصادی احداث مزارع بادی عمل می‌کند.
۵ مسئولیت‌های اپراتور شبکه در قبال مزارع بادی مستقل مشخص نشده است.	برای نیروگاه‌های مستقل از شبکه بایستی خطوط انتقال جداگانه‌ای ایجاد شده و مسئولیت‌های اپراتور شبکه در قبال این نیروگاه‌ها مشخص شود.
۶ رسیدگی به روند ایجاد خطوط انتقال نیروگاه‌های بادی مستقل زمان‌بر است و به کندی انجام می‌گیرد.	
۷ به منظور توسعه پروژه‌های بادی بایستی هزینه‌های زیادی در زمینه گسترش زیرساخت‌های شبکه انجام گیرد. این در صورتی است که گسترش و توسعه شبکه برق می‌تواند برای مناطق محلی سودمند باشد.	توسعه شبکه برق بایستی به عنوان یک طرح ملی و فراتر از الزامات توسعه نیروگاه بادی در نظر گرفته شود. برنامه‌ریزی و کمک‌های دولتی می‌تواند در راستای توسعه پروژه‌های بادی بسیار تاثیرگذار باشد. دولت می‌تواند مبالغی را به عنوان کمک هزینه برای توسعه نیروگاه‌های بادی و شبکه

راهکارها	موانع
برق اختصاص دهد. به عنوان مثال ۳۵۰۰ مگاوات توان بادی در مصر در فاصله- ای در حدود ۳۰۰ کیلومتر از شبکه برق در حال توسعه است. در توسعه این نیروگاه‌های بادی، دولت مصر و بانک جهانی کمک هزینه‌ای را برای توسعه شبکه برق در نظر گرفته‌اند.	۸ پروژه‌های اولیه توسعه‌ی صنایع بادی در مناطق دوردست به علت هزینه‌های گسترش شبکه با مشکلات زیادی مواجه هستند. این در حالی است که، بهره‌برداری از چندین نیروگاه بادی توسعه شبکه برق را توجیه‌پذیر می- کند. این عامل یکی از اصلی‌ترین موانع در توسعه نیروگاه‌های بادی است.
می‌توان در زمان انعقاد قرارداد، نگهداری از شبکه برق و کنترل عملکرد شبکه را به عنوان بخشی از قرارداد لحاظ نمود. این عملیات می‌تواند در فصول کم باد سال انجام گیرد.	۹ مساله نگهداری از شبکه برق برای نیروگاه‌های مستقل در نظر گرفته نشده است.
بایستی کدهای اتصال به شبکه به صورت کلی نگارش یابد و امکان تغییرات این کدها در سطوح مختلف وجود داشته باشد.	۱۰ مساله اتصال به شبکه برای مزارع بادی کوچک (که اکثرا در ولتاژ توزیع متصل می‌شوند)، حائز اهمیت است.
زمان‌های بسته شدن بازار با توجه به الزامات و قیود توان بادی می‌توانند کوتاه‌تر انتخاب شوند. مرکز دیسپاچینگ بایستی یک مدل پیش‌بینی کوتاه مدت باد را با ضریب اطمینان بالا در صورت وجود حجم بالای توان بادی در شبکه در اختیار داشته باشد. در مزارع بادی بزرگ بایستی نمونه‌های حقیقی باد و اندازه‌گیری باد به صورت لحظه‌ای به منظور پیش‌بینی دقیق توان بادی در اختیار باشد.	۱۱ زمان‌های بسته شدن بازار به نسبت الزامات توان بادی طولانی هستند و در نتیجه تامین‌کنندگان برق بادی نمی- توانند به شکل موثر در جهت تحویل برق به بازار برنامه- ریزی کنند.
مرکز دیسپاچینگ بایستی تمامی حوادث و راه‌جل‌های ممکن را از طریق راهنما و یا کدهای موجود در اختیار مزارع بادی در مناطق دوردست قرار دهد. این موارد می‌تواند به عنوان مثال شامل جبران‌سازی توان راکتیو متغیر و یا تنظیم برق خروجی مزارع بادی در موارد اضطراری باشد.	۱۲ اتصال مزارع بادی در حجم بالا در مناطق دوردست نیاز زیادی را به عملیات مدیریت شبکه به منظور اطمینان از پایداری شبکه ایجاد می‌نماید.
بایستی ظرفیت برق بادی تولیدی مزارع بادی در شبکه با توجه به داده‌های موجود از باد منطقه حساب شود و ظرفیت متوسط برق بادی در شبکه مشخص گردد.	۱۳ ظرفیت برق بادی در شبکه با عدم قطعیت‌هایی روبرو است.

۴-۴- جمع‌بندی و ارائه راهبردهای نهایی سند باد کشور

به منظور ارائه راهبردهای موثر در توسعه صنایع بادی ابتدا راهبردهای توسعه انرژی بادی کشورهای نمونه شامل چین، فیلیپین، مالزی، هند، ژاپن، کره، سریلانکا و ویتنام مورد بررسی قرار گرفت. در مرور سیاست‌ها و راهبردهای این کشورها در صنایع باد لازم به ذکر است که برخی از این کشورها در عرصه صنعت بادی پیشرو به شمار رفته و وضعیتی به مراتب بهتر از ایران داشته، برخی از کشورها مشابه ایران بوده و بعضی کشورها ظرفیت نصب شده پایین‌تری نسبت به ایران دارند. مطالعه راهبردهای این کشورها در صنایع بادی دید جامعی را در زمینه برنامه‌ریزی برای توسعه صنایع بادی در اختیار ما قرار داد.

از سوی دیگر در قالب گزارش سیاست‌های توسعه بخش برق بادی ایران سند راهبردی انرژی باد، سیاست‌ها و راهبردهای توسعه صنایع باد به شکل کاملی مورد بررسی قرار گرفته بود. در این گزارش سعی شده است که راهبردهای توسعه صنایع باد به شکلی دیگر و با ذکر موانع موجود در توسعه صنایع بادی ذکر شود. بنا بر این گزارش و بر مبنای سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران [۵۵]، راهبردهای کلان توسعه صنعت باد عبارتند از:

توجیه‌پذیر بودن توسعه صنایع بادی در مقایسه با نیروگاه‌های فسیلی.

تدوین و تدقیق اطلس باد کشور به عنوان نقطه آغازین توسعه صنعت بادی.

تربیت نیروهای متخصص و ایجاد امکانات و زیرساخت‌ها به منظور انجام مطالعات امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی، حمل‌ونقل و نصب اجزا و قطعات توربین بادی، نگهداری و تعمیرات.

استراتژی اصلی شروع توسعه صنعت انرژی بادی در داخل کشور، استراتژی بومی‌سازی برخی قطعات است. بدین معنا که در شروع توسعه، برخی از قطعات در داخل و برخی دیگر از خارج تامین می‌شوند. بنابراین استراتژی هدایتی بومی‌سازی قطعات، استراتژی همکاری فعالانه با حرکت‌های پیشرو در دنیا و بومی‌سازی خلاقانه است.

انبوه‌سازی تولید توربین بادی با ظرفیت‌های کوچکتر از ۳ مگاوات بایستی به همراه انجام تحقیقات به منظور توسعه و همگام‌سازی با ظرفیت‌های توربین بادی مورد استفاده در کشورهای پیشرو در دنیا باشد.

طراحی و ساخت توربین‌های بادی بایستی همراستا با انجام تحقیقات به منظور بهینه‌سازی تکنولوژی توربین بادی باشد.

ساخت توربین‌های بادی بایستی همراستا با استخراج استانداردهای مناسب و ایجاد مراکز تست توربین بادی باشد.

بایستی به منظور فرآورش بهینه برق از نیروگاه‌های بادی مطالعه بر روی انتخاب ذخیره‌سازهای مناسب و امکانسنجی تولید و طراحی آن‌ها در داخل کشور انجام گیرد.

بایستی تمهیداتی به منظور بازیافت و یا دور ریختن توربین‌های بادی از کار افتاده اندیشیده شود.

با توجه به پتانسیل کشور در زمینه توربین‌های بادی فراساحلی بایستی اقداماتی در زمینه پتانسیل‌سنجی و امکان-سنجی نصب توربین‌های فراساحلی و سپس طراحی و ساخت توربین‌های بادی فراساحلی انجام گیرد.

شبکه برق کشور بایستی متناسب با ظرفیت بادی توسعه و بهبود یابد.

بایستی فرهنگ‌سازی لازم در زمینه لزوم رویکرد به انرژی بادی در میان مردم ایجاد شود.

فصل ۵- تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری

۵-۱- مقدمه

در زمینه استخراج نقشه راه انرژی بادی در ایران در ابتدا منابع و اسناد داخلی و خارجی مرتبط با سند راهبردی باد مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد ابعاد و محدود سند از حیث جغرافیایی، افق زمانی، حوزه‌های دانشی و ساختاری بررسی شد. درخت فناوری توربین بادی با نگاهی متفاوت و با لحاظ نمودن تمامی بخش‌های مرتبط با صنایع بادی اعم از بخش‌های تکنولوژیکی و فنی، پتانسیل‌سنجی توسعه نیروگاه‌های بادی و سیاست‌گذاری، فرهنگ‌سازی و آماده‌سازی زیرساخت‌ها رسم گردید و در گام بعدی نقشه راه انرژی باد ایران در حوزه‌های کلان و حوزه‌های میانی صنعت باد با توجه به اهداف میان‌مدت و بلندمدت تدوین گردید.

به منظور تدوین سیاست‌های کلان فناوری باد در ابتدا بایستی سیاست‌های کلان کشورهای دیگر برای توسعه صنعت بادی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. پس از مطالعه و بررسی دقیق سیاست‌های کشورهای دیگر در زمینه توسعه صنعت بادی، تجربه مناسبی برای تدوین سیاست‌های توسعه صنعت بادی در ایران به دست می‌آید.

پس از ارزیابی سیاست‌های کلان انرژی بادی کشورهای نمونه و با مطالعه دقیق گزارش سیاست‌های توسعه بخش برق بادی ایران از سند راهبردی انرژی باد سال ۱۳۹۰، به عنوان منبعی جامع و کامل، سیاست‌های توسعه کلان صنعت باد استخراج خواهد شد.

۵-۲- بررسی سیاست‌های کلان توسعه انرژی باد در کشورهای نمونه

به منظور ارائه سیاست‌های کلان توسعه فناوری باد، بایستی در ابتدا سیاست‌های سایر کشورها در صنعت بادی مورد بررسی قرار گیرد. در گزارش راهبردهای توسعه فناوری باد، روند سیاست و راهبردهای کشورهای چین، فیلیپین، مالزی، هند، ژاپن، کره، سریلانکا و ویتنام در صنعت بادی بیان شد. در این گزارش سیاست‌های صنایع باد سایر کشورها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵-۲-۱- چک

در طول نیمه اول دهه ۱۹۹۰ و با نصب ۲۳ توربین ۵۰۰-۷۵ کیلوواتی، بیش از ۸ مگاوات انرژی به دست آمده است که تمامی این توربین‌ها توسط تولیدکنندگان محلی ساخته شده است. در حال حاضر ۷-۵ مگاوات از انرژی بادی کشور به منظور تولید

الکتریسیته به کار گرفته می‌شود. این کشور دارای پتانسیل‌های فنی مناسب برای توسعه انرژی باد و ساخت توربین است. ظرفیت بادی نصب شده از ۴۴ مگاوات در سال ۲۰۰۶ به ۱۱۶ مگاوات در سال ۲۰۰۷ رسید که میزان تولید در سال ۲۰۰۷ معادل ۲ برابر سال ۲۰۰۶ برآورد شده است. در پایان سال ۲۰۱۰ کشور چک نیروگاه‌های بادی با مجموع خروجی ۱۵۶ مگاوات را به کار انداخت که این رقم نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری بالغ بر ۲۸۶ میلیون دلار است. در حال حاضر جمهوری چک موافقت شهرداری‌ها را برای ساخت ۷۰ واحد بادی با خروجی ۱۴۰ مگاوات اخذ کرده و فضای لازم برای احداث ۵۱ توربین را ایجاد نموده است [۵۶].

در کنار پشتیبانی قوی سیاسی از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، جمهوری چک بالاترین تعرفه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر را دارا است. این تعرفه‌های بالا نشان‌دهنده اهمیت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای دولت و تاکید بر لزوم افزایش تعداد پروژه‌های تجدیدپذیر است. قانون جدیدی که در سال ۲۰۰۵ مصوب شد، منجر به حمایت بیشتر از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر گردید. هدف از قانون انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم کردن شرایط قانونی حمایت و توسعه ابزارهای لازم برای منابع و اعمال مربوط به آن است.

برنامه‌های ملی انرژی تجدیدپذیر در چک، هر ۴ سال یکبار مورد بازبینی قرار می‌گیرد و میزان بودجه اختصاص یافته به هر برنامه نسبت به برنامه پیشین خود افزایش می‌یابد. در سیاست‌های جدید تدوین شده در چک، با چشم‌انداز سال ۲۰۳۰، بر افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از ۲/۶ درصد به ۱۳-۱۲ درصد تاکید شده است که بر این اساس بایستی میزان برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش قابل توجهی داشته باشد.

در رابطه با نرخ تعرفه خرید برق تجدیدپذیر شامل برق بادی چک در سال ۲۰۰۵ قانونی را تصویب نمود، که این قانون امکانات متنوعی را برای فروش برق به اپراتور شبکه و یا بازار برق و سرمایه‌گذاران خارجی مهیا می‌کند. اداره تنظیم انرژی، تعرفه و سود مقرر را در هر سال تعیین می‌کند که قیمت‌ها نباید پایین‌تر از ۹۵ درصد ارزش سال قبل باشند. قانون تصویب شده در حمایت از انرژی تجدیدپذیر منجر به افزایش سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر شد [۵۷] و [۵۸].

هم‌چنین قوانین مشوق سرمایه‌گذاری، هر دو گروه سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی در انرژی تجدیدپذیر را شامل می‌شود. که مشوق‌های در نظر گرفته شده عبارتند از حذف مالیات بر درآمد شرکت‌ها به مدت ۱ سال، کمک هزینه ایجاد شغل، کمک مالی برای آموزش و بازآموزی و واگذاری زمین با ارائه تخفیف (در صورت قابل اجرا بودن).

۵-۲-۲-مصر

دولت مصر با توجه به روند افزایش در مصرف انرژی، سیاست‌هایی را با چشم‌انداز سال ۲۰۲۲ در نظر گرفته است. در این میان بایستی تا سال ۲۰۲۲، حدود ۲۰ درصد از برق مصرفی از انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شود. دولت مصر تا پایان سال ۲۰۱۳ با ظرفیت نصب شده ۵۵۰ مگاوات بالاترین ظرفیت نصب شده را در میان کشورهای خاورمیانه و آفریقا دارا بوده است [۳۲].

دولت روش‌های مختلفی را برای شناسایی چگونگی متمرکز نمودن سرمایه‌گذاری دولتی و خصوصی برای به عهده گرفتن پروژه‌های مربوط به انرژی بادی انجام داده است. برخی از مشوق‌های دولت برای به حداقل رساندن خطرات سرمایه‌گذاری و تسهیل مشارکت بخش خصوصی عبارت است از: کاهش ریسک سرمایه‌گذاران با امضای یک توافق نامه بلندمدت خرید برق، معافیت واردات تجهیزات مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر از قوانین گمرکی، انجام مطالعات مرتبط با توسعه صنعت بادی از قبیل مطالعات مرتبط با تعامل مهاجرت پرندگان و توسعه صنعت بادی توسط سازمان انرژی نو و تجدیدپذیر و اختصاص زمین در مناطق بیابانی با مساحت ۷۶۰۰ کیلومترمربع به احداث مزارع بادی [۵۹].

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در گام اول نیاز به طراحی شفاف و گسترش دیدگاه در جهت تنظیم سازمان مشخص برای برنامه‌ریزی و جهت‌دهی به اهداف صنعت بادی دارد. در این مرحله ابتدا باید چارت سازمانی مشخص برای حمایت و برنامه‌ریزی اهداف و چشم‌اندازهای توسعه صنعت بادی تشکیل شود. در حال حاضر وزارت برق و انرژی در کنار سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر حامی توسعه انرژی تجدیدپذیر و انرژی بادی است، ولیکن بایستی سازمان و نهاد مشخصی برای توسعه صنعت بادی و برنامه‌ریزی آن تشکیل شود.

گام بعدی در جهت توسعه صنعت بادی لحاظ کردن مشوق‌های مناسب است. در این میان یکی از مهم‌ترین مشوق‌های در نظر گرفته شده در صنعت بادی، معافیت مالیاتی برای تمامی اجزا و قطعات مرتبط با این صنعت است. از طرف دیگر ایجاد سهولت در روند دریافت مجوز برای توسعه انرژی بادی، اعطای وام‌هایی با سود کم و افزایش تقاضای داخلی در زمینه انرژی بادی می‌تواند نقش موثری در توسعه این صنعت ایفا کند.

در بحث توسعه صنعت بادی در مصر به دو عامل تاثیرگذار یعنی بخش تحقیق و توسعه و تربیت نیروی انسانی متخصص توجه شده است. در بخش تحقیق و توسعه، ارتقا صنعت بادی در بخش‌های مختلف در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، یکی از ارکان اساسی در جهت توسعه صنعت بادی تربیت نیروی انسانی متخصص است. مصر در جهت رسیدن به این مهم، در سطوح دانشگاهی مهارت‌ها و علوم مرتبط با انرژی تجدیدپذیر را آموزش می‌دهد.

۵-۲-۳- دانمارک [۶۰]

تاریخچه توسعه توان بادی در دانمارک به دهه ۱۹۷۰ بازمی‌گردد. در این زمان دانمارک وابستگی زیادی به نفت به عنوان یک منبع تولید انرژی داشت و بیش از ۹۰ درصد تولید انرژی در دانمارک وابسته به نفت بود. در طی بحران نفتی رخ داده در این دهه، دانمارک با مشکلات جدی در تامین انرژی مواجه شد. در این زمان دانمارک تصمیم به تغییر منبع تامین انرژی از نفت به ذغال سنگ گرفت و استفاده از انرژی هسته‌ای را برای تامین امنیت انرژی مورد هدف قرار داد. این اهداف منجر به ایجاد تغییراتی در طی دو دهه در روند منابع انرژی مصرفی دانمارک شد.

۵-۲-۳-۱- طرح انرژی اولیه: ۱۹۷۶

این طرح بر مبنای توسعه امنیت کشور با کاهش وابستگی به نفت وارداتی استوار بود. این طرح بر پایه تبدیل نیروگاه‌های دانمارک به ذغال‌سنگ و سوخت هسته‌ای بود. در این زمان انرژی تجدیدپذیر نقش کوچکی در تامین انرژی مصرفی کشور داشت. در این بازه مطالعاتی بر روی توسعه انرژی تجدیدپذیر به عنوان منابع انرژی انجام گرفت. پس از مدتی مخالفت زیادی با انرژی هسته‌ای صورت گرفت و تصمیم به حذف این انرژی از منابع تامین کننده برق گرفته شد. در این زمان، انرژی بادی به عنوان جایگزین مناسبی برای انرژی هسته‌ای پیشنهاد گردید.

در آغاز دهه ۱۹۸۰، تعدادی از تولیدکنندگان در دانمارک توربین‌های بادی با ظرفیت کمتر از ۵۵ کیلووات تولید کردند. اگرچه این توربین‌ها قیمت اولیه بالایی داشتند اما برای استفاده خصوصی مناسب بودند. بسیاری از این توربین‌ها برای تامین نیاز صاحبان این توربین‌ها استفاده می‌شد و مازاد برق تولیدی به شبکه فروخته می‌شد.

۵-۲-۳-۲- طرح انرژی ثانویه: ۱۹۸۱

در این طرح، شبکه گسترده‌ای برای استفاده از گاز طبیعی به وجود آمد و یارانه‌ها برای توسعه و ساخت نیروگاه‌های بادی و بیوماس معرفی شدند. پشتیبانی این طرح منجر به توسعه بازار و صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر شد؛ در حقیقت، اعمال مالیات بر روی نفت و ذغال‌سنگ منجر به افزایش رقابت‌پذیری انرژی‌های تجدیدپذیر گردید. بنابراین توربین بادی با روند خوبی شروع به گسترش یافت. عامل دیگری که منجر به توسعه صنعت بادی در این دوره شد، وجود بازار بزرگی در کالیفرنیا بود که فرصت خوبی را برای صادرات توربین بادی مهیا می‌کرد.

در سال ۱۹۸۵، عده زیادی با انرژی هسته‌ای مخالفت کردند و این مخالفت منجر به انعقاد قرارداد توسعه ۱۰۰ مگاوات توربین بادی در بازه سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۰ شد. این قرارداد منجر به حمایت از صنعت بادی در زمانی شد که صادرات توربین بادی با مشکل مواجه شده بود و در واقع منجر به توسعه بیشتر صنعت بادی در داخل کشور گردید.

در ابتدا کمک هزینه دولتی اعطا شده برای توسعه مزارع بادی برابر با ۳۰ درصد بود، به تدریج و با افزایش اطمینان خاطر از سودآوری این صنعت میزان کمک هزینه‌ها به ۲۰ و ۱۰ درصد کاهش پیدا کرد و در نهایت در سال ۱۹۸۸ به صورت کامل حذف شد. برخی از یارانه‌های معرفی شده در این طرح برای ادامه فعالیت‌های تحقیقاتی تا نیمه دهه ۲۰۰۰ ادامه پیدا کرد و از سوی دیگر کمک هزینه‌هایی برای جایگزینی توربین‌های بادی قدیمی با توربین‌های بادی جدید ایجاد شد.

۵-۲-۳- طرح انرژی سوم: ۱۹۹۰

این طرح انرژی، اولین طرح انرژی در جهان بدون وجود انرژی هسته‌ای بود. این طرح با هدف‌گذاری کاهش میزان انتشار CO_2 به میزان ۲۰ درصد در بازه سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۵ بود و ۱۰ درصد از برق دانمارک بایستی از توربین‌های بادی تا سال ۲۰۰۵ تامین می‌شد.

تا سال ۱۹۹۲ ساختار جامعی برای توسعه صنعت بادی در سطح ملی ایجاد گردید و در همین زمان تحقیقاتی برای معین کردن سایت‌های مناسب برای احداث مزارع بادی مشخص شد.

در سال ۱۹۹۳ feed-in tariff ثابت برای برق تعیین شد. قیمتی که برای برق تولیدی از توربین‌های بادی تعیین شده بود برابر با ۸۵ درصد هزینه توزیع و تولید بود. همچنین صنایع بادی بازپرداختی را از هزینه مالیات کربن دانمارک و مالیات انرژی دریافت می‌کردند.

۵-۲-۴- طرح انرژی چهارم: ۱۹۹۶

در این طرح مقرر گردید که انرژی تجدیدپذیر بایستی ۱۲ تا ۱۴ درصد از کل انرژی مصرفی را تا سال ۲۰۰۵ و ۳۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ تامین نماید. در سال ۱۹۹۷، مجموعه قوانینی برای توسعه مزارع بادی فراساحلی وضع گردید. آژانس انرژی دانمارک مسئولیت سیاست‌گذاری در زمینه انرژی تجدیدپذیر را بر عهده داشت. تا سال ۱۹۹۶، نزدیک به ۲۱۰۰ شرکت مرتبط با صنایع بادی در سرتاسر کشور وجود داشت. در سال ۱۹۹۸، دولت دانمارک ایجاد ۷۵۰ مگاوات توان بادی فراساحلی را مقرر نمود.

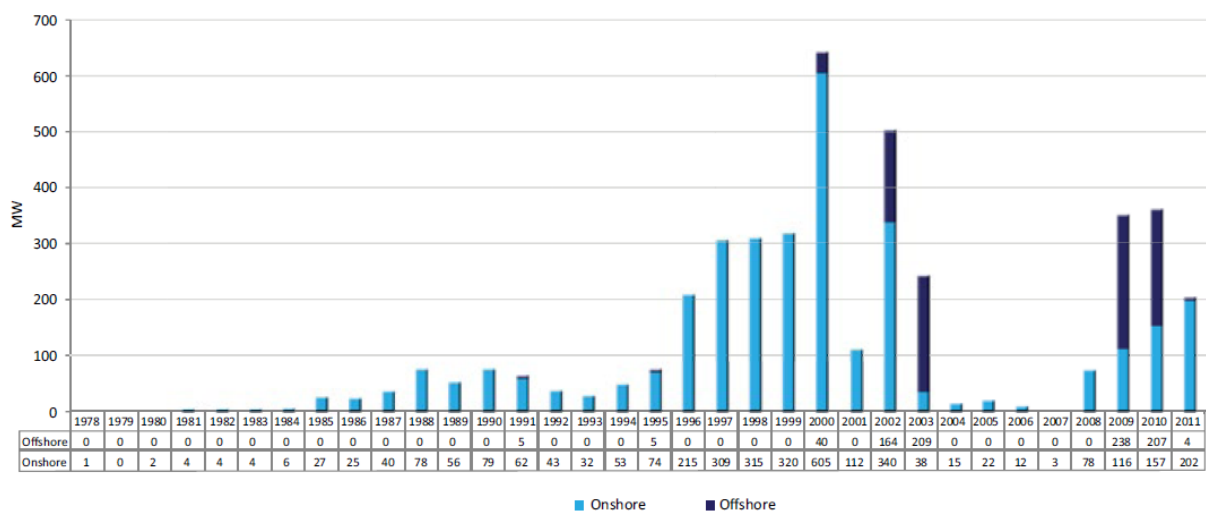
با ورود به سال ۲۰۰۰ دانمارک به عنوان یک کشور قدرتمند در عرصه صادرات انرژی بود و با توجه به افزایش قیمت نفت و افزایش آگاهی عمومی از تغییرات آب و هوایی، سیاست‌های جدیدی با انگیزه بیشتر برای توسعه انرژی تجدیدپذیر ایجاد شد.

۵-۲-۳-۵ - فاز پنجم (۲۰۰۸-۱۹۹۹)

در سال ۱۹۹۹ تصمیم بر این گرفته شد که بازار برق تا سال ۲۰۰۲ آزاد شود. اصلاحات برق منجر به هدف‌گذاری تامین ۲۰ درصد برق مصرفی از منابع تجدیدپذیر تا سال ۲۰۰۳ شد. در سال ۱۹۹۹، دولت دانمارک تصمیم گرفت تا FIT را ممنوع ساخته و از طریق مکانیزم استاندارد طرح تجدیدپذیر (RPS) با سیستم گواهی سبز قابل معامله عمل کند.

مطابق با طرح جدید، دولت دانمارک تصمیم گرفت تا میزان رقابت را در بخش‌های انرژی تجدیدپذیر افزایش دهد، بنابراین از پنج مزرعه بادی برنامه‌ریزی شده تنها سه طرح را به اجرا در آورد. تا پایان سال ۲۰۰۳ تمامی توربین‌های بادی به شبکه متصل شدند و هزینه آن‌ها از طریق قیمت بازار به علاوه مزایایی پرداخت می‌شد.

اضافه شدن ظرفیت توان بادی به سرعت کاهش یافت. از سال ۱۹۹۳ تا سال ۲۰۰۴، توان بادی دانمارک به شکل گسترده‌ای از ۵۰۰ به ۳۰۰۰ مگاوات افزایش پیدا کرد ولی با حذف FIT در سال ۲۰۰۴ توسعه توان بادی متوقف شد. در بازه سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ تنها ۱۲۹ مگاوات به ظرفیت نیروگاه‌های بادی اضافه شد. در شکل زیر روند ظرفیت توربین بادی نصب شده نشان داده شده است.



شکل ۵-۱ - ظرفیت نصب شده توربین بادی در دانمارک

در سال ۲۰۰۴، تغییرات شگرفی در بخش تامین توان دانمارک رخ داد. کمپانی‌های توان خصوصی شدند و بخش‌های توزیع، انتقال و تولید هر کدام با ساختار جداگانه‌ای مستقل شدند. در سال ۲۰۰۸، دولت قراردادی را برای ایجاد دو مزرعه بادی فراساحلی با ظرفیت ۲۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۱۲ ایجاد کرد.

سیاست انرژی دولت دانمارک در سال ۲۰۰۸ به منظور رسیدگی به تغییرات آب و هوایی با کمترین هزینه و بدون ایجاد ریسک در منابع انرژی تدوین شد. این سیاست‌گذاری شامل بهبود بازدهی بخش انرژی، افزایش میزان انرژی تجدیدپذیر و پیشرفت‌های تکنولوژیکی بود. بنابراین دولت اهداف زیر را تدوین نمود:

کاهش مصرف انرژی تا ۲ درصد تا سال ۲۰۱۱ و تا ۴ درصد تا سال ۲۰۲۰ در مقایسه با رقم سال ۲۰۰۶.

افزایش میزان مصرف انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰ درصد تا سال ۲۰۱۱.

۵-۲-۳-۶- فاز ششم (۲۰۱۲-۲۰۰۹)

در سال ۲۰۰۹، افزایش ظرفیت زیادی در دانمارک مشاهده شد که از این میزان ۱۱۶ مگاوات توربین‌های نصب شده بر روی زمین و ۲۳۸ مگاوات را توربین‌های فراساحلی تشکیل می‌دادند. هزینه اتصال توربین‌های بادی فراساحلی به شبکه توسط مصرف‌کنندگان تامین می‌شد و تعرفه‌های ویژه‌ای با توجه به مزایات انجام شده تعیین می‌شد.

طرح‌های تشویقی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر پایه مزایای اضافه شده به قیمت بازار و مزایات انجام گرفته برای توربین‌های بادی فراساحلی تدوین شده بود. ترکیب این دو عامل حصول سود برای تولیدکنندگان را مطمئن می‌ساخت.

در این دوره زمانی بسیاری از توربین‌های بادی اولیه نصب شده به پایان طول عمر خود رسیده بودند که این امر با جایگزینی توربین‌های بادی جبرانسازی شد. در سال ۲۰۱۱، چشم‌انداز دانمارک استقلال از نفت و گاز تا سال ۲۰۵۰ و تامین ۳۰ درصد از انرژی مصرفی توسط منابع انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ بود.

در سال ۲۰۱۱، با انتخاب دولت جدید اهداف تازه‌ای در بخش انرژی قرار داده شد:

تمامی تقضای انرژی تا سال ۲۰۵۰ بایستی با انرژی تجدیدپذیر پوشش داده شود.

بخش برق و گرما بایستی به صورت کامل تا سال ۲۰۳۵ توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تامین شوند.

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۴۰ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ کاهش می‌یابد.

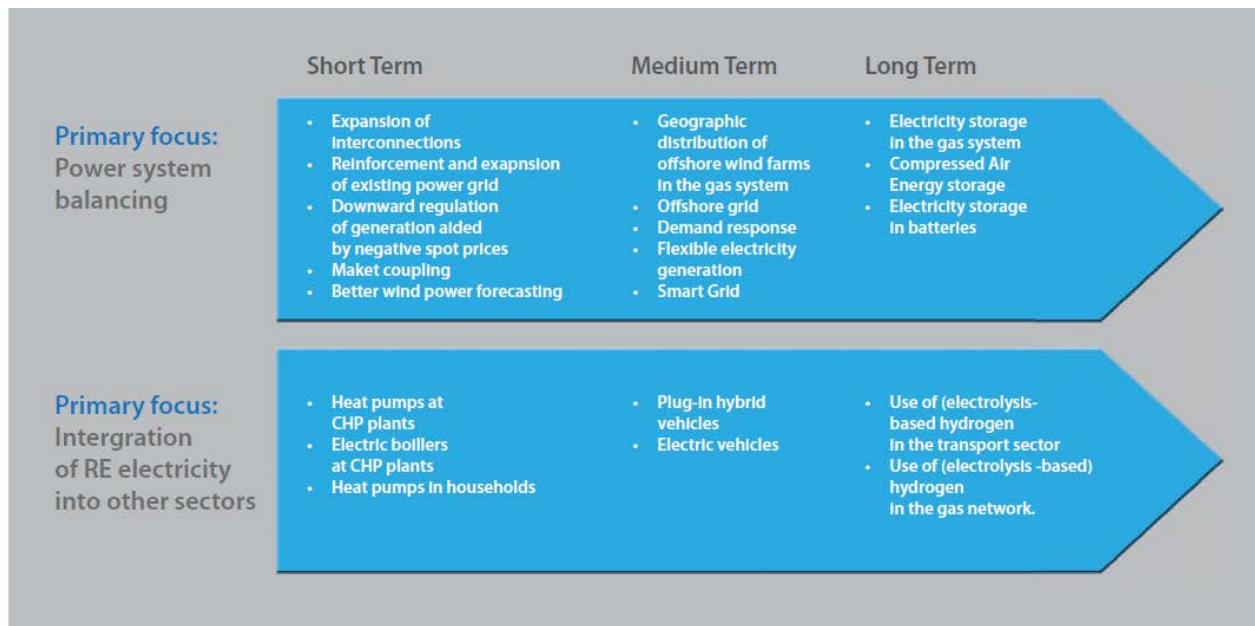
راهکارهای جدیدی بایستی در جهت توسعه شبکه‌های هوشمند قرار داده شود.

چالش‌هایی که هم اکنون در پیش روی دانمارک قرار دارند عبارتند از:

رسیدن به هدف ۵۰ درصد نفوذ انرژی بادی تا سال ۲۰۲۰ نیازمند رشد سریعتر توان بادی است.

اتصال به شبکه.

در شکل زیر راهکارهای برطرف کردن این چالش‌ها تا سال ۲۰۲۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵-۲- راهکارهای برطرف کردن چالش‌های صنعت بادی دانمارک تا سال ۲۰۲۵

۵-۲-۴- پرتغال [۶۱]

کشور پرتغال تا پایان سال ۲۰۱۳، به میزان ۴۵۲۹ مگاوات ظرفیت نصب شده داشته است [۴۳]. اگرچه کشور پرتغال منابع گاز طبیعی و یا نفتی ندارد و این در حالی است که در گذشته تولید انرژی در این کشور وابسته به این منابع بوده است. مصرف الکتریسیته در این کشور در طی بازه سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ از ۲۳/۵ TWh به ۴۶/۵ TWh افزایش یافته است. در این زمان استقلال انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان راهکار اساسی این کشور تعیین شد. بنابر [۶۲] در سال ۲۰۱۱ انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان ۴۶/۸ درصد کل برق مصرفی را تامین می‌کرد.

۵-۲-۴-۱ - فاز اول: قوانین اولیه و تعرفه پشتیبان برای انرژی‌های تجدیدپذیر (۲۰۰۱-۱۹۸۸)

در ابتدا در سال ۱۹۸۸، دسترسی به شبکه نیروگاه‌های مستقل انرژی‌های تجدیدپذیر توسط تصویب قانونی تضمین شد. در ابتدا تنها منبع انرژی تجدیدپذیر محدود به منابع برق‌آبی می‌شد ولی پس از سال ۱۹۹۵ سایر منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر انرژی بادی نیز به منابع تولید انرژی افزوده شد.

در این طرح برای اولین بار، FIT تعیین شد و این طرح در سال ۱۹۹۳ مورد بازبینی قرار گرفت. در طرح جدید برای محاسبه FIT، عوامل دیگری نظیر هزینه بهره‌برداری از نیروگاه‌ها، هزینه نگهداری و عملکرد نیروگاه‌ها، هزینه‌های زیست محیطی انتشار CO₂ و نرخ تورم مد نظر قرار داده شد.

پرتغال تحقیق و توسعه در زمینه تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر را در نیمه دهه ۱۹۹۰ آغاز نمود. تحقیق و توسعه در عرصه انرژی به موسسه خاصی واگذار شد و منابع قابل توجهی به این امر اختصاص داده شد. در این زمان کمپانی‌هایی مسئولیت پتانسیل‌سنجی توان بادی و توسعه تکنولوژی بادی را بر عهده گرفتند. این کمپانی‌ها مسئولیت اصلی نصب و توسعه توربین بادی را در این دهه برعهده داشتند.

INETI ارزیابی کلی از منابع بادی انجام داده و اطلس بادی را برای کشور منتشر نمود. انتشار این داده‌ها با افزایش توان مالی برای توسعه صنعت بادی همراه شد. بنابراین این روند منجر به افزایش در پروژه‌های جدید پس از سال ۲۰۰۰ شد. در همین زمان یکی از محدودیت‌ها در زمینه توسعه انرژی بادی در پرتغال ضعیف بودن زیرساخت‌های شبکه برق و نیاز به هزینه و زمان زیادی برای اتصال توان بادی به شبکه بود.

۵-۲-۴-۲ - فاز دوم: مشوق‌ها برای افزایش تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر (۲۰۱۲-۲۰۰۱)

کشور پرتغال برنامه E₄ (Energy Efficiency and Endogenous Energies) را در سال ۲۰۰۱ تدوین نمود. این برنامه هدف تامین ۳۹ درصد از برق مصرفی کشور (این رقم بعداً به ۴۵ درصد تغییر پیدا کرد) را توسط منابع انرژی تجدیدپذیر شامل منابع برق‌آبی تعیین نمود.

مجموعه اقداماتی شامل توسعه طرح‌های تشویقی و قوانین در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ به منظور بهبود بازار برق به شرح زیر انجام گرفت:

قانون Decree تعرفه‌هایی را برای برق تولیدی از منابع انرژی تجدیدپذیر تعیین نمود.

قانون Decree تحویل انرژی برق را به شبکه ولتاژ پایین تنظیم کرد.

در این زمان نحوه محاسبه FIT با توجه به نوع تکنولوژی انرژی مورد بازبینی قرار گرفت. مالیات ویژه‌ای برای پرداخت به شهرداری برابر با ۲/۵ درصد سود حاصله از پروژه‌های بادی تعیین گردید. در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ هزینه کمکی اصلی پرداخت شده به پروژه‌های تجدیدپذیر بر پایه طرح مشوق برای استفاده منطقی از منابع انرژی تجدیدپذیر بود. این هزینه توسط وزیر صنعت و انرژی پرداخت و توسط اتحادیه اروپا پشتیبانی می‌شد.

بیشترین افزایش در ظرفیت نصب شده در اروپا در بازه سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ بود که در این زمان بیش از ۵۰۰ مگاوات ظرفیت جدید در پرتغال نصب گردید. در سال ۲۰۰۵ بازبینی بر روی قوانین FIT قراردادهای خرید را پانزده ساله کرد و میزان تعرفه‌ها را کاهش داد. در همین سال مزایده‌ای برای ایجاد ۱۸۰۰ مگاوات توان بادی در سه فاز انجام شد: فاز اول - ۱۲۰۰ مگاوات، فاز دوم: ۴۰۰ مگاوات و فاز سوم: ۲۰۰ مگاوات.

طرح ملی توسعه شبکه برق و بهبود آن در بازه سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ مدنظر قرار داده شد. در بازه‌ی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ ظرفیت جدیدی به توان بادی اضافه نشد. طرح عملکرد انرژی تجدیدپذیر ملی (NREAP) در سال ۲۰۱۰ به اتحادیه اروپا ارائه شد و این طرح مشتمل بر ۶۸۷۵ مگاوات توان بادی بود که از میزان ۷۵ مگاوات به توان بادی فراساحلی اختصاص داشت.

بحران مالی که در سال ۲۰۱۱ در وضعیت اقتصادی پرتغال به وقوع پیوست منجر به بازنگری و ایجاد روند جدیدی به شرح زیر گردید:

بازبینی میزان کارآیی طرح‌های پشتیبان انرژی تجدیدپذیر.

بازبینی قراردادهای موجود انرژی تجدیدپذیر به منظور امکان‌سنجی کاهش FIT.

بازبینی قراردادهای جدید به منظور کاهش FIT.

چالش‌های پیش روی صنعت بادی عبارتند از:

بایستی تعرفه‌های اعطایی به بخش بادی کاهش یابد.

بایستی ظرفیت شبکه و ذخیره‌سازها با توجه به افزایش توان بادی افزایش یابد.

بایستی ظرفیتی برای نیروگاه‌های مستقل با توجه به کمبود ظرفیت در شبکه کنونی قرار داده شود.

۵-۲-۵- برزیل [۶۰]

برزیل می‌تواند نمونه‌ی بسیار خوبی در توسعه صنعت بادی باشد، به گونه‌ای که این کشور در طی کمتر از ۱۵ سال به یکی از کشورهای پیشرو در این صنعت تبدیل شده است. این کشور در آمریکای لاتین بیشترین ظرفیت نصب شده توربین بادی را داشته و ظرفیت نصب شده آن تا پایان سال ۲۰۱۳ به میزان ۳۴۵۶ مگاوات بوده است [۳۲].

توسعه توان بادی در برزیل از سال ۲۰۰۲ بر اساس سیاست عمومی منطبق بر برنامه مشوق‌هایی باری منابع تولید الکتریسیته دیگر (PROINFA) آغاز شده است. هدف از این برنامه ایجاد تنوع در منابع تولیدکننده الکتریسیته بود. در سال ۲۰۰۲، چشم-انداز و اهداف این برنامه در کنار راهکارهای رسیدن به این اهداف و تعیین قیمت فروش برق مشخص گردید.

در فاز اول، ایجاد ظرفیت ۳۳۰۰ مگاوات برای انرژی‌های تجدیدپذیر باد، بیوماس و برقابی تعیین گردید که از این ظرفیت ۱۴۲۹ مگاوات به برق بادی اختصاص داشت. بخش اول بایستی تا پیش از سال ۲۰۰۸ نصب می‌شد. برق بادی تولید شده از این نیروگاه‌ها شامل تعرفه ثابت برای فروش به شبکه به مدت بیست سال بودند. در واقع برق بادی این نیروگاه‌ها شامل قرارداد خرید بلندمدت بیست ساله می‌شد. اقدام دیگری که این قرارداد بلندمدت بیست ساله متعهد شده بود، خرید برنامه‌ریزی شده سالانه از تولیدکنندگان به گونه‌ای بود که میزان تولید منابع انرژی تجدیدپذیر سالانه به میزان حداقل ۱۵ درصد افزایش پیدا کند.

در فاز دوم این برنامه، بایستی ۱۰ درصد توان مصرفی کشور در عرض بیست سال توسط منابع انرژی تجدیدپذیر تامین می‌شد. در واقع این فاز بایستی پس از عملیاتی شدن فاز اول اجرا می‌شد.

در برنامه PROFINA نقاط ضعفی به شرح زیر وجود داشت که منجر به تاخیر در آغاز پروژه شد:

سختی در دستیابی و یا تمدید جواز محیط زیستی.

وجود مشکلات و تاخیر در دریافت Declaration of Public Utility (DUP) برای پروژه. DUP در واقع

مجوزی برای تسهیل دریافت تسهیلات و حقوق و به خصوص زمین احداث پروژه است. یافتن زمین مناسب برای

احداث مزارع بادی در حالت کلی بسیار پیچیده است و تحت تاثیر مالکیت افراد و یا دلالتان زمین قرار دارد.

موانع در اتصال به شبکه.

وجود مشکل برای صنایع محلی در پاسخگویی به نیاز بالای تجهیزات.

با توجه به مشکلات و موانع موجود در این تجربه اولیه زمان انجام پروژه به تعویق افتاد به گونه‌ای که ظرفیت نصب شده تا پایان سال ۲۰۱۰ برابر ۹۲۶ مگاوات بود؛ این میزان معادل ۵۱ مزرعه بادی و تحقق ۴۰ پروژه PROFINA بود. نرخ ایجاد ظرفیت بادی جدید در دو سال پایانی برنامه PROFINA افزایش پیدا کرد که نشان دهنده وجود یک رشد ثابت در روند توسعه صنعت بادی در این کشور بود. در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مزایده‌ای در زمینه توسعه صنعت بادی کشور برزیل انجام شد. با انجام این مزایده‌ها انتظار جذب بیش از ۱۰ میلیارد دلار سرمایه در بخش انرژی بادی وجود داشت.

اولین مزایده انجام شده در صنعت باد در برزیل در سال ۲۰۰۹، بیش از سه برابر سرمایه جذب شده در سال پیشین را به دست آوردند که این امر تحولی بزرگ برای صنعت بادی برزیل محسوب می‌شد. در سال ۲۰۱۰، مزایده‌ای انجام شد که در آن تمامی تولیدکنندگان برق از جمله صنایع بادی با یکدیگر به رقابت پرداختند.

در سال ۲۰۱۰، صنعت بادی گسترش یافته در برزیل ظرفیت تولید ۱۰۰۰ مگاوات را در سال داشت. افزایش سرمایه صنعتی به شکل چشم‌گیری این ظرفیت را افزایش داد و هدف دستیابی به توان ۲ تا ۲/۵ گیگاوات از صنعت بادی قرار داده شد. در شکل زیر پراکندگی صنایع بادی در سال ۲۰۱۰ در برزیل نمایش داده شده است.



شکل ۵-۳- پراکندگی صنایع بادی در سال ۲۰۱۰ در برزیل

در سال ۲۰۱۰، برزیل شامل صنایع در بخش‌های مختلف توربین بادی با ظرفیت‌های زیر بود:

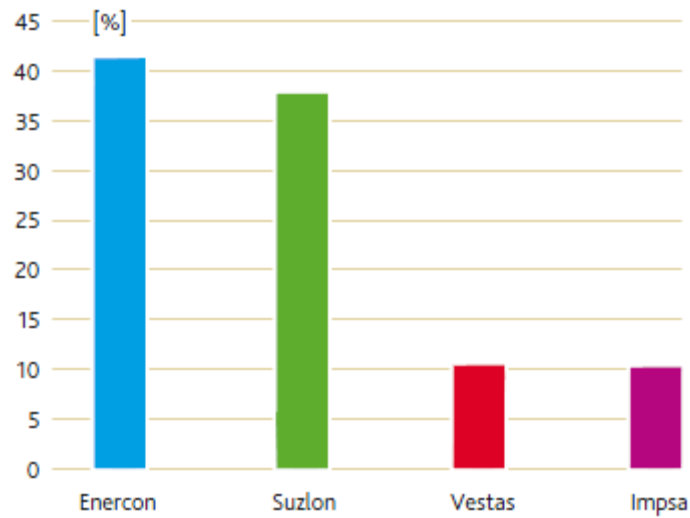
مراکز موتناژ توربین: ظرفیت ۱۵۰۰ مگاوات در سال.

مراکز تولید پره: با ظرفیت ۲۰۰۰ مگاوات در سال.

مراکز تولید برج توربین: با ظرفیت ۱۶۰۰ مگاوات در سال.

در سال ۲۰۱۰ که ظرفیت نصب شده در برزیل به میزان ۱۰۰۰ مگاوات رسید، روند نصب توربین بادی توسط سازندگان دیگر به

شکل زیر بود که از این میان IMPSA به عنوان یک تولید کننده برزیلی با سایر تولیدکنندگان پیشرو دنیا رقابت می‌کرد.



شکل ۵-۴- روند نصب ظرفیت توسط تولیدکنندگان توربین بادی در سال ۲۰۱۰

چالش‌های اساسی که با توجه به این رشد چشم‌گیر کوتاه مدت در ظرفیت بادی در برزیل به وجود آمد، عبارتند از: مهیا کردن و تضمین منابع مالی برای پروژه‌های موجود.

افزایش تولید صنعت داخلی توان بادی و ایجاد توانمندی‌های بالقوه در صنعت بادی برزیل.

مهیا کردن تجهیزات مورد نیاز و پشتیبانی از مزارع بادی موجود.

اتصال به شبکه یکی دیگر از چالش‌های اساسی بود که در نتیجه توسعه چشم‌گیر توان بادی در برزیل به وجود آمده بود، زیرا اتصال به شبکه این حجم از توان بادی نیازمند ایجاد زیرساخت‌ها و صرف هزینه بالایی بود.

تجارب پیشین در صنایع بادی نشان داد که وجود مزایده‌های مرتب، تضمینی برای سرمایه‌گذاری پایدار در این تکنولوژی است. روال مزایده رقابتی ایجاد شده در سال ۲۰۰۹ سرمایه زیادی را برای برزیل جذب کرد. در واقع طرح مزایده رقابتی با هدف افزایش موثر امنیت عرضه انرژی کشور ایجاد شده بود که متفاوت از ایجاد تنوع در منابع انرژی برنامه PROFINA بود. بنابراین پس از این، خرید توان بادی در برزیل از طریق مزایده یا مذاکرات علنی انجام می‌شد. بنابراین تمامی تولیدکنندگان برق پس از شرکت در مزایده متعهد به تامین میزان مشخص از برق می‌شدند و این میزان توسط دولت و فراتر از هدف تنوع بخشی به منابع تولیدکننده برق تعیین می‌شد.

مزایادات انجام شده برای خرید توان بادی تولید شده با هدف عدم تمایز در استفاده از انواع تکنولوژی‌ها دنبال شد و هدف اصلی ایجاد امنیت در منابع تامین برق کشور بود. شرکت در این مزایادات برای تمامی تولیدکنندگان برق آزاد بود و قوانین تولید یکسانی برای تمامی تکنولوژی‌های تولید برق وجود داشت. در واقعیت، امکان تطبیق قوانین یکسان به منابع مختلف تولید برق به خصوص منابع تجدیدپذیر که ماهیت متغیری دارند، وجود ندارد. یک قالب مشخص برای محقق کردن ویژگی‌های تولید توان بادی و ماهیت متغیر آن مورد نیاز است. قوانین گذاشته شده بایستی قابلیت انعطاف برای توان بادی را در شبکه لحاظ نمایند.

این توان بادی در برزیل در حدود ۱۵ فرصت شغلی در سال بر هر مگاوات تولید می‌کند و تخمین زده شده است که با این روند در حدود ۲۸۰۰۰۰ شغل جدید تا سال ۲۰۲۰ ایجاد خواهد شد. در سال ۲۰۱۲ چالش‌های پیش روی برزیل در توسعه صنعت بادی، عدم وجود تعداد کافی خطوط انتقال، تجدیدنظر در قوانین اعطای مجوز به تولیدکنندگان بر اساس برنامه مالی تجهیزات (Finame)، نیاز بومی‌سازی هرچه بیشتر صنعت توربین بادی و تکرار مزایده‌های به تعویق افتاده [۶۱]

در نتیجه برنامه PROFINA به عنوان اولین گام برای توسعه توان بادی و متنوع کردن منابع تولید الکتریسیته بود. این برنامه چشم‌انداز کلی محدودی داشت و چالش‌های عملی در اجرای این برنامه دیده می‌شد. فقدان اهداف بلند مدت یکی از اشکالات اساسی در جذب سرمایه‌گذار برای توسعه توان بادی بود. چشم‌انداز تدوین شده در بازه سال ۲۰۰۸ در سال ۲۰۱۱ محقق شد که این فقدان برنامه‌ریزی مشخص برای تکمیل پروژه‌های توان بادی را نشان می‌داد. در بازه سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹، اصلاح این برنامه مورد بحث قرار گرفت و انجام مزایادات گام بزرگی در ایجاد توسعه در صنعت بادی برزیل به شمار می‌رفت.

اگرچه اقتصاد برزیل یک اقتصاد در حال رشد بوده و پتانسیل بالایی برای پیشرفت دارد، شرکت بین‌المللی Enercon به عنوان تولیدکننده توربین بادی سال‌ها در این کشور فعالیت داشته است و اخیراً تولیدکنندگان مشهوری نظیر Vestas، IMPSA، Games، GE، Suzlon، Siemens، Alstom، Lm و Sinovel در این کشور ایجاد شده‌اند و این نشان‌دهنده‌ی پیشرفت این کشور در عرصه صنعت بادی برای جذب سرمایه‌گذاران و شرکت‌های بزرگ است. به منظور توسعه بیشتر صنعت بادی برزیل در بلندمدت بایستی اهداف بلندمدت برای صنعت بادی ایجاد شود، چهارچوب مشخصی برای صنعت بادی ایجاد شود، انتخاب سایت مناسب برای احداث مزارع بادی تسهیل شود و شبکه برق گسترش یابد [۶۲].

۵-۲-۶-آلمان [۶۰]

ظرفیت توربین بادی نصب شده در آلمان تا پایان سال ۲۰۱۳ برابر ۳۱۲۷۰ مگاوات بود [۳۲]. شروع بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در آلمان با رخداد دو بحران نفتی در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ بود که نیاز برای کاهش وابستگی به واردات انرژی را مشخص نمود. این در حالی بود که بحث‌های اولیه بر روی جایگزینی نفت با ذغال سنگ و انرژی هسته‌ای تمرکز داشت.

۵-۲-۶-۱- فاز اول: پشتیبانی پیشرفت تکنولوژیکی و رشد محدود بازار (۱۹۷۹-۱۹۹۰)

تعرفه انرژی تجدیدپذیر در سال ۱۹۷۹ معرفی گردید تا تقاضای بازار را افزایش دهد. این طرح کمپانی‌ها را برای خرید برق تجدیدپذیر به صورت محلی با قیمت avoided costs تشویق کرد. از آنجائیکه که قیمت avoided cost تخمین زده شده کم بود بنابراین قیمت پیشنهادی تاثیر کمی داشته و این مشوق تاثیر چشم‌گیری نداشت.

تا پایان دهه ۱۹۸۰، سیستم تغذیه برق آلمان با تجهیزات بزرگ متکی بر تولید هسته‌ای و ذغال سنگ احاطه شده بود. در پایان دهه ۱۹۸۰ مجموعه‌ای از حوادث قالب تنظیمی آینده انرژی تجدیدپذیر را تشکیل داد. در بازه سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۰ مجموعه‌ای از پیشنهادات شامل FIT برای برق تولیدی از انرژی تجدیدپذیر قرار داده شده و بودجه‌ای برای فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته شد.

۵-۲-۶-۲- فاز دوم: ایجاد بازار و معرفی قانون Feed-In (۱۹۹۱-۱۹۹۹)

اولین قانون Feed-In برق (EFL) که در سال ۱۹۹۱ ایجاد شد، خرید و قیمت برق تولید شده توسط برق‌آبی، انرژی بادی، انرژی خورشیدی بیوماس را تعیین نمود. قانون EFL اتصال به شبکه را متعهد شده و پرداخت تعرفه Feed-in را به انرژی‌های تجدیدپذیر متعهد شد. این قانون مشوق‌های مالی زیادی را برای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر مهیا کرد. این قانون منجر به گسترش بالای انرژی تجدیدپذیر شد، زیرا از سوی دیگر کمپانی‌های توان را برای خرید انرژی تجدیدپذیر با تعرفه ثابت از تولیدکنندگان مجبور کرده بود.

به علاوه، دولت توسعه انرژی تجدیدپذیر را در بخش روستایی در سال ۱۹۹۶ آغاز نمود. در واقع در این طرح تسهیلات ویژه‌ای برای توسعه توان بادی در مناطق غیرشهری قرار داده شده بود. در سال ۱۹۹۷، قانون EFL با قانون دیگری برای اصلاح بخش انرژی ترکیب شد که حمایت از انرژی تجدیدپذیر را به یک طرح ملی بدل کرد. در سال ۱۹۹۹، زمانی که این روند آغاز شد، صنعت بادی آلمان شروع به بدل شدن به یکی از قدرتمندترین قطب‌های صنعت بادی در جهان نمود.

۵-۲-۶-۳- فاز سوم: تثبیت بازار و قانون منابع انرژی تجدیدپذیر (۲۰۱۲-۲۰۰۰)

در سال ۲۰۰۰، مشوق اصلی برای بازار بادی ملی با قرار دادن FIT برای هر کیلووات ساعت تولید شده و اولویت‌گذاری برای اتصال منابع انرژی تجدیدپذیر به شبکه برق ایجاد شد. بر این اساس تعرفه قرار داده شده برای برق بادی در ۵ سال اول قرارداد ثابت بوده و در ۱۵ سال دوم با توجه به شرایط باد محلی این تعرفه مشخص می‌گردید. بر این اساس یکی از دست‌آوردهای اصلی قرار دادن اجبار برای کمپانی‌های توان به منظور خرید برق با مجموعه‌ای از تعرفه‌ها بود.

پس از سال ۲۰۰۲، نیروگاه‌های جدید تعرفه‌های کمتری دریافت کردند. این کاهش در قراردادهای بادی جدید در مقدار ۲٪ سالانه تنظیم شده بود که این مقدار سپس به ۱٪ تغییر پیدا کرد. این عمل باعث شد تا سازندگان توربین بادی سالانه توربین‌های بادی کمتری را با کیفیت بهتر عرضه نمایند.

در سال ۲۰۰۲، دولت راهکاری را برای انرژی بادی فراساحلی منتشر نمود که به عنوان سرآغازی برای توسعه انرژی بادی فراساحلی در آلمان محسوب می‌شد. هدف از این راهکار افزایش ظرفیت توان بادی فراساحلی به منظور افزایش میزان برق تجدیدپذیر بود. با توجه به قوانین سختگیرانه‌ی آلمان برای حفاظت از مناطق ساحلی و دریایی توسعه توربین‌های بادی فراساحلی در مناطق محدودی صورت می‌گرفت. این امر منجر شده بود که مزارع بادی فراساحلی با فاصله طولانی نسبت به ساحل احداث شوند. این امر سبب شده بود که برج‌های توربین بادی در عمق بیشتری نسبت به توربین‌های بادی فراساحلی نصب شده دانمارک در حدود ۲۰ تا ۳۰ متر قرار داشته باشند. بنابراین این امر منجر شد تا آلمان به دنبال ساخت توربین‌های بادی باشد که بتوانند شرایط سخت محیطی را تحمل نمایند.

در همین زمان دولت بودجه‌ای برای برنامه‌های تحقیقاتی برای توربین‌های بادی فراساحلی اختصاص داد. بحران اقتصادی در سال ۲۰۰۸ به همراه چالش‌های تکنیکی سرعت رشد توربین‌های بادی فراساحلی را کاهش داد. اصلاحات انجام گرفته در قوانین پیشین در سال ۲۰۰۹، تعرفه اولیه را برای توان بادی در دو بخش نصب شده روی زمین و فراساحلی افزایش داد. این تعرفه‌گذاری برای مطابقت با پویایی بازار و سطح بلوغ تکنولوژی طراحی شده بود. در قوانین اصلاح یافته اپراتور شبکه موظف به بهبود و گسترش شبکه برق موجود بود.

باتوجه به اثرات مخرب انرژی هسته‌ای، آلمان چشم‌اندازی در جهت حذف این انرژی تا سال ۲۰۲۲ قرار داده است و به همین دلیل بایستی انرژی تجدیدپذیر با سرعت بیشتری گسترش یابد. بنابراین رشد سریع و پایدار انرژی تجدیدپذیر در بازار آلمان به

عنوان یک المان اساسی محسوب می‌شود. این روند رو به رشد نیازمند هماهنگی بیشتری میان نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر و نیروگاه‌های معمول در هر دو بخش بازار و ادغام با شبکه است.

از جمله اصلاحات انجام گرفته در سال ۲۰۱۲، می‌توان به افزایش نرخ کاهش تعرفه از ۱٪ به ۱/۵٪ برای توان بادی نصب شده بر روی زمین و بهبود وضعیت اقتصادی جایگزینی توربین‌های بادی قدیمی با توربین‌های بادی جدید بود. برخی از اصلاحات انجام شده بر روی توان بادی فراساحلی عبارتند از: افزایش تعرفه اولیه توان بادی فراساحلی.

زمان کاهش تعرفه از سال ۲۰۱۵ به سال ۲۰۱۸ به تعویق افتاد و در عوض نرخ کاهش تعرفه از ۵٪ به ۷٪ افزایش یافت.

توسعه طرح کلی برای اتصال به شبکه توربین‌های بادی فراساحلی.

پشتیبانی در بخش تحقیق و توسعه به صورت بلند مدت هم‌اکنون در بخش بادی در این کشور وجود دارد. برخی از این طرح‌ها عبارتند از:

مرکز تست توربین‌های بادی فراساحلی Alpha Ventus در سال ۲۰۱۰ افتتاح شد، که هدف این مرکز دستیابی به اطلاعات تکنیکی و زیست‌محیطی به منظور توسعه انرژی بادی فراساحلی در آینده است.

قرار دادن بودجه برای انجام تحقیقات در دریاها و شمال و بالتیک.

مرکز Fraunhofer، ۴۵ مرکز تحقیقاتی برای تحقیقات در زمینه انرژی بادی قرار داده است که یکی از مهم‌ترین مباحث تحقیقاتی در این موسسات یافتن ساختارهای پشتیبان برای توربین‌های بادی فراساحلی است.

چالش‌های موجود در توسعه انرژی بادی در حال حاضر در آلمان عبارتند از:

وجود محدودیت‌هایی در انتخاب مکان مناسب برای یاخداث و توسعه مزارع بادی.

نیاز به گسترش شبکه برق با توجه به روند رو به رشد توربین‌های بادی.

حصول اطمینان از پذیرش عمومی افزایش ظرفیت بادی.

بهبود ذخیره‌سازی انرژی برق بادی.

بایستی جایگزینی توربین‌های بادی قدیمی با توربین‌های بادی جدید به منظور افزایش میزان توان استحصالی با توربین‌های بادی کمتر مود توجه قرار گیرد.

۵-۲-۷- ایرلند [۶۰]

ظرفیت نصب شده توربین بادی در ایرلند تا پایان سال ۲۰۱۳ برابر ۱۷۴۹ مگاوات بود [۳۲]. توسعه صنعت بادی در ایرلند در چندین فاز انجام شد.

۵-۲-۷-۱- فاز اول: پروژه‌های اولیه

در دهه ۱۹۸۰ چندین پروژه نمونه در ایرلند اجرا شد. اولین اقدامات تحقیقاتی در زمینه توسعه انرژی بادی در این زمان انجام شد. در ۱۹۹۰ ایرلند وابستگی زیادی به واردات انرژی داشت. برترین منبع انرژی در این زمان نفت بود که به میزان ۴۶٪ از منابع انرژی را در این زمان تامین می‌کرد. دولت اصلاحات اساسی را در بخش انرژی در دهه ۱۹۹۰ آغاز نمود.

۵-۲-۷-۲- فاز دوم: مزایده رقابتی، اصلاحات بازار (۲۰۰۵-۱۹۹۳)

در سال ۱۹۹۳، دولت برنامه نیاز به انرژی جایگزین (AERP) را آغاز نمود که بر این اساس ۷۵ مگاوات ظرفیت انرژی تجدیدپذیر تا سال ۱۹۹۷ ایجاد شد. پروژه‌ها پیش از دادن پیشنهاد برای کمک مالی بایستی از لحاظ سطح تکنیکی ارزیابی شوند. پروژه‌ها موفق به دریافت قراردادهای خرید تا ۱۵ سال می‌شوند.

راهکار ملی در سال ۱۹۹۶، راهکاری برای آینده- انرژی تجدیدپذیر توسعه انرژی تجدیدپذیر را به میزان ۳۱ مگاوات در بازه‌ی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و توسعه پروژه‌های بادی کوچک را مورد نظر قرار داد.

راهکار بازبینی شده برای انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۱۹۹۹ ارائه شد. بر اساس این راهکار هدف نصب ۵۰۰ مگاوات انرژی تجدیدپذیر در بازه‌ی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ مورد نظر قرار گرفته شد، که سپس به ۵۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۰۷ تغییر یافت. در این راهکار مشخصه اصلی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته شد.

قانون منتشر شده در سال ۱۹۹۹ به منظور تنظیم و قانون‌مندی بخش‌های گاز طبیعی و برق بود. این قانون هم‌چنین قالب مشخصی را برای رقابت در عرصه تولید و توزیع برق معرفی نمود. اپراتور مستقل سیستم به منظور توسعه، نظارت و نگهداری سیستم برق وضع گردید تامین‌کنندگان برق تجدیدپذیر می‌توانستند برق خود را مستقیماً به مصرف‌کننده نهایی بفروشند. در این میان اپراتور سیستم با مشکلاتی در زمینه کنترل حجم بالای تقاضا در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ مواجه شد.

تا سال ۲۰۰۴ روند اتصال به شبکه بر اساس نوع نیورگه به صورت موردی مورد بررسی قرار می‌گرفت. در سال ۲۰۰۴، اپرتور اتصال سیستم به منظور بررسی و گروه‌بندی موارد بر اساس موقعیت جغرافیایی و میزان تحویل برق به شبکه ایجاد شد. در این میان، ظرفیت برق بادی تزریق شده به شبکه از ۱۶۹ مگاوات در سال ۲۰۰۳ به ۷۴۴ مگاوات در سال ۲۰۰۶ افزایش یافت.

۵-۲-۷-۳- فاز سوم: برنامه feed-in tariff

اولین برنامه FIT برای انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۰۶ ایجاد گردید و در سال ۲۰۰۷ توسط کمیسیون اروپایی مورد تایید قرار گرفت. هدف از اجرای این برنامه دو برابر کردن میزان انرژی‌های تجدیدپذیر از ۵/۲ درصد در سال ۲۰۰۵ به میزان ۱۳/۲ درصد در سال ۲۰۱۰ بود. FIT از طریق مالیات دریافت شده از مصرف کنندگان برق پرداخت می‌شد و قرارداد خرید بلندمدت ۱۵ ساله‌ای برای خرید برق بادی تنظیم شده بود.

با اجرای این طرح به میزان ۱۲۴۲ مگاوات به ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر افزوده شد. در اجرای فاز دوم این طرح جزئیات بیشتری به طرح در سال ۲۰۱۲ افزوده شد. در سال ۲۰۱۰ نزدیک به ۱۵ درصد از برق مصرفی از انرژی‌های تجدیدپذیر تامین می‌شد که از میزان مشخص شده در چشم‌انداز (۱۳/۲٪) بیشتر بود. این در حالی است که به دلیل برخی از محدودیت‌های اقتصادی ایجاد شده در سال ۲۰۰۹ میزان ظرفیت نصب شده در سال بعد از ۲۲۱ مگاوات در سال ۲۰۰۹ به ۱۵۳ مگاوات کاهش پیدا کرد.

چالش‌های موجود در رابطه با گسترش طرح‌های بادی در حال حاضر عبارتند از:

محدودیت‌های اقتصادی موجب شده که در حال حاضر بانک‌های ایرلند تنها طرح‌ها و توسعه‌دهندگان پروژه‌های بادی بزرگ را پشتیبانی نمایند که این امر موجب ایجاد چالش‌هایی برای توسعه‌دهندگان کوچک شده است. ظرفیت شبکه برای رسیدن به هدف مورد نظر در سال ۲۰۲۰ بایستی افزایش پیدا کند.

۵-۳- سیاست‌های کلان مذکور در سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران [۵۵]

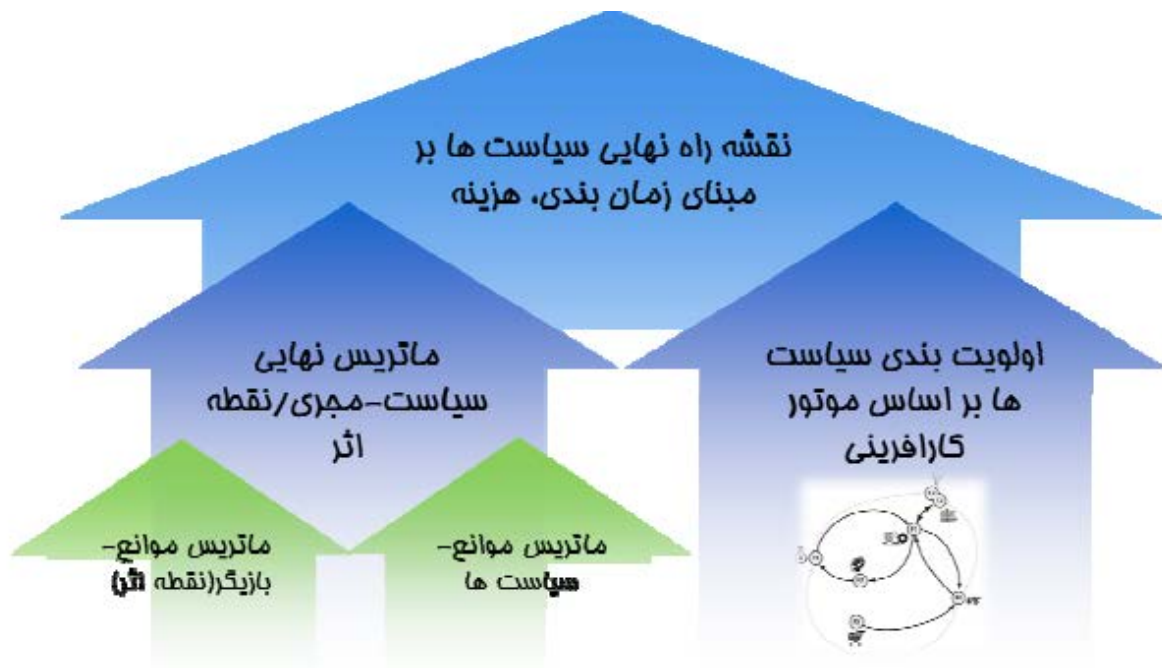
در تدوین سیاست‌های کلان در راستای توسعه فناوری باد بایستی به این نکته اشاره نمود که سند راه انرژی باد تدوین شده در سال ۱۳۹۰، به شکل کامل و جامعی تمامی موانع و شکست‌های محتمل در راستای فناوری باد را بررسی نموده و راهکارهای محتمل را بیان کرده است. بنابراین می‌توان از این منبع [۵۵] به عنوان منبع شایسته‌ای در زمینه سیاست‌های توسعه فناوری باد یاد نمود. در ابتدا شکست نظام نوآوری به عنوان تمامی علل و عواملی که منجر به عدم توسعه و پیشرفت یک نظام خاص می-

شوند، بیان شده است. سپس شکست‌ها و موانع موجود به سه دسته کلی شکست‌های بازار، شکست‌های سیستمیک و شکست‌های تحولی-تکاملی تقسیم‌بندی شده‌اند. بر این اساس درخت دسته‌بندی شکست‌های محتمل به شکل زیر در منبع [۵۵] ارائه شده است.



شکل ۵-۵- درخت شکست‌های نظام نوآوری فناورانه [۵۵]

روند استخراج سیاست‌ها و تدوین نقشه راه سیاست‌ها در این گزارش به شکل زیر است.



شکل ۵-۶- روند تدوین سیاست ارائه شده در منبع [۵۶]

در ابتدا موانع موجود در سه دستبندی ارائه شده در این گزارش مطرح و سیاست‌های موجود برای رفع این موانع نیز در هر کدام از بخش‌ها بیان می‌شوند.

۵-۳-۱- شکست بازار

۵-۳-۱-۱- شکست در تقاضای بازار

شکست در تقاضای بازار به دو قسمت کیفیت بازار و کمیت بازار تقسیم می‌گردد:

کیفیت بازار

موانعی که در این قسمت قرار می‌گیرند عبارتند از:

عدم اطمینان تولیدکنندگان صنعتی از خرید محصولات خود.

کمیت بازار

موانعی که در این قسمت قرار می‌گیرند عبارتند از:

نبود حجم بحرانی اولیه مورد نیاز برای توسعه بخش باد کشور.

عدم وجود تقاضای مطمئن و تضمین شده برای برق بادی.
 نداشتن تولید انبوه در قیاس با تولیدکنندگان دنیا.
 نبود بازار تحقیقات در حوزه های فناوری باد در دانشگاهها.
 طولانی بودن فرآیند تجاری سازی محول نسبت به رقبای چینی.
 عدم وجود جذابیت کافی برای احداث کننده، جهت استفاده از فناوری داخلی.
 مشخص نبودن تقاضای دولت برای خرید توربین بادی.
 ضعف در جذب سفارش از سوی صنعت گران داخلی به منظور انتقال تکنولوژی توربین های مگاواتی.

۵-۳-۱-۲- شکست در ساختار بازار

قدرت بازار

مواعی که در این قسمت قرار می گیرند عبارتند از:

وجود انحصار حکومتی در بازار انرژی برق توسط دولت یا نهادهای خصوصی خاص.
 امکان اعطای مجوز احداث حجم بالای نیروگاه بادی به نهادهای خاص و وجود انحصار.

موانع ورود

مواعی که در این قسمت قرار می گیرند عبارتند از:

زمان بر بودن مراحل رسیدن تا عقد قرارداد. (مانند پروسه های اخذ پروانه احداث - تامین اعتبار)
 زمان بر بودن عقد قراردادهای خرید برق.
 وجود جایگزین های رقابتی به جای نیروگاه های تجدیدپذیر.
 نبود سود مطمئن، وجود تجربه های ناموفق.

عدم در نظر گیری اثرات جانبی منفی سوخت های فسیلی مانند آلودگی هوا و آسیب های زیست محیطی در قیمت گذاری

انرژی مبتنی بر سوخت های فسیلی.

نبود یک ساز و کار پایدار در خرید برق.

کمبود هماهنگی میان بخش‌های مختلف برای تسهیل نصب توربین‌ها، کمبود هماهنگی‌های لازم میان سانا، محیط زیست، برق منطقه‌ای و شبکه و بنگاه‌های دولتی برای تسهیل در امر سرمایه‌گذاری.

کافی نبودن معیار برق ۱۳۰ تومان برای انتقال تکنولوژی توربین‌های اروپایی.

هدفمند نبودن قیمت‌گذاری صورت گرفته برای باد و خورشید که می‌تواند منجر به عدم تمایل کارآفرینان گردد.

پنج ساله بودن اعتبار ماده ۶۲ در برنامه ۵ساله (خرید تضمینی) که مانع دلگرم شدن کارآفرینان می‌گردد.

عدم وجود بسته‌های تعریف شده مشخص برای ارائه به سرمایه‌گذاران برای شناسایی فرصت‌ها.

عدم شکل‌گیری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی.

ضعف در نظام ارزیابی سرمایه‌گذاران.

نبود یک سیستم رقابت سالم و وجود روابط پشت پرده در روند در اختیار قرار دادن سرمایه.

سیاست‌ها و اقدامات لازم در این بخش، به دو دسته برق و صنعت تقسیم شده‌اند که سیاست‌های به کار رفته در هر کدام از این دو گروه در بخش بعدی توضیح داده می‌شود:

۵-۳-۱-۳- سیاست‌های بازار برق

سیاست تعرفه‌گذاری

قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر بر اساس پیشنهاد سانا و تصویب وزارت نیرو تعیین می‌شود. عوامل موثر در تعیین تعرفه خرید برق شامل موارد زیر است که از این میان هزینه سرمایه‌گذاری توربین، نرخ ارز و نرخ تورم مهم‌ترین عواملی هستند که با زمان تغییر می‌کنند:

پارامترهای فنی پروژه:

ظرفیت نیروگاه

عمر هر توربین

ضریب ظرفیت نیروگاه

ضریب دسترسی نیروگاه

ضریب تولید نیروگاه

مصرف داخلی هر توربین

تلفات کل (بدون ضریب دسترسی) در سال

کاهش تولید سالیانه انرژی

زمان کارکرد هر توربین

پارامترهای اقتصادی پروژه:

قیمت هر توربین شامل خرید، نصب، راه اندازی و تست

مساحت مورد نیاز شامل فونداسیون، جاده، کابل کشی، پست، ادار.

قیمت زمین

نرخ تسعیر ارز

هزینه تعمیرات و نگهداری

نسبت سهم وام بانکی و سهم آورده سرمایه گذار

تعداد بازپرداخت اقساط وام

بهره وام

نرخ تنزیل

نرخ تورم

ضریب مالیات مستقیم و مالیات بر ارزش افزوده

مدت زمان بخشودگی مالیاتی

ارزش اسقاطی توربین ها

مدت تنفس وام بانکی

نرخ بازگشت داخلی سرمایه گذار

نرخ استهلاک شتابی

بر این اساس در حال حاضر قیمت خرید برق ۴۳۷۱ ریال/KWh تعیین شده است.

۵-۳-۱-۴- سیاست‌های بازار صنعت

به منظور رفع موانع در این بخش سیاست پیشنهادی بر مبنای بومی‌سازی قطعات توربین بادی از طریق حمایت از تولیدکنندگان داخلی است.

۵-۳-۲- شکست‌های سیستمی

۵-۳-۱-۲- شکست کارکردی

مشروعیت بخشی

بخش مشروعیت بخشی به دو قسمت مشروعیت بخشی برق و مشروعیت بخشی صنعت تقسیم می‌شود:

موانع مشروعیت بخشی برق عبارتند از:

عدم نمایش و ارائه قدرتمند دستاوردها و فناوری‌ها در حوزه انرژی‌های نو.

کنفرانس‌ها به اهدافی که در ابتدا برای آنان تعریف شده است نمی‌رسند.

درک اشتباه از انرژی‌های نو به عنوان کالایی لوکس.

ضعف در درک عمیق از ضرورت انرژی باد توسط تصمیم‌گیران کلان.

در ذهنیت مدیران تأمین انرژی از شیوه‌های سنتی قدرت بیشتری دارد.

عدم در نظرگیری اثرات جانبی منفی سوخت‌های فسیلی در قیمت‌گذاری انرژی.

سیاست‌های کلی به منظور رفع موانع و شکست‌ها در این بخش بر مبنای افزایش آگاهی عمومی از طریق برگزاری نمایشگاه‌ها،

کنفرانس‌ها و غیره و تلاش برای جذب منابع برای توسعه برق بادی قرار دارد.

موانع مشروعیت بخشی صنعت عبارتند از:

نبود عزم مدیریتی در حمایت از کارآفرینان.

در کشور و در ذهن سیاست‌گذاران یک باور عمومی درباره ی برق بادی شکل نگرفته است.

دید مدیران ۱ تا ۲ ساله است و فقدان دید بلندمدت لازم در اجرای پروژه‌های پایلوت مربوط به انرژی باد.

در نظر نگرفتن توربین بادی در ذهن مدیران به صورت یک محصول استراتژیک که منجر به عدم جذابیت این فناوری

در سطح دولت می‌گردد.

عدم فراگیری کامل فرآیند انتقال تکنولوژی.

دیدگاه دلالی بخش خصوصی و سرمایه‌گذاران در رابطه با صنعت بادی.

نگاه غلط به دانشگاه‌ها به عنوان بازیگر اصلی در انتقال فناوری.

عدم نمایش و ارائه قدرتمند دستاوردها و فناوری‌ها در حوزه‌ی انرژی‌های نو در نمایشگاه‌ها (محدود به ارائه چندین ماکت).

ضعف در تطابق اطلاعات ارائه شده به رسانه‌ها با واقعیت موجود در حوزه صنعت باد (مانند ارائه ناپخته در ارتباط با توجیه پذیر بودن صنعت باد).

بانک‌ها نسبت به ارزش مادی توربین‌های بادی اطلاع کافی نداشته که این امر منجر به اجبار سرمایه‌گذار برای خرید زمین به جهت تضمین‌های بانکی می‌گردد.

عدم توجه به مفهوم توسعه صادرات در صنعت باد که می‌تواند بر حجم بازار تقاضای محصول بیافزاید.

ناشناخته بودن توربین بادی و انرژی حاصل از آن برای مصرف‌کنندگان.

سیاست‌های موجود در این بخش نیز بر مبنای جذب سرمایه برای توسعه صنعت بادی و همچنین افزایش آگاهی عمومی نسبی به این صنعت قرار دارد.

۵-۳-۲- شکست تامین و تسهیل منابع

انواع منابع در سه دسته کلی منابع مالی، منابع انسانی، مواد و تجهیزات و ایجاد زیر ساخت قرار می‌گیرند.

منابع مالی

مواعی که در بخش منبع مالی برق قرار می‌گیرند عبارتند از:

عدم تضمین بانک مرکزی به بانک‌های خارجی.

وجود حجم بالای بدهی در بخش برق ایران به نیروگاه‌های بادی.

نبود سازوکارهای پایدار در تأمین مالی برای دولت.

نبود تضمین‌های عینی در خرید برق تولیدی توسعه دهندگان که منجر به ظهور بازاری مبهم در این راستا شده است.

مکانیزم اشتباه تبادلات مالی میان دولت و سرمایه گذاران.

نبود موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره.

بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری.

اعتبارات ناکافی دولت برای توسعه بخش باد.

بی موقع بودن تخصیص اعتبارات.

سیاست‌های کلی برای رفع موانع در این بخش مبتنی بر اعطای وام‌های کم بهره و بلندمدت، اجرای معافیت‌های مالیاتی، قرار

دادن تسهیلاتی از طرف سازمان محیط زیست به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای، انجام تمهیداتی برای تسهیل روند ضمانت

بانکی به منظور دریافت وام و دریافت وجهی از مصرف‌کنندگان به منظور توسعه بخش تجدیدپذیر است.

موانعی که در بخش منابع مالی صنعت قرار می‌گیرند عبارتند از:

عدم اطمینان تولیدکنندگان صنعتی از خرید محصولات خود.

مشخص نبودن تقاضای دولت برای توربین بادی.

عدم همکاری بانک‌ها در مسیر انتقال تکنولوژی.

در حمایت‌های صورت گرفته در انتقال تکنولوژی پستوانه‌ای مشاهده نشده و پیوستگی وجود ندارد.

دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین الملل.

هدایت سوبسیدها در حمایت از انتقال فناوری ضعیف بوده است

کمبود قوانین حمایتی از بخش خصوصی برای انتقال فناوری.

نبود صندوق تامین مالی دولتی به منظور حمایت از صنعت کاران.

نبود موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره.

بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری.

سیاست‌های کلی که برای رفع این موانع وجود دارند بر مبنای اعطای وام به قطعات و اجزای توربین بادی است و همچنین

بایستی تسهیلات گمرکی برای واردات این اجزا لحاظ شود.

منابع انسانی

با توجه به این که حوزه انرژی‌های نو در کشور ما صنعت نوپایی است، کمبود منابع انسانی در این بخش به چشم می‌خورد به صورتی که خلا نیروی انسانی در بخش‌های مختلف از جمله بخش صنعت، دانشگاهی و سیاست‌گذاری وجود دارد. در این راستا سیاست‌های توسعه صنعت بادی در این بخش بر مبنای آموزش نیروهای متخصص است که این آموزش از طریق برگزارای دوره‌های تخصصی و آموزش‌های دانشگاهی صورت می‌گیرد. از سوی دیگر بایستی تسهیلات دانشگاهی به منظور تامین مالی دانشجویان این رشته و فرستادن برخی از دانشجویان نخبه به خارج از کشور فراهم شود.

تامین مواد و تجهیزات و ایجاد زیرساخت

موانع موجود در این بخش عبارتند از:

عدم وجود و یا دسترسی دشوار به تجهیزات مکمل مانند دستگاه‌های تست.

نداشتن تجهیزات خاص که فقط مختص ساخت قطعات توربین بادی باشد.

ضعف در تجهیزات و روش‌های تولید تجاری.

مشکل تأمین یا ساخت مواد اولیه در بعضی از قطعات توربین مانند پره.

ظرفیت کم شبکه.

کمبود دکل‌های بادسنجی و سنسورهای مربوط به میکروسایتینگ.

نبود توپولوژی مناسب شبکه در برخی مناطق خاص.

سیاست‌های کلیه منظور رفع موانع در این بخش بر پایه افزایش ظرفیت شبکه و نصب دکل‌های بادسنجی به منظور تدقیق اطلس باد کشور است.

۵-۳-۲-۳- توسعه و انتشار دانش

موانع موجود در این بخش عبارتند از:

عدم وجود بستری مناسب برای رسوب دانش کسب شده.

نبود/ضعف در خرید گزارش‌های خارجی برای بخش‌های مختلف سانا.

عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای انرژی باد در دنیا.

عدم انتشار اطلاعات مبسوط از جریان کارها برای عموم.

ضعف فرآیند مستند سازی در دانشگاه‌ها.

درخواست نیاز به تحقیقات از طرف خود کارفرما و در داخل دولت صورت پذیرفته است در حالی که می‌بایست از طرف پیمانکار درخواست شود در واقع این که پژوهشگاه متولی طراحی و ساخت یک نمونه باشد غلط است.

کمبود رشته‌های تخصصی باد در کشور، این عامل باعث شده که در زمینه‌های مورد نیاز، نیروی انسانی توانمند وجود نداشته باشد.

خلق دانش در دانشگاه‌ها متناسب با شتاب موجود در صنعت نیست.

انجام تحقیقات محض به جای توسعه صنعتی در این حوزه.

فقدان توان طراحی توربین‌های مگاواتی.

نبود نرم افزارهای تخصصی حوزه طراحی توربین.

عدم توان ساخت سیستم کنترل.

نبود دانش کافی در تحلیل آیرودینامیکی توربین بادی به عنوان پیش‌نیاز اساسی در طراحی سیستم‌های کنترل.

ضعف در ساخت قطعات توربین.

دولتی بودن تحقیقات که منجر به عقیم ماندن و کاربردی نشدن تحقیقات شده است.

پروژه‌های پایلوت تعریف شده تا کنون در جهت توسعه دانش موردنیاز صنعت نبوده‌اند (مانند پروژه طراحی توربین ۲۵ کیلووات).

عدم وجود یک همکاری مشترک بین‌المللی در پروژه‌های پایلوت تحقیق و توسعه.

عدم وجود بستری برای جمع‌آوری کارهای انجام شده در حوزه‌ی باد.

ضعف در همکاری‌های بین‌المللی فرآیند انتقال فناوری را دشوار کرده است.

دانشگاه علاقه به حوزه‌های کاربردی غیر مقاله‌ای ندارد و لذا رویکرد دانشگاه صنعتی نشده است.

فرآیند انتقال تکنولوژی ضعیف است.

سیاست‌های پیشنهادی به منظور رفع موانع در این حوزه بر پایه توسعه دانش در زمینه طراحی و ساخت اجزای توربین بادی است و همین‌طور بایستی بانک اطلاعاتی کاملی از سایر فعالیت‌های انجام گرفته در صنعت باد و دانش موجود در این صنعت جمع‌آوری شود.

۵-۳-۲-۴- توسعه کارآفرینی

موانع موجود در این بخش عبارتند از:

کمبود سازندگان توربین‌های مگاواتی.

کمبود سازندگان قطعات گیربکس، ژنراتور و پره و سیستم کنترل.

نبود یک سیستم رقابت سالم و وجود روابط پشت پرده در در اختیار قراردادن سرمایه به نیروهای کارآفرین که می‌تواند

منجر به ناامیدی کارآفرینان واقعی گردد.

کمبود نهادهای مشاوره‌ای در حوزه‌های مختلف صنعتی.

موانع موجود در این بخش با اجرای سایر سیاست‌ها مرتفع خواهد شد.

۵-۳-۳- شکست ساختاری

۵-۳-۳-۱- موانع ساختاری

موانع موجود در این بخش عبارتند از:

عدم ثبات ماهیت نهادهای سیاست‌گذار.

عدم تاثیر سانا به دلیل تعریف نامشخص از مسئولیت‌های این نهاد.

کمبود هماهنگی میان بخش‌های مختلف برای تسهیل نصب توربین‌ها.

عدم وجود نهادهایی برای آزمایش و دادن تاییدیه و کنترل کیفیت توربین‌های داخل و توربین‌های وارداتی.

کامل نبودن اطلس باد کشور.

زمان بر بودن انجام مطالعات بادسنجی.

هزینه‌های اجرای مراحل میکروسایتینگ کامل بر عهده سرمایه‌گذار است و این پروسه زمان زیادی را می‌طلبد.

نبود استاندارد برای تجهیزات وارداتی و یا ساخت داخل.

عدم اجرای صحیح و رعایت استانداردها.

طراحی نکردن مکانیزم‌هایی برای وضع استانداردهای فنی و تاییدیه‌های زیست محیطی.

عدم وجود نظام کنترل کیفی.

نامطلوب بودن نحوه ارائه مستقیم مشکلات و اولویت‌های صنعت به دانشگاه.

به منظور رفع این موانع مرکز تخصص باد در پژوهشگاه نیرو تاسیس شده است، بایستی مرکزی تخصصی به منظور انجام تحقیق و توسعه، ارزیابی منابع باد، آموزش تخصصی نیروها، نظارت بر استانداردها و گواهی نامه‌ها و تست توربین بادی ایجاد گردد.

۵-۳-۴- شکست‌های تحولی تکاملی

موانع موجود در این بخش عبارتند از:

عدم وجود برنامه‌های کلان اقتصادی و صنعتی یکپارچه و مشخص.

ناپایداری در برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای کشور.

مرجعی که به عنوان مغز متفکری به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آن‌ها پردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد، در کشور وجود ندارد.

عدم وجود یک حلقه مشترک از وزارت صنایع و وزارت نیرو که بتواند قواعد و مقررات را به نفع صنعت بادی حرکت دهد.

کمبود وجود نهادهای متخصص در سطوح برنامه ریزی و عملیاتی - میان رشته ای بودن این حوزه مستلزم فعال شدن چندین بخش به طور همزمان است، که این عامل خود عملیاتی شدن کار را دشوار می‌کند.

تغییرات مداوم و عدم ثبات برنامه‌ها و تصمیم‌ها.

سیاست‌های اشتباه دولتی در عدم ایجاد بازار تقاضا در ایران.

طولانی بودن و گاه غیر دسترس بودن مسیر تامین منابع برای برنامه‌های تصویب شده.

وجود موازی کاری در انجام فعالیت‌ها که علت آن در مرتبه‌های بالاتر سیاسی وجود دارد. ایراد را می‌توان در مدیریت وزارت صنایع و هیئت دولت جستجو نمود. جهاد کشاورزی، انرژی اتمی و وزارت نیرو هر سه در این زمینه مشغول فعالیت هستند و قانونی هم وجود ندارد که جلوی فعالیت هم زمان آن‌ها را بگیرد. مشخص نبودن نرخ تعدیل تعرفه برق بادی.

عدم تفاهم همه جانبه میان سیاست‌گذاران، منجر به ضعف در تصویب قوانین و برنامه‌ها می‌گردد.

تناقض میان سازمان‌های مختلف وجود دارد که گاهی مسیر به تصویب رساندن یک قانون را دشوار می‌سازد.

سیاست رفع این موانع بر مبنای تشکیل شورای عالی صنعت باد با هدف نظارت بر صنعت بادی است.

۴-۵- جمع‌بندی و ارائه سیاست‌های کلان سند باد کشور

در این گزارش با هدف تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری باد، ابتدا سیاست‌های موجود در کشورهای نمونه چک، مصر، دانمارک، پرتغال، برزیل، آلمان و ایرلند در زمینه صنعت بادی و اهداف این کشورها از توسعه و رویکرد به صنعت بادی مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی مفصل ادبیات و روند توسعه صنعت بادی در این کشورها، سیاست‌های کلان توسعه صنعت بادی در ایران بر اساس گزارش سیاست‌های توسعه برق بادی در ایران استخراج شد. این سیاست‌ها بر اساس سند راهبردی انرژی باد کشور [۵۵] عبارتند از:

سیاست‌ها و اقدامات توسعه یا ایجاد بازار برق بادی

انعقاد قرارداد بلندمدت خرید تضمینی برق با تولیدکنندگان برق بادی و تشکیل کمیته‌ای به منظور بازنگری سالانه این قیمت.

تعهد شبکه برای خرید برق بادی.

تدوین و پیاده‌سازی نظام ارزیابی سرمایه‌گذاران قبل از عقد قرارداد توسعه مزارع بادی.

کسب موافقت تامین اعتبار لازم به صورت پایدار و خارج از روال بودجه‌های سنواتی عمومی به منظور خرید

برق از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

فروش برق تولیدی از انرژی بادی به مشترکین.

احداث نیروگاه‌های بادی در مناطقی ویژه به منظور جذب سرمایه‌گذار خارجی.

تسهیل در اعطای مجوزهای لازم به سرمایه‌گذاران جهت احداث مزارع بادی.

سیاست‌ها و اقدامات توسعه یا ایجاد بازار صنعت توربین‌سازی

در نظریه‌های تسهیلات و پرداخت پاداش به احداث‌کنندگان مزارع بادی در صورت استفاده از تجهیزات بومی کشور.

اعطای وام بدون بهره به توربین‌سازانی که از تجهیزات داخلی استفاده می‌کنند.

تدوین و پیاده‌سازی نظام تعرفه واردات برای قطعات پره، گیربکس، ژنراتور و سیستم کنترل.

تدوین و پیاده‌سازی نظام ارزیابی سازندگان توربین و قطعات آن.

سیاست‌ها و اقدامات تأمین و تسهیل منابع مالی برق بادی

رایزنی با بانک مرکزی، صندوق توسعه ملی و بانک صنعت و معدن و سایر ارگان‌های مرتبط در جهت

اعطای وام‌های بلندمدت با سودهای پایین به سرمایه‌گذاران در عرصه صنعت بادی.

پرداخت درصدی از سود تسهیلات به احداث‌کنندگان مزارع بادی.

واگذاری کلیه حقوق ناشی از عدم انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای به تولیدکنندگان برق بادی.

سهولت در زمینه پذیرش تضمین از سرمایه‌گذاران صنایع بادی.

تسهیل فرآیند ضمانت بانک مرکزی به بانک‌های خارجی به منظور دریافت کمک مالی از منابع خارجی.

وجود تضمین برای پرداخت مطالبات نیروگاه‌های خصوصی بادی از حساب شرکت توانیر در خزانه توسط

وزارت اقتصاد و دارایی.

تخفیف یا بخشودگی هزینه ترانزیت تولیدکنندگان برق بادی در بخش خصوصی حتی در صورت صادرات.

ایجاد ردیف اعتباری برای مرکز جذب منابع مالی و حمایت مالی از انرژی‌های تجدیدپذیر از محل عوارض

صورت حساب‌های مشترکین برق یا گاز.

تخصیص بخشی از اعتبارات حاصل از اخذ عوارض زیست‌محیطی از تولیدکنندگان آلاینده‌های زیست-

محیطی به توسعه صنعت باد.

شناسایی و تشویق سرمایه‌گذاران خارجی و ترغیب آنان به مشارکت در توسعه صنعت باد..

سیاست‌ها و اقدامات تأمین و تسهیل منابع مالی، انسانی و زیرساختی صنعت توربین‌سازی

تامین و تسهیل منابع مالی

ایجاد زمینه لازم برای ارائه وام‌های بلندمدت با سود کم به صنعت‌گران به منظور توسعه ساخت تجهیزات داخلی.

تسهیل فرآیند تضمین بانک مرکزی به بانک‌های خارجی برای سرمایه‌گذاران خارجی.

حمایت از توسعه دانش طراحی توربین‌های بادی در داخل کشور.

حمایت از توسعه فناوری و تولید بومی سیستم کنترل توربین‌های بادی مگاواتی در داخل کشور.

حمایت از توسعه فناوری و تولید بومی ژنراتور و گیربکس توربین‌های بادی مگاواتی در داخل کشور.

حمایت از توسعه فناوری و تولید بومی پره‌های توربین بادی مگاواتی در داخل کشور.

تامین منابع انسانی

برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های تخصصی و آموزش حین کار.

نیازسنجی و ارائه دروس تخصصی انرژی بادی در رشته‌های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه‌های کشور.

بورس تحصیلی متخصصین انرژی بادی به خارج از کشور در حوزه‌های تخصصی.

فراهم نمودن بستر لازم برای اعزام صنعت‌کاران خیره انرژی بادی به خارج از کشور.

تدوین آیین‌نامه‌های جذب و نگهداری خبرگان و نخبگان در حوزه‌های مورد نیاز صنعت باد.

تدوین آیین‌نامه همکاری میان دانشگاه‌ها و صنعت در حوزه‌های مورد نیاز صنعت باد.

تامین مواد و تجهیزات و ایجاد زیرساخت

ایجاد زیرساخت‌های فنی لازم در دیسپاچینگ کشور، پیش‌بینی تولید و بالا بردن ظرفیت شبکه برای وارد کردن برق نیروگاه‌های بادی.

زمینه‌سازی به منظور استفاده از راه‌ها و جاده‌های کشور برای احداث نیروگاه‌های بادی و ایجاد امکانات حمل و نقل.

به روز رسانی و تدقیق اطلس باد کشور و ایجاد بانک اطلاعات آمار باد کشور.

شناسایی پتانسیل باد و ظرفیت و برنامه‌های کشورهای منطقه با در نظرگیری کشورهای همسایه به منظور صادرات برق بادی.

تعیین مکان‌های مناسب احداث مزارع بادی با لحاظ کردن سرعت باد، کاربری اراضی، توپوگرافی، شیب زمین، آب و هوا، بارندگی، پوشش گیاهی، فاصله از شهر، فاصله از روستاها، دسترسی به راه‌ها و خطوط ریلی، فاصله از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، فاصله از خطوط گسل و جنس زمین.

سیاست‌ها و اقدامات توسعه و انتشار دانش و فناوری برق بادی

ارزیابی و پایش مستمر توانمندی‌های فناورانه شرکت‌های داخلی مرتبط با صنعت بادی.

تدوین نظام‌نامه مالکیت فکری و معنوی صنعت باد.

حمایت از اختراعات صنعتی کاربردی.

حمایت از ارتباطات فناورانه میان مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی بین‌المللی.

تدوین و طراحی نظام مدیریت دانش و تهیه پایگاه جامع اطلاعاتی انرژی بادی.

سیاست‌ها و اقدامات توسعه ساختار

تأسیس مرکز جذب منابع مالی و حمایت مالی از انرژی‌های تجدیدپذیر.

سیاست‌ها و اقدامات ترویجی

رایزنی با سیاست‌گذاران جهت جذب منابع برای توسعه صنعت باد.

تلاش برای اجرایی شدن رهنمودهای مقامات عالی رتبه کشور در خصوص توسعه انرژی بادی.

تبیین و ترویج منافع انرژی‌های بادی در مقابل انرژی‌های فسیلی.

تهیه برنامه جامع آموزش و آگاه‌سازی.

برگزاری کنفرانس‌های متعدد در زمینه انرژی بادی.

برگزاری نمایشگاه‌ها، نمایش پایلوت‌ها و دستاوردهای صنعت باد در کشور.

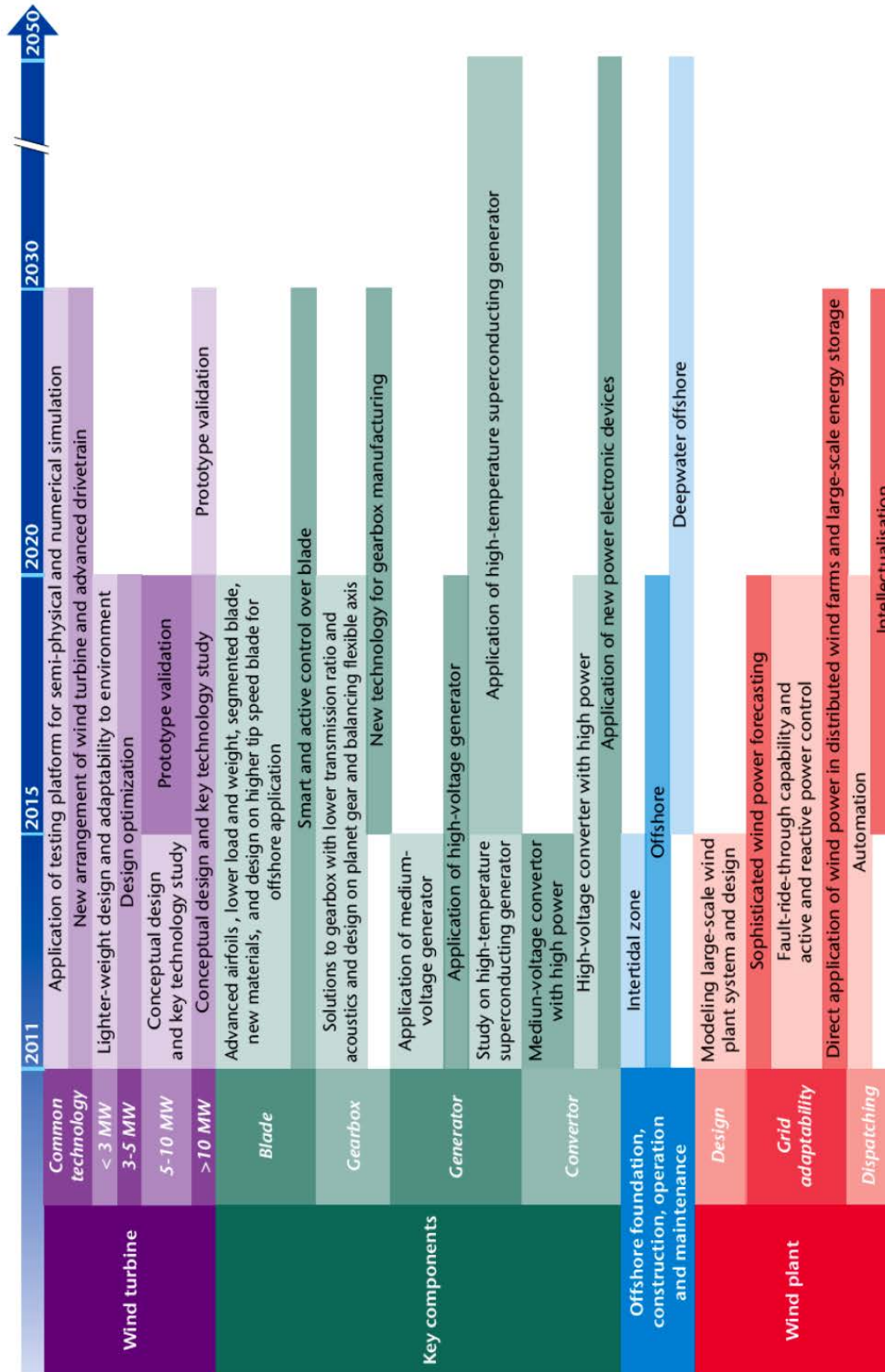
تبلیغات رسانه‌ای ترویج و استفاده از انرژی بادی.

تهیه و انتشار مجلات تخصصی و ترویجی در خصوص انرژی بادی.

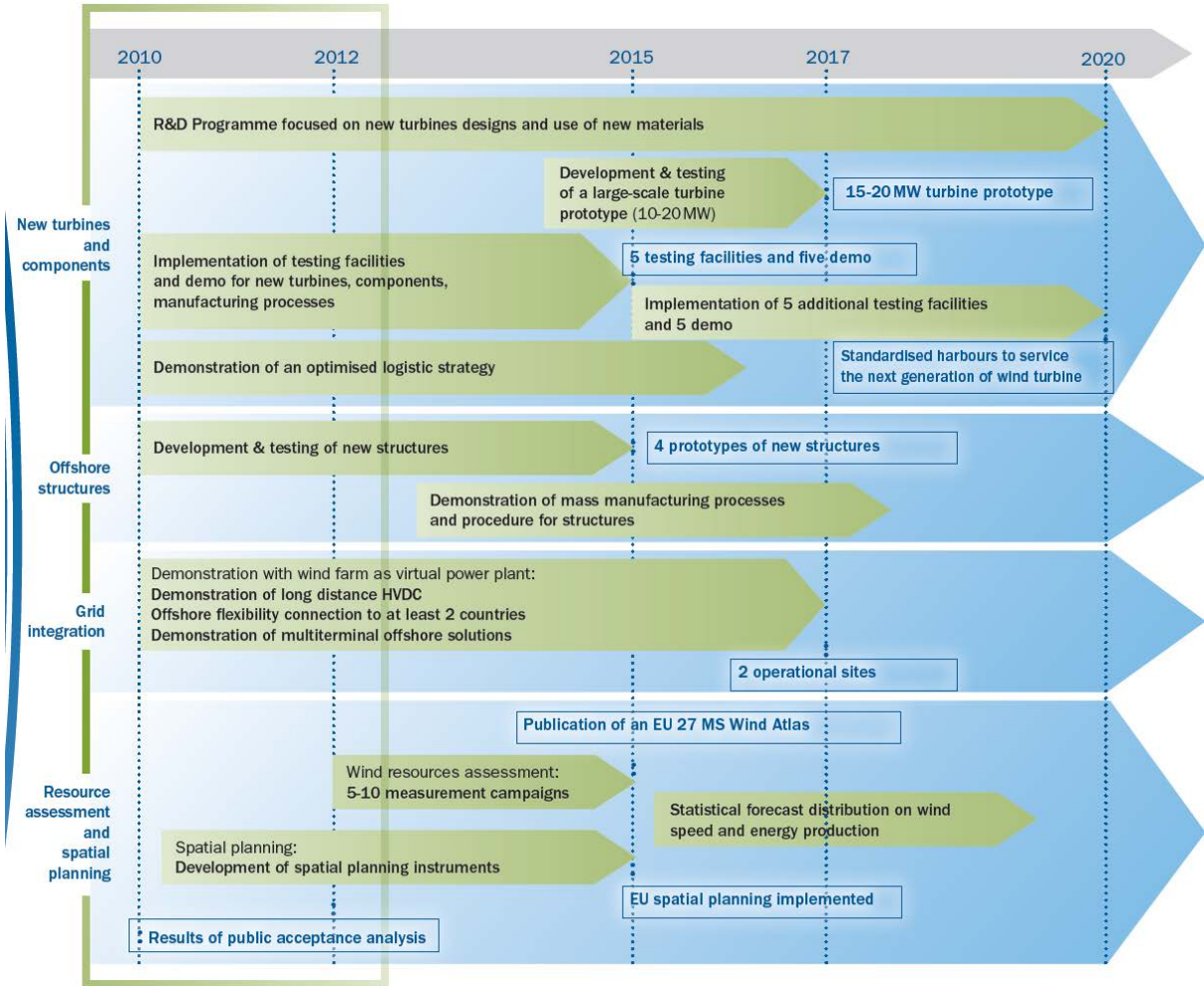
تهیه و انتشار بولتن خبری در خصوص انرژی بادی.



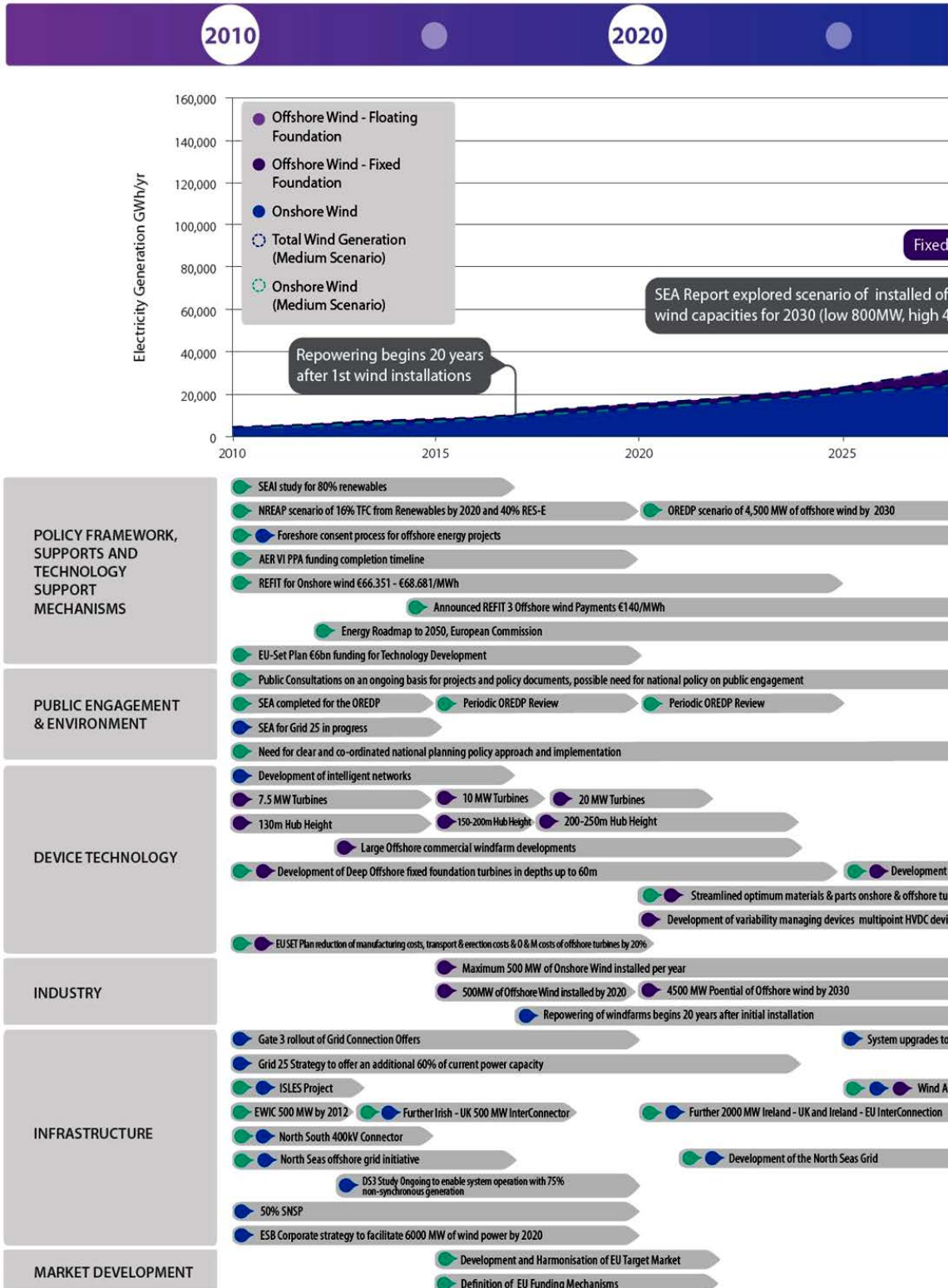
ضمائم



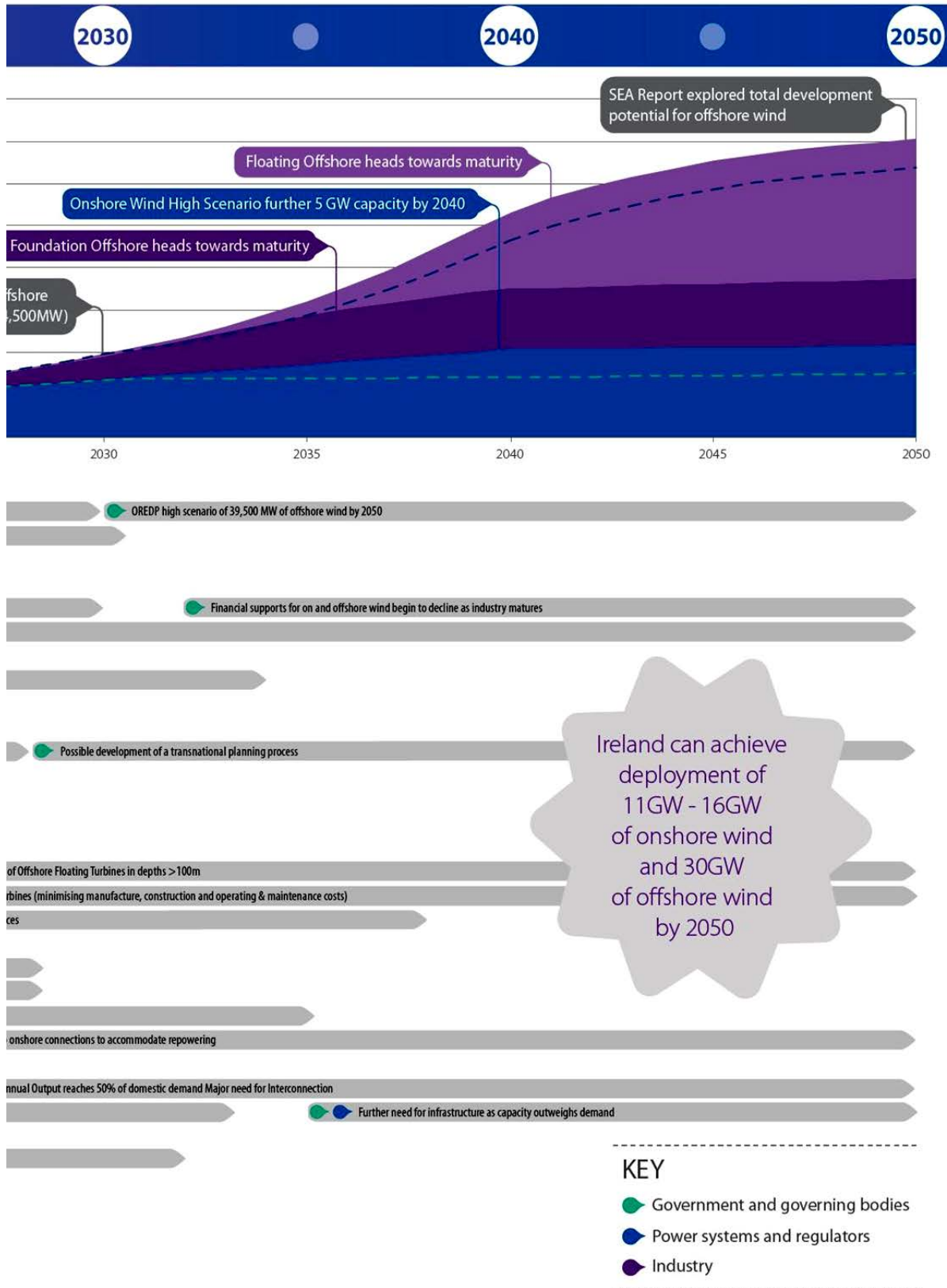
شکل ۵-۷- سند راه انرژی باد چین



شکل ۵-۸- سند راه انرژی باد اروپا

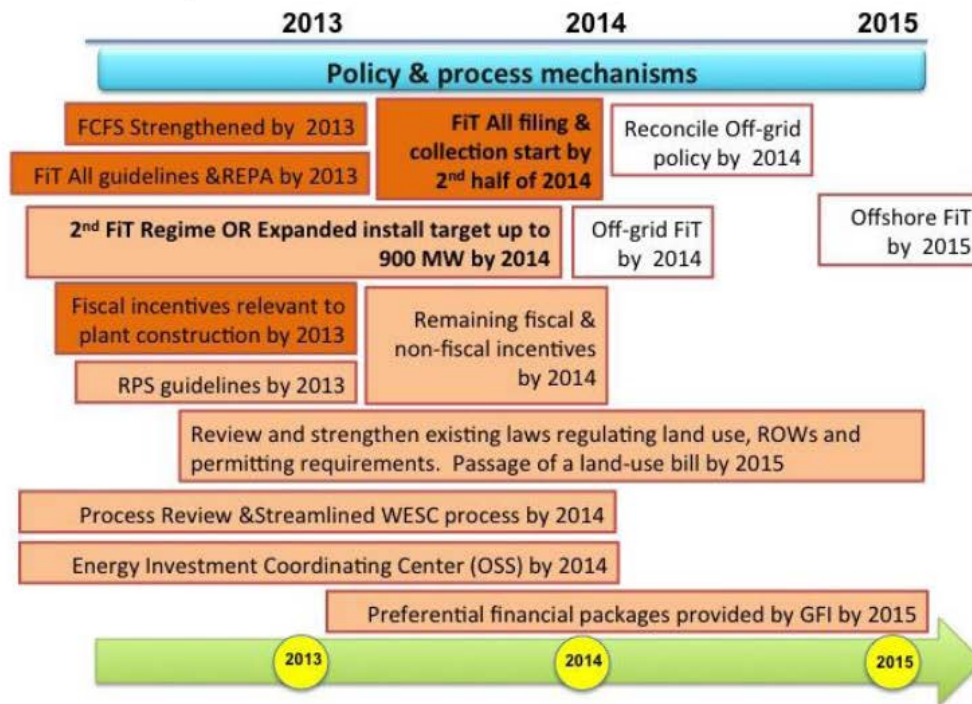


شکل ۵-۹- سند راه انرژی باد ایرلند

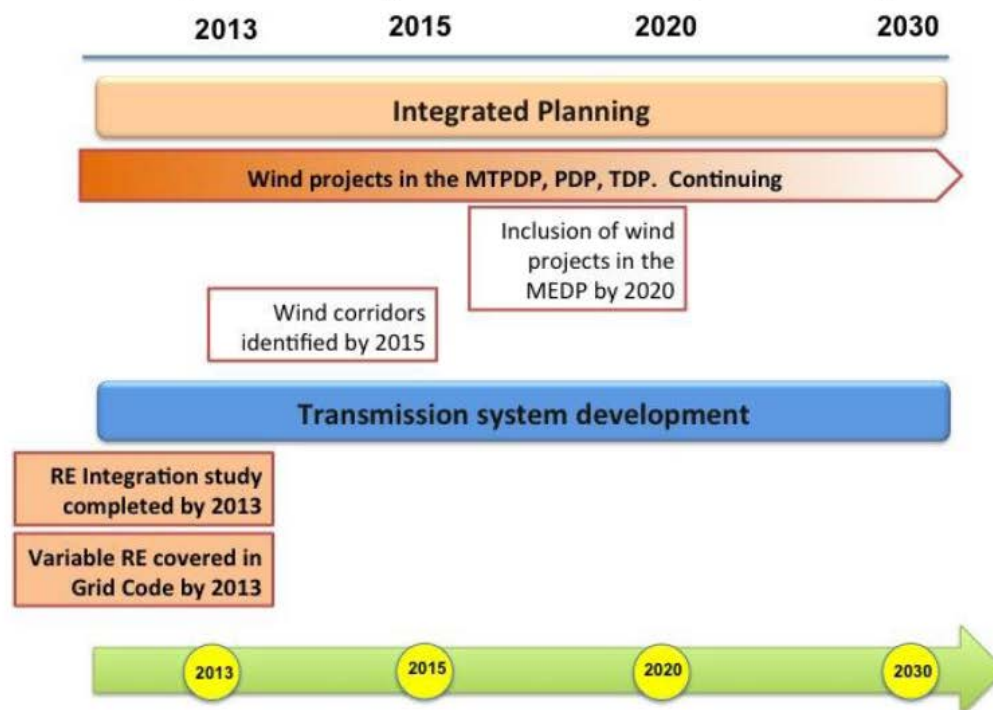


شکل ۱۰-۵- سند راه انرژی باد ایرلند

1. Policy and Process Mechanisms

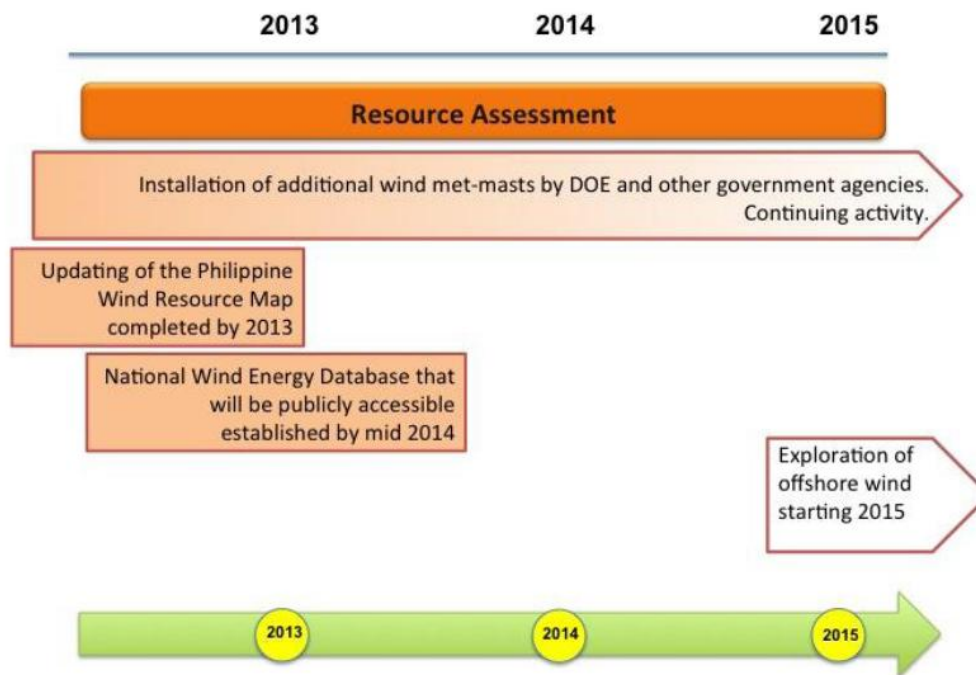


2. Integrated Planning and Transmission System Development

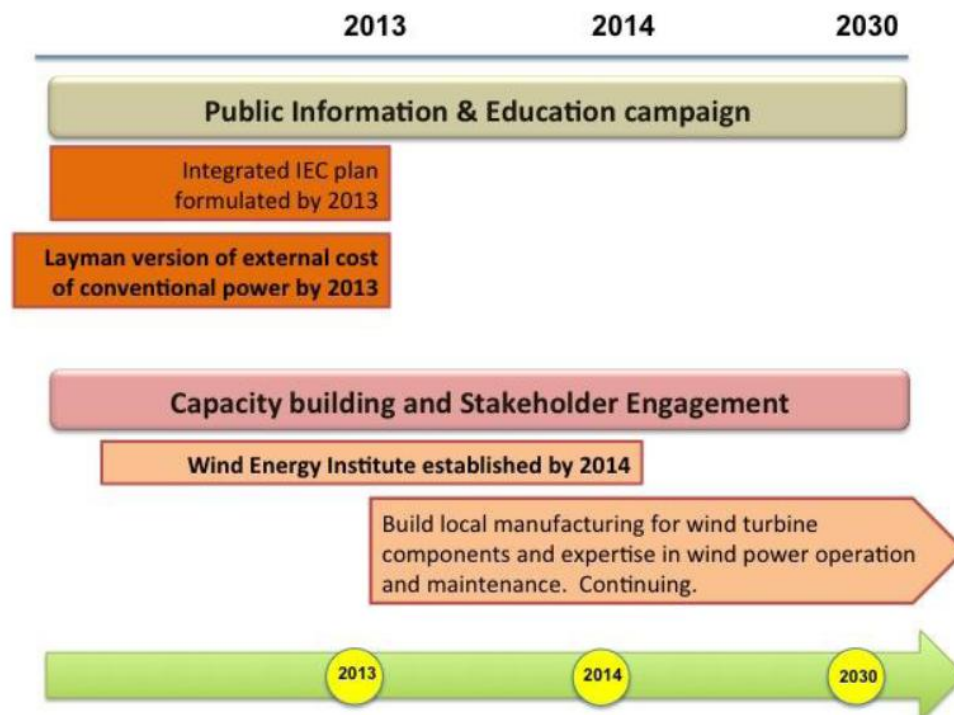


شکل ۵-۱۱- سند راه انرژی باد فیلیپین

3. Resource Assessment



4. Public Information and Education Campaign; and Capacity Building and Stakeholder Engagement



شکل ۵-۱۲- سند راه انرژی باد فیلیپین

مراجع

- [۱]. China Wind Energy development roadmap, IEA, ۲۰۱۱
- [۲]. The European Wind Initiative Wind Power Research and Development to ۲۰۲۰.
- [۳] Wind energy roadmap Ireland, Sustainable energy authority of Ireland, ۲۰۱۱.
- [۴] Philippine wind energy roadmap, ۲۰۱۳.
- [۵] <http://jahannews.com/vdcipuarrrt\avq۲.cbct.txt>.
- [۶] How ۲ Guide For Wind Energy Roadmap Development And Implementation, IEA.
- [۷] Florin Iov, Anca Daniela Hansen, Clemens Jauch, Poul Sorensen, Frede Blaabjerg, "Advanced Tools For Modeling, Design And Optimization Of Wind Turbine Systems", ۲۰۰۴.
- [۸] www.ewea.org/statistics.
- [۹] http://www.eai.in/ref/ae/win/technology_options.html.
- [۱۰] IRENA, Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, ۲۰۱۲.
- [۱۱] Robert C. Nelson, Thomas C. Corke, Hesham Othman, "A Smart Wind Turbine Blade Using Distributed Plasma Actuators For Improved Performance", ۲۰۰۸.
- [۱۲] <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-۱۱۸/issue-۳/features/advancements-in-wind-turbine-technology-improving-efficiency-and-reducing-cost.html>.
- [۱۳] <http://www.windprospect.com/projects?p=turbine>.
- [۱۴] <http://www.windturbines.ie/domestic/fitting.htm>.
- [۱۵] <http://www.generationwindturbines.com/en/our-service/installation-and-commissioning-۲>.
- [۱۶] The Real Truth About Wind Farm O&M Costs, ۲۰۱۳.
- [۱۷] http://www.tuvnel.com/site۲/subpage/product_verification_wind_turbines.
- [۱۸] http://www.denverpost.com/business/ci_۲۴۸۳۵۲۰۳/new-facility-at-nrel-tests-wind-turbines-performance.

- [۱۹] <http://www.sciencedaily.com/releases/۲۰۰۷/۰۹/۰۷۰۹۲۱۰۷۱۶۵۳.html>.
- [۲۰] <http://www.folkecenter.net/gb/news/world/recycling-of-windturbineblades>.
- [۲۱] <http://www.renewableenergyfocus.com/view/۳۱۹/recycling-wind>.
- [۲۲] <http://www.suna.org.ir>.
- [۲۳] Bennui, A., Pattanamane, P., Puetpaiboon, U., ۲۰۰۷. SITE SELECTION FOR LARGE WIND TURBINE USING GIS. PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment (ICEE-۲۰۰۷).
- [۲۴] Aydin, N, Y., kentel, E., Duzgun, S., ۲۰۱۰. GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. ۱۴, pp. ۳۶۴-۳۷۳.
- [۲۵] Sliz-Szkliniarza, B., Vogt, J., ۲۰۱۱. GIS-based approach for the evaluation of wind energy potential. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. ۱۵, pp. ۱۶۹۶-۱۷۰۷.
- [۲۶] تقی لو، علی، «ارزیابی پتانسیل‌های نیروی بادی برای احداث توربین‌های بادی (مطالعه موردی استان زنجان)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، ۱۳۸۹.
- [۲۷] Burton T, Sharpe D, Jenkins N, Bossanyi E. Wind energy handbook. Chichester: John Wiley and Sons; ۲۰۰۱.
- [۲۸] ۲۰۱۳ Technology Map Of The European Strategic Energy Technology Plan, European commission.
- [۲۹] The Socio-Economic Benefits Of Solar And Wind Energy, IRENA, ۲۰۱۴.
- [۳۰] Renewable Energy Sources in Figures. National and International Development, www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/ee_in_zahlen_en_bf.pdf, ۲۰۱۳.
- [۳۱] <http://www.admc.ir/index.php/job>.

- [۳۲] Global Wind Statistics ۲۰۱۳, Global Wind Energy Council.
- [۳۳] Renewable Energy roadmap ۲۰۳۰, IRENA, January ۲۰۱۴.
- [۳۴] <http://barghnews.com/fa/power>.
- [۳۵] Wind Turbine Condition Monitoring And Assessment, Imi-Sensors.
- [۳۶] IWEA, export policy a renewable development policy framework for Ireland, ۲۰۱۲.
- [۳۷] Information as of January ۲۰۱۲ from report □The European offshore wind industry key trends and statistics ۲۰۱۱□.
- [۳۸] India Wind Development Status, presentation by Rajendra V. Kharul at QLW۳ Workshop, Asian Development Bank, Manila, June ۴-۵, ۲۰۱۲.
- [۳۹] Lei Yazhou, studies on wind farm integration into power system, ۲۰۰۳.
- [۴۰] <http://www.eco.on.ca>.
- [۴۱] Update on China's Wind Development, presentation by Liming Qiao to the QLW۳ Workshop at Asian Development Bank, Manila, June ۴-۵, ۲۰۱۲.
- [۴۲] Philippines Wind Development Status, presentation by Jose M. Layug, Jr. to QLW۳ Workshop at Asian Development Bank, Manila, June ۴-۵, ۲۰۱۲.
- [۴۳] Study of Potential for the Introduction of Renewable Energy, The Ministry of Environment of Japan, March ۲۰۱۱ (Japanese).
- [۴۴] LIDAR Correction by WindSim, presented by Hyun-Goo Kim to WindSim User Meeting, ۲۰۱۱.
- [۴۵] Sri Lanka Wind Development Status, presentation by Noel Priyantha at QLW۳ Workshop at Asian Development Bank, Manila, June ۴-۵, ۲۰۱۲.
- [۴۶] Vietnam Wind Development Status, presentation by Pham Thuy Dzungto QLW۳ Workshop at Asian Development Bank, Manila, June ۴-۵, ۲۰۱۲.

- [۴۷] Aboulnasr S., ۲۰۰۶, "Financing large scale wind farms in developing countries: Zafarana wind farm", ENC-WEC-renewables.
- [۴۸] African Development Bank, ۲۰۰۴, "Strategic Plan for Wind Energy Development in Africa".
- [۴۹] Duarte, M., S. Nagarajan, Z. Brixiova, □Financing of Sustainable Energy Solution.□ Committee of Ten Policy Brief No. ۳, ۲۰۱۰.
- [۵۰] European Wind Energy Association, The Economics of Wind Energy, ۲۰۰۹.
- [۵۱] Organisation for Economic Co-operation and Development, Wind Power Integration into Electricity Systems, International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation, ۲۰۰۵.
- [۵۲] Painuly, J.P., Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis, ۲۰۰۱, Renewable Energy, Volume ۲۴, Issue ۱, p.۷۳-۸۹.
- [۵۳] United Nations Environment Programme, Financial Risk Management Instruments for Renewable Energy Project, ۲۰۰۴.
- [۵۴] http://www.wwindea.org/technology/ch۰۲/en/۲_۷_۱.html.
- [۵۵] سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه صنعت باد ایران.
- [۵۶] <http://www.ebrdrenewables.com/sites/renew/countries/Czech%۲۰Republic/default.aspx>.
- [۵۷] Ticiano Costa Jordão, Ernesto López-Valeiras Sampedro, Estefanía Rodríguez González, Robert Bata, The strategic planning for renewable energy sources deployment in the Czech Republic with the support of balanced scorecard.
- [۵۸] Cleantech in the Czech Republic.
- [۵۹] Claen Energy Development in Egypt- ۲۰۱۲.
- [۶۰] ۳۰ Years Of Policies For Wind Energy, Irena, ۲۰۱۲.
- [۶۱] Portuguese Renewable Energy Association.
- [۶۲] Global Wind Report Annual Market Update ۲۰۱۲, GWEC.

[۶۳] Analysis Of The Regulatory Framework For Wind Power Generation In Brazil, GWEC, ۲۰۱۲.

فهرست مطالب

فصل ۱-۱	تدوین اهداف خرد و برنامه اقدامات	۱
۱-۱-۱	تدوین اهداف خرد در نقشه راهبردی انرژی باد کشور	۲
۱-۱-۱-۱	اهداف خرد و هدف گذاری [۱]	۱۰
۱-۱-۱-۱-۱	هدف گذاری پایین به بالا	۱۱
۱-۱-۱-۱-۲	هدف گذاری بالا به پایین	۱۲
۱-۱-۱-۲	اهداف خرد در بهره برداری از انرژی باد کشور	۶
۱-۱-۲	استخراج اهداف خرد با هدف گذاری بالا به پایین	۱۴
۱-۲	تدوین برنامه اقدامات در بهره برداری از انرژی باد کشور	۸
۱-۲-۱	فرآیند تدوین اقدامات	۱۶
۱-۲-۲	برنامه اقدامات بهره برداری از انرژی باد کشور با تکیه بر حوزه های خرد	۱۷
فصل ۲	تعریف پروژه های اجرایی	۲۱
۲-۱	تدوین برنامه عملیاتی و تعریف پروژه های اجرایی	۲۲
۲-۱-۱	روش تدوین برنامه عملیاتی	۲۲
۲-۱-۲	شکستن اقدامات به پروژه های اجرایی	۲۳
۲-۱-۲-۱	مبنای شکستن اقدامات	۲۴
۲-۱-۲-۲	ابزارهای شکستن اقدامات	۱۸
۲-۱-۲-۳	تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد	۲۵
۲-۱-۲-۴	تحلیل علی معلولی	۲۶
۲-۱-۲-۵	بازنگری نهایی و انتخاب پروژه های اجرایی	۲۷
۲-۱-۲-۶	پروژه های اجرایی در بهره برداری از انرژی باد کشور	۲۸
۲-۱-۲-۷	شکستن اقدامات	۲۸

۲۸	..... پروژه‌های اجرایی	۲-۴-۱-۲
۳۶	..... فصل ۳- زمان‌بندی و بودجه‌ریزی پروژه‌های مقدم	
۳۷	..... ۱-۳- تخصیص منابع و زمان‌بندی	
۳۸	..... ۱-۱-۳- تخصیص منابع و زمان‌بندی پروژه‌های تعریف شده در بهره‌برداری از انرژی باد کشور	
۵۰	..... فصل ۴- نگاشت نهادی، تعیین بازیگران اصلی و مجریان اقدامات	
۵۱	..... ۱-۴- سیستم نوآوری و نگاشت نهادی	
۵۱	..... ۱-۱-۴- سیستم نوآوری	
۵۲	..... ۲-۱-۴- خصوصیات سیستم نوآوری	
۵۲	..... ۳-۱-۴- اجزای اصلی سیستم‌های نوآوری و روابط میان آن‌ها	
۵۳	..... ۴-۱-۴- کارکردها و فعالیت‌های نظام ملی نوآوری	
۵۴	..... ۵-۱-۴- انواع نگاشت‌ها و نگاشت نهادی	
۵۶	..... ۱-۵-۱-۴- روش شناسی تعیین نگاشت نهادی صنعت باد کشور	
۵۷	..... ۲-۴- روش شناسی تعیین حوزه‌های اثر، بازیگران اصلی و مجریان اقدامات	
۵۷	..... ۱-۲-۴- مدل‌های بررسی ساختار صنعت	
۵۷	..... ۱-۱-۲-۴- پنج نیروی پورتر	
۵۹	..... ۲-۱-۲-۴- الگوی کارکردهای نظام بخشی نوآوری (SIS)	
۶۱	..... ۳-۴- تعیین حوزه‌های اثر و شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با انرژی باد کشور	
۶۱	..... ۱-۳-۴- الگوهای مورد استفاده در تعیین ساختار صنعت باد ایران	
۶۳	..... ۲-۳-۴- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای صنعت برق بادی ایران	
۶۵	..... ۳-۳-۴- نگاشت نهادی صنعت باد کشور	
۷۳	..... ۴-۳-۴- تحلیل نگاشت نهادی	
۷۴	..... فصل ۵- ویرایش سوم نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور	



فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- دو رویکرد مختلف برای هدف‌گذاری خرد بر حسب فاز توسعه گذار (چرخه عمر فناوری)..... ۱۰
- شکل ۱-۲- چرخه عمر فناوری (چهار مرحله معرفی، رشد، بلوغ و افول)..... ۱۱
- شکل ۱-۳- هدف‌گذاری پایین به بالا ۱۲
- شکل ۱-۴- هدف‌گذاری بالا به پایین ۱۳
- شکل ۱-۵- تدوین اقدامات ۱۷
- شکل ۲-۱- تدوین برنامه عملیاتی ۲۳
- شکل ۱-۴- پنج نیروی پورتر ۵۸
- شکل ۲-۴- بازیگران اصلی صنعت برق بادی ۶۴
- شکل ۳-۴- نگاشت نهادی صنعت برق بادی ۶۶
- شکل ۱-۵- نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی ... ۷۶
- شکل ۲-۵- نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور بخش تکنولوژی توربین بادی ۷۷
- شکل ۳-۵- نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی ۷۸

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- اهداف خرد بهره برداری از انرژی باد کشور به همراه حوزه های مرتبط ۱۸
- جدول ۱-۲- پروژه‌های اجرایی مربوط به بهره برداری از انرژی باد کشور ۲۹
- جدول ۱-۳- تخصیص منابع و زمانبندی پروژه‌های اجرایی مربوط به بهره برداری از انرژی باد کشور ۳۸
- جدول ۱-۴- انواع نگاشت‌ها و کاربردهای هر یک ۵۵
- جدول ۲-۴- نهادهای دولتی مرتبط با انرژی باد کشور ۶۳
- جدول ۳-۴- مراکز پژوهشی و دانشگاهی مرتبط با انرژی باد کشور ۶۳

فصل ۱ - تدوین اهداف خرد و برنامه اقدامات

۱-۱- تدوین اهداف خرد در نقشه راهبردی انرژی باد کشور

۱-۱-۱- اهداف خرد و هدف گذاری [۱]

بر اساس روش شناسی اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذار هستند که نیازمند سیاست‌گذاری با رویکرد حکمرانی مشارکتی هستند. این اهداف هدایت گر مسیر سیاست‌گذاری بوده و از پراکنده شدن و غیر مرتبط بودن آن‌ها با مسایل و نیازهای موجود گذار، جلوگیری می‌کند. روش تعیین اهداف بر حسب فاز توسعه گذار فناورانه مورد بررسی متفاوت خواهد بود:

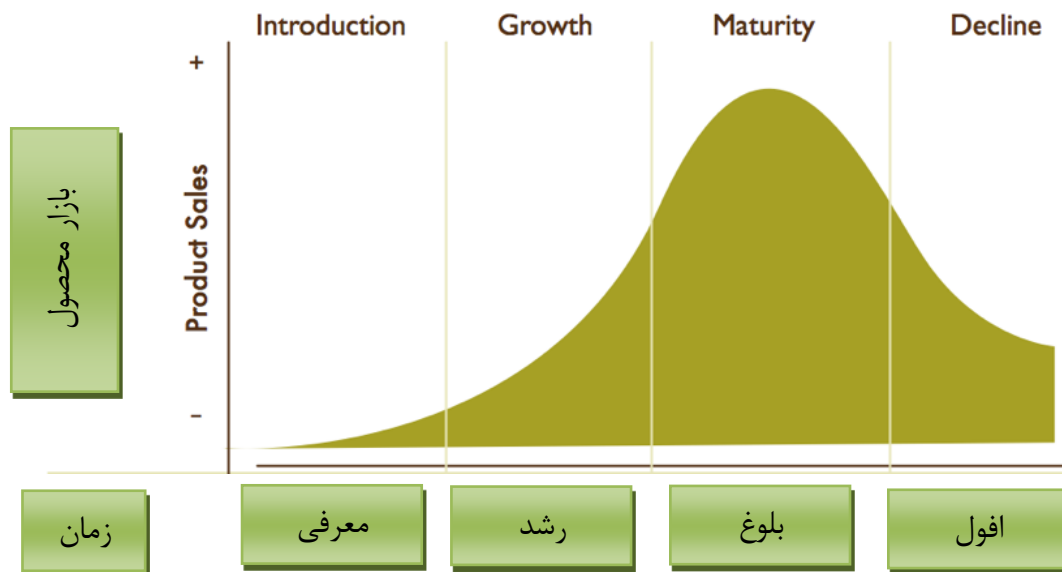
- در فناوری‌هایی که فاز توسعه گذار در آن‌ها در مراحل ابتدایی خود قرار دارد (معرفی و رشد)، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا به پایین و بر مبنای ترجمه اهداف بالادستی معین می‌شوند. در این حالت، نقش دولت در حمایت از توسعه آن‌ها بسیار پررنگ خواهد بود، به طوری که در تعادل نقش دولت، بازار و جامعه در حکمرانی فرآیند گذار، دولت نقش اصلی را به عهده خواهد داشت.

- فناوری‌هایی که فاز توسعه گذار آن‌ها در مراحل انتهایی خود قرار دارد، (بلوغ و افول)، اهداف با رویکرد پایین به بالا و بر اساس شناسایی موانع و محرک‌ها مشخص می‌شوند. این موانع و محرک‌ها در حقیقت ضعف و تهدیدها، و نقاط قوت و فرصت‌ها در شرایط موجود هستند. در این گونه از فناوری‌ها، مجموعه‌ای از سوابق فعالیت‌های اجتماعی- فناورانه-اقتصادی موجود بوده و تلاش در جهت بهبود شرایط موجود و ادامه مسیر کنونی هدف سیاست‌گذاری قرار می‌گیرد.

مراحل چرخه عمر یا گذار فناوری در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱- دو رویکرد مختلف برای هدف گذاری خرد بر حسب فاز توسعه گذار (چرخه عمر فناوری)

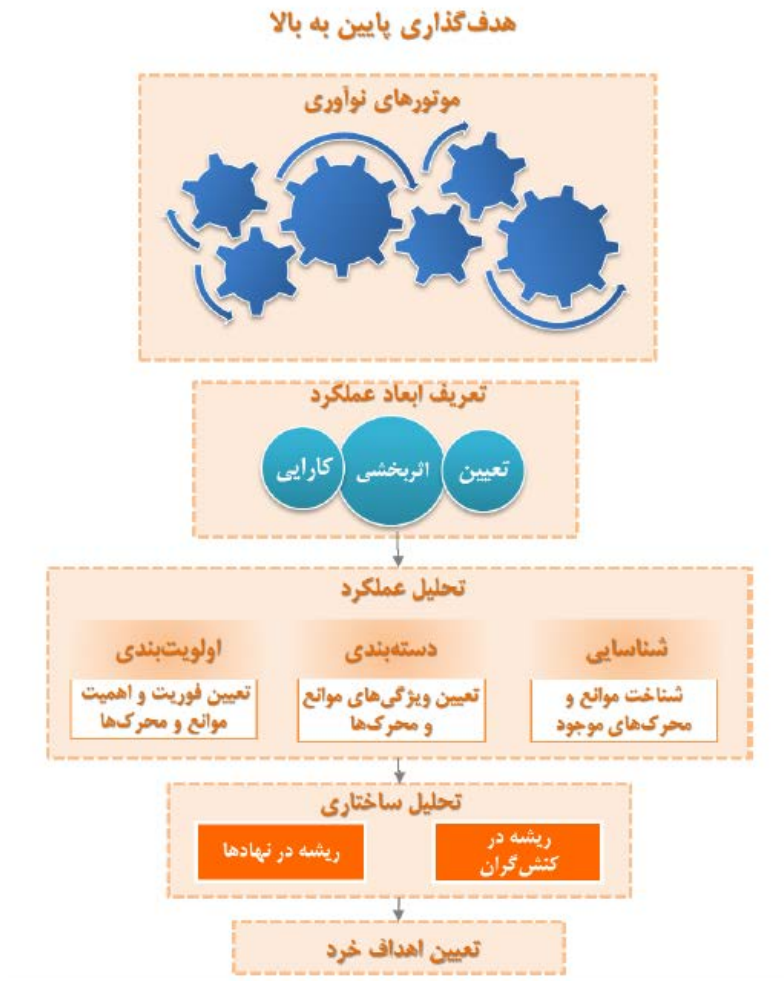


شکل ۱-۲- چرخه عمر فناوری (چهار مرحله معرفی، رشد، بلوغ و افول)

۱-۱-۱-۱- هدف گذاری پایین به بالا

در فازهایی از توسعه یک گذار فناورانه که به بلوغ و افول (جهش و ثبات) نزدیکتر است، نظام اجتماعی-فنی در شرایطی قرار دارد که نهادها، نقش‌ها و وریه‌هایی برای توسعه آن شکل گرفته است. در این شرایط، سیاست‌گذاری به معنای رفع مشکلات کنونی سیستم و بهره‌گیری از فرصت‌های ایجاد شده در جهت شتاب بخشیدن به مسیر توسعه، وظیفه اصلی حکمرانی و محوریت موضوع هدف‌گذاری است. در چنین حالتی، شتاب بخشیدن به مسیر توسعه، وظیفه اصلی حکمرانی و

محوریت موضوع هدف گذاری ایت. در چنین حالتی، شناسایی موانع و محرک‌هایی که فرآیند توسعه را کند یا تند می‌کند، به عنوان موضوع اصلی در هدف گذاری است. برای این منظور لازم است تا با تحلیل عملکرد فرآیند توسعه و با استفاده از رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه، هدف گذاری خرد پایین به بالا صورت پذیرد.

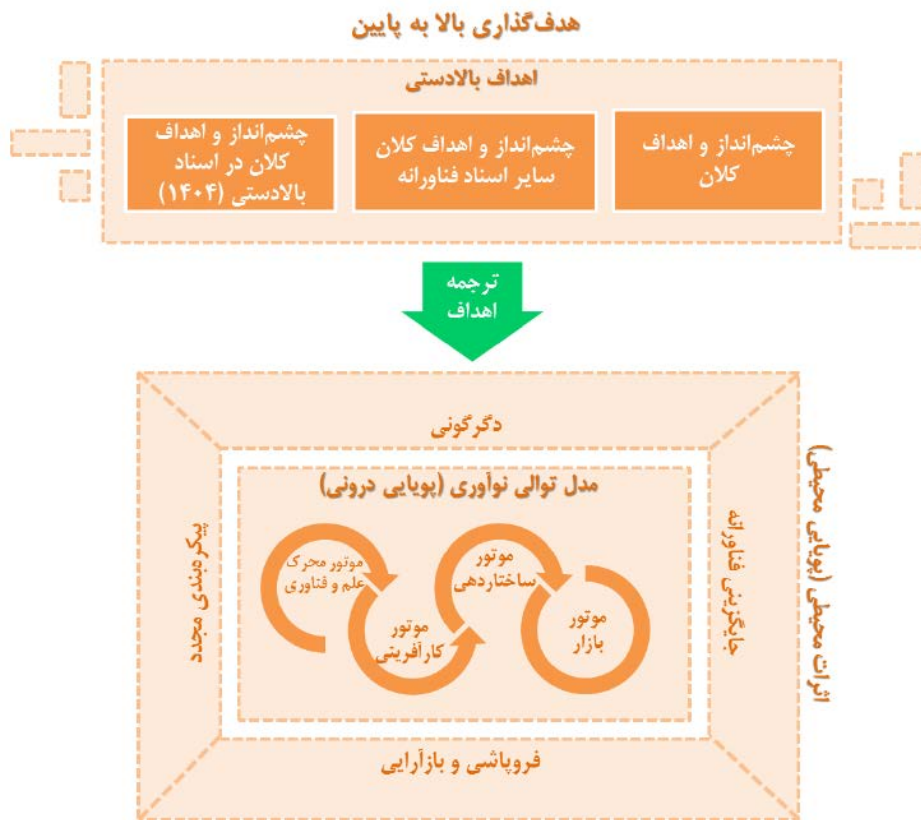


شکل ۱-۳- هدف گذاری پایین به بالا

۱-۱-۱-۲- هدف گذاری بالا به پایین

هدف گذاری بالا به پایین که برای فناوری‌های در فاز معرفی انجام می‌شود و در واقع ترجمه اهداف کلان در قالب بخش‌های مختلف فرآیند گذار می‌باشد. این فرآیند در قالب سه مؤلفه زیر انجام می‌گیرد:

۱. اهداف بالا دستی به عنوان خطوط اصلی حرکت در نظر گرفته شده و در جهت ترجمه آنها به سطوح خردتر تلاش می‌شود. این اهداف بالادستی می‌تواند برگرفته از اهداف کلان تدوین شده در بخش جهت‌گیری های کلان، اهداف کلان فناورانه و صنعتی کشور، نقشه جامع علمی کشور، و همچنین اهداف ذکر شده در افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ باشند.
۲. به منظور ترجمه اهداف کلان و در نظر گرفتن اولویت آنها، لازم است تا از موتورهای نوآوری برای مشخص نمودن چنین اهداف و از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه به عنوان ابعاد تعریف اهداف در سطوح خرد استفاده شود.
۳. در نهایت با هدف در نظرگیری اثرات محیطی و فشارهای موجود در لایه بیرونی سیستم، ویژگی پویایی های موجود در محیط توسعه فناوری (مانند شرایط اجتماعی- اقتصادی کشور) به عنوان ملاحظات کلی، تدوین اهداف انجام می‌پذیرد.



شکل ۱-۴- هدف گذاری بالا به پایین

۱-۱-۲- اهداف خرد در بهره‌برداری از انرژی باد کشور

پس از انتخاب حوزه‌های اصلی نقشه راه انرژی بادی ایران، با در نظر گرفتن این که انتخاب این حوزه‌ها وابسته به حوزه‌های اصلی نقشه راه و اهداف و چشم‌اندازها در تدوین نقشه راه است، ابتدا نقشه راه انرژی بادی چین، ایرلند، اروپا و فیلیپین در بخش انتخاب حوزه‌ها و نحوه تعیین چشم‌اندازها به صورت کامل در بخش شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت مورد بررسی قرار گرفت (که در گزارش اول توضیحات مبسوطی در باره آن‌ها ذکر شده) و حوزه‌های میانی به دقت انتخاب گردید و نمای کلی نقشه راه انرژی باد ایران به دست آمد.

لازم به توضیح است که حوزه‌های سند راه انرژی بادی ایران در بخش‌های شناسایی اجزا و زیر سیستم‌های فناوری و ترسیم درخت فناوری و شناسایی حوزه‌های کلان فناوری باد بر اساس اهداف بلند مدت شرح داده شده است. در این فصل توضیحات تکمیلی در راستای این حوزه‌ها داده شده و اهداف میان‌مدت نقشه‌راه مشخص می‌شوند و در بعضی از بخش‌ها به توضیحات بخش‌های پیشین و سند راهبردی انرژی بادی ایران ارجاع داده خواهد شد. در ادامه به استخراج اهداف خرد با رویه بالا به پایین و تکیه بر اسناد بالا دستی خواهیم پرداخت.

۱-۱-۳- استخراج اهداف خرد با هدف گذاری بالا به پایین

در گزارش دوم این پروژه، اهداف بلندمدت و میان‌مدت نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور استخراج شدند؛ از آن‌جا که فاز توسعه گذار در فناوری توربین بادی در مراحل ابتدایی خود قرار دارد و از آنجا که صنعت باد یک صنعت نوپا در ایران است، با تمرکز بر اهداف بالادستی ذکر شده در گزارش ۱ (انجام مطالعات زیربنایی تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور) و با اتکا به نقش حمایتگر دولت این اهداف به دست آمده است. در عین حال، ارتباط صنعت باد با تمامی صنایع و تمامی حوزه‌های مرتبط با این صنعت در نظر گرفته شده است؛ این مهم به این دلیل است که تاثیر توسعه صنعت باد بر حوزه‌های دیگر و تاثیر تحولات و توسعه بخش‌های دیگر بر صنعت باد به طور کامل مشخص گردد و امکان برنامه‌ریزی مناسب را برای ما مهیا نماید.

به منظور توضیح مختصر و بیان حوزه‌ها به صورت کلی در این بخش می‌توان گفت که سند راهبردی و نقشه‌راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور در ابتدا به سه بخش کلی و کلان: آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی؛ تکنولوژی توربین بادی و آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی تقسیم می‌شود.

حوزه‌های میانی تا دو سطح تعیین شده‌اند که با عناوین حوزه های اصلی و میانی متمایز گشته اند. زیرگروه‌های بخش آماده سازی زیرساخت های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی به شرح زیر می‌باشد:

۱. فرهنگ سازی سیاسی: توجیه سیاست گذاران - سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور
۲. فرهنگ سازی عمومی: آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک - جهت دهی به سرمایه های خصوصی
۳. پیوستن به حرکت جهانی: شناسایی شکل های جهانی و پیوستن به آن ها - تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد
۴. فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست: ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی - بررسی آلودگی های صوتی و بصری
۵. توسعه صنعتی: بومی سازی توربین بادی - تربیت نیروی انسانی متخصص - طراحی شغل

زیر حوزه‌های بخش تکنولوژی توربین بادی عبارتند از:

۱. تکنولوژی توربین و اجزا: طراحی و شبیه سازی توربین - پره - گیربکس - ناسل و هاب - ژنراتور - سیستم کنترل - کانورتر - برج - توربین های بادی مگاواتی بدون گیربکس
۲. ظرفیت توربین بادی: توربین های بادی کوچک - ۳ تا ۵ مگاوات - بیشتر از ۵ مگاوات.
۳. بهینه سازی تکنولوژی: استفاده از مواد سبک، مقاوم و هوشمند - اصلاح ساختاری توربین.
۴. حمل و نقل و نصب: تکنولوژی حمل و نقل - فونداسیون ساحلی و فراساحلی - اتوماسیون نصب.
۵. نگهداری و تعمیرات: اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت - تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها
۶. توربین های فراساحلی: پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی - طراحی و ساخت توربین های فراساحلی - ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی
۷. تست توربین بادی: ایجاد مرکز تست توربین بادی - توسعه فنی ادوات تست توربین بادی
۸. فرآوری برق: ذخیره سازی - تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه
۹. بازیافت: تکنولوژی بازیافت و دورریز

زیر شاخه‌های بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی عبارتند از:

۱. پتانسیل‌سنجی نیروگاه‌های بادی: تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه - پتانسیل‌سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست - استقرار سیستم هواشناسی و پیش‌بینی کوتاه مدت و بلندمدت باد

۲. توسعه و بهبود شبکه برق کشور: آماده سازی شبکه انتقال و توزیع - ایجاد بازار برق هوشمند - کاهش قیمت برق بادی

در ادامه این حوزه‌ها با تمرکز بر اهداف بالادستی ذکر شده در گزارش ۱ (انجام مطالعات زیربنایی تدوین سند راهبردی و نقشه - راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور) و با اتکا به نقش حمایتگر دولت به حوزه‌های (اهداف) خرد تقسیم‌بندی می‌شوند. این اهداف خرد به صورت منسجم با اقدامات پایه مربوط به آن‌ها در ادامه در جدول کاملی با ذکر اهداف کلان و میانی مرتبط آورده شده است.

۲-۱- تدوین برنامه اقدامات در بهره برداری از انرژی باد کشور

۱-۲-۱- فرآیند تدوین اقدامات

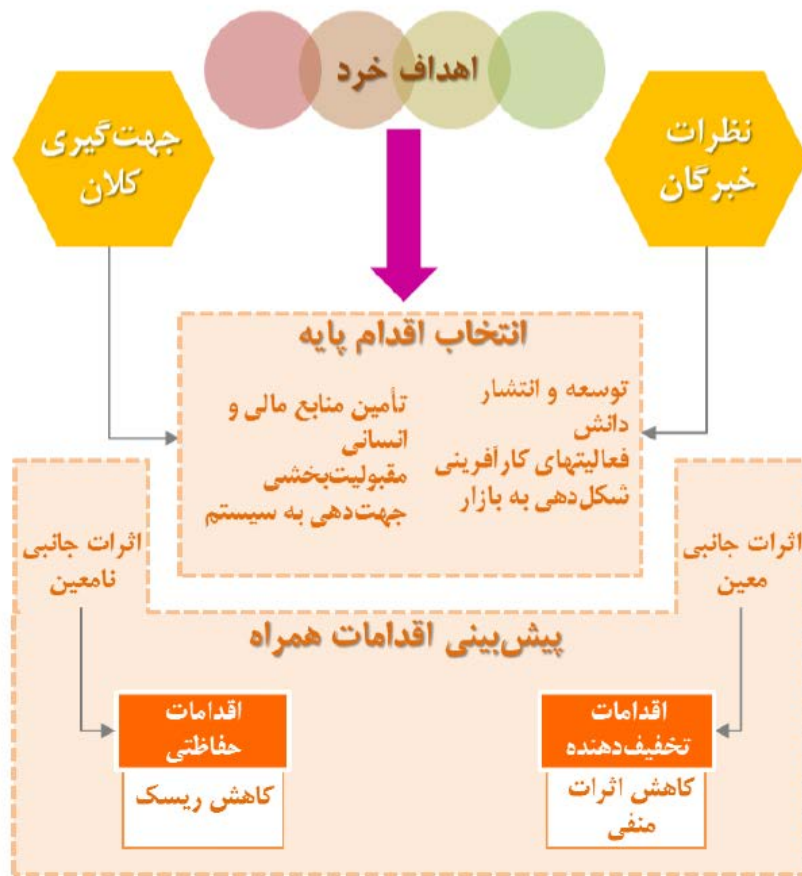
اقدامات، فعالیت‌های لازم اجرایی هستند که با در نظرگیری ملاحظه سیاست‌های کلان و نیز همراستا با راهبردهای اتخاذ شده در جهت‌گیری‌های کلان، مسیرهای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند.

فرآیند تدوین اقدامات مشتمل بر سه مرحله اصلی است:

۱. اتخاذ اقدامات پایه: اقدامات پایه مشتمل بر یک گزینه اصلی است که برای دستیابی به اهداف خرد تعیین شده، انتخاب شده است. این اقدامات پایه با تکیه بر نظر جمعی و به منظور محقق نمودن اهدافی که نیازمند مداخله مستقیم دولت‌ها از طریق انجام فعالیت‌ها هستند، می‌باشد.

۲. تنظیم ترتیب راه اقدامات: پس از تدوین اهداف خرد، می‌بایست اقدامات و سیاست‌هایی که منجر به رفع موانع پیش رو می‌شوند (اقدامات خرد) را تنظیم نمود که باید در جهت کارکردهای نظام نو آوری فناورانه مورد انتظار باشند. این کارکردها عبارتند از توسعه دانش، انتشار دانش، جهت دهی به سیستم، فعالیت‌های کارآفرینی، تامین منابع، شکل‌دهی به بازار و مشروعیت بخشی.

۳. گردآوری اقدامات همراه: انتخاب هر اقدام در مسیر دستیابی به اهداف، منجر به پدیدآمدن اثرات منفی در کنار اثرات مثبت و سازنده آن می‌شود. بر حسب اینکه قطعیت این نقاط آسیب‌پذیر تا چه سطح است، لازم است تا دو دسته اقدام همراه برای پشتیبانی اقدامات پایه اتخاذ گردد. این اقدامات همراه یا تخفیف دهنده (در صورت معین بودن اثرات منفی) و یا حفاظتی (برای کاهش ریسک تأثیرات منفی نامعین احتمالی) می‌باشند.



شکل ۱-۵- تدوین اقدامات

۱-۲-۲- برنامه اقدامات بهره برداری از انرژی باد کشور با تکیه بر حوزه‌های خرد

با در نظر گرفتن حوزه‌های خرد به دست آمده، برنامه اقدامات بهره برداری از انرژی باد کشور برای این حوزه‌ها با تکیه بر حوزه‌های خرد و به صورت منسجم با آن‌ها در جدولی در ادامه بیان شده است. مطابق جدول بالا برنامه اقدامات بر اساس مطالعات تطبیقی انجام گرفته و جهت‌گیری‌های کلان تعیین شده در گزارشات پیشین و نظرات خبرگان صنعت باد کشور از

جمله آقایان دکتر لاری، دکتر بحر و دکتر دورعلی و همچنین تجربه مدیر پروژه به واسطه ۵ سال تجربه در تیم بادی پژوهشگاه نیرو، استفاده شده است.

برای خوانایی بیشتر جدول، حوزه‌های کلان، اصلی و میانی مرتبط با این حوزه ها نیز آورده شده است.

جدول ۱-۱- اهداف خرد بهره برداری از انرژی باد کشور به همراه حوزه های مرتبط

اهداف خرد و برنامه اقدامات	حوزه‌های میانی	حوزه‌های اصلی	حوزه‌های کلان
توجیه سیاست‌گذاران در لزوم استفاده از انرژی‌های پاک و نو	توجیه سیاست‌گذاران	فرهنگ سازی سیاسی	آماده سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی
سیاست گذاری و برنامه‌ریزی ظرفیتی و منطقه‌ای نصب نیروگاه های بادی و پیگیری و بازنگری سیاست های قیمتی و اجرایی	سیاست گذاری پوشش پتانسیل بادی کشور		
بالا بردن سطح آگاهی جامعه در لزوم استفاده از انرژی های پاک	آشنایی با لزوم استفاده از انرژی های پاک	فرهنگ سازی عمومی	
تعیین و اعمال سیاستهای تشویقی	جهت دهی به سرمایه های خصوصی	پیوستن به حرکت جهانی	
شناسایی تشکل های منطقه ای و جهانی و عضویت در آنها	شناسایی تشکل های جهانی و پیوستن به آنها		
ایجاد مرکز تخصصی برنامه ریزی و پایش نقشه راه توربین بادی	تعیین مرکز تخصصی برای کنترل نقشه راه باد	فرهنگ سازی ضرورت حفاظت از محیط زیست	
برنامه ریزی و اعمال سیاست های کاهش گازهای گلخانه ای و همکاری با تشکل های جهانی	ضرورت کاهش حجم دی اکسید کربن تولیدی		
مطالعه، برنامه ریزی و اعمال سیاست های کاهش اثرات زیست محیطی توربین بادی امکان سنجی، پیاده سازی و راه اندازی صنایع وابسته به توربین بادی	بررسی آلودگی های صوتی و بصری	توسعه صنعتی	
امکان سنجی، پیاده سازی و راه اندازی صنایع وابسته به توربین بادی	بومی سازی توربین بادی		

اهداف خرد و برنامه اقدامات	حوزه‌های میانی	حوزه‌های اصلی	حوزه‌های کلان	
برنامه ریزی و تربیت نیروی متخصص دانشگاهی و صنعتی	تربیت نیروی انسانی متخصص			
برآورد و برنامه ریزی مشاغل صنعت باد و پیاده سازی	طراحی شغل			
توسعه و بهینه سازی نرم افزار بومی	طراحی و شبیه سازی توربین	توربین و اجزاء	تکنولوژی توربین بادی	
توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت پره توربین های مگاواتی	پره			
بهینه سازی تکنولوژی از نظر ساختاری و استفاده از مواد مقاوم و هوشمند				
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت گیربکس بهینه سازی تکنولوژی	گیربکس			
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ناسل و هاب بهینه سازی تکنولوژی	ناسل و هاب			
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ژنراتور بهینه سازی تکنولوژی	ژنراتور			
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ژنراتور بهینه سازی تکنولوژی	سیستم کنترل			
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت کانورتر بهینه سازی تکنولوژی	کانورتر			
بهینه سازی تکنولوژی ساخت برج	برج			
طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت توربین های مگاواتی بدون گیربکس	توربین های مگاواتی بدون گیربکس			
توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت بهینه سازی و تولید انبوه	توربین های بادی کوچک			ظرفیت توربین بادی
توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت بهینه سازی و تولید انبوه	توربین های ۳ تا ۵ مگاوات			
طراحی و ساخت نمونه اولیه و تولید انبوه	توربین های بزرگتر از ۵ مگاوات			
مطالعه و به کارگیری مواد هوشمند در ساخت توربین با هدف مقاوم سازی و کاهش وزن	استفاده از موارد سبک، مقاوم و هوشمند	بهینه سازی تکنولوژی		
مطالعه توربین بادی با هدف بهبود ساختار، حذف	اصلاح ساختاری توربین			

اهداف خرد و برنامه اقدامات	حوزه‌های میانی	حوزه‌های اصلی	حوزه‌های کلان
یا اضافه اجزا و مدل سازی			
مطالعه، پیاده سازی و تامین تجهیزات و الزامات حمل و نقل توربین بادی	تکنولوژی حمل و نقل	حمل و نقل و نصب	
توسعه تکنولوژی و بهینه سازی	فونداسیون ساحلی و فراساحلی		
اتوماسیون نصب توربین بادی	اتوماسیون نصب		
تربیت نیروی متخصص	اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت	نگهداری و تعمیرات	
توسعه و تحلیل بانک اطلاعات نت توربین ها	تهیه بانک اطلاعات نت توربین ها		
مطالعه بر روی تدوین اطلس باد فراساحلی	پتانسیل سنجی نصب توربین های فراساحلی		
طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی فراساحلی با ظرفیت کمتر از ۳ مگاوات	طراحی و ساخت توربین های فراساحلی	توربین های فراساحلی	
مطالعه توسعه ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی	ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی		
مطالعه و ایجاد مراکز تست توربین بادی	ایجاد مراکز تست توربین بادی	تست توربین بادی	
مطالعه ساختار ادوات و ساخت ادوات تست و توسعه فنی ادوات تست توربین بادی	توسعه ادوات تست توربین بادی		
مطالعه بر روی انواع ذخیره سازها	ذخیره سازی		
طراحی و ساخت نمونه اولیه ذخیره ساز			
بهینه سازی تکنولوژی ذخیره ساز		فرآوری برق	
مطالعه بر روی روش های متصل و منفصل پیاده سازی و بهینه سازی	تکنولوژی متصل به شبکه و منفصل از شبکه		
مطالعه و برنامه ریزی بازیافت	تکنولوژی بازیافت و دور ریز		
برنامه ریزی و پیاده سازی بازیافت توربین های بادی		بازیافت	
تکمیل نقشه باد موجود و همکاری در تدقیق نقشه باد منطقه	تدوین و تدقیق اطلس باد کشور و منطقه		
مطالعه شبکه برق کشور و تعیین مناطق دوردست مستعد نصب توربین بادی	پتانسیل سنجی نیاز شبکه و مناطق دوردست	پتانسیل سنجی نیروگاه های بادی	آماده سازی زیرساخت های فنی
مطالعه بر روی الزامات پایگاه های هواشناسی و روش های پیش بینی باد	استقرار سیستم هواشناسی و پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت باد		

اهداف خرد و برنامه اقدامات	حوزه‌های میانی	حوزه‌های اصلی	حوزه‌های کلان
تجهیز پایگاه های پیش بینی باد به منظور افزایش قابلیت اطمینان			
مطالعه ، استخراج الزامات و تغییر ساختار شبکه انتقال و توزیع	آماده سازی شبکه انتقال و توزیع	توسعه و بهبود شبکه برق کشور	
مطالعه، مدل سازی و ایجاد تغییرات زیرساختی برای ایجاد شبکه برق هوشمند	ایجاد بازار برق هوشمند		
مطالعه و به کارگیری روش های گوناگون کاهش قیمت برق	کاهش قیمت برق بادی		

فصل ۲- تعریف پروژه‌های اجرایی

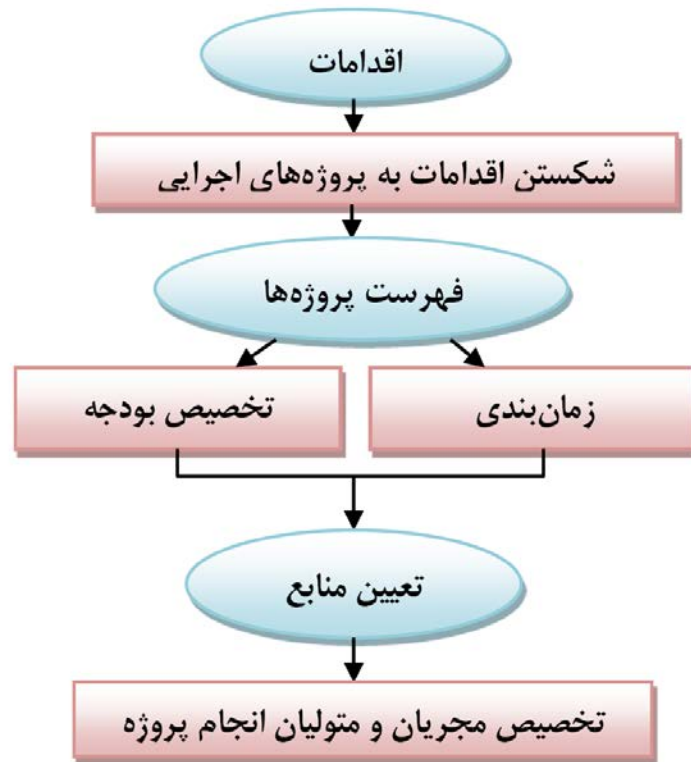
۱-۲- تدوین برنامه عملیاتی و تعریف پروژه‌های اجرایی

۱-۱-۲- روش تدوین برنامه عملیاتی

در این قسمت به معرفی (گام‌هایی) روشی برای تدوین برنامه عملیاتی می‌پردازیم. این روش پیشنهادی باید قادر باشد تا به سؤالات مختلف فرآیند توسعه فناوری که تا این مرحله مورد توجه قرار نگرفته‌اند پاسخ دهد؛ 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 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 ۱-۲ نشان داده شده است. مطابق این شکل، در مرحله اول باید اقدامات تدوین شده در مرحله قبل شناسایی شده و بر اساس معیارهایی به پروژه‌ها شکسته شوند و 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 گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آنها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی میشود.



شکل ۲-۱- تدوین برنامه عملیاتی

۲-۱-۲- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

در این گام پروژه‌های ضروری به منظور 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 به طور 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. به عبارت 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 همین رو 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.

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.

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.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه^۱ WBS 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 میباید. 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 به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۱-۲-۱-۲ - 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 (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. مبنای شکستن اقدامات بر اساس عوامل مختلفی تعیین میشود که در ادامه به مهمترین این عوامل اشاره میشود.

۱. ساختار و فرهنگ حاکم: 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

^۱ Work Break-down Structure

باشد که هر بخش توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود را به دست آورده است، و بنابراین تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

۲. 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 آژادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

۳. 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.

۴. نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضرورتی 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.

۲-۱-۲- 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.

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.

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 فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به کارگیری این ابزار چگونگی 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.

تحلیل علی معلولی

اساس این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو 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.

- در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.
- در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مذکور 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 تشکیل‌دهنده شکسته می‌شوند. از همین‌رو 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 به کارگیری 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 بهینه‌کوی استفاده نمود.
- کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱. پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آنها ضروری بوده و ثانياً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.
۲. 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.
۳. 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.

۳-۱-۲- 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 همین‌رو ضروری است با نگاهی اجمالی به بازبینی گام‌های طی شده و رفع نواقص احتمالی پرداخته شود.

۳-۱-۲- پروژه‌های اجرایی در بهره‌برداری از انرژی باد کشور

۳-۱-۲-۱- شکستن اقدامات

با توجه به موارد مطرح شده در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی؛ در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شوند که اجرایی شدن آنها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد.

همانطور که پیشتر ذکر شد، ابزارهای گوناگونی جهت شکستن اقدامات موجود است؛ در این بخش با مطالعات انجام گرفته در گزارش ۱ (انجام مطالعات زیربنایی)، تصمیم بر آن شد تا در صورت موجود بودن فرآیند تجربه شده در هریک از حوزه‌ها که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه موردپذیرش است، از این فرآیند استاندارد برای تعریف پروژه در آن حوزه استفاده شود، در غیر این صورت به ترتیب از روش‌های بهینه‌کاوی و در نهایت علی‌معلولی با بهره‌گیری از نخبگان آن حوزه استفاده گردد.

خبرگانی که از نظرات آنها در این بخش استفاده شده عبارتند از دکتر دورعلی، دکتر بحری و دکتر لاری.

۳-۱-۲-۲- پروژه‌های اجرایی

بر این اساس پروژه‌های تعریف شده برای هریک از اقدامات، در جدول زیر آمده است:

جدول ۱-۲- پروژه‌های اجرایی مربوط به بهره برداری از انرژی باد کشور

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی	۱	توجیه سیاست‌گذاران در لزوم استفاده از انرژی‌های پاک و نو	۱. بررسی ضرورت جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر.
	۲	سیاست گذاری و برنامه ریزی ظرفیتی و منطقه ای نصب نیروگاه های بادی و پیگیری و بازنگری سیاست های قیمتی و اجرایی	۱. برنامه‌ریزی و تعیین سهم برق بادی از سبد انرژی‌های کشور ۲. بازنگری سیاست‌های احداث مزارع بادی توسط بخش خصوصی، پیگیری نحوه اجرا، قانونگذاری یا بازنگری قوانین و نظارت بر روند احداث و بهره‌برداری از این مزارع.
	۳	بالا بردن سطح آگاهی جامعه در لزوم استفاده از انرژی های پاک	۱. برنامه ریزی برای افزایش آگاهی جامعه با اطلاع رسانی از طریق رسانه های ارتباط جمعی ۲. برنامه‌ریزی احداث سمبلیک شهر سبز که انرژی مورد نیاز در آن منحصر از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌گردد. ۳. برنامه‌ریزی و احداث ساختمان‌های دولتی سبز که انرژی مورد نیاز در آن منحصر از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین گردد.
	۴	تعیین و اعمال سیاست‌های تشویقی	۱. شناسایی، برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی راهکارهای تشویقی برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی از طریق اعمال سیاست‌های قیمتی، خرید تضمینی و حمایت‌های بانکی ۲. برنامه ریزی پشتیبانی و حمایت مالی پژوهشگران و سازندگان فناوری‌های انرژی پاک بالاخص بادی
	۵	شناسایی تشکل های منطقه ای و جهانی و عضویت در آنها	۱. عضویت در تشکل‌های بین المللی انرژی‌های تجدیدپذیر
	۶	ایجاد مرکز تخصصی برنامه ریزی و پایش نقشه راه توربین بادی	۱. ایجاد و بهره‌برداری از مرکز تخصصی برنامه ریزی و پایش نقشه راه توربین بادی
	۷	برنامه ریزی و اعمال سیاست های کاهش	۱. مطالعه، بررسی و شناسایی مراکز اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای در کشور و امکان سنجی کاهش اثرات مخرب این

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
		گازهای گلخانه ای و همکاری با تشکل های جهانی	مراکز با تغییر ساختار آنها و یا با اعمال قوانین مالیاتی و به کارگیری منابع حاصل از این درآمد جهت توسعه پروژه های حفاظت از محیط زیست
	۸	مطالعه، برنامه ریزی و اعمال سیاست های کاهش اثرات زیست محیطی توربین بادی	۱. بررسی اثرات زیست محیطی نامطلوب توربین بادی در مناطق مختلف کشور و برنامه ریزی برای کنترل این اثرات
	۹	امکان سنجی، پیاده سازی و راه اندازی صنایع وابسته به توربین بادی	۱. برنامه ریزی اقتصادی و فنی توسعه صنایع وابسته به توربین بادی ۲. مطالعه ظرفیت های صنعتی کشور مرتبط با توربین بادی و امکان سنجی بومی سازی قطعات منتخب ۳. برنامه ریزی و پیاده سازی طرح گسترش صنایع بومی توربین بادی ۴. برنامه ریزی جهت اجرای روش های توسعه و بهبود فرآیند به منظور انطباق تولیدات حوزه توربین بادی با استانداردهای مورد نیاز
	۱۰	برنامه ریزی و تربیت نیروی متخصص دانشگاهی و صنعتی	۱. مطالعه و بررسی ظرفیت های تخصصی مورد نیاز در صنعت توربین بادی ۲. برنامه ریزی جهت ایجاد رشته های تخصصی مرتبط با ظرفیت های تخصصی مورد نیاز در صنعت در دانشگاه های کشور
	۱۱	برآورد و برنامه ریزی مشاغل صنعت باد و پیاده سازی	۱. بررسی نیروی کار مورد نیاز در صنایع وابسته توربین بادی و انرژی باد، و برنامه ریزی برای تربیت نیروی متخصص این حوزه
	۱۲	توسعه و بهینه سازی نرم افزار بومی	۱. توسعه نرم افزار طراحی (و محاسبات بار) توربین های بادی مگاواتی
	۱۴	توسعه تکنولوژی طراحی	۱. طراحی و ساخت پره توربین بادی دو مگاواتی ملی

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
		و ساخت پره توربین های مگاواتی	۲. طراحی و ساخت پره توربین بادی سه مگاواتی ۳. طراحی و ساخت پره توربین بادی پنج مگاواتی ملی
	۱۵	بهینه سازی تکنولوژی از نظر ساختاری و استفاده از مواد مقاوم و هوشمند	۱. بررسی مواد و انتخاب مواد بهینه و هوشمند در سازه پره به ویژه جهت چیره شدن بر مشکل خستگی در سازه پره
	۱۶	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت گیربکس	۱. طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۲ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۳ مگاواتی ۳. طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۵ مگاواتی
	۱۷	بهینه سازی تکنولوژی ساخت گیربکس	۱. بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی سازی آن در ساخت گیربکس
	۱۸	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ناسل و هاب	۱. طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۲ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۳ مگاواتی ۳. طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۵ مگاواتی
	۱۹	بهینه سازی تکنولوژی ساخت ناسل و هاب	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی سازی آن در ساخت ناسل و هاب
	۲۰	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ژنراتور	۱. طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۲ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۳ مگاواتی ۳. طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۵ مگاواتی
	۲۱	بهینه سازی تکنولوژی ساخت ژنراتور	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی سازی آن در تولید ژنراتور
	۲۲	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت سیستم کنترل	۱. طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۲ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۳ مگاواتی ۳. طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۵ مگاواتی
	۲۳	بهینه سازی تکنولوژی ساخت سیستم کنترل	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی سازی آن در ساخت سیستم کنترل
	۲۴	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت کانورتر	۱. طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۲ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۳ مگاواتی ۳. طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۵ مگاواتی
	۲۵	بهینه سازی تکنولوژی	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی سازی

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
		ساخت کانورتر	آن در ساخت کانورتر
	۲۶	بهینه‌سازی تکنولوژی ساخت برج	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی‌سازی آن در ساخت برج
	۲۷	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت توربین‌های مگاواتی بدون گیربکس	طراحی نمونه توربین بادی ۳ مگاواتی بدون گیربکس
	۲۸	توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت توربین‌های بادی کوچک	۱. طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی ۲۵ کیلوواتی ۲. طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی
	۲۹	بهینه‌سازی و تولید انبوه توربین‌های بادی کوچک	۱. تولید انبوه توربین بادی ۲۵ کیلوواتی ۲. تولید انبوه توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی
	۳۰	توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت توربین بادی ۳ تا ۵ مگاوات	۱. طراحی و ساخت نمونه توربین بادی ۳ مگاواتی ۲. طراحی و ساخت نمونه توربین بادی ۵ مگاواتی
	۳۱	بهینه‌سازی و تولید انبوه توربین بادی ۳ تا ۵ مگاوات	۱. تولید انبوه توربین بادی ۳ مگاواتی ۲. تولید انبوه توربین بادی ۵ مگاواتی
	۳۲	طراحی و ساخت نمونه اولیه و تولید انبوه توربین بادی بیش از ۵ مگاوات	۱. طراحی و ساخت نمونه توربین بادی بیش از ۵ مگاوات ۲. تولید انبوه توربین بادی بیش از ۵ مگاوات
	۳۳	مطالعه و به کارگیری مواد هوشمند در ساخت توربین با هدف مقاوم سازی و کاهش وزن	۱. تحلیل ساختار توربین با هدف مقاوم‌سازی و کاهش وزن و حجم با بهره‌گیری از علم مواد
	۳۴	مطالعه توربین بادی با هدف بهبود ساختار، حذف یا اضافه اجزا و مدل سازی	۱. مطالعه ساختار توربین‌های بادی مگاواتی با هدف توسعه نسل جدیدی از توربین‌ها
	۳۵	مطالعه، پیاده سازی و	۱. مطالعه و بررسی امکانات و زیرساخت‌های کشور جهت حمل و

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
		تامین تجهیزات و الزامات حمل و نقل توربین بادی	نقل توربین مگاواتی به و برنامه‌ریزی توسعه آن
	۳۶	توسعه تکنولوژی و بهینه سازی فونداسیون ساحلی و فراساحلی	۱. مطالعه و طراحی مفهومی فونداسیون توربین‌های بادی مگاواتی ساحلی و فراساحلی
	۳۷	اتوماسیون نصب توربین بادی	۱. مطالعه و بررسی امکانات و زیرساخت‌های کشور جهت نصب توربین‌های بادی مگاواتی در سایت‌های دارای پتانسیل و برنامه‌ریزی توسعه آن ۲. مطالعه و دستیابی به اتوماسیون نصب
	۳۸	تربیت نیروی متخصص تکنولوژی نت	۱. برنامه‌ریزی دستیابی به تکنولوژی نگهداری و تعمیرات توربین‌های بادی و تهیه ادوات آن ۲. برنامه‌ریزی کیفی و کمی نیروی انسانی نگهداری و تعمیرات مورد نیاز و تربیت آن
	۳۹	توسعه و تحلیل بانک اطلاعات نت توربین‌ها	۱. طراحی و توسعه بانک اطلاعات نت توربین‌های بادی همگام با تکنولوژی روز دنیا ۲. طراحی و استقرار پایگاه پشتیبانی اطلاعات نت
	۴۰	مطالعه بر روی تدوین اطلس باد فراساحلی کشور	۱. پتانسیل سنجی و تکمیل و تدقیق اطلس باد فراساحلی در کشور
	۴۱	طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی فراساحلی	۱. طراحی و ساخت توربین بادی ۳ مگاواتی فراساحلی
	۴۲	مطالعه توسعه ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی	۱. مطالعه و امکان‌سنجی و برنامه‌ریزی انتقال توان در مناطق فراساحلی
	۴۳	مطالعه و ایجاد مراکز تست توربین بادی	۱. طراحی و راه‌اندازی مرکز تست توربین‌های بادی مگاواتی
	۴۴	مطالعه ساختار ادوات و ساخت و توسعه فنی ادوات توربین بادی	۲. طراحی و توسعه ادوات تست توربین‌های بادی مگاواتی و تجهیز مرکز تست
	۴۵	مطالعه بر روی انواع ذخیره سازها	۱. مطالعه سیستم‌های ذخیره‌ساز توربین بادی و انتخاب نوع متناسب با شرایط مناطق کشور

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی	۴۶	طراحی و ساخت نمونه اولیه ذخیره ساز	۱. طراحی و ساخت نمونه اولیه ذخیره‌ساز مناسب
	۴۷	بهینه سازی تکنولوژی ذخیره ساز	۱. مطالعه و بهینه‌سازی تکنولوژی ذخیره‌سازهای تولیدی بر اساس تکنولوژی روز دنیا
	۴۸	مطالعه بر روی روش های متصل و منفصل	۱. مطالعه سیستم های متصل و منفصل و شناسایی مناطق متناسب با هر روش
	۴۹	پیاده سازی و بهینه سازی روش های متصل و منفصل	۱. برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی روش های متصل و منفصل متناسب با شرایط بهره‌برداری هر منطقه ۲. پیاده سازی روش های متصل و منفصل جهت انتقال و توزیع نیرو
	۵۰	مطالعه و برنامه ریزی بازیافت	۱. مطالعه و شناسایی روش‌ها و سیستم‌های بازیافت مزارع توربین بادی مگاواتی
	۵۱	برنامه ریزی و پیاده سازی بازیافت توربین های بادی	۱. قانونگذاری در مورد نحوه اسقاط یا بازیابی و ارتقاء مزارع بادی فرسوده و تعیین مسئولین و متولیان این امر
	۵۲	تکمیل نقشه باد موجود و همکاری در تدقیق نقشه باد منطقه	۱. تدقیق اطلس باد کشور ۲. همکاری در تدقیق اطلس باد منطقه خاورمیانه
۵۳	مطالعه شبکه برق کشور و تعیین مناطق دوردست مستعد نصب توربین بادی	۱. برنامه‌ریزی برای گسترش شبکه های منفصل در مزارع بادی در مناطق روستایی بادخیز و مستعد و نیازمند توسعه شبکه برق	
۵۴	مطالعه بر روی الزامات پایگاه های هواشناسی و روش های پیش بینی باد	۱. مطالعه و نیازسنجی برای تجهیز پایگاه‌های هواشناسی با ملزومات و ادوات هواشناسی و بادسنجی دقیق	
۵۵	تجهیز پایگاه های پیش	۱. فراهم آوری ملزومات و ابزار و ادوات به روز یا تولید این	

حوزه کلان	شماره	اقدامات	پروژه‌های اجرایی
		بینی باد به منظور افزایش قابلیت اطمینان	ملزومات جهت افزایش دقت
	۵۶	مطالعه، استخراج الزامات و تغییر ساختار شبکه انتقال و توزیع	۱. برنامه‌ریزی جهت تعیین ساختار انتقال و توزیع متناسب با نیازمندی مناطق و با توجه به مکان مزارع بادی و خورشیدی در دست بهره‌برداری
	۵۷	مطالعه، مدل سازی و ایجاد تغییرات زیرساختی برای ایجاد شبکه برق هوشمند	۱. مطالعه و بررسی الزامات و فراهم آوری نیاز شبکه برای هوشمندسازی
	۵۸	مطالعه و به کارگیری روش های گوناگون کاهش قیمت برق	۱. مرور قوانین و امکان سنجی وضع قوانین جدید جهت کاهش قیمت برق

فصل ۳- زمان بندی و بودجه ریزی پروژه های مقدم

۳-۱- تخصیص منابع و زمان بندی

برنامه ریزی منابع با هدف اجرایی نمودن اقدامات تعریف شده صورت می پذیرد. این برنامه ریزی را باید قبل از اجرایی کردن اقدامات به انجام رساند. منظور از منابع مورد نیاز در این گام، دانش فنی، ابزارآلات و تجهیزات و منابع مالی است. در صورت وجود منابع مورد نیاز، برنامه ریزی منابع بیانگر چگونگی و اولویت بندی استفاده از آنها است. اما در شرایطی که منابع موجود نباشد، برنامه ریزی به معنی چگونگی دستیابی به منابع از طریق خرید، همکاری و یا تولید منابع مورد نیاز است.

در برنامه ریزی عملیاتی، تخصیص منابع و فرایند تصمیم گیری در مورد چگونگی به کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به ویژه در کوتاه مدت مشخص می گردد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه های اجرایی، فعالیت ها 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 می پذیرد:

الف) تجربه های 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 می پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد می شود و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می یابد. هرچند پایداری و قابل پیش بینی بودن گاه به عنوان نکات مثبت در بعضی از انواع برنامه های حمایتی برشمرده می شود، اما در عمل و به دلایل مختلف بهتر است این برنامه ها برای دوره های زمانی مشخص و محدود طراحی و اجرا شوند. از مهمترین مزایای محدود بودن زمان برنامه ها، می توان به روشن و محدود بودن بودجه مورد نیاز، فراهم شدن امکانات، ارزیابی بهتر نتایج و دستاوردها و امکان اصلاح، بازنگری و ایجاد تطابق بیشتر در برنامه ها با شرایط زمان اشاره کرد. بر این اساس، لازم است تا دوره زمانی اجرایی هر برنامه را در این گام مشخص نمود.

بر اساس نظرات خبرگان و تجربیات پیشین برگرفته از مطالعات تطبیقی، پروژه‌های اجرایی و زمان‌بندی مربوط به آن‌ها بر اساس جدول زیر ارائه می‌گردد. بدیهی است لازمه بودجه‌ریزی و برآورد منابع برای پروژه‌های مربوطه، مطالعات دقیق‌تر و برنامه‌ریزی توسط مجریان این پروژه‌هاست.

۳-۱-۱- تخصیص منابع و زمان‌بندی پروژه‌های تعریف شده در بهره‌برداری از انرژی باد کشور

جدول ۳-۱- تخصیص منابع و زمان‌بندی پروژه‌های اجرایی مربوط به بهره برداری از انرژی باد کشور

زمان‌بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	بررسی ضرورت جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر	۱	آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	برنامه‌ریزی و تعیین سهم برق بادی از سبد انرژی‌های کشور	۲	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	بازنگری سیاست‌های احداث مزارع بادی توسط بخش خصوصی، پیگیری نحوه اجراء قانونگذاری یا بازنگری قوانین و نظارت بر روند احداث و بهره‌برداری از این مزارع	۳	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	برنامه ریزی برای افزایش آگاهی جامعه با اطلاع رسانی از طریق رسانه های ارتباط جمعی	۴	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	شناسایی، برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی راهکارهای تشویقی برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی از طریق اعمال سیاست‌های قیمتی، خرید تضمینی و حمایت‌های بانکی	۵	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	برنامه ریزی پشتیبانی و حمایت مالی پژوهشگران و سازندگان فناوری‌های انرژی پاک بالاخص بادی	۶	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	شناسایی و اقدام جهت عضویت در تشکل‌های بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر	۷	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	ایجاد و بهره‌برداری از مرکز تخصصی برنامه ریزی و پایش نقشه راه توربین بادی	۸	

زمان بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	برنامه‌ریزی و احداث ساختمان‌های دولتی سبز که انرژی مورد نیاز در آن منحصراً از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین گردد.	۹	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	برنامه‌ریزی احداث سمبلیک شهر سبز که انرژی مورد نیاز در آن منحصراً از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌گردد.	۱۰	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	مطالعه، بررسی و شناسایی مراکز اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای در کشور و امکان سنجی کاهش اثرات مخرب این مراکز با تغییر ساختار آن‌ها و یا با اعمال قوانین مالیاتی و به کارگیری منابع حاصل از این درآمد جهت توسعه پروژه‌های حفاظت از محیط زیست	۱۱	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	بررسی اثرات زیست محیطی نامطلوب توربین بادی در مناطق مختلف کشور و برنامه‌ریزی برای کنترل این اثرات	۱۲	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	برنامه‌ریزی اقتصادی و فنی توسعه صنایع وابسته به توربین بادی	۱۳	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	مطالعه ظرفیت‌های صنعتی کشور مرتبط با توربین بادی و امکان‌سنجی بومی‌سازی قطعات منتخب	۱۴	
۷۲ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۵	برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی طرح گسترش صنایع بومی توربین بادی	۱۵	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	برنامه‌ریزی جهت اجرای روش‌های توسعه و بهبود فرآیند به منظور انطباق تولیدات حوزه توربین بادی با استانداردهای مورد نیاز	۱۶	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	مطالعه و بررسی ظرفیت‌های تخصصی مورد نیاز در صنعت توربین بادی	۱۷	

زمان بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	برنامه‌ریزی جهت ایجاد رشته‌های تخصصی مرتبط با ظرفیت‌های تخصصی مورد نیاز در صنعت در دانشگاه‌های کشور	۱۸	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	بررسی نیروی کار مورد نیاز در صنایع وابسته توربین بادی و انرژی باد، و برنامه‌ریزی برای تربیت نیروی متخصص این حوزه	۱۹	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	توسعه نرم‌افزار طراحی (و محاسبات بار) توربین‌های بادی مگاواتی	۲۰	تکنولوژی توربین بادی
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت پره توربین بادی دو مگاواتی ملی	۲۱	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت پره توربین بادی سه مگاواتی ملی	۲۲	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت پره توربین بادی پنج مگاواتی ملی	۲۳	
۴۸ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۵	بررسی مواد و انتخاب مواد بهینه و هوشمند در سازه پره به ویژه جهت چیره شدن بر مشکل خستگی در سازه پره	۲۴	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۲ مگاواتی	۲۵	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۳ مگاواتی	۲۶	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت گیربکس توربین بادی ۵ مگاواتی	۲۷	
۴۸ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۵	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی‌سازی آن در ساخت گیربکس	۲۸	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۲ مگاواتی	۲۹	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۳ مگاواتی	۳۰	

زمان بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت هاب و ناسل توربین بادی ۵ مگاواتی	۳۱	
۴۸ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۵	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی‌سازی آن در ساخت ناسل و هاب	۳۲	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۲ مگاواتی	۳۳	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۳ مگاواتی	۳۴	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ۵ مگاواتی	۳۵	
۴۸ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۵	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی‌سازی آن در تولید ژنراتور	۳۶	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۲ مگاواتی	۳۷	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۳ مگاواتی	۳۸	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت سیستم کنترل توربین بادی ۵ مگاواتی	۳۹	
۲۴ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۵	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و برنامه‌ریزی کاربردی‌سازی آن در ساخت سیستم کنترل	۴۰	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۲ مگاواتی	۴۱	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۳ مگاواتی	۴۲	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	طراحی و ساخت کانورتر توربین بادی ۵ مگاواتی	۴۳	
۴۸ ماه	بررسی روش‌های بهبود تکنولوژی و	۴۴	

زمان بندی	پروژه های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۱۴۰۱-۱۴۰۵	برنامه ریزی کاربردی سازی آن در ساخت کانورتر		
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	بررسی روش های بهبود تکنولوژی و برنامه ریزی کاربردی سازی آن در ساخت برج	۴۵	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	طراحی نمونه توربین بادی ۳ مگاواتی بدون گیربکس	۴۶	
۱۲ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۶	طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی ۲۵ کیلوواتی	۴۷	
۱۲ ماه ۱۳۹۶-۱۳۹۷	طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی	۴۸	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	برنامه ریزی تولید انبوه توربین بادی ۲۵ کیلوواتی	۴۹	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	برنامه ریزی تولید انبوه توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی	۵۰	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	طراحی و ساخت نمونه توربین بادی ۳ مگاواتی	۵۱	
۲۴ ماه ۱۳۹۷-۱۳۹۹	طراحی و ساخت نمونه توربین بادی ۵ مگاواتی	۵۲	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۱۰	برنامه ریزی تولید انبوه توربین بادی ۳ مگاواتی	۵۳	
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۱۰	برنامه ریزی تولید انبوه توربین بادی ۵ مگاواتی	۵۴	
۳۶ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۷	طراحی و ساخت نمونه توربین بادی بیش از ۵ مگاوات	۵۵	
۳۶ ماه ۱۴۰۷-۱۴۱۰	برنامه ریزی تولید انبوه توربین بادی بیش از ۵ مگاوات	۵۶	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	تحلیل ساختار توربین با هدف مقاوم سازی و کاهش وزن و حجم با بهره گیری از علم مواد	۵۷	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	مطالعه ساختار توربین های بادی مگاواتی با هدف توسعه نسل جدیدی از توربین ها	۵۸	

زمان بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	مطالعه و بررسی امکانات و زیرساخت‌های کشور جهت حمل و نقل توربین مگاواتی و برنامه‌ریزی توسعه آن	۵۹	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	مطالعه و طراحی مفهومی فونداسیون توربین‌های بادی مگاواتی ساحلی و فراساحلی	۶۰	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	مطالعه و بررسی امکانات و زیرساخت‌های کشور جهت نصب توربین‌های بادی مگاواتی در سایت‌های دارای پتانسیل و برنامه‌ریزی توسعه آن	۶۱	
۲۴ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۷	مطالعه و دستیابی به اتوماسیون نصب	۶۲	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	برنامه‌ریزی دستیابی به تکنولوژی نگهداری و تعمیرات توربین‌های بادی و تهیه ادوات آن	۶۳	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	برنامه‌ریزی کیفی و کمی نیروی انسانی نگهداری و تعمیرات مورد نیاز و تربیت آن	۶۴	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	طراحی و توسعه بانک اطلاعات نت توربین‌های بادی همگام با تکنولوژی روز دنیا	۶۵	
۷۲ ماه ۱۴۰۱-۱۴۰۷	طراحی و استقرار پایگاه پشتیبانی اطلاعات نت	۶۶	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	پتانسیل سنجی و تکمیل و تدقیق اطلس باد فراساحلی در کشور	۶۷	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	طراحی و ساخت توربین بادی ۳ مگاواتی فراساحلی	۶۸	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	مطالعه و امکان‌سنجی و برنامه‌ریزی انتقال توان در مناطق فراساحلی	۶۹	
۴۸ ماه	طراحی و راه‌اندازی مرکز تست توربین‌های	۷۰	

زمان بندی	پروژه‌های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۱۳۹۵-۱۳۹۹	بادی مگاواتی		حوزه کلان مربوطه
۷۲ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۳	طراحی و توسعه ادوات تست توربین های بادی مگاواتی و تجهیز مرکز تست	۷۱	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	مطالعه سیستم‌های ذخیره‌ساز توربین بادی و انتخاب نوع متناسب با شرایط مناطق کشور	۷۲	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	طراحی و ساخت نمونه اولیه ذخیره‌ساز مناسب	۷۳	
۱۰۸ ماه ۱۴۰۱-۱۴۱۰	مطالعه و بهینه‌سازی تکنولوژی ذخیره‌سازهای تولیدی بر اساس تکنولوژی روز دنیا	۷۴	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	مطالعه سیستم های متصل و منفصل و شناسایی مناطق متناسب با هر روش	۷۵	
۷۲ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۳	برنامه‌ریزی برای پیاده‌سازی روش های متصل و منفصل متناسب با شرایط بهره‌برداری هر منطقه	۷۶	
۸۴ ماه ۱۴۰۳-۱۴۱۰	پیاده سازی روش های متصل و منفصل جهت انتقال و توزیع نیرو	۷۷	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	مطالعه و شناسایی روش‌ها و سیستم‌های بازیافت مزارع توربین بادی مگاواتی	۷۸	
۴۸ ماه ۱۳۹۷-۱۴۰۱	قانونگذاری در مورد نحوه اسقاط یا بازیابی و ارتقاء مزارع بادی فرسوده و تعیین مسئولین و متولیان این امر	۷۹	
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	تدقیق اطلس باد کشور	۸۰	آماده‌سازی زیرساخت‌های فنی
۴۸ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۹	همکاری در تدقیق اطلس باد منطقه خاورمیانه	۸۱	
۲۴ ماه ۱۳۹۵-۱۳۹۷	برنامه‌ریزی برای گسترش شبکه های منفصل در مزارع بادی در مناطق روستایی بادخیز و مستعد و نیازمند توسعه شبکه برق	۸۲	
۴۸ ماه	مطالعه و نیازسنجی برای تجهیز پایگاه‌های	۸۳	

زمان بندی	پروژه های اجرایی	ردیف	حوزه کلان مربوطه
۱۳۹۵-۱۳۹۹	هواشناسی با ملزومات و ادوات هواشناسی و بادسنجی دقیق		
۲۴ ماه ۱۳۹۹-۱۴۰۱	فراهم آوری ملزومات و ابزار و ادوات به روز یا تولید این ملزومات جهت افزایش دقت	۸۴	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	برنامه ریزی جهت تعیین ساختار انتقال و توزیع متناسب با نیازمندی مناطق و با توجه به مکان مزارع بادی و خورشیدی در دست بهره برداری	۸۵	
۷۲ ماه ۱۳۹۵-۱۴۰۱	مطالعه و بررسی الزامات و فراهم آوری نیاز شبکه برای هوشمندسازی	۸۶	
۱۳۹۵-۱۴۱۰	مرور قوانین و امکان سنجی وضع قوانین جدید جهت کاهش قیمت برق	۸۷	

فصل ۴- نگاشت نهادی، تعیین بازیگران اصلی و مجریان اقدامات

۴-۱- سیستم نوآوری و نگاشت نهادی

۴-۱-۱- سیستم نوآوری

نوآوری فرایندی پیچیده است که فعالیت‌های اجزای متعددی را می‌طلبد و این اجزاء روابطی پیچیده با هم دارند. وجود این روابط پیچیده ما را ملزم می‌سازد به نوآوری دیدگاهی سیستماتیک داشته باشیم. مهمترین وظیفه هر سیستم نوآوری، تولید، انتشار و کاربرد فناوری است؛ بنابراین ویژگی اصلی این سیستم، توانایی اجزاء آن در تولید و انتشار فناوری‌هایی است که ارزش اقتصادی دارند. ویژگی‌های پویای سیستم (یعنی استحکام، انعطاف پذیری، توان تغییر و واکنش به تغییرات محیطی) از مهمترین ویژگی‌های سیستم نوآوری است. تحقیقات نشان داده است که ظرفیت خلق و به‌کارگیری دانش، مهمترین عامل افزایش توان رقابتی شرکت‌ها، صنایع و کشورهاست. در حقیقت یادگیری مهمترین ساز و کار انباشت دانش، نوآوری و رشد است. این دانش در سازمان به وجود می‌آید منتها تعامل آن‌ها با دیگر سازمان‌ها و (حضور نظام ملی نوآوری)، نقش بسیار مهمی در فرآیند خلق و انتشار دانش ایفا می‌کند. اساسا سیستم نوآوری، برای مواجهه با این پیچیدگی ارائه شده است. از مطرح شدن راهکار سیستم نوآوری حدود دو دهه می‌گذرد و معرفی اولیه آن توسط فریمن (۱۹۸۷)، لاندوال (۱۹۹۲)، و نلسون (۱۹۹۳) صورت گرفته است. سیستم‌های نوآوری به عوامل تعیین کننده در نوآوری پرداخته و به پیامدهای آن اشاره نمی‌کنند. در ابتدا تاکید اولیه روی سیستم نوآوری ملی بود ولی به دنبال آن اشکال صنعتی و منطقه‌ای نیز مطرح شد. معمولا تحلیل سیاست‌ها و عملکرد فناوری بر ورودی‌ها و خروجی‌ها متمرکز شده‌اند و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها استاندارد شده است. این شاخص‌ها اگرچه اطلاعات مهمی در مورد محتوا و جهت‌گیری تلاش‌های تکنولوژیکی ارائه می‌کنند اما قابلیت آنها در اندازه‌گیری نوآوری در سطح ملی محدود است. شاخص‌های موجود تنها تصویر لحظه‌ای و محدود از توسعه فناوری را نشان می‌دهند و در مورد جهت‌گیری‌های نوآوری، رشد و بهره‌وری، توضیحات قانع کننده‌ای ارائه نکردند. تئوری‌های جدید بر اهمیت تعامل و پیوند اجزاء درگیر در توسعه فناوری تاکید می‌کنند و همین تئوری‌ها زمینه‌ساز پیدایش مفهوم سیستم نوآوری شدند. مفهوم سیستم نوآوری بر این اصل استوار است که شناسایی تعامل و پیوند اجزاء درگیر در نوآوری کلید توسعه فناوری است. عملکرد نوآورانه هر کشور تا حد زیادی به نحوه ارتباط و بکارگیری اجزاء به‌عنوان یک سیستم یکپارچه دانش بستگی دارد. عملکرد فوری سیستم نوآوری خود در قالب نوآوری‌های محصول و فرآیند انتشار آن‌ها نشان می‌دهد و در نهایت آثارش در رفاه اجتماعی و توسعه ظاهر خواهد شد.

سیستم نوآوری می تواند ملی، منطقه ای، صنعتی و یا تکنولوژیکی باشند ولی خلق، انتشار و استفاده از دانش، وجه مشترک تمامی آنها است و نوآوری، حاصل تمامی اجزاء این سیستم است.

۴-۱-۲- خصوصیات سیستم نوآوری

فرایند نوآوری، فرآیند پیچیده ای است که نه تنها خلق، انتشار و ترکیب عناصر دانش را شامل می شود بلکه تبدیل این دانش به محصولات و فرایندهای تولیدی جدید را نیز در بر می گیرد. تبدیل تحقیقات پایه ای به کاربردی و توسعه و پیاده سازی محصولات و فرایندها به هیچ وجه از یک روند خطی تبعیت نمی کند و سازوکارهای بازخورد پیچیده و روابط تعاملی بین علم، یادگیری، تولید، سازمانها، سیاست و تقاضا از ویژگیهای اصلی تغییر آن به شمار می رود. تکامل تدریجی و طراحی عرفهای جدید، ساختار و قواعد سازمانها در تدوین استراتژی توسعه کشور، از محرکهای اصلی سیستم نوآوری به شمار می روند. تعامل و همکاری از مشخصه های اصلی سیستم نوآوری است و این سیستم تاکید بسیاری بر فرایند یادگیری سیستمی دارد.

۴-۱-۳- اجزای اصلی سیستمهای نوآوری و روابط میان آنها

تقسیم بندی اجزاء سیستم های نوآوری به سه شکل صورت پذیرفته است:

۱- تقسیم بندی در سه سطح دولت، دانشگاه و مراکز پژوهشی صنعت

۲- تقسیم بندی به سازمانها و عرفها: سازمانها و عرفها اجزاء اساسی و اصلی سیستم های نوآوری هستند. منظور از سازمانها، ساختارهای رسمی با مقصودهای مشخصی هستند که آگاهانه ایجاد شده اند. سازمانها بازیگران سیستم های نوآوری هستند. از سازمانهای مهم در سیستم نوآوری می توان به شرکتهای دولتی و خصوصی، دانشگاهها، سازمانهای سرمایه گذاری و مالی و ادارات دولتی و ... مرتبط با سیاست نوآوری اشاره کرد. عرفها شامل عادات مشترک، روتینها، رسومات جا افتاده، قواعد و قوانینی هستند که روابط و تعاملات افراد، گروهها و سازمانها را تنظیم می کنند و به عبارتی قواعد بازی هستند. سازمانها، عرفها را ایجاد می کنند و عرفها نیز مبنایی برای شکل گیری سازمانها هستند. همین طور ممکن است بین عرفهای مختلف نیز تعاملات مهمی صورت پذیرد.

۳- از دیدگاهی ۹ عنصر را به عنوان اجزاء سیستم ملی نوآوری معرفی کرده اند:

۱. عناصر ساختار: شامل ترکیب صنعت، رقابت، ساختار هزینه، دسترسی به بازار، منابع طبیعی، مالکیت خارجی، جهانی شدن، اندازه شرکت‌ها، شبکه‌ها، خوشه‌های صنعتی، صادرات گرای
۲. چارچوب قانونی و مقرراتی: شامل فضای مقرراتی، حمایت مالکیت معنوی
۳. فرهنگ نوآورانه/کارآفرینانه: شامل منابع انسانی، نظام‌های تعلیم و تربیت و عوامل بیرونی
۴. محرک‌های نوآوری: شامل سیاست‌ها و برنامه‌های دولت، صندوق سرمایه ریسک پذیر، مراکز پژوهشی
۵. زیر ساخت‌های نوآوری: شامل قطب‌های علمی، آژانس‌های نوآوری دولتی، سفارتخانه‌ها و پارک‌های فناوری
۶. اعتبارات مالی
۷. انتشار اطلاعات
۸. مکانیزم‌های انتقال و انتشار فناوری
۹. حمایت برای تجاری سازی

۴-۱-۴- کارکردها و فعالیت‌های نظام ملی نوآوری

برای شکل گیری کارآمد زنجیره خلق، نشر و به‌کارگیری دانش در هر نظام نوآوری، باید وظایف و فعالیت‌های تمامی اجزای سیستم، تبیین و تعیین گردند. منظور از کارکردهای نظام نوآوری، فعالیت‌های کلی آن یا حلقه‌های زنجیر دانش، از خلق ایده تا تجاری سازی و بازاریابی است. این کارکرد سیستم ممکن است، توسط سازمان‌ها یا بازیگران مختلف (نظیر مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاهها و ۰۰۰) انجام شود. از دیدگاه دیگر مهمترین کارکرد یا کارکرد کلی هر نظام نوآوری: تولید، انتشار و کاربرد نوآوری است.

لیو وایت در تازه ترین تحقیقات خودبه بحث فعالیت‌های نظام نوآوری پرداخته‌اند. به نظر آن‌ها وظایف اصلی نظام نوآوری خلق، انتشار و بهره برداری از نوآوری تکنولوژیکی می باشد.

لیو وایت همچنین ۵ کارکرد اساسی را برای هر سیستم نوآوری مشخص کرده‌اند که عبارتند از:

- تحقیقات (اعم از بنیادی، توسعه ای و کاربردی)
- پیاده سازی (ساخت)
- کاربری نهایی (مشتریان محصولات یافرآیند)
- پیوند (گردآوری دانش تکمیلی)
- آموزش

طبق نظر سازمان توسعه و همکاری اقتصادی کارکردهای نظام ملی نوآوری به صورت زیر تقسیم بندی می شود:

- هدایت ورهبری
- انتشار تکنولوژی
- انجام تحقیقات و توسعه
- وارتقای کارآفرینی تکنولوژی
- تأمین بودجه تحقیق و توسعه
- توسعه نیروی انسانی

از نظر جانسون کارکردهای سیستم نوآوری ملی عبارتند از:

۱. ایجاد دانش جدید
۲. جهت دهی به فرآیند تحقیقات
۳. تامین منابع
۴. تسهیل در ایجاد منافع جانبی مفید
۵. کمک به شکل گیری بازارهای جدید

روابط میان اجزاء و کارکردهای سیستم نوآوری فعالیتها توسط سازمان ها انجام می شود و عرفها چارچوب انگیزشی برای این فعالیتها را فراهم می کنند. هر فعالیتی می تواند توسط سازمانهای مختلف انجام شود. مثلا تحقیقات یا خلق دانش جدید می تواند توسط موسسات تحقیقاتی، دانشگاهها و... صورت پذیرد. به علاوه اغلب اجزاء می توانند بیش از یک کارکرد داشته باشند. به عنوان مثال خروجی دانشگاهها هم دانش جدید است و هم نیروی انسانی متخصص .

۴-۱-۵- انواع نگاشت ها و نگاشت نهادی

در جدول زیر ابتدا به ذکر انواع نگاشتها و کاربردهای هریک و سپس به نگاشت نهادی می پردازیم.

جدول ۴-۱- انواع نگاشتها و کاربردهای هریک

انواع نگاشتها	کمکها و کاربردها
نگاشت دانش	<p>۱- تعریف برنامه‌های تحقیقاتی با هدف پر کردن شکافهای موجود در دانش و فناوری فعلی.</p> <p>۲- تصمیم‌گیری در مورد فعالیتهای مرتبط با فناوری.</p> <p>۳- طراحی ساختارهای مبتنی بر دانش با انگیزه دسترسی سریع و راحت به دانش خاص.</p> <p>۴- برنامه‌ریزی آموزشی بر اساس تغییرات محتوای دانش در یک رشته علمی معین.</p>
نگاشت مسیر	<p>ارائه بینش و دیدگاه مشترک در مورد کسب و کار در طی زمان در زمینه فرایندهای مشتری مداری؛ خلق محصول؛ مدیریت افراد و فناوری</p>
نگاشتهای حاصل از داده کاوی	<p>ارائه اطلاعات مفیدی در مورد چشم انداز نوآوریهای ویژه فناوری با دو هدف زیر:</p> <p>۱- نگاشت اطلاعات اصلی حاصل از مجموعه های بزرگ چکیده موضوعات مورد علاقه.</p> <p>۲- یک شاخص ترسیمی که اطلاعات حاصل از چنین مجموعه چکیده را با اطلاعات خارجی ترکیب می‌کند.</p>
نگاشت نهادی	<p>به بررسی و مطالعه سیستم نوآوری پرداخته می‌شود، میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در نظام نوآوری ترسیم و چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین می‌شود و ضمناً نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در سیستم نوآوری به دست می‌آید.</p>

یکی از اقدامات اساسی در جهت تقویت زیر ساخت‌های لازم، اطمینان از حضور تمامی اجزاء لازم سیستم نوآوری، یا کمک به شکل گیری آنهاست. سوالی که اینجا مطرح می شود اینست که آیا چارچوب استاندارد برای زیر ساخت سیستم وجود دارد یا نه؟ یکی از ابزارهای ساده ولی بسیار مفید که توسط سیاست‌گذاران سیستم های نوآوری با این هدف مورد استفاده قرار می گیرد، نگاشت نهادی است. در این چارچوب ابتدا فعالیت‌های لازم را فهرست کرده و در یک ماتریس آن‌ها را به نهادهای مسئول تطبیق می دهیم و به این صورت به خلاءهای موجود پی می بریم. درکل می توان گفت نگاشت نهادی ماتریسی است که سطرهای آن نشان‌دهنده کارکردها و فعالیت‌ها و ستون‌های آنها نشان‌دهنده نهادهای ملی هستند، محتوای این ماتریس مشخص می کند هر نهاد چه فعالیت‌هایی را انجام می دهد و هر فعالیت توسط چه نهادهایی انجام می شود. 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 تبیین شده 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.

۴-۱-۵-۱- روش شناسی تعیین نگاشت نهادی صنعت باد کشور

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 بهره برداری از انرژی باد کشور 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.

جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا باید کلیه بازیگران حوزه انرژی باد کشور شناسایی شوند، لازمه انجام این مهم، 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 با توجه 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 به عنوان درونداد، قابلیت تحریک و رشد در سایر حوزه‌ها را دارند
- حوزه‌هایی که بیشترین سرریز مثبت را برای سایر حوزه‌ها داشته باشند
- 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 حوزه‌های اثر و بازیگران اصلی بیان شده، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری‌ها ترسیم می‌شود. در بخش بعد، با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده متولیان و مجریان پروژه‌های اجرایی مشخص می‌شوند.

۴-۲- روش شناسی تعیین حوزه‌های اثر، بازیگران اصلی و مجریان اقدامات

ساختار صنعت را از روش‌ها و الگوهای متفاوتی می‌توان بررسی نمود. در این گزارش برای این منظور روش‌هایی مانند مدل پنج نیروی پورتر، شناخت ساختار با الگوی بخشی نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به چگونگی عملکرد این مدل‌ها با وضعیت موجود، بهترین مدل برای این منظور الگوی ترکیبی انتخاب گردید حال به بررسی اجمالی هر یک از این مدل‌ها پرداخته میشود.

۴-۲-۱- مدل‌های بررسی ساختار صنعت

۴-۲-۱-۱- پنج نیروی پورتر

نیروهای رقابتی پورتر که به پنج نیروی رقابتی^۲ شناخته میشوند، توسط مایکل پورتر مطرح شده است. با استفاده از این پنج

نیروی رقابتی میتوان به تحلیل وضعیت صنعت پرداخت و میزان جذابیت یک صنعت را تحلیل نمود. این پنج نیرو عبارتند از:

۱. شدت رقابت بین رقبای فعلی

۲. خطر ورود رقبای بالقوه (تهدید تازه واردان)

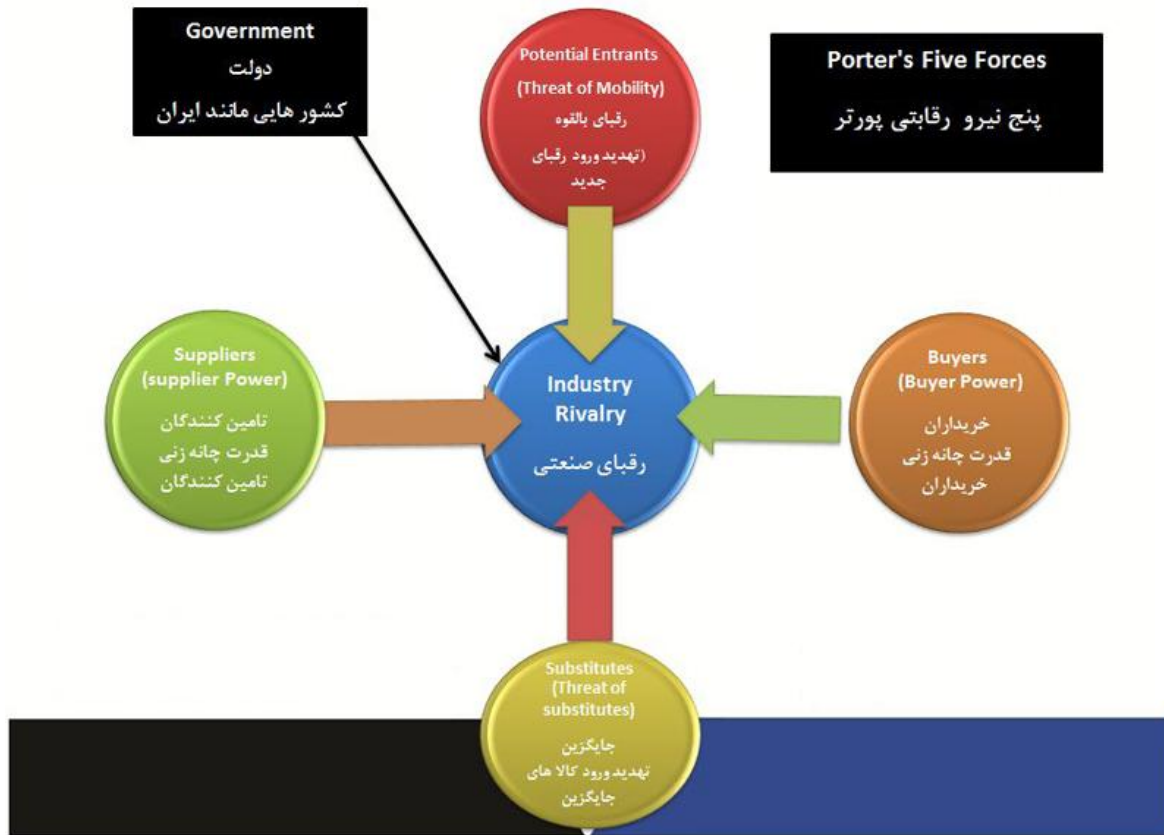
۳. قدرت چانه زنی عرضه کنندگان

۴. قدرت چانه زنی مشتریان

۵. تهدید ورود محصولات جایگزین

استراتژی رقابتی بدون شناخت ساختار صنعت و رقبا ممکن نیست. شکل زیر شمایی از پنج نیروی پورتر را

نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- پنج نیروی پورتر

در پارهای از موارد نیروی ششم نیز به این نیروها اضافه می شود. نیروی ششم " دولت " است . لازم به ذکر است، که با توجه به ساختار اقتصاد دولتی در ایران و نقش مهم در کسب و کار، اضافه کردن عنصر ششم اهمیت خاصی دارد. هرچند در اقتصاد ایران، در سایر نیروها نیز دیده میشود. در ایران دولت که رقیب فعلی بسیاری از کسب و کارها است، میتواند رقیب بالقوه ی قدرتمندی برای کسب و کارهای جدید باشد. در برخی مواقع، دولت به عنوان خریدار بسیاری از کالاها و خدمات، قدرت چانه زنی بالایی دارد و خود عرضه کننده بسیاری از کالاها و خدمات دیگر است. کمتر ساختار اقتصادی در دنیا را سراغ داریم، که در آن دولت رقیبی برای کسب و کارهای بخش خصوصی باشد. این مدل برای تجزیه و تحلیل تولیدکنندگان و تأمین کنندگان و صنعتکاران صنایع مختلف، مدل مناسبی است ولی نواقصی دارد که از آن نمی توان برای تجزیه و تحلیل کل صنعت استفاده کرد. به عنوان مثال این مدل، عناصر ستادی هر صنعتی را نادیده می گیرد. از طرفی چون هدف اصلی این گزارش شناسایی بازیگران ستادی صنعت باد کشور است و به تولیدکنندگان و صنعت کاران این صنعت نمی پردازد، این مدل مناسبی برای استفاده در این تحقیق نمی باشد.

۴-۲-۱-۲- الگوی کارکردهای نظام بخشی نوآوری (SIS)

برای تجزیه و تحلیل صنعت از روش‌های دیگری نیز می‌توان استفاده نمود. مانند روش الگوی نظام بخشی نوآوری؛ که با توجه به این روش ابتدا به شناسایی عوامل اصلی آن صنعت و نقش هر کدام در آن بخش پرداخته می‌شود. با توجه به این الگو، برای شناخت ساختار صنعت باد کشور باید بخش‌های سه گانه زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

- بازیگران اصلی
- نهادها (قوانین و مقررات)
- نقش هر بازیگر در صنعت مربوطه

یک روش برای شناخت بازیگران اصلی صنعت استفاده از کارکردهای نظام نوآوری است. کارکردهای هفتگانه نظام نوآوری برای توسعه صنعتی با رویکرد نوآوری در هر یک از بخش‌های انرژی‌های نو به ویژه باد ضروری است. لازم به ذکر است که این کارکردها از یکدیگر مستقل نبوده و به طور نظام مند بر یکدیگر اثرگذار می‌باشند. در ادامه هر یک از این کارکردها، تشریح می‌گردند.

- کارکرد ۱: ساماندهی کارآفرینی و کارآفرینان

کارآفرینی از کارکردهای کلیدی و یکی از اجزای لاینفک سیستم‌های نوآوری می‌باشد. در واقع می‌توان نقش کارآفرینان را تبدیل دانش‌های نوین، شبکه‌ها و بازارهای بالقوه به کسب و کاری جدید برای یک فناوری نوظهور دانست. به بیان دیگر کارآفرینان بازیگرانی تازه وارد در یک بازار می‌باشند که با عملکرد خود فناوری جدید را توسعه داده و به کاربردهای آن تنوع می‌بخشند.

- کارکرد ۲: توسعه و تولید دانش

یکی دیگر از اجزای اصلی سیستم‌های نوآوری، خلق و یا یادگیری دانش می‌باشد. به طور کلی یادگیری در قالب چهار الگوی مختلف قابل تحقق می‌باشد: ۱. یادگیری در طی تحقیق، ۲. یادگیری در طی اجرا، ۳. یادگیری در طی به کارگیری و ۴. یادگیری در تعامل یادگیری در طی تحقیق یا همان R&D شامل فرآیندی نظام مند و سازمان یافته از فعالیت‌های تحقیقاتی می‌باشد که در مراکز پژوهشی انجام پذیرفته و با هدف دستیابی به دانشی جدید صورت می‌پذیرند. یادگیری در طی اجرا شامل افزایش مهارت‌های تولیدی در شرکت‌ها می‌باشد که در نهایت به بهبود کارایی عملیات تولید منجر می‌گردد. یادگیری در طی

به کارگیری، در زمان استفاده از فناوری رخ داده و می‌تواند منجر به کسب دانش هایی در مورد فناوری جدید گردد که از طریق فعالیت های پژوهشی و کتابخانه‌ها، قابل دستیابی نبوده است.

- کارکرد ۳: انتشار دانش

چهارمین عنصر یادگیری در تعامل و یا انتشار دانش می باشد. این کارکرد شامل انتقال دانش بین بازیگران مختلف یک سیستم نوآوری می‌باشد. به طور خاص در سیستم های نوآوری پیچیده، توسعه درون‌زای دانش توسط یک بنگاه یا یک بازیگر خاص امری بسیار دشوار بوده که تحقق آن مستلزم ارتباط دوسویه و تنگاتنگ عوامل مختلف و حتی تعامل رو در روی این عوامل با یکدیگر باشد. در حالت کلی می توان گفت فرآیند انتشار دانش نیازمند سلسله عواملی از جمله وجود علاقه فراگیر به یادگیری در بین بازیگران، برخورداری از هنجارهای لازم و حتی نزدیکی های جغرافیایی و وجود زبان و فرهنگ مشترک می‌باشد.

- کارکرد ۴: سیاست‌گذاری تحقیقاتی

به علت وجود محدودیت منابع در یک جامعه، آزمودن تمامی مسیرهای ممکن توسعه در فرآیند توسعه فناوری های جدید امری غیرممکن می‌باشد. از همین رو ضروری است مسیرهای خاص و از پیش تعیین شده ای به منظور جهت دهی به فعالیت های تحقیقاتی مشخص گردند. در این راستا می توان به عنوان نمونه به تدوین نقشه راه یک فناوری، تعیین چشم اندازهای توسعه توسط دولت از جمله مشخص کردن سهم یک انرژی خاص آینده و قراردادن استانداردهای ویژه برای آن اشاره نمود.

- کارکرد ۵: شکل دهی بازار

در کنار کارکرد کارآفرینی، وجود بازار یکی از ملزومات توسعه فناوری ها و محصولات می باشد. از آنجایی که ورود فناوری های جدید و رقابت آن ها با فناوری های موجود امری بسیار دشوار می باشد، شکل دهی یک بازار امن برای یک فناوری نوظهور به کمک سیاست هایی از جمله ارایه یارانه به آن و یا تعرفه گذاری برای آن جزء کارکردهای یک سیستم نوآوری به حساب می آید.

- کارکرد ۶: بسیج منابع برای توسعه صنعت

فراهم آوردن منابع لازم برای پشتیبانی فعالیت‌های مرتبط با توسعه فناوری اعم از مالی و انسانی یکی از کارکردهای ضروری یک سیستم نوآوری می‌باشد.

- کارکرد ۷: مشروعیت و جلب حمایت از سوی ذینفعان

مشروعیت در واقع پذیرش اجتماعی و قابل قبول بودن برای مؤسسات و سازمان‌های مرتبط می‌باشد. مشروعیت در واقع حقی نیست که داده شود، بلکه در طی اعمال آگاهانه توسط سازمان‌های مختلف و افراد در طی فرآیندی شکل می‌گیرد. برای تخمین مشروعیت یک سازمان، میتوان از همه‌پرسی، مصاحبه و داده‌های ثانویه استفاده کرد. به هر صورت مشروعیت، تقاضا و قانون را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در هر نظام جاری، وجود عواملی چون سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، وجود منافع مقرر و روندهای شکل یافته، حضور یک فناوری جدید را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد. در این راستا کارکرد کلیدی اتحادیه‌های پشتیبان، بازکردن فضایی در نظام موجود به منظور رشد فناوری نوظهور می‌باشد. از همین رو انتظار می‌رود این اتحادیه‌ها ضمن مشروعیت‌بخشی به فناوری جدید در بین ذینفعان کلیدی، بر مقاومت‌های موجود غلبه نموده و منابع کافی را به سمت آن هدایت نمایند.

با استفاده از کارکردهای فوق می‌توان بازیگران صنعت باد را مورد شناسایی قرار داد. با استفاده از این مدل می‌توان وجود یا عدم وجود نهادهای لازم برای انجام هر یک از کارکردهای فوق را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد که در ادامه سعی گردیده است این مهم صورت پذیرد.

۳-۴- تعیین حوزه‌های اثر و شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مختلف مرتبط با انرژی باد کشور

۳-۴-۱- الگوهای مورد استفاده در تعیین ساختار صنعت باد ایران

یکی از روش‌های شناسایی ساختار بیان می‌دارد که جهت تعیین ساختار، ابتدا بازیگران اصلی، نهادها، قوانین و مقررات و نقش هر یک از بازیگران شناسایی شود. در این گزارش برای شناخت بازیگران از الگوها و مدل‌های مختلفی استفاده شده است. مانند الگوی Triple Helix و نظام بخشی نوآوری. در قالب الگوی Triple Helix، سه نهاد دولت، دانشگاه و بنگاه با هم در تعامل هستند، ولی بنگاه، نقش تولید محصول را به عهده دارد و دانشگاه با تزریق دانش به صورت غیرمستقیم و دولت با سیاستگذاری

الگوی TH (Triple Helix) در سه نسخه TH_1, TH_2, TH_3 دسته‌بندی شده است. این الگو نهاد دولت، دانشگاه و بنگاه‌ها را از سه جنبه حاکمیتی، مراکز پژوهشی و دانشگاهی و صنعت کاران در نظر می‌گیرد. روش دیگر برای شناخت بازیگران اصلی صنعت استفاده از کارکردهای نظام نوآوری است. کارکردهای هفتگانه نظام نوآوری برای توسعه صنعتی با رویکرد نوآوری در هر یک از بخش‌های انرژی‌های نو به ویژه باد ضروری است. لازم به ذکر است که این کارکردها از یکدیگر مستقل نبوده و به طور نظام مند بر یکدیگر اثرگذار می‌باشند. کارکردهای هفتگانه به صورت زیر می‌باشند:

کارکرد ۱: ساماندهی کارآفرینی و کارآفرینان

کارکرد ۲: توسعه و تولید دانش

کارکرد ۳: انتشار دانش

کارکرد ۴: سیاست گذاری تحقیقاتی

کارکرد ۵: شکل دهی بازار

کارکرد ۶: بسیج منابع برای توسعه صنعت

کارکرد ۷: مشروعیت و جلب حمایت از سوی ذینفعان

از روش دیگری که با استفاده از تجزیه و تحلیل ساختار صنعت باد کشورهای دیگر بدست آمده است نیز می‌توان بازیگران اصلی صنعت باد را در نه دسته کلی تقسیم‌بندی نمود. این گروه‌ها عبارتند از نهادهای سیاست گذار که جهت‌دهی به فعالیت‌های مرتبط با توسعه صنعت را در سطح کلان برعهده دارند، شرکتهای سرمایه‌گذار که با سرمایه‌گذاری خود جهت سوددهی به فعالیت می‌پردازند، تأمین کنندگان مالی که عهده دار تأمین نقدینگی و سایر منابع مالی لازم برای توسعه پروژه‌های بادی بوده و این کار را معمولاً از طریق ارائه وام‌ها و تسهیلات بلندمدت انجام می‌دهند. مراکز علمی و پژوهشی که شامل مراکز تحقیق و توسعه و مراکز آموزش تخصصی و مراکز دانشگاهی می‌باشد. سازندگان توربین بادی که به طراحی، تست، ساخت و کمک به بهره‌برداری و نگهداری از توربین‌های بادی مبادرت ورزیده و شامل سازندگان توربین، تأمین کنندگان اولیه و تأمین کنندگان ثانویه می‌باشند. توسعه دهندگان پروژه‌های بادی که به ایجاد مزارع بادی پرداخته و عملیات مربوط به ساخت و ساز و بعضاً بهره‌برداری از این مزارع را نیز بر عهده می‌گیرند. بهره‌برداران مزارع بادی که مزارع بادی آماده بهره برداری که به شبکه برق اتصال یافته اند را در اختیار گرفته و اقدام به تولید برق و فروش آن به مشتریان می‌نمایند. بخش‌های خدماتی که به طور عمده

شامل بخش هایی چون آزمایشگاه های مرجع، شرکت های مرتبط با اتصال به شبکه، شرکت های عهده دار نگه داری و تعمیرات، مشاورین و بازرسان می باشد.

مشتریان که شرکت های خصوصی و یا دولتی هستند که برق تولیدی را خریداری نموده و با تأمین زیرساخت های لازم آن را به مصرف کننده نهایی می رساند.

از میان روش های فوق در این گزارش از روش ترکیبی استفاده شده است تا بتوان بازیگران اصلی صنعت باد را بدون صنعت کاران که در زنجیره ارزش به طور مفصل مورد شناسایی قرار گرفته اند، از ابعاد مختلف شناسایی نمود.

۴-۳-۲- شناسایی سازمان ها و نهادهای صنعت برق بادی ایران

در این بخش به بررسی نهادهای حاکمیتی و دولتی و مراکز پژوهشی و دانشگاهی که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم در بخش باد نقشی را ایفا می کنند پرداخته شده است و با توجه به الگوهای که در فصل قبل به تفصیل بحث گردید بازیگران این حوزه به صورت زیر شناسایی و طبقه بندی گردید.

ابتدا به نهادهای حاکمیتی و دولتی که توسط الگوی Triple Helix و کارکردهای IS در بخش باد کشور شناسایی شده اند

اشاره میگردد [۲]

۱. نهادهای حاکمیتی که به صورت جدول زیر شناسایی شده اند.

جدول ۴-۲- نهادهای دولتی مرتبط با انرژی باد کشور

<ul style="list-style-type: none"> • سازمان منابع طبیعی • شورای عالی انقلاب فرهنگی • شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) • وزارت علوم، تحقیقات و فناوری • دفتر همکاری های فن آوری ریاست جمهوری • وزارت صنایع • وزارت امور اقتصادی و دارایی • وزارت بازرگانی • وزارت نفت 	<ul style="list-style-type: none"> • نهاد رهبری (مجمع تشخیص مصلحت نظام) • مجلس • معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور • ستاد توسعه فناوری انرژی های نو • وزارت نیرو • شرکت توانیر • سازمان انرژی نو ایران (سانا) • سازمان توسعه برق • سازمان حفاظت محیط زیست
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

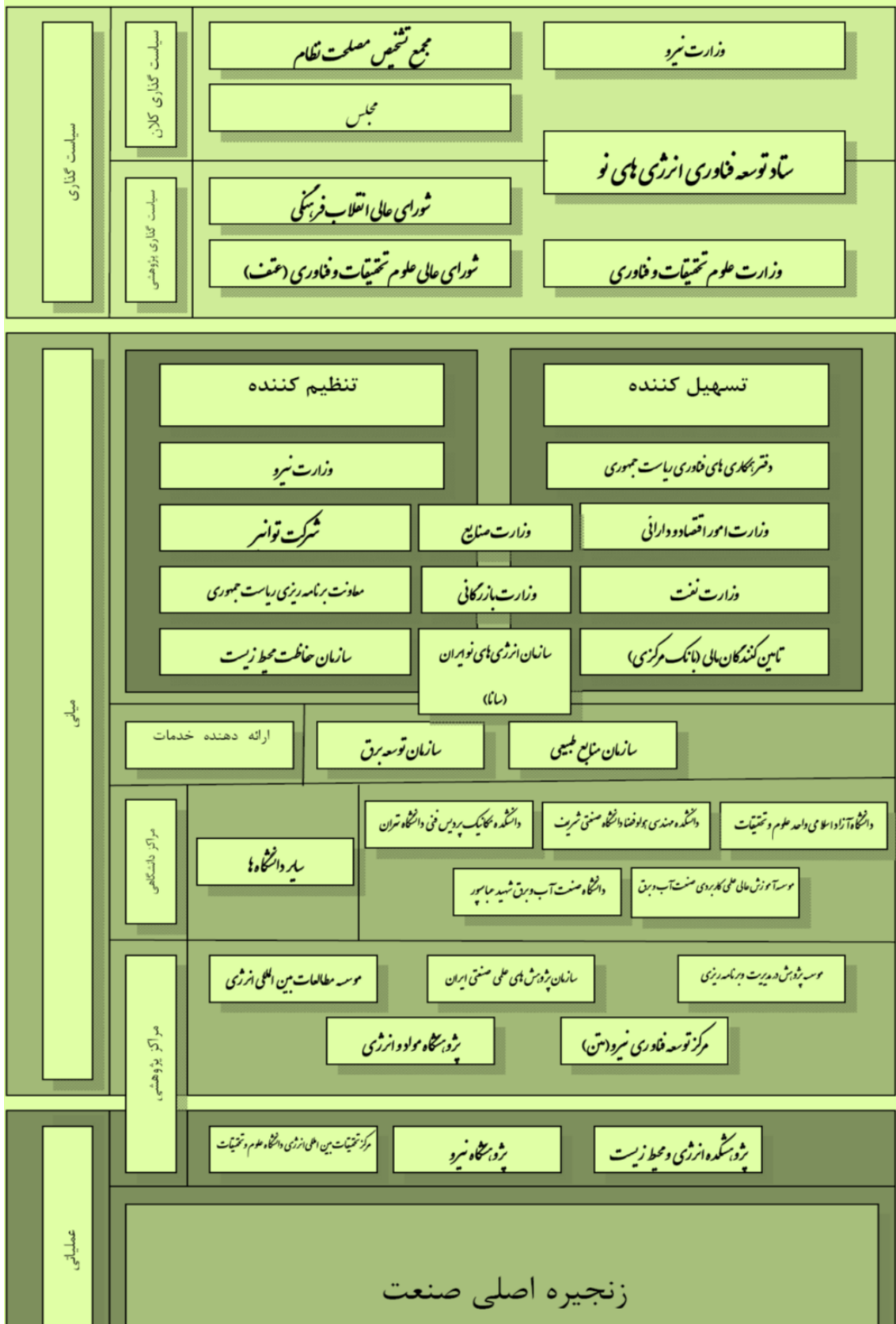
۲. مراکز پژوهشی و دانشگاهی که در صنعت برق بادی نقش دارند، به صورت زیر شناسایی شده اند:

جدول ۳-۴- مراکز پژوهشی و دانشگاهی مرتبط با انرژی باد کشور

<ul style="list-style-type: none"> • موسسه مطالعات بین المللی انرژی • دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور • مؤسسه آموزش عالی علمی-کاربردی صنعت آب و برق • دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی شریف • دانشکده مکانیک پردیس فنی دانشگاه تهران • دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات • سایر دانشگاهها 	<ul style="list-style-type: none"> • سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران • پژوهشگاه نیرو • مرکز توسعه فناوری نیرو (متن) • پژوهشگاه مواد و انرژی • پژوهشکده انرژی و محیط زیست • مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه ریزی انرژی • مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات (CEERS)
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

حال با توجه به این الگوها مراکز شناسایی شده به صورت شکل زیر طبقه بندی می گردند.

شکل ۳-۴- بازیگران اصلی صنعت برق بادی



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

طبق این دسته بندی نهاد رهبری، مجمع تشخیص مصلحت نظام، مجلس، وزارت نیرو و ستاد توسعه فناوری انرژی های نو با توجه به عملکرد و وظایفشان در دسته سیاست گذاری کلان انرژی های تجدیدپذیر قرار می‌گیرند و شورای عالی انقلاب فرهنگی، شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در دسته سیاست گذار پژوهشی قرار می‌گیرند.

در دسته میانی وزارت نیرو، شرکت توانیر، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور و سازمان حفاظت محیط زیست، در دسته نهادهای تنظیم کننده قرار دارند و وزارت امور اقتصادی و دارائی، دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری و وزارت نفت در دسته نهادهای تسهیل کننده قرار دارند و وزارت بازرگانی و وزارت صنایع هم نقش تنظیم کننده و هم نقش تسهیل کننده دارند. به همین جهت در هر دو دسته قرار می‌گیرند. سازمان توسعه برق و سازمان منابع طبیعی نیز در دسته ارائه دهنده خدمات قرار دارند

و سازمان انرژی های نو ایران (سانا) که کلیدی ترین سازمان در رابطه با انرژی های تجدید پذیر می‌باشد هر سه نقش تنظیم کنندگی، تسهیل کنندگی و ارائه دهندگی خدمات را به عهده دارد.

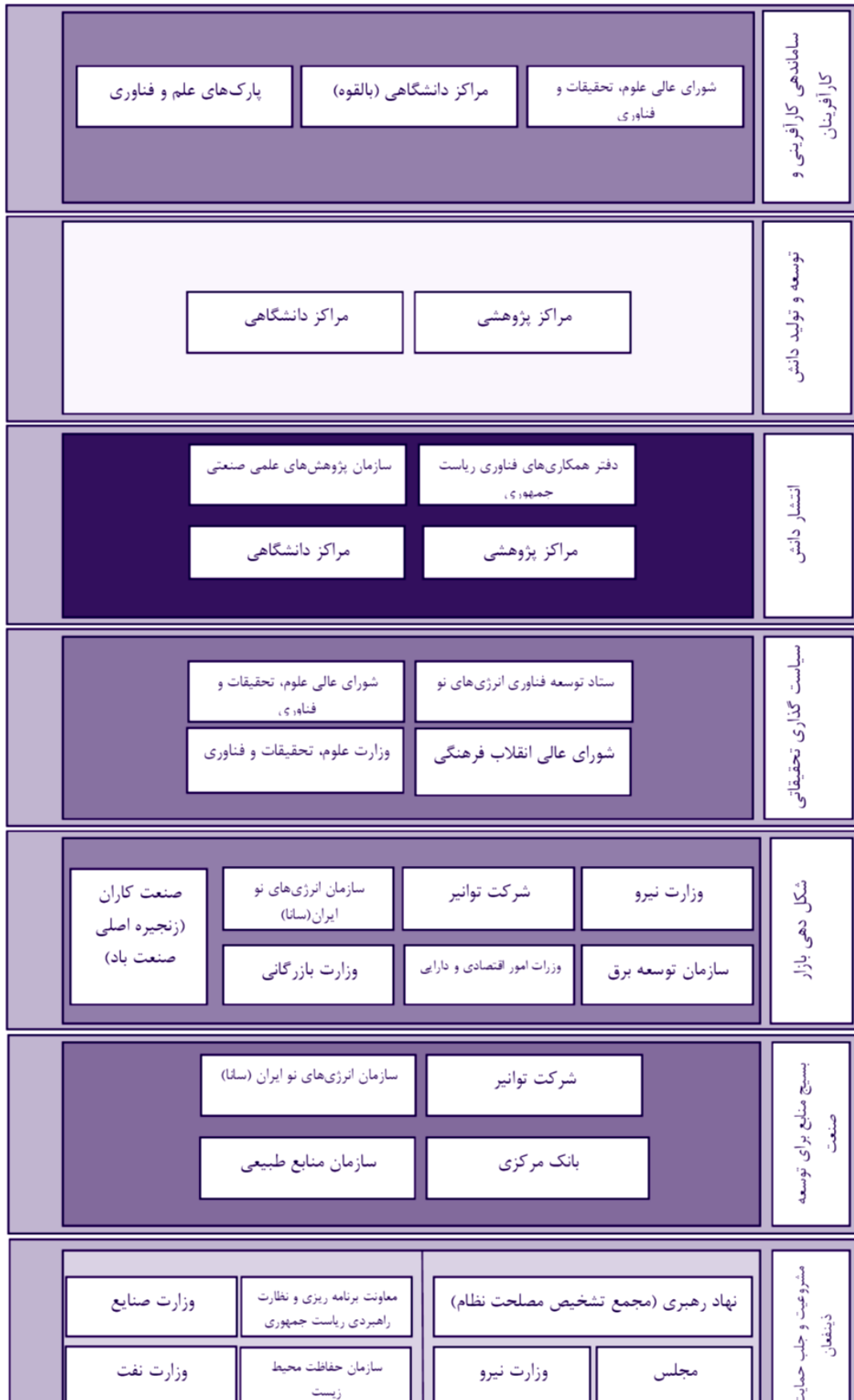
مراکز پژوهشی و دانشگاهی هم در رده میانی قرار دارند که این مراکز با نهادهای حاکمیتی و دولتی در تعامل می‌باشند.

۳-۳-۴- نگاشت نهادی صنعت باد کشور

اگر بخواهیم بر مبنای مدل نظام بخشی نوآوری بازیگران این صنعت را مورد شناسایی قرار دهیم می‌توان سازمان های شناسایی

شده در صنعت باد را به صورت نگاشت نهادی زیر تقسیم بندی نمود. [۲]

شکل ۳-۴- نگاشت نهادی صنعت برق بادی



در کارکرد ۱ که ساماندهی کارآفرینی و کارآفرینان است، مراکزی مانند شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری، مراکز دانشگاهی به صورت بالقوه و پارک‌های علم و فناوری جای دارند.

در کارکرد ۲ که توسعه و تولید دانش است، مراکز پژوهشی و دانشگاهی قرار گیرند.

در کارکرد ۳ که انتشار دانش است، دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری و سازمان پژوهش های علمی صنعتی شناسایی شده است. با توجه به کارکرد ۴ که سیاست گذاری تحقیقاتی می باشد، ستاد توسعه فناوری انرژی های نو و شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)، شورای عالی انقلاب فرهنگی و وزارت علوم تحقیقات و فناوری شناسایی شده اند. در کارکرد ۵ که شکل دهی بازار است، سازمان ها و مؤسساتی مانند وزارت نیرو، شرکت توانیر، وزارت بازرگانی، وزارت امور اقتصاد و دارایی، سازمان انرژی های نو ایران، سازمان توسعه برق و تولیدکنندگان و صنعت کاران و تمامی نهادها و مراکزی که در زنجیره اصلی صنعت قرار دارند؛ قرار خواهند گرفت. در کارکرد ۶ که بسیج منابع برای توسعه صنعت است، شرکت توانیر، سازمان انرژی های نو ایران، سازمان منابع طبیعی مورد شناسایی قرار گرفته اند و در کارکرد آخر که مشروعیت و قانون گذاری و جلب حمایت از سوی ذینفعان است نهاد رهبری (مجمع تشخیص مصلحت نظام)، مجلس و وزارت نیرو به عنوان قانونگذار و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، وزارت صنایع، ازمان حفاظت محیط زیست و وزارت نفت به عنوان مراکز جلب حمایت ذینفعان قرار خواهند گرفت.

در ادامه، ماتریس نهاد-کارکرد وضع موجود و سازمان ها و نهادهای مرتبط با صنعت باد کشور در جداول زیر آورده شده است:

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی های تجدیدپذیر و به ویژه باد
۱	سازمان تشخیص مصلحت نظام	سیاست گذار	تصویب سیاست های کلان مانند ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور
۲	مجلس	سیاست گذار	تصویب قوانین مرتبط از جمله طرح اصلاح الگوی مصرف
۳	وزارت نیرو	سیاست گذار و تنظیم کننده	-سیاست گذاری کلان، برنامه ریزی و خوداتکایی انرژی و توسعه انرژی های تجدیدپذیر -تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی های نو و ایجاد نیروگاهها از قبیل بادی و... - مطالعه، پژوهش و اجرای طرح های بهینه سازی مصرف انرژی کشور
۴	ستاد توسعه فناوری	سیاست گذار	- تدوین برنامه اولیه کوتاه مدت و بلندمدت توانمند سازی در

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه باد
	انرژی‌های نو		زمینه انرژی‌های نو - ارزیابی علمی و تخصصی شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر - تدوین اولویت‌های پژوهشی
۵	شورای عالی انقلاب فرهنگی	سیاست‌گذار در زمینه پژوهش	- اولویت‌گذاری پژوهشی در زمینه انرژی‌های نو در قالب نقشه جامع علمی کشور
۶	شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)	سیاست‌گذار در زمینه پژوهش	- ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌ها - اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرایی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری
۷	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	سیاست‌گذار در زمینه پژوهش	- نظارت بر دانشگاه‌های کشور که نقش مهمی در توسعه دانش انواع فناوری‌ها دارند - بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری - اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیردولتی
۸	شرکت توانیر	تنظیم‌کننده	- تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید برق - نظارت بر فعالیت‌های سانا در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر - تدوین و پیشنهاد تعرفه برای انواع مختلف تولید برق اعم از تجدیدپذیر و غیره
۹	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهور	تنظیم‌کننده	- حمایت از تولیدکنندگان بخش صنعت، بررسی و ارزیابی امکان اجرایی سازی پروژه‌ها
۱۰	سازمان حفاظت از محیط زیست	تنظیم‌کننده	- مطالعه و بررسی عوامل مخرب و آلاینده‌های مختلف محیط زیست - به‌کارگیری فناوری‌های سازگار با محیط زیست و ارائه دستورالعمل‌های زیست‌محیطی - تهیه و تدوین ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی برای تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر - انجام پروژه‌های CDM جهت کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه باد
۱۱	دفتر همکاری‌های فناوری ریاست‌جمهوری	تسهیل‌کننده	<ul style="list-style-type: none"> مطالعه در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پیشرفت 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 تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با منابع خارجی
۱۲	وزارت امور اقتصاد و دارایی	تسهیل‌کننده	<ul style="list-style-type: none"> تدوین سیاست‌های اقتصادی، بسترسازی سرمایه‌گذاری‌های خارجی در داخل کشور و تسهیل این نوع ارتباطات و بسترسازی تأمین وام برای توسعه بخش‌ها
۱۳	وزارت صنایع	تنظیم‌کننده و تسهیل‌کننده	<ul style="list-style-type: none"> صدور مجوزهای تأسیس و بهره‌برداری واحدهای صنعتی ایجاد بسترهای لازم برای شناخت و انتقال فناوری‌های نو
۱۴	وزارت بازرگانی	تنظیم‌کننده و تسهیل‌کننده	<ul style="list-style-type: none"> صادرات محصولات صنعت باد کشور و یا واردات بخشی از قطعات اولیه توربین‌های بادی مرتبط با برنامه‌ها و سیاست‌های اسن وزارتخانه جلب حمایت تولیدکنندگان توربین‌بادی در داخل و مصرف‌کنندگان برق بادی
۱۵	سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)	تنظیم‌کننده، تسهیل‌کننده و ارائه دهنده خدمات	<ul style="list-style-type: none"> مشارکت فعال در تدوین طرح ملی انرژی و استراتژی‌های انرژی‌های نو در کشور توسعه فناوری با انجام تحقیقات، پژوهش و اجرای پروژه‌ها سیاست‌پژوهی و انجام مطالعات مرتبط به منظور برنامه‌ریزی در خصوص چگونگی توسعه انرژی‌های نو فرهنگ‌سازی و تشویق جامعه به استفاده از انرژی‌های نو
۱۶	سازمان توسعه برق	ارائه دهنده خدمات	<ul style="list-style-type: none"> اجرای طرح نیروگاه‌های تجدیدپذیر بهره‌گیری از روش‌های نوین تأمین مالی طرح‌ها توسط سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
۱۷	سازمان منابع طبیعی	ارائه دهنده خدمات و تنظیم‌کننده	<ul style="list-style-type: none"> صدور مجوز استفاده از مراتع برای بهره‌برداران جهت احداث مزارع بادی
۱۸	سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران	توسعه و انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> ساخت و تجهیز آزمایشگاه مرجع بهره‌وری بهینه انرژی باد

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه باد
			- برگزاری جشنواره ملی خوارزمی و انتشار دانش فناوری‌های مختلف
۱۹	پژوهشگاه نیرو	توسعه و انتشار دانش	- بررسی، شناسایی و رفع نیازهای تحقیقاتی مورد نیاز وزرات نیرو - فراهم آوردن امکانات لازم و متناسب با برنامه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی مرتبط - بررسی شرایط بهره‌گیری از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر با توجه به پتانسیل کشور - طراحی توربین دو مگاواتی ملی - بهینه‌سازی مصرف انرژی
۲۰	مرکز توسعه فناوری نیرو (متن)	مرکز پژوهشی	- مدیریت طرح یکپارچه‌سازی واحدهای مختلف پروژه احداث پایلوت‌های انرژی سازگار با محیط زیست - احداث سایت انرژی‌های نو طالقان
۲۱	پژوهشگاه مواد و انرژی	مرکز پژوهشی	- فعالیت در زمینه انرژی بادی ساخت و مدل‌سازی توربین ۳ پره ساخت توربین‌های ۲ کیلووات خانگی و بومی‌سازی آن ساخت ژنراتور و پره
۲۲	پژوهشکده انرژی و محیط زیست	مرکز پژوهشی	
۲۳	موسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی	مرکز پژوهشی	- طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور تحلیل سیاست‌های انرژی و محیط زیست - طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور پیش‌بینی ساختاری انرژی - طراحی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS به منظور مدیریت بهینه منابع فسیلی و تجدیدپذیر کشور
۲۴	مرکز تحقیقات محیط و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات	مرکز پژوهشی	- 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
۲۵	موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی	مرکز پژوهشی	- نقش این موسسه برنامه‌ریزی کلان انرژی است که بخشی از این برنامه‌ریزی کلان مربوط به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه باد
۲۶	شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	سیاست‌گذاری	
۲۷	دانشگاه صنعتی شریف	توسعه دانش	
۲۸	دانشگاه تهران	توسعه دانش	
۲۹	دانشگاه علم و صنعت ایران	توسعه دانش	
۳۰	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	توسعه دانش	
۳۱	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	توسعه دانش	
۳۲	دانشگاه تربیت مدرس	توسعه دانش	
۳۳	دانشگاه شیراز	توسعه دانش	
۳۴	دانشگاه صنعتی اصفهان	توسعه دانش	
۳۵	دانشگاه اصفهان	توسعه دانش	
۳۶	دانشگاه فردوسی مشهد	توسعه دانش	
۳۷	دانشگاه شهید چمران اهواز	توسعه دانش	
۳۸	دانشگاه یزد	توسعه دانش	
۳۹	دانشگاه کاشان	توسعه دانش	
۴۰	دانشگاه شاهد	توسعه دانش	
۴۱	دانشگاه شهید باهنر کرمان	توسعه دانش	
۴۲	دانشگاه تبریز	توسعه دانش	
۴۳	دانشگاه بیرجند	توسعه دانش	
۴۴	دانشگاه گیلان پردیس فنی	توسعه دانش	
۴۵	دانشگاه آزاد اسلامی	توسعه دانش	
۴۶			
۴۷	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباس پور	توسعه دانش	
۴۸	موسسه آموزش عالی علمی صنعت آب و برق	توسعه دانش	
۴۹	دانشکده مهندسی هوا و فضا دانشگاه صنعتی شریف	توسعه دانش	- انجام پروژه با عنوان "پروژه طراحی و بررسی رفتارهای آیرودینامیکی، بارگذاری سازه و قدرت خروجی پره یک توربین بادی در حالت پایا و ناپایا"

ردیف	نام سازمان یا نهاد	نقش	زمینه فعالیت در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه باد
۵۰	دانشکده مکانیک پردیس فنی دانشگاه تهران	توسعه دانش	- پروژه در دست اجرا با عنوان " پروژه مدل‌سازی آیرودینامیکی توربین بادی با توجه به رژیم‌های بادی مختلف با ملاحظات شبیه‌سازی عددی توربین ۶۶۰ کیلوواتی به وسیله نرم‌افزارهای "Fluent"
۵۱	دانشگاه زابل	توسعه دانش	پروژه‌های در دست اجرا: - طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی توربین بادی ۱۰ کیلوواتی به صورت هیبرید با سیستم فتوولتائیک ۳ کیلوواتی - بررسی اثرات طوفان‌های گرد و غبار منطقه سیستان بر روی توربین بادی ۶۶۰ کیلوواتی
۵۲	انجمن فیزیک ایران	تسهیل کننده	
۵۳	انجمن انرژی ایران	تسهیل کننده	
۵۴	سندیکای صنعت برق	تسهیل کننده	
۵۵	مونکو	ارائه دهنده خدمات	
۵۶	قدس نیرو	ارائه دهنده خدمات	
۵۷	انرژی تجدیدپذیر خراسان	ارائه دهنده خدمات	

۴-۳-۴- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تأثیرگذار در زمینه صنعت باد ایران شناخته شده است و در ادامه کارکردهای اصلی هر کدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری‌ها مشخص گردید. در نگاشت نهادی، گروه‌های تأثیرگذار اصلی شناسایی شده که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک بررسی و سپس نگاشت نهادی کلی بیان شد.

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 فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلأهایی نیز در این نگاشت نهادی وجود دارد. از جمله وجود یک هماهنگ‌کننده میان بخش‌های مختلف که بر روند کلی فعالیت‌ها در زمینه توسعه نیروگاه‌های

بادی نظارت نموده و مرجع حل کم و کاستی‌ها و مشکلات موجود باشد. این سازمان می‌تواند اهداف زیر را برای هرچه بهتر شدن توسعه انرژی بادی کشور دنبال نماید:

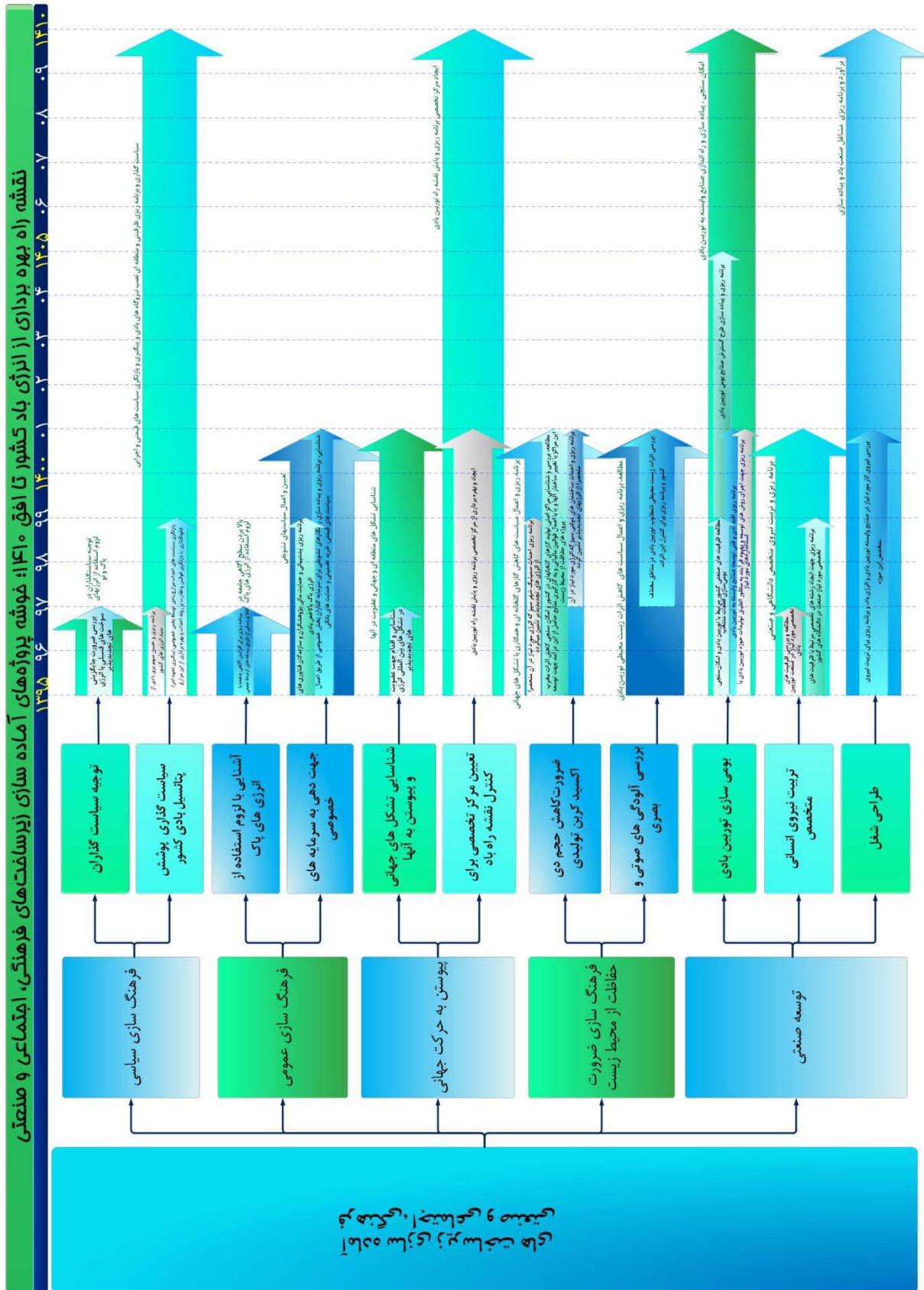
۱. آینده نگری: مطالعه پیوسته در زمینه فعالیت‌ها و صنایع به روز دنیا
۲. سیاست نگری: بررسی سیاست‌ها و قوانین موجود و نیازهای سیاست‌گذاری و مشکلات و مسائل مرتبط
۳. کارگردانی و همکاری آفرینی: برقراری هماهنگی میان بخش‌های مرتبط با این صنعت و ایجاد دایرکتوری مشاغل و صنایع جهت ایجاد همکاری و تبادل دانش
۴. هماهنگی و مدیریت تست پایلوت‌ها: ایجاد آزمایشگاه مرجع جهت تست نمونه‌های اولیه و سیاست‌گذاری در مورد یکسان‌سازی استانداردها
۵. نظارت بر روند تجاری شدن
۶. توسعه فناوری

فصل ۵- ویرایش سوم نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور

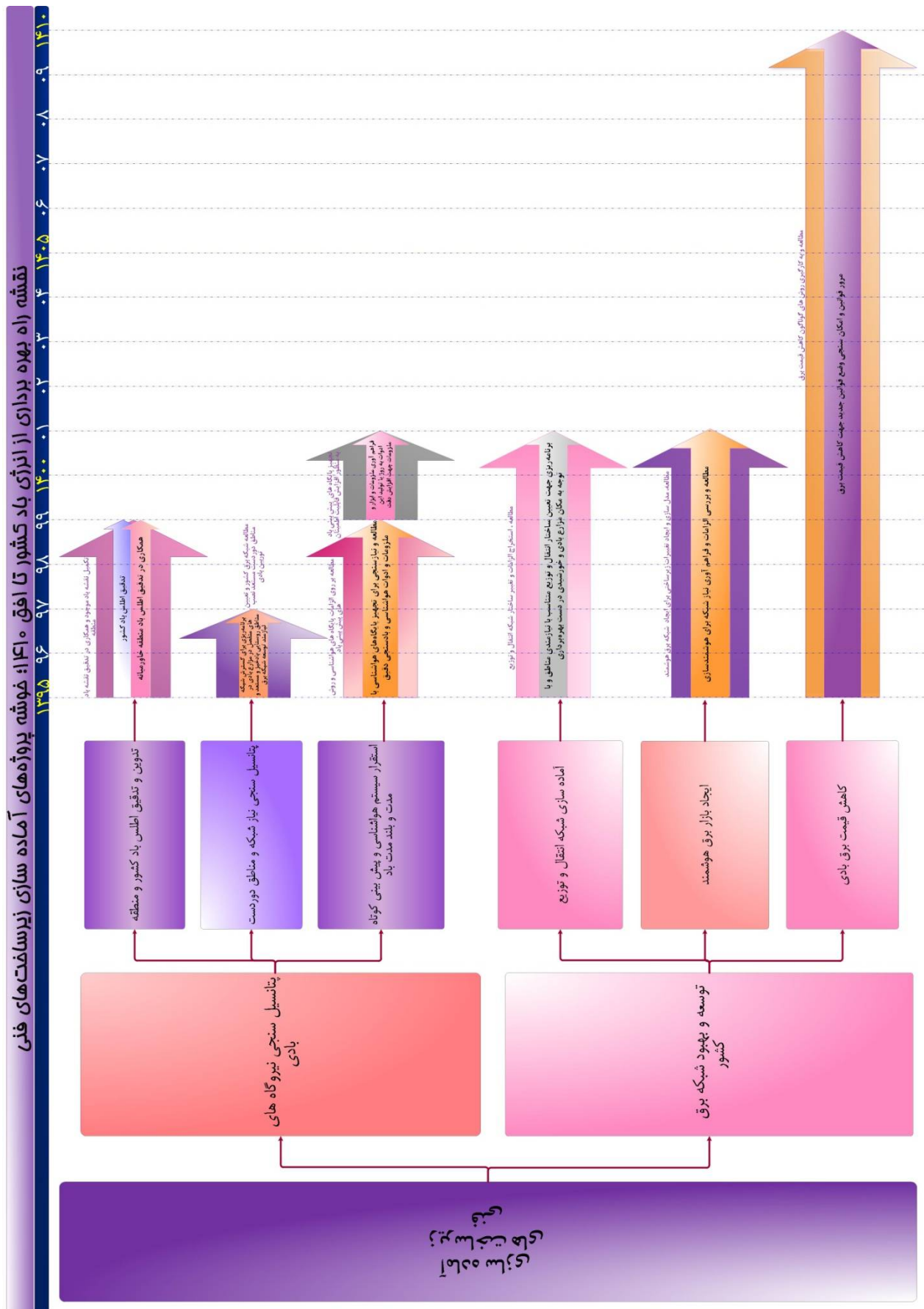
۵-۱- تدوین ویرایش ۳ نقشه راه بهره برداری از انرژی باد کشور

پس از تعیین پروژه‌های هر بخش و برآورد زمان‌بندی حدودی آنها نقشه راه ویرایش شده شامل ارکان کلان و اصلی و

میانی و خوشه پروژه‌ها به قرار زیر در ۳ بخش تدوین گردید که در شکل‌های زیر نمایش داده شده است:



شکل ۵-۱- نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور بخش آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی



شکل ۵-۳- نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور بخش آماده سازی زیرساخت‌های فنی

مراجع

[۱] روش شناسی اسناد ملی فناوری‌های راهبردی

[۲] سند راهبردی توسعه صنعت برق بادی ایران، گزارش شناخت ساختار بخش باد، مجری: شرکت راهبران امین، مرداد ۸۹

[۳] <http://haftpeikar.blogfa.com/post-۵۸.aspx>

[۴] مطالعه موردی نگاشت نهادی نوآوری در صنعت برق کشور؛ سید حبیب ا.. طباطباییان؛ فصلنامه علمی-پژوهشی سیاست

علم و فناوری

[۵] مروری بر روش‌های مختلف نگاشت در مدیریت تکنولوژی، سید حبیب ا.. طباطباییان

فهرست مطالب

فصل ۱- روش شناسی تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی	۱
۱-۱- ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات	۲
۲-۱- مراحل ارزیابی و به‌روزرسانی	۳
۱-۲-۱- هم‌راستایی ارزیابی با اهداف برنامه	۵
۲-۲-۱- روش‌های ارزیابی	۷
۱-۲-۲-۱- روش پیمایش نوآوری	۸
۲-۲-۲-۱- مدل‌های اقتصاد سنجی	۹
۳-۲-۲-۱- ارزیابی توسط نخبگان	۱۱
۳-۲-۱- اتخاذ تصمیم مقتضی	۱۳
فصل ۲- فرآیند ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور	۱۵
۱-۲- چارچوب گام‌های ارزیابی و به‌روزرسانی	۱۶
۲-۲- فرآیند ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور	۲۰
۳-۲- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی	۲۰
۴-۲- تعریف شاخص‌های سند راهبردی باد کشور	۲۱
فصل ۳- تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و شیوه ارزیابی	۳۴
۱-۳- ساختار نظارت و به‌روز رسانی	۳۵
۱-۱-۳- مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی	۳۵
۱-۱-۱-۳- مأموریت و اهداف	۳۵
۲-۱-۱-۳- توانمندی‌ها و خدمات	۳۶
۳-۱-۱-۳- وظایف □ □ □ □ □	۳۷
۲-۳- نتیجه‌گیری	۳۷



فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- مکانیزم برنامه ارزیابی ۶
- شکل ۲-۱- قالب‌های ارزیابی ۷
- شکل ۳-۱- روش‌های ارزیابی ۷
- شکل ۴-۱- مدل‌سازی اقتصاد سنجی ۱۱



فهرست جداول

- جدول ۱-۲- روش‌های ارزیابی ۱۷
- جدول ۲-۲- اهداف چشم‌انداز و شاخص‌ها ۲۱
- جدول ۳-۲- شاخص‌های ارزیابی اقدامات ۲۲

فصل ۱- روش شناسی تدوین برنامه ارزیابی و به روزرسانی

۱-۱- ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

ارزیابی (تحلیل تأثیرات) یک تحقیق عملیاتی، نظام‌مند و هدفمند بر روی تأثیرات یک سیاست، راه‌کار، برنامه یا پیامدهای آن بر حسب اهدافی است که در جهت رسیدن به آن است. هدفی که این ارزیابی و تحلیل دنبال می‌کند، به روز کردن بخش‌های مختلف سند راهبردی تدوین شده، با شرایط حاضر است.

آنچه در همه تعاریف ارزیابی سیاست مشترک است و آنچه ارزیابی سیاست را از سایر مطالعات سیاستی متمایز 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 ۲۰۰۰).

ارزیابی سیاست، یک فعالیت هنجاری است که در آن آنچه هست با آنچه باید باشد مقایسه می‌شود. بنابراین، ارزیابی سیاست به معنای تعیین ارزش یک سیاست یا برنامه بر مبنای تعدادی معیار است؛ تلاشی سیستماتیک برای تعیین "خوبی" یا "ارزشمندی" آن‌هاست. البته باید توجه داشت که ارزیابان سیاست‌ها و اهداف از تمامی روش‌های علوم اجتماعی (و به ویژه 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 (۱۳۳۸) به این نکته پرداخته است که جهت‌گیری ارزیابی سیاست بیشتر به سمت 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.

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. متأسفانه هیچ تعریفی از قلمرو و زیرشاخه‌های ارزیابی سیاست که مقبولیت عمومی داشته باشد وجود ندارد. البته برخی محققان همچون اسمیت و لیکاری (۲۰۰۷) تلاش کرده‌اند که دسته‌بندی‌هایی ارائه دهند.

تحلیل تأثیرات عموماً حول سه محور صورت می‌گیرد:

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 تغییری که برای ارزیابی تأثیر (پیامد) یک سیاست عملاً سنجیده می‌شود (مور ۱۹۹۵). سروکار دارد و این که چه کاری انجام شده است. بنابراین، تحلیل تأثیرات با پاسخ نظام مند به این سوال که 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 این که باید جنبه‌ای از مسئله را عملیاتی سازد و دوم اینکه باید تغییری باشد که بتوان بین آن و برنامه / سیاست رابطه علی معلولی برقرار کرد.

۱-۲- مراحل ارزیابی و به روزرسانی [۱]

به منظور ارزیابی و به‌روزرسانی، مناسب است تا مراحل زیر در نظر گرفته شود:

- ۱- ارزیابی هنگامی اثربخش خواهد بود که همراستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. در این راستا باید با ترسیم درخت هدف، راهبرد، سیاست، اقدام و مکانیزم‌های عملیاتی (ره‌نگاشت حاصل در برنامه عملیاتی)، ارزیابی و تحلیل تأثیرات را منطبق با جهت‌گیری‌های بالا دستی نمود. مدل منطقی ورودی، برون‌داد، دستاورد و پیامد می‌تواند در تحلیل این تأثیرات (تدریجی) که در طول انجام فعالیت‌ها حاصل می‌شوند مورد استفاده قرار گیرد.
- ۲- از آنجا که مبنای ارزیابی مقایسه مسان دو حالت حال و گذشته است، بر اساس چهار قالب کلی می‌توان به ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات آن پرداخت:

✓ مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه: مقایسه وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و یکی بعد از اجرای

برنامه‌ها

✓ مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد از برنامه: مقایسه دو نقطه یکی در شرایط حاضر و یکی روند وضعیت در زمان

حال

✓ مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه: مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست مورد

نظر قرار گرفته اند با سایر بخش‌ها

✓ مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه: مقایسه وضعیت میان دو گروه تحت کنترل

(بدون اجرای سیاست‌ها) و آزمایشی (با اجرای سیاست‌ها)

۳- با در نظر داشتن یکی از حالات مقایسه حال و گذشته، لازم است تا از یک روش برای ارزیابی استفاده شود:

✓ پیمایش نوآوری: پیمایش نوآوری تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آن‌ها (مشمول بر بررسی

عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه، فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها، ویژگی‌های بنگاه‌های نوآور، پیامدهای

نوآوری) را به نمایش می‌گذارد و از این طریق اطلاعات لازم برای ارزیابی سیاست‌ها را در اختیار قرار می‌دهد.

✓ مدل‌های اقتصادسنجی: مشتمل بر مدل‌سازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی که در آن سیاست‌گذاران نتایج مورد

انتظار گزینه‌ها و انتخاب‌های سیاستی را تحلیل و مقایسه می‌کنند، مدل‌های اقتصادسنجی خرد که به بررسی

عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی (سطح خرد)، بهره‌وری یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری در

یک منطقه یا کشور (سطح کلان) می‌پردازد.

✓ ارزیابی توسط خبرگان: استفاده از پنل خبرگان و ارزیابی روش‌ها توسط اعضای جامعه علمی 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.

۴- اتخاذ تصمیم مقتضی: در پاسخ به نتیجه حاصل از تحلیل تأثیرات، لازم است تا تصمیم مقتضی در سه مورد انجام

اقدام تدافعی، اقدام اصلاحی و یا ارزیابی مجدد فرآیند اتخاذ شود. تا زمانی که نتیجه تحلیل تأثیرات انحراف منفی زیادی

را نشان ندهد، تصمیم مقتضی انجام اقدام تدافعی به معنی پافشاری بر اجرای برنامه‌های گذشته خواهد بود. در شرایطی

که نیاز به اصلاح در بخشی از سند تدوین شده احساس شود، اقدامات اصلاحی به معنای تنظیم مجدد برخی از ارکان سند

انجام می‌شود. در نهایت، زمانی که مفروضات کلیدی سیاست به وضوح اعتبار خود را از دست بدهد، انجام اقدامات تدافعی و اصلاحی مفید نبوده و باید به ارزیابی مجدد و تدوین دوباره سند پرداخته شود.

۱-۲-۱ - هم‌راستایی ارزیابی با اهداف برنامه

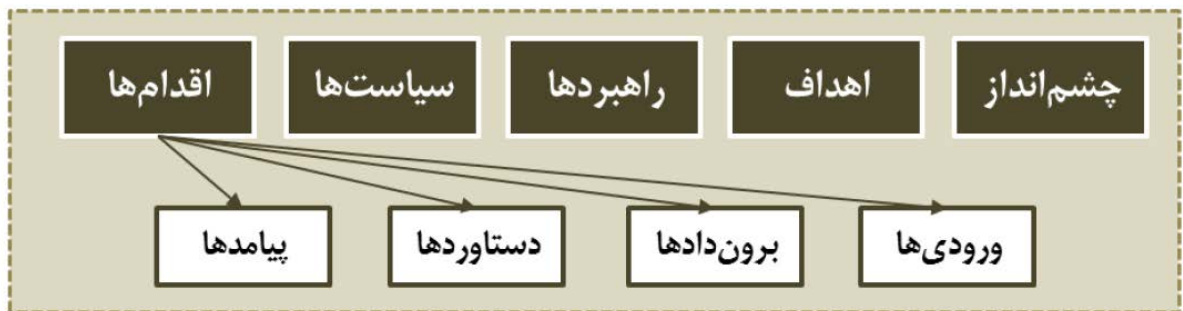
ارزیابی هنگامی اثربخش خواهد بود که هم‌راستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود، ابتدا می‌بایست اهداف کلانی را که برنامه به دنبال آن‌هاست، استخراج نمود. سپس باید مشخص شود برنامه از چه راهبردی برای تحقق این اهداف استفاده می‌کند. در طراحی مکانیزم‌های عملیاتی یک برنامه سیاستی، مشخص می‌شود چه ورودی‌هایی به چه بروندها، دستاوردها و پیامدهایی 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.

ارزیابی نظام مند سیاست‌ها و تحلیل تأثیرات آنها مشتمل بر مقایسه است، مقایسه‌ای به منظور یافتن تغییرات به وجود آمده در اثر برنامه‌های سیاستی. این مقایسه در حالت ایده‌آل باید به اندازه‌گیری تفاوت بین اتفاقات به وقوع پیوسته، با اتفاقاتی بپردازد که در صورت اجرا نشدن برنامه‌ها پدید می‌آید. اندازه‌گیری اتفاقات به وقوع

پیوسته در شرایط بعد از اعمال برنامه‌ها دشوار نیست. مشکل اصلی در برآورد وضعیت در صورت به اجرا درنیامدن برنامه‌ها و مقایسه دو وضعیت باهم است. این تفاوت باید ناظر بر اعمال برنامه‌ها باشد و نه سایر تغییراتی که به طور همزمان در جامعه به وقوع 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، 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 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 حد تحت اثر سایر تغییرات محیطی همزمان در جامعه بوده‌اند.

- مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه : برآورد بهتری از آنچه در اثر اجرای یک برنامه به وقوع 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.

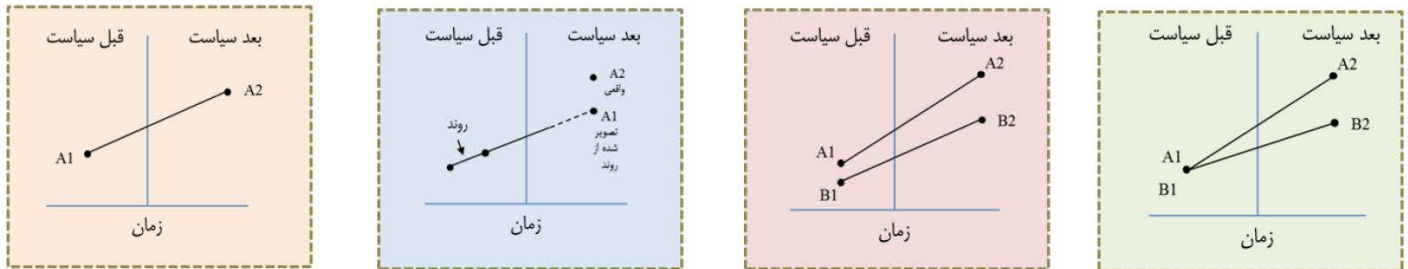


شکل ۱-۱- مکانیزم برنامه ارزیابی

- 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 به منظور 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 روشنی 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 به عنوان 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

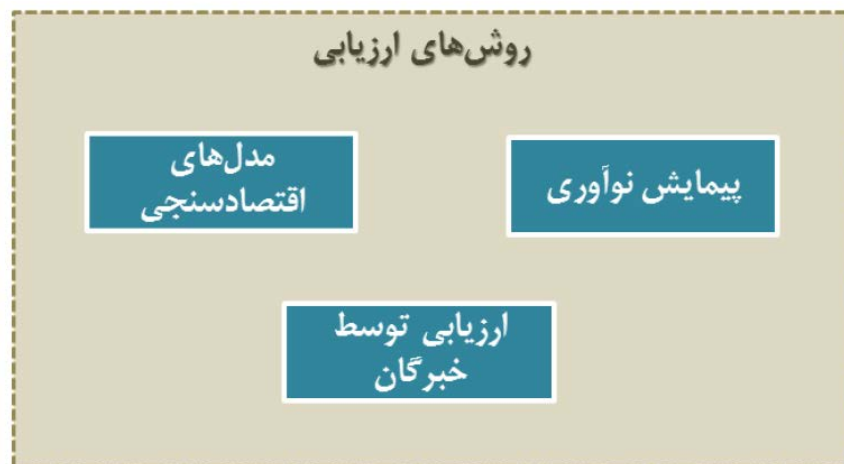
آزمایشی (برنامه سیاستی اجرا شده ولی در دیگری خیر. در این حالت، مقایسه وضعیت دو گروه بعد از اجرای سیاست در یکی از آنها می‌تواند به طور دقیق بیان کننده تأثیرات سیاست‌ها باشد. این قالب، دقیق‌ترین نتایج ارزیابی سیاست‌ها را در میان سایر روش‌ها به همراه می‌آورد.



شکل ۲-۱- قالب‌های ارزیابی

۱-۲-۲- 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:



شکل ۳-۱- روش‌های ارزیابی

۱-۲-۲-۱- روش پیمایش نوآوری^۱

روش پیمایش نوآوری در ابتدا، به عنوان ابزاری جهت جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها و نه ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما اخیراً محققان زیادی پیمایش نوآوری را به عنوان روشی برای پرداختن به تأثیرات و پیامدهای سیاست‌های تحقیق و توسعه دولتی مورد توجه قرار داده‌اند. به نظر می‌رسد در آینده با توجه به افزایش داده‌های جمع‌آوری شده پیرامون موضوعات مرتبط با نوآوری، افزایش استفاده از روش پیمایش برای ارزیابی سیاست‌های نوآوری دولتی به وقوع پیوندد (لیخت و سیریلی 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 آن که امکان‌پذیری پیمایش نوآوری را ثابت کرد، نشان داد اینگونه پیمایش‌ها می‌تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست‌گذاران داشته باشد.

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.

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 به کار 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 پیشنهاد.

به‌هر 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.

۱-۲-۲- مدل‌های اقتصادسنجی

اقتصادسنجی با مطالعه نظام‌مند پدیده‌های اقتصادی با استفاده از داده‌های مشاهده‌شده سر و کار دارد. [۲] به عبارتی، اقتصادسنجی علم تحلیل‌های آماری از مدل‌های اقتصادی است. همان‌طور که رایانار فریش در اولین شماره مجله ایکانامتریکا توضیح می‌دهد یکی شدن آمار، تئوری اقتصادی و ریاضیات است که اقتصادسنجی را می‌سازد. [۳]

اگرچه بسیاری از روش‌های اقتصادسنجی کاربرد مدل‌های آماری را بیان می‌کنند، اما بعضی شاخصه‌های خاص داده‌های اقتصادی سبب تمایز اقتصادسنجی از سایر شاخه‌های آمار می‌شود. داده‌های اقتصادی عمدتاً مبنی بر مشاهده هستند و نه به‌دست‌آمده از آزمایش‌های کنترل‌شده. از آنجا که واحدهای اقتصادی در تعامل با یکدیگر عمل می‌کنند، داده‌های مشاهده‌شده نشان از یک تعادل اقتصادی پیچیده هستند و نه ناشی از یک رفتار ساده ارتباطی ناشی از تقدم و یا تکنولوژی. از این رو اقتصادسنجی روش‌هایی برای شناسایی و تخمین مدل‌های با چند مجهول را ایجاد می‌کند. این متدها به محقق اجازه می‌دهند که استنتاجی علی‌معلولی در شرایطی غیر از شرایط آزمایشی کنترل‌شده ارائه دهد.

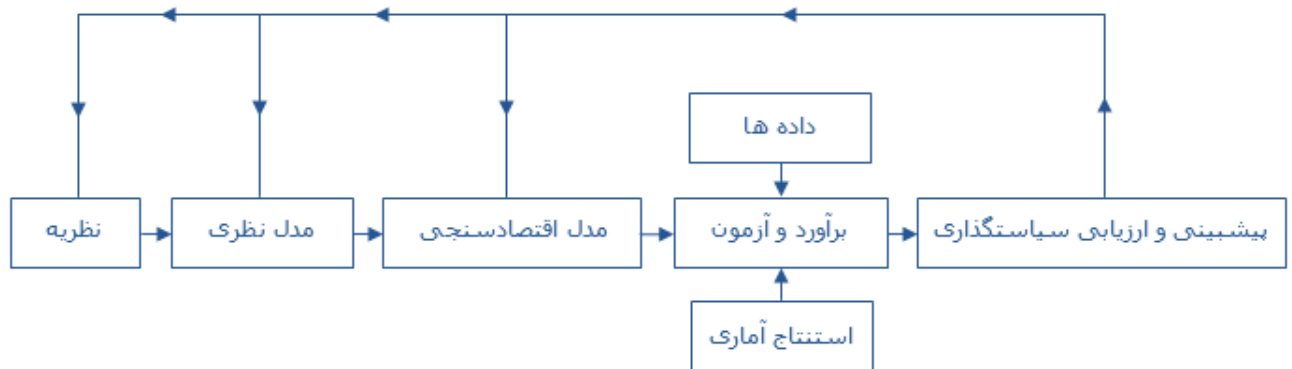
اهداف اقتصادسنجی را به‌طور کلی می‌توان ارائه محتوای تجربی به روابط اقتصادی برای آزمودن نظریه‌های اقتصادی، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری، و ارزیابی پیشینی یک سیاستگذاری یا تصمیم دانست. [۴]

به کمک تکنیک‌های اقتصادسنجی می‌توان ضرایب مجهول مدل ساخته‌شده را برآورد کرد و سپس (در صورت برقرار بودن تعدادی فرض) به استنتاج آماری درباره آن‌ها پرداخت. مثلاً اگر تئوری اقتصادی بیان می‌کند که رابطه متغیر وابسته و متغیر مستقل رابطه‌ای معکوس است، انتظار داریم که ضریب این متغیر از لحاظ آماری معنادار (متفاوت از صفر) و منفی باشد. همچنین بعد از برآورد ضرایب می‌توانیم با قرار دادن مقادیر دلخواه متغیرهای مستقل در رابطه، مقدار متغیر وابسته متناظر با آنها را پیش‌بینی کنیم.

اقتصادسنجی در ارزیابی سیاستگذاری‌ها نیز مفید است. مثلاً اگر سیاستگذار تابع تقاضای یک کالا را با داده‌های قبلی برآورد کرده‌باشد و حال بخواهد قیمت آن کالا را به صورت دستوری طوری تعیین کند که تعداد مشخصی از مردم از آن کالا استفاده کنند، کافی است این مقدار را در تابع تقاضا قرار داده و قیمت متناظر با آن را محاسبه کند. در اقتصادسنجی حتی در چنین مثال ساده‌ای ظرافت‌هایی وجود دارد که باید به آن‌ها توجه شود. مثلاً برای تخمین تابع تقاضا، مشاهده‌ها در جدول داده‌ها می‌بایست زوج قیمت و مقدار تقاضا در شرایط تعادل پایدار باشند. در غیر این صورت مدل پیچیده‌تر یا روش اقتصادسنجی دیگری برای تخمین‌های معتبر و آزمون آنها لازم است. [۵]

متدولوژی مدل‌سازی اقتصادسنجی همواره محل بحث بوده است. اولویت‌ها و رابطه بین تئوری اقتصادی، داده‌ها، مدل نظری و مدل اقتصادسنجی موضوع این مباحث بوده است. یک روش‌شناسی که عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرد در نمودار زیر نمایش داده شده است.

فرض کنید قصد مدل کردن یک پدیده را داریم. ابتدا نظریه‌ای در توضیح عوامل مؤثر بر آن می‌یابیم. منظور از مدل نظری، فرموله کردن ریاضی یک نظریه است. قدم بعدی تبدیل مدل نظری به مدل اقتصادسنجی است. برای این کار، ابتدا سری داده‌های معینی که فرض می‌شود مقادیر متغیرهای موجود در مدل را نمایندگی می‌کنند، انتخاب می‌شوند. سپس فرض می‌شود که متغیرهای نظری بر متغیرهایی که داده‌های انتخاب شده را ایجاد کرده‌اند منطبق هستند. در نتیجه متغیرهای داده‌های انتخاب شده را در مدل ریاضی جایگزین متغیرهای نظری می‌کنیم. در گام آخر تبدیل مدل نظری به مدل اقتصادسنجی، یک جمله خطای تصادفی به معادله اضافه می‌کنیم.



شکل ۴-۱- مدل سازی اقتصادسنجی

سپس ضرایب مدل آماری را با توجه به فروضی که روی جمله خطا کرده ایم برآورد می کنیم. اگر هر یک از فروض نقض شدند فروض جمله خطا را تغییر می دهیم. سپس قیود پیشینی (a priori) که توسط تئوری اعمال شده اند (مثل علامت و مقدار ضرایب) را آزمون می کنیم. وقتی متقاعد شدیم که نظریه درست است، می توانیم از معادله برآورد شده برای پیش بینی یا ارزیابی سیاست گذاری استفاده کنیم.

انتقاداتی به این روش شناسی وارد است. از جمله اینکه نقطه شروع مدل سازی اقتصادسنجی را یک تئوری می داند. در واقع چنین فرض می شود که تنها «اطلاعات مشروع» موجود در داده های انتخاب شده آنهایی هستند که تئوری ذکر می کند. در نتیجه اگر داده ها در لباسی که بدون در نظر گرفتن طبیعتشان برایشان انتخاب شده جا نشوند، مدل ساز در مرحله تصریح مدل آماری با سختی های فراوان روبرو می شود. ساده لوحانه است که پیشنهاد کنیم داده های مشاهده شده هر چه باشند، مدل آماریشان نباید فرقی کند. به دلیل مشکلاتی از این دست، روش شناسی های دیگری نیز در اقتصادسنجی وجود دارند که طبیعت داده های مشاهده شده را مرکز توجه قرار می دهند و در آنها مدل آماری مستقیماً مبتنی بر متغیرهای تصادفی که داده ها را ایجاد کرده اند تعریف می شود و نه جمله خطا [۲].

۱-۲-۲-۳- ارزیابی توسط نخبگان

استفاده از پنل خبرگان و ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی از مهمترین روش های تصمیم گیری است که در سال های اخیر برای ارزیابی سیاست نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی توسط خبرگان غالباً بر اساس قضاوت جمعی از متخصصان و

صاحب نظران 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 کیفیات و تأثیر

این سیاست‌ها ارائه می‌دهد. روش پنل به‌خصوص 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 نوی است که میتواند بر کیفیت ارزیابی مؤثر واقع شود.

گروه خبرگان می‌توانند علاوه بر اظهار نظر راجع 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.

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.

به نسبت 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 آمیز که نیاز به اجماع و توافق گروه‌های متعدد دارد، توصیه میشود.

- فرآیند استفاده از پنل خبرگان

- 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 ارزیابی کننده) تعیین می‌شود.
- انتخاب رییس پنل یا گروه خبرگان: با توجه به موضوعات مورد بحث، فردی با دانش و تجربه بالای تخصصی و مدیریتی به عنوان رییس پنل انتخاب می‌گردد.
- انتخاب اعضای پنل یا 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، تهیه و در اختیار آنها قرار داده می‌شود.
- اجرای ارزیابی: اعضای پنل، مدیریت رییس پنل در خصوص موضوعات مورد بحث مطابق برنامه‌ریزی انجام شده به جمع‌بندی می‌رسند.

۱-۲-۳- اتخاذ تصمیم مقتضی

همانطور که پیشتر توضیح داده شد، ارزیابی سیاست‌ها و اهداف بیش از آنکه از ماهیتی نظارتی 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 فناوری را کمرنگ می‌نماید. بنابراین، آنچه در این قسمت لازم است تا به عنوان 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 مجموعه 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.

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 فناوری‌ها 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 هریک از فناوری‌ها را بازنگری کند و هم میتواند به طور منظم هر ۹ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح این اهداف رخ دهد.

با توجه به این که 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 هریک از این فناوری‌ها انجام خواهد شد.

فصل ۲- فرآیند ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور

۱-۲- چارچوب گام‌های ارزیابی و به‌روزرسانی

چارچوب کلی گام‌هایی که باید در مؤلفه برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی طی شود شامل ۳ مرحله اساسی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

- تدوین شاخص‌های ارزیابی کارایی و اثربخشی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده اهداف خرد و کلان هر یک از فناوریها برشمرده 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 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.

- تدوین مکانیزم ارزیابی

روش‌های مختلفی در مرور ادبیات برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نام برده شد که هر کدام از 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) بهره‌گیری.

به‌منظور 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.

در زیر جدولی جهت کمک به انتخاب روش ارزیابی آورده شده است. 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 این که روش ارزیابی توسط خبرگان نسبت به سایر روش ها دقیق تر و کم هزینه تر می باشد، در این سند از این روش برای ارزیابی اهداف کلان و خرد با توجه به شاخص های تعیین شده استفاده می شود.

جدول ۱-۲- روش های ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده‌ها	شرایط استفاده
پیمایش نوآوری	جمع‌آوری و تحلیل گسترده‌ی 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 مبانی 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 نتایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌های 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 نتایجی 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 نتایجی 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 اعمال سیاست‌ها با استفاده از روش‌های کمی‌سازی	دشواری در محاسبه هزینه‌ها و فایده‌ها در زمانی آینده (عدم قطعیت بالا)	همه‌جانبه بودن: پوشش کامل هزینه‌ها و فایده‌های مشهود و نامحسوس، در افق زمانی حال و آینده،	کمی-کیفی	ارزیابی تعداد محدودی پروژه‌های بزرگ و نه تعداد زیادی پروژه کوچک

		و در گروه‌های هدف و غیر هدف			
شرایطی که اطلاعات و داده‌های کافی برای تحلیل‌های کمی وجود ندارد - در شرایط و سیاست‌هایی که اختلاف نظر بر سر آن - ها زیاد است	کیفی	دقت کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها	کم‌هزینه بودن	جمع‌بندی نظرات متخصصین	ارزیابی توسط خبرگان
در شرایطی که ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی	کمی-کیفی	پرهزینه بودن و زمان	برخورداری از طیف گسترده‌ای از ورودی‌های داده مشتمل بر مشاهده مستقیم	پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماري و مشاهده مستقیم شرایط واقعی و نتیجه - گیری بر اساس آن	مطالعات موردی
یادگیری‌های حاصله می‌بایست به‌عنوان یک ورودی در طراحی و یا ارزیابی سیاست مدنظر سیاست‌گذاران مورد استفاده قرار گیرد	کیفی	نادیده گرفتن تمام جنبه‌های اثرات سیاست - خطر ناهمخوانی مکانی زمانی از مطالعات تطبیقی	بهره‌گیری از تجارب موفق و ناموفق سایر کشورها (یا واحدها) در طراحی سیاست - ها	یادگیری از مقایسه عملکرد یک واحد با نمونه‌های موفق و ناموفق	بهینه‌گزینی

۲-۲- فرآیند ارزیابی سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور

هدف اصلی از انجام ارزیابی 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 مشخص شده، 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 سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از این رو در این مرحله 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.

۲-۳- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

در این مرحله به منظور ارزیابی ارکان مختلف سند (چشم‌انداز، اهداف و اقدامات) 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 راهبردی باد کشور و نحوه دستیابی به آن‌ها پرداخته شده است.

شاخص در واقع استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف است. شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها می‌تواند 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 مشخص کننده ابعاد زیر باشند:

- کمیت

- کیفیت

- زمان

- مکان

لازم به ذکر است که در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف نظر میشود.

۴-۲- تعریف شاخص‌های سند راهبردی باد کشور

در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با استفاده از 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 خرد و پروژه‌های فنی و غیرفنی به ترتیب در جداول ارائه شده است.

جدول ۲-۲- اهداف چشم‌انداز و شاخص‌ها

شاخص	اهداف
خود کفایی علمی در منطقه	چشم انداز
ساخت نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه توربین‌های با ظرفیت حداقل ۵ مگاوات	خودکفایی در تولید توربین‌های بادی زیر ۱۰ مگاوات
رسیدن به ظرفیت مراکش حدود ۸۰۰ مگاوات (در پایان سال ۲۰۱۴) و برنامه‌ریزی برای رسیدن به ظرفیت چند ده گیگاوات تا سال ۱۴۱۰	بالاترین ظرفیت توربین بادی نصب شده در منطقه خاورمیانه و آفریقا (موقعیت رقابتی در منطقه)
۱. داشتن نرم‌افزار بومی ۲. داشتن چند شرکت دانش بنیان در زمینه انرژی بادی ۳. رشد مقالات ISI در زمینه انرژی بادی	بالاترین سطح دانش بومی (بومی سازی)
۱. داشتن فارغ التحصیلان در دانشگاهی رشته‌های تجدیدپذیر و سایر رشته‌های مرتبط	متخصصان توانمند و کارآمد داخلی (ظرفیت‌سازی)

اهداف	شاخص
	۲. تربیت تکنیسین های مجرب در نصب و راه اندازی توربین و تعمیرات و نگهداری
کاهش یا حذف آلاینده‌های مرتبط با سوخت‌های فسیلی (حفاظت محیط زیست)	جایگزینی حداقل یک نیروگاه فسیلی (کم بازده) با نیروگاه‌های بادی و تجدیدپذیر

جدول ۲-۳- شاخص‌های ارزیابی اقدامات

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی	۱	توجیه سیاست‌گذاران در لزوم استفاده از انرژی‌های پاک و نو	۱. ترغیب سیاست‌گذاران به سیاست‌گذاری در جهت به کارگیری هر چه بیشتر انرژی‌های پاک ۲. حمایت سیاست‌گذاران از فعالان حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر	۱. تصویب قوانین حمایتی از انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. اعمال نظارت بر اجرای قوانین گذرانده شده
	۲	سیاست‌گذاری و برنامه ریزی ظرفیتی و منطقه ای نصب نیروگاه‌های بادی و پیگیری و بازنگری سیاست‌های قیمتی و اجرایی	نظارت مداوم بر شرایط احداث و قوانین مالی و حقوقی مرتبط با احداث ، بازیابی و یا اسقاط و دورریز نیروگاه‌های بادی	۱. تصویب قوانین شفاف در مورد شرکت‌های خصوصی وارد کننده قطعات توربین‌ها ۲. تصویب قوانین شفاف در مورد شرکت های احداث کننده مزارع بادی ۳. تصویب قوانین شفاف در مورد مسئولیت حقوقی و مالی بازیابی و اسقاط مزارع بادی یا توربین‌ها و زمان و نحوه انجام آن
	۳	بالا بردن سطح آگاهی جامعه در لزوم استفاده	آگاهی بخشی به عموم مردم در ارتباط با اهمیت انرژی، صرفه جویی در	۱. احداث چند واحد کوچک تولید کننده برق بادی جهت

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
		از انرژی‌های پاک	مصرف سوخت‌های فسیلی و ایجاد اشتیاق به روی آوردن به انرژی‌های تجدیدپذیر و امکان به کارگیری آن توسط مردم	استفاده های خانگی و خصوصی توسط اشخاص
	۴	تعیین و اعمال سیاست‌های تشویقی	اعمال سیاست‌های پولی و بانکی جهت تشویق سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در مزارع بادی	تصویب قوانین بانکی بانکی جهت تشویق سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های تجدیدپذیر و علی‌الخصوص مزارع بادی
	۵	شناسایی تشکل‌های منطقه ای و جهانی و عضویت در آنها	بررسی تشکل‌های جهانی و منطقه‌ای و عضویت در شکل‌هایی که هنوز ایران عضو آنها نیست	۱. عضویت در آژانس بین‌المللی انرژی ۲. عضویت در تشکل‌های منطقه‌ای انرژی
	۶	ایجاد مرکز تخصصی برنامه‌ریزی و پایش نقشه راه توربین بادی	به‌روز نگه‌داشتن نقشه راه و ارزیابی دستیابی به اهداف بر اساس زمانبندی نقشه	۱. برنامه‌ریزی برای تحقق اهداف نقشه راه باد بر اساس زمان‌بندی ۲. دریافت بازخورد از بخش‌های اجرایی نقشه راه باد در مورد نحوه اجرا و تحقق اهداف
	۷	برنامه‌ریزی و اعمال سیاست‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای و همکاری با تشکل‌های جهانی	کاهش آلاینده‌های کربنی و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی همگام با قوانین و موافقت‌های بین‌المللی برای حفاظت از محیط زیست و هوای سالم	۱. اجرای برنامه‌های IPCC ^۲ برای مبارزه با افزایش گازهای گلخانه‌ای ۲. پیوستن به INECE ^۳

^۲ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

^۳ INECE: International Network for Environmental Compliance and Enforcement

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
				۳. همبستگی با سایر تشکلهای حفاظت از محیط زیست دنیا مانند EPA ^۴ ، IGES ^۵ ، EEA ^۶ و...
	۸	مطالعه، برنامه ریزی و اعمال سیاست های کاهش اثرات زیست محیطی توربین بادی	کاهش اثرات مخرب احتمالی مزارع بادی از قبیل آسیب به پرندگان، ایجاد آلودگی صوتی و بصری و ...	۱. کاهش آمار تلفات پرندگان در اثر برخورد با پره های توربین ۲. ارائه آمار از مشکلات پزشکی احتمالی در افراد در مناطق مجاور مزارع بادی و برطرف نمودن موارد مشکل ساز
	۹	امکان سنجی، پیاده سازی و راه اندازی صنایع وابسته به توربین بادی	ایجاد صنایع مرتبط با توربین بادی در کشور در جهت اشتغال زایی و همچنین خودتکایی در تولید قطعات و ملزومات توربین بادی	۱. کاهش واردات قطعات توربین ها ۲. افزایش اشتغال در صنایع وابسته به توربین بادی
	۱۰	برنامه ریزی و تربیت نیروی متخصص دانشگاهی و صنعتی	افزایش دانش داخلی و برخورداری از متخصصان و دانشمندان داخلی در زمینه توربین بادی و کاهش وابستگی به متخصصان خارجی	۱. داشتن فارغ التحصیلان در رشته های تجدیدپذیر و رشته های مرتبط با توربین بادی ۲. برخورداری از نیروی متخصص و کارآمد در فرآیند احداث و تجهیز مزارع بادی
	۱۱	برآورد و برنامه ریزی مشاغل صنعت	مطالعه در زمینه مشاغل مورد نیاز مرتبط با صنعت باد و موجود در دنیا	۱. تعریف مشاغل مرتبط با صنعت باد، شناسایی

^۴ EPA: Environmental Protection Agency (of USA)

^۵ IGES: Institute for Global Environmental Strategies (of Japan)

^۶ EEA: European Environment Agency

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
		بادویپاده سازی		متخصصان حوزه مربوطه و به کارگیری آنها در این زمینه ۲. تربیت نیروی مورد نیاز در مشاغل تعریف شده که فاقد نیروی کار می باشند
تکنولوژی توربین بادی	۱۲	توسعه و بهینه سازی نرم افزار بومی	برخورداری از نرم افزار بومی منطبق با شرایط و استانداردهای بومی کشور	۱. ارائه یک نسخه از نرم افزار طراحی شده با دیتاهای مربوط به شبیه سازی و عملیاتی آن
	۱۴	توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت پره توربین های مگاواتی	بهبود صنعت ساخت پره و افزایش بازدهی آن	۱. داشتن یک نمونه اولیه پره تولید داخل ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۱۵	بهینه سازی تکنولوژی از نظر ساختاری و استفاده از مواد مقاوم و هوشمند	افزایش طول عمر و بازدهی پره توربین ها با بهبود مواد به کار رفته	۱. داشتن یک نمونه اولیه پره با استفاده از مواد جدید
	۱۶	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت گیربکس	بهبود صنعت ساخت گیربکس و افزایش بازدهی آن	۱. داشتن یک نمونه اولیه گیربکس تولید داخل ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۱۷	بهینه سازی تکنولوژی ساخت گیربکس	افزایش طول عمر و بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی گیربکس توربین های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه گیربکس با استفاده از تکنولوژی جدید

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
	۱۸	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ناسل و هاب	بهبود صنعت ساخت ناسل و هاب	۱. داشتن یک نمونه اولیه ناسل و هاب تولید داخل ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۱۹	بهینه سازی تکنولوژی ساخت ناسل و هاب	افزایش طول عمر و بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی ناسل و هاب توربین‌های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه ناسل و هاب با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۰	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت ژنراتور	بهبود صنعت ساخت ژنراتور و افزایش بازدهی آن	۱. داشتن یک نمونه اولیه ژنراتور تولید داخل ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۲۱	بهینه سازی تکنولوژی	افزایش طول عمر و بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی ژنراتور توربین‌های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه ژنراتور با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۲	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت سیستم کنترل	بهبود صنعت ساخت سیستم کنترل و افزایش بازدهی آن	۱. داشتن یک نمونه اولیه سیستم کنترل تولید داخل ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۲۳	بهینه سازی تکنولوژی	افزایش طول عمر و بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی سیستم کنترل توربین‌های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه سیستم کنترل با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۴	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت	بهبود صنعت ساخت کانورتر و افزایش بازدهی آن	۱. داشتن یک نمونه اولیه کانورتر تولید داخل

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
		کانورتر		۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید
	۲۵	بهینه سازی تکنولوژی	افزایش طول عمر و بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی کانورتر توربین های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه کانورتر با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۶	بهینه سازی تکنولوژی ساخت برج	افزایش استحکام، طول عمر و کاهش مشکلات احتمالی برج توربین های موجود با بهبود تکنولوژی آنها	داشتن یک نمونه اولیه برج با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۷	طراحی و توسعه تکنولوژی ساخت توربین های مگاواتی بدون گیربکس	ایجاد صنعت ساخت توربین های مگاواتی بدون گیربکس و افزایش بازدهی آن	داشتن یک نمونه اولیه توربین های مگاواتی بدون گیربکس با استفاده از تکنولوژی جدید
	۲۸	توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی کوچک	ایجاد صنعت توربین های بادی کوچک	۱. داشتن یک نمونه اولیه توربین کوچک تولید داخل
	۲۹	بهینه سازی و تولید انبوه توربین های بادی کوچک	افزایش استحکام، طول عمر، بازدهی و کاهش مشکلات احتمالی توربین های بادی کوچک با بهبود تکنولوژی آنها	۱. داشتن یک نمونه اولیه توربین های بادی کوچک با استفاده از تکنولوژی جدید ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید داشتن یک نمونه اولیه
	۳۰	توسعه تکنولوژی طراحی و ساخت توربین های بادی ۳ تا ۵ مگاوات	ایجاد صنعت توربین های بادی ۳ تا ۵ مگاوات	۱. داشتن یک نمونه اولیه توربین بادی ۳ تا ۵ مگاوات تولید داخل

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
	۳۱	بهینه‌سازی و تولید انبوه توربین‌های بادی ۳ تا ۵ مگاوات		۱. داشتن یک نمونه اولیه توربین‌های بادی ۳ تا ۵ مگاوات با استفاده از تکنولوژی جدید ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید داشتن یک نمونه اولیه
	۳۲	طراحی و ساخت نمونه اولیه و تولید انبوه توربین‌های بادی بیشتر از ۵ مگاوات	ایجاد صنعت توربین‌های بادی توربین‌های بادبیشتر از ۵ مگاوات	۱. داشتن یک نمونه اولیه توربین‌های بادی ۳ تا ۵ مگاوات با استفاده از تکنولوژی جدید ۲. تایید کیفی نمونه آزمایشگاهی و تولید انبوه در صورت تایید داشتن یک نمونه اولیه
	۳۳	مطالعه و به کارگیری مواد هوشمند در ساخت توربین باهدف مقاوم‌سازی و کاهش وزن	مقاوم‌سازی توربین‌های بادی و افزایش بازدهی	۱. به کارگیری عملی این مواد در توربین‌های جدید
	۳۴	مطالعه توربین بادی باهدف بهبود ساختار، حذف یا اضافه اجزا و مدل‌سازی	تغییر ساختار توربین‌های بادی و یا طراحی نوین توربین	۱. تولید نمونه آزمایشگاهی توربین مدرن
	۳۵	مطالعه، پیاده‌سازی و تامین تجهیزات و الزامات حمل و نقل	تسهیل حمل و نقل توربین بادی با به کارگیری ابزار و ملزومات مناسب جهت کاهش و حداقل نمودن	۱. بهبود شرایط راه‌ها و جاده‌ها و انطباق آن با استانداردهای موجود جهت

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
		توربین بادی	خسارات و دیر کردهای احتمالی در نصب	حمل و نقل ملزومات توربین بادی ۲. بهبود وسایط حمل و نقل یا تهیه انواع به روز این نوع ماشینها ۳. تولید جرثقیل های متناسب و بهبود انواع موجود
	۳۶	توسعه تکنولوژی و بهینه سازی فونداسیون ساحلی و فراساحلی	مقاوم سازی و بهبود فونداسیون	به کارگیری روش های بهینه در فونداسیون توربین ها
	۳۷	اتوماسیون نصب توربین بادی	شبکه هوشمند مانیتورینگ و کنترل توربین ، شرایط کار آن ، شرایط فونداسیون و ...	در اختیار داشتن سیستم اتوماسیون و کنترل توربین های بادی جهت اطمینان از کارکرد مطمئن و کارایی توربین ها و شرایط آن
	۳۸	تربیت نیروی متخصص اصلاح و بهینه سازی تکنولوژی نت	در اختیار داشتن نیروی متخصص جهت اقدام به موقع برای نگهداری و در صورت نیاز تعمیرات توربین ها جهت اطمینان از عملکرد ایمن و کارای آنها	۱. ایجاد رشته های دانشگاهی مربوط به تکنیسینی تعمیرات و نگهداری توربین های بادی ۲. ایجاد امکانات و شرایط کارآموزی و کارورزی در فیلد جهت تربیت نیروی کارآمد و متخصص
	۳۹	توسعه و تحلیل بانک اطلاعات نت توربین ها	ایجاد بانک اطلاعاتی و ذخیره سازی و نگهداری ایمن اطلاعات تعمیر و	در دسترس بودن اطلاعات هر توربین برای موارد

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
			نگهداری توربین‌ها جهت تسهیل دسترسی به اطلاعات و آگاهی از شرایط هر توربین در مواقع نیاز به تعمیر مجدد	استفاده بعدی و آگاهی از پیشینه خرابی، تعمیرات و شرایط هر کدام از توربین‌ها
	۴۰	مطالعه بر روی تدوین اطلس باد فراساحلی	اطلاع از شرایط بادخیزی دریایی و پتانسیل بادی دریایی جهت بهره‌برداری از مزارع بادی فراساحلی	داشتن اطلس باد فراساحلی با تدقیق بر سرعت وزش باد در مناطق فراساحلی گوناگون
	۴۱	طراحی و ساخت نمونه اولیه توربین بادی فراساحلی با ظرفیت کمتر از ۳ مگاوات	مطالعه، طراحی و ساخت اولین نمونه توربین بادی کوچک فراساحلی	ساخت نمونه اولیه توربین بادی کوچک فراساحلی
	۴۲	مطالعه توسعه ساختار شبکه انتقال در مناطق فراساحلی	بررسی و مطالعه روش‌های بهره‌برداری از شبکه انتقال و توزیع فراساحلی	برنامه نحوه ایجاد زیرساخت‌های بهره‌برداری از شبکه انتقال برق بادی فراساحلی
	۴۳	مطالعه و ایجاد مراکز تست توربین بادی	احداث مراکز معتبر تحقیق و تست توربین بادی و همچنین ساختار مراکز معتبر صدور گواهی‌نامه برای توربین‌های بادی	احداث واحد مرکزی مرکز تحقیق و تست توربین بادی و چندین مرکز کوچکتر در نقاط دارای مزارع بادی
	۴۴	مطالعه ساختار ادوات، ساخت ادوات تست و توسعه فنی ادوات تست توربین بادی	تست‌های اصلی که باید بر روی توربین‌های بادی انجام شود و الزاماتی که باید برای دریافت گواهی‌نامه تأیید صلاحیت رعایت گردد، بررسی شده؛ پس از تعیین تست‌های اصلی، براساس استانداردهای مرتبط و گزارش‌های موجود در آرشیو مراکز معتبر تست توربین بادی، تجهیزات مربوطه و نحوه انجام تست‌ها تا حد	فراهم نمودن تجهیزات و ادوات تست یا تولید و توسعه آن‌ها

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
			امکان تعیین گردد و معیارهای اصلی در انتخاب مکان احداث مرکز تحقیق و تست توربین بادی، همچنین، ظرفیت کلی مرکز متناسب با شرایط ایران، بخش‌های مختلف و تجهیزات مورد نیاز هر بخش مشخص شود.	
	۴۵	مطالعه بر روی انواع ذخیره سازها	مطالعه و بررسی ذخیره‌سازهای موجود در دنیا، انواع آن، مزایا و معایب هر یک و انواع بهینه برای شرایط و موارد گوناگون	انتخاب ذخیره‌سازهای مناسب
	۴۶	طراحی و ساخت نمونه اولیه ذخیره ساز	ساختنیک نمونه‌ذخیره‌ساز بر اساس مطالعات انجام شده	ساخت نمونه اولیه ذخیره‌ساز و تولید انبوه در صورت تایید کیفیت
	۴۷	بهینه سازی تکنولوژی ذخیره ساز	بهبود عملکرد ذخیره‌ساز تولید شده	افزایش بازدهی و طول عمر ذخیره‌سازهای تولیدی
	۴۸	مطالعه بر روی روش‌های متصل و منفصل از شبکه	مطالعه و بررسی روش‌های توزیع برق بادی در مناطق گوناگون متناسب با دو روش متصل و منفصل بر حسب منطقه و مورد استفاده برق تولیدی در سطح منطقه و یا سراسری	برنامه‌ریزی برای انتقال برق بادی
	۴۹	پیاده سازی و بهینه سازی تکنولوژی متصل و منفصل از شبکه	فراهم نمودن زیرساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی شبکه برق متصل و منفصل	کابل کشی و ایجاد شبکه برق متناسب با منطقه مزارع بادی
	۵۰	مطالعه و برنامه ریزی باز یافت	مطالعه و بررسی روش‌های باز یافت و دورریز قطعات و تجهیزات توربین‌های بادی، اسقاط مزارع، بازگردانی سایت و مزارع به شرایط اولیه پیش از احداث و حاصلخیز گردانی خاک تخریب شده	ارائه گزارش مطالعاتی در باره روش‌ها، مسئولیت‌ها، محدودیت‌ها و مشکلات دورریز و باز یافت مزارع

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
آماده سازی زیرساخت های فنی			یا بازگردانی شرایط محیط زیستی آسیب دیده و ...	
	۵۱	برنامه ریزی و پیاده سازی بازایافت توربین های بادی	پیاده سازی روش های بررسی شده	ارائه برنامه جامع جهت اسقاط مزارع بی بازده و یا در صورت امکان بازیابی آنها
	۵۲	تکمیل نقشه بادموجودوهمکاری درتدقیق نقشه بادم منطقه	بررسی و به روز رسانی نقشه باد موجود به صورت دوره ای و مشارکت با کشورهای منطقه در گسترش مطالعات منطقه ای برای نقشه باد مشترک	بازخورد از شرایط اجرای مراحل نقشه راه و تشکیل کمیته های مرتبط با تدوین نقشه راه باد منطقه
	۵۳	مطالعه شبکه برق کشوروتعیین مناطق دوردست مستعد نصب توربین بادی	بررسی و تحقیق بر روی شبکه برق کشوروتعیین مناطق دوردست مستعد نصب توربین بادی	مشخص نمودن این مناطق بر روی نقشه پتانسیل باد کشور و برنامه ریزی برای آنها
	۵۴	مطالعه بر روی الزامات پایگاه های هواشناسی وروش های پیشبینی باد	بررسی پایگاه های هواشناسی جهانی، الزامات آنهاوروشهای دقیق و به روز پیشبینی باد	ارائه گزارش از مطالعات انجام شده و نیازسنجی پایگاه های هواشناسی مدرن
	۵۵	تجهیز پایگاه های پیشبینی بادبه منظورافزایش قابلیت اطمینان	تجهیز پایگاه های پیشبینی بادبه منظورافزایش قابلیت اطمینان	پیش بینی دقیق وضعیت هوا و بادسنجی
	۵۶	مطالعه، استخراج الزامات وتغییر ساختار شبکه انتقال وتوزیع	مطالعه، استخراج الزامات بهبود ساختار شبکه انتقال وتوزیع	بهبود ساختار شبکه انتقال وتوزیع
	۵۷	مطالعه، مدل سازی وایجاد تغییرات زیرساختی برای	مطالعه و بررسی تغییرات زیرساختی مورد نیاز برای ایجاد شبکه برق هوشمند	پیاده سازی شبکه برق هوشمند

اهداف کلان	ردیف	اقدام	اهداف اقدام	شاخص
		ایجاد شبکه برق هوشمند		
	۵۸	مطالعه وبه کارگیری روش های گوناگون کاهش قیمت برق	مطالعه روشهای کاهش قیمت برق	کاهش قیمت برق با استفاده از روش های برنامه ریزی شده با بهره گیری بیشتر از انرژی های تجدیدپذیر

فصل ۳- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و شیوه ارزیابی

۳-۱- ساختار نظارت و بهروز رسانی

به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه راهبردی بهره‌برداری از انرژی باد کشور، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بهروز رسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص شود. در ادامه فرایند ارزیابی سند باد، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و بهروز رسانی ارائه شده است.

به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و در صورت نیاز بازنگری‌های لازم در سند را انجام می‌دهد.

۳-۱-۱- مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی

۳-۱-۱-۱- مأموریت و اهداف

مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی پژوهشگاه نیرو با توجه به اهداف برنامه پنجم توسعه کشور در خصوص توسعه استفاده از منابع پایدار انرژی و به ویژه انرژی بادی و با هدف محوریت بخشی به فعالیتهای پژوهشی در این حوزه در سال ۱۳۸۹ تاسیس گردیده است. از جمله اهداف تاسیس مرکز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ایجاد و توسعه فناوری‌های استحصال انرژی باد
- افزایش توان رقابتی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع
- پشتیبانی صنعت انرژی بادی از طریق توسعه فناوری‌های نوین، اقتصادی و با کیفیت و ترویج صادرات
- بر طرف نمودن موانع فنی بهره برداری از انرژی باد بویژه برای نیروگاه‌های بادی بزرگ
- سامان‌دهی به امر واردات محصولات در حوزه فناوری بادی و انجام نظارت‌های کیفی
- انجام مطالعات زیربنایی امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی احداث و بهره برداری از مزارع بادی جدید
- ارتباط فناورانه با مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور با هدف ترویج دانش

- انجام مطالعات آینده پژوهی و سیاست نگاری و تدوین نقشه راه در حوزه صنعت باد

۳-۱-۱-۲- توانمندی ها و خدمات

- پشتیبانی فنی و مهندسی طراحی و ساخت، انتقال فن آوری و بومی سازی توربینهای بادی بزرگ و اجزای آن
- طراحی، ساخت و مشاوره انتخاب توربین های بادی کوچک متناسب با نیازهای متقاضی
- شبیه سازی دینامیکی و انجام محاسبات بار توربین های بادی با استفاده از نرم افزارهای تخصصی
- بررسی شرایط بهره برداری توربین های بادی موجود، مهندسی مجدد و ارائه راهکارهای ویژه بهبود
- انتخاب توربین بادی مناسب برای مزارع بادی در دست احداث
- طراحی فونداسیون توربین های وارداتی بر اساس شرایط سایت
- برگزاری دوره های آموزشی تخصصی در زمینه طراحی و فناوری توربینهای بادی
- انجام مطالعات امکان سنجی و پتانسیل سنجی احداث مزارع بادی
- مدلسازی اجزای مختلف توربین بادی، جهت طراحی سیستم کنترل
- طراحی سیستم کنترل پیچ پره های توربین، سیستم یاء، کنترل گشتاور ژنراتور، مبدل الکترونیک قدرت، سیستم سوپروایزری و سیستم ایمنی
- پیاده سازی سیستم مانیتورینگ SCADA بر پایه نرم افزار CITECT SCADA و سیستم تست HIL سخت افزار کنترلی مورد استفاده

۳-۱-۱-۳- پروژه های انجام شده یا در دست انجام

- طراحی و ساخت توربین بادی ۲ مگاواتی ملی
- طراحی و ساخت توربین بادی ۲۵ کیلووات
- طراحی و ساخت توربین ۵ کیلووات
- تهیه سند راه انرژی بادی کشور
- طراحی و راه اندازی مرکز تست توربین بادی

۳-۱-۱-۴ - وظایف

۱. آینده نگری: مطالعه پیوسته در زمینه فعالیت‌ها و صنایع به روز دنیا
۲. سیاست نگری: بررسی سیاست‌ها و قوانین موجود و نیازهای سیاست‌گذاری و مشکلات و مسائل مرتبط
۳. کارگردانی و همکاری آفرینی: برقراری هماهنگی میان بخش‌های مرتبط با این صنعت و ایجاد دایرکتوری مشاغل و صنایع جهت ایجاد همکاری و تبادل دانش
۴. هماهنگی و مدیریت تست پایلوت‌ها: ایجاد آزمایشگاه مرجع جهت تست نمونه‌های اولیه و سیاست‌گذاری در مورد یکسان‌سازی استانداردها
۵. نظارت بر روند تجاری شدن
۶. توسعه فناوری

۳-۲ - بازبینی و بازنگری دوره‌ای سند راهبردی انرژی باد کشور

با توجه به وظایف مطرح شده برای مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی، باید مکانیزمی برای انجا فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از وظایف اصلی این مرکز، نظارت و پیگیری بر اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. بنابراین جهت اطمینان از حصول این اهداف، برگزاری جلسات منظم و اخذ آمار و گزارش‌ها از بخش‌های متولی حوزه‌های مرتبط و رصد وضعیت تکنولوژی بر اساس شاخص‌های در نظر گرفته شده برای تحقق نقشه راه از قبیل ساختن نمونه‌های اولیه بخش‌های مختلف توربین بادی در داخل کشور، رشد مقالات علمی چاپ شده در این حوزه، رشد تعداد شرکت‌های دانش بنیان، ایجاد حداقل ۱۰ کدرشته مرتبط با تجدیدپذیر و انرژی بادی در دانشگاه‌های کشور، تربیت تکنسین و نیروی کار حرفه‌ای و ماهر در این حوزه، راه‌اندازی خط تولید اجزای توربین بادی، و ... باید مورد ارزیابی قرار گرفته و پس از نهایی‌سازی و تلفیق نتایج، گزارش آن در دوره‌های زمانی دوساله به وزارت نیرو اعلام گردد.

اعضای مرکز موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق چشم‌انداز، اتخاذ کنند. همچنین در صورت محقق نشدن شاخص‌ها، نقشه راه را مورد بازبینی قرار دهد. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختار 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 بادی 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، سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار خواهد گرفت.

۳-۳- نتیجه‌گیری

در این گزارش به عنوان آخرین فاز تدوین سند راهبردی و نقشه راه بهره‌برداری از انرژی باد کشور به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند پرداخته شد. 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 تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد و مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی پژوهشگاه نیرو به عنوان 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.

مراجع

[۱] روش شناسی اسناد ملی فناوری‌های راهبردی [۱]

[۲] Spanos, Aris. Statistical foundations of econometric modelling, ۱: Cambridge University Press

۱۹۸۶

[۳] Frisch, Ragnar (۱۹۳۳). Editor's Note. *Econometrica*. ۱. ۱-۴

[۴] Geweke, J; Horowitz, JL; Pesaran, MH. *Econometrics: a bird's eye view*.

[۵] سمت ۱۳۸۵ اقتصادسنجی مجلد اول. درخشان، مسعود [۵]

