

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌ی توزیع کلان‌شهرها

مدیر پروژه: دکتر مجتبی گیلوانزاد  
گروه پژوهشی خط و پست

راهبر: معاونت فناوری  
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر  
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر محمود حقی‌فام

✦ دکتر پرویز رمضان‌پور

✦ دکتر جواد علمایی

✦ مهندس حمیده قدیری

✦ مهندس سعید مهذب‌ترابی

✦ مهندس اکبر یاورطلب

گزارش حاضر تحت عنوان "تدوین مبانی سند توسعه فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" در ارتباط با مرحله اول پروژه "تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" تهیه و تدوین شده است.

این گزارش از چهار بخش تشکیل شده است. در بخش اول به تعریف کلانشهر و بررسی ویژگی‌های تاثیرگذار کلانشهرها در طراحی و توسعه شبکه توزیع آنان پرداخته می‌شود. بخش دوم به مبحث توجیه‌پذیری موضوع اصلی پروژه یعنی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌پردازد. این مبحث از شش رویکرد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی، زیست‌محیطی و قانونی مورد توجه قرار گرفته و توجیه موجود از هر منظر تشریح گردیده است. در بخش سوم گزارش نیز به مبانی سند در دست تدوین پرداخته شده و با مشخص کردن محدوده موضوع و ابعاد مطالعات، به مشخصه‌های فناوری‌های موجود و طبقه‌بندی کلی آن‌ها پرداخته شده است. بخش چهارم نیز به جمع‌بندی مطالب ارائه شده می‌پردازد. این گزارش توسط آقای مهندس احسان آزاد فارسانی، خانم مهندس تارا خیامیم و به مدیریت پروژه آقای دکتر مجتبی گیلوانزاد تهیه و تدوین گردیده است.

## فهرست مطالب

- ۱- طراحی شبکه توزیع ..... ۱
- ۱-۱- کلانشهر ..... ۲
- ۱-۱-۱- تعریف کیفی کلانشهر ..... ۲
- ۱-۱-۲- تعریف کمی کلانشهر ..... ۲
- ۱-۱-۳- تاریخچه پیدایش کلانشهر ..... ۳
- ۱-۱-۴- دید کلی ..... ۳
- ۱-۲- ویژگی‌های تاثیرگذار کلانشهرها در طراحی و توسعه شبکه توزیع آن‌ها ..... ۴
- ۱-۲-۱- مکانی ..... ۴
- ۱-۲-۲- آلودگی‌های زیست‌محیطی ..... ۴
- ۱-۲-۳- مدیریت شهری ..... ۵
- ۱-۲-۴- سایر ویژگی‌های کلانشهرها ..... ۶
- ۲- توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۸
- ۲-۱- توجیه‌پذیری سیاسی و اجتماعی ..... ۸
- ۲-۲- توجیه‌پذیری اقتصادی ..... ۱۰
- ۲-۳- توجیه‌پذیری تکنولوژیکی ..... ۱۸
- ۲-۴- توجیه‌پذیری زیست‌محیطی ..... ۲۰
- ۲-۵- توجیه‌پذیری قانونی ..... ۲۲
- ۳- تدوین مبانی سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۳۰
- ۳-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات ..... ۳۰
- ۳-۱-۱- تبیین محدوده جغرافیایی ..... ۳۰

- ۳۲-۱-۳-۲- تعیین افق زمانی برنامه‌ریزی ..... ۳۲
- ۳۳-۲-۳- تبیین مشخصه‌های فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۳۳
- ۳۴-۱-۲-۳- سابقه فناوری ..... ۳۴
- ۳۸-۱-۱-۲-۳- مراکز فعال ..... ۳۸
- ۴۱-۲-۱-۲-۳- مراکز دانشگاهی و پژوهشی ..... ۴۱
- ۴۶-۲-۲-۳- پیچیدگی فناوری طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها ..... ۴۶
- ۴۷-۱-۲-۲-۳- پیچیدگی زیاد ..... ۴۷
- ۵۰-۲-۲-۲-۳- علم محوری ..... ۵۰
- ۵۰-۳-۲-۲-۳- چرخه عمر کوتاه ..... ۵۰
- ۵۱-۴-۲-۲-۳- سهم بالای فناوری در قیمت تمام‌شده ..... ۵۱
- ۵۱-۵-۲-۲-۳- هزینه تحقیق و توسعه ..... ۵۱
- ۵۲-۳-۲-۳- تناسب فناوری ..... ۵۲
- ۵۴-۴-۲-۳- حوزه استفاده فناوری ..... ۵۴
- ۵۴-۱-۴-۲-۳- فرآیند ..... ۵۴
- ۵۵-۲-۴-۲-۳- محصول ..... ۵۵
- ۵۷-۵-۲-۳- موقعیت راهبردی فناوری ..... ۵۷
- ۵۷-۳-۳- طبقه‌بندی فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از منظر چرخه عمر ..... ۵۷
- ۶۳-۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ..... ۶۳
- ۶۶- مراجع ..... ۶۶

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۳): ارتباط چرخه‌ی عمر فناوری با چرخه عمر زیر فناوری‌ها..... ۵۹
- شکل (۲-۳): سهم مصرف انرژی کشورها از تولید CHP..... ۶۰

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): نتایج طراحی شبکه برای سناریوهای مختلف ..... ۱۱
- جدول (۲-۲): مقایسه ریالی پست ساختمانی با پست کمپکت ..... ۱۴
- جدول (۳-۲): هزینه ناشی از خاموشی ..... ۱۶
- جدول (۴-۲): قیمت تجهیزات برداشت شده [ ..... ۱۷
- جدول (۵-۲): لیست لوازم موردنیاز و هزینه لازم [۱۲] ..... ۱۷
- جدول (۶-۲): قوانین مرتبط با طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۲۹
- جدول (۱-۴): مهم‌ترین مصادیق هریک از ابعاد توجیه‌پذیری ..... ۶۳

## ۱- طراحی شبکه توزیع

هدف اصلی طراحی و توسعه‌ی شبکه‌های توزیع پاسخ به رشد مصرف برق با حداکثر کارایی اقتصادی به نحوی است که محدودیت‌های حاکم بر سیستم نقض نگردد. در طراحی شبکه‌های توزیع بیشتر تمرکز روی اقداماتی چون مکان‌یابی بهینه‌ی پست‌های توزیع و فوق توزیع، مسیریابی بهینه‌ی فیدرها، تعیین سطح مقطع هادی، انتخاب تجهیزات متناسب با شرایط کلانشهرها و ... می‌باشد.

مرحله طراحی شبکه‌های توزیع گام نخست پروژه‌های برق‌رسانی به مناطق شهری و روستایی را تشکیل می‌دهد، لذا می‌توان گفت که بین قابلیت‌های شبکه‌های توزیع برق پس از احداث در مرحله بهره‌برداری و کیفیت طراحی مهندسی رابطه همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به بیانی دیگر میزان بهره‌وری شبکه توزیع نیروی برق به مقدار قابل توجهی به رعایت کیفیت اصول مهندسی در طراحی آن سیستم بستگی دارد.

فرآیند طراحی شبکه توزیع در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی چند متغیره است که هدف از آن پیدا کردن یک طرح بهینه برای تغذیه مجموعه‌ای از بارها می‌باشد. این طرح بهینه همان طرحی است که دارای حداقل هزینه نصب تجهیزات و نیز حداقل هزینه ناشی از تلفات انرژی در طول بهره‌برداری از شبکه و ... بوده، ضمن آنکه هیچ یک از قیود فنی شبکه (مانند افت ولتاژ مجاز فیدرها، ظرفیت خطوط و ترانسفورماتورها و ...) نقض نمی‌شود. از سوی دیگر لازمه اجرای هر طرح بهینه در شبکه، استفاده از تجهیزات متناسب با قیود و الزامات طرح است.

## ۱-۱- کلانشهر

### ۱-۱-۱- تعریف کیفی کلانشهر

کلانشهر که با عنوان مادرشهر یا متروپولیس<sup>۱</sup> هم شناخته می‌شود عنوانی است که در مورد شهرهای بزرگ و پرجمعیت به کار می‌رود. یک کلانشهر معمولاً از یک شهر مرکزی و تعدادی شهر اقماری تشکیل شده است. کلانشهرها معمولاً از اهمیت سیاسی، اقتصادی، بازرگانی و فرهنگی زیادی برخوردارند و از مراکز مهم اقتصادی و تجاری هر کشور به حساب می‌آیند. همچنین کلانشهرها، دارای امکانات ورزشی، فرهنگی، آموزشی و گردشگری زیادی هستند و به همین علت، پذیرای مسافران دیگر شهرها و کشورها هستند.

از منظری دیگر، کلانشهر منطقه‌ای است که در آن هر شهری بطور گسترده‌ای در فضاهای اطراف خود پراکنده شده است و فراتر از هسته اولیه خود حرکت می‌کند. بطوری که حومه شهرها با هم تلاقی پیدا می‌کنند و نمی‌توان مشخص کرد که حومه یا یک شهر اقماری، جز کدام «مادر شهر» است. هر یک از «مادر شهرهای» این ناحیه بسیار عظیم هستند. جالب توجه است که «کلانشهر» ذکر شده پیچیده‌ترین سیستم اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را در خود جای داده است. به قول جامعه‌شناسان آلمانی، کلانشهرها مرکز پیچیده‌ترین مسائل زندگی مدرن هستند که شخصیت فردی را شدیداً تحت فشار قرار می‌دهد و او را از این سو به آن سو می‌کشاند.

### ۱-۱-۲- تعریف کمی کلانشهر

از دید کمی، یک کلانشهر با توجه به جمعیت شهرها مشخص می‌گردد. ولی تعریف کمی واحدی در بین کشورها برای کلانشهر وجود ندارد. در ادامه، تعریف کلانشهر با استفاده از جمعیت آن‌ها در کشورهای مختلف ارائه شده است:

«در هند به شهرهای با جمعیت بالای یک میلیون نفر کلانشهر گفته می‌شود. با توجه به تعریف فوق در این کشور، ده کلانشهر وجود دارد.»

<sup>1</sup> - metropolis



در دانمارک به شهرهای با جمعیت صد هزار نفر که در آن‌ها فاصله ملک ساکنین از یکدیگر کمتر از ۲۰۰ متر باشد، کلانشهر گفته می‌شود. با تعریف فوق، در این کشور ۴ کلانشهر وجود دارد.

در کانادا، به مجموعه چند شهر نزدیک هم که در اطراف یک شهر مرکزی بعنوان هسته کلانشهر قرار گرفته‌اند و مجموع جمعیت آن‌ها بالغ بر صد هزار نفر باشد، کلانشهر گفته می‌شود.

در آمریکا، به منظور تسهیل در توسعه شهرها و اجرای پروژه‌های زیرساختی، به شهرهای با جمعیت بالای پانصد هزار نفر کلانشهر گفته می‌شود.

در استرالیا به شهرهای با جمعیت بالغ بر صد هزار نفر، کلانشهر گفته می‌شود. با توجه به تعریف فوق در این کشور حداقل ۱۶ کلانشهر وجود دارد که بزرگ‌ترین آن‌ها سیدنی با جمعیت در حدود چهار میلیون و هفتصد هزار نفر و کوچک‌ترین آن‌ها داروین با جمعیتی در حدود صد و سه هزار نفر می‌باشند.

### ۱-۱-۳- تاریخچه پیدایش کلانشهر

گاتمن سال‌ها پیش اصطلاح «کلانشهر» را برای رجوع به تحولی جدید در شمال شرقی آمریکا بکار می‌برد. او معتقد است که شمال شرق آمریکا شاهد یک توسعه عجیب است؛ مجموعه به هم پیوسته‌ای از مادر شهرها، حومه‌ها و مناطق وابسته به آن‌ها، از جنوب نیوهمپشایر تا شمال ویرجینیا، از ساحل آتلانتیک تا کوه‌های آپالچی گسترش می‌یابد. این مجموعه متشکل از شهرهای بزرگی مثل بوستن، نیویورک، واشنگتن، فیلادلفیا و بالتیمور می‌شود که از طریق خطوط زمینی، آبی و هوایی به هم مربوطند. این جدیدترین شکل سکونت شهری است که در قرن بیستم پدید می‌آید و تمایز شهر و روستا از بین می‌رود.

### ۱-۱-۴- دید کلی

موضوع قابل ذکر این است که تکنولوژی مدرن و تحولات اجتماعی باعث گسترش زندگی شهری می‌شود، بطوری که با مکانیزه شدن کشاورزی و کاهش استفاده از نیروی کار انسانی در تولید کشاورزی وضعیت جدیدی فراهم می‌آید. یعنی در جهان صنعتی پدیده روستا از بین رفته است و کارخانه‌های کشاورزی جانشین شیوه تولید روستایی شده‌اند که آن‌ها هم برای فعالیت

خود وابسته به تکنولوژی، اطلاعات و ابزاری هستند که از «مادر شهر» می‌آید. بیشتر جامعه‌شناسان شهری بر این اعتقادند که آینده زندگی بشر زندگی در منطقه‌های شهری است.

## ۱-۲- ویژگی‌های تاثیرگذار کلانشهرها در طراحی و توسعه شبکه توزیع آن‌ها

### ۱-۲-۱- مکانی [۱]

◀ رشد و توسعه سریع شهر که منجر به قرار گرفتن پست‌ها و تأسیسات حاشیه‌ای قبلی در مناطق درون شهری می‌گردد.  
 ▶ گستردگی شهر و تراکم بار در آن که ضرورت احداث پست‌های فوق توزیع (و بعضاً انتقال) جدید در نزدیکی مراکز ثقل بار را در پی دارد.

◀ مشکل یافتن زمین مناسب برای احداث پست‌ها و معضل احداث کانال برای نصب کابل‌های تغذیه‌کننده این پست‌ها.

◀ مشکلات ناشی از تداخل توسعه شبکه با زندگی شهری در کلانشهرها. مثل مشکلات حادی که تعدد حفاری خیابان‌ها و معابر جهت توسعه شبکه یا انجام تعمیرات گریزناپذیر در این محدوده‌ها پدید می‌آورد.  
 ▶ مشکلات و محدودیت‌های ناشی از حریم خطوط و فیدرهای توزیع.

### ۱-۲-۲- آلودگی‌های زیست‌محیطی

ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کلانشهرها در سنوات گذشته میراثی ناخوشایند است که در ابعاد و گستره وسیعی، محیط اقتصادی، اجتماعی و از جمله محیط‌زیست شهری را متأثر نموده که ابعاد این آثار درزمینه محیط‌زیست شهری به حدی است که حتی برنامه‌های کلان نیز به‌طور محسوسی از این نابهنجاری‌ها متأثر شده و سعی شده ضمن برنامه‌ریزی برای پایداری توسعه‌های آتی، نسبت به رفع غبار آلودگی به‌ویژه آلودگی هوا از چهره کلانشهرها به‌عنوان یک اصل بنیادی پرداخته شود [۲].  
 در بین بخش‌های مختلف آلوده‌کننده هوا در کلانشهرها، بخش‌های حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب مهم‌ترین بخش‌های آلوده‌کننده هوا هستند، که هر دو عامل فوق رابطه‌ی مستقیمی با طراحی و شبکه توسعه شبکه توزیع کلانشهرها دارند.

برنامه‌ریزان شهری، سوداگران زمین، ارگان‌های دولتی، خصوصی و ... در توسعه غیرمنطقی شهر که باعث آلودگی شهری از جمله هوا می‌شود، نقش بسیار مؤثری دارند. آلودگی هوای کلانشهرها در وهله اول ناشی از عدم مدیریت صحیح، سیستم غلط شهرسازی و رشد و توسعه ناهمگون و عدم پیش‌بینی زیرساخت‌های لازم برای آن هست، که به تبع آن، مقدار زیاد وسایط نقلیه موتوری و احتراق ناقص سوخت در این وسایط و عدم مکان‌گزینی صحیح صنایع، نیروگاه‌ها و ... را به دنبال دارد. البته موقعیت شهر، شرایط توپوگرافی و اقلیمی حاکم بر شهر نیز در تشدید این آلودگی تأثیرگذار است. در مورد رفع مشکل آلودگی ایجادشده از طریق صنایع مسلم است که با برنامه‌ریزی صحیح بایستی محل صنایع جدید را حتی‌المقدور دور از مناطق مسکونی تعیین کرده و محل استقرار آن‌ها با توجه به موقعیت جغرافیایی و الگوی هواشناسی منطقه تعیین گردد. در مورد صنایع موجود نیز چنانچه نقش آن‌ها در آلوده نمودن هوای محیط قابل توجه بوده و خطر از جانب آن‌ها اجتماعات اطراف را تهدید می‌کند بایستی انتقال آن‌ها به محل‌های تعیین شده در خارج از منطقه مسکونی و با دادن مهلت زمانی مناسب به صاحبان صنایع با توجه به بنیه اقتصادی آن‌ها و امکانات دیگر عملی گردد. مواد آلوده‌کننده‌ای که در نتیجه احتراق سوخت‌های مختلف به‌منظور تأمین انرژی برای حمل‌ونقل، مصارف خانگی، صنایع و غیره ایجاد می‌گردد، در حقیقت عامل اصلی آلوده‌کننده هوا به‌خصوص در کلانشهرها می‌باشند. بنابراین یکی از راه‌های اصلی ایجاد تغییر در کیفیت هوای شهر تغییر منابع تولید انرژی خواهد بود. از سویی دیگر طراحی شهری و کاربری صحیح اراضی برای بخش‌های مختلف همچون صنایع، کارگاه‌ها و .... همراه با ترویج خودروهای برقی و مدیریت ترافیک سخت‌گیرانه و جدی و سیاست‌های حمل‌ونقل عمومی، ایجاد تسهیلات لازم جهت نوسازی منابع آلاینده و استانداردسازی این منابع از لحاظ فنی می‌تواند در جهت کاهش و جلوگیری از توسعه آلودگی هوا در کلانشهرها تأثیرگذار باشد.

### ۱-۲-۳- مدیریت شهری

معضل تراکم انبوه، کمبود زمین در کلانشهرها و کاهش نقدینگی شرکت‌های توزیع، این شرکت‌ها را به سمت استفاده از انواع تجهیزات کمپکت در فضای عمومی زیرزمینی و روزمینی شهرها و همچنین نصب پست انحصاری در ملک متقاضیان نموده است. عدم وجود تعاملات مناسب با شهرداری و قوانین مدیریت شهری سبب می‌شود تا تلاش‌های شرکت توزیع در هردوی موارد فوق عقیم مانده و یا با کاستی مواجه گردد. جهت رفع مشکلات در زمینه‌های فوق‌الذکر شرکت توزیع بایستی قادر باشد در زمینه‌های زیر تعاملات مناسب با سیستم مدیریت شهری برقرار نماید [۱]:

◀ مدیریت شهری نسبت به این موضوع که ایجاد تسهیلات برای شرکت‌های خدمات شهری با توجه به اینکه موجب تسریع و بهبود ارائه خدمات به شهروندان می‌گردد، از وظایف انکارناپذیر سیستم مدیریت شهری است.

◀ درخواست تعامل در صدور پروانه ساختمان متقاضیان مشمول احداث پست انحصاری پس از تعیین محل مناسب احداث این پست در ملک ایشان و صدور پایان کار پس از تأیید و مهر و امضای شرکت توزیع مبنی بر صحت نصب و برق‌دار شدن پست.

◀ جلب همکاری شهرداری در واگذاری فضاهای عمومی روزمینی و زیرزمینی عمومی شهری جهت احداث پست‌های توزیع و تدوین دستورالعمل و روش‌های موردنظر از این منظر.

### ۱-۲-۴- سایر ویژگی‌های کلانشهرها

بر اساس مطالعات اسنادی انجام‌شده، به‌طور کلی و خلاصه می‌توان سایر ویژگی‌های اساسی کلانشهرها در ایران را در مقایسه با شهرهای کوچک به شرح زیر بیان نمود:

- ◀ تراکم عناصر غیرشهری، مانند کاربری‌های نظامی، زندان‌ها، گاراژها، کارخانه‌ها و موارد مشابه آن
- ◀ کمبود سرانه فضاها و ظرفیت‌ها و تراکم بالا، به دلایل بالا بودن جمعیت زیاد و تراکم جمعیتی و ساختمانی
- ◀ عدم توجه و نگهداری از عناصر شهری شاخص مانند ابنیه تاریخی و...
- ◀ ضعف در زیرساخت‌های منطقه‌ای شامل عدم تناسب در تقسیمات، عدم توسعه و توزیع مناسب شکل‌ها
- ◀ دفع نادرست فاضلاب شهری و غیرشهری مانند چاه‌های جذبی، جاری کردن به آب‌های سطحی
- ◀ عدم تجانس فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی ساکنین مناطق
- ◀ تداخل بافت روستایی با بافت شهری
- ◀ وجود بافت حاشیه‌ای و اسکان غیررسمی
- ◀ وجود ساختمان‌ها و مجتمع‌های نیمه‌کاره و رهاشده و تبدیل آن به محل تجمع و زندگی حیوانات و یا معتادین و کارتن‌خواب‌ها
- ◀ مهاجرپذیری شهر

- ↪ سوداگری در خریدوفروش زمین و تراکم و مسکن
- ↪ ناپایداری درآمد شهرداری و در نتیجه تراکم‌پذیری غیراصولی
- ↪ گسستگی کالبدی عناصر شهری
- ↪ دفع نامناسب زباله‌های غیرشهری مانند زباله‌های بیمارستانی و نخاله‌های ساختمانی
- ↪ جوابگو نبودن سیستم حمل‌ونقل عمومی شهر و به تبع آن بروز ترافیک، آلودگی‌های صوتی و هوا و...
- ↪ عدم توجه به رودخانه‌ها، دره‌ها و مسیل‌ها و بروز مشکلاتی مانند بحران آب‌گرفتگی و سیل
- ↪ دست‌اندازی و ساخت‌وساز در حریم شهر
- ↪ نابسامانی معابر پیاده‌رو
- ↪ غلبه الگوهای معماری نامناسب و غیربومی با هویت ایرانی - اسلامی
- ↪ ناهماهنگی با سایر سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی و به دنبال آن خدمات‌رسانی ضعیف به شهروندان
- ↪ مشکلات ویژه زنان مانند زنان سرپرست خانوار، بی‌سرپرست، خیابانی و...
- ↪ نقش عبوری بزرگراهی و ریلی بعضی از مناطق به دلیل ایجاد یک گذرگاه اصلی در یک منطقه
- ↪ مهاجرت روزانه و جمعیت سیار شهر
- ↪ ریزدانی قطعات زمین
- ↪ آلودگی صوتی و آلودگی هوا

## ۲- توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

با توجه به وضعیت شبکه توزیع کشور در حال حاضر که بخش عمده‌ای از اتفاقات را به خود اختصاص داده و همچنین بخش قابل توجهی از اتلاف انرژی الکتریکی در آن رخ می‌دهد، لزوم توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع و کاربرد آن‌ها، شامل آموزش و انتقال دانش فنی، نوآوری، رعایت نکات فنی و استانداردها، نظارت، کنترل و ارزیابی در دستگاه‌های توزیع برای افزایش سطح ایمنی و کاهش حوادث شدیداً احساس می‌شود. در این قسمت توجیه‌پذیری فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، با مطالعه و شناسایی محیط پیرامون فناوری و عوامل و بخش‌های اثرگذار بر آن در صنعت برق، میزان نیاز صنعت به فناوری موردنظر، تحلیل و بررسی می‌گردد. در بررسی توجیه‌پذیری توسعه فناوری، افق زمانی بلندمدت موردنظر قرار می‌گیرد. تحلیل توجیه‌پذیری توسعه فناوری در این بخش، بر اساس بررسی ابعاد مختلف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی، زیست‌محیطی و قانونی صورت گرفته و ارائه شده است.

### ۲-۱- توجیه‌پذیری سیاسی و اجتماعی

یکی از مهم‌ترین اهداف طراحی شبکه توزیع برق به حداقل رساندن اختلالات و قطع سرویس‌دهی است. اهداف فوق در راستای مقاصد کلان صنعت برق در افق ۱۴۰۴ می‌باشد که در آن ایران را سرآمد کشورهای منطقه در ارائه برق پاک، پایا و مطمئن در نظر می‌گیرد. از دیگر اهداف طراحی شبکه توزیع می‌توان به حداقل کردن تلفات انرژی در شبکه و کاهش مصارف غیرضروری شبکه اشاره کرد که منجر به افزایش ظرفیت صادرات برق به کشورهای همسایه بطور مطمئن و پایدار می‌گردد. توسعه صادرات برق ایران به سایر کشورها با حفظ کیفیت و پایایی مناسب و قابل قبول، می‌تواند منجر به افزایش قدرت اقتصادی و به تبع آن قدرت سیاسی کشور شده و جایگاه آن را در عرصه بین‌المللی و منطقه‌ای تقویت نماید. از دیدگاهی دیگر، وقوع اختلال و خاموشی در شبکه ممکن است باعث کاهش عمر تجهیزات شبکه گردد که با توجه به تحریم‌های اعمالی از سوی کشورهای صنعتی، امر فوق ممکن است برای شبکه مشکل‌آفرین باشد. از این‌رو توسعه فناوری‌های طراحی شبکه

می‌تواند منجر به افزایش عمر مفید و بهره‌برداری بهینه از امکانات و تجهیزات موجود و نیاز کمتر به قطعات وارداتی و کاهش مسائل مربوط به آن در شبکه توزیع کلانشهرها گردد.

امروزه شناسایی نیاز مصرف‌کننده‌ها نقش بسزایی در ارائه‌ی سرویس به مشتری ایفا می‌کند. دیگر این مفهوم که برای رضایت مشتری تنها افزایش سطح سرویس کافی خواهد بود در حال منسوخ شدن است. مشتری کیفیت را تعریف می‌کند و سازمان‌ها چاره‌ای جز این ندارند که کیفیت را از دریچه‌ی دید مشتری بنگرند. امروزه دیگر کیفیت به مفهوم انطباق با استانداردها نیست بلکه می‌توان آن را انطباق با خواست مشتری تعریف کرد. بنابراین باید به دنبال راه‌کارهایی برای شناسایی نیازها و خواسته‌های مصرف‌کننده بود تا براساس آن کیفیت و مشخصه‌های موجود در یک محصول را معین نمود. یکی از موارد مهم در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها کیفیت و قابلیت اطمینانی است که مصرف‌کننده دریافت می‌کند. امروزه ارائه‌ی کیفیت و قابلیت اطمینان دریافتی مصرف‌کننده براساس خواست او، بیش از گذشته احساس می‌گردد. مدل‌هایی که در حال حاضر برای طراحی شبکه‌های توزیع ارائه می‌شود عموماً بدون توجه به دیدگاه مشتری و بر پایه مدل‌های تشویقی برای شرکت توزیع می‌باشد [۳] که در آن‌ها شرکت‌های توزیع برای نصب ادوات، اقدام به بهینه‌سازی برای جابجایی ادوات مختلف بر اساس قیود فنی و مالی برای دستیابی به بالاترین سطح سرویس به منظور جلب نظر تنظیم‌کننده می‌نمایند. در مدل تشویقی سرویس متوسط تحویلی به مصرف‌کننده‌ها ملاک تعیین میزان تشویقی یا جریمه شرکت توزیع به حساب می‌آید و دیدگاه مشتریان برای دریافت سرویس مطلوب خویش نادیده گرفته می‌شود [۴]. با توجه به مطالب بیان شده توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها که در آن‌ها فرآهم آوردن سرویس به مصرف‌کننده‌ها با اعمال دیدگاه آنان برای چگونگی و میزان سرویس دریافتی لحاظ شده باشد، الزامی به نظر می‌رسد.

از جهتی دیگر، یکی از مهم‌ترین پی‌آمدهای طراحی نامناسب و غیر اصولی شبکه توزیع وقوع خاموشی در شبکه است. وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. تعدد این مراکز استراتژیک در کلانشهرها و ارتباط و وابستگی جمع‌کثیری از مردم با این واحدها وقوع خاموشی در آنان را تبدیل به دغدغه بزرگی می‌کند. بدیهی است که استمرار خاموشی‌ها منجر به بروز نارضایتی از خدمات واحدهای فوق گردد. با ایجاد مراکز دیسپاچینگ متعدد در کلانشهرها می‌توان قدرت مانور شبکه توزیع را بالا برد و خاموشی‌های شبکه را مدیریت کرد. در ادامه این سند مساله خاموشی و قابلیت اطمینان را از ابعاد دیگری نیز مورد بررسی قرار

خواهد داد. در پایان مسئله دیگری که می‌تواند موجب نارضایتی مردم شود نوسانات ولتاژ و ولتاژ بالای برق است. این مشکلات با طراحی و بهره‌برداری مناسب شبکه توزیع قابل پیشگیری می‌باشد.

## ۲-۲- توجیه‌پذیری اقتصادی

با توجه به اینکه شبکه‌های توزیع برق کلانشهرها با سرعت بالا در حال گسترش هستند، لازم است به منظور اقتصادی بودن طرح‌های مذکور با در نظر گرفتن محدودیت‌های بهره‌برداری نسبت به توسعه کاربرد فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه، با ملاک قرار دادن استاندارد شبکه‌های توزیع اقدام و از اعمال سلیقه‌های مختلف کارشناسان طراحی و بهره‌برداری که منجر به افزایش هزینه پروژه‌ها می‌گردد جلوگیری نمود.

بطور کلی ارائه فناوری‌های جدید برای طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها از جنبه‌های اقتصادی مختلفی قابل توجیه است.

برخی از مهم‌ترین جنبه‌های فوق عبارتند از:

☞ بهینه‌سازی هزینه‌های بهره‌برداری

☞ بهینه‌سازی هزینه‌های نصب و اجرا

☞ کاهش هزینه‌های خاموشی شبکه با بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان

در ادامه توضیحات مربوط به هریک از موارد فوق آمده است:

### بهینه‌سازی هزینه‌های بهره‌برداری

امروزه با توجه به تغییر نگاه به صنعت برق و اینکه به برق به عنوان یک کالای اقتصادی نگریسته می‌شود اهمیت کاهش تلفات خود را بیشتر از گذشته نشان می‌دهد. با توجه به اینکه میزان کاهش تلفات در شبکه‌های برق بسیار کم هزینه‌تر از افزایش تولید می‌باشد و از آنجا که بخش عمده این تلفات در صنعت برق مربوط به بخش توزیع است، از این رو مطالعات و اقدامات در این بخش بسیار موثر و با اهمیت می‌باشد. یکی از اهداف استراتژیک بخش انرژی الکتریکی کشور، مصرف انرژی به شکل بهینه و مناسب آن می‌باشد زیرا ظرفیت تولید انرژی الکتریکی با توجه به هزینه سنگین سرمایه‌گذاری در



آن محدود بوده، بنابراین افزایش میزان بهره‌وری از ظرفیت موجود، در رشد و ارتقای اقتصاد ملی و امکان بهره برداری از فرصت‌های اقتصادی ناشی از عدم سرمایه‌گذاری کلان در بخش تولید و عرضه انرژی مفید خواهد بود که این امر نیز مستلزم شناخت ارزش سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری مربوطه است. تلفات در حقیقت شاخصی جهت سنجش پیشرفت علمی کشورهای جهان است که توسط سازمان‌هایی چون بانک جهانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تلفات کمتر موجب قیمت تمام شده کمتر انرژی شده و در نتیجه تسریع رشد اقتصادی کشورها را از طریق کاهش قیمت تمام شده تولید در پی دارد و از طرفی موجب انعطاف‌پذیری بیشتر شرکت‌های توزیع جهت رقابت در بازارهای رقابتی می‌گردد.

برای نشان دادن اهمیت طراحی شبکه از بعد اقتصادی، در جدول (۱-۲) نتایج حاصل از پنج سناریوی طراحی شبکه نشان داده شده است [۵]. در جدول فوق طراحی شبکه با استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی و از طریق اقداماتی شامل خازن‌گذاری و تغییر هادی خطوط انجام می‌شود. سناریوهای بررسی شده در جدول (۱-۲) عبارتند از:

سناریو ۱: حالت پایه شبکه. در این حالت هیچ خازنی در شبکه نصب نشده است و هیچ تغییر هادی صورت نگرفته است.

سناریو ۲: فقط جایابی خازن صورت می‌گیرد.

سناریو ۳: ابتدا جایابی خازن و سپس تغییر هادی خطوط انجام می‌شود.

سناریو ۴: ابتدا تغییر هادی و سپس جایابی خازن صورت می‌گیرد.

سناریو ۵: تغییر هادی و جایابی خازن بصورت همزمان انجام می‌شود.

جدول (۱-۲): نتایج طراحی شبکه برای سناریوهای مختلف

| سناریو            | ۱      | ۲      | ۳      | ۴      | ۵      |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| هزینه کل (\$)     | ۵۵۷۰۰۰ | ۴۲۷۰۰۰ | ۳۳۰۱۰۰ | ۳۳۰۴۰۰ | ۳۰۷۲۰۰ |
| سود (\$)          | ۰      | ۱۲۹۰۰۰ | ۲۲۶۹۰۰ | ۲۲۶۴۰۰ | ۲۴۹۸۰۰ |
| هزینه خازن (\$)   | ۰      | ۸۱۹۴   | ۸۱۹۳   | ۸۱۸۹   | ۷۲۴۳   |
| هزینه هادی (\$)   | ۰      | ۰      | ۷۴۶۷   | ۶۹۶۵   | ۷۷۴۵   |
| تلفات انرژی (kWh) | ۷۱۷۰   | ۵۳۴۷   | ۴۰۰۳   | ۴۰۱۴   | ۳۷۲۴   |

با مقایسه نتایج سناریوهای مختلف با حالت پایه (سناریو ۱) می‌توان به نقش طراحی شبکه در کاهش هزینه‌های شبکه توزیع پی برد.

در بهینه‌سازی سیستم‌های توزیع باید به این امر توجه داشت که اجرای پروژه‌های طراحی شبکه توزیع باهدف کاهش تلفات تا نقطه‌ای دارای توجیه است که ارزش حال پروژه‌های کاهش تلفات بیشتر از ارزش سرمایه‌گذاری توسعه و احداث نشود، از این رو ارائه طرح‌های اصولی برای طراحی شبکه ضروری است. بعنوان نمونه پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۰۴ شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ طرح‌های کاهش تلفات برق را با هدف صرفه‌جویی در مصرف برق، اصلاح الگوی مصرف، کاهش پیک و حفظ پایداری شبکه و بهبود کیفیت توان اجرا خواهد کرد. در این زمینه عمده‌ترین طرح‌های راهبردی در دست اجرای شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ، تعویض کنتورهای ۳، ۵ و ۱۰ آمپری تک فاز الکترومکانیکی با کنتورهای دیجیتالی، نصب ساعت فرمان نجومی باهدف بهبود شاخص‌های بهره‌وری، نصب ۸۰ مگاوار خازن جهت جبران سازی مصارف توان راکتیو مشترکین ولتاژ اولیه، تعویض ۴۰۵۰۰۰ جعبه انشعاب، جایگزینی ترانسفورماتورهای با تلفات کم به جای ترانسفورماتورهای فرسوده موجود و اصلاح انشعابات سیمی به تعداد ۳۴۰۰۰۰ انشعاب باهدف افزایش قابلیت اطمینان شبکه و کاهش انرژی توزیع نشده است. طرح استفاده از کابل خود نگهدار به میزان ۳ هزار کیلومتر با هدف کاهش سرقت شبکه سیم مسی، جمع‌آوری انشعابات غیرمجاز، افزایش سطح ایمنی و قابلیت اطمینان از دیگر طرح‌ها در این زمینه است.

#### بهینه‌سازی هزینه‌های نصب و اجرا

در طراحی شبکه توزیع برق جایابی تجهیزات شبکه مثل تولیدات پراکنده و پست‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. در شبکه‌های توزیع امروزی بخصوص با روند رو به رشد خصوصی‌سازی و رقابتی شدن بازار برق، هدف اولیه شرکت‌های توزیع پایین آوردن هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری، نگهداری و ساخت شبکه است. یکی از مؤثرترین روش‌ها برای پاسخگویی به موارد فوق استفاده از منابع تولید پراکنده است. در سال‌های اخیر، استفاده از واحدهای تولید پراکنده در سیستم‌های قدرت به‌طور روزافزونی زیاد شده است. دلایل متعددی برای این امر می‌توان برشمرد از جمله کاهش هزینه‌های بهره‌برداری مربوط به دوره پیک منحنی بار، بهبود پروفیل ولتاژ و ضریب بار، تأخیر و یا رفع نیاز به توسعه سیستم، بهبود قابلیت اطمینان و بازده شبکه، محدودیت در ساخت خطوط انتقال و توزیع جدید، نگرانی‌های زیست محیطی، تجدید ساختار، بازار

برق و غیره [۶]. پیشرفت‌های اخیر در ژنراتورهای کوچک و پربازده، الکترونیک قدرت و ادوات ذخیره انرژی برای پشتیبانی در مواقع اضطراری نیز سرعت افزودن این واحدهای نیروگاهی کوچک را به شبکه‌های توزیع بیشتر کرده است [۷]. از طرفی چون سیستم‌های توزیع به‌طور معمول برای بهره‌برداری به‌صورت شعاعی طراحی می‌شوند، اتصال این منابع به سیستم توزیع می‌تواند به میزان زیادی روی جریان، توان و شرایط ولتاژ در محل مصرف‌کننده‌ها و تجهیزات سیستم تأثیر بگذارد و این اثرات ممکن است در راستای بهبود یا بدتر شدن عملکرد سیستم باشد که به شرایط سیستم و مشخصات منابع تولید پراکنده نصب شده بستگی دارد. بنابراین رسیدن به مزایای بالا در عمل بسیار مشکل‌تر از آن است که اغلب تصور می‌شود. برای رسیدن به این مزایا در هر طرحی که در ارتباط با طراحی شبکه ارائه می‌شود باید تجهیزات شبکه همچون تولیدات پراکنده دارای اندازه مناسب بوده و در مکان‌های مناسب نصب شوند که این امر در کلانشهرها با چالش‌هایی از جمله محدودیت فضا روبروست.

امروزه با گسترش شهرها و تقاضای روزافزون انرژی الکتریکی از یک سو و افزایش قیمت زمین در کلانشهرها از سوی دیگر و نیز سرعت اجرا و سرعت تقاضا، صنایع و متصدیان را بر آن داشته تا نسبت به کوچک‌سازی و سرعت بخشیدن به تولید محصولاتی که این نیاز را برآورده نماید. تابلو و پست کمپکت با داشتن مزایای فنی و اقتصادی فراوان به‌راحتی و با ضریب اطمینان بالا توانایی حل مشکلات توزیع برق را دارا می‌باشند. در ادامه برای مقایسه فنی و اقتصادی پست‌های کمپکت با پست‌های ساختمانی مرسوم، نتایج اقتصادی حاصل از پیاده‌سازی یک پست کمپکت ارائه می‌شود:

☞ برای تأمین برق یک مجتمع مسکونی / تجاری ۱۰۰ واحدی پست توزیع برق به ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت آمپر پیشنهاد شده است.

مشخصات هر یک از پست‌ها عبارت‌اند از :

☞ پست ساختمانی زمینی: به ابعاد ۸×۶ متر مربع دوطبقه با تجهیزات فشار متوسط معمولی و ترانسفورماتور روغنی

کنسرواتوری به ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت آمپر و تابلوی فشار ضعیف با کلید ۱۰۰۰ آمپری و ۶ خروجی کلید فیوز.

☞ پست کمپکت: به ابعاد ۲,۵×۳,۵ متر مربع کیوسکی با تجهیزات فشار متوسط کمپکت و ترانسفورماتور روغنی

کنسرواتوری به ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت آمپر و تابلوی فشار ضعیف با کلید ۱۰۰۰ آمپری و ۶ خروجی کلید فیوز.

با توجه به خصوصیات فوق‌الذکر چند آیتم که امکان مقایسه ریالی را فراهم می‌سازند در جدول (۲-۲) جمع‌بندی شده است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود یک دستگاه پست کمپکت بیش از ۸۲۱ میلیون ریال به‌صرفه‌تر بوده و این به‌غیر از زمان بر بودن زمان احداث پست ساختمانی و مسائل مرتبط با آن و مشکلات بهره‌برداری است که با احتساب آن عدد صرفه اقتصادی طرح‌ها به‌مراتب بیشتر از این رقم خواهد بود. البته باید توجه داشت که مبنای قیمت‌ها در این محاسبات تقریبی بوده و جهت مقایسه درج‌شده و بر اساس هر پروژه قیمت‌ها تغییر خواهند کرد.

جدول (۲-۲): مقایسه ریالی پست ساختمانی با پست کمپکت [۸]

| ردیف | شاخص مقایسه             | واحد شاخص   | شاخص در پست ساختمانی | شاخص در پست کمپکت | نتیجه مقایسه | ملاحظات  |
|------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------------|--------------|--|
| ۱    | سطح زمین اشغال شده      | مترمربع     | ۴۸                   | ۹                 | ۳۹           | کاهش سطح ۳۷ مترمربعی پست کمپکت نسبت به پست ساختمانی              |
| ۲    | ساختمان پست (زیربنا)    | مترمربع     | ۹۶                   | ۹                 | ۸۷           | کاهش ۸۵ مترمربعی زیربنای پست کمپکت نسبت به پست ساختمانی          |
| ۳    | هزینه زمین اشغال شده    | میلیون ریال | ۷۲۰                  | ۱۳۵               | ۵۸۵          | هزینه خرید هر مترمربع زمین حداقل ۱۵ میلیون ریال فرض شده است.     |
| ۴    | هزینه احداث ساختمان پست | میلیون ریال | ۳۳۶                  | ۱۵۰               | ۱۸۶          | هزینه احداث هر مترمربع زیربنا حداقل ۳/۵ میلیون ریال فرض شده است. |
| ۵    | هزینه تجهیز پست         | میلیون ریال | ۶۰۰                  | ۵۵۰               | ۵۰           | به لحاظ فشرده شدن فضا و تابلوها هزینه‌ها قابل کاهش است.          |
| ۶    | سرویس و نگهداری سالانه  | میلیون ریال | ---                  | ---               | ---          | در طول مدت ۳۰ سال تابلوهای فشار متوسط نیازی به سرویس ندارند.     |
| ۷    | جمع‌بندی                | میلیون ریال | ۱۶۵۶                 | ۸۳۵               | ۸۲۱          | -  |

یکی دیگر از بخش‌های مهم طرح و توسعه شبکه‌های توزیع، مسیریابی و تعیین ظرفیت فیدهای فشار ضعیف و فشار متوسط است. این مرحله که می‌تواند پس از تعیین محل و ظرفیت پست‌های توزیع و یا همزمان با آن انجام پذیرد از مهم‌ترین بخش‌های طراحی شبکه‌های توزیع بشمار می‌آید. در شبکه توزیع ایران، عموماً طراحی شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط، به‌صورت مقطعی و برحسب نیاز با تکیه بر دانش و تجربیات طراحان شبکه و بر مبنای استانداردهای طراحی شبکه و بارگذاری تجهیزات صورت می‌گیرد و معمولاً فرآیند بهینه‌سازی مدون و قابل اطمینانی بر روی آن‌ها صورت

نمی‌پذیرد که منجر به عدم اقتصادی شدن برخی از طرح‌ها می‌شود. از این رو ارائه طرح‌هایی که قابلیت پیاده‌سازی نرم‌افزاری و استفاده در شبکه‌های توزیع کلانشهرها در سطح وسیع را دارا باشند ضروری به نظر می‌رسد.

#### کاهش هزینه‌های خاموشی شبکه با بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان

در شبکه توزیع و برای انجام برنامه‌ریزی از دیدگاه شرکت توزیع خصوصی، از دو مدل متداول حداقل-هزینه و حداکثر-سود استفاده می‌شود [۹]. برای محاسبه تابع هدف در این دو مدل باید علاوه بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های قطعی را هم در طی افق زمانی برنامه‌ریزی لحاظ کرد. بدیهی است که قطعی‌ها و خاموشی‌ها به واسطه‌ی کاهش فروش انرژی، بر درآمد شرکت توزیع تأثیرگذارند. لذا برای محاسبه‌ی درآمد شرکت توزیع و همچنین هزینه‌ی ناشی از قطعی‌ها باید شاخص‌های قابلیت اطمینان محاسبه شوند. همچنین قانون‌گذاران شبکه در برخی موارد، محدوده‌هایی را برای بعضی از شاخص‌های قابلیت اطمینان تعیین می‌کنند. لذا سیستم توزیع باید طوری طراحی شود و یا توسعه یابد که شبکه قادر به تأمین انرژی با حداقل استانداردها باشد. به این ترتیب برای انجام مطالعات طراحی یا برنامه‌ریزی توسعه‌ی شبکه‌های توزیع، علاوه بر مطالعات فنی معمول مانند پخش بار، اتصال کوتاه و ...، ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم نیز باید انجام شود [۱۰].

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ی دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان متأثر از برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و بهره‌برداری از تجهیزات است لذا باید در یک زنجیره به آن نگریسته شود. خاموشی زیاد یکی از مشخصه‌های شبکه با قابلیت اطمینان پایین است. با توجه به اینکه ۸۰ درصد خاموشی‌های شبکه برق ایران به شبکه توزیع آن اختصاص دارد و ۷۳ درصد آن مربوط به شبکه فشار متوسط و ۷ درصد فشار ضعیف است، بهبود قابلیت اطمینان در شبکه توزیع کلانشهرها و کاهش خاموشی در مراکز حساس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از خاموشی‌های معمول در شبکه‌های توزیع فشار متوسط ناشی از تعمیرات برنامه‌ریزی شده و توسعه شبکه است. در کلانشهرها که ممکن است فیدر مربوطه دارای بارهای استراتژیک و یا بارهای با هزینه قطع بالا باشد، استفاده از عملیات خط گرم توصیه می‌گردد. البته با توجه به هزینه بالا و نیز مشکلات ایمنی، کاربری این کار در کشور، حداقل در آینده نزدیک به صورت عمومی توصیه نمی‌گردد. جدول (۲-۳) هزینه ناشی از خاموشی را برای ۷ گروه از مشترکین نشان

می‌دهد. اعداد این جدول برحسب دلار بر کیلووات می‌باشند. همان‌طور که جدول نشان می‌دهد بالاترین هزینه‌های خاموشی مربوط به مشترکین اداری است. با توجه به تعدد بیشتر این مشترکین در کلانشهرها مسئله بهبود قابلیت اطمینان شبکه در این مراکز تأثیر به‌سزایی بر کل شبکه توزیع کشور خواهد گذاشت.

جدول (۲-۳): هزینه ناشی از خاموشی [۱۱]

| مشترک        | ۱ دقیقه | ۲۰ دقیقه | ۱ ساعت | ۴ ساعت | ۸ ساعت |
|--------------|---------|----------|--------|--------|--------|
| صنعتی        | ۱/۶۲۵   | ۳/۸۶۸    | ۹/۰۸۵  | ۲۵/۱۶  | ۵۵/۸۰۸ |
| تجاری        | ۰/۳۸۱   | ۲/۹۶۹    | ۸/۵۵۲  | ۳۱/۳۱۷ | ۸۳/۰۰۸ |
| خانگی        | ۰/۰۰۱   | ۰/۰۹۳    | ۰/۴۸۲  | ۴/۹۱۴  | ۱۵/۶۹۰ |
| دولتی        | ۰/۰۴۴   | ۰/۳۶۹    | ۱/۴۹۲  | ۶/۵۵۸  | ۲۶/۰۴۰ |
| کشاورزی      | ۰/۰۶۰   | ۰/۳۴۳    | ۰/۶۴۹  | ۲/۰۶۴  | ۴/۱۲۰  |
| اداری        | ۴/۷۷۸   | ۹/۸۷۸    | ۲۱/۰۶۵ | ۶۸/۸۳  | ۱۱۹/۱۶ |
| مشترکین بزرگ | ۱/۰۰۵   | ۱/۵۰۸    | ۲/۲۲۵  | ۳/۹۶۸  | ۸/۲۴۰  |

یکی از عوامل مؤثر در قابلیت اطمینان، نرخ خطای المان‌ها است. به‌طوری‌که با کاهش این نرخ می‌توان نسبت به افزایش قابلیت اطمینان اقدام نمود. در شبکه‌های توزیع با توجه به تعدد تجهیزات و گستردگی جغرافیایی آن و دسترس‌پذیری این شبکه برای مشترکان، عوامل شهری و ....، داشتن برنامه مشخص برای کاهش نرخ خطا بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. کاهش نرخ خطا معمولاً ارزان‌ترین روش برای افزایش قابلیت اطمینان و نیز راهی برای افزایش عمر تجهیزات و در نتیجه حفظ بهره‌وری سیستم است.

### کاهش آلودگی

در حال حاضر متوسط مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا ۱۰ درصد است که این میزان در کشورهای پیشرفته ۲۰ درصد است، اما در ایران به دلیل داشتن بنزین، گازوئیل و نفت ارزان و فراوان و گران بودن تولید انرژی تجدیدپذیر میزان مصرف این انرژی تقریباً صفر درصد است درحالی‌که برای رهایی کامل از آلودگی هوا یکی از راهکارهای کلانشهرها استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. راهکار دیگر در راستای کاهش آلودگی هوای کلانشهرها و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و تبدیل آن‌ها به سیکل ترکیبی است. هم‌اکنون راندمان

نیروگاه‌های گازی حدود ۳۱/۵ درصد بوده که با ورود نسل جدید توربین‌های گاز به کشور، بازده بخش بخار به ۴۰ درصد و با تبدیل آن به سیکل ترکیبی به ۶۰ درصد می‌رسد.

در پایان این بخش، به‌عنوان نمونه یکی از راهکارها در راستای افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات و پاسخ‌گویی به مشکل محدودیت فضا و حریم در کلانشهرها، استفاده از پست پدمانتد به‌جای پست هوایی بصورت همزمان ارائه شده است.

در این قسمت تأثیر انجام اصلاحات بر روی شبکه از دیدگاه اقتصادی بررسی و میزان هزینه لازم و سود ناشی از انجام این طرح محاسبه می‌شود. در مثال در نظر گرفته‌شده به‌منظور اصلاح شبکه بایستی ۲۳ دستگاه پست هوایی موجود با پست‌های پدمانتد جایگزین شود. حال اگر قیمت پست‌های هوایی جمع‌آوری‌شده از شبکه ۶۰ درصد معادل قیمت تجهیزات نو در نظر گرفته شود، قیمت تجهیزات برداشت‌شده مطابق جدول زیر خواهد بود.

جدول (۲-۴): قیمت تجهیزات برداشت‌شده [۱۲]

| ردیف | شرح                             | تعداد/مقدار | واحد   | قیمت واحد(ریال) | قیمت کل(ریال) |
|------|---------------------------------|-------------|--------|-----------------|---------------|
| ۱    | پست هوایی ۳۱۵ کیلوولت آمپر کامل | ۴           | دستگاه | ۱۲۰۰۰۰۰۰        | ۴۸۰۰۰۰۰۰      |
| ۲    | پست هوایی ۲۰۰ کیلوولت آمپر کامل | ۸           | دستگاه | ۹۵۰۰۰۰۰         | ۷۶۰۰۰۰۰۰      |
| ۳    | پست هوایی ۱۰۰ کیلوولت آمپر کامل | ۶           | دستگاه | ۶۰۰۰۰۰۰         | ۳۶۰۰۰۰۰۰      |
| ۴    | پست هوایی ۵۰ کیلوولت آمپر کامل  | ۵           | دستگاه | ۴۵۰۰۰۰۰         | ۲۲۵۰۰۰۰۰      |
| ۵    | جمع کل                          | -           | -      | -               | ۱۸۲۵۰۰۰۰۰     |

و هزینه جایگزینی ترانسفورماتورهای هوایی فیدر نمونه با پست‌های پدمانتد بر اساس فهرست‌بهای سال ۱۳۹۲ شرکت توزیع لیست لوازم موردنیاز و هزینه لازم طبق جدول زیر خواهد بود (دستمزد لحاظ شده است).

جدول (۲-۵): لیست لوازم موردنیاز و هزینه لازم [۱۲]

| ردیف | شرح                          | تعداد/مقدار | واحد   | قیمت واحد(ریال) | قیمت کل(ریال) |
|------|------------------------------|-------------|--------|-----------------|---------------|
| ۱    | پست پدمانتد ۳۱۵ کیلوولت آمپر | ۴           | دستگاه | ۴۵۰۰۰۰۰۰        | ۱۸۰۰۰۰۰۰۰     |
| ۲    | پست پدمانتد ۲۰۰ کیلوولت آمپر | ۸           | دستگاه | ۳۰۰۰۰۰۰۰        | ۲۴۰۰۰۰۰۰۰     |
| ۳    | پست پدمانتد ۱۰۰ کیلوولت آمپر | ۶           | دستگاه | ۲۲۰۰۰۰۰۰        | ۱۳۲۰۰۰۰۰۰     |
| ۴    | پست پدمانتد ۵۰ کیلوولت آمپر  | ۵           | دستگاه | ۱۸۰۰۰۰۰۰        | ۹۰۰۰۰۰۰۰      |
| ۵    | کابل فشار متوسط ۵۰ * ۱       | ۱۳۸۰        | متر    | ۲۵۰۰۰۰          | ۳۴۵۰۰۰۰۰۰     |
| ۶    | سرکابل هوایی                 | ۲۳          | سری    | ۵۰۰۰۰۰۰         | ۱۱۵۰۰۰۰۰۰     |

| ردیف | شرح    | تعداد/مقدار | واحد | قیمت واحد(ریال) | قیمت کل(ریال) |
|------|--------|-------------|------|-----------------|---------------|
| ۷    | جمع کل | -           | -    | -               | ۷۲۲۵۰۰۰۰۰۰    |

با فرض اینکه عمر تجهیزات شبکه توزیع ۳۰ سال در نظر گرفته شود، هزینه سالیانه اجرای این طرح برابر با ۲۴۰۸۳۰۰۰۰ ریال خواهد بود. از طرفی با توجه به اینکه با نصب پست‌های پدمانتد خاموشی‌های فشار متوسط و به تبع آن انرژی توزیع نشده به میزان ۲۳۳۷۲ کیلووات ساعت کاهش خواهد یافت، با در نظر گرفتن هزینه هر کیلووات ساعت انرژی توزیع نشده ۸۳۰ ریال (میانگین نرخ فروش انرژی شرکت‌های توزیع برق)، میزان صرفه‌جویی ناشی از کاهش خاموشی‌ها و انرژی توزیع نشده برابر با ۱۹۴۰۰۰۰۰ ریال خواهد بود. حال چنانچه هزینه سالیانه اجرای طرح از مجموع دو پارامتر قیمت تجهیزات جمع‌آوری شده و سود حاصل از کاهش انرژی توزیع نشده کم شود، همان‌گونه که پیداست هزینه سالیانه اجرای این طرح از مجموع این دو مقدار (سود حاصله) بیشتر است و از نظر اعداد و ارقام اجرای این پروژه توجیه اقتصادی ندارد. چنانچه در محاسبات انجام شده نرخ هر کیلووات ساعت انرژی توزیع نشده به جای ۸۳۰ ریال فعلی حداقل ۱ دلار (مطابق با نرخ‌های جهانی) در نظر گرفته شود میزان صرفه‌جویی ناشی از کاهش انرژی توزیع نشده تقریباً برابر با ۶۷۱۱۶۰۰۰۰ ریال خواهد شد، که با کم کردن این مقدار از هزینه سالیانه اجرای این طرح، حدود ۴۳۰۳۳۰۰۰۰ ریال سوددهی خواهد داشت و اجرای پروژه در همان سال اول از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر خواهد بود.

## ۲-۳- توجیه‌پذیری تکنولوژیکی

از دید فنی، با توجه به محدودیت‌های موجود در شبکه توزیع کلانشهرها، مثل محدودیت زمین برای احداث پست، محدودیت حریم برای احداث خطوط و فیدرهای جدید، آلودگی هوا و ...، استفاده از تجهیزات و فناوری‌های جدید برای به حداقل رساندن محدودیت‌های فوق الزامی است. برای نمونه با استفاده از پست‌های کمپکت می‌توان مشکل زمین را در احداث پست‌های جدید از میان برداشت. از طریق فناوری‌های جدید خط، مثل کابل‌های خود نگهدار و... می‌توان مشکل حریم را از میان برداشت و با افزایش تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان به کاهش آلودگی هوای کلانشهرها کمک کرد.



از منظر فرآیند، به‌طور کلی برنامه‌ریزی شبکه‌ی توزیع به دو شکل قابل‌مطالعه است: طراحی یک شبکه‌ی توزیع جدید و برنامه‌ریزی توسعه شبکه‌ی توزیع موجود. در طراحی شبکه‌ی توزیع که پروژه‌ای پیچیده است، برای تمامی جزئیات شبکه از جمله سطح ولتاژ، ساختار شبکه (شعاعی، حلقوی و ...)، مکان و ظرفیت و ساختار پست‌های فوق‌توزیع و توزیع، مسیر و نوع و ظرفیت خطوط و فیدرها، طرح حفاظتی شبکه و ... تصمیم‌گیری می‌شود. اما در برنامه‌ریزی توسعه که برای شبکه‌های موجود انجام می‌شود، بسیاری از موارد بررسی شده در طراحی شبکه وارد مطالعات نمی‌شوند. در این مطالعه با توجه به اینکه برای بسیاری از موارد فوق در مرحله طراحی تصمیم‌گیری شده، با در نظر گرفتن شبکه‌ی موجود، پیش‌بینی بار و قیمت‌ها، ملاحظات فنی و اقتصادی، موارد زیر در طی افق زمانی برنامه‌ریزی به‌طور بهینه تعیین می‌شوند.

☞ تعیین مسیر، زمان‌بندی اجرا و انتخاب ظرفیت فیدرها

☞ مکان‌یابی، زمان‌بندی اجرا و انتخاب ظرفیت پست‌ها

☞ مکان‌یابی و تعیین ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده

☞ تقویت فیدرها و افزایش ظرفیت پست‌های موجود.

به این ترتیب، در خلال یک پروژه‌ی برنامه‌ریزی طراحی شبکه‌ی توزیع مطالعات فنی مختلفی باید انجام شود، که این مطالعات در طی فرآیند بهینه‌سازی که اساس تصمیم‌گیری است بارها تکرار می‌شوند. همان‌طور که گفته شد، برنامه‌ریزی توسعه شبکه گام بعدی در طراحی شبکه توزیع است. در برنامه‌ریزی توسعه بایستی از اقدامات کنترلی مناسب برای رسیدن به اهداف فنی شبکه استفاده کرد. برای نمونه یکی از اقدامات کنترلی رایج در شبکه توزیع، جبران‌سازی توان راکتیو شبکه است. جبران‌سازی توان راکتیو در شبکه‌های توزیع مزایای زیادی از جمله آزادسازی شبکه‌های بالادستی، کاهش تلفات و کاهش افت ولتاژ در انتهای خطوط و ... دارد [۱۳]. با توجه به این اصل که هر قدر جبران‌سازی توان راکتیو مصرفی به مصرف‌کننده نزدیک‌تر باشد مزایای بیشتری دارد، در شبکه‌های توزیع کشور تعداد زیادی خازن در سال‌های اخیر در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف نصب شده است که در اکثر آن‌ها مطالعات فنی و اقتصادی مناسبی برای نصب خازن‌ها صورت نگرفته است. با توجه به اینکه مسئولیت جبران توان راکتیو شبکه‌های توزیع بر عهده شرکت‌های توزیع است، ارائه فناوری‌های جدید برای طراحی شبکه که در آن‌ها الزامات فنی شبکه همچون جبران‌سازی توان راکتیو لحاظ شده باشد، لازم است.

از سوی دیگر طراحی شبکه توزیع بر طراحی و عملکرد حوزه‌های همجوار آن در شبکه قدرت هم تاثیر می‌گذارد. بطور کلی شبکه قدرت از سه حوزه اصلی: تولید، انتقال، و توزیع تشکیل شده است. در ادامه به نحوه تاثیرپذیری حوزه‌های تولید و انتقال از فناوری طراحی شبکه توزیع اشاره می‌شود:

الف) حوزه تولید: با طراحی مناسب شبکه توزیع که خود شامل اقداماتی چون تجدیدآرایش شبکه، احداث نیروگاه‌های و ... می‌باشد، می‌توان علاوه بر کاهش تلفات، مقدار زیادی از انرژی مورد نیاز شبکه را با استفاده از تولیدات پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر تامین کرد و از این رو نیاز به افزایش ظرفیت نیروگاه‌های موجود و یا تاسیس نیروگاه‌های جدید را برطرف ساخت. از سوی دیگر افزایش نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از نیروگاه‌های بالادست می‌شود.

ب) حوزه انتقال: همگام با رشد بار در شبکه قدرت، برنامه‌ریزی در شبکه انتقال به منظور انتقال برق و تامین بار صورت می‌گیرد. هدف از برنامه‌ریزی شبکه انتقال تعیین مسیر، مشخصات فنی و برنامه زمانی احداث خطوط جدید بر اساس پیش‌بینی رشد بار و افزایش تولید می‌باشد. با توسعه و طراحی بهینه شبکه توزیع که شامل اقداماتی چون توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع، تجدید آرایش شبکه و ... می‌باشد، برنامه‌ریزی توسعه شبکه‌های انتقال هم تحت تاثیر قرار می‌گیرد. برای مثال، تولیدات پراکنده به عنوان یک منبع کمکی می‌تواند نیاز شبکه به انرژی بیشتر را تأمین نماید و در نتیجه نیاز به احداث خطوط انتقال جدید را به تعویق بیندازد، همچنین نیاز به نصب تجهیزات فراوانی که بدلیل مصرف پیک شبکه الزاماً اضافه نصب می‌شوند و بعضاً چندین برابر مصرف اوقات عادی شبکه نیاز به سرمایه‌گذاری دارند، برطرف می‌گردد.

## ۲-۴- توجیه‌پذیری زیست‌محیطی

با توجه به وضعیت محیط‌زیست جهان و اثرات قابل توجه انرژی بر آن، گرایش عمومی به‌سوی به‌کارگیری روش‌های با کارایی بالا و مصرف سوخت کمتر است؛ هرچند مسائل اقتصادی به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، هنوز مهم‌ترین عامل در انتخاب روش تولید به شمار می‌آید. بسط و توسعه نیروگاه‌های چرخه ترکیبی، مولدهای همزمان تولید برق و حرارت،

سامانه‌های تولید پراکنده، منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از سامانه‌های هوشمند پایش و کنترل و نیز تجهیزات با کارایی بالا و تلفات کم در بخش انتقال و توزیع برق نشانه‌هایی از این رویکرد جهانی در امر حذف، تثبیت یا کاهش میزان آلودگی است و این مهم مورد توجه خاص مسئولین صنعت برق بخصوص در بخش توسعه و طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است.

سیاست‌های محیط‌زیستی در بسیاری از کشورها و بنگاه‌ها در جهت اجرای قوانین و آیین‌نامه‌های ملی، برای دستیابی به اهداف ۳گانه که عبارت‌اند از: عدم بروز حوادث و تصادفات، آسیب نرسیدن به افراد و آسیب نرسیدن به محیط پی‌ریزی شده است. جهت توسعه پایدار به کمک روند مدیریت محیط زیست، اهدافی مانند کاهش آلودگی جو (و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای)؛ حذف هرگونه نشت مواد شیمیایی و زائدات خطرناک، بهره‌وری انرژی، کاهش مواد زائد جامد و مایع، آموزش و آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی عمومی، نگهداری و احیای منابع طبیعی و کمینه کردن اثرات مخرب محیط زائدات زیستی در نظر گرفته می‌شود.

آثار محیط زیستی فناوری‌های مختلف تولید برق علاوه بر این که به تأسیسات، تجهیزات، نوع سوخت و چگونگی بهره‌برداری و میزان تولید بستگی دارد، به موقعیت استقرار آن نیز بسیار وابسته است. تولیدات پراکنده که در سطح شبکه توزیع کلانشهرها نصب می‌شوند در تولید برق سهم عمده‌ای خواهند داشت و با آلودگی هوا، آب‌وخاک، صوتی و لرزشی، بویایی، تخریب منظر و در برخی موارد آلودگی نوری بر محیط‌زیست انسانی و طبیعی و شرایط کارکرد تجهیزات اثر می‌گذارند.

عموماً اثرات محیط‌زیستی با توجه به مراحل مختلف ساخت و بهره‌برداری متفاوت است. این اثرات در دو بخش طبقه‌بندی می‌شود: اثرات مستقیم، اثرات غیرمستقیم. اما ارائه وضعیت این اثرات تنها زمانی به‌طور کامل میسر خواهد بود که بیانیه‌ها و نیز برنامه‌های پایش محیط‌زیستی در تمامی قسمت‌های شبکه برق از جمله شبکه توزیع تهیه و به انجام برسند.

به طور کلی با توجه به اثرات محیط‌زیستی فعالیت‌های تولید برق و نیز تلاش‌های جهانی در قالب کنوانسیون تغییر اقلیم، جهت توجه به پدیده تغییر اقلیم در برنامه‌های توسعه، گرچه ایران هم اکنون متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیست، ولی با در نظر گرفتن حجم انتشار این گازها در کشور در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان، در صورت کنترل صحیح و بهنگام میزان انتشار از سازوکارهای مطرح‌شده، می‌توان با بهره‌گیری از این مزیت، ضمن حفظ روند رشد مناسب، از مناسبات تجارت جهانی نیز بهره‌مند شد و در غیر این صورت، فرصت واکنش مناسب از دست خواهد رفت. با توجه به نقش شبکه‌های

توزیع در میزان توان تولیدی شبکه قدرت با ارائه فناوری‌های طراحی اصولی شبکه توزیع که منجر به کاهش تلفات شبکه و گازهای گلخانه‌ای می‌گردد می‌توان اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی شبکه‌های قدرت را کاهش داد.

## ۲-۵- توجیه‌پذیری قانونی

در این قسمت به منظور توجیه قانونی توسعه کاربرد فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، اهداف و سیاست‌های کلان کشور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و موارد مرتبط به شرح زیر ارائه می‌گردد:

الف) سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران [۱۴]

در سند چشم‌انداز کشور که در سال ۱۳۸۲ ابلاغ شد در راستای چشم‌انداز افق ۱۴۰۴ هجری شمسی به موارد زیر اشاره شده است:

↳ حفاظت از محیط‌زیست و احیای منابع طبیعی

↳ سازمان‌دهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی جهان از طریق:

• تقویت نهضت نرم‌افزاری و ترویج پژوهش

• کسب فناوری، به ویژه فناوری‌های نو شامل: ریزفناوری و فناوری‌های زیستی، زیست‌محیطی، هوافضا و

هسته‌ای

با توجه به مطالب ارائه شده در بخش‌های توجیه‌پذیری فنی و زیست‌محیطی، مشاهده می‌شود که ارائه فناوری‌های نوین

در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و همچنین قانون بودجه کل کشور است.

ب) قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه کشور [۱۵]

همان‌طور که گفته شد، از مسائل مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید انرژی و نصب تولیدات پراکنده در شبکه توزیع است. همچنین در برنامه‌ها و وظایف مطرح‌شده برای وزارت نیرو، یکی از سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی در بخش برق و انرژی در طول برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۰-۱۳۹۴)، در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش تلفات شبکه به میزان سالیانه حداقل ۱٪ و رساندن به سطح ۱۵٪ است، که با توجه به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده در کاهش آلودگی و تلفات می‌توان به اهمیت موضوع فوق پی‌برد. همچنین در قسمت‌های دیگر از برنامه پنجم توسعه کشور آمده است:

«وزارت نیرو موظف است به منظور تشویق و ترغیب بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در زمینه نیروگاه‌هایی که از انرژی تجدیدپذیر و یا بازیافت حرارت استفاده می‌کنند، بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست، به میزانی که سازمان محیط‌زیست تعیین و اعلام می‌نماید، هزینه مشخصی به آن‌ها پرداخت کند.

«وزارت نیرو باید سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی را تنظیم و اعلام نماید.

با توجه به توضیحات ارائه‌شده، لزوم ارائه فناوری‌های نوین در طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها، که در آن‌ها استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده لحاظ شده باشد از منظر قانون پنجم توسعه کشور امری ضروری است.

پ) قانون بودجه سال ۱۳۹۳ کل کشور [۱۶]

در قانون بودجه کشور در سال ۹۳ به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره شده است و در راستای توسعه و استفاده از آن‌ها موارد زیر ذکر شده است:

«وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده، مبلغ سی (۳۰) ریال به عنوان عوارض برق در قبوض مربوطه درج و از مشترکین برق به استثنای مشترکین خانگی روستایی و چاه‌های کشاورزی دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب خاصی نزد خزانه‌داری کل کشور واریز و حداکثر تا سقف

چهارهزارمیلیارد (۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه‌های روستایی و

تولید برق تجدیدپذیر و پاک توسط شرکت توانیر هزینه می‌شود.

کبه منظور اجرای طرح‌های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه (سیکل)

ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف سوخت

مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم

صادرات برق تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد (۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به روش بیع متقابل، با

سرمایه‌گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل قرارداد منعقد نماید.

دولت مکلف است در قبال این تعهد، سوخت صرفه جویی شده یا معادل آن نفت خام را با محاسبه میزان

صرفه‌جویی حاصله در مدت حداکثر دو سال به سرمایه‌گذاران تحویل نماید.

(ت) مصوبه‌های کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری [۱۷]

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در راستای انجام وظایف قانونی و باهدف بهره‌گیری حداکثری از توان علمی و

دانش تخصصی صاحب‌نظران و خبرگان دانشگاهی و دستگاه‌های اجرایی کشور در حوزه‌های مختلف، اقدام به تشکیل ۱۱

کمیسیون تخصصی در زمینه‌های موضوعی نموده است که هرکدام از آنها بر اساس وظایف قانونی شورا در حوزه

تخصصی مرتبط فعالیت می‌کنند. یکی از کمیسیون‌های فوق، کمیسیون تخصصی انرژی است که در آن چند طرح کلان

مصوب کمیسیون تخصصی انرژی در حوزه برق و انرژی در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از:

ک توسعه فناوری طراحی و ساخت توربین‌های گازی (نیروگاهی، صنعتی و میکرو) و مولدهای برق آن

ک توسعه فناوری طراحی و ساخت توربین‌های بادی مگاواتی

ک طراحی و نمونه‌سازی شبکه هوشمند برق و تجهیزات آن

ک تولید همزمان برق و حرارت (CHP) و ذخیره‌سازی آن

ک توسعه فناوری‌های کاهش تلفات و افزایش پایداری شبکه (با تأکید بر HVDC، پست‌های GIS، ادوات FACTS

و ابرسانایی).

توسعه فناوری‌های طراحی و ساخت نیروگاه‌های آبی متوسط و کوچک

توسعه فناوری طراحی و ساخت اتومبیل‌های برقی و هیبرید

توسعه فناوری ذخیره‌سازی برق

توسعه فناوری پیل سوختی و هیدروژن

توسعه فناوری‌های انواع نیروگاه‌های خورشیدی

ملاحظه می‌شود که بسیاری از موارد فوق جزء اقدامات اصلی در طراحی و توسعه شبکه‌های توزیع است.

(ث) سند ملی توسعه بخش برق و انرژی‌های نو [۱۸]

سند فوق در ارتباط با بند الف قانون ۱۵۵ برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران تدوین شده است. این سند شامل دو بخش برق و انرژی‌های نو است. بخش برق شامل تأمین (تولید، انتقال و توزیع) نیروی برق است. در این خصوص حدود ۹۶ درصد از سهم تولید برق سالیانه کشور توسط واحدهای تحت پوشش وزارت نیرو و مابقی، سهم نیروگاه‌های اختصاصی است. وظایف نگهداری و بهره‌برداری و توسعه شبکه توزیع، توسط شرکت‌های توزیع نیروی برق و وظایف خدماتی نیز به صورت غیردولتی انجام می‌گیرد. همچنین بخش انرژی‌های نو شامل اقداماتی در خصوص استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شامل: احداث نیروگاه‌های برق آبی کوچک، برق بادی، نیروگاه‌های زمین‌گرمایی و تجهیز ساختمان‌ها به سیستم‌های آبگرمان خورشیدی است.

در سند فوق اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش برق و انرژی‌های نو در تحقق چشم‌انداز بلندمدت توسعه مشخص شده است. برخی از اهداف فوق عبارت‌اند از:

ارتقاء و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی

کاهش هزینه‌های تولید و عرضه برق

افزایش سهم اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور

بهینه‌سازی شبکه‌های انتقال و توزیع برق برای کاهش تلفات به میزان سالانه یک واحد درصد

توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت

### بهبود راندمان در سیستم‌های توزیع الکتریکی

با توجه به مطالب ارائه شده در بخش‌های قبل ملاحظه می‌شود که برخی از اهداف طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها در راستای اهداف سند ملی توسعه بخش برق و انرژی‌های نو است.

### ج) مصوبه هیئت وزیران [۱۹]

هیئت وزیران در تاریخ ۱۳۹۳/۴/۲۵ طرحی را تصویب کرد که هدف آن سیاست‌گذاری، زمینه‌سازی، بررسی لوایح و مقررات و در صورت لزوم ایجاد سازوکار مناسب به منظور ایجاد مدل مطلوب تعامل قوه مجریه و مدیریت شهری در جهت تحقق مدیریت مطلوب یکپارچه شهری از طریق تعریف نسبت بین ارکان اداره ملی و مدیریت محلی است. در طرح تصویب شده فوق راهبردهایی به شرح زیر در نظر گرفته شده است که برخی از آن‌ها در راستای راهبردهای طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است.

#### توسعه پایدار محلی

بهبود نظام مدیریتی کلانشهرها و مجموعه‌های شهری مربوط به آن‌ها مبتنی بر مدیریت آمایشی

نظارت دقیق و کارآمد بر گسترش کلانشهرها و مجموعه‌های شهری مربوط به آن‌ها

تحقق حداکثری حقوق شهروندی

افزایش سطح مشارکت مردم در اداره امور محلی با رعایت اصل (۱۰۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی

ارتقاء کیفیت محیط زیست

تحقق نظام مالیه محلی و درآمد پایدار.

### چ) مأموریت‌ها و وظایف وزارت نیرو [۲۰]

طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو تاکنون در سطح ستاد وزارتخانه و شرکت‌های مادر تخصصی در جریان است. در فاز یک این طرح مأموریت، چشم‌انداز، ارزش‌ها و راهبردهای وزارت نیرو و بخش‌های پنج‌گانه «آب»، «برق و انرژی»، «آب و فاضلاب»، «آموزش، پژوهش و فناوری» و «پشتیبانی صنعت آب و برق» تدوین شده‌اند. تمامی اسناد طرح توسط کارگروه‌های تخصصی تدوین شده، سپس کمیته راهبری و هماهنگی وزارت نیرو



که با عضویت حدود سی نفر از خبرگان و صاحب‌نظران صنعت آب و برق تشکیل می‌شود، نسبت به بررسی، اصلاح و تأیید این اسناد اقدام می‌نماید. اسناد مصوب کمیته راهبری و هماهنگی در شورای عالی طرح (شورای معاونین و مشاورین وزارت نیرو) بررسی شده و پس از تصویب توسط وزیر محترم نیرو به تمامی بخش‌های زیرمجموعه ابلاغ می‌گردند. بر طبق این طرح و بند ۷-۱ راهبردهای وزارت نیرو بایستی "توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت‌شده و نوسازی و بهینه‌سازی آن‌ها" صورت پذیرد. علاوه بر این در بند ۷-۳ همین قسمت لزوم "کاهش تلفات در شبکه‌های برق در جهت نیل به سطح بهینه" اعلام شده است. با توجه به الزام در زمینه توسعه انتقال و توزیع و کاهش تلفات در این حوزه، بهترین راهکار استفاده از فناوری‌های نوین در طراحی و توسعه شبکه‌های توزیع است که علاوه بر توسعه مناسب شبکه توزیع کشور، تلفات را در این حوزه به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا و تکیه بر ساختاری منسجم، به‌گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن، پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه شده و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر می‌نماید. برخی از وظایف این وزارتخانه در بخش برق عبارت‌اند از:

۱- سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستاهای سراسر کشور

۲- عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به‌منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت‌های صنعت برق کشور

۳- سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به‌منظور اجرای به‌موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

۴- برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به ویژگی هر منطقه از کشور

در این راستا رؤس برخی از برنامه‌های بخش برق و انرژی وزارت نیرو عبارت‌اند از:

➤ پیشبرد برنامه جامع برق و انرژی سالیانه به میزان حداقل ۲۰ درصد با نگرش به برنامه پنجم توسعه

افزایش ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های انرژی‌های نو و تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی، برق آبی متوسط و کوچک و

...) به سطح ۳ درصد کل ظرفیت نیروگاهی

توسعه فناوری سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS) و احداث پست‌های GIS و خطوط انتقال HVDC در

کشور

کاهش تلفات شبکه به میزان سالیانه حداقل ۱ درصد و رساندن به سطح ۱۵ درصد

ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی از طریق:

- هدایت و حمایت از مراکز تحقیقاتی داخلی و شرکت‌های تحقیقاتی و یا مشاورهای غیردولتی
- شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست
- افزایش سطح تعامل بخش برق و انرژی با مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و خارجی توانمند و نهادینه‌سازی

آن

- مطالعه و بررسی کاربرد روش‌های نوین انتقال و ذخیره‌سازی برق از جمله: ابررسانا، سیستم‌های انتقال برق با ولتاژ خیلی بالا (EHVAC)، سیستم‌های انتقال برق فشارقوی با جریان مستقیم (HVDC)، سیستم‌های انتقال برق متناوب انعطاف‌پذیر (FACTS)، باتری‌ها، هوای فشرده، هیدروژن و ...

لازم به ذکر است که بسیاری از این سیاست‌ها در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش برق و انرژی

می‌باشند.

## جدول (۲-۶): قوانین مرتبط با طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها

| ردیف | نام قانون، مصوبه، سند یا مرکز                                 | توضیحات  |
|------|---|--|
| الف  | سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• برخورداری از دانش پیشرفته</li> <li>• حفاظت از محیط‌زیست</li> </ul>  |
| ب    | قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه کشور                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• حفاظت از محیط‌زیست</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت</li> </ul>  |
| پ    | قانون بودجه سال ۱۳۹۳ کل کشور                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• افزایش تولید و صادرات برق</li> </ul>  |
| ت    | مصوبه‌های کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری | <ul style="list-style-type: none"> <li>• برخورداری از دانش پیشرفته</li> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• بومی‌سازی تولید</li> <li>• توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت</li> </ul>  |
| ث    | سند ملی توسعه بخش برق و انرژی‌های نو                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ارتقاء و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی</li> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• کاهش هزینه‌های تولید و عرضه برق</li> <li>• توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت</li> </ul>                                     |
| ج    | مصوبه هیئت‌وزیران   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• بهبود نظام مدیریتی کلانشهرها</li> <li>• نظارت دقیق و کارآمد بر گسترش کلانشهرها</li> <li>• ارتقاء کیفیت محیط‌زیست</li> </ul>   |
| چ    | مأموریت‌ها و وظایف وزارت نیرو                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• حفاظت از محیط‌زیست</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• افزایش ظرفیت تولید</li> <li>• بومی‌سازی تولید</li> <li>• توسعه فناوری سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS)</li> <li>• احداث پست‌های GIS و خطوط انتقال HVDC در کشور</li> </ul> |

## ۳- تدوین مبانی سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع کلانشهرها

#### ۳-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

به منظور داشتن تصویری از اجزای مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و ... دخیل در طراحی، اعم از نهادها و سازمان‌های مختلف، قواعد و قوانین موجود در جامعه، و فناوری‌ها و زیرفناوری‌های مرتبط، داشتن نگاهی سیستمی به مسئله و تعیین حدود و مرزهای آن ضروری است. در این قسمت ابعاد موضوع و محدوده مطالعات مرتبط با فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها که شامل سطح تحلیل، افق زمانی برنامه‌ریزی و مرزبندی نظام اجتماعی- فنی است؛ بررسی و ارائه می‌گردد. سطح تحلیل مشخص می‌کند اندازه مجاز حوزه اثر و سطح تأثیرگذاری بر محیط (منطقه‌ای، ملی، فراملی) چقدر است. افق برنامه‌ریزی معین کننده بازه زمانی مورد انتظار برای رسیدن به چشم‌انداز و تحقق اهداف توسعه فناوری است. مرزبندی نظام اجتماعی فنی هم باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه نتایج برخوردار باشد [۲۱].

#### ۳-۱-۱- تبیین محدوده جغرافیایی

در راستای تبیین محدوده فعالیت سند و حوزه مأموریت و ابعاد آن، از دو منظر می‌توان سطوح تحلیل فناوری طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها را مورد توجه قرارداد. سطوح فوق عبارت‌اند از سطح جغرافیایی و سطح فرای جغرافیایی که در ادامه توضیحات مربوط به آن‌ها آمده است:

##### الف) سطح جغرافیایی

سطح تحلیل در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی، و فراملی تقسیم می‌شود. سطح منطقه‌ای به تصمیم‌گیری در مورد زیر بخش‌های ملی با پتانسیل از لحاظ ایجاد کسب‌وکارهای دانش‌بنیان می‌پردازد (مانند خوشه‌های صنعتی و

قطب‌های فناورانه؛ سطح ملی بیانگر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط بخش‌ها و فناوری‌های موجود در یک کشور است و سطح فراملی نیز بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است. با توجه به اینکه مبحث طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مربوط به طراحی شبکه‌های توزیع فشار متوسط و فشار ضعیف موجود در شهرها است که در کل کشور وجود دارند، محدوده فعالیت این سند، در سطح جغرافیایی ملی قرار می‌گیرد. در این راستا این سند تصمیمات دولت در رابطه با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرهای ایران را در دو گروه موردبررسی قرار می‌دهد. گروه اول فناوری‌های فرآیند و گروه دوم فناوری‌های تجهیزات نام دارند که مشتمل از فناوری‌های حوزه پست، فناوری‌های حوزه تولید و... است. در رابطه با توسعه اقتصادی فناوری‌های حوزه تولید می‌توان به عملکرد دولت در زمینه فناوری‌های تجدیدپذیر تأکید کرد. در این راستا دولت به شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو اجازه داده است که نسبت به انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک به مدت ۵ سال با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نمایند. در مصوبه‌ای دیگر پنج میلیارد دلار از صندوق توسعه ملی به صنعت برق اختصاص یافته که از این ظرفیت در توسعه روند ساخت نیروگاه‌های نو و تجدیدپذیر، CHP، نیروگاه‌های تولید پراکنده، نیروگاه‌های حرارتی و سیکل ترکیبی و ... در صنعت برق کشور استفاده می‌شود. در همین راستا طبق ماده (۱۳۹) به‌منظور 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. در همین راستا طبق مصوبات قانونی در سال ۱۳۹۳، شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ تسهیلات یارانه‌ای برای سیستم‌های تولید برق خورشیدی (فتوولتاییک) در نظر گرفته است.

#### ب) سطح فرای جغرافیایی

در این حالت سند را در سطوح بخشی و فناورانه می‌توان تدوین کرد. منظور از سطح بخشی تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه‌ی یک صنعت خاص مشتمل بر فناوری‌های آن است (مانند صنعت خودرو). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص

(مانند سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد.

با توجه به اینکه مبحث طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مربوط به طراحی شبکه‌های توزیع فشار متوسط و فشار ضعیف موجود در شهرها بوده و امکان استفاده از آن در بخش‌های دیگر صنعت وجود ندارد و همچنین مشتمل بر زیرفناوری‌های زیادی است، حوزه مأموریت آن در سطح بخشی قرار می‌گیرد. از جمله این زیرفناوری‌ها می‌توان به حوزه فناوری پست در این سند اشاره کرد که اختصاصاً برای استفاده در شبکه‌های توزیع کلانشهرها طراحی شده است. در این زمینه هم‌اکنون توجه ویژه‌ای به پست‌های کمپکت شده و زیر ساختارهایی برای توسعه این فناوری ایجاد شده است. از آنجایی که در شرایط فعلی ساخت خطوط انتقال فشار بالای برق از اولویت وزارت نیرو خارج شده است، سیاست تولید و توزیع برق در مکان مصرف و امکان تولید همزمان برق و حرارت در دستور کار دولت قرار گرفته است. در این راستا زیرفناوری دیگری که در این سند مورد بحث است، فناوری تولید پراکنده CHP است که در این حوزه زیرساخت‌ها کامل شکل نگرفته و هم‌اکنون فعالیت‌ها در این حوزه به‌جز نیروگاه‌های خصوصی خارج از شبکه، محدود به معدود نیروگاه‌های بهره‌برداری شده و پروژه‌های دانشگاهی و پروژه‌های در حال ساخت است.

### ۳-۱-۲- تعیین افق زمانی برنامه‌ریزی

با توسعه و رشد جمعیت در کلانشهرها، میزان تقاضا برای مصرف انرژی الکتریکی رو به افزایش است، که این رشد و توسعه هم در وضعیت موجود و هم در نواحی جدید قابل بررسی است. با توجه به اینکه هدف اصلی شبکه‌های توزیع برق پاسخگویی به این تقاضا با کیفیت مطلوب است و از سویی بار سیستم پارامتری است که تقریباً تمام عملکرد سیستم را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، لذا برنامه‌ریزان سیستم در همان مراحل اولیه می‌بایست تا آنجا که محاسبه ریاضی و آمار به آن‌ها امکان می‌دهد به رشد و تغییرات (رفتار واقعی) پارامترهای شبکه نزدیک شده و بر اساس آخرین و دقیق‌ترین نتایج، کار برنامه‌ریزی شبکه توزیع را آغاز نمایند. در نظر گرفتن تغییرات شبکه در افق زمانی اعمال طرح علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌گذاری، امکان ارائه طرح‌های بهتر را برای شبکه توزیع فراهم می‌آورد.

از سویی دیگر، ماهیت اسناد راهبردی با در نظرگیری افق‌های برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌ها معنی پیدا می‌کند. دلیل برنامه‌ریزی آینده و افق‌های برنامه‌ریزی بلندمدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن، و تغییرات احتمالی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرآیند تصمیم‌گیری اثرگذار است. که با توجه به ماهیت متغیر و در حال توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهرها، در نظر گرفتن افق‌های برنامه‌ریزی در تدوین سند امری لازم است.

بررسی تجربیات جهانی در توسعه فناوری‌های طراحی شبکه توزیع یکی از شاخص‌های مهم در تعیین افق زمانی است. در ادامه به بررسی اقدامات صورت گرفته در زمینه فوق جهت استخراج افق زمانی پرداخته می‌شود.

در مرجع [۲۲] طراحی شبکه توزیع در کشور هلند با لحاظ الزامات فنی و جنبه‌های آینده طراحی بررسی شده است و به افق برنامه‌ریزی ۴۰ ساله به عنوان افق متعارف در طراحی شبکه توزیع اشاره کرده است. در [۲۳] استراتژی‌های جهت تکامل طرح‌های موجود در طراحی شبکه‌های توزیع ارائه شده است که در آن‌ها افق برنامه‌ریزی طرح‌ها ۳۰ سال در نظر گرفته شده است. در [۲۴] یک الگوریتم بهینه‌سازی برای طراحی شبکه توزیع و مکان‌یابی بهینه پست‌ها ارائه و مسئله برای افق‌های زمانی ۱ تا ۲۰ سال حل شده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده تأثیر افق برنامه‌ریزی بر روی طرح‌های به دست آمده است. همان‌طور که در بررسی مراجع هم مشخص شده است، افق زمانی ثابت و مشخصی برای طراحی شبکه‌های توزیع وجود ندارد و می‌بایست با توجه به مسائلی چون سیاست‌های سازمان مربوطه، اهداف برنامه‌ریزی و ... افق برنامه‌ریزی را مشخص کرد.

بر اساس بررسی اسناد بالادستی کشور شامل سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه، سند راهبردی وزارت نیرو و سند نقشه جامع علمی کشور، افق برنامه‌ریزی مورد نظر در ارتباط با توسعه فناوری طراحی مرتبط با شبکه توزیع، افق میان مدت ۱۰ ساله (۱۴۰۴ هجری شمسی) در نظر گرفته می‌شود. همچنین افق زمانی تعیین شده، در مراحل بعدی تدوین سند (تدوین چشم‌انداز، اهداف و سیاست‌های کلان و ...) نیز مورد بازبینی و به‌روزرسانی قرار خواهد گرفت.

### ۲-۳- تبیین مشخصه‌های فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

ضرورت تبیین مشخصه‌های فناوری بدین جهت است که وجود برداشت‌های مختلف از فناوری بر عدم قطعیت در تدوین گام‌های ضروری در سند توسعه فناوری می‌افزاید. برای مهار این عدم قطعیت ضروری است تا با تعیین ویژگی‌های

تمتایزکننده، ابعاد فناوری را طبقه‌بندی کرد. سپس به منظور داشتن نتایج به‌دوراز انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی را باید بر اساس ویژگی‌های خاص هر گروه فناوری تنظیم کرد. به عبارت دیگر ضروری است تا جایگاه فناوری موردنظر را با ارائه‌ی یک طبقه‌بندی از مفهوم فناوری معین نمود. با طبقه‌بندی فناوری از ابعاد مختلف، فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. این کار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های هم‌گروه را در مراحل بعدی تدوین سند توسعه فناوری تسهیل خواهد نمود. در این قسمت، از میان طبقه‌بندی‌های مختلفی که در ادبیات برای فناوری ارائه شده است، تنها به مواردی اشاره می‌شود که قابلیت کاربرد در روش‌شناسی پیشنهادی را دارا بوده و بر مؤلفه‌های آن اثرگذار باشد. این مؤلفه با بررسی جایگاه فناوری از ابعاد ماهیت، پارادایم فناورانه و چرخه عمر، تصویری از خصوصیات فناوری راهبردی مورد مطالعه به سیاست‌گذار و تحلیل‌گر ارائه می‌نمایند. آگاهی از این مشخصه‌ها بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل بعدی تدوین سند اثرگذار خواهد بود.

از منظر ماهیت کاربردی، فناوری‌ها را می‌توان بر اساس سابقه فناوری، پیچیدگی فناوری، تناسب فناوری، حوزه استفاده فناوری و موقعیت راهبردی فناوری طبقه‌بندی نمود. بر این اساس، طبقه‌بندی فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در ایران با توجه به پنج عامل فوق به صورت زیر خواهد بود:

### ۳-۲-۱- سابقه فناوری

اولین سیستم‌های توزیع برق در جهان در سال ۱۸۸۲ توسط ادیسون در انگلستان و آمریکا ایجاد شدند. این سیستم‌ها قادر به برق‌رسانی به خانه‌هایی در محدوده یک مایل مربع بودند. این سیستم‌ها بنیان شبکه‌های توزیع برق امروزی هستند. شبکه‌های توزیع برق در کشورهای مختلف دنیا شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند. اگر شبکه‌های توزیع در اروپا با آمریکا و کانادا مقایسه شوند، شباهت‌های این شبکه‌ها بیشتر در حوزه تجهیزات آنان است. تفاوت عمده در طراحی، تنظیمات، و کاربری آن‌ها در رابطه با هزینه، انعطاف‌پذیری، ایمنی، قابلیت اطمینان، کیفیت توان و زیبایی‌شناسی است. سیستم توزیع برق آمریکای شمالی تمایل به یک طراحی اولیه قابل‌انعطاف دارد که برای سیستم‌های روستایی و مناطق که در آن بار گسترده شده است کاربرد دارد و مؤثر است، درحالی‌که به‌طور کلی اروپا دارای طراحی ثانویه انعطاف‌پذیرتر است که بهترین راه‌حل برای سیستم‌های شهری است. سیستم‌های طراحی‌شده برای شبکه توزیع آمریکای شمالی از امنیت و قابلیت اطمینان بیش‌تری



برخوردار هستند در حالی که طراحی‌ها در اروپا هزینه و کیفیت بالاتری دارند. امروزه موضوع تولیدات پراکنده و شبکه هوشمند نیز در بحث شبکه توزیع برق کلانشهرها وارد شده‌اند.

از دید تجهیزات، فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها به چند دسته شامل: فناوری‌های تولید، پست، خط و ... تقسیم می‌شوند. در تجهیزات مربوط به تولید می‌توان به تولیدات پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره کرد. در کشور ما نیز در این راستا سازمان انرژی‌های نو ایران متعاقب سیاست‌گذاری‌های معاونت امور انرژی وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ عهده‌دار پرداختن به این مهم به منظور دستیابی به اطلاعات و فناوری‌های روز دنیا در خصوص استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، پتانسیل‌سنجی و اجرای پروژه‌های متعدد (خورشیدی، باد و زمین‌گرمایی، هیدروژن و بیوماس) بوده است. در اواخر سال ۱۳۷۸ حجم عملیات و تنوع انجام آن‌ها باعث گردید که وزارت نیرو با استناد به ماده‌های ۱ و ۲ قانون تأسیس وزارت نیرو مصوب ۱۳۵۳/۱۱/۲۸ و همچنین تبصره ۲ ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۷۸ کل کشور پیشنهاد دولتی شدن شرکت سانا را به هیأت محترم وزیران بدهد تا جایگاه خالی سازمانی که در بدنه تشکیلات دولت به امر مهم توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بپردازد مرتفع گردد.

از منظر فرآیند، چهار روش عمده برای طراحی شبکه‌های توزیع عبارت از موارد به شرح زیر می‌باشد [۲۵]:

☞ روش جانشینی بهترین انتخاب از طریق مقایسه با یکدیگر و انتخاب بهترین آن‌ها

☞ تقسیم یک مسئله بزرگ به قسمت‌های کوچک‌تر و سپس حل مراحل کوچک تا رسیدن به حل کلی مسئله اولیه

☞ برنامه‌ریزی خطی با فرض ثابت بودن بسیاری از متغیرها در محدوده‌های خاصی از حل مسئله

☞ برنامه‌ریزی غیر خطی و دینامیک با فرض تغییر دائمی پارامترهای مسئله

برخی متغیرهای مهم که موجب پیچیدگی طراحی دقیق و ایده‌آل یک شبکه توزیع می‌گردد در دو دسته شرایط

مصرف‌کننده و شرایط جغرافیایی منطقه تقسیم‌بندی شده و به شرح زیر می‌باشد:

☞ شرایط مصرف‌کننده

- سطح ولتاژ و رگولاسیون مورد قبول
- میزان توان اکتیو و راکتیو مورد تقاضا
- میزان پراکندگی و تعداد مصرف‌کنندگان

- قابلیت اطمینان کافی در تداوم تغذیه
- میزان گسترش تقاضا در آینده
- جهت گسترش تقاضا در آینده
- میزان بار پیک آینده
- وضعیت فرهنگ مصرف انرژی الکتریکی
- شرایط جغرافیایی منطقه

- میزان تغییرات درجه حرارت
- میزان رطوبت در طول سال
- میزان وزش باد، ریزش نزولات آسمانی و ...
- شرایط اقلیمی و جغرافیایی مانند کوهستانی بودن و ...
- محل نیروگاه‌ها، پست‌ها و خطوط انتقال
- میزان ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا، میزان آلودگی و ...

فرآیند طراحی شبکه توزیع در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی چند متغیره است که هدف از آن پیدا کردن یک طرح بهینه برای تغذیه مجموعه‌ای از بارها است. این طرح بهینه همان طرحی است که دارای حداقل هزینه نصب تجهیزات و نیز حداقل هزینه ناشی از تلفات انرژی در طول بهره‌برداری از شبکه بوده، ضمن آنکه هیچ‌یک از قیود فنی شبکه (مانند افت ولتاژ مجاز فیدرها، ظرفیت خطوط و ترانسفورماتورها و ...) نقض نمی‌شود.

مرحله طراحی شبکه‌های توزیع گام نخست پروژه‌های برق‌رسانی به مناطق شهری و روستایی را تشکیل می‌دهد، لذا می‌توان گفت که بین قابلیت‌های شبکه‌های توزیع برق پس از احداث در مرحله بهره‌برداری و کیفیت طراحی مهندسی رابطه همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به بیانی دیگر میزان بهره‌وری شبکه توزیع نیروی برق به مقدار قابل توجهی به رعایت کیفیت اصول مهندسی در طراحی آن سیستم بستگی دارد.

مطابق با آمار ارائه شده در مراجع مختلف در یک سیستم قدرت بیش از نیمی از تلفات در شبکه توزیع رخ می‌دهد و این خود نشان‌دهنده این است که دستیابی به روشی جهت طراحی بهینه و اقتصادی شبکه توزیع می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های بخش توزیع و صرف سرمایه‌های موجود در آن تأثیر بسزایی داشته باشد.

طی سال‌های گذشته تلاش‌های بسیاری به‌منظور طراحی و بهره‌برداری بهینه و قابل‌اطمینان از شبکه‌های توزیع انجام گرفته که باعث ایجاد روش‌های طراحی پیشرفته شده است. این پیشرفت‌ها کارشناسان را به تدریج به سمت تکمیل طراحی سیستم توزیع رهنمون می‌نماید تا جایی که بسیاری بر این باورند که طراحان و مهندسين شبکه توزیع خود را در کار اصلاح یک سیستم «کامل» درگیر ساخته‌اند.

در طول دهه‌های گذشته روش‌های مختلفی برای طراحی سیستم توزیع به‌کاررفته است. این روش‌ها با پیشرفت علم و بهره‌برداری از پیشرفت‌های ریاضیات شکل گرفته است. کشمکشی که در طول این دوران بین روش‌های مختلف بوده است در واقع تقابل دو عامل مهم یعنی دقت مدل (تعداد و نوع اعمال ساده‌سازی) و بازده محاسباتی بوده است.

واضح است که مهم‌ترین مشکلی که در مسائل بهینه‌سازی شبکه‌های قدرت وجود دارد مسئله بهینه‌سازی ترکیبی در ابعاد بزرگ است. به‌عنوان مثال مسائل تجدید پیکربندی شبکه در حالت خطا، تجدید پیکربندی با کمترین تلفات، طراحی نصب خازن، مسائل گسترش شبکه و ... به علت تعداد ترکیبات بسیار مشکل است که تابع هدف کلی برای مسائل بهینه‌سازی طراحی شبکه تعریف کرد. در سالیان گذشته بیشترین رویکرد بهینه‌سازی طراحی شبکه تنها با یک هدف بوده است. کما آن که پس از طراحی، مسائل تجدید پیکربندی با اهداف بهینه‌سازی شبکه نمایان می‌گشت.

تلاش‌های فراوانی در طول سالیان اخیر به‌خصوص از دهه ۱۹۹۰ به بعد صورت گرفته تا بتوان مسائل طراحی شبکه را با الگوریتم‌های چندهدفه<sup>۱</sup> شبیه‌سازی و حل نمود. سرآغاز این تلاش‌ها از دهه ۱۹۷۰ آغاز شده است [۲۶]. در این برهه برای مقابله با مشکل غیرخطی بودن معادلات شبکه از مدل‌های ریاضی برای ساده‌سازی معادلات استفاده می‌کردند. نمونه‌های پیشرفته این روش‌ها در [۲۷ الی ۲۹] ارائه شده‌اند. ولی این ابزار ساده‌سازی برای معادلات سنگین شبکه ناکارآمد بودند. در سال‌های ابتدایی ۱۹۸۰، یک سیستم اختصاصی برای حل مسئله معرفی شد [۳۱]. اگرچه این سیستم نتایج خوبی برای مسائل

<sup>1</sup> MultiObjective

پیچیده نداد. در دهه ۱۹۹۰ روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی عوامل طبیعی، ارزیابی موجودات زنده و روش‌های ابتکاری ریاضی برای حل مسائل ترکیبی بهینه‌سازی پیشنهاد شد و توجه زیادی را به خود جلب کرد. این روش‌ها، روش‌های نوین ابتکاری نام دارند. کارهای زیادی در مورد این روش‌ها از دهه ۱۹۹۰ تاکنون صورت گرفته است [۳۲ الی ۳۴]. سرآغاز این روش‌ها با روش برنامه‌ریزی تکاملی آغاز شد [۳۵ الی ۳۷]. در همین زمان روش‌های ابتکاری ریاضی مانند تغییر شاخه معرفی شد که تا به امروز همچنان محققان در جهت گسترش و تکمیل آن تلاش می‌کنند [۳۸ الی ۴۰]. الگوریتم‌های ابتکاری بر مبنای شبیه‌سازی عوامل طبیعی مانند الگوریتم ژنتیک [۴۱ الی ۴۶] و شبیه‌سازی سرد سازی [۴۷ و ۴۸] و همچنین شبیه‌سازی عملکرد موجودات زنده مانند تئوری مورچگان [۴۹] در این سال‌ها معرفی شده و نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است.

گذر زمان یکی از عوامل مهمی است که در طراحی باید به آن توجه ویژه‌ای شود. اگرچه فرمول‌سازی دینامیک مسئله باعث افزایش حجم اعمال محاسباتی مسئله به میزان قابل توجهی می‌شود. بیشتر مدل‌های تا دهه ۹۰ از مدل‌های زمان تک‌مرحله‌ای بودند. برای گسترش مدت مطالعه مدل به چند مرحله، مدل‌های دینامیک معرفی شده‌اند [۵۰].

در گذشته تنها از روش‌های قطعی در طراحی شبکه توزیع استفاده می‌شد ولی عدم قطعیت یک ویژگی طرح‌های بلندمدت است که از دهه ۱۹۸۰ مدنظر قرار گرفته است. در تحقیقات کنونی پارامترهای کمترین ریسک نیز در تابع هدف بررسی می‌شود. برای آنالیز کمترین ریسک در کارهایی که اخیراً انجام شده، پارامترهای غیرقطعی با اعداد فازی مدل می‌شوند [۵۱ و ۵۲]. به این ترتیب، سابقه ارائه شده که بیشتر به مقوله فرآیند طراحی اشاره دارد روش‌های گوناگونی مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته‌اند.

### ۳-۲-۱-۱- مراکز فعال

در ارتباط با فعالیت‌های صورت گرفته توسط مراکز فعال در زمینه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در داخل و خارج از ایران می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

#### مراکز داخلی:

↳ در زمینه اطلاعات سیستم شرکت توزیع برق شمال استان کرمان در سال ۹۱ روشی نوین جهت مکان‌یابی بهینه پست‌های فوق توزیع و توزیع ارائه کرده است. در سال ۹۱ شرکت توزیع برق تهران بزرگ با همکاری دانشگاه

امیرکبیر طرحی با عنوان طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات را انجام داده است.

در زمینه برنامه‌ریزی شبکه توزیع، شرکت برق منطقه‌ای فارس با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۸۳ پژوهش‌هایی در رابطه با روش‌های مدرن در برنامه‌ریزی و طراحی شبکه توزیع الکتریکی انجام داده است.

در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه، شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ در سال ۹۳ به طرحی پژوهشی با عنوان بررسی تأثیر برنامه‌ریزی استراتژیک بر عملکرد شرکت‌های توزیع برق با رویکرد کارت امتیازی متوازن از منظر مشترکین صنعت برق پرداخته است.

در زمینه ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، در کشور ما در بسیاری از موارد، تکنولوژی ساخت بومی نشده است و تجهیزات موردنیاز از سایر کشورها خریداری می‌شود، از این رو نیاز به توسعه فناوری‌های فوق احساس می‌شود. به جز سازمان سبانه که چگونگی شکل‌گیری آن در بالا بیان شد شرکت‌های معدودی در این زمینه فعال هستند. برای مثال در ارتباط با توربین بادی تنها شرکت سازنده توربین‌های فوق در کشور، شرکت سبانه نیرو است که توربین‌های ساخت این شرکت در محدوده ۳۰۰-۷۱۰ کیلووات است.

در زمینه طراحی و تولید سیستم‌های غیرمتمرکز تولید برق با پایه پیل سوختی در ایران نیز تنها مرکز مشغول فعالیت، مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان است که در سال ۸۸ پکیج ۵ کیلوواتی خود را به بهره‌برداری رسانده و آن را در حالت استفاده همزمان از برق و حرارت نیز در نمایشگاه دائمی در سایت طالقان سازمان انرژی‌های نو ایران به معرض نمایش گذاشته است.

در زمینه تولید همزمان برق و حرارت در سال‌های اخیر شرکت تانیر تک فعالیت‌هایی را داشته که از آن جمله می‌توان بهره‌برداری از مولد CHP نیروگاه طرشت به قدرت یک مگاوات در سال ۸۷، بهره‌برداری از نیروگاه «CHP» یک مگاواتی در دانشگاه کاشان در سال ۸۸، احداث واحد پکیج کانتینری تولید پراکنده در نیروگاه طرشت در سال ۸۹ و بهره‌برداری از نیروگاه ۶ مگاواتی CHP آیت‌الله... کاشانی در سال ۹۰ را نام برد. دیگر شرکت فعال در این زمینه شرکت مهندسی توسعه انرژی شهر پایدار است.

در ارتباط با سایر تجهیزات، توسعه فناوری در بخش‌های گوناگون صورت پذیرفته که نمونه‌های آن را می‌توان در به‌کارگیری از کابل‌های خود نگهدار، شبکه‌های فاصله‌دار، پست‌های دفنی، پست‌های بالای پشت‌بام، تیرهای پلیمری و سایر محصولات که در بخش طراحی شبکه‌های توزیع در کلانشهرها مورد استفاده قرار گرفته‌اند برشمرد.

### مراکز خارجی:

بزرگ‌ترین مرکز فعال در آمریکا در حوزه تولید و توزیع انرژی Duke Energy است. به‌جز ایالات متحده این مرکز همچنین در زمینه تولید و توزیع برق در کانادا و آمریکای جنوبی نیز حضور دارد. بیشتر منابع انرژی این شرکت از سوخت‌های فسیلی و اتمی تأمین می‌شود. در سال‌های اخیر Duke Energy در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری کرده و نیروگاه‌هایی در دست‌ساخت دارد. از دیگر مراکز فعال در آمریکا می‌توان به "Los Angeles Department of Water and Power" اشاره کرد. لس آنجلس جزو کلانشهرهای آمریکا محسوب می‌شود و به دلیل قدیمی بودن سیستم توزیع این کلانشهر چالش اصلی در هم تنیدگی خطوط هوایی توزیع برق در سطح شهر است. این مرکز (LADWP) هم‌اکنون در برنامه‌ای ۱۵ ساله مشغول به تعویض این شبکه با شبکه‌ی زمینی است. قیمت شبکه زمینی در آمریکا در مقایسه با شبکه هوایی ۱۰-۱۴ برابر است و در نتیجه تأمین مالی این پروژه در کنار مشکلات ترافیکی ایجاد شده در سطح شهر از جمله چالش‌های آن است. نیویورک یکی دیگر از کلانشهرهای آمریکا است. "Consolidated Edison" از مراکز فعال در حوزه انرژی است که برق این کلانشهر را تأمین می‌کند. این مرکز را می‌توان از اولین فعالان در حوزه توزیع دانست زیرا که یکی از اولین شبکه‌های توزیع که توسط ادیسون طراحی شد به‌واسطه‌ی این مرکز در سال ۱۸۸۲ در نیویورک راه‌اندازی شد.

وظیفه توزیع برق در کلانشهر ملبورن در استرالیا به عهده Powercor Australia است. این شرکت توزیع برق در غرب ایالت ویکتوریا و غرب و جنوب کلانشهر ملبورن را بر عهده دارد. شبکه توزیع این شرکت قابل اطمینان‌ترین شبکه توزیع استرالیا است.

مرکز فعال دیگر در زمینه تولید و توزیع برق در دنیا E.ON است. دفتر مرکزی آن در دوسلدورف آلمان است و هم‌اکنون با بیش از ۳۰ کشور همکاری دارد. از جمله فعالیت‌های این مرکز می‌توان به ساخت نیروگاه بادی (offshore) در کورنوال در جنوب غربی انگلستان در سال ۲۰۰۸ اشاره کرد.

Electricite de France فرانسه دومین شرکت بزرگ برق در جهان است، که دفتر مرکزی آن، در شهر پاریس، فرانسه قرار دارد. این شرکت مجموعه متنوعی از خدمات را در اروپا، آمریکای جنوبی، آمریکای شمالی، آسیا، خاورمیانه و آفریقا ارائه کرده است. شرکت الکتریسیته دو فرانس، بزرگ‌ترین تولیدکننده برق در جهان است. این شرکت فرانسوی، در سال ۲۰۰۳ بیش از ۲۲٪ درصد از برق موردنیاز اتحادیه اروپا را تأمین نموده که ۷۴/۵٪ آن از انرژی هسته‌ای، ۱۶/۲٪ از نیروی برق‌آبی، ۱۰/۲٪ آن از انرژی حرارتی و ۰/۱٪ آن از منابع تجدیدپذیر بوده است. در آسیا شرکت "Tokyo Electric Power" در ژاپن در زمینه تولید و توزیع انرژی برق فعالیت می‌کند. TEPCO بزرگ‌ترین شرکت صنایع برق در ژاپن و چهارمین در دنیا بعد از RWE آلمان، Electricite de France فرانسه و E.ON است. با وجود اینکه بیشتر خطوط فوق توزیع این شرکت هوایی هستند ولی در کلانشهر توکیو این خطوط به صورت زمینی و زیرزمینی ایجاد شده‌اند.

### ۳-۲-۱-۲- مراکز دانشگاهی و پژوهشی

در ادامه فعالیت‌های صورت گرفته توسط مراکز دانشگاهی و پژوهشی به صورت جداگانه در زمینه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

دانشگاه تهران:

در زمینه اطلاعات سیستم دانشگاه تهران تحقیقی با عنوان مکان‌یابی و تعیین ظرفیت بهینه پست‌های فوق توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک در حضور بارهای غیرقطعی انجام داده است.

در زمینه برنامه‌ریزی شبکه توزیع، در سال ۹۳ در این دانشگاه تحقیقی با عنوان برنامه‌ریزی جامع توسعه دینامیکی شبکه توزیع با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان، عدم قطعیت و ملاحظات بهره‌برداری در حضور تولیدات پراکنده انجام شد.

#### ◀ دانشگاه صنعتی شریف:

این دانشگاه در زمینه مطالعات سیستم‌های فعالیت‌های متعددی انجام داده. به‌عنوان مثال این دانشگاه تحقیقات با موضوع جایابی بهینه محل پست‌های توزیع و تعیین مسیر و سطح مقطع بهینه فیدرها انجام داده است. این دانشگاه تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با ارزیابی و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع انجام داده است. در زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، در سال‌های اخیر دانشگاه صنعتی شریف موفق به طراحی و ساخت نسل سوم سلول‌های خورشیدی شده است.

#### ◀ دانشگاه صنعتی امیرکبیر:

این دانشگاه با همکاری دانشگاه آب و برق تحقیقاتی در زمینه اطلاعات سیستم انجام داده‌اند. آنان با کمک الگوریتم ژنتیک روشی نوین برای جایابی بهینه پست‌های توزیع ارائه داده‌اند. در زمینه فناوری پیل سوختی پژوهشکده انرژی نو این دانشگاه با حمایت مالی سازمان انرژی‌های نو ایران موفق به طراحی و ساخت برخی اجزای پیل سوختی شده است.

#### ◀ دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی:

در زمینه بانک‌های اطلاعاتی، دانشگاه خواجه نصیر پژوهشی با عنوان طراحی مدل مفهومی و استاندارد سیستم اطلاعات جغرافیایی صنعت برق در بخش توزیع را در سال ۸۴ انجام داده است. در زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه خواجه نصیر موفق به طراحی و ساخت سلول خورشیدی پلیمری شده است.

#### ◀ دانشگاه علم و صنعت:

در زمینه برنامه‌ریزی شبکه توزیع، در سال ۹۳ در دانشگاه علم و صنعت ایران تحقیقی با عنوان برنامه‌ریزی بهینه تولید ریز شبکه‌های یکپارچه با حضور منابع انرژی پراکنده در محیط بازار برق انجام گرفته است. در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهش‌هایی در رابطه با چرخ‌دنده‌های مغناطیسی توربین بادی در دانشگاه علم و صنعت صورت گرفته است.



#### ◀ دانشگاه صنعت آب و برق - شهید عباسپور:

این دانشگاه پژوهش‌های متعددی در زمینه برنامه‌ریزی شبکه توزیع انجام داده که از این میان می‌توان به تحقیق با عنوان برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای و مقاوم توسعه شبکه توزیع در سال ۹۳ و تحقیقی دیگر در همین سال با عنوان رویکرد چندهدفه در برنامه‌ریزی توسعه‌ی شبکه‌های توزیع اشاره کرد.

#### ◀ دانشگاه تربیت مدرس:

در سال ۸۳ مرکز ملی مطالعات و برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت در مرکز پژوهش‌های این دانشگاه تأسیس شده است. این مرکز تاکنون دستاوردهایی چون توسعه چهار نرم‌افزار حرفه‌ای در زمینه مطالعات توسعه‌ای شبکه‌های قدرت و جمع‌آوری اطلاعات فنی مرتبط با شبکه سراسری انتقال برق کشور و همچنین تدوین اصول برنامه‌ریزی جامع شبکه تولید، انتقال و فوق توزیع قدرت در محیط سنتی و تجدید ساختار شده داشته است. این دانشگاه همچنین در سال ۹۳ تحقیقی درباره مدل‌سازی احتمالاتی و فازی شارژ و دشارژ خودروهای برقی برای برنامه‌ریزی واحدهای تولیدی در حضور عدم قطعیت‌ها انجام داده است.

#### ◀ دانشگاه شیراز:

در زمینه اطلاعات سیستم این دانشگاه تحقیقاتی با عنوان مسیریابی فیدر فشار متوسط در طراحی بهینه شبکه‌های توزیع انجام داده است. این دانشگاه در تحقیقی دیگر به مسیریابی بهینه فیدر فشار متوسط و مکان‌یابی پست‌های فوق توزیع به صورت همزمان در طراحی سیستم توزیع با در نظر گرفتن بار فازی پرداخته است.

#### ◀ دانشگاه اصفهان و صنعتی اصفهان:

در زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، گروه توربین‌های بادی دانشگاه صنعتی اصفهان کار طراحی توربین بادی ۳ مگاوات را به اتمام رسانده و به دنبال ساخت نمونه آزمایشی آن است. این دانشگاه همچنین موفق به طراحی و ساخت پیل سوختی چند سوخته شده است. از دیگر فعالیت‌های این دانشگاه می‌توان به همکاری آنان با شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان در پروژه جایابی بهینه تولیدات پراکنده در شبکه قدرت حلقوی با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی، سال ۹۳ اشاره کرد. دانشگاه اصفهان نیز پژوهش‌هایی در زمینه طراحی سلول‌های خورشیدی انجام داده است.

◀ دانشگاه تبریز و دانشگاه سهند تبریز:

دانشگاه تبریز تحقیقاتی با عنوان جایابی بهینه پست‌های فوق توزیع با در نظر گرفتن فیدرهای فشار متوسط توزیع موجود به کمک روش‌های هوشمند انجام شده است. از دیگر تحقیقات این دانشگاه می‌توان به پژوهشی در سال ۹۱ در رابطه با مسیریابی بهینه فیدرها در سیستم توزیع در حضور مولدهای پراکنده بمنظور کاهش هزینه‌های سرمایه گذاری و تلفات با استفاده از الگوریتم ژنتیک اشاره کرد.

محققان مرکز تحقیقات مواد نانو ساختار دانشگاه سهند تبریز نیز با حمایت مالی سازمان انرژی‌های نو ایران موفق شدند طی یک طرح پژوهشی برای اولین بار در کشور، طراحی و ساخت مازول غشایی تخلیص هیدروژن را با رویکرد بومی‌سازی به انجام برسانند.

◀ دانشگاه فردوسی مشهد:

پژوهشکده هوا خورشید این دانشگاه موفق به طراحی و ساخت نخستین توربین بادی سه کیلووات محور افقی کشور شده است.

◀ دانشگاه باهنر کرمان

در زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، این دانشگاه تحقیقاتی در رابطه با طراحی نیروگاه فتوولتاییک انجام داده است. این دانشگاه همچنین پژوهش‌هایی در رابطه با خودروهای برقی انجام داده است.

◀ دانشگاه صنعتی بابل:

گروه پژوهشی پیل سوختی این دانشگاه، که از سال ۸۵ آغاز به کار کرده تحقیقات جامعی روی پیل‌های سوختی پلیمری انجام داده که از آن جمله در تیرماه سال ۱۳۸۹ سیستم یک کیلوواتی پیل سوختی متانولی خود را به بهره‌برداری رسانده است.

◀ دانشگاه آزاد:

در رابطه با خودروهای برقی پژوهش‌هایی در دانشگاه آزاد قزوین صورت گرفته و این دانشگاه در دی‌ماه ۹۳ از خودروی برقی دونفره با وزن ۸۰ کیلو رونمایی کرده است.

### ◀ پژوهشگاه نیرو:

در زمینه اطلاعات سیستم پژوهشگاه نیرو پژوهش‌های متعددی انجام داده. به‌عنوان مثال گروه پژوهشی مطالعات سیستم پژوهشکده برق در سال ۹۲ پروژه توسعه نرم‌افزارهای شبکه‌های توزیع به‌منظور به‌کارگیری در مطالعات طراحی و تحلیل این شبکه‌ها را اجرا کرده است. در همین سال این پژوهشکده پروژه توسعه نرم‌افزار SABA جهت مطالعات سیستم شبکه به همراه نیروگاه بادی با در نظر گرفتن ملاحظات اتصال، کنترل و بهره‌برداری را نیز به اجرا درآورده است.

در زمینه خط و پست گروه پژوهشی خط و پست پژوهش‌های متعددی انجام داده است که از این میان می‌توان به پروژه دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست پیش‌ساخته کمپکت که در سال ۹۰ اجرا شد اشاره کرد. در پروژه‌های دیگر این گروه پژوهشی در سال ۹۱ فعالیت‌هایی در جهت پشتیبانی و نظارت بر تولید صنعتی نرم‌افزار DisPlan از جمله تشریح مشخصات فنی نرم‌افزار DisPlan، انتقال دانش فنی بطور کامل به شرکت تولیدی و نصب پایلوت این نرم‌افزار در چند شرکت توزیع نیروی برق انجام داده است. همچنین ضمن بررسی عملکرد بخش‌های مختلف نرم‌افزار DisPlan، تغییرات مورد نیاز بر اساس نیازهای اعلام شده توسط کاربران واقعی نرم‌افزار مورد ارزیابی قرار گرفته و قابلیت‌های مورد نظر به نرم‌افزار اضافه گردیده است. این گروه همچنین در سال ۹۳ پروژه اجرای طرح جامع برق‌رسانی بر پایه سیستم جغرافیایی GIS در شهر نظرآباد را اجرایی کرد.

در زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر، در سال ۸۷ پروژه طراحی توربین بادی ۲ مگاوات در پژوهشگاه نیرو آغاز به کار کرده که طبق برنامه در سال ۹۳ به بهره‌برداری خواهد رسید. گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو نیز با همکاری دانشگاه صنعتی شریف اقدام به طراحی و ساخت ماژول‌های خورشیدی نانو ساختار کرده است. پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست پژوهشگاه نیرو نیز در سال ۹۲ پروژه طراحی و ساخت پیل سوختی اکسید جامد با قابلیت استفاده از گاز طبیعی را به انجام رسانده است.

در زمینه تولید همزمان برق و گرما، پژوهشکده تولید نیرو پژوهشگاه نیرو در سال ۹۲ پروژه تحقیق در طراحی و ساخت یک نمونه نیمه‌صنعتی مبدل حرارتی دمابالا با توجه به پتانسیل ساخت داخل برای CHP سیستم‌های تولید پراکنده را به اجرا رساند.

◀ پژوهشگاه مواد و انرژی:

در پاییز ۹۳ این پژوهشگاه موفق به طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی به روش متالوژی پودر مغناطیس نرم شده است.

◀ پژوهشکده مواد و انرژی اصفهان:

در سال ۹۲ این پژوهشکده (مرکز تحقیقات مهندسی جهاد کشاورزی سابق) وابسته به پژوهشگاه فضایی ایران با تصویب، حمایت و نظارت سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) قادر به طراحی و ساخت سامانه پیل سوختی پلیمری ۱۰ کیلووات با به‌کارگیری همزمان الکتروسیته و گرما شد.

با استناد به توضیحات بالا می‌توان در خصوص وضعیت فناوری‌های تحت مطالعه در این پروژه از لحاظ موجود و یا جدید بودن بصورت زیر نتیجه‌گیری کرد:

◀ مطالعات سیستم و بانک اطلاعاتی: بطور کلی جزء فناوری‌های موجود هستند.

◀ حوزه پست: بطور کلی جزء فناوری‌های موجود هستند، هرچند در برخی موارد پیشرفت‌های جزئی رخ داده است و یا در آینده ممکن است رخ دهد.

◀ حوزه تولید: در مجموع جزء فناوری‌های جدید است.

◀ حوزه خط: جزء فناوری‌های موجود است.

◀ D-FACTS: جزء فناوری‌های جدید هستند.

### ۳-۲-۲- پیچیدگی فناوری طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها

از نظر پیچیدگی، فناوری‌ها به دودسته ساده و پیشرفته تقسیم می‌شوند. ویژگی‌های عمده فناوری‌های پیشرفته شامل پیچیدگی زیاد، علم محوری، چرخه عمر کوتاه، سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا و خدمات و هزینه بالای تحقیق و

توسعه می‌باشند. وضعیت پیچیدگی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها بر اساس هریک از پارامترهای مذکور، به شرح زیر است:

### ۳-۲-۱- پیچیدگی زیاد

فناوری‌هایی که دارای پیچیدگی زیاد هستند معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند. هدف نهایی از طراحی و کارکرد یک سیستم بزرگ و درهم تنیده، رساندن انرژی الکتریکی با ارزان‌ترین بها و بهترین کیفیت در شرایط ایمنی به مصرف‌کنندگان است. تحلیل، طراحی و کارکرد درست سیستم شبکه توزیع برق مستلزم دقت و توجه به نکات فراوان و به‌روز و تازه‌ای است که آن را از بخش‌های دیگر متمایز می‌کند، از سوی دیگر سیستم توزیع مسئول تحویل نهایی انرژی الکتریکی به مصرف‌کنندگان است و نزدیکی شبکه توزیع به مصرف‌کنندگان موجب می‌شود کیفیت طراحی شبکه‌های توزیع بیش از سایر بخش‌ها مورد توجه قرار گیرد. که در نتیجه ارتقاء کیفیت طراحی مهندسی پیامدهای زیر را به دنبال خواهد داشت:

☞ افزایش ضریب قابلیت فنی

☞ کاهش هزینه سرمایه‌گذاری

☞ ایمن‌سازی شبکه، بهبود شرایط زیست‌محیطی

☞ کاهش حوادث مردمی

☞ کاهش تبعات حقوقی و ...

لذا فاکتورهای زیادی من جمله پیش‌بینی بار، تراکم بار، محل و ظرفیت پست‌ها، مسیر فیدرهای خروجی و ... در طراحی شبکه‌های توزیع دخالت دارد. در کنار فاکتورهای فوق، پیشرفت‌هایی که در قسمت‌های مختلف شبکه‌های توزیع مثل فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر، اتوماسیون توزیع و ... رخ می‌دهد و همچنین بروز چالش‌های مختلف در مراحل مختلف طراحی باعث پیوند خوردن فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با زمینه‌های علمی مختلف می‌شود که در ادامه به برخی از زمینه‌های فوق اشاره می‌شود.

### الف) زمینه الکتریکی

مهم‌ترین زمینه علمی مرتبط با طراحی شبکه توزیع زمینه الکتریکی است که اهداف زیر در آن مدنظر قرار می‌گیرد:

➤ پایداری فنی و افزایش قابلیت اطمینان شبکه

➤ کاهش تلفات و افزایش کیفیت توان

➤ متعادل‌سازی بار، مدیریت مصرف بار، پیک‌سایی و کاهش بار پیک شبکه

همچنین از منظر الکتریکی، مطالعات شبکه‌های توزیع الکتریکی به زمینه‌های فرعی دیگر تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از:

➤ تولیدات پراکنده

➤ اتوماسیون شبکه‌های توزیع

➤ اندازه‌گیری الکتریکی

➤ حفاظت الکتریکی شبکه توزیع

#### ب) زمینه مکانیکی

رعایت معیارهای مکانیکی در طراحی شبکه‌های توزیع نقش بسزایی در افزایش ایمنی و کاهش حوادث خواهد داشت. به‌عنوان مثال در نظر گرفتن ارتفاع مناسب پایه در طراحی باعث خواهد شد حریم ارتفاعی شبکه از روی جاده‌ها و معابر و... رعایت گردد و از بروز خطرات برق‌گرفتگی افراد و یا برخورد ماشین‌آلات با شبکه‌های برق جلوگیری خواهد شد. همچنین رعایت مواردی چون فلش هادی‌ها، قدرت پایه، اسپن باد، ضریب کششی هادی و... باعث خواهد شد شبکه از نظر مشخصات مکانیکی از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشد و از بروز حوادثی همچون آسیب دیدن پایه‌ها بر اثر کشش هادی‌ها، پاره شدن سیم‌ها بر اثر انبساط و انقباض جلوگیری به عمل آید. لذا در طراحی شبکه‌ها در نظر گرفتن معیارهای مکانیکی فوق‌الذکر و همچنین استفاده از تجهیزات استاندارد در جلوگیری از حوادث در زمان بروز حوادث غیرمترقبه نقش مهمی ایفا خواهد کرد.

#### ج) زمینه جغرافیایی

اطلاعات یکپارچه، درست و به‌روز، بخش مهمی در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است. عدم وجود یک مجموعه یکپارچه اطلاعات توصیفی و مکانی از اجزاء شبکه، نقصانی است که در زمان مطالعه، طراحی، برنامه‌ریزی و بهره‌برداری

توسط طراحان و مهندسان به خوبی احساس شده است. به همین دلیل وجود سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS<sup>۱</sup>) صنعت برق در مقیاس مناسب که اطلاعات کامل شبکه را همراه با نقشه‌های جغرافیایی که نشان‌دهنده مکان واقعی عناصر شبکه همراه با عوارض دیگر از جمله گستره شهرها، مراکز صنعتی، مسیر جاده‌ها، خطوط راه‌آهن، رودخانه و غیره را در خود جمع‌آوری کرده باشند، ضروری به نظر می‌آید. در اختیار داشتن این اطلاعات در یک مجموعه و در قالب مناسب، GIS را به عنوان یک ابزار توانمند در دست مدیران، طراحان، برنامه‌ریزان و بهره‌برداران مطرح خواهد نمود و این امر منجر به دقت در تصمیم‌گیری، کاهش زمان و صرفه‌جویی بسیار در هزینه خواهد بود. از کاربردهای GIS در طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها می‌توان موارد زیر را نام برد [۵۳]:

- ☞ ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی منسجم و یکپارچه از کلیه اطلاعات موجود در شبکه تحت مطالعه
- ☞ تعیین نقشه پراکندگی درصد آلودگی هوا در طول سال به منظور برنامه‌ریزی شستشوی تجهیزات و نصب انرژی‌های تجدید پذیر در مناطق آلوده
- ☞ مکان‌یابی بهینه تجهیزات شبکه توزیع شامل تولیدات پراکنده، پست‌ها، خطوط و...
- ☞ مقایسه فراوانی حوادث شبکه در زمان‌های مختلف (سال‌های متوالی)
- ☞ پیش‌بینی وقوع حوادث با توجه به الگوهای استخراج‌شده و در نتیجه پیشگیری از وقوع حوادث
- ☞ اعلام مسیریابی که دچار مشکل هستند و ثبت و نمایش آن‌ها توسط GIS
- ☞ تحلیل جغرافیایی حوادث در مسیر یک خط و یا یک پست
- ☞ تحلیل و مسیریابی خرابی‌ها در شبکه توزیع
- ☞ ارزیابی نقش عوامل طبیعی و اقلیمی در موقع حوادث مختلف در شبکه برق.

<sup>1</sup> - Geographical Information System (GIS)

### ۳-۲-۲-۲- علم محوری

همان‌طور که در قسمت قبل هم گفته شد، طراحی شبکه توزیع کلانشهرها خود به چندین زمینه علمی فرعی تقسیم می‌شود. مطابق با زمینه‌های علمی مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، سهم عمده‌ای از فناوری فوق مربوط به دانش علمی در رشته‌ها و زمینه‌های مختلف است. از سوی دیگر، در برخی از اقدامات مربوط به طراحی شبکه توزیع مثل احداث خطوط سهم دانش فنی و تجربه بیشتر از سهم دانش علمی است. بنابراین بایستی از تجربیات سایر کشورها و تجربیات موجود در کشور در ارتباط با برخی از اقدامات طراحی شبکه توزیع بهره برد.

در مجموع علاوه بر نیاز فنی و تجربه، فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع نیازمند دانش فنی بالایی هستند و برداشتن گام‌های عملی در این زمینه مستلزم ایجاد مراکز طراحی و آزمایشگاهی و ارتقای دانش فنی مراکز تحقیقاتی در کشور است. لذا سهم دانش علمی در دستیابی به این فناوری بیشتر از تجربه است.

### ۳-۲-۲-۳- چرخه عمر کوتاه

معمولاً فناوری‌های پیشرفته دارای طول عمر کوتاه‌تری نسبت به فناوری‌های ساده هستند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقش حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آن‌ها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. چرخه عمر فناوری‌های طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها با توجه به زمینه‌های علمی و فنی مرتبط با آن سنجیده می‌شود. از دید تجهیزات مورد استفاده در طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها مثل: انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، پست‌های کمپکت، خطوط زمینی و هوایی، خودروی برقی و ... می‌توان گفت، چرخه عمر کوتاهی وجود ندارد و تجهیزات فوق تا مدت نسبتاً زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ولی از دید فرآیند، چرخه عمر بیشتر فناوری‌های درگیر در طراحی، کوتاه است و هر سال تعداد زیادی مقاله و پروژه مرتبط با آن‌ها ارائه می‌گردد که هدف آن‌ها تدوین الگوریتم‌های جدیدتر و کارآتر در مکان‌یابی، بهره‌برداری و ... است، هرچند روش‌های کلاسیک و نسبتاً قدیمی‌تر به‌طور کامل کنار گذاشته نمی‌شوند. به‌طور کلی، با توجه به زمینه‌های مرتبط می‌توان گفت که طراحی شبکه توزیع ترکیبی از فناوری‌های با چرخه عمر کوتاه و بلند است هرچند وزن فناوری‌های با چرخه عمر بالا بیشتر است که امر فوق می‌تواند توجیه مناسبی جهت سرمایه‌گذاری در این زمینه باشد.



### ۳-۲-۴- سهم بالای فناوری در قیمت تمام‌شده

در یک برداشت ساده قیمت تمام‌شده یک کالا از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف‌شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. فناوری‌های نوین که در بخش تجهیزات شبکه‌های توزیع ظهور یافته و یا در حال ظهور می‌باشند تاثیر عمده‌ای بر طراحی‌های شبکه‌های جدید می‌گذارند. برخی از این فناوری‌ها در حال حاضر در کشور وجود نداشته و هزینه بالایی جهت خرید و بهره‌برداری از آن‌ها مورد نیاز می‌باشد. در عین حال، بکارگیری بهینه این تجهیزات سبب ارتقاء شاخص‌های مختلف شبکه توزیع از دیدگاه تناسب کاربری در کلانشهرها خواهد شد. لذا مزایای حاصل از استفاده این فناوری‌ها، سبب توجیه هزینه نسبتاً بالای بکارگیری آن‌ها که بدلیل ماهیت فناورانه دارای قیمت بیشتری هستند می‌گردد. بر این اساس فناوری‌های مورد استفاده در تجهیزات نوین شبکه‌های توزیع را می‌توان در زمره فناوری‌های پیشرفته قرار داد.

### ۳-۲-۵- هزینه تحقیق و توسعه

هزینه تحقیق صرف پژوهش‌های برنامه‌ریزی شده یا کاوش‌های اساسی می‌شود که در آن‌ها هدف کسب دانشی جدید برای ایجاد محصول/خدمت جدید و یا فرآیند و فناوری نو و همچنین ایجاد زمینه جهت بهبود مؤثر در محصولات یا فرآیندهای موجود است. همچنین هزینه توسعه به هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که صرف تبدیل یافته‌های تحقیقات یا سایر دانش‌ها به برنامه یا طرحی برای تولید محصول یا فرآیند تازه، یا بهبود مؤثر در تولیدات و فرآیندهای موجود، به قصد فروش یا استفاده از این محصولات است.

در مورد فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، با توجه به وجود چند رشته مرتبط و پیچیدگی‌های حاصل از آن، هزینه‌های تحقیقات نسبتاً بالایی برای اجرایی شدن آن مورد نیاز است. علاوه بر آن، نیاز به انجام مطالعات آزمایشگاهی و پایلوت برای تحقیق و توسعه و صحت‌سنجی روش‌ها، هزینه‌های تحقیق و توسعه را بالاتر می‌برد. بر این اساس می‌توان طراحی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها را یک فناوری پیشرفته در نظر گرفت.

### ۳-۲-۳- تناسب فناوری

استفاده کارا و مؤثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی موردنیاز را از قبل داشته باشد. به عبارت دیگر فناوری مناسب به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست. با توجه به مطالب فوق برای سنجش تناسب فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها بایستی نیازهای شبکه و منابع موجود در شبکه را مشخص کرده و سپس تناسب بین آن‌ها را بررسی نماییم.

برخی از مهم‌ترین نیازهای شبکه‌ی توزیع کلانشهرها به شرح زیر می‌باشند:

**الف) بهبود قابلیت اطمینان شبکه:** قابلیت اطمینان یکی از مباحث مهم در طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های مختلف است. طبق آمار به دست آمده از شرکت‌های توزیع برق حدود ۸۰٪ درصد از قطع برق و عدم اطمینان بخشی سیستم‌های الکتریکی ناشی از قطع برق در سیستم‌های توزیع است. سیستم‌های توزیع به علت گستردگی، پایین بودن کیفیت تجهیزات به کاررفته در شبکه‌های توزیع، تأثیر شرایط جوی بر روی شبکه توزیع و نیز تصادفات و عوامل انسانی تأثیرگذار بر روی آن دارای قطعی‌های زیاد می‌باشد [۵۴]. از آنجا که اغلب مشترکین شبکه برق با شبکه‌های توزیع در ارتباط هستند و از این شبکه تغذیه می‌کنند و نیز بنابر آمار بیشتر قطعی‌های مشترکین ناشی از قطعی‌های شبکه توزیع می‌باشد لذا بهبود قابلیت اطمینان اهمیت بالایی در طراحی شبکه‌های توزیع دارد.

**ب) بهبود کیفیت توان شبکه:** مبحث کیفیت انرژی الکتریکی یا کیفیت توان یکی از موضوعاتی است که در سالیان اخیر به‌طور جدی مورد توجه بهره‌برداران و مصرف‌کنندگان شبکه‌های الکتریکی قرار گرفته است. تخمین زده می‌شود که خسارات ناشی از اغتشاشات کیفیت توان فقط در کشور آمریکا همه‌ساله حدود ۱۰۰ میلیارد دلار باشد. از این‌رو سرمایه‌گذاری برای مقابله با این اغتشاشات بسیار کمتر از خسارات وارده است.

بدون شک کیفیت تولید انرژی الکتریکی در حال حاضر از گذشته بهتر است. گذشته از این شبکه‌های توزیع کلانشهرها نیز گسترده‌تر شده و از تکنولوژی‌های جدیدتر و قابل اعتمادتر بهره می‌برند. با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته هم امروزه مبحث کیفیت توان بسیار بااهمیت است و حتی به‌طور جدی‌تری دنبال می‌شود و در مورد آن تحقیقات پر دامنه صورت می‌گیرد. اهمیت کیفیت توان در شبکه‌های توزیع از دو جنبه قابل بررسی است. اولاً پیشرفت تکنولوژی موجب شده است

انواع بارهای غیرخطی با ماهیت شکل موج‌های غیرسینوسی در شبکه پراکنده شوند. وجود این بارها موجب انحراف شکل موج از حالت ایده‌آل سینوسی گردیده و اغتشاشات کیفیت توان را پدید می‌آورد. از طرف دیگر امروزه بسیاری از بارها توسط سیستم‌های حساس الکترونیکی و میکروپروسسوری کنترل می‌گردند. این سیستم‌ها به اغتشاشات مختلف موجود در شبکه حساس بوده و عملکرد آن‌ها به راحتی می‌تواند مختل گردد. همین اختلالات می‌توانند باعث خسارات هنگفتی گردند.

**ج) هزینه‌ها:** طراحی اصولی و بهینه می‌تواند از جنبه‌های مختلفی باعث کاهش هزینه‌های تحمیلی به شبکه توزیع گردد. برای نمونه یکی از هزینه‌های شبکه توزیع، هزینه ناشی از تلفات الکتریکی است. تلفات شبکه را در مرحله طراحی شبکه و با اقداماتی چون خازن‌گذاری، انتخاب آرایش شعاعی بهینه و انتخاب بهینه هادی خطوط می‌توان به حداقل رساند. از دیگر هزینه‌های تحمیلی به شبکه می‌توان به هزینه نصب تجهیزات (پست‌ها، تولیدات پراکنده، خطوط، خازن و...) اشاره کرد که خود شامل هزینه خرید، هزینه محل نصب (محل نصب پست)، هزینه جابجایی تجهیزاتی که از قبل در شبکه وجود داشته‌اند (خازن‌ها) و در طرح جدید بایستی جابجا شوند و ... اشاره کرد.

همان‌طور که قبلاً هم گفته شد، فناوری مناسب به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. از جمله منابع موجود در ایران می‌توان به پتانسیل‌های موجود در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره کرد. میزان تابش در کشور و همچنین وزش باد در مناطق شناخته شده‌ای چون منجیل، رودبار و بینالود موجب آن شده که سرمایه‌گذاری‌هایی در این زمینه در کشور صورت بگیرد. در این راستا زیرساخت‌های اولیه همچون **ایستگاه‌های** اندازه‌گیری، در نقاط مختلف کشور بنا شده و همچنین زیرساخت‌هایی برای تولید تجهیزات لازم برای بهره‌گیری از این منابع تجدیدپذیر نیز ایجاد شده است. از جمله این زیرساخت‌ها می‌توان به پروژه ملی طراحی و ساخت توربین بادی دو مگاواتی ملی که در سال ۱۳۸۷ در مرکز توسعه فناوری توربین‌های بادی پژوهشگاه نیرو آغاز گردید، اشاره کرد.

از دیگر زیرساخت‌های لازم در حوزه تولید می‌توان به منابع CHP و خودروی برقی اشاره کرد. در ایران زیرساخت‌های مربوط به منابع CHP محدود به پروژه‌های دانشگاهی و یا طرح‌های در حال احداث است. در حوزه ذخیره‌سازها و خودروهای برقی نیز نیاز به ایجاد زیرساخت‌هایی همچون «ساخت ایستگاه مخصوص شارژ باتری» و «تعبیه مراکزی

برای تعویض باتری خودروها» است. در حوزه پست با توجه به مزایای پست‌های کمپکت، این پست‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و زیرساخت‌هایی در این زمینه به وجود آمده است. در بالا به برخی از مهم‌ترین نیازهای شبکه توزیع و زیرساخت‌های لازم اشاره شد که همه آن‌ها را می‌توان با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها برآورده کرد.

### ۳-۲-۴- حوزه استفاده فناوری

از لحاظ حوزه کاربرد، فناوری‌ها به دودسته فناوری‌های محصول و فناوری‌های فرآیند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارت‌اند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا یا خدمات بکار گرفته می‌شوند و فناوری‌های فرآیند، فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا خدمت بکار برده می‌شوند. همان‌طور که قبلاً هم گفته شد، فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها خود شامل فناوری‌های فرعی مختلفی می‌شود که کل این فناوری‌ها را می‌توان در دو حوزه فرآیند و محصول طبقه‌بندی نمود.

#### ۳-۲-۴-۱- فرآیند

از دیدگاه فرآیندی، دانش طراحی شبکه توزیع در این مقوله قرار می‌گیرد که خصوصاً در سالیان اخیر تلاش‌های گسترده‌ای در خصوص توسعه و به‌روزرسانی آن در صنعت برق صورت پذیرفته است. اقداماتی از قبیل:

← مطالعات سیستمی:

محاسباتی از قبیل پخش بار شبکه و اتصال کوتاه و مطالعاتی چون مکان‌یابی بهینه‌ی پست‌های توزیع و فوق توزیع، مسیریابی بهینه‌ی فیدرها، تعیین سطح مقطع بهینه هادی‌ها و ... .

← ایجاد بانک‌های اطلاعاتی:

پیچیدگی شبکه توزیع برق در کلانشهرها، تعداد زیاد تجهیزات شبکه مذکور و نیز تغییرات سریع اطلاعات اجزای شبکه، مدیریت شبکه‌های فوق را با مشکل مواجه ساخته است. بنابراین به‌منظور توسعه پایدار در شبکه و

شناسایی نقاط قوت و ضعف آن و در جهت ارائه طرح‌های جدید و توسعه شبکه بر اساس محاسبات مهندسی توزیع در شبکه توزیع نیاز به پیاده‌سازی یک سیستم جامع برای ذخیره‌سازی و مدیریت اطلاعات هست.

### ۳-۲-۴-۲-محصول

طراحی شبکه توزیع خصوصاً در کلانشهرها رامی‌توان با بهره‌گیری از محصولات فناورانه که همان تجهیزات نوین مورد استفاده در شبکه‌های توزیع هستند ارتقاء بخشید.

#### ⇐ پست‌های کمپکت:

تراکم بار در کلانشهرها از یک سو، قیمت هنگفت زمین و عدم دسترسی به زمین‌های با ابعاد مناسب برای ساخت پست‌های معمولی توزیع از سوی دیگر، موجب شده است تا نیاز به استفاده از انواع پست‌های کمپکت روزمینی و زیرزمینی افزایش یابد. مشکلات موجود در انجام عملیات ساختمانی در مراکز پرتراکم، پرازدحام و پرتراکم کلانشهری همچون تهران و همچنین لزوم سرعت بخشیدن به عملیات احداث، باعث شده است که استفاده از پست‌های کمپکت پیش ساخته به عنوان راه حل مناسبی برای پاسخگویی به محدودیت‌ها و نیازهای فوق مطرح

گردد

#### ⇐ پست‌های دفنی:

همان‌طور که گفته شد طراحی و توسعه شبکه برق کلانشهرها با محدودیت فضای لازم برای احداث خطوط و پست‌ها مواجه است. یکی از روش‌های غلبه بر محدودیت فوق، استفاده از پست‌های زیرزمینی است به نحوی که پست کارایی پست‌های متعارف را داشته باشد.

#### ⇐ خطوط فاصله‌دار:

این فناوری دارای مزایایی از جمله کاهش فضا و کریدور مورد نیاز برای اجرا بوده و گزینه‌ی مناسبی برای احداث شبکه‌های فشار متوسط هوایی (در مناطقی که مشکل حریم باعث ایجاد مشکل در احداث شبکه شده) به شمار می‌رود.

#### ⇐ کابل‌های خودنگهدار (ABC):

کابل‌های خودنگهدار رایج‌ترین انواع خطوط هوایی غیر لخت در شبکه‌های توزیع نیروی برق فشار ضعیف و از موارد رایج در شبکه‌های فشار متوسط می‌باشند. این نوع از هادی‌های روکش دار، به علت دارا بودن قدرت عایقی مناسب و با ایمنی کامل، امکان زیباسازی شهری با توجه به امکان عبور کابل‌های خودنگهدار از بین درختان واقع در مسیر شبکه، عدم امکان استفاده‌های غیرمجاز از شبکه‌ی برق و راحت‌تر بودن ترمیم تیر شکستگی و رفع اتفاقات در خطوط دارای کابل خودنگهدار (در مقایسه با خطوط هوایی معمولی و استمرار در ارائه خدمات به مشترکین)، دارای اهمیت و جایگاه خاصی بوده و موارد استفاده فراوانی دارند.

◀ واحدهای تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر:

دغدغه دیگری که امروزه کلانشهرهای ایران با آن روبرو هستند، آلودگی هواست. با گسترش این شهرها و قرار گرفتن نیروگاه‌ها در محیط شهری فعالیت آنان بر آلودگی هوای کلانشهرها افزوده است. برای کاهش اثر این آلودگی و البته پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون کلانشهرها به انرژی استفاده از فناوری‌هایی چون واحدهای تولید پراکنده، انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش راندمان نیروگاه‌های موجود با تبدیل آن‌ها به سیکل ترکیبی و کاهش مصرف سوخت آنان توصیه می‌شود.

◀ D-FACTS<sup>1</sup>:

کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت، حل یا کاهش مشکلاتی از قبیل پایداری ولتاژ یا پایداری گذرا در شبکه قدرت، بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین می‌انجامد.

با توجه به موارد فوق می‌توان گفت که فناوری طراحی شبکه توزیع به هر دو صورت گفته شده (محصول و فرآیند) مورد استفاده قرار می‌گیرد لیکن با توجه به عقبه نسبتاً قوی در بخش فرآیند، در این پروژه تمرکز بر محصول و فناوری‌های مرتبط است.

<sup>1</sup> -Distribution Flexible AC Transmission Systems

### ۳-۲-۵- موقعیت راهبردی فناوری

فناوری‌ها را برحسب موقعیت راهبردی می‌توان به دو گروه فناوری‌های کلیدی یا راهبردی در مقابل فناوری‌های متعارف یا معمولی تقسیم کرد. لفظ "فناوری کلیدی یا راهبردی" به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی ایفا نمایند. بدیهی است چنانچه هدف راهبردی سازمان تغییر کند، فناوری‌های کلیدی نیز متناسب با آن تغییر خواهند کرد. بنابراین فهرست فناوری‌های کلیدی ثابت نیست و ممکن است با گذشت زمان دچار تغییر شود. فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارت‌اند از فناوری‌هایی که تسلط بر آن‌ها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با فناوری‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود.

در ارتباط با فناوری طراحی شبکه توزیع، از دید فنی می‌توان گفت که جزء فناوری‌های متعارف و معمولی است و می‌توان از توان موجود در خارج بهره برد. اما همان‌طور که قبلاً هم گفته شد در فناوری فوق مسائل اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، قانونی و ... هم دخیل هستند، و از آنجاکه مسائل فوق (اجتماعی و سیاسی و...) در کشور ما مستقل و متفاوت از سایر کشورها است، نمی‌توان از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای اعمال فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها استفاده کرد. بنابراین نیاز به فناوری بومی است و از این‌رو فناوری فوق را بایستی جزء فناوری‌های کلیدی یا راهبردی دانست.

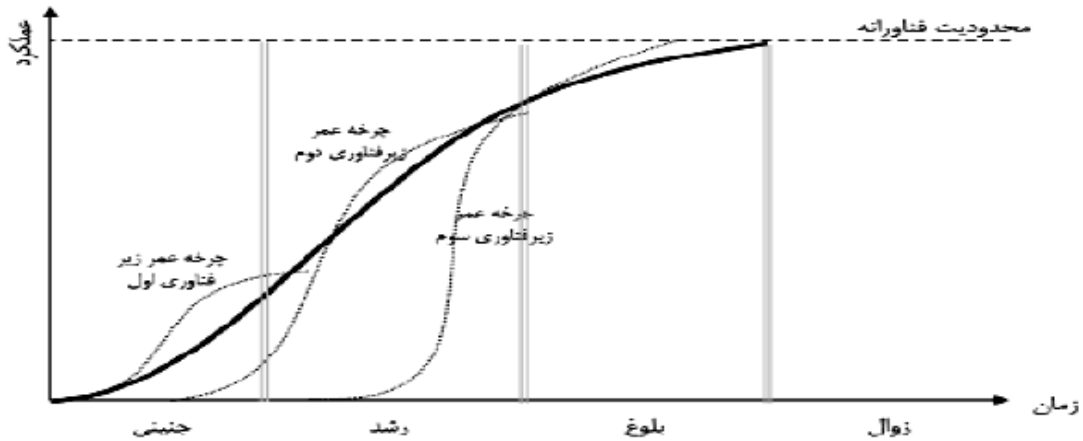
### ۳-۳- طبقه‌بندی فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از منظر چرخه عمر

فناوری‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه‌بندی فناوری در طول چرخه عمر به نمایش گذاشت. تغییر ویژگی‌های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر فناوری است. تغییر حجم ارائه فناوری در بازار برحسب زمان نیز چرخه عمر محصول - بازار را نشان می‌دهد. در ادامه ویژگی‌های فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از منظر چرخه عمر بیان می‌گردد.

↪ چرخه عمر فناوری: در بازاریابی برای هر محصول جدیدی که وارد بازار می‌شود، یک چرخه‌ای قائل هستند که محصول در طول عمرش مراحل مختلف آن را طی می‌کند. مرحله‌ای که هر کدام ویژگی‌های خاصی دارند و نیازمند اقدامات ویژه‌ای هستند تا سازمان را قادر سازد که به بهترین شکل از آن محصول سود ببرد. این مراحل عبارت‌اند از مرحله‌ی جنینی (معرفی)، رشد، بلوغ و زوال است. در دوره جنینی، کسب سود فوری چندان موردنظر مدیر محصول نیست. برنامه‌های بازاریابی و تبلیغات بیشتر بر ایجاد آگاهی از وجود محصول تأکید دارند تا بتوانند برای محصول موردنظر بازار را ایجاد نمایند. در مرحله‌ی رشد ایجاد ترجیح برای محصول و برتری برای محصول و در ادامه‌ی آن افزایش سهم بازار از اهداف اصلی است. در این مرحله انتظار رشد سریع‌تری برای فروش محصول می‌رود. ممکن است در قسمت‌های پایانی این مرحله با ورود رقبای دیگر به بازار این محصول، رقابت در قیمت ایجاد شود. در مرحله‌ی بلوغ، بیشترین سود را کسب خواهید کرد. احتمالاً در این مرحله فناوری‌های مشابه زیادی در بازار وجود دارد. هرچند احتمال رشد در فروش هنوز هم وجود دارد، ولی به هر حال با توجه به آن که فناوری قوی است و هزینه‌های تبلیغات را کاهش خواهیم داد، نمی‌توان انتظار سریع در فروش را داشت. باید تلاش کنیم تا با ایجاد تفاوت و تمایز بین محصولات خودمان و محصولات رقیب موجود در بازار، طول دوره‌ی بلوغ را افزایش دهیم. در مرحله‌ی زوال، بازار اشباع شده است، فروش روند نزولی خود را آغاز نموده است، کاهش میزان تولید موجب شده است هزینه‌های تولید هر محصول افزایش یابد حاشیه‌ی سود را کاهش داده است.

↪ برای مشخص کردن محل قرارگیری فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در چرخه عمر، بایستی منحنی‌های چرخه عمر زیر فناوری‌های آن را مشخص کرد. در واقع، فناوری‌های پیچیده غالباً از فناوری‌های دیگری در سطوح پایین‌تر تشکیل شده‌اند و چرخه عمر آن‌ها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل‌دهنده آن است (شکل (۱-۳)).



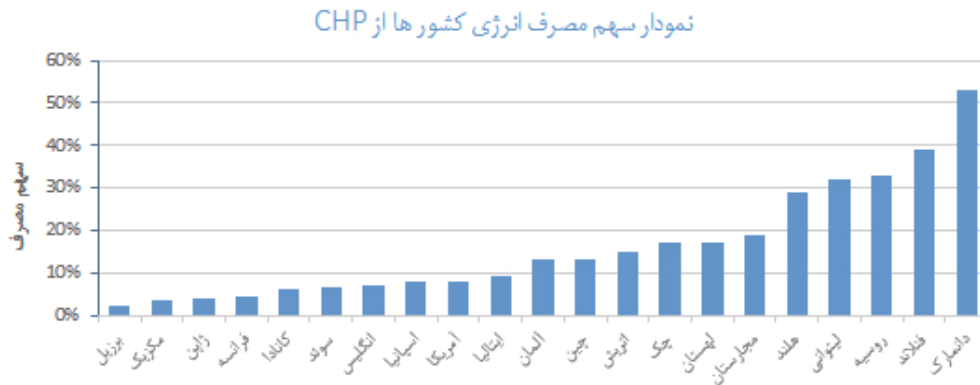


شکل (۳-۱): ارتباط چرخه‌ی عمر فناوری با چرخه عمر زیر فناوری‌ها

در این بخش، با رویکرد بررسی چرخه عمر زیر فناوری‌ها، چرخه عمر کل فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها بررسی و ارائه می‌گردد. همچنین، با توجه به اینکه در شبکه‌های توزیع، سه سطح تولید و تغذیه انرژی به شبکه، توزیع انرژی در شبکه و مصرف انرژی وجود دارد، زیر فناوری‌های طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از منظر سه سطح فوق بررسی می‌شود:

**الف) تولید و تغذیه انرژی به شبکه:** در شبکه‌های توزیع منظور از تولید، تولید انرژی توسط تولیدات پراکنده و منظور از تغذیه، تغذیه شبکه توزیع از شبکه بالادست و توسط پست‌های توزیع است. نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP)<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین زیر فناوری‌های طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در سطح تولید است. شکل (۳-۲) نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر استفاده از منابع CHP در بسیاری از کشورهای پیشرفته مورد توجه بوده است.

<sup>۱</sup> - CHP (Combined Heat and Power)



شکل (۳-۲): سهم مصرف انرژی کشورها از تولید CHP

همان‌طور که گفته شد تغذیه شبکه‌های توزیع از شبکه‌های بالادست توسط پست‌های توزیع صورت می‌گیرد. تنوع فناوری در این سطح به دلیل وجود انواع پست در شبکه بالا است. برخی از فناوری‌ها مثل پست‌های هوایی به خاطر هزینه کمی که دارند در کشورهای زیادی متداول هستند و می‌توان گفت در مرحله بلوغ چرخه عمر قرار دارند. نوع دیگر پست‌های توزیع، پست‌های کمپکت است. پست‌های فوق به خاطر مزایایی که دارند در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند و می‌توان گفت که در مرحله رشد از منحنی چرخه عمر قرار دارند. نوع دیگر پست‌های توزیع، پست‌های زیرزمینی هستند که به دلایلی از قبیل گرانی بیش از حد زمین و به دلایل حفاظتی در زیرزمین و در طبقات متعدد ساخته می‌شوند، بطور کلی می‌توان گفت فناوری پست‌های زیرزمینی، در مراحل جنینی و رشد است.

### ب) توزیع انرژی الکتریکی: از سه منظر می‌توان به فناوری توزیع انرژی الکتریکی در شبکه‌های توزیع نگاه کرد:

۱- ورود فناوری‌های جدید به شبکه‌های توزیع مثل<sup>۱</sup> DLC. فناوری DLC در شبکه‌های توزیع برای اتوماسیون شبکه استفاده می‌شود. منظور از اتوماسیون، نظارت و کنترل شبکه از یک مرکز اصلی مثل شرکت توزیع است. در اتوماسیون کلیه فرامین به کلیدهای قدرت، خازن‌ها، ادوات حفاظتی و ... از راه دور صورت گیرد. چنین بستری در شبکه نیازمند کانال‌های مخابراتی است. امروزه کانال‌های مخابراتی زیادی وجود دارد که هر کدام مزایا و معایب

<sup>۱</sup> - Distribution Line Carrier (DLC)

خود رادارند، با این وجود برای طراحان، DLC به خاطر وجود هادی‌های الکتریکی بهترین و ساده‌ترین گزینه است. به‌طور کلی استفاده از فناوری‌های جدید مرتبط با خطوط توزیع مثل فناوری DLC در مرحله جنینی از منحنی چرخه عمر است.

۲- فناوری مربوط به ادوات مورد استفاده در طراحی فیدرهای توزیع مثل خطوط، خازن‌ها، تجهیزات حفاظتی و... به‌طور کلی می‌توان گفت اکثر تجهیزات مورد استفاده در این سطح در دوره بلوغ چرخه عمر قرار دارند. هرچند با ورود فناوری‌های جدید به شبکه توزیع مثل DFACTS ها، تجهیزات جدیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توانند در مراحل قبل از بلوغ در منحنی چرخه عمر قرار گیرند.

۳- فناوری فرآیند مثل انتخاب بهینه آرایش فیدرهای شبکه و مکان نصب ادوات مورد استفاده در طول فیدرها. از این منظر در حال حاضر روش‌ها و فناوری‌های زیادی وجود دارد که در مرحله بلوغ از منحنی چرخه عمر قرار دارند. ولی با توجه با تغییرات و پیشرفت‌های زیادی که در فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع صورت می‌گیرد، هر سال روش‌ها و فناوری‌های جدید زیادی در این زمینه ارائه می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت فناوری انتخاب بهینه آرایش فیدرها و مکان نصب ادوات در مرحله رشد قرار دارد.

### ج) مصرف انرژی الکتریکی: با توسعه و رشد جمعیت، میزان تقاضا برای مصرف انرژی الکتریکی رو به افزایش

است، که این رشد و توسعه هم در وضعیت موجود و هم در نواحی جدید قابل بررسی است. با توجه به اینکه هدف اصلی شبکه‌های توزیع برق پاسخگویی به این تقاضا با کیفیت مطلوب است و از سویی بار سیستم پارامتری است که تقریباً تمام عملکرد سیستم را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، لذا برنامه‌ریزان سیستم در همان مراحل اولیه می‌بایست تا آنجا که محاسبه ریاضی و آمار به آن‌ها امکان می‌دهد به رشد و افزایش (رفتار واقعی) این کمیت نزدیک شده و بر اساس آخرین و دقیق‌ترین نتایج، کار برنامه‌ریزی شبکه توزیع را آغاز نمایند. در سال‌های اخیر روش‌های زیادی برای پیش‌بینی بار ارائه شده است که هدف آن‌ها بهبود عملکرد روش‌های قبلی و افزایش دقت پیش‌بینی است. با توجه به توضیحات فوق، فناوری پیش‌بینی بار در مرحله رشد از منحنی چرخه عمر قرار دارد. از سوی دیگر ورود تکنولوژی‌های جدید در سطح مصرف مثل خودروهای برقی، موقعیت فناوری طراحی شبکه توزیع را در منحنی چرخه عمر تحت تأثیر قرار داده است. ورود خودروهای برقی به شبکه کلانشهرها مشکلات و چالش‌هایی دارد که برطرف کردن آن‌ها نیازمند

خلق فناوری‌های دیگر است مثل «ساخت ایستگاه‌هایی مخصوص شارژ باتری» و همچنین «تعیین مراکز برای تعویض باتری خودروها» است. به‌طور کلی فناوری خودروهای برقی در مرحله‌ی جنینی قرار دارد. با توجه به توضیحات بالا می‌توان گفت، فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در مراحل جنینی و رشد قرار دارد و هنوز به مرحله بلوغ وارد نشده است.

## ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش به مباحث توجیه‌پذیری و تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها پرداخته شد. در فصل اول توجیه‌پذیری مبحث توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از جنبه‌های گوناگون از قبیل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و ... مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی‌ها حکایت از لزوم رویکرد به این موضوع از دیدگاه کلان و ملی دارد. خلاصه‌ای از مهم‌ترین نکات این فصل در جدول (۴-۱) آمده است. سپس در فصل دوم این گزارش، مبانی سند که مشتمل بر تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات، تبیین مشخصه‌های فناوری و همچنین طبقه‌بندی فناوری از دیدگاه چرخه عمر بود به تفصیل مورد شرح و بررسی قرار گرفت و حوزه مطالعاتی این سند شفاف‌سازی گردید، در جدول (۴-۲) خلاصه مبانی سند آمده است. در گزارش‌ها مربوط به مراحل بعدی پروژه، از مرزبندی‌های انجام‌شده در این گزارش جهت تدوین سند راهبردی مورد نظر استفاده خواهد شد.

### جدول (۴-۱): مهم‌ترین مصادیق هر یک از ابعاد توجیه‌پذیری

| مصادیق   | ابعاد توجیه‌پذیری           |
|--|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ افزایش قابلیت اطمینان شبکه در راستای صادرات برق به‌طور مطمئن و پایدار</li> <li>↪ افزایش قابلیت اطمینان شبکه در راستای کاهش خاموشی‌ها در مراکز استراتژیک در کلانشهرها و حفظ رضایت مردم</li> </ul>  | توجیه‌پذیری سیاسی و اجتماعی |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ کاهش هزینه‌ها به‌واسطه بهینه کردن تلفات الکتریکی در شبکه.</li> <li>↪ بهینه کردن هزینه نصب و جایابی تجهیزات شبکه در کلانشهرها</li> <li>↪ کاهش هزینه‌ها به‌واسطه بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان در شبکه</li> <li>↪ کاهش آلودگی به‌واسطه افزایش راندمان تولید</li> </ul>  | توجیه‌پذیری اقتصادی         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ فناوری پست کمپکت و دفنی</li> <li>↪ رفع مشکل محدودیت زمین احداث پست</li> <li>↪ فناوری‌های جدید خط (کابل خودنگهدار و ...)</li> <li>↪ رفع مشکل حریم</li> <li>↪ تولید با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>↪ کاهش آلودگی هوا</li> <li>↪ کاهش تلفات</li> <li>↪ کاهش افت ولتاژ در انتهای خطوط</li> <li>↪ فناوری جبران‌سازی توان راکتیو</li> <li>↪ آزادسازی شبکه‌های بالادستی</li> </ul> | توجیه‌پذیری تکنولوژی        |

## ادامه جدول (۴-۱):

| مصادیق   | ابعاد توجیه پذیری   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ کاهش تلفات شبکه و استفاده از تولیدات پراکنده، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای:</li> <li>↪ کاهش مصرف سوخت</li> <li>↪ کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای</li> </ul> | توجیه‌پذیری محیط‌زیست   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• برخورداری از دانش پیشرفته</li> <li>• حفاظت از محیط‌زیست</li> </ul>  | ✓ سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• حفاظت از محیط‌زیست</li> </ul>   | ✓ قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه کشور                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• افزایش تولید و صادرات برق</li> </ul>  | ✓ قانون بودجه سال ۱۳۹۳ کل کشور                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• برخورداری از دانش پیشرفته</li> <li>• بومی‌سازی تولید</li> <li>• توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت</li> </ul>  | ✓ مصوبه‌های کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ارتقاء و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی</li> <li>• کاهش هزینه‌های تولید و عرضه برق</li> <li>• توسعه و ترویج سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت</li> </ul>             | ✓ سند ملی توسعه بخش برق و انرژی‌های نو                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• بهبود نظام مدیریتی کلانشهرها</li> <li>• نظارت دقیق و کارآمد بر گسترش کلانشهرها</li> <li>• ارتقاء کیفیت محیط‌زیست</li> </ul>   | ✓ مصوبه هیئت‌وزیران   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• کاهش تلفات</li> <li>• افزایش ظرفیت تولید</li> <li>• بومی‌سازی تولید</li> </ul>  | ✓ مأموریت‌ها و وظایف وزارت نیرو                                 |

## جدول (۴-۲): خلاصه مبانی سند

| شرح   |                               |            |          |                               | عنوان                 |           |               |
|---|-------------------------------|------------|----------|-------------------------------|-----------------------|-----------|---------------|
| ملی و بخشی  |                               |            |          |                               | سطح تحلیل             |           |               |
| ۱۰ سال  |                               |            |          |                               | افق زمانی برنامه‌ریزی |           |               |
| D-FACTS   | حوزه خط                       | حوزه تولید | حوزه پست | مطالعات سیستم و بانک اطلاعاتی | سابقه فناوری          |           |               |
| موجود   | موجود                         | جدید       | موجود    | موجود                         |                       |           |               |
| با وجود اینکه فناوری تجهیزات شبکه توزیع چرخه عمر کوتاهی ندارد اما به دلیل پیچیدگی‌های متعدد در بقیه حوزه‌های مرتبط با طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها در کل این فناوری از منظر پیچیدگی در گروه پیشرفته قرار می‌گیرد. |                               |            |          |                               | پیچیدگی فناوری        |           |               |
| توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با نیازهای این شبکه‌های توزیع و منابع و زیرساخت‌های موجود در کشور تناسب دارد.  |                               |            |          |                               | تناسب فناوری          |           |               |
| فناوری طراحی شبکه توزیع به هر دو صورت محصول و فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد لیکن با توجه به عقبه نسبتاً قوی در بخش فرآیند، در این پروژه بیشتر تمرکز بر محصول و فناوری‌های مرتبط با آن است.                       |                               |            |          |                               | کاربرد فناوری         |           |               |
| فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها جزء فناوری‌های کلیدی یا راهبردی است  |                               |            |          |                               | موقعیت راهبردی فناوری |           |               |
| مصرف  | توزیع انرژی                   |            |          | تولید و تغذیه                 |                       |           |               |
| پیش‌بینی بار  | انتخاب آرایش و مکان نصب ادوات | ادوات      | DLC      | پست زیرزمینی                  | پست کمپکت             | پست هوایی | تولید پراکنده |
| رشد   | رشد                           | بلوغ       | جنینی    | جنینی و رشد                   | رشد                   | بلوغ      | جنینی         |
| در کل فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در مراحل جنینی و رشد قرار دارد و هنوز به مرحله بلوغ وارد نشده است  |                               |            |          |                               |                       |           |               |

## مراجع

- [۱]. سید محمد هاشمی، فیروزه رامشخواه، عبدالحمید ارسطو. "چالشها و راهکارهای توسعه شبکه توزیع در کلانشهرها" هفدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق. EPDC 2012
- [۲]. پروانه زیویار، مصطفی نوروزی. "بررسی مسائل و چالشهای آلودگی هوا در کلانشهرها مطالعه موردی: کلانشهر مشهد" همایش ملی جریان و آلودگی هوا. دانشگاه تهران. آبان ۱۳۹۱.
- [۳]. امیر نیرومندفام، محمد کاظم شیخ‌السلام "استفاده از مدل کانو به منظور شناسایی نیازهای مصرف‌کنندگان و ارتقاء شبکه‌ی توزیع" هفدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق (EPDC 2012).
- [4]. M. Crew and P. Kleindorefer, "Incentive regulation in the United Kingdom and the United States: Some Lessons" J. Reg. Econ., vol. 9/10,1990
- [5]. Farahani, V, Sadeghi, S.H.H, Abyaneh, H.A, Agah, S.M.M, Mazlumi, K, "Energy Loss Reduction by Conductor Replacement and Capacitor Placement in Distribution Systems, " IEEE Trans. Power Systems, vol.28, no.3, pp.2077,2085, Aug. 2013
- [6]. D. Singh and R.K. Misra, "Effect of load models in distributed generation planning," IEEE Trans. Power Systems, vol. 22, no. 4, pp. 2204-2212, 2007.
- [7]. M.N. Marwali, J.W. Jung, and A. Keyhani, "Stability analysis of load sharing control for distributed generation systems", IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 22, no. 3, pp. 737-745, 2007.
- [۸]. شرکت مهندسی آلتین انرژی، تجهیزات و پست‌های کمپکت، معرفی پست‌های کمپکت.  
<http://altinenergy.com/ZF/CD.html>
- [9]. G. Kjolle, L. Rolfseng and E. Dahl, "The Economic Aspect of Reliability in Distribution System Planning," IEEE Trans. Power. Del., vol. 5, no. 2, pp. 1153-1157, April 1990.
- [10]. J. Ramírez-Rosado, and J. L. Bernal-Agustín, "Reliability and Costs Optimization for Distribution Networks Expansion Using an Evolutionary Algorithm," IEEE Trans. Power Syst., vol. 16, no. 1, pp. 111-118, Feb. 2001.
- [۱۱]. زهرا کلهری، «تعیین مُد بهینه عملکرد DG با در نظر گرفتن برخی شاخص‌های قابلیت اطمینان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تفرش، ایران، ۱۳۸۹.



[۱۲]. فردین داعی، « بررسی فنی و اقتصادی استفاده از پست‌های پدموتند در مناطق با شرجی و آلودگی بسیار بالا»، دومین

کنفرانس منطقه‌ای سیرد، تهران، ۱۳۹۲.

[13]. W. M. Lin, C. D. Yang and M. T. Tsay, "Distribution system planning with evolutionary programming and a reliability cost model," IEE Proc. Gener. Transm. & Distrib. , vol. 147, no. 6, pp. 336-341, Nov. 2000.

[۱۴]. سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران، [WWW.DOLAT.IR](http://WWW.DOLAT.IR)

[۱۵]. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران،

اسفندماه ۱۳۸۹.

[۱۶]. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، لایحه بودجه سال ۱۳۹۳ کل کشور، ۱۳۹۲

[۱۷]. "اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری"، دبیرخانه

شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری، تابستان ۱۳۹۰.

[۱۸]. "سند توسعه بخشی برق و انرژی‌های نو در برنامه چهارم توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی

ایران"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

[۱۹]. "تصویب نامه هیئت وزیران" تیر ماه ۱۳۹۳

[۲۰]. "سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو"، وزارت نیرو.

[۲۱]. "روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق-راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم"، پژوهشگاه نیرو،

آذر ۱۳۹۲.

[22]. Kadurek, P.; Cobben, J. F G; Kling, W.L., "Future LV distribution network design and current practices in the Netherlands," Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), 2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on , vol., no., pp.1,6, 5-7 Dec. 2011.

[23]. Gan, Chin Kim; Silva, Nuno; Pudjianto, Danny; Strbac, Goran; Ferris, Robert; Foster, Ian; Aten, Martin, "Evaluation of alternative distribution network design strategies," Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on, vol., no., pp.1-4, 8-11 June 2009.

[24]. Carrano, E.G.; Takahashi, R. H C; Cardoso, E. P.; Saldanha, R. R.; Neto, O.M., "Optimal substation location and energy distribution network design using a hybrid GA-BFGS algorithm," Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- , vol.152, no.6, pp.919,926, 4 Nov. 2005.

[۲۵]. ح. اعلمی، "طراحی جامع شبکه‌های توزیع و بررسی فنی اقتصادی آن"، پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، ۱۳۷۹.

[26]. Victoria Neimane, "On Development Planning Of Electricity Distribution Networks", Doctoral Dissertation, Royal Institute of Technology, Department Of Electrical Engineering, Stockholm, 2001.

[27]. K.S.Hindi, " Design Of low-voltage distribution networks: a mathematical programming method", PROC IEE, Vol 124, January 1977.

[28]. Belgin Turkyay, "Distribution System Planning Using Mixed Integer Programming", ELEKTRIK, Vol6, NO.1, 1998.

[29]. P.C.Paiva, H.M.Khodr, "Integral Planning of Primary-Secondary Distribution Systems Using Mixed Integer Linear Programming", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.20, No.2, May 2005.

[30]. E.C.Yeh, "Improved Distribution System Planning Using Computational Evolution", IEEE Trans. RWRS, Vol.11, No.2, 1996.

[31]. Zaroni Dueire, M.Afonso de Carvalho Jr., "An Expert System for Power Distribution Network Feeders Planning", IEEE 1996.

[32]. Suresh K.Khator, Lawrence C.Leung, "Power Distribution Planning: A Review of Models and Issues", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.12, No.3, Aug. 1997.

[33]. T.Gonen, I.J.Ramirez-Rosado, "Review of Distribution system planning models: a model for optimal multistage planning", IEEE Proc., Vol.133, No.7, Nov 1986.

[34]. Koichi Nara, Y.H.Dong, "Modern Heuristic to Distribution System Optimization", IEEE 2002.

[35]. M.S.Calvaho, "Distribution Network Expansion Planning under Uncertainty: A Hedging Algorithm in an Evolutionary Approach", IEEE Trans. PWRD, Vol.15, No.1412-416, 2000

[36]. Ignacio J.Ramirez-Rosado, Jose-Antonio Domin Guez-Navarro, "MultiObjective Planning Of Power Distribution System Using Evolutionary Algorithms", IEEE 2003.

[37]. Rakesh Renjan, Ashvini Chaturvedi, "Optimal Conductor Selection of Radial Distribution Feeders Using Evolutionary Programming", IEEE 2003.

- [38]. S.K.Goswami, "Distribution System Planning Using Branch Exchange Technique", IEEE Trans. On Power systems, Vol.12, No.2, May 1997.
- [39]. Edelmiro Miguez, Jose Cidras, Diaz Dorado, "An Improved Branch-Exchange Algorithm for Large-Scale Distribution Network Planning", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.17, No.4, Nov 2002.
- [40]. Jalal Abdallah, "Distribution Network Planning and Design Using Branch and Bound Methods", American Journal of Applied Science 2(3):644-647, 2005.
- [41]. Vladimiro Miranda, J.V.Ranito, L.M.Proenca, "Genetic Algorithms in Optimal Multistage Distribution nEtwork Planning", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.9, No.4, Nov 1994.
- [42]. Belgin Turkay, Taylan Artac, "Optimal Distribution Network Design Using Genetic Algorithms", Electric Component and Systems, ISSN: 1532-5008, 2005.
- [43]. E.G.Carrano, R.H.C.Takahashi, "Optimal Substation location and energy distribution network design using a hybridGA-BFGS Algorithm", IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib. Vol.152, No.6, Nov. 2005.
- [44]. T.Ootaki, "Low-Voltage Distribution Network Planning Taking Account of Power Loss Cost in Genetic Algorithms", IEEE 2005.
- [45]. I.J.Ramirez-Rosado, "Genetic Algorithms Applied to the Design of Large Power Distribution Systems", IEEE Trans. RWRS. Vol.13, No. 2, 696-703, 1998.
- [46]. A.S.Chuang, "An Extensible Genetic Algorithm framework for problem solving in a Common Environment", IEEE Trans. PWRS, Vol. 15, No.1, 269-275, 2000.
- [47]. Victor Parada, Jacques A.Ferland, "Optimization of Electrical Distribution Feeders Using Simulated Annealing", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.19, No.3, July 2004.
- [48]. S.Kirkpatrick, M.P.Vecchi,, "Optimization by Simulated Annealing", Science, Vol.220, 1983.
- [49]. M.G. Ippolito, E,Riva, "MultiObjective Ant Colony Search Algorithm for Optimal Electrical Distribution System Strategic Planning", IEEE 2004.
- [50]. Eloy Diaz-Dorado, Edelmiro Miguez, Jose Cidras, "Design of Large Rural Low-Voltage Networks Using Dynamic Programming Optimization", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.16, No. 4, Nov 2001.
- [51]. Ignacio Ramirez-Rosado, Jose-Antonii Domin Guez-Navarro, "Possibilistic of Electric Power Distribution Networks", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.19, No.4, Nov.2004.

[۵۲]. ا. گرجی. "گسترش بهینه شبکه‌های توزیع مشتمل بر جایابی بهینه پست‌های توزیع و مسیریابی و طراحی بهینه

فیدرهای فشار متوسط و فشار ضعیف"، پروژه مکانیزاسیون شبکه‌های توزیع، مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۴.

[۵۳]. کاربردهای عمومی GIS در صنعت برق، فصل نامه دوم

[54]. J. Ramírez-Rosado, and J. L. Bernal-Agustín, "Reliability and Costs Optimization for Distribution Networks Expansion Using an Evolutionary Algorithm, " IEEE Trans. Power Syst., vol. 16, no. 1, pp. 111-118, Feb. 2001.

## فهرست مطالب

- ۱- هوشمندی فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۱
- ۱-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۱
- ۲-۱- فناوری‌های فرایند ..... ۴
- ۱-۲-۱- مطالعات سیستمی ..... ۴
- ۱-۱-۲-۱- مطالعات سیستمی بر مبنای قابلیت اطمینان و کیفیت توان ..... ۴
- ۲-۱-۲-۱- مطالعات سیستمی مرتبط با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۵
- ۲-۲-۱- بانک‌های اطلاعاتی ..... ۱۱
- ۱-۲-۲-۱- نرم‌افزارها و قابلیت محاسباتی بر مبنای پایگاه داده ..... ۱۱
- ۲-۲-۲-۱- مدل مفهومی بانک‌های اطلاعاتی ..... ۱۲
- ۳-۱- حوزه پست ..... ۱۳
- ۱-۳-۱- پست کمپکت ..... ۱۴
- ۲-۳-۱- پست‌های زیرزمینی ..... ۱۸
- ۱-۲-۳-۱- پست‌های توزیع زیرزمینی ..... ۱۹
- ۲-۲-۳-۱- پست کاملاً زیرزمینی ..... ۲۲
- ۳-۳-۱- پست هوایی ..... ۲۳
- ۱-۳-۳-۱- پست هوایی RMU ..... ۲۵
- ۴-۱- حوزه خط ..... ۲۷
- ۱-۴-۱- شبکه‌های زمینی ..... ۲۷
- ۲-۴-۱- شبکه‌های هوایی ..... ۲۸
- ۱-۲-۴-۱- خطوط هوایی با عایق روکش دار (CC) و (CCT) ..... ۲۹

- ۳۱-۲-۴-۲- خطوط هوایی با کابل‌های (سیم‌های روکش‌دار) فاصله‌دار (ACS).....
- ۳۲-۳-۲-۴-۱- کابل‌های خود نگهدار (ABC).....
- ۳۴-۳-۴-۱- تیر برق کامپوزیتی.....
- ۳۴-۵-۱- حوزه تولید.....
- ۳۵-۱-۵-۱- سلول‌های خورشیدی.....
- ۳۶-۲-۵-۱- توربین بادی مقیاس کوچک.....
- ۳۷-۳-۵-۱- پیل سوختی.....
- ۳۷-۴-۵-۱- توربین احتراقی.....
- ۳۸-۵-۵-۱- میکرو توربین.....
- ۳۹-۶-۵-۱- سیستم‌های تولید همزمان انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی CHP.....
- ۴۰-۷-۵-۱- خودرو برقی.....
- ۴۱-۸-۵-۱- باتری‌های الکتریکی.....
- ۴۲-۶-۱- D-FACTS.....
- ۴۳-۱-۶-۱- تجهیزات نوع جبران‌کننده.....
- ۴۳-۱-۱-۶-۱- جبران‌ساز استاتیکی سری SSC.....
- ۴۷-۲-۱-۶-۱- تجهیزات جبران‌ساز هارمونیک و توان راکتیو.....
- ۵۱-۳-۱-۶-۱- ابزارهای انرژی ذخیره پشتیبان.....
- ۵۲-۲-۶-۱- تجهیزات نوع تغییردهنده آرایش شبکه.....
- ۵۳-۱-۲-۶-۱- محدودکننده جریان حالت جامد SSCL.....
- ۵۵-۲-۲-۶-۱- مدار شکن‌های حالت جامد SSCB.....
- ۵۶-۳-۲-۶-۱- کلیدهای انتقال دهنده حالت جامد SSTS.....
- ۵۹-۲- آینده‌پژوهی فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....

- ۱-۲-۱- روش مورد استفاده (متدولوژی) ..... ۵۹
- ۲-۲-۲- تحلیل روندها ..... ۶۰
- ۲-۲-۱- روند تحولات فناوری‌های فرایند ..... ۶۱
- ۲-۲-۲- روند تحولات پست‌های توزیع برق ..... ۷۰
- ۲-۲-۱- جمع بندی ..... ۸۰
- ۲-۲-۳- روند تحولات خطوط توزیع برق ..... ۸۲
- ۲-۳-۲-۱- خطوط هوایی توزیع ..... ۸۲
- ۲-۳-۲-۲- خطوط زمینی توزیع ..... ۸۷
- ۲-۳-۳-۲- جمع بندی ..... ۹۰
- ۲-۴-۲-۲- روند تحولات فناوری‌های تولید ..... ۹۱
- ۲-۴-۲-۱- انرژی‌های تجدید پذیر ..... ۹۱
- ۲-۴-۲-۲- تولیدات پراکنده (غیر تجدید پذیر) ..... ۱۰۹
- ۲-۵-۲-۲- روند تحولات فناوری D-FACTS ..... ۱۱۹
- ۲-۵-۲-۱- جمع بندی ..... ۱۲۴
- ۲-۶-۲-۲- برنامه‌های تامین برق و توسعه شبکه چند کلانشهر در سایر نقاط جهان ..... ۱۲۴
- ۲-۶-۲-۱- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در آمریکا ..... ۱۲۵
- ۲-۶-۲-۲- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در استرالیا ..... ۱۲۶
- ۲-۶-۲-۳- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در کانادا ..... ۱۲۷
- ۲-۶-۲-۴- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در ژاپن ..... ۱۲۸
- ۲-۶-۲-۵- جمع بندی ..... ۱۲۸
- ۳- نتیجه‌گیری ..... ۱۳۰
- ۴- مراجع ..... ۱۳۱

### فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): درخت فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۳
- شکل (۲-۱): یک نمونه پست پیش ساخته کمپکت فلزی ..... ۱۵
- شکل (۳-۱): نمای داخلی پست ..... ۱۶
- شکل (۴-۱): شماتیک پست پیش ساخته کمپکت ..... ۱۶
- شکل (۵-۱): نمونه‌ای از پست موبایل ..... ۱۷
- شکل (۶-۱): نمونه‌ای از پست یونیت ..... ۱۷
- شکل (۷-۱): نمونه‌ای از پست پدمانند ..... ۱۸
- شکل (۸-۱): نمایی از پست زیرزمینی ..... ۱۹
- شکل (۹-۱): نمایی از پست توزیع زیرزمینی ..... ۲۰
- شکل (۱۰-۱): نمایی از محفظه‌ی ترانسفورماتور ..... ۲۱
- شکل (۱۱-۱): مسیر کاندویت بین دو دریچه آدمرو ..... ۲۱
- شکل (۱۲-۱): ساختمان کابل زیرزمینی ..... ۲۲
- شکل (۱۳-۱): شماتیک پست کاملاً زیرزمینی ..... ۲۲
- شکل (۱۴-۱): شماتیک پست هوایی ..... ۲۴
- شکل (۱۵-۱): نمونه‌ای از پست هوایی RMU ..... ۲۶
- شکل (۱۶-۱): شماتیکی از شبکه توزیع زمینی ..... ۲۷
- شکل (۱۷-۱): هادی روکش دار نوع CC ..... ۲۹
- شکل (۱۸-۱): هادی روکش دار نوع CCT (مخصوص مناطق غیر مشجر) ..... ۳۰
- شکل (۱۹-۱): هادی روکش دار نوع CCT (مخصوص مناطق مشجر) ..... ۳۰
- شکل (۲۰-۱): SPACER ..... ۳۱
- شکل (۲۱-۱): خطوط هوایی با کابل‌های فاصله‌دار ..... ۳۲
- شکل (۲۲-۱): کابل خودنگهدار ..... ۳۳



- شکل (۱-۲۳): یک نمونه از کاربرد کابل خودنگهدار در مقایسه با خطوط هوایی متعارف ..... ۳۳
- شکل (۱-۲۴): نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی نصب‌شده در سطح شهر ..... ۳۵
- شکل (۱-۲۵): دیاگرام اتصال توربین بادی مقیاس کوچک به شبکه ..... ۳۶
- شکل (۱-۲۶): نمای یک میکروتوربین با محفظه محافظ ..... ۳۹
- شکل (۱-۲۷): نمای یک میکروتوربین بدون محفظه محافظ ..... ۳۹
- شکل (۱-۲۸): موقعیت‌های اتصال خودروی برقی به شبکه توزیع برق ..... ۴۱
- شکل (۱-۲۹): تقسیم‌بندی انواع CPD های مرسوم ..... ۴۳
- شکل (۱-۳۰): نمایش شماتیک یک DVR ..... ۴۴
- شکل (۱-۳۱): شمای فیزیکی یک واحد DSSC نمونه ..... ۴۵
- شکل (۱-۳۲): شماتیک مداری کامل یک واحد DSSC ..... ۴۶
- شکل (۱-۳۳): ساختار سیستم ساده FC/TCR و نمایش معادل سوسپتانس متغیر آن ..... ۴۷
- شکل (۱-۳۴): ساختار و چگونگی اتصال یک D-STATCOM ..... ۴۸
- شکل (۱-۳۵): اجزای فیلتر اکتیو، نحوه اتصال آن به شبکه و کارکرد آن در حذف هارمونیک‌های بار ..... ۵۰
- شکل (۱-۳۶): بلوک دیاگرام شماتیک یک UPQC تک فاز ..... ۵۱
- شکل (۱-۳۷): سیستم انرژی ذخیره پشتیبان ..... ۵۲
- شکل (۱-۳۸): نمونه‌ای از مدار محدودکننده‌های جریان مبتنی بر GTO ..... ۵۳
- شکل (۱-۳۹): ساختار ساده محدودکننده‌های جریان کنترل‌شده با تایریستور ..... ۵۴
- شکل (۱-۴۰): چگونگی قرارگیری یک مدارشکن حالت جامد در یک مدار ساده و تغییرات جریان و ولتاژ در هنگام خاموش شدن کلید ..... ۵۶
- شکل (۱-۴۱): یک آرایش رایج برای استفاده از کلید استاتیک ..... ۵۷
- شکل (۱-۴۲): دیاگرام تک فاز ترکیب SSTS و SSC برای حفاظت همزمان بار در برابر خطاهای توزیع و انتقال ..... ۵۸
- شکل (۲-۱): ذخیره اطلاعات به صورت لایه لایه در GIS ..... ۶۴
- شکل (۲-۲): روند پیشرفت GIS و ابزار مرتبط با آن ..... ۶۵

- شکل (۲-۳): ترانسفورماتورهای کوچک قابل نصب بر روی یک پایه ..... ۷۱
- شکل (۲-۴): ترانسفورماتورهای قرار گرفته در پست زمینی توزیع ..... ۷۲
- شکل (۲-۵): ترانسفورماتور قرار گرفته بین دو پایه در پست توزیع هوایی ..... ۷۳
- شکل (۲-۶): پست توزیع کیوسکی ..... ۷۴
- شکل (۲-۷): پست پیش ساخته کمپکت ..... ۷۵
- شکل (۲-۸): پست کمپکت نیمه دفنی ..... ۷۶
- شکل (۲-۹): پست کمپکت دفنی ..... ۷۷
- شکل (۲-۱۰): بدنه بتنی پست کمپکت زیرزمینی در حال نصب در جایگاه آن ..... ۷۸
- شکل (۲-۱۱): روند پیشرفت در ساختمان سلول‌های خورشیدی ..... ۹۳
- شکل (۲-۱۲): خانه‌های مهربان با محیط زیست-فراپورگ-آلمان ..... ۹۵
- شکل (۲-۱۳): چراغ خورشیدی ..... ۹۶
- شکل (۲-۱۴): نیروگاه بادی بینالود-خراسان رضوی ..... ۹۹
- شکل (۲-۱۵): چند نمونه توربین بادی مقیاس کوچک ..... ۱۰۱
- شکل (۲-۱۶): نمایی از توربین اینولکس ..... ۱۰۲
- شکل (۲-۱۷): نمایی از درخت بادخور ..... ۱۰۳
- شکل (۲-۱۸): نمایی از توربین‌های بادی مرکز تجارت جهانی بحرین ..... ۱۰۴
- شکل (۲-۱۹): سیستم توربین گازی WAUKESHA VGF ساخت جنرال الکتریک [۶۲] ..... ۱۱۳
- شکل (۲-۲۰): میکروتوربین C65 ساخته شرکت کپستون [۶۳] ..... ۱۱۵

## فهرست جداول

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| جدول ( ۱-۲ ): | سیر تکاملی DIGSILENT                                       | ۶۲  |
| جدول ( ۲-۲ ): | مروری بر پیشرفت‌های PSS SINCAL در سال‌های اخیر             | ۶۳  |
| جدول ( ۳-۲ ): | تاریخچه شکل‌گیری GIS                                       | ۷۰  |
| جدول ( ۴-۲ ): | مقایسه برخی از خواص پایه کامپوزیت با سایر انواع پایه‌ها    | ۸۴  |
| جدول ( ۵-۲ ): | تاریخچه پیشرفت در صنعت کابل‌سازی                           | ۸۹  |
| جدول ( ۶-۲ ): | روند شکل‌گیری فناوری‌های انرژی تجدید پذیر                  | ۱۰۸ |
| جدول ( ۷-۲ ): | روند شکل‌گیری فناوری توربین گازی و تولید همزمان برق و گرما | ۱۱۹ |
| جدول ( ۸-۲ ): | روند تحولات تجهیزات D-FACTS یا CUSTOM POWER                | ۱۲۳ |

## ۱- هوشمندی فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

در این بخش با شناسایی اجزا و کاربردهای فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در بستر تحولات آینده، هوشمندی فناوری بررسی می‌شود. منظور از هوشمندی فناوری، بررسی روند توسعه فناوری در بستر زمان و مشخص کردن گونه‌های غالب فناوری در آینده است. با بررسی هوشمندی فناوری مشخص می‌شود که در صورت وقوع تغییرات محیطی، سناریوهای پیشرو برای توسعه فناوری و سناریویی که باید به‌عنوان تصویری از آینده انتخاب شود، کدامند. مؤلفه هوشمندی فناوری به دنبال شناسایی فناوری در مسیر آینده است. به‌عبارت‌دیگر، هدف از این مؤلفه، درک ابعاد مختلف فناوری نه‌تنها در زمان حال، بلکه در بسترهای آینده است. برای این منظور باید هم به شناسایی فناوری پرداخت و هم به کندوکاو آینده‌ی پیرامون فناوری. با این تعریف، روش‌های شناسایی فناوری و آینده‌پژوهی دو بخش اصلی این مؤلفه را تشکیل می‌دهند که در ادامه بررسی می‌شوند.

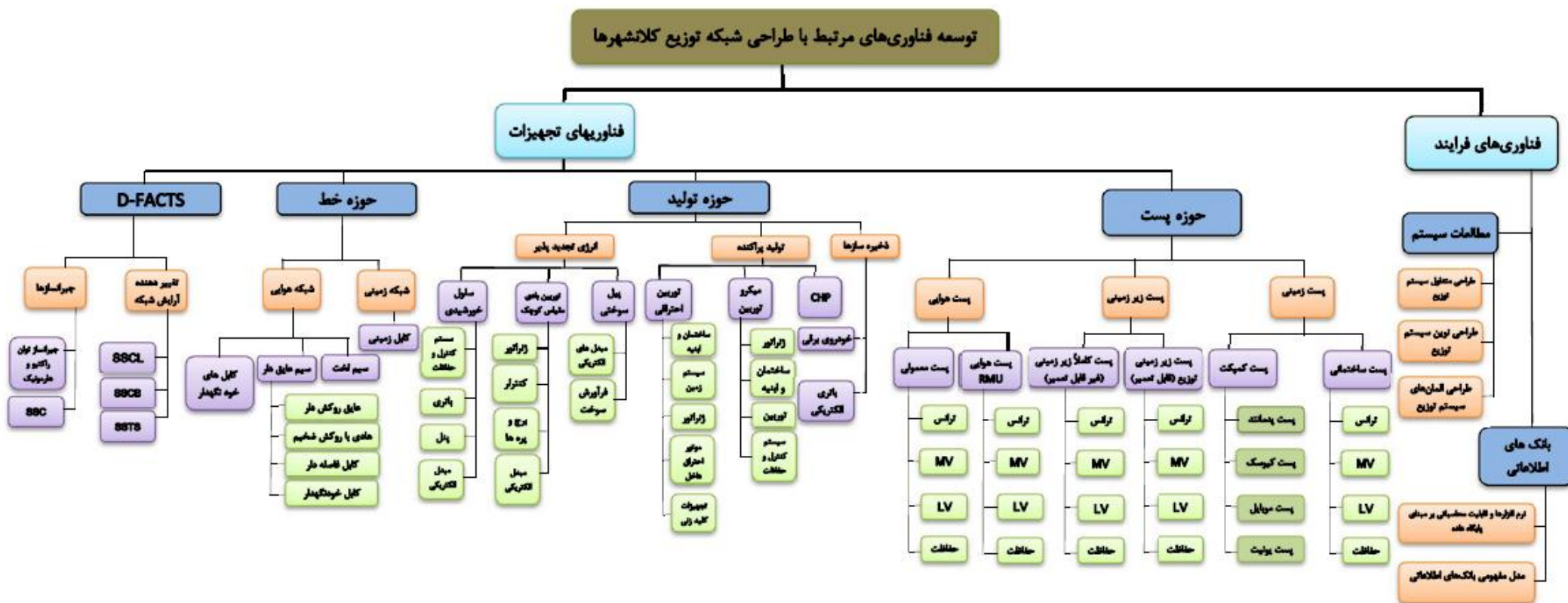
### ۱-۱- شناسایی حوزه‌های فناورانه طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

شناسایی فناوری باهدف مشخص کردن اجزا و زیرسیستم‌های تشکیل‌دهنده‌ی فناوری صورت می‌گیرد و از حوزه‌های فناورانه برای استناد به اجزا فناوری استفاده می‌شود. حوزه‌های فناورانه دربرگیرنده‌ی دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها و یا هر دو. در ارتباط با مفهوم زیر فناوری‌ها در طراحی شبکه توزیع، انرژی‌های نو، پست‌های توزیع، خطوط توزیع و ... زیر فناوری‌ها هستند. همچنین در ارتباط با مفهوم کاربرد، فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها به شبکه توزیع محدود می‌شود و در صنایع دیگر استفاده‌ای ندارد، اما در برخی از زیر فناوری‌های آن، حوزه‌های فناورانه مشتمل بر دو مفهوم زیر فناوری‌ها و کاربردها (به‌صورت توأمان) هستند، مثل زیر فناوری خودرو برقی که از دید زیر فناوری‌ها متشکل از مبدل‌های الکتریکی، باتری، موتور و... است و از دید کاربرد علاوه بر شبکه برق در مصارفی چون حمل‌ونقل و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، اجزاء و زیر سیستم‌های فناوری موردنظر مشخص می‌گردد. این امر با استفاده از درخت فناوری صورت می‌پذیرد. درخت فناوری با هدایت سیاست‌گذاری در رابطه با فناوری موردنظر به تعیین اولویت‌ها و سمت‌وسوی کلان حرکت فناوری کمک می‌نماید.

به‌طور کلی شبکه‌ی توزیع کلانشهرها را می‌توان به حوزه‌های: مطالعات سیستم، پست، خط، تولید و مصرف‌کننده طبقه‌بندی نمود که هریک از حوزه‌ها دارای زیربندهای متفاوتی می‌باشند. رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه‌های فناورانه وجود دارد که از میان آن‌ها، رویکرد تهیه نگاشت (درخت) فناوری برای برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگاشت فناوری شامل تعدادی گره و خطوط ارتباطی هست که هر گره بیانگر یک موضوع، مفهوم، زیرفناوری، کاربرد یا هر نوع اطلاعات دیگر بوده و خطوط ارتباطی بین گره‌ها، نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نگاشت فناوری، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرآیندهای سازمان و همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آن‌ها بر محصولات و خدمات آن هست. درخت فناوری که ارائه‌دهنده نقشه راه دستیابی به فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها هست در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

در ادامه توضیحات مربوط به زیرفناوری‌های هریک از حوزه‌های فناوری طراحی شبکه توزیع (مطالعات سیستم، حوزه پست، حوزه خط و حوزه مصرف) ارائه می‌شود.



شکل (۱-۱): درخت فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

## ۱-۲- فناوری‌های فرایند

به‌طور کلی در فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، حوزه‌های مربوط به فناوری‌های فرایند از بخش‌های زیر تشکیل می‌شود:

### ۱-۲-۱- مطالعات سیستمی

هدف اصلی طراحی و توسعه‌ی شبکه‌های توزیع پاسخ به رشد مصرف برق با حداکثر کارایی اقتصادی به نحوی است که محدودیت‌های حاکم بر سیستم نقض نگردد. منظور از مطالعات سیستمی در طراحی شبکه‌های توزیع محاسباتی از قبیل پخش بار شبکه و اتصال کوتاه و مطالعاتی چون مکان‌یابی بهینه‌ی پست‌های توزیع و فوق توزیع، مسیریابی بهینه‌ی فیدرها، تعیین سطح مقطع بهینه هادی‌ها و ... هست.

فرایند طراحی شبکه توزیع در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی چند متغیره است که هدف از آن پیدا کردن یک طرح بهینه برای تغذیه مجموعه‌ای از بارها هست. این طرح بهینه همان طرحی است که دارای حداقل هزینه نصب تجهیزات و نیز حداقل هزینه ناشی از تلفات انرژی در طول بهره‌برداری از شبکه و ... بوده، ضمن آنکه هیچ‌یک از قیود فنی شبکه نقض نمی‌شود.

#### ۱-۲-۱-۱- مطالعات سیستمی بر مبنای قابلیت اطمینان و کیفیت توان

علاوه بر مطالعات ذکر شده، برای داشتن یک شبکه کارآمد باید مواردی همچون قابلیت اطمینان و کیفیت توان نیز در مرحله طراحی شبکه در نظر گرفته شود که بخش دیگری از مطالعات سیستمی را شکل می‌دهند. در واقع اساسی‌ترین هدف سیستم‌های قدرت تداوم انرژی الکتریکی ارزان قیمت با کیفیت مطلوب است. البته به دلایلی مانند طراحی غیراصولی شبکه، معایب و خرابی‌های احتمالی در تجهیزات به کار رفته در سیستم و نیز بروز خطاهای پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده نمی‌توان انتظار داشت که همواره این انرژی در دسترس قرار گیرد. از این رو ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت به صورت مقوله‌ای بسیار مهم در طراحی شبکه‌های توزیع مطرح می‌گردد.

کیفیت توان به‌عنوان یک مفهوم فراگیر برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت بکار می‌رود. موضوعاتی که تحت این مفهوم قرار می‌گیرند لزوماً جدید نیستند. آنچه جدید است، تلاش کنونی مهندسين برای برخورد با این مفهوم از یک دیدگاه

سیستماتیک است نه به صورت مسائل منفرد و متفرقه. به طور کلی چهار دلیل را می‌توان برای توجه روزافزون به مفهوم کیفیت توان در طراحی شبکه‌های توزیع ذکر کرد:

۱. حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورداستفاده در گذشته نسبت به تغییرات کیفیت توان بیشتر شده است. بسیاری از ادوات مشترکین دارای کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیک قدرت هستند، که به بسیاری از انواع اغتشاشات حساس می‌باشند.

۲. اهمیت روزافزون بر بهبود راندمان کلی سیستم قدرت، موجب رشد مدام استفاده از تجهیزات پربازده از قبیل محرکه‌های پربازده باقابلیت تنظیم سرعت موتور و خازن‌های موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است. این امر موجب افزایش سطح هارمونیک در شبکه‌های قدرت شده است و بسیاری از کارشناسان نگران عواقب آتی آن روی شبکه هستند.

۳. افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت توان. مطلع شدن مصرف‌کنندگان برق از موضوعاتی مانند قطعی‌ها، کمبودهای ولتاژ و گذراهای کلیدزنی موجب شده است که شرکت‌های برق نسبت به بهبود کیفیت توان تحویلی کوشش کنند.

۴. اتصال شبکه‌ها به یکدیگر و تشکیل شبکه‌های بزرگ‌تر موجب شده است که معیوب شدن یک عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را به دنبال داشته باشد.

## ۱-۲-۱-۲- مطالعات سیستمی مرتبط با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

در این سند، در راستای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، مطالعات سیستمی به سه دسته زیر

تقسیم شده است:

↪ طراحی متداول سیستم توزیع

↪ طراحی نوین سیستم توزیع مبتنی بر بهینه‌سازی

↪ طراحی المان‌های سیستم توزیع (خط و پست)

در ادامه توضیحات مربوط به هر قسمت ارائه شده است.



## الف) طراحی متداول سیستم توزیع

به‌طور کلی مرحله طراحی شبکه‌های توزیع گام نخست پروژه‌های برق‌رسانی به مناطق شهری و روستایی را تشکیل می‌دهد، لذا می‌توان گفت که بین قابلیت‌های شبکه‌های توزیع برق پس از احداث در مرحله بهره‌برداری و کیفیت طراحی مهندسی رابطه همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به بیانی دیگر میزان بهره‌وری شبکه توزیع نیروی برق به مقدار قابل توجهی به رعایت کیفیت اصول مهندسی در طراحی آن سیستم بستگی دارد. هدف از طراحی شبکه توزیع، کسب اطمینان از پاسخگویی بهینه به افزایش تقاضای برق است که به‌صورت آهنگ رشد فزاینده و چگالی بار زیاد نمود دارد. روش‌های متداول طراحی معمولاً بر مبنای معیارهای فنی و اقتصادی انجام می‌شود. در کلانشهرها علاوه بر معیارهای فوق، عوامل دیگری مانند کمبود زمین‌های موجود در حوزه‌های شهری و ملاحظات جمعیتی بر پیچیدگی طراحی می‌افزاید. در روش‌های متداول طراحی، طراحان سیستم توزیع باید مقدار بار و موقعیت جغرافیایی آن را معین کنند سپس اندازه و مکان پست‌های توزیع را چنان برگزینند که سرویس‌دهی به بار از طریق حداقل کردن تلفات فیدرها و هزینه‌های ساخت و با توجه به محدودیت‌های قابلیت اطمینان کار در باصرفه‌ترین بها صورت گیرد. پیش‌ازاین، طراحی بخش‌های مختلف سیستم منبع قدرت برق و سیستم توزیع را عموماً مقامات شرکت‌های برق‌رسانی، بدون بازنگری یا هماهنگی با طرح‌های درازمدت انجام می‌دادند. افزایش بهای انرژی، تجهیزات و نیروی کار، بهبود طراحی سیستم را به کمک تکنیک‌ها و روش‌های مؤثر طراحی ناگزیر و الزامی می‌کند.

## ب) طراحی نوین سیستم توزیع مبتنی بر بهینه‌سازی

در این روش طراحی، طراحان سیستم توزیع مسئله طراحی کل شبکه توزیع را به مسائل فرعی چندی تقسیم می‌کنند که با تکنیک‌ها و روش‌های بهینه‌سازی بررسی و حل می‌شوند. برای پیاده‌سازی تکنیک‌های بهینه‌سازی، بایستی الگوریتم مدنظر را با سایر تکنیک‌های مربوط به طراحی شبکه توزیع تلفیق کرد. منظور از تکنیک‌های شبکه توزیع در این شرایط برنامه‌هایی چون پخش بار، برنامه‌های محاسبه اتصال کوتاه، برنامه محاسبه افت ولتاژ، برنامه‌های محاسبه امپدانس کل سیستم، الگوریتم‌های پیش‌بینی بار، طراحی خازن، آرایش بهینه شبکه توزیع و الگوریتم‌های انتخاب بهینه مکان و اندازه تجهیزات شبکه هست.

به‌طور کلی، فراوانی متغیرها و کار دشوار نمایش ریاضی الزامات و محدودیت‌های بی‌شمار ناشی از آرایش سیستم، روش پیچیده‌ای را در طراحی سیستم توزیع ایجاد می‌کند. بنابراین، مدل‌های ریاضی مختلفی برای نمایش سیستم به وجود

آمده است که طراحان سیستم توزیع می‌توانند آن‌ها را برای بررسی و تعیین طرح‌های گسترش بهینه به کار برند. مثل انتخاب:

- مکان بهینه پست‌ها

- توزیع بهینه پست‌ها

- اندازه هسته ترانسفورماتورهای توزیع

- انتقال بهینه بار بین پست‌ها و مراکز تقاضا

- مقدار و مکان بهینه خازن‌ها

- آرایش بهینه فیدرهای توزیع

برخی از روش‌های بهینه‌سازی که برای حل مسائل بهینه‌سازی فوق مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

- روش سیاست‌های گوناگون که با آن چند سیاست مختلف مقایسه و بهترین آن‌ها برگزیده می‌شود.

- روش تجزیه که در آن مسئله اصلی به مسائل چندی تجزیه و هریک جداگانه حل می‌شود.

- روش‌های برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی عدد صحیح که در آن‌ها شرایط محدودکننده را خطی می‌کنند.

- روش برنامه‌ریزی پویا

- الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی

به‌طور کلی در مطالعات سیستمی مربوط به طراحی شبکه توزیع، موارد زیر را بایستی در نظر گرفت:

◀ مشخص کردن اهداف طراحی: اولین مرحله از طراحی مشخص کردن هدف است. در طراحی شبکه توزیع

کلانشهرها اهدافی چون، بهبود کیفیت برق‌رسانی به مشترکین، کاهش آلودگی، کاهش تلفات شبکه و ... دنبال می‌شود.

◀ شناسایی چالش‌های طراحی شبکه توزیع کلانشهرها: امروزه مدیریت شبکه‌های توزیع در کلانشهرها با مشکلات

متعددی در توسعه کارآمد شبکه‌های توزیع همگام با رشد سریع جمعیت و زیرساخت‌های شهری و تقاضای روزافزون تأمین توان روبروست. عوامل اصلی ایجاد این چالش‌ها عبارت‌اند از کمبود فضا در محیط‌های متراکم شهری جهت توسعه شبکه و احداث پست‌های جدید، کاهش نقدینگی و به تبع آن کاهش اعتبارات توسعه شبکه.

◀ مشخص کردن روش‌ها و الگوریتم‌ها جهت طراحی بهینه شبکه: در این حوزه مسائلی چون پیدا کردن مکان بهینه

پست‌ها، خازن‌ها، آرایش بهینه شبکه و ... مطرح می‌شود.

برای مثال، می‌توان به استفاده از ترانس‌های کوچک جهت نزدیکی هرچه بیشتر به مراکز ثقل بار و کاهش طول شبکه فشار ضعیف در جهت تلفات در این بخش از شبکه اشاره کرد. استفاده از الگوریتم‌های طراحی بهینه شبکه و انجام مطالعات فنی اقتصادی، در انتخاب مکان بهینه ترانس‌های فوق اجتناب‌ناپذیر است.

لذا در طراحی شبکه توزیع، ارائه هر طراحی مستلزم انجام برخی از مطالعات سیستمی است. در مطالعات سیستمی ناچار به تحلیل ابعاد گوناگون شبکه هستیم و بدون در نظرگیری تحلیل‌های فوق، رسیدن به طرح مناسب که قابلیت پیاده‌سازی در شبکه را داشته باشد محال است. برای مثال، یکی از مهم‌ترین بخش‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع، نصب تولیدات پراکنده در شبکه است. مطابق با دستورالعمل توانیر [۱]، برای نصب تولیدات پراکنده به شبکه، انجام تحلیل‌هایی چون پخش بار شبکه، مطالعات اتصال کوتاه و حفاظتی و ... لازم است و بدون انجام تحلیل‌های فوق، اتصال تولید پراکنده به شبکه ممکن است مشکلات فراوانی به وجود آورد.

### ج) طراحی المان‌های سیستم توزیع (خط و پست):

یکی از مطالعات مهم که در طراحی و توسعه شبکه توزیع صورت می‌گیرد، مطالعات مربوط به طراحی تجهیزات شبکه شامل خطوط و پست‌های توزیع و ... هست. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در ارتباط با طراحی تجهیزات شبکه توزیع صورت گرفته است.

در طراحی پست‌های توزیع معمولی اقداماتی چون ترکیب سوئیچینگ فشارقوی، ترانسفورماتورهای کاهنده و سوئیچینگ فشار ضعیف صورت می‌گیرد به گونه‌ای که وظیفه محول شده به پست انجام بگیرد. در ارتباط با پست‌های کمپکت مسئله طراحی ساده‌تر است و به مواردی چون انتخاب محل و ابعاد پست محدود می‌شود.

در طراحی خطوط توزیع، مسئله طراحی شامل احداث خطوط با استفاده از تجهیزاتی چون پایه، مقره، یراق‌آلات، کراس آرم و ... هست که با توجه به الزامات شبکه بایستی در طول خطوط نصب شوند. از سوی دیگر، پیدا کردن مسیر مناسب برای خطوط با توجه به الزامات و قیود شبکه صورت می‌گیرد. برخی از الزامات شبکه توزیع کلانشهرها در طراحی خطوط به شرح زیر هست:

• الزامات منتج از محاسبات الکتریکی (افت ولتاژ و محدوده ولتاژ)

• الزامات منتج از محاسبات مکانیکی (اسپن‌ها، ضریب کشش سیم و...)

• مسیریابی بهینه خطوط

همچنین در حال حاضر، روش‌های موجود برای طراحی خط در شبکه توزیع با توجه به الزامات بالا، به دودسته کلی می‌توان تقسیم کرد:

(۱) **روش‌های متداول طراحی:** با استفاده از این روش‌ها می‌توان الزامات منتج از محاسبات مکانیکی را در طراحی لحاظ کرد.

(۲) **روش‌های نوین طراحی مبتنی بر بهینه‌سازی:** با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه نرم‌افزار و همچنین الگوریتم‌های هوشمند، با استفاده از روش‌های فوق می‌توان ملزومات به‌دست‌آمده از محاسبات الکتریکی و همچنین انتخاب آرایش بهینه را در طراحی وارد نمود. در گزارش تدوین درخت فناوری، توسعه فن‌آوری پروژه «طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری شبکه برق ایران» [۲] به معرفی بیش از ۲۰ نرم‌افزار مختص سیستم‌های توزیع پرداخته شده و قابلیت‌های آن‌ها بررسی می‌گردد. در ذیل خلاصه‌ای از قابلیت‌های چند نمونه از این نرم‌افزارها آورده شده است.

• **CYME:** نرم‌افزار CYME در زمینه‌ی شبکه‌های توزیع دارای واحد محاسباتی CYMDIST می‌باشد. نرم‌افزار CYMDIST شامل تحلیل‌های مورد نیاز برای سیستم‌های متعادل و نامتعادل سه، دو و تک فاز با ساختارهای شعاعی، حلقوی و یا مش می‌باشد [۳].

• **DIgSILENT:** مدل‌سازی سیستم‌های چندفازی در شبکه‌های توزیع مش و شعاعی و همچنین سیستم‌های تغذیه‌ی ریلی متصل به شبکه‌ی توزیع در DIgSILENT PowerFactory انجام شده است. به منظور کاهش عدم تعادل، بهبود کیفیت توان و بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع، PowerFactory عملیاتی از قبیل تحلیل پخش بار چندفازی، تحلیل اتصال کوتاه مطابق با استانداردهای IEC60909، ANSI C37 و تحلیل چند خطایی، تحلیل هارمونیک، شبیه‌سازی زمانی و ارزیابی قابلیت اطمینان را ارائه می‌دهد. علاوه بر این‌ها، مدل‌سازی تولیدات پراکنده و نیروگاه‌های مجازی، تحلیل افت ولتاژ، محاسبات بارگذاری شاخه‌ها، منحنی‌های روزانه‌ی بار و در نظر گرفتن تنوع بار سمت LV و هماهنگی حفاظتی از سایر ویژگی‌های این نرم‌افزار در بخش توزیع می‌باشد [۴].

● **GE Energy (PSLF):** نرم‌افزار GE Energy در زمینه‌ی شبکه‌های توزیع دارای واحد محاسباتی GE's PowerOn Advantage می‌باشد. این نرم‌افزار یک نرم‌افزار مدیریت پیشرفته‌ی سیستم توزیع (ADMS)<sup>۱</sup> است که امکان بهینه‌سازی و کنترل فعال شبکه را فراهم می‌آورد. طراحی مناسب این نرم‌افزار، امکان انعطاف پذیری در انتخاب عملکردهای DMS<sup>۲</sup> یا OMS<sup>۳</sup> به طور جداگانه و یا عملکرد جامع ADMS را فراهم نموده است [۵].

● **Nexant:** نرم‌افزار Nexant در زمینه‌ی شبکه‌های توزیع دارای واحد محاسباتی Distribution Manager است. این نرم‌افزار، یک ابزار پیشرفته برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی است که به برنامه‌ریزی و بهره‌برداری کمک می‌کند. از روش‌های پیشرفته‌ی تخمین حالت به جهت تعیین توپولوژی، تعیین خطاهای پارامتر و SCADA برای ارائه‌ی مدل دقیقی از شبکه که مورد نیاز در مدل‌سازی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی است، استفاده می‌کند. معادل گره‌ها را تولید کرده تا این مجموعه گره‌های کاهش یافته را برای محاسبات تخمین حالت به کار برد [۶].

● **Siemens PTI (PSS SINCAL):** Siemens PTI دارای یک بسته‌ی نرم‌افزاری با نام PSS SINCAL برای برنامه‌ریزی سیستم قدرت در زمینه‌های تولید، انتقال، توزیع و شبکه‌های صنعتی می‌باشد. این نرم‌افزار مدل سیستم قدرت نامتعادل را برای شبکه‌های فشار ضعیف، متوسط و قوی ارائه می‌دهد. بنابراین در زمینه‌ی برنامه‌ریزی سیستم‌های توزیع می‌توان از این نرم‌افزار استفاده نمود [۷].

● **OpenDSS:** OpenDSS یک نرم‌افزار opensource طراحی شده توسط EPRI در زمینه‌ی شبکه‌های توزیع می‌باشد که به شبیه‌سازی سیستم‌های توزیع با در نظر گرفتن اتصال منابع تولید پراکنده و مدرنیزه کردن شبکه (شبکه‌های هوشمند) می‌پردازد. تمامی تحلیل‌های حالت ماندگار (حوزه‌ی فرکانس و نه حوزه‌ی زمانی) در سیستم‌های توزیع همچون پخش بار، تحلیل هارمونیک و محاسبات خطا، دینامیک و تمامی تحلیل‌های مورد

<sup>1</sup> -Advanced Distribution Management System

<sup>2</sup> -Distribution Management System

<sup>3</sup> -Outage Management System

نیاز برنامه‌ریزی سیستم‌های توزیع در این نرم‌افزار انجام می‌گیرد. علاوه بر این‌ها، این نرم‌افزار از تحلیل‌های جدید مورد نیاز در آینده نیز پشتیبانی می‌کند. بسیاری از این نیازها به دلیل تجدید ساختار شرکت‌های برق آمریکا و شکل‌گیری شرکت‌های توزیع در سراسر جهان ایجاد شده است. بسیاری از قابلیت‌های این نرم‌افزار، ناشی از تحلیل‌های مورد نیاز تولیدات پراکنده بوده است [۹۸].

### ۱-۲-۲- بانک‌های اطلاعاتی

جهت رسیدن به نقطه ایده آل در طراحی شبکه‌های توزیع می‌بایست محدودیت‌های موجود در سیستم (نظیر سطح ولتاژ شبکه، ساختار شبکه، میزان اتصال کوتاه، افت ولتاژها و میزان و موقعیت بارها و انواع هادی‌ها، نوع آرایش شبکه، مکان پست‌ها و ...) را در نظر بگیریم. بنابراین به‌منظور توسعه پایدار در شبکه و شناسایی نقاط قوت و ضعف آن و در جهت ارائه طرح‌های جدید و توسعه شبکه بر اساس محاسبات مهندسی توزیع در شبکه توزیع نیاز به پیاده‌سازی یک سیستم جامع برای ذخیره‌سازی و مدیریت اطلاعات هست.

### ۱-۲-۲-۱- نرم‌افزارها و قابلیت محاسباتی بر مبنای پایگاه داده

نرم‌افزارهای پشتیبانی‌کننده بانک اطلاعاتی شبکه از قبیل نرم‌افزار GIS علاوه بر اینکه حاوی اطلاعات مکانی و توصیفی در شبکه توزیع هستند، به‌عنوان مجموعه‌ای جامع از اطلاعات شبکه، می‌تواند در سطوح مختلف طراحی و توسعه شبکه توزیع به‌صورت جدا و یا لینک با سایر نرم‌افزارهای قدرت بکار آید و به طراحی شبکه کمک کند.

برای اجرای درست هر طرح مرتبط با طراحی شبکه توزیع، باید اطلاعات جامعی از شبکه شامل اطلاعات استاتیکی (مثل اطلاعات خطوط و پست‌ها، اطلاعات جغرافیایی منطقه و...) و دینامیکی (توان مصرف‌کنندگان در ساعات مختلف، تغییرات ولتاژ شبکه و...) در یک پایگاه داده در دست باشد. ایجاد این پایگاه داده نیاز به شبکه‌ی وسیعی دارد که نهادهای مرتبط در صنعت برق باید آن را ایجاد کنند تا با اتصال به مدیریت‌های مربوط به شبکه توزیع کلانشهرها اطلاعات موردنیاز را دریافت کند. برخی از قابلیت‌های کلی پایگاه داده شبکه توزیع به شرح زیر می‌باشند:

↳ قابلیت اتوماسیون امور مربوط به فرآیند ثبت و نگهداری اطلاعات شبکه

↳ توان ایجاد ارتباط با نرم‌افزارهای قدرت شامل DIgSILENT و PSS/E, SINCAL

↳ توان نگهداری، دسته‌بندی، کنترل، به‌روزرسانی و جمع‌بندی اطلاعات

↳ امکان تهیه گزارش‌های متنوع از اطلاعات به‌روزرسانی شده

↳ امکان انجام تحلیل‌های آماری

↳ امکان دسترسی لحظه‌ای به بانک اطلاعاتی

↳ تهیه اطلاعات ورودی جهت پردازش در نرم‌افزارهای قدرت شامل DIgSILENT و PSS/E, SINCAL

با توجه به قابلیت‌های ذکرشده برای نرم‌افزارها و محاسبات انجام‌شده بر مبنای پایگاه داده، می‌توان به اهمیت توسعه

فناوری فوق در راستای بهبود شبکه توزیع کلانشهرها از منظر طراحی و بهره‌برداری پی‌برد.

### ۱-۲-۲-۲-مدل مفهومی بانک‌های اطلاعاتی

پیچیدگی شبکه توزیع برق در کلانشهرها، تعداد زیاد تجهیزات شبکه مذکور و نیز تغییرات سریع اطلاعات اجزای شبکه، مدیریت شبکه‌های فوق را با مشکل مواجه ساخته است. مدیران و کارشناسان شرکت‌های توزیع برق نیازمند استفاده از علوم و تکنولوژی‌های نوین جهت طراحی، مدیریت و نگهداری شبکه توزیع برق هستند. با توجه به ماهیت مکانی عوارض شبکه توزیع برق، به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان علم و فناوری مدیریت بهینه اطلاعات مکان مرجع، می‌تواند در انجام بهینه فعالیت‌های توزیع برق، مدیران و کارشناسان توزیع برق را یاری نماید. درحال حاضر مدل مفهومی و استاندارد پایگاه اطلاعات جغرافیایی صنعت برق در بخش انتقال و فوق توزیع تدوین گردیده است. همچنین به‌منظور ایجاد یک زیر ساختار اطلاعاتی و سیستمی مناسب در شرکت‌های توزیع برق، اقداماتی در راستای تعریف فاز مطالعاتی طرح GIS صنعت برق در بخش توزیع، در مراکز دانشگاهی و صنعتی صورت گرفته است. هدف از فاز مطالعاتی طرح سیستم اطلاعات جغرافیایی صنعت برق در بخش توزیع، تهیه زیرساختارهای اطلاعات مکانی GIS توزیع برق یعنی تعیین نیازمندی‌های کاربران، مدل مفهومی، استاندارد پایگاه اطلاعات جغرافیایی، مجموعه دستورالعمل‌ها، انتخاب محیط و مشخصات فنی فاز اجرایی طرح هست.

جدا از اهمیت ایجاد مدل مفهومی برای بانک‌های اطلاعاتی، به‌روزرسانی مدل‌های تعریف‌شده با توجه به تغییراتی که در تجهیزات شبکه رخ می‌دهد، امری اجتناب‌ناپذیر است. برای نمونه در آخرین مدل مفهومی ارائه‌شده توسط شرکت توانیر برای مدل مفهومی شبکه‌های توزیع، از مدل مفهومی جاری، به‌عنوان مبنای "ساختار داده استاندارد" مورداستفاده در شرکت‌های توزیع یادشده است. این مدل مفهومی با توجه به بازنگری‌های دقیق بر روی مدل گذشته تهیه‌شده است و تغییرات ایجادشده

در این مدل تا حد زیادی جامع‌تر از مدل پیشین بوده و آن مدل را پوشش خواهد داد. لایه‌های موردنیاز شرکت‌های توزیع که در مدل‌های گذشته وجود نداشته‌اند نیز به این مدل افزوده شده‌اند.

### ۱-۳- حوزه پست

پست توزیع، ایستگاهی فرعی است که در مسیر شبکه الکتریکی قرار می‌گیرد و ولتاژ را به وسیله ترانسفورماتور به مقادیر پایین‌تر تغییر می‌دهد. وظیفه یک پست توزیع تحویل گرفتن توان از شبکه بالادست و تحویل آن به سیستم توزیع است. از نظر اقتصادی و ایمنی وصل مصرف‌کننده‌ها به‌طور مستقیم به شبکه انتقال و فوق توزیع به‌صرفه نیست بنابراین پست توزیع ولتاژ را تا میزانی مناسب برای مصرف‌کننده‌ها کاهش می‌دهد. گذشته از تغییر ولتاژ، وظیفه پست توزیع ایزوله کردن هر یک از شبکه‌های توزیع یا انتقال از خط‌های رخ داده در دیگری است. پست‌های توزیع ممکن است وظیفه تنظیم ولتاژ را نیز بر عهده داشته باشند، البته در مسیرهای توزیع طولانی (چندین کیلومتر) تجهیزات تنظیم ولتاژ در طول خط نصب می‌شوند.

به‌طور کلی پست‌های قدرت را به چهار شکل زیر تقسیم می‌کنند:

↳ بر اساس سطح ولتاژ. پست‌های قدرت در سطوح مختلف ولتاژ AC شامل فوق فشار قوی، فشار قوی، فشار متوسط، فشار ضعیف ساخته می‌شوند. پست‌های HVDC نوع دیگر پست‌های قدرت است. در شبکه‌های توزیع پست‌ها از نوع AC فشار متوسط و فشار ضعیف می‌باشند.

↳ بر اساس فضای نصب (فضای باز و فضای بسته). در انتخاب محل نصب پست الکتریکی باید به عوامل مختلفی توجه کرد. برای انتخاب محل مناسب باید به امکان دسترسی به پست برای انجام عملیات تعمیر یا نگهداری توجه کافی داشت. در منطقی که قیمت زمین بالا است (مانند مناطق شهری) استفاده از تجهیزات کوچک بسیار پراهمیت است. محل باید دارای اتاقی اضافه برای امکان توسعه پست باشد تا در صورت نیاز بتوان تجهیزات جدیدی را در آن نصب کرد. تاثیر محیطی بر کار پست نیز باید در موقع طراحی مورد توجه قرار گیرد. ملاحظات مربوط به سیستم زمین و افزایش پتانسیل باید مورد محاسبه قرار گیرد تا با استانداردها مغایرت نداشته باشد.

↳ بر اساس نوع عایق‌بندی. از منظر نوع عایق‌بندی به دودسته پست‌های معمولی و پست‌های با عایق‌گازی (GIS) تقسیم می‌شوند. در پست‌هایی معمولی هادی‌های فازها در معرض هوا قرار دارند و عایق بین آن‌ها هوا می‌باشند و تجهیزات برقرار و هادی‌ها به‌وسیله مقره‌هایی که بر روی پایه‌ها و استراکچرهای فولادی قرار دارند نصب می‌شوند



این پست‌ها در فضای آزاد قرار دارند در نتیجه عملکرد آن‌ها تابع شرایط جوی هست. در پست‌های GIS بجای استفاده از عایق‌های چینی و شیشه‌ای p.v.c از گاز هگزا فلئوئور سولفور (SF6) به عنوان عایق استفاده می‌شود این گاز نقاط برقدار را نسبت به یکدیگر و نسبت به زمین ایزوله می‌کند. در این نوع پست‌ها کلیه تجهیزات درون محفظه قرار دارند و طوری طراحی شده‌اند که گاز به بیرون نشت نکند از محاسن این پست‌ها اشغال فضای کم هست و چون در فضای بسته قرار دارند تابع شرایط جوی نمی‌باشند و از معایب آن‌ها به دلیل تکنولوژی بالای که دارند تعمیر و نگهداری آن‌ها مشکل است.

↪ براساس کاربرد، پست‌های قدرت با توجه به موقعیتی که در شبکه قدرت دارند، دارای کاربردهای مختلفی هستند. مثل: پست‌های کاهنده، پست‌های شبکه اولیه، پست‌های ثانویه، پست‌های توزیع، پست‌های صنعتی، پست‌های سیار و ...

### ۱-۳-۱ - پست کمپکت

طبق استاندارد IEC62271-202 پست پیش‌ساخته کمپکت به مجموعه‌ای شامل ترانسفورماتور توزیع، تابلوی فشار متوسط، تابلوی فشار ضعیف و کلیه اتصالات و تجهیزات حفاظتی مرتبط با آن‌ها اطلاق می‌شود. کلیه تجهیزات مجموعه آزمون‌های نوعی مربوطه را گذرانده‌اند. این مجموعه همگی در یک محفظه قرار گرفته و وظیفه تأمین ولتاژ فشار ضعیف قابل استفاده برای مصرف‌کننده را از ولتاژ فشار قوی شبکه بر عهده دارند [۱۰].

افزایش روزافزون مشترکین برق از یک سو و مشکلات تخصیص زمین برای گسترش شبکه از سوی دیگر گرایش به استفاده از تجهیزات فشرده را افزایش داده است. پست پیش‌ساخته کمپکت نیز در راستای این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه کاربردهای متنوعی برای پست‌های پیش‌ساخته کمپکت در شبکه توزیع وجود دارد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

↪ کاربرد به صورت پست‌های عمومی، اختصاصی و انحصاری

↪ پست‌های پیش‌ساخته کمپکت با ترانسفورماتورهای نوع خشک رزینی به دلیل ایمنی و عدم اشتعال جهت استفاده در پروژه‌های نفت، گاز، پتروشیمی، تلمبه‌خانه‌ها و ایستگاه‌های CNG کاملاً مناسب هستند.

↪ برق‌رسانی اضطراری در حوادث غیرمترقبه نظیر سیل، زلزله و ...

↪ قابل استفاده برای انبوه‌سازان جهت نصب در پشت‌بام، بین طبقات و یا زیرزمین ساختمان‌های بلندمرتبه و شرکت‌های

ساختمانی

↪ قابل استفاده در ایستگاه‌ها و اردوگاه‌های بین‌راهی، ایستگاه‌های رادیویی و مخابراتی...

↪ مناسب جهت استفاده پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی، راه‌سازی، احداث تونل و...

↪ قابل نصب در کارخانه‌ها و مراکز صنعتی

↪ قابل نصب در نیروگاه‌های بادی، فرودگاه و مترو

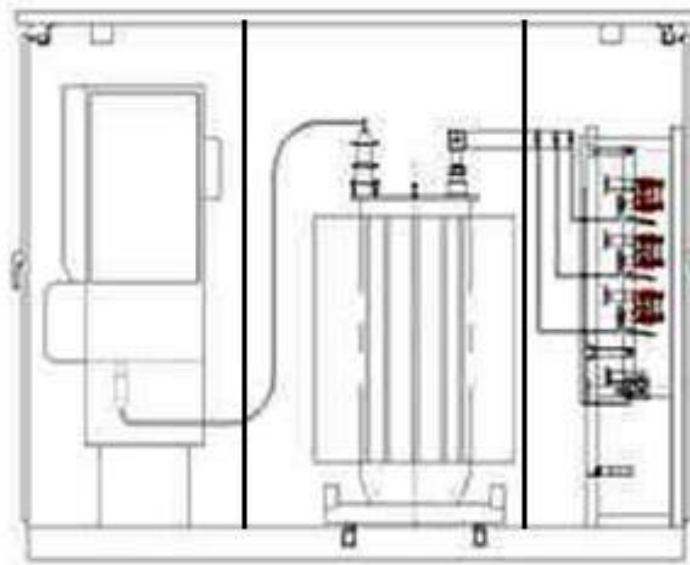
↪ قابل نصب در اماکن عمومی

↪ در شکل‌های (۱-۲، ۱-۳ و ۱-۴) یک نمونه پست پیش‌ساخته کمپکت فلزی به همراه نمای داخلی پست و شکل

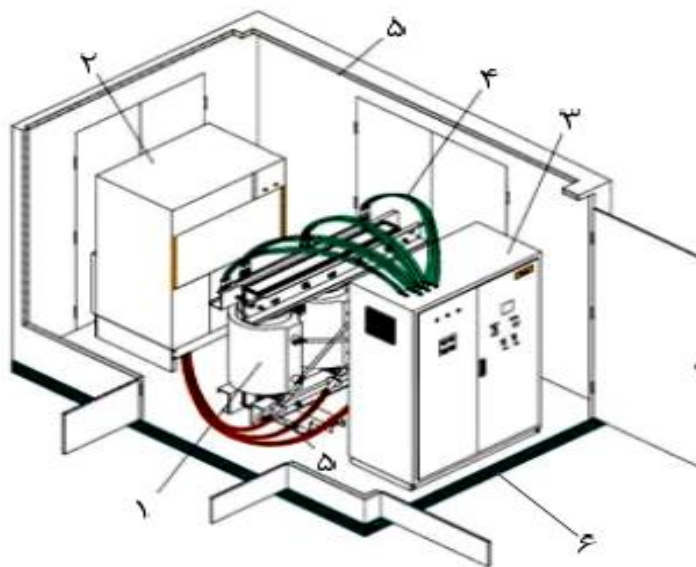
شماتیک آن نشان داده شده است.



شکل (۱-۲): یک نمونه پست پیش‌ساخته کمپکت فلزی



شکل (۱-۳): نمای داخلی پست



شکل (۱-۴): شماتیک پست پیش ساخته کمپکت

۱- ترانسفورماتور توزیع

۲- تابلوی فشار متوسط

۳- تابلوی فشار ضعیف

۴- اتصالات تابلوهای فشار متوسط و فشار

ضعیف به ترانسفورماتور

۵- محفظه اصلی پست

۶- شاسی کف پست

۷- پارتیشن‌های جداکننده

انواع متداول پست‌های پیش ساخته کمپکت به سه شکل زیر می‌باشند:

↳ پست موبایل: نوعی پست پیش ساخته کمپکت است که با توجه به عدم ضرورت راه اندازی یک پست، برای برقراردار

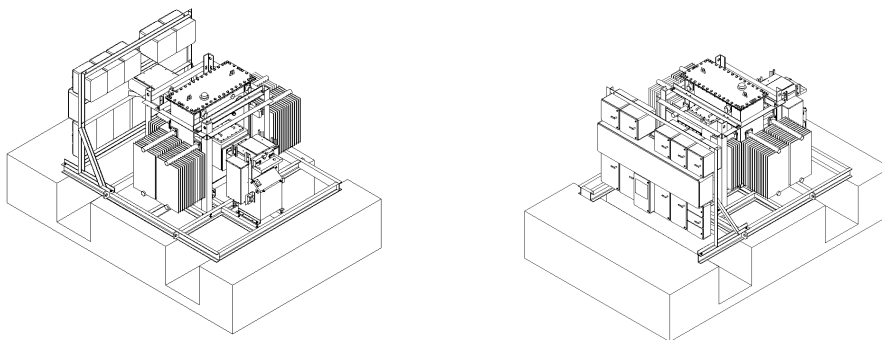
کردن موقت تاسیسات مورد استفاده قرار می‌گیرد و پس از به اتمام رسیدن عملیات ساخت پست، در صورت لزوم

می‌توان آن را به‌آسانی به محل دیگری جابجا نمود. در مورد برقدار کردن بارهای موقت نیز، این پست‌ها مزیت قابل توجهی را دارا می‌باشند. در شکل (۱-۵) یک نمونه پست موبایل نشان داده شده است.



شکل (۱-۵): نمونه‌ای از پست موبایل

پست‌های یونیت: پست یونیت مورد استفاده مناطق نفتی مختلف ایران هست و به پست‌هایی اطلاق می‌شود که اتاقک ندارند و در هوای آزاد نصب شده، درجه حفاظت تابلوهای فشار ضعیف و متوسط آن IP43 یا IP54 هست. در شکل (۱-۶) یک نمونه پست یونیت نشان داده شده است.



شکل (۱-۶): نمونه‌ای از پست یونیت

پست‌های پدمانتند: پست پدمانتند نمونه‌ای از پست‌های پیش‌ساخته کمپکت است که در آن مجموعه‌ای از لوازم برقی در داخل پوششی که می‌تواند همان پوشش ترانسفورماتور نیز باشد قرار گرفته و یا به صورت مدولار بهم متصل می‌شوند. این نوع پست‌ها در تماس با عابرین و مردم عادی از حفاظت کمتری برخوردار می‌باشند و فقط توسط افراد مجاز قابل دسترسی می‌باشند. در شکل (۷-۱) یک نمونه پست پدمانتند نشان داده شده است.



شکل (۷-۱): نمونه‌ای از پست پدمانتند

### ۱-۳-۲- پست‌های زیرزمینی

همان‌طور که گفته شد طراحی و توسعه شبکه برق کلانشهرها با محدودیت فضای لازم برای احداث خطوط و پست‌ها مواجه است. یکی از روش‌های غلبه بر محدودیت فوق، استفاده از پست‌های زیرزمینی است به نحوی که پست کارایی پست‌های متعارف را داشته باشد. با استفاده از پست‌های زیرزمینی می‌توان فضای استفاده‌شده در سطح زمین برای احداث پست را به حداقل رساند و از سطح زمین برای اهداف دیگر استفاده کرد. در شکل (۸-۱) یک پست زیرزمینی نشان داده شده است.

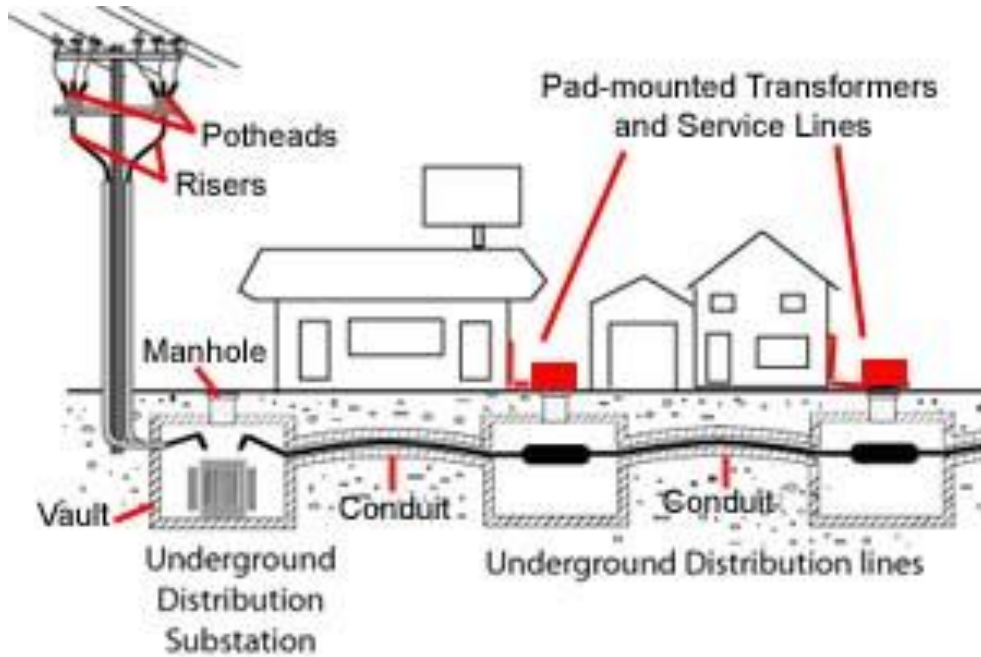


شکل (۱-۸): نمایی از پست زیرزمینی

با استفاده از پست‌های زیرزمینی در حدود ۸۰ درصد از فضای موردنیاز برای نصب تجهیزات پست در زیرزمین قرار می‌گیرد و تنها کانال‌های خنک‌کننده و مسیر دسترسی به داخل پست بر روی سطح زمین قرار می‌گیرند. همچنین، با استفاده از پست‌های زیرزمینی می‌توان شبکه فشار قوی را مستقیماً به مرکز کلانشهرها وارد کرد بدون اینکه محیط متوجه خطری شود و یا مشکلات مرتبط با احداث پست‌ها بر روی سطح زمین به وجود آیند.

### ۱-۲-۳-۱- پست‌های توزیع زیرزمینی

همان‌طور که قبلاً گفته شد در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. استفاده از پست‌های زیرزمینی در نزدیکی مصرف‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین راه‌حل‌ها هست. از دیگر مزایای پست‌های زیرزمینی در کلانشهرها، استقامت آن‌ها در برابر حوادث طبیعی مثل طوفان هست. در شکل (۱-۹) نمایی از یک پست توزیع زیرزمینی نشان داده شده است.



شکل (۹-۱): نمایی از پست توزیع زیرزمینی

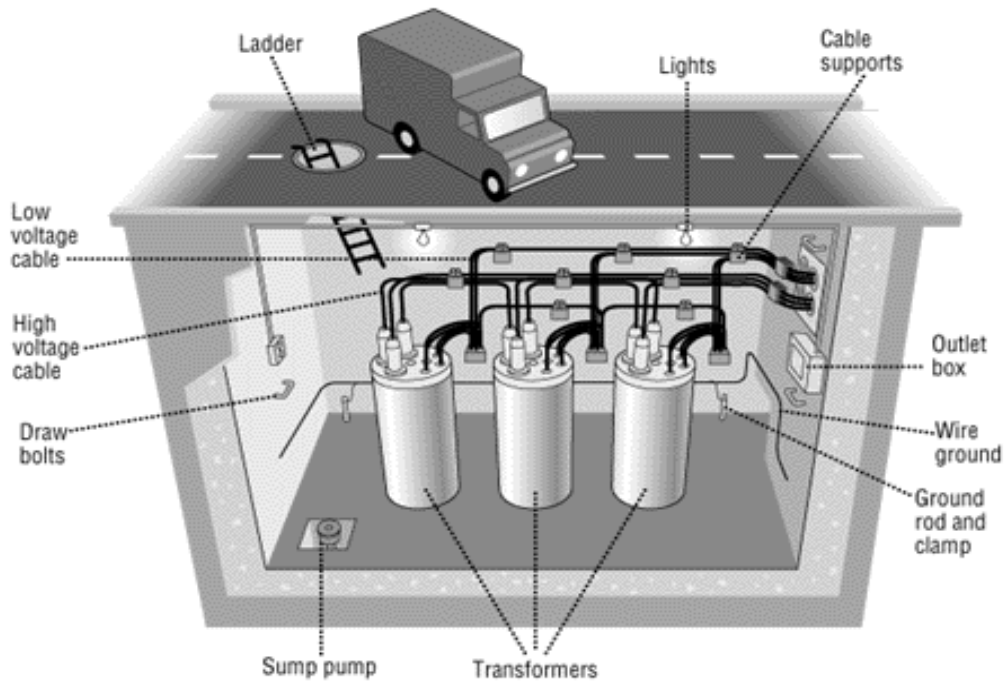
همان‌طور که در شکل (۹-۱) هم نشان داده شده است، یک پست توزیع زیرزمینی توزیع از بخش‌های زیر تشکیل شده است.

↳ دریچه آدم‌رو<sup>۱</sup>: ورودی به محفظه ترانسفورماتور هست که برای انجام تست‌های مربوطه و بررسی اتصالات از آن استفاده می‌شود.

↳ محفظة ترانسفورماتور<sup>۲</sup>: ساختمان یا اتاقی که در آن تجهیزاتی شامل ترانسفورماتور، تنظیم‌کننده ولتاژ، کلید قدرت و ... قرار می‌گیرد (شکل (۱۰-۱)).

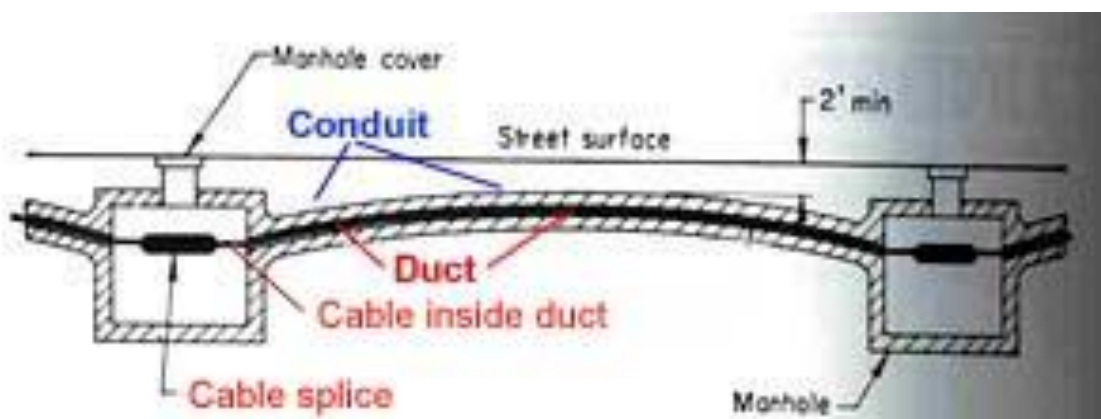
<sup>۱</sup> - Manhole

<sup>۲</sup> - Transformer vault



شکل (۱-۱۰): نمایی از محفظه‌ی ترانسفورماتور

مسیر کاندویت<sup>۱</sup>: از کاندویت‌ها برای ایجاد ارتباط از یک دریچه آدم‌رو به دریچه دیگر استفاده می‌شود. مسیر کاندویت ممکن است از چند کاندویت تشکیل شده باشد. همان‌طور که در شکل (۱-۱۱) نشان داده شده است کابل‌ها از طریق مسیرهای فوق منتقل می‌شوند.

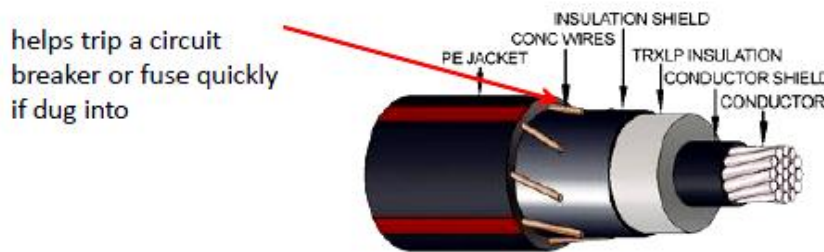


شکل (۱-۱۱): مسیر کاندویت بین دو دریچه آدم‌رو

<sup>۱</sup> - Conduit



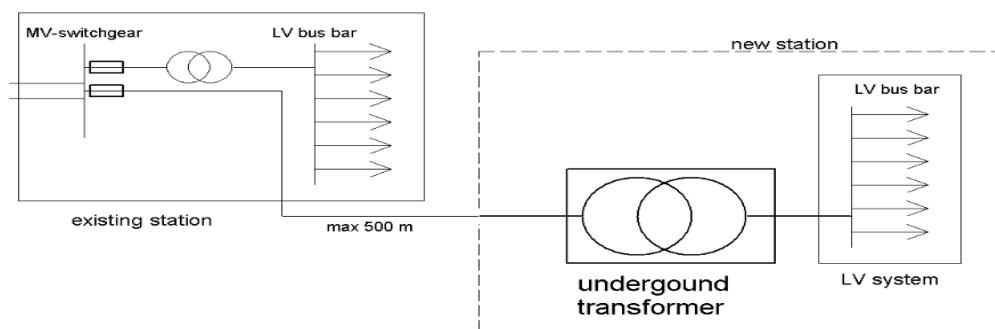
کابل زیرزمینی: یکی از مهم‌ترین قسمت‌های هر سیستم زیرزمینی کابل‌ها هست. از انواع مختلف کابل‌ها می‌توان برای پست‌های زیرزمینی استفاده کرد. هادی مرکز کابل معمولاً از جنس مس و آلومینیوم هست و پوشش بیرونی آن از جنس موادی چون پلی‌اتیلن،<sup>۱</sup> PVC و ... هست (شکل (۱-۱۲)).



شکل (۱-۱۲): ساختمان کابل زیرزمینی

### ۱-۳-۲-۲- پست کاملاً زیرزمینی

در این نوع پست زیرزمینی درجه آدمرو و کانال تهویه هوا وجود ندارد و تجهیزات پست کاملاً زیرزمین دفن شده‌اند. تفاوت اصلی این نوع با پست‌های زیرزمینی مرسوم در عدم وجود تابلو برق فشار متوسط است. همان‌طور که در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده است در پست کاملاً زیرزمینی ورودی ترانس از طریق کابل‌های زیرزمینی تامین می‌شود که به تابلوهای برق فشار متوسط دیگر پست‌های شبکه متصل است [۱۱].



شکل (۱-۱۳): شماتیک پست کاملاً زیرزمینی

<sup>۱</sup> - polyvinyl chloride

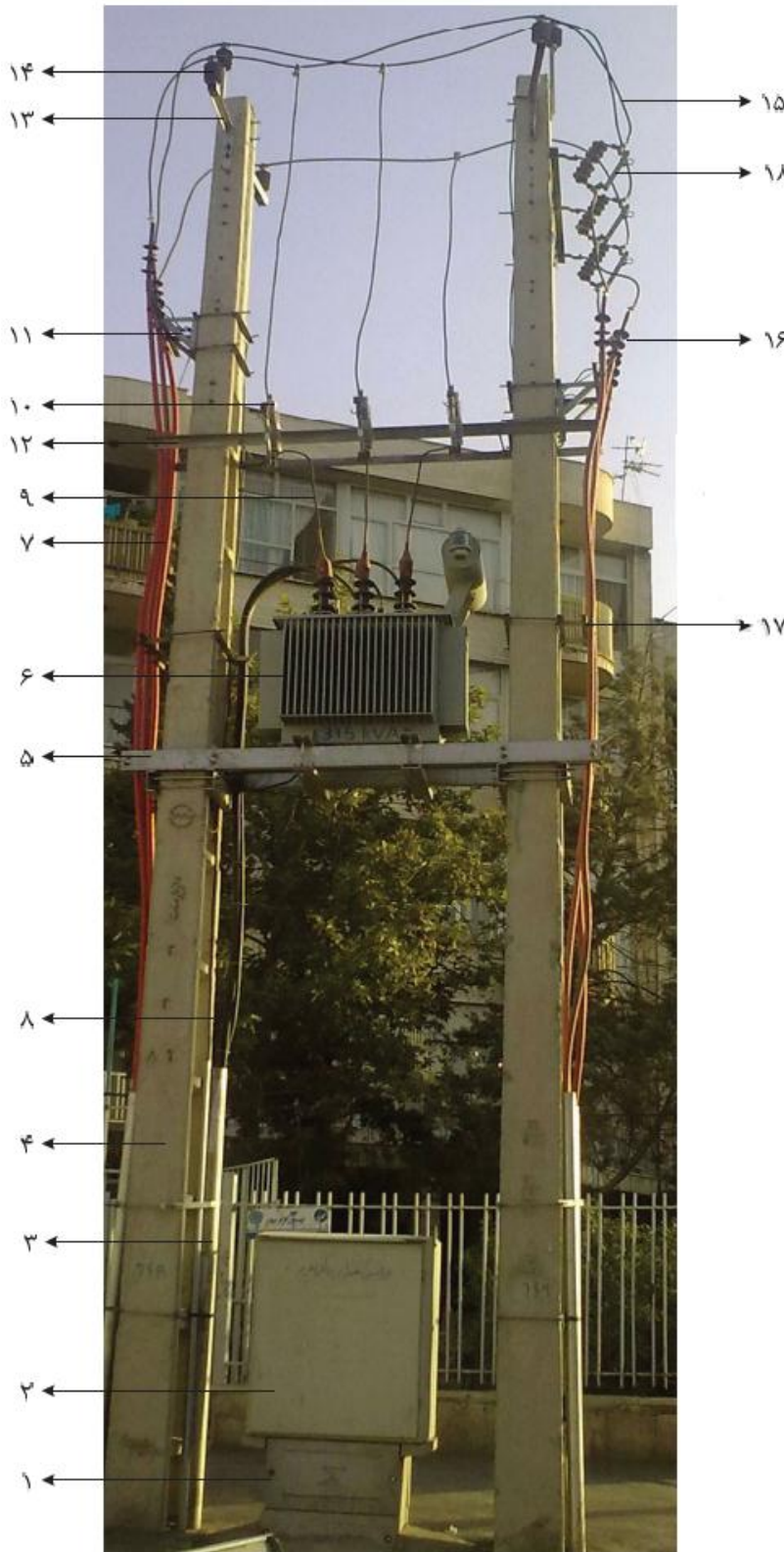
استفاده از این نوع پست مستلزم انجام آزمایش‌ها و مطالعات دقیق مثل بررسی وضعیت خاک منطقه، آزمایش‌های گرمایی و... هست. در مجموع استفاده از این نوع پست‌ها در مقایسه با پست‌های دیگر پرهزینه‌تر است و فقط برای مناطق خاص بایستی مورد استفاده قرار گیرند.

### ۱-۳-۳- پست هوایی

پست هوایی مجموعه‌ای از تجهیزات مشتمل بر ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات اوت فیوز، برقگیر و ... است که در هوای آزاد و بر روی پایه نصب می‌گردد. پست‌های هوایی به فیدرهای فشار متوسط متصل می‌شود و ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت فشار متوسط را به ولتاژ مصرف کاهش می‌دهند [۱۲].

چنانچه افزایش نصب پست هوایی باعث گسترش بهینه شبکه‌های فشار متوسط شود می‌تواند مزایایی از قبیل کاهش اقتصادی تلفات، رفع مشکل ناشی از عدم تعادل جریان در فیدرهای فشار ضعیف طولانی، کاهش چشمگیر هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری فیدرهای فشار ضعیف، افزایش کیفیت برق با جداسازی مشترکین، رفع مشکلات افت ولتاژ در فیدرهای فشار ضعیف طولانی و کاهش انتشار اختلالات را داشته باشد. البته استفاده مناسب از شبکه فشار ضعیف نیز مزایایی از جمله رفع مشکلات حریم موجود در شبکه‌های فشار متوسط، افزایش قابلیت اطمینان شبکه از طریق امکان انجام مانور در سطح فشار ضعیف، افزایش ضریب بهره‌برداری ترانسفورماتورهای شبکه از طریق ایجاد پوشش موثر در ناحیه سرویس‌دهی ترانسفورماتور، افزایش زیبایی شهری از طریق کاهش تعداد ترانسفورماتورهای منصوبه و پایین بودن هزینه‌های احداث در مقایسه با شبکه‌های فشار متوسط را در بر دارد.

پست‌های هوایی به‌طور معمول در محدوده‌ی حاشیه بزرگراه‌ها، اتوبان‌های کمربندی و مبادی ورودی شهر و در درون شهرک‌های مسکونی حاشیه‌ای و خیابان‌های با عرض بیشتر از ۱۲ متر نصب می‌گردند. در شکل (۱-۱۴) شماتیک یک پست هوایی نصب‌شده بر روی شبکه فشار متوسط زمینی نشان داده شده است:



- ۱- سکوی بتنی پیش ساخته
- ۲- تابلو فشار ضعیف
- ۳- لوله متناسب با قطعه کابل
- ۴- پایه بتونی ۱۲ متری
- ۵- سکوی ترانسفورماتور
- ۶- ترانسفورماتور
- ۷- کابل ارتباط ترانس به تابلو
- ۸- کابل مسی به مقطع ۱×۵۰
- ۹- سیم مسی روکش دار نمره ۵
- ۱۰- کات اوت فیوز
- ۱۱- سکوی سرکابل غیر روغنی
- ۱۲- سکوی کات اوت فیوز- برقگیر
- ۱۳- کنسول ۹۰ درجه
- ۱۴- مقره سوزنی
- ۱۵- هادی آلومینیوم - فولاد
- ۱۶- سرکابل حرارتی
- ۱۷- نگهدارنده کابل
- ۱۸- تیغه جداساز هوایی

شکل (۱-۱۴): شماتیک پست هوایی

### ۱-۳-۳-۱- پست هوایی<sup>۱</sup> RMU

پست هوایی با تابلوی RMU (واحد اصلی رینگ) به‌نوعی استفاده از ترکیب پست هوایی و شبکه زمینی است که ترانسفورماتور به‌صورت هوایی و تابلوی ۲۰ کیلوولت به‌صورت زمینی اجرا می‌گردد. در برخی از موارد که شبکه فشار متوسط، زمینی است جهت نصب انواع پست‌ها با محدودیت‌های زیر مواجه هستیم:

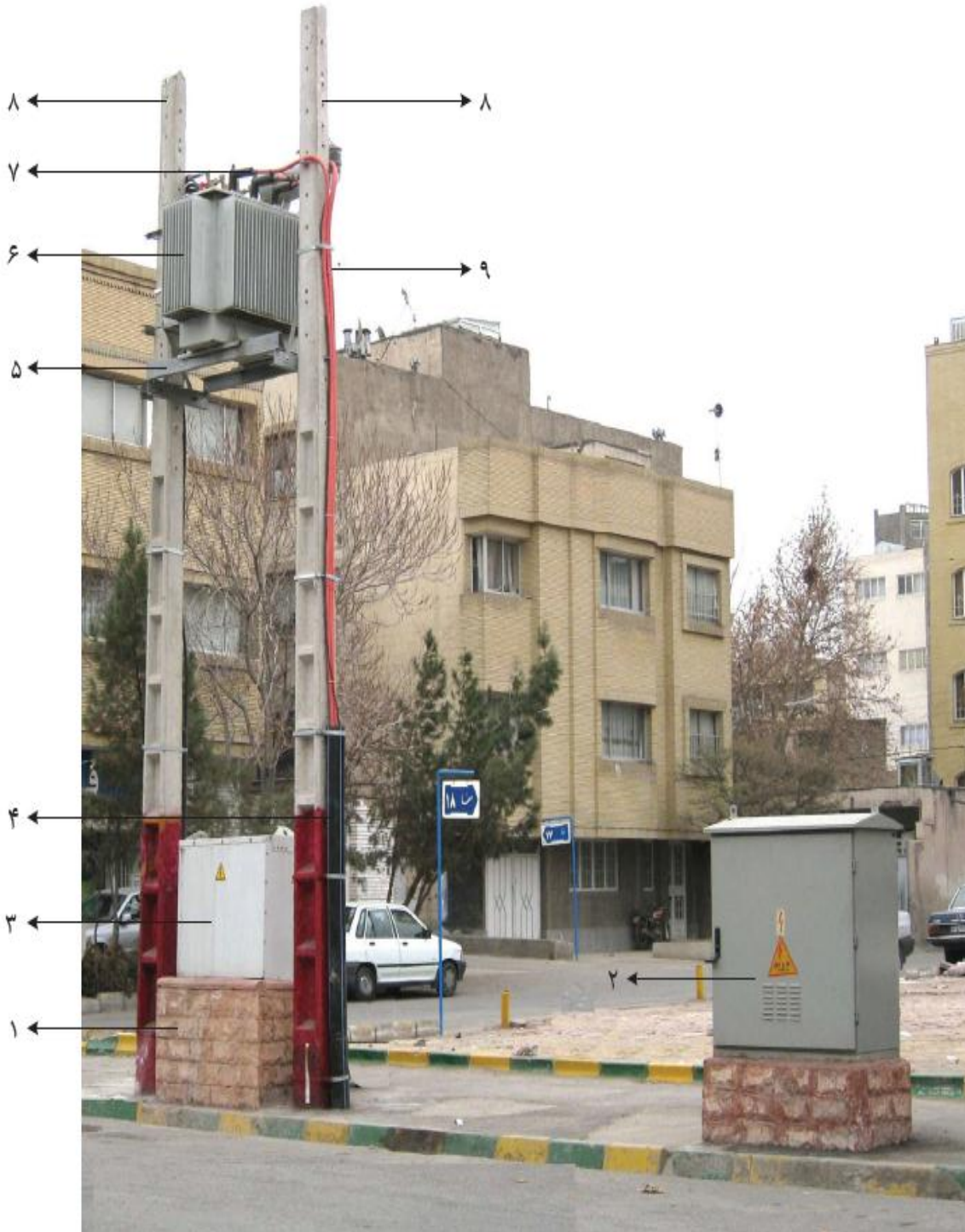
❖ امکان نصب پست‌های زمینی ساختمانی به دلیل عدم تصرف زمین و پست‌های کیوسک، پدمانتد و دفنی به دلیل عرض کم معبر و وجود تاسیسات زیاد در داخل زمین مقدور نیست.

❖ نصب پست هوایی معمولی در کنار خیابان‌ها یا معابر اصلی با موانعی از جمله عدم رعایت حریم شبکه فشار متوسط، عدم رعایت مبلمان شهری و زون‌بندی و ... مواجه است.

❖ در صورتی که احداث پست برای کاهش تلفات و رفع افت ولتاژ ضرورت داشته باشد برای رفع مشکلات می‌توان از ترانس هوایی با تابلوی فشار متوسط RMU استفاده نمود. ضمناً تابلوی فشار ضعیف این پست در مجاورت آن و در یک مکان مناسب نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

همچنین جهت جلوگیری از آسیب و ایجاد خطر در اثر برخورد وسایل نقلیه و سیلاب‌های سطحی و همچنین فرم‌دهی و رعایت شعاع خمش کابل‌های فشار متوسط تابلوی RMU بر روی سکوی آجرچینی شده با استحکام بالا و در ارتفاع ۰/۷ متر از سطح زمین نصب می‌گردند. نمونه‌ای از پست هوایی RMU در شکل (۱-۱۵) نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> - Ring Main Units



۳- تابلوی فشار ضعیف

۲- تابلوی RMU

۱- سکوی آجرچینی شده

۶- پست RMU

۵- سکوی ترانسفورماتور

۴- لوله

۹- متری، کابل تک رشته خشک

۸- پایه

۷- سرکابل چیقی

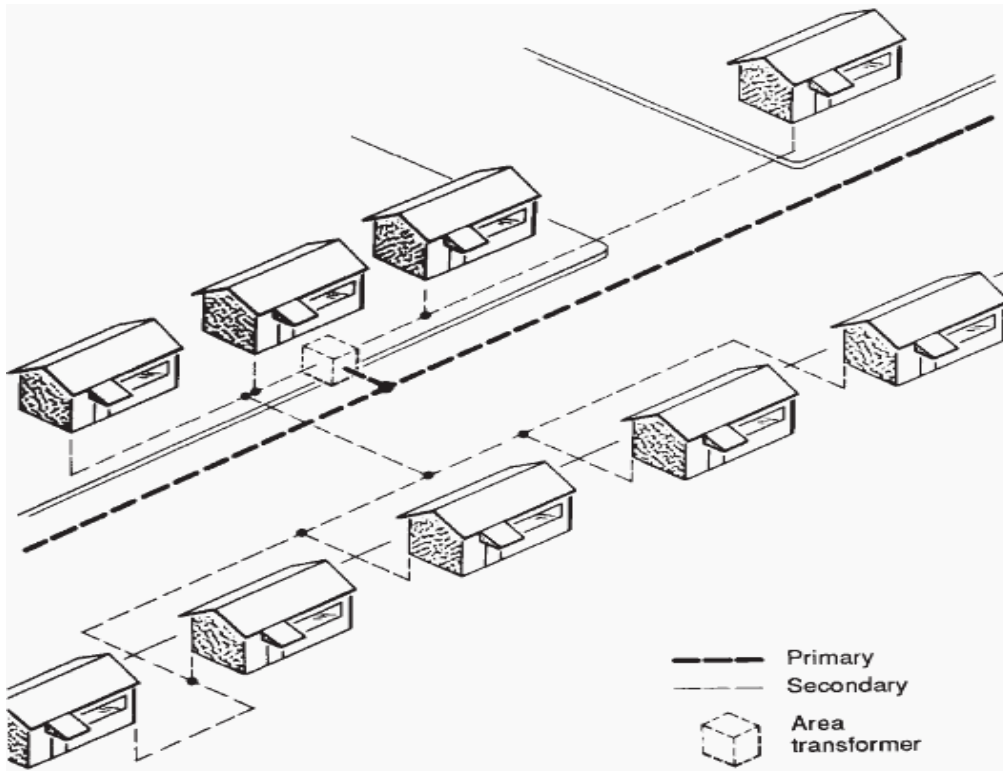
شکل (۱-۱۵): نمونه‌ای از پست هوایی RMU

## ۱-۴-۱- حوزه خط

نوع و ساختار شبکه‌های توزیع با توجه به عواملی از قبیل ویژگی‌های فنی، محیطی، طول و محدودیت‌های مسیر (شامل تراکم جمعیت، عوامل اقتصادی و زیبایی محیط) انتخاب می‌گردد. بر این اساس از نظر ساختاری، شبکه‌های توزیع به دودسته شامل شبکه‌های زمینی و هوایی تقسیم می‌شوند.

### ۱-۴-۱- شبکه‌های زمینی

بهره‌گیری از ساختار شبکه‌های زمینی (شکل (۱-۱۶)) در شبکه توزیع دارای مزایا و معایبی است که استفاده یا عدم استفاده از آن در مقایسه با شبکه‌های هوایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از جمله مهم‌ترین مزایای استفاده از شبکه‌های زمینی می‌توان به ایمنی بیشتر، زیباسازی محیط و... اشاره کرد. همچنین شبکه‌های زمینی دارای معایبی چون هزینه احداث بالا، دشواری عملیات عیب‌یابی و... می‌باشند.



شکل (۱-۱۶): شماتیکی از شبکه توزیع زمینی

## ۱-۴-۲- شبکه‌های هوایی

استفاده از ساختار شبکه‌های هوایی در سیستم توزیع انرژی الکتریکی نیز دارای مزایا و معایبی است. شبکه‌های هوایی از نظر ساختار به دودسته تقسیم می‌شوند:

☞ شبکه‌های هوایی با خطوط فاقد عایق (سیم‌های لخت): احداث این گونه شبکه‌ها از جمله متداول‌ترین روش‌ها در گذشته و حال بوده و در مقایسه با شبکه‌های زمینی به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

☞ شبکه‌های هوایی با خطوط عایق شده: به علت هزینه‌های زیاد احداث شبکه‌های زمینی و برخی از مشکلات اجرایی آن، استفاده از شبکه‌های توزیع نیروی برق با هادی‌های فاقد عایق (سیم‌های لخت) در شبکه توزیع کلانشهرها رایج بوده و بخش وسیعی از شبکه را به خود اختصاص داده است. اما شرکت‌های برق در کشورهای پیشرفته، به‌ویژه در طی سه دهه اخیر بهره‌گیری از انواع خطوط هوایی غیرلخت در شبکه‌های توزیع نیروی برق را انتخاب نموده و روند استفاده از این راهکار هم رویه رشد بوده است. این شبکه‌ها علاوه بر قابلیت اطمینان بالا، از لحاظ اقتصادی هم در مقایسه با شبکه‌های زمینی مقرون‌به‌صرفه می‌باشند. انواع خطوط هوایی غیرلخت عبارت‌اند از:

• خطوط هوایی با عایق روکش‌دار (CC<sup>۱</sup>)

• خطوط هوایی با هادی باروکش ضخیم (CCT<sup>۲</sup>)

• خطوط هوایی با کابل فاصله‌دار (ASC<sup>۳</sup>)

• خطوط هوایی با کابل خودنگهدار (ABC<sup>۴</sup>)

از انواع خطوط هوایی عایق‌دار، خطوط با هادی روکش‌دار و کابل‌های فاصله‌دار، فقط در شبکه‌های فشار متوسط و خطوط هوایی با کابل‌های خودنگهدار، هم در شبکه‌های فشار متوسط و هم در شبکه‌های فشار ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

<sup>1</sup> - Covered Conductor

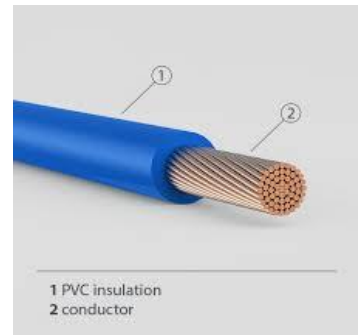
<sup>2</sup> - Covered Conductor Thick

<sup>3</sup> - Aerial Spacer Cable

<sup>4</sup> - Aerial Bundled Cable

### ۱-۴-۲-۱- خطوط هوایی با عایق روکش دار (CC) و (CCT)

از بین چهار مدل خطوط هوایی عایق شده ذکر شده، خطوط هوایی با هادی‌های روکش دار نوع CC و CCT شباهت بسیاری با یکدیگر دارند. عایق (روکش) در نوع CC برای تمام رده‌های ولتاژی فشار متوسط و سائزهای متفاوت سیم یکسان بوده و به صورت یک لایه از جنس پلی‌اتیلن کراس لینک (XLPE) اجرا می‌شود. در این نوع از خطوط، هادی‌ها با ضخامت معینی از مواد عایق پوشیده می‌شوند. قابل توجه اینکه روکش مورد استفاده در نوع CC به هیچ وجه نباید به عنوان عایق تلقی شود. در شکل (۱-۱۷) هادی روکش دار نوع CC نمایش داده شده است.



شکل (۱-۱۷): هادی روکش دار نوع CC

در صورتی که از این نوع خطوط در مکان‌های مشجر استفاده شود، بایستی قبل از روکش شدن، سطح هادی با یک لایه از جنس نیمه‌هادی پوشیده شود تا میدان‌های الکتریکی اطراف هادی یکنواخت شده و امکان ایجاد جریان نشتی فراهم نگردد. این هادی‌ها نسبت به خطاهای گذرا بین فازها و فاز به زمین نقش عایقی داشته و از قطع برق خطوط (ناشی از خطاهای گذرا) جلوگیری به عمل می‌آورند.

ولی عایق هادی‌های نوع CCT معمولاً به صورت دولایه هستند که لایه داخلی از جنس پلی‌اتیلن کراس لینک (XLPE) و لایه خارجی از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) ساخته می‌شوند. این هادی‌ها نسبت به خطاهای دائمی و مکرر بین فازها و فاز به زمین نقش عایقی داشته و از قطع برق (ناشی از خطاهای گذرا و دائمی) جلوگیری می‌نمایند. لایه خارجی عایق این نوع از هادی‌ها به رنگ مشکی بوده و در مقابل اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید از مقاومت بالایی برخوردار است. در شکل (۱-۱۸) هادی روکش دار نوع CCT نمایش داده شده است.





شکل (۱-۱۸): هادی روکش دار نوع CCT (مخصوص مناطق غیر مشجر)

توضیح اینکه چنانچه از این نوع خطوط در مکان‌های مشجر استفاده شود (شکل (۱-۱۹))، سطح هادی با یک لایه از جنس نیمه‌هادی پوشیده می‌شود. لایه‌ی فوق نقش یکنواخت نمودن میدان‌های الکتریکی اطراف هادی، برای جلوگیری از نشتی جریان را بر عهده دارد.

تفاوت اساسی هادی‌های نوع CC با CCT در تعداد و ضخامت لایه‌های عایقی آن‌ها است. به‌طوری‌که در نوع CCT ضخامت عایق پلی‌اتیلن کراس لینک بیشتر بوده و متناسب با سطح ولتاژ و قطر هادی تغییر می‌کند و دارای یک لایه‌ی اضافی از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) هست.

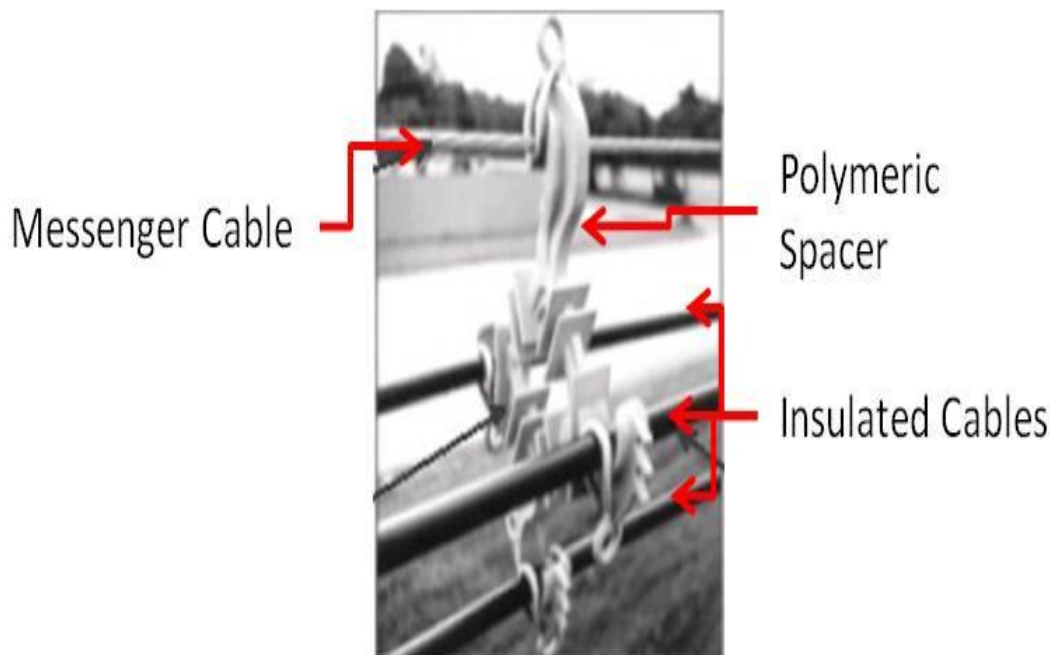


شکل (۱-۱۹): هادی روکش دار نوع CCT (مخصوص مناطق مشجر)

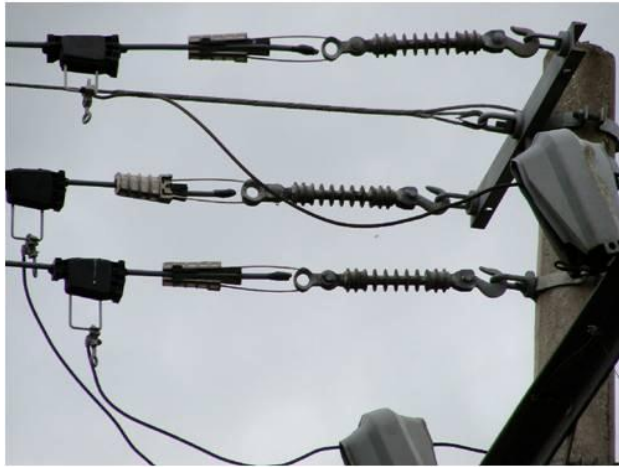
### ۱-۴-۲-۲- خطوط هوایی با کابل‌های (سیم‌های روکش دار) فاصله‌دار (ACS)

به‌طور کلی هادی‌های این نوع از خطوط دارای یک لایه‌ی نیمه‌هادی و دو لایه‌ی عایقی است که لایه‌ی عایق داخلی از جنس پلی‌اتیلن کراس لینک و لایه‌ی خارجی از پلی‌اتیلن با دانسیته ی بالا (HDPE) به رنگ‌های مشکی یا خاکستری هست. در واقع این نوع هادی‌ها، همان هادی‌های CCT با لایه‌های پلی‌اتیلن کراس لینک ضخیم‌تر هستند.

این کابل‌ها توسط نگهدارنده‌های مخصوص (Spacer) که عموماً از جنس پلی‌اتیلن می‌باشند، در فاصله معینی از یکدیگر نگه‌داشته می‌شوند. با توجه به آرایش خاص این نوع از هادی‌ها، شبکه‌هایی که با آن‌ها اجرا شده، دارای مزایایی از جمله کاهش فضا و کریدور موردنیاز برای اجرا بوده و گزینه‌ی مناسبی برای احداث شبکه‌های فشار متوسط (در مناطقی که مشکل حریم باعث ایجاد مشکل در احداث شبکه شده) به‌شمار می‌روند. ولی به علت نیاز به نگهدارنده‌ی خاص و سیم نگهدارنده، هزینه‌های تمام‌شده‌ی این نوع شبکه‌ها تا حدودی بیشتر از خطوط هوایی با هادی‌های CC و CCT هست و اجرای آن‌ها نیز سخت‌تر بوده و نیاز به تجهیزات خاص دارد. در شکل (۱-۲۰ و ۱-۲۱) نمونه‌ای از کابل‌های فاصله‌دار (ACS) به‌همراه Spacer نشان داده شده است.



شکل (۱-۲۰) Spacer:



Anchor structure



Suspension structure

شکل (۱-۲۱): خطوط هوایی با کابل‌های فاصله‌دار

### ۱-۴-۲-۳- کابل‌های خود نگهدار (ABC)

کابل‌های خودنگهدار رایج‌ترین انواع خطوط هوایی غیرلخت در شبکه‌های توزیع نیروی برق فشار ضعیف و از موارد رایج در شبکه‌های فشار متوسط می‌باشند (شکل (۱-۲۲)). این نوع از هادی‌های روکش دار، به علت دارا بودن قدرت عایقی مناسب و با ایمنی کامل، دارای اهمیت و جایگاه خاصی بوده و موارد استفاده فراوانی دارند. علاوه بر مزایای مطرح شده در مورد هادی‌های روکش دار، کابل‌های خودنگهدار دارای مزایای دیگری نیز هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ↪ امکان نصب خطوط جدید کابل خودنگهدار در کنار خطوط قبلی بر روی پایه‌ی موجود.
- ↪ امکان نصب کابل خود نگهدار فشار ضعیف، فشار متوسط، خطوط تلفن فیبر نوری بر روی پایه‌ی مشترک.
- ↪ راحت‌تر بودن ترمیم تیرشکستگی و رفع اتفاقات در خطوط دارای کابل خودنگهدار (در مقایسه با خطوط هوایی معمولی و استمرار در ارائه خدمات به مشترکین)
- ↪ امکان زیباسازی شهری با توجه به امکان عبور کابل‌های خود نگهدار از بین درختان واقع در مسیر شبکه.
- ↪ عدم امکان استفاده‌های غیرمجاز از شبکه‌ی برق



شکل (۱-۲۲): کابل خودنگهدار

در شکل (۱-۲۳) یک نمونه از کاربرد کابل خودنگهدار در مقایسه با خطوط هوایی متعارف نشان داده شده است.



Conventional Network Distribution



Aerial Spacer Cable Systems

شکل (۱-۲۳): یک نمونه از کاربرد کابل خودنگهدار در مقایسه با خطوط هوایی متعارف

## ۱-۴-۳- تیر برق کامپوزیتی

این تیرها از جنس مواد کامپوزیت پلیمری موسوم به FRP یا GRP می‌باشند و در رده‌های استاندارد در مترهای ۹ و ۱۲ متری قابل تولیدند. کاربرد این تیرها در خطوط فشار متوسط و ضعیف است.

سبکی، خواص عایقی مناسب، مقاومت در برابر انواع خوردگی‌های محیطی و شیمیایی و تحمل انواع تنش‌های مکانیکی از مزایای برجسته این تیرهاست. این سازه‌ها به دلیل داشتن وزن بسیار سبک به راحتی توسط چند نفر نیروی انسانی حمل و نصب شده و گزینه مناسبی جهت کارگذاری در معابر کم‌عرض و همچنین مناطق کوهستانی و صعب العبوراند. برخورداری از اضلاع تیز در پیرامون محیطی تیر سبب می‌گردد که علاوه بر دستیابی به مقاومت مکانیکی، فشارهای ناشی از وزش بادهای سنگین به راحتی میرا شده و در نتیجه از سقوط تیر و پاره شدن سیم‌ها جلوگیری شود. خاصیت عایق الکتریکی به دلیل داشتن رزین به عنوان ماده زمینه و بهره‌گیری از الیاف شیشه به عنوان تقویت کننده که ذاتاً ماده عایقی فوق‌العاده‌ای است تامین می‌گردد که دستاورد مهم این خصیصه حذف ارت فالت یا اتصال به زمین که علل شایع حدوث خاموشی‌های ناخواسته است. استفاده از رنگدانه‌های متنوع در فرمولاسیون رزین سبب تولید تیرهای با زیبایی رنگ منحصر به فرد می‌شود که کاربرد آن را به عنوان یک المان شهری زیبا توجیه می‌نماید. استحکام مکانیکی فوق‌العاده و تحمل انواع فشارهای مکانیکی در عین وزن پایین از مزایای دیگر این تیرهاست که در شرایط برابر با سایر سازه‌های مهندسی تا ده‌ها برابر مقاوم‌تر است. عمر مفید و طولانی بدون نیاز به تعمیر یا نگهداری ثانویه از دیگر ویژگی‌های بارز این سازه‌هاست که حتی در سخت‌ترین شرایط محیطی تا پنجاه سال بدون خطا قادر به سرویس دهی بهینه می‌باشند پایداری در مواجهه با انواع خوردگی‌های محیطی و شیمیایی باعث کاربرد آن در انواع رژیم‌های آب و هوایی گوناگون به ویژه اقلیم‌های شرجی و یا نواحی کویری و شوره‌زارهاست.

## ۱-۵- حوزه تولید

با افزایش تعداد مصرف کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف کنندگان به انرژی الکتریکی با کیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. از سوی دیگر محدودیت‌هایی مانند فضای کافی برای نصب خطوط انتقال، مشکلات نصب خطوط انتقال جدید را دو چندان می‌کند. در چنین

شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد [۱۳]. در این بخش انواع تکنولوژی‌های قابل استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها معرفی می‌گردد.

### ۱-۵-۱- سلول‌های خورشیدی<sup>۱</sup>

اساس کار این مولدها بر حرکت الکترون‌ها در اثر تابش نور خورشید استوار است. هر سلول جریان ۲-۴ آمپر را با ولتاژی در حدود ۰/۵ ولت تحویل می‌دهد. در مقایسه با سایر مولدها، سلول‌های خورشیدی از محدودیت‌های بیشتری برخوردارند. امکان استفاده در شرایط جغرافیایی معین، توان تولیدی پایین و قیمت بالای سلول‌های خورشیدی از جمله محدودیت‌های این واحد تولید پراکنده است. باین وجود سازگاری مناسب با محیط‌زیست و میزان آلودگی پایین از جمله دلایل گسترش این واحدهاست. در سلول‌های مورد استفاده در این واحدها از پیوندهای بزرگ P-N استفاده شده است و با تابش نور خورشید بر این سلول‌ها ولتاژ و جریان DC تولید می‌شود. باتصال چندین سلول به یکدیگر می‌توان به ولتاژ و جریان دلخواه رسید. توان خروجی این واحدها به عواملی همچون میزان تابش نور خورشید، دما، سرعت وزش باد و برخی ضرایب مخصوص به سلول‌های تشکیل دهنده ارتباط دارد. در شکل (۱-۲۴) نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی نصب شده در سطح شهر نشان داده شده است.



شکل (۱-۲۴): نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی نصب شده در سطح شهر

<sup>۱</sup> - Photovoltaic

## ۱-۵-۲- توربین بادی مقیاس کوچک

توربین بادی مقیاس کوچک یکی از مقرون به صرفه‌ترین سیستم‌های انرژی‌های تجدید پذیر خانگی است. این سیستم‌ها همچنین فاقد آلودگی می‌باشند. اگر یک سیستم برقی بادی برای مصارف خانگی نصب شود نتایج زیر را به دنبال خواهد داشت:

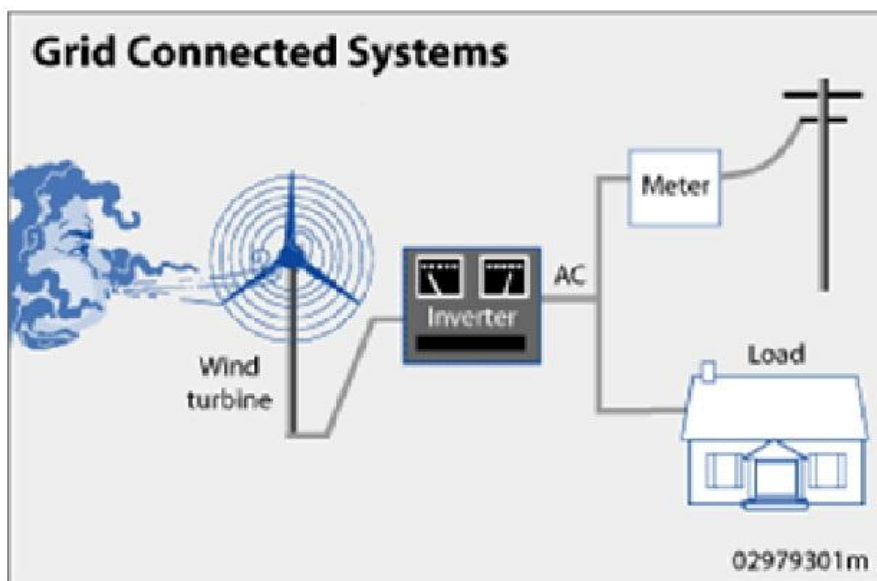
↪ کاهش ۵۰٪-۹۰٪ در هزینه‌ی برق

↪ کمک به بی‌نیازی از خطوط برق شبکه

↪ کاربرد در مصارف مختلف

توربین‌های برقی مقیاس کوچک می‌توانند به سیستم‌های توزیع برق متصل شوند. توربین متصل به شبکه، مصرف برق را برای روشنایی، گرمایش الکتریکی و کاربردهای دیگر کاهش می‌دهد. اگر توربین نتواند برق موردنیاز را تامین کند، این کمبود از شبکه تامین می‌شود. اما زمانی که سیستم بادی بیش از نیاز مصارف خانگی برق تولید کند، مازاد تولید می‌تواند برای مصارف دیگر فرستاده شود یا به فروش برسد.

با این شیوه اتصال به شبکه، ملاحظه می‌شود که توربین بادی فقط زمانی که شبکه در حال استفاده است بکار انداخته می‌شود. در زمان قطع برق، توربین بادی به خاطر مسائل ایمنی باید خاموش شود. در شکل (۱-۲۵)، دیاگرام اتصال توربین بادی مقیاس کوچک به شبکه و مصرف‌کننده خانگی نشان داده شده است.



شکل (۱-۲۵): دیاگرام اتصال توربین بادی مقیاس کوچک به شبکه

### ۱-۵-۳- پیل سوختی [۱۴]

پیل سوختی یا سلول سوختی وسیله‌ای است که از طریق فعالیت‌های الکتروشیمیایی قادر به تولید انرژی الکتریکی و تأمین انرژی حرارتی خواهد بود. پیل‌های سوختی را می‌توان به‌عنوان باتری‌های تأمین انرژی الکتریکی دانست با این تفاوت که تا زمانی که مواد سوختی آن تأمین شود قادر است بدون نیاز به شارژ انرژی الکتریکی تولید کند. از نظر ظرفیت پیل‌های سوختی در محدوده وسیعی از چند کیلووات تا چند مگاوات قادر به تولید انرژی خواهند بود. از جمله مزایای این واحد تولید پراکنده می‌توان به بازده بالا، ابعاد کوچک، تولید آلودگی صوتی کم، تولید آلودگی‌های زیست‌محیطی شامل NOx و CO<sub>2</sub> در حد کم و قابل اغماض و قابلیت اطمینان بالا اشاره کرد. جریان تولیدشده به‌وسیله پیل‌های سوختی از نوع DC هست که باید توسط مبدل‌های الکترونیک قدرت به جریان AC قابل تزریق به شبکه تبدیل شود. در نوع صنعتی این واحدهای تولید پراکنده، مبدل‌های الکترونیک قدرت در داخل محفظه پیل سوختی تعبیه شده است. از معایب اصلی پیل سوختی زمان راه‌اندازی طولانی این واحد (در حدود ۱ تا ۴ ساعت برای PEMFC) است که نشان می‌دهد از این واحد تولید پراکنده نمی‌توان به‌عنوان ذخیره<sup>۱</sup> در شبکه استفاده کرد.

### ۱-۵-۴- توربین احتراقی

توربین احتراقی وسیله‌ای برای تبدیل انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی است. از این مولد برای تولید انرژی مکانیکی در هواپیماها، پالایشگاه‌ها، فشرده کردن گازها و تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. این نوع مولدها در مقایسه با انواع آبی و بخار، بسیار کم‌حجم‌تر و سبک‌تر هستند. امتیاز مهم این مولد در سرعت پاسخ‌گویی آن است. بنابراین از آن برای جبران پیک بار در ساعات اوج مصرف استفاده می‌شود. از معایب اصلی آن نیز می‌توان به عمر کوتاه آن اشاره کرد. دیگر مزایا و معایب آن به‌صورت فهرست‌وار در زیر بیان شده‌اند.

↳ مزایای توربین احتراقی: راندمان نسبتاً بالا، زمان نصب کوتاه، هزینه‌های سرمایه‌گذاری نسبتاً پایین، در دسترس بودن و قیمت مناسب و تقریباً ثابت گاز در بسیاری از کشورها و پایین بودن میزان آلودگی NOx از مزایای این واحد تولید



پراکنده بشمار می‌رود. زمان استارت تا رسیدن به خروجی نامی در حدود ۲ تا ۱۰ دقیقه است. بنابراین این واحد تولید پراکنده می‌تواند به‌عنوان یک رزرو مناسب برای شبکه در نظر گرفته شود.

## ۱-۵-۵- میکرو توربین

میکروتوربین‌ها در حقیقت نوع تکامل یافته‌ای از توربین‌های گازی (احتراقی) در ابعاد و ظرفیت‌های کوچک‌تر می‌باشند. علاوه بر اندازه و ظرفیت، برخی ویژگی‌های طراحی، این تولیدات را از سایر توربین‌های گازی متمایز می‌کند. از ویژگی‌های این واحدها سرعت گردش بسیار بالا و مهندسی هوشمند در طراحی هست.

از ویژگی‌های برجسته میکروتوربین‌ها می‌توان به آلودگی صوتی کم، ابعاد کوچک، تعداد کم بخش‌های متحرک، فاصله زمانی طولانی بین دو تعمیر متوالی، استفاده از سوخت‌های متنوع و استفاده از سوخت‌های زائد و بی‌مصرف اشاره کرد. بهره‌برداری از این واحد تولید پراکنده به‌عنوان یک واحد CHP، راندمان این واحد را تا ۸۵ درصد افزایش می‌دهد. زمان راه‌اندازی میکروتوربین‌های تجاری حدود ۱۲۰ ثانیه گزارش شده است. به دلیل دمای احتراق پایین در این ماشین میزان آلودگی NOx این واحد در حد مناسب و قابل قبولی است. میزان آلودگی CO<sub>2</sub> این واحدها برخی مواقع از مقدار مشابه آن در ماشین‌های احتراق داخلی بیشتر می‌شود. در شکل‌های (۱-۲۶ و ۱-۲۷) نمایی از میکروتوربین نشان داده شده است.



شکل (۱-۲۶): نمای یک میکروتوربین با محفظه محافظ



شکل (۱-۲۷): نمای یک میکروتوربین بدون محفظه محافظ

## ۱-۵-۶- سیستم‌های تولید همزمان انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی CHP

این اصطلاح برای تولید همزمان برق و حرارت مفید بکار رفته و Combined Heat and Power یا به اختصار CHP

نامیده می‌شود.

توضیح اینکه در هر نوع از صنعت میزان قابل ملاحظه‌ای حرارت در فرایندها و یا سوخت حامل‌های انرژی اتلاف می‌گردد برای مثال در زمان تولید نیروی الکتریکی در انواع مولدها از قبیل توربین‌های گاز، دیزل ژنراتورها یا نیروگاه‌های حرارتی متشکل از مولد بخار و توربین بخار علاوه بر تولید نیروی برق مقدار قابل ملاحظه‌ای حرارت تولید و به محیط اطراف انتشار می‌یابد این انتشار از طریق گازهای حاصل از احتراق، برج‌های خنک‌کن و ... هست. در هر یک از این سیستم‌ها راندمان تولید برق از انرژی اولیه که می‌تواند گاز شهری و یا سایر حامل‌های انرژی باشد راندمان در محدوده مشخص دور زده برای مثال در دیزل ژنراتورها این راندمان بین سی و در بهترین حالت از چهل و دو در صد تجاوز نمی‌نماید، در مورد توربین‌های گاز به‌تنهایی این عدد کمتر بوده و الباقی به شکل حرارت دفع گردیده و اثرات مخرب خود را بر محیط‌زیست انسان خواهد گذارد.

کاربردهای سیستم‌های CHP، طبق محدوده قدرت آن‌ها معین می‌شود. CHP با اندازه توان الکتریکی تولید شده در حدود چند مگاوات، در بخش صنعت، CHP با اندازه توان الکتریکی تولید شده در حدود کمتر از مگاوات، در بخش تجاری و CHP با اندازه توان الکتریکی تولید شده با اندازه کوچک‌تر، در بخش خانگی است.

## ۱-۵-۷- خودرو برقی

خودرو برقی به خودروی می‌گویند که از باتری جهت نیروی محرکه به‌جای موتور درون‌سوز استفاده می‌کند. این خودروها در هنگام شارژ باتری‌هایشان مانند یک بار مصرفی عمل می‌کنند و از شبکه انرژی دریافت می‌کنند. از سوی دیگر، خودروهای فوق می‌توانند در نقش تغذیه‌کننده توان به شبکه ظاهر شوند و در ساعاتی به شبکه توان تزریق کنند. ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع برق چالش‌های مختلفی را بوجود می‌آورد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

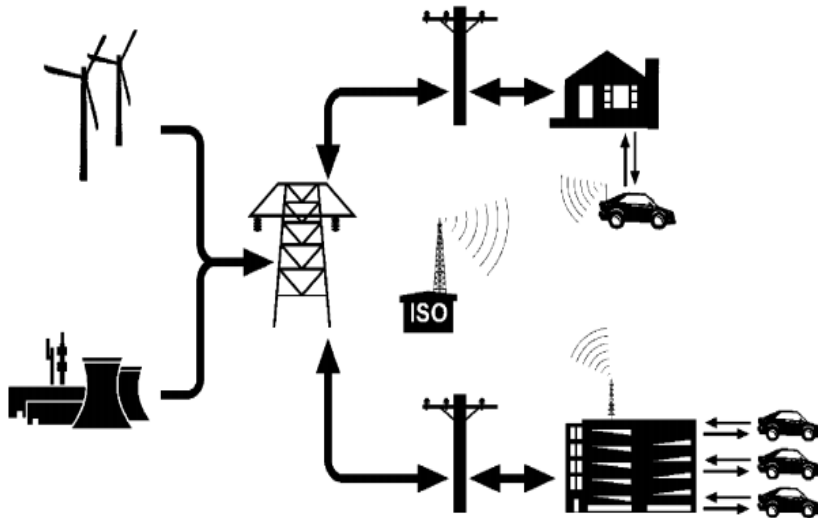
↪ عدم تعادل فاز

↪ مسائل مربوط به کیفیت توان

↪ تخریب و خطا در ترانسفورماتور

↪ تلفات در شبکه

همان‌طور که در شکل (۱-۲۸) نشان داده شده است، خودروهای برقی یا به‌صورت تکی به شبکه وصل می‌شوند و یا از طریق پارکینگ‌های خودروی برقی که در سطح شبکه توزیع احداث می‌گردند به شبکه متصل می‌شوند.



شکل (۱-۲۸): موقعیت‌های اتصال خودروی برقی به شبکه توزیع برق

موقعیت و ظرفیت پارکینگ‌های خودروی برقی تأثیر زیادی در مقابله با چالش‌های ذکر شده دارد و در طراحی و توسعه

شبکه توزیع بایستی لحاظ گردد.

## ۱-۵-۸- باتری‌های الکتریکی

باتری‌های الکتریکی ذخیره‌کننده‌هایی هستند که انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در خود را در مواقع نیاز به‌صورت انرژی

الکتریکی تحویل می‌دهند. انواع اصلی باتری‌های الکتریکی عبارت‌اند از:

↳ باتری سرب-اسید

↳ باتری نیکل-کادمیوم

↳ باتری یون لیتیم

↳ باتری پلیمر لیتیم

یک سیستم ذخیره‌ساز مطلوب بر مبنای فناوری باتری‌های الکتریکی نیازمند استفاده از موادی با چگالی انرژی بالا، توان

زیاد، قابلیت شارژ بالا، عمر طولانی و هزینه اولیه پایین است. یک سیستم جامع برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس بزرگ را

می‌توان با استفاده از مجموعه سلول‌های سرب-اسید ایجاد کرد. شبیه به این سیستم در باتری اتومبیل کاربرد دارد که شامل

شش سلول هست و هر سلول اختلاف پتانسیلی معادل دو ولت را تولید می‌کند. برای تولید باتری‌های بزرگ‌تر مجموعه‌ای از

صدها و حتی هزاران سلول به صورت سری و موازی در کنار یکدیگر قرار داده می‌شود و در نهایت این مجموعه از طریق یک واسطه الکترونیکی به مصرف‌کنندگان متصل می‌شود.

## ۱-۶-۱ D-FACTS<sup>۱</sup>

کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت می‌انجامد. ایده استفاده از فناوری‌های مشابه در سطح شبکه‌های توزیع برق منجر به ایجاد مفهوم D-FACTS شده است که اغلب در قالب تجهیزات CPD<sup>۲</sup> مطرح می‌شود.

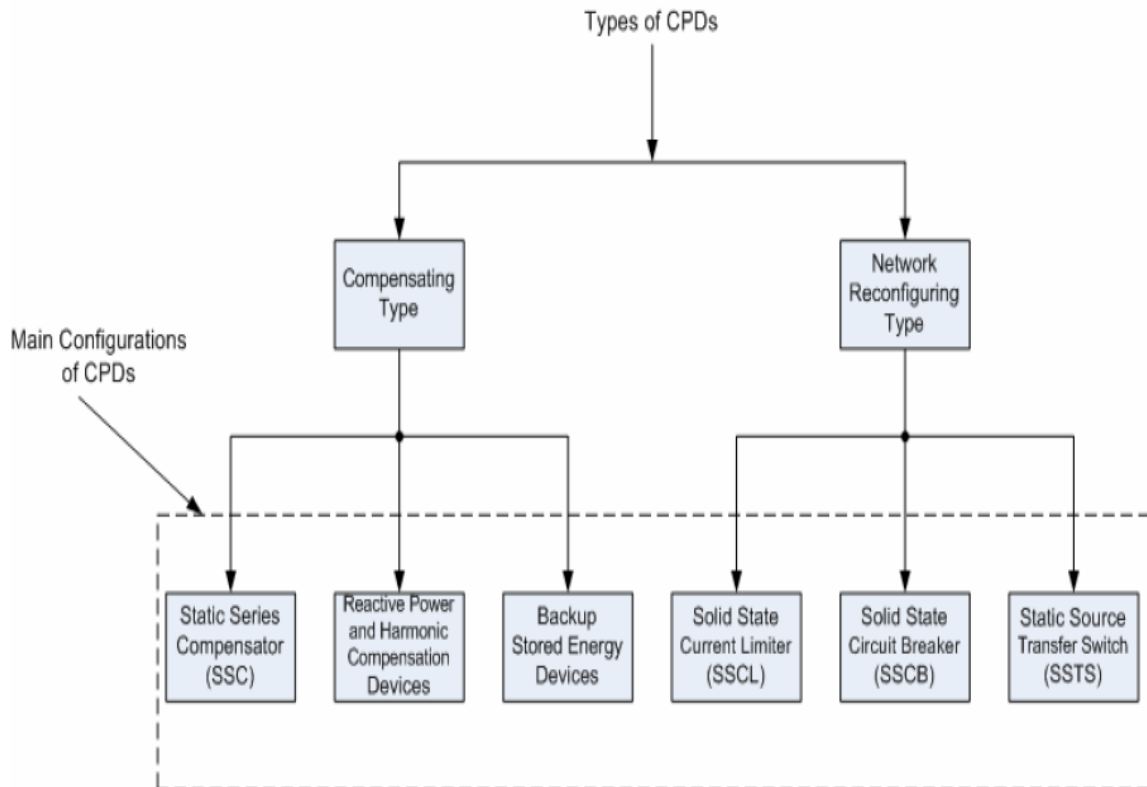
همچنان که استفاده از تجهیزات FACTS منجر به حل یا کاهش مشکلاتی از قبیل پایداری ولتاژ یا پایداری گذرا در شبکه قدرت می‌شود، بهره‌گیری از ادوات کنترل‌پذیر الکترونیک قدرت در قالب CPD ها در شبکه‌های توزیع نیز می‌تواند در بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین تاثیرگذار باشد. شکل (۱-۲۹) انواع رایج و مورد استفاده CPD ها را نشان می‌دهد. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها<sup>۳</sup> و تغییردهنده‌های آرایش شبکه<sup>۴</sup> طبقه‌بندی نمود.

<sup>۱</sup> Distribution Flexible AC Transmission Systems

<sup>۲</sup> -Custom Power Devices

<sup>۳</sup> -Compensating Type

<sup>۴</sup> -Network Reconfiguring Type



شکل (۱-۲۹): تقسیم‌بندی انواع CPD های مرسوم

### ۱-۶-۱- تجهیزات نوع جبران کننده

این گروه از تجهیزات جبران کننده استاتیکی سری، تجهیزات جبران ساز هارمونیک و توان راکتیو و ابزارهای ذخیره‌ساز انرژی پشتیبان را شامل می‌شود.

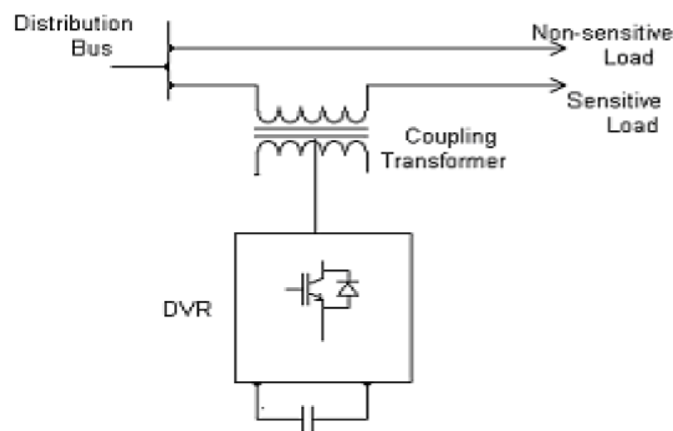
#### ۱-۶-۱-۱- جبران ساز استاتیکی سری<sup>۱</sup> SSC

یکی از ابزارهای رایج جبران سازی سری بهبوددهنده دینامیک ولتاژ (DVR<sup>۲</sup>) است. ساختار یک DVR از یک مبدل منبع ولتاژ، سیستم کنترل سوئیچینگ مبدل، یک ابزار ذخیره‌ساز انرژی با ولتاژ DC و یک ترانسفورماتور اتصال دهنده که به صورت سری به سیستم AC متصل می‌شود تشکیل شده است. همچنین از یک فیلتر پسیو نیز در ساختار آن برای تعدیل

<sup>۱</sup> -Static Series Compensator

<sup>۲</sup> -Dynamic Voltage Restorer

هارمونیک‌های ناشی از کلیدزنی مبدل و اصلاح شکل موج ولتاژ تزریقی استفاده می‌شود. از این تجهیز غالباً برای جبران اثر فرورفتگی/برجستگی ولتاژ<sup>۱</sup>، حالت‌های گذرا و هارمونیک‌های ولتاژ سمت تغذیه و محافظت از بارهای حساس در برابر این اغتشاشات استفاده می‌شود. نمایش شماتیک یک DVR در شکل (۱-۳۰) نشان داده شده است. مبدل منبع ولتاژ یک ولتاژ AC سه فاز تولید می‌کند که دامنه و فاز آن قابل کنترل است. این ولتاژها به منظور حفظ ولتاژ بار در سطح مرجع موردنظر به سیستم توزیع AC تزریق می‌شوند.



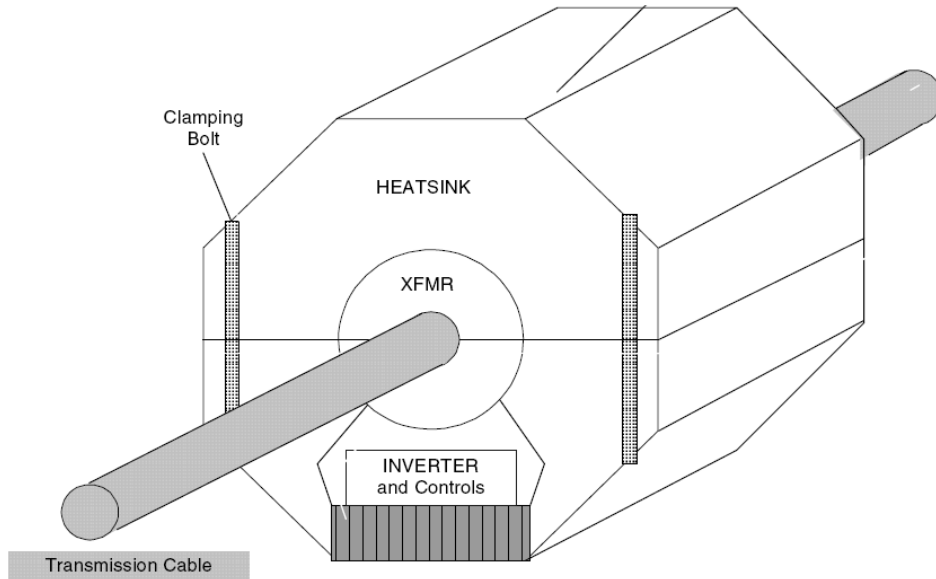
شکل (۱-۳۰): نمایش شماتیک یک DVR

با معرفی ماژول‌های کاربردی‌تر این نوع از جبران‌کننده‌ها در قالب DSSC زمینه برای افزایش کاربرد این جبران‌سازها در شبکه فراهم شده است. ماژول‌های DSSC شامل یک اینورتر تک فاز مقیاس کوچک ( $\sim 10$  kVA) و یک ترانسفورماتور تک دور (STT<sup>۲</sup>) به همراه کنترل‌های مربوطه، مدارات تأمین توان و قابلیت‌های مخابراتی توکار<sup>۳</sup> می‌باشند. این واحدها از دو قسمت تشکیل می‌شوند که به صورت فیزیکی می‌توان آن‌ها را با استفاده از گیره‌هایی بر روی هادی خط نصب نمود. پس از نصب واحد گرداگرد هادی خط، ترانسفورماتور و بخش‌های مکانیکی یک مدار مغناطیسی کامل را شکل می‌دهند. اندازه و وزن واحد DSSC به گونه‌ای است که اجازه بر روی هادی خط معلق باقی بماند. ساختار فیزیکی چنین واحدی در شکل (۱-۳۱) نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> - Voltage Sag/Swell

<sup>۲</sup> - Single turn transformer

<sup>۳</sup> - Built-in

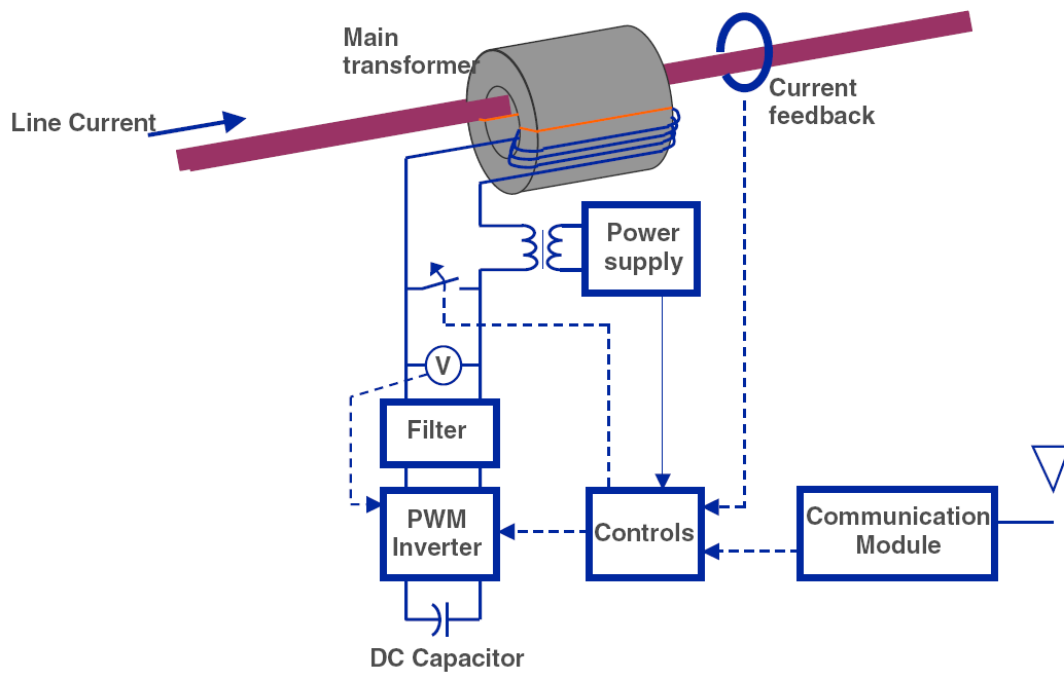


شکل (۱-۳۱): شمای فیزیکی یک واحد DSSC نمونه

هنگامی که اینورتر فعال گردد، واحد DSSC می‌تواند یک ولتاژ متعامد یا امپدانس راکتیو را به صورت سری با خط تزریق نماید. بدین ترتیب واحد قادر است با تزریق اندوکتانس مثبت و افزایش امپدانس خط، جریان اضافی را به سمت سایر بخش‌های شبکه هدایت کند و یا با تزریق اندوکتانس منفی و کاهش امپدانس خط، جریان را از سایر بخش‌های شبکه به سمت خط جبران شده بکشد.

استفاده گسترده از واحدهای DSSC به بهره‌برداران سیستم امکان تخصیص و دستیابی به سطوح مطلوب بارگیری در خطوط خاص شبکه را می‌دهد و لذا به نحو قابل توجهی کیفیت بهره‌برداری از شبکه موجود را ارتقا می‌دهد. شکل (۱-۳۲) شماتیک مداری کامل یک واحد DSSC را نشان می‌دهد.





شکل (۱-۳۲): شماتیک مداری کامل یک واحد DSSC

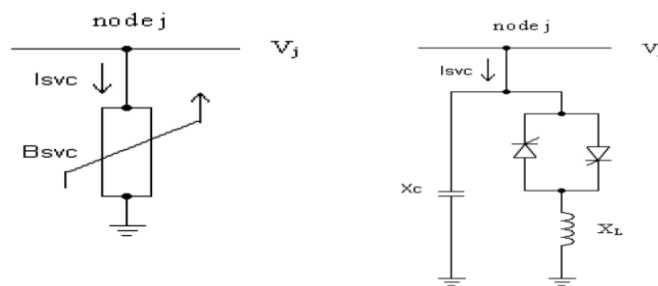
در اینجا به برخی از ویژگی‌های مثبت DSSC اشاره می‌کنیم. از آنجاکه ماژول مستقیماً بر روی خط نصب می‌شود، ولتاژ خط را نمی‌بیند و لذا نیازی به سطح عایقی بالا ندارد. لذا این واحدها بدون تغییرات چندانی در طراحی، قابل استفاده در هر سطح ولتاژی از ۱۳ تا ۵۰۰ کیلوولت هستند. همچنین استفاده از ترانسفورماتوری با نسبت تبدیل ۱:۱۰۰ باعث می‌شود تنها یک درصد از جریان خط از اینورتر عبور نماید و لذا امکان استفاده از IGBT های مرسوم و پرکاربرد با قیمت ارزان در ساخت اینورتر وجود دارد. جریان در هنگام خطا نیز به همین ترتیب شدیداً کاهش یافته و تا سطح قابل تحمل ابزارهای قدرتی که به‌طور گسترده موجودند تقلیل می‌یابد [۱۵].

## ۱-۶-۱-۲- تجهیزات جبران‌ساز هارمونیک و توان راکتیو

این گروه از تجهیزات به صورت موازی در شین بار و با هدف تزریق جریان به بار نصب می‌شوند و شامل جبران‌ساز استاتیک توان راکتیو ( $SVC^1$ )، جبران‌ساز استاتیکی توزیع ( $D-STATCOM^2$ ) و فیلترهای اکتیو و پسیو موازی و مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان UPQC می‌شود.

### الف) جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو

جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو تاکنون بیشترین تعداد نصب در شبکه‌های قدرت را در بین تمامی تجهیزات FACTS داشته است. عملکرد این تجهیز مشابه یک سوسپتانس متغیر موازی است و در آن از کنترل‌کننده‌های تایریستوری سریع با حداقل زمان نشست استفاده می‌شود [۱۶]. از دیدگاه بهره‌برداری،  $SVC$  مقدار سوسپتانس خود را به صورت خودکار در پاسخ به تغییرات رخ داده در شرایط بهره‌برداری شبکه تنظیم می‌کند. با کنترل مناسب راکتانس معادل آن، امکان تنظیم دامنه ولتاژ در نقطه اتصال  $SVC$  فراهم شده و عملکرد شبکه قدرت به شکل قابل توجهی بهبود می‌یابد [۱۷-۱۹]. در ساده‌ترین شکل آن، یک  $SVC$  از یک راکتور کنترل شده با تایریستور  $TCR^3$  به موازات بانک خازنی تشکیل می‌شود. ساختار این سیستم ساده  $FC/TCR^4$  به همراه نمایش معادل سوسپتانس متغیر آن در شکل (۱-۳۳) ارائه شده است.



شکل (۱-۳۳): ساختار سیستم ساده  $FC/TCR^5$  و نمایش معادل سوسپتانس متغیر آن

<sup>1</sup> -Static VAR Compensator

<sup>2</sup> -Distribution Static Compensator

<sup>3</sup> -Thyristor Controlled Reactor

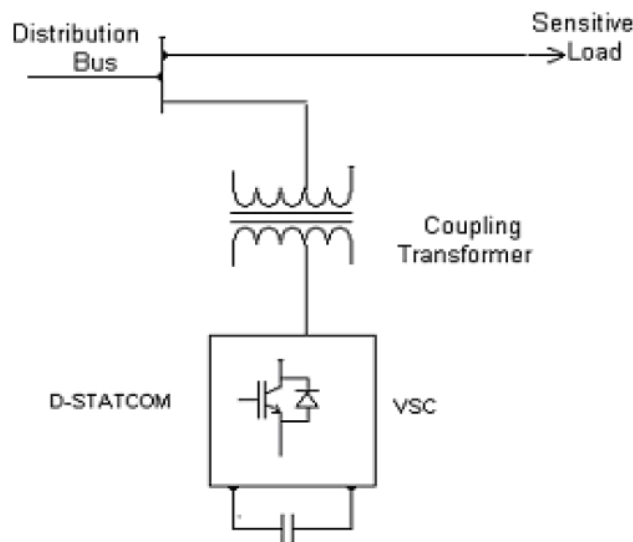
<sup>4</sup> -Fixed Capacitor/TCR

<sup>5</sup> -Fixed Capacitor/TCR

در حالت ایده آل یک جبران‌ساز متغیر موازی فاقد مؤلفه مقاومتی بوده و لذا توان اکتیوی از شبکه جذب نمی‌کند. از طرفی توان راکتیو SVC تابعی از اندازه ولتاژ گره در نقطه اتصال و سوسپتانس معادل جبران‌ساز است. از SVC می‌توان برای کنترل ولتاژ AC و متعادل‌سازی بارهای نامتقارن استفاده نمود.

### ب) جبران‌ساز استاتیکی توزیع (D-STATCOM)

هنگامی که از جبران‌ساز استاتیکی یا STATCOM در شبکه‌های ولتاژ پایین استفاده می‌شود، از آن با عنوان D-STATCOM یاد می‌شود. در ساده‌ترین شکل آن، یک D-STATCOM از یک مبدل منبع ولتاژ دو سطحی (VSC)، یک تجهیز ذخیره‌ساز انرژی با ولتاژ DC، یک ترانسفورماتور اتصال‌دهنده که به صورت شنت به سیستم AC متصل است و مدارهای کنترلی مربوطه تشکیل می‌شود. شکل (۱-۳۴) شمای چنین سیستمی را نشان می‌دهد. شارش توان اکتیو با تنظیم زاویه بین ولتاژ سیستم AC با ولتاژهای VSC و شارش توان راکتیو با تنظیم اختلاف بین اندازه‌های این ولتاژها کنترل می‌شود [۲۰]. کنترل‌کننده D-STATCOM به‌طور پیوسته تغییرات ولتاژ و جریان بار را مشاهده نموده و میزان جبران‌سازی موردنیاز سیستم AC را برای گستره‌ای از تغییرات تعیین می‌کند.



شکل (۱-۳۴): ساختار و چگونگی اتصال یک D-STATCOM

مبدل منبع ولتاژ متصل شده به صورت شنت به سیستم AC می‌تواند برای برآورده کردن اهداف متمایز ذیل مورد استفاده قرار گیرد:

- تنظیم ولتاژ و جبران‌سازی توان راکتیو

- اصلاح ضریب قدرت

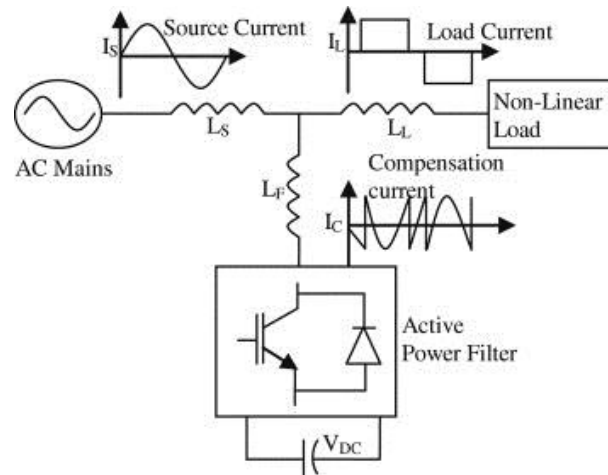
- حذف هارمونیک و تعدیل اثر فلیکر

- متعادل‌سازی بار

### ج) فیلترهای موازی اکتیو و پسیو

از فیلترهای اکتیو و پسیو می‌توان برای حذف هارمونیک‌های جریان در شبکه استفاده نمود. فیلترهای پسیو مسیرهایی با امپدانس کمتر را برای جریان‌های هارمونیکی فراهم می‌کنند. معمولاً در ساختار این فیلترها از یک مدار LC که برای حذف هارمونیک‌های مشخص تنظیم شده به همراه فیلتر بالاگذر برای حذف سایر هارمونیک‌های از مرتبه‌های بالاتر استفاده می‌شود. ضعف بزرگ فیلترهای پسیو وابستگی شدید عملکرد آن‌ها به امپدانس سیستم و در نتیجه به آرایش شبکه توزیع و وضعیت بار است. در بدترین حالت ممکن است یک تشدید ناخواسته در فیلتر رخ داده و فیلتر به گودالی برای جذب هارمونیک‌های جریان از سایر منابع هارمونیکی موجود در شبکه تبدیل شود.

فیلترهای اکتیو را می‌توان به صورت یک منبع ولتاژ کنترل شده در پشت یک راکتانس نمایش داد که مجموعاً به صورت یک منبع جریان عمل می‌کند. فیلترهای اکتیو موازی مبتنی بر مبدل‌های منبع ولتاژ به علت توپولوژی شناخته شده و پروسه نصب سراسرتر آن‌ها، کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند. این فیلترها از یک خازن لینک DC، سوئیچ‌های نیمه‌هادی قدرت و فیلتر القاگر بین VSC و شبکه تشکیل شده‌اند. این فیلترها با تولید یک جریان جبران‌کننده و اضافه نمودن آن به جریان بار، به حذف آلودگی‌های هارمونیکی جریان در سمت تغذیه کمک می‌کنند. شکل (۱-۳۵) اجزای فیلتر و کارکرد آن در حذف هارمونیک‌های بار را نشان می‌دهد.

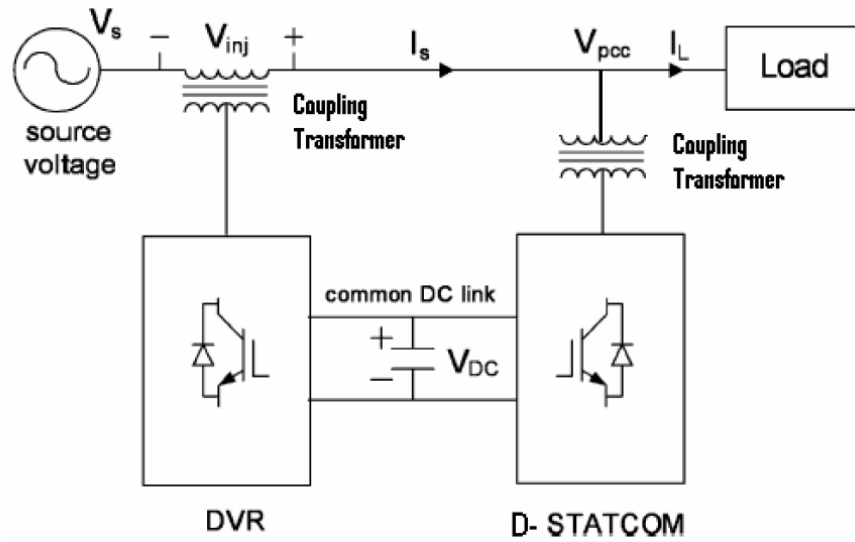


شکل (۱-۳۵). اجزای فیلتر اکتیو، نحوه اتصال آن به شبکه و کارکرد آن در حذف هارمونیک‌های بار

#### د) مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان<sup>۱</sup> UPQC

تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که D-STATCOM اغلب برای جبران معضلات کیفیت توان در جریان پیشنهاد می‌شود و از ورود تاثیرات منفی ناشی از ماهیت بار به شبکه جلوگیری می‌کند، درحالی‌که DVR برای حل مسائل کیفیت توان در ولتاژ مناسب بوده و از بارهای حساس در مقابل ورود اغتشاشات از سمت شبکه محافظت می‌کند. با این حال می‌توان به‌طور همزمان از این دو تجهیز در قالب مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان برای ایجاد یک جبران‌ساز چندمنظوره جهت حل توامان مسایل کیفیت توان در ولتاژ و جریان استفاده نمود. شکل (۱-۳۶) بلوک دیاگرام شماتیک یک UPQC تک فاز را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> -Unified Power Quality Conditioner

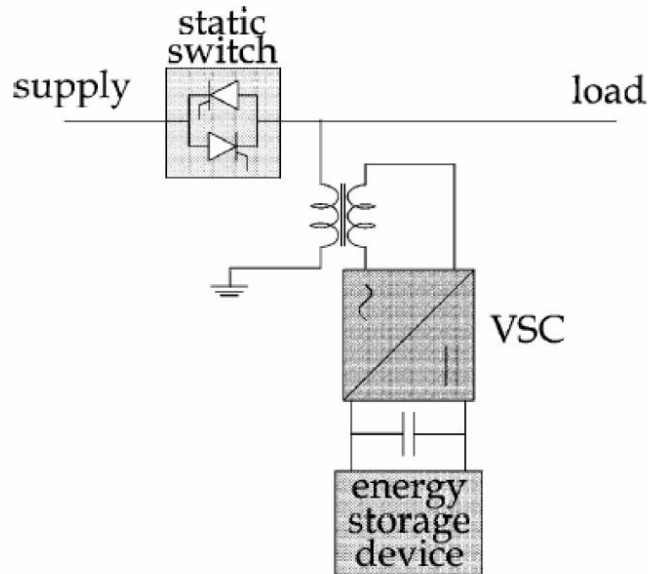


شکل (۱-۳۶): بلوک دیاگرام شماتیک یک UPQC تک فاز

### ۱-۶-۱-۳- ابزارهای انرژی ذخیره پشتیبان

در حالت عادی از D-STATCOM برای فیلترسازی فعال هارمونیک، جبران‌سازی توان راکتیو و تعدیل اثرات فلیکر استفاده می‌شود. باین‌حال در صورت تجهیز آن به یک کلید جداکننده برای قطع ارتباط با فیدر توزیع، می‌توان از آن به‌عنوان یک منبع پشتیبان استفاده کرد که سیستم انرژی ذخیره پشتیبان (BSES<sup>۱</sup>) نامیده می‌شود و در شکل (۱-۳۷) نمایش داده شده است.

<sup>۱</sup>-Backup Stored Energy System



شکل (۱-۳۷): سیستم انرژی ذخیره پشتیبان

در هنگام وقوع اغتشاش، بار حساس با استفاده از سوئیچ استاتیک از شبکه توزیع ایزوله شده و از طریق مبدل منبع ولتاژ تغذیه می‌گردد. برای بخش ذخیره‌ساز انرژی می‌توان از ابزارهای متعددی از قبیل خازن ذخیره‌ساز انرژی DC، باتری، ابرخازن، چرخ طیار و پیچک‌های ابررسانا استفاده نمود که قادرند از چند ثانیه تا چند دقیقه به‌عنوان منبع توان عمل نموده و کارکرد بی‌وقفه بار حساس را در مواقع بروز اغتشاش تضمین نمایند.

### ۱-۶-۲- تجهیزات نوع تغییردهنده آرایش شبکه

این گروه از تجهیزات که به‌صورت سری در شبکه قرار می‌گیرند اغلب کلیدهای مبتنی بر فناوری GTO یا تایریستور هستند. این دسته از ادوات CPD شامل محدودکننده جریان حالت‌جامد<sup>۱</sup>، مدارشکن حالت‌جامد<sup>۲</sup> و کلید انتقال‌دهنده حالت‌جامد<sup>۱</sup> است.

<sup>۱</sup> -Solid State Current Limiter

<sup>۲</sup> -Solid State Circuit Breaker

### ۱-۶-۲-۱- محدودکننده جریان حالت جامد SSCL

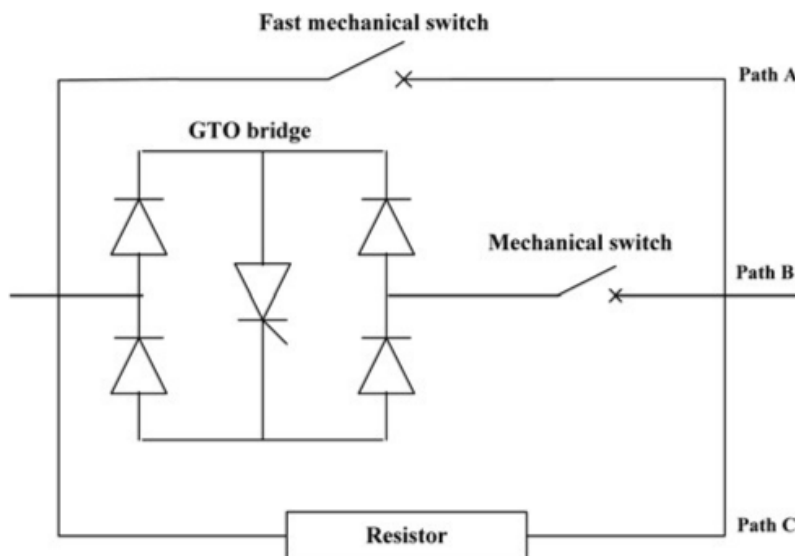
از محدودکننده جریان حالت جامد برای محدود کردن جریان خطای عبوری از شبکه استفاده می‌شود و دارای دو نوع مختلف

هستند:

↪ نوع کنترل شونده با تایریستور

↪ نوع سوئیچ شونده با GTO

در ابزارهای سوئیچ شونده مبتنی بر GTO امیدانس محدودکننده خطا به صورت شنت با یک مجموعه پل GTO با اتصال‌های موازی-معکوس قرار می‌گیرد. این ترکیب به محض تشخیص خطا به صورت سری با مدار خطادار قرار می‌گیرد و جریان خطا با خاموش شدن سوئیچ‌های GTO قطع می‌گردد. با این حال عملکرد این محدودکننده‌ها می‌تواند به بروز اضافه ولتاژهای گذرای بزرگ و در نتیجه اختلال در عملکرد درایوهای تنظیم سرعت کوچک PWM منجر شود. شکل (۱-۳۸) نمونه‌ای از مدار این نوع محدودکننده‌ها و مسیرهای مختلف ایجاد شده برای عبور جریان خطا را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳۸): نمونه‌ای از مدار محدودکننده‌های جریان مبتنی بر GTO

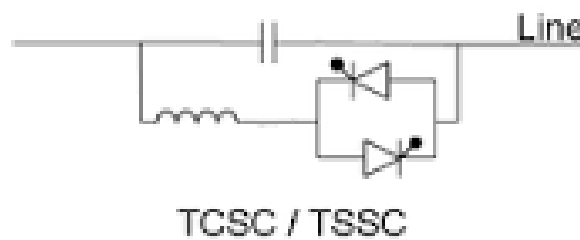
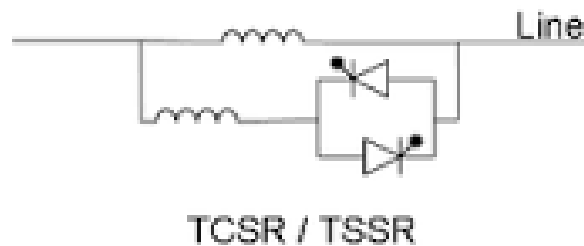


در محدودکننده‌های جریان کنترل شده با تایریستور، از تایریستورها برای مشارکت دادن امپدانس محدودکننده جریان در هنگام خطا استفاده می‌شود. برخلاف نوع مبتنی بر GTO، سوئیچ‌های تایریستوری در این نوع محدودکننده در حین خطا روشن می‌شوند و لذا با خودداری از قطع جریان در حین خطا از بروز حالت‌های گذرای شدید جلوگیری می‌شود. در حال حاضر دو نوع ابزار محدودکننده جریان کنترل شده با تایریستور وجود دارد:

← خازن‌های سری کنترل شونده با تایریستور<sup>۱</sup> TCSC

← راکتورهای سری کنترل شونده با تایریستور<sup>۲</sup> TCSR

در شکل (۱-۳۹) ساختار بسیار ساده شده این نوع از محدودکننده‌ها نشان داده شده است.



شکل (۱-۳۹): ساختار ساده محدودکننده‌های جریان کنترل شده با تایریستور

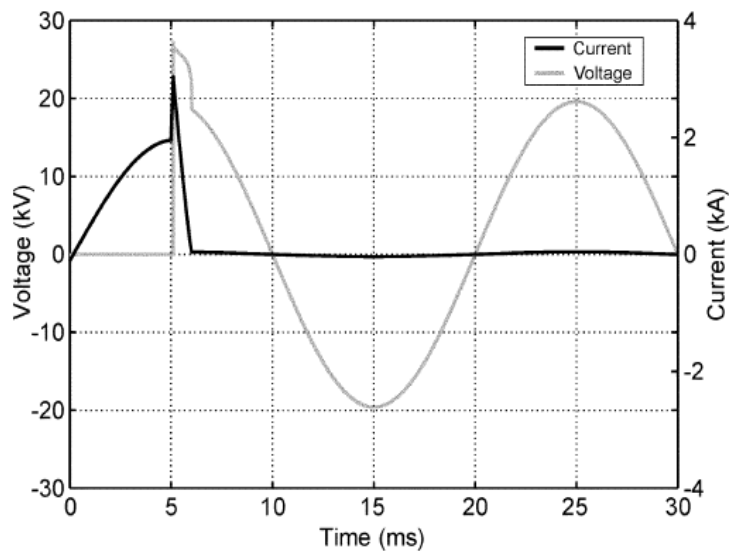
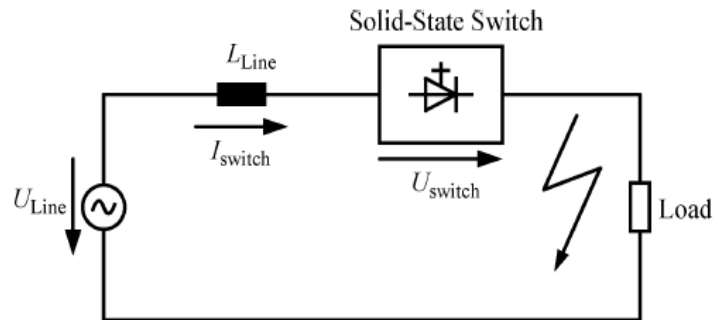
<sup>۱</sup> -Thyristor Controlled Series Capacitor

<sup>۲</sup> -Thyristor Controlled Series Reactor

### ۱-۶-۲-۲- مدار شکن‌های حالت جامد SSCB

برخلاف محدودکننده‌های جریان، مدار شکن‌های حالت جامد (SSCB<sup>۱</sup>) همزمان از سوئیچ‌های GTO و تایریستوری استفاده می‌کنند و قادر هستند یک جریان خطا را به سرعت قطع نمایند. این کلیدها قابلیت عملکرد به صورت بازبست خودکار (autoreclosing) را نیز دارا می‌باشند. این کلیدها به مراتب سریع‌تر از معادل‌های مکانیکی‌شان بوده و لذا برای اهداف CPD ایده آل به نظر می‌رسند. مدارشکن‌های حالت جامد قادرند عمل کلیدزنی را در چند میکروتانیه انجام دهند. لذا حداکثر جریان عبوری از مدار هرگز از دو برابر جریان نامی فراتر نمی‌رود و اغتشاشات ولتاژی ایجادشده در اثر خطا بیش از ۱۰۰ میکروتانیه تداوم نخواهد داشت [۲۱]. شکل (۱-۴۰) چگونگی قرارگیری یک مدارشکن حالت جامد در یک مدار ساده و همچنین تغییرات جریان و ولتاژ در مدار در هنگام خاموش شدن کلید را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> -Solid State Circuit Breaker

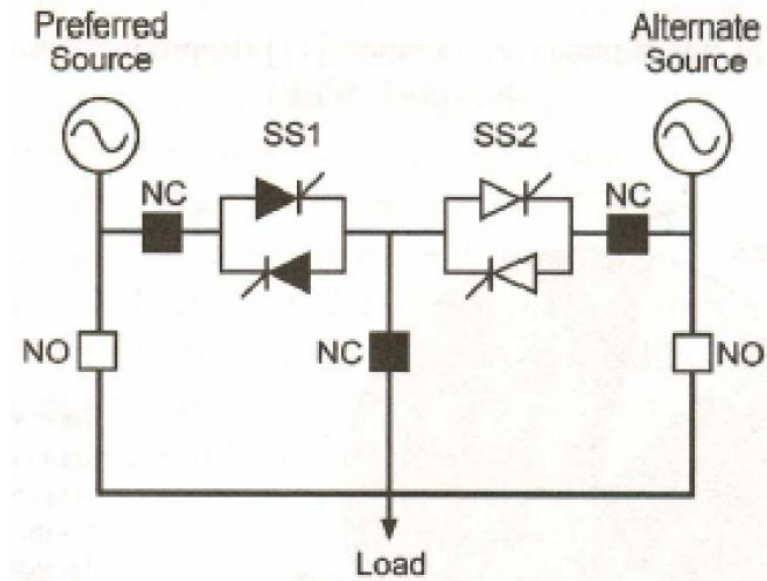


شکل (۱-۴۰): چگونگی قرارگیری یک مدارشکن حالت جامد در یک مدار ساده و تغییرات جریان و ولتاژ در هنگام خاموش شدن کلید

### ۱-۶-۲-۳- کلیدهای انتقال دهنده حالت جامد SSTs

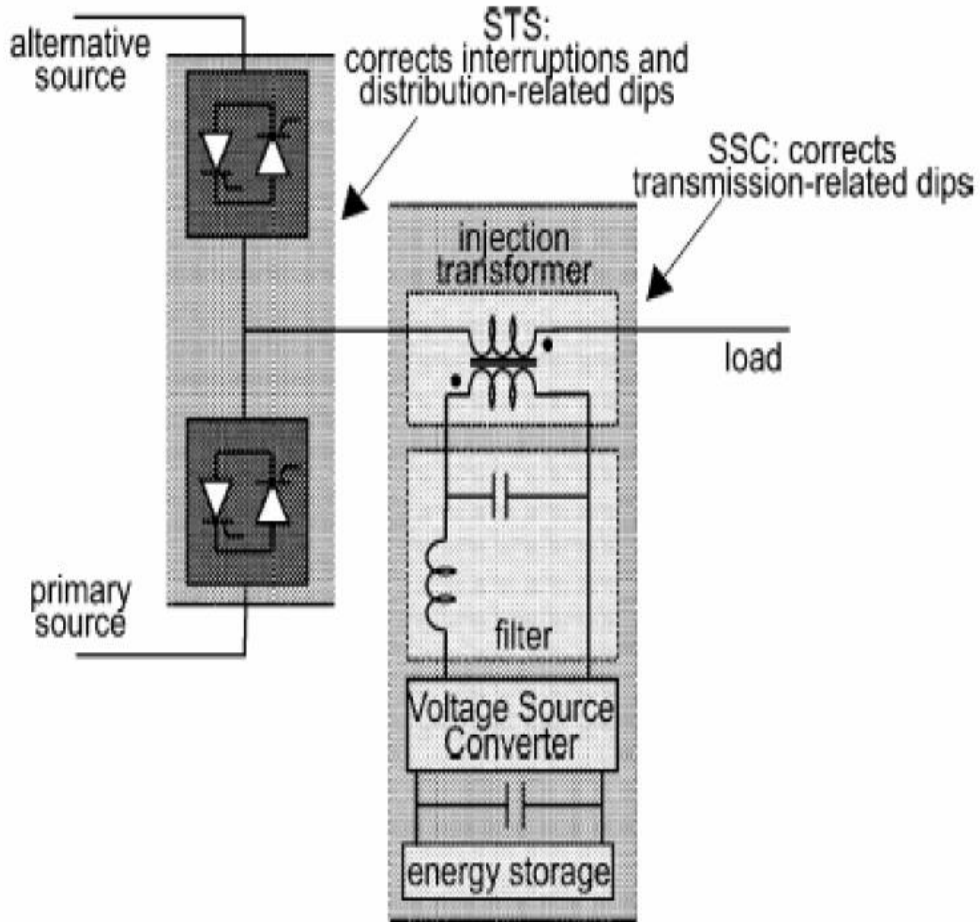
کلیدهای انتقال دهنده حالت جامد رایج‌ترین و پرکاربردتری تجهیز CPD در گروه تجهیزات نوع تغییردهنده آرایش شبکه هستند. این کلیدها که با نام کلید استاتیکی انتقال دهنده منبع<sup>۱</sup> نیز شناخته می‌شوند از سوئیچ‌های نیمه‌هادی قدرت برای انتقال بی‌وقفه بار به یک منبع یا فیذر جایگزین به منظور محافظت از بارهای حساس در برابر اغتشاشاتی از قبیل قطعی‌های آنی یا زودگذر، فرورفتگی یا برآمدگی ولتاژ یا خطا در فیذر تغذیه کننده استفاده می‌کنند. زمان انتقال می‌تواند بسیار اندک و در حد یک چهارم سیکل قدرت باشد. شکل (۱-۴۱) یک آرایش رایج برای استفاده از کلید استاتیک را نشان می‌دهد.

<sup>1</sup> -Static Source Transfer Switch



شکل (۱- ۴۱): یک آرایش رایج برای استفاده از کلید استاتیک

در شکل (۱- ۴۲) نمونه دیگری از کاربرد این فناوری که از ترکیب فناوری‌های کلید حالت جامد (STS) و جبران‌ساز استاتیکی سری (SSC) به دست آمده است را نشان می‌دهد. در این آرایش STS وظیفه مقابله با قطعی‌ها و افت ولتاژهای ایجادشده در اثر وقوع خطا در شبکه توزیع را به عهده دارد؛ درحالی‌که وظیفه SSC جبران افت ولتاژهای ناشی از خطاهای شبکه انتقال، که STS قادر به پوشش دادن آن نیست، هست. لازم به ذکر است که ماهیت افت ولتاژهای ناشی از خطا در شبکه‌های توزیع و انتقال متفاوت است. افت ولتاژهای ناشی از خطا در شبکه توزیع اغلب شدید و طولانی مدت هستند درحالی‌که افت‌های ناشی از خطا در شبکه انتقال معمولاً کوتاه مدت و سطحی هستند.



شکل (۱-۴۲): دیاگرام تک فاز ترکیب SSC و SSTS برای حفاظت همزمان بار در برابر

خطاهای توزیع و انتقال

## ۲- آینده پژوهی فناوری مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

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 بداند که به کجاها می‌تواند بروند (آینده‌های اکتشافی) و به کجاها باید بروند (آینده‌های هنجاری). 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.

یکی از پیش‌فرض‌های آینده پژوهی اذعان به وجود گزینه‌های متعدد آینده است، از این رو در ارتباط با فناوری تحت مطالعه باید بررسی کنیم که آیا در افق زمانی پیش‌رو، امکان ایجاد فناوری‌های جدیدی که فناوری تحت مطالعه را به حاشیه برود وجود دارد یا خیر. در ادامه با توجه به تقسیم‌بندی صورت گرفته در فناوری‌های مرتبط با توسعه شبکه توزیع کلانشهرها (فرایند، پست، خط و تولید) آینده پژوهی هر یک از فناوری‌های مرتبط بررسی می‌شود.

### ۲-۱- روش مورد استفاده (متدولوژی)

با توجه به ویژگی‌های خاص پروژه "تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" پس از بحث و تبادل نظر با مشاور محترم پروژه دو گزینه برای انتخاب روش انجام مطالعات آینده پژوهی مورد بررسی قرار گرفت.

روش اول رویکرد "سناریو پردازی" است. در این رویکرد ابتدا نیروهای پیشران (Driving Forces) در حوزه مورد مطالعه شناسایی می‌شوند. نیروهای پیشران در واقع عواملی خارج از محیط فناوری هستند که در جهت‌گیری مسیر آینده فناوری مورد نظر تاثیر گذار هستند. این نیروها باید دارای سه ویژگی اصلی اثرگذاری، عدم قابلیت کنترل و عدم قطعیت باشند. سپس بر اساس حالت‌های مختلفی که نیروهای پیشران می‌توانند داشته باشند سناریوهای مختلف طراحی شده و وضعیت آینده فناوری در هر سناریو بررسی می‌شود. به عنوان مثال اگر سه نیروی پیشران شناسایی شود و برای هر نیرو دو حالت مختلف را بتوان در نظر گرفت، مجموعاً هشت سناریو متفاوت ایجاد می‌شود.

روش دوم رویکرد "تحلیل روندها" است. در این روش با مطالعه تاریخچه و روند طی شده از ابتدای شکل‌گیری تا وضعیت فعلی فناوری موردنظر، روندهای آینده در حوزه فناوری با استناد به روند تحولات گذشته و با توجه به ملاحظات پروژه پیش‌بینی می‌شود.

پس از بحث و بررسی بین کارشناسان پروژه، مدیر محترم پروژه و مشاور محترم و با توجه به اینکه نیروهای پیشران اثرگذار در توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها (از قبیل میزان رشد بار، افزایش جمعیت، طرح‌های توسعه شهری، منابع مالی در دسترس برای سرمایه‌گذاری‌ها و غیره) از عدم قطعیت چندانی برخوردار نبوده و با دقت نسبتاً خوبی قابل پیش‌بینی هستند، رویکرد سناریوپردازی نامناسب تشخیص داده شد و لذا رویکرد تحلیل روندها برای این پروژه انتخاب گردید. در ادامه نظرات و پیشنهادات مشاور داخلی و ناظر محترم پروژه (آقای مهندس خسروی) نیز درباره متدولوژی پیشنهادی اخذ گردید و پس از جمع‌بندی موارد مطروحه متدولوژی پیشنهادی برای انجام مطالعات آینده‌پژوهی پروژه "تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" به شرح زیر تدوین گردید:

ابتدا بر اساس تقسیم‌بندی انجام گرفته در حوزه‌های فناورانه (شامل خط، پست، تولید و غیره) روند تحولات فناوری در هر حوزه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. سپس به بررسی ویژگی‌های خاص کلانشهرها و الزامات شبکه‌های توزیع برق در کلانشهرها می‌پردازیم. در مرحله بعد به مطالعه روندهای کنونی و آینده در برنامه‌های تامین برق و توسعه شبکه چند کلانشهر در سایر نقاط جهان پرداخته می‌شود و در نهایت از تلفیق نتایج به دست آمده از تحلیل روند حوزه‌های فناورانه، ویژگی‌های خاص کلانشهرها و وضعیت کنونی و آینده فناوری در سایر نقاط جهان، نتایج جهت‌گیری‌های احتمالی فناوری در آینده را مشخص خواهیم نمود.

## ۲-۲- تحلیل روندها

در این قسمت از مطالعات آینده‌پژوهی به بررسی روند طی شده تحولات در توسعه فناوری تجهیزات اصلی مورد استفاده در شبکه‌های توزیع شهری (حوزه‌های فناورانه) می‌پردازیم.

## ۲-۲-۱- روند تحولات فناوری‌های فرایند

در تقسیم‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها فناوری‌های فرایند شامل مطالعات سیستمی و بانک‌های اطلاعاتی است. با توجه به اینکه بخش توزیع صنعت برق در ارتباط مستقیم با سمت تقاضای انرژی الکتریکی قرار گرفته، لذا اهمیت این طراحی قابل تعمق و چشمگیر است. هدف نهایی از طراحی و کارکرد یک سیستم بزرگ و درهم‌تنیده، رساندن انرژی الکتریکی با ارزان‌ترین بهاء و بهترین کیفیت در شرایط ایمنی به مصرف‌کنندگان است. تحلیل، طراحی و کارکرد درست سیستم شبکه توزیع برق مستلزم دقت و توجه به نکات فراوان و روزبه‌روز تازه‌ای است که آن را از بخش‌های دیگر متمایز می‌کند [۲۲]. در حوزه فناوری فرایند در این قسمت روند تحولات نرم‌افزارهای مورد استفاده در انجام محاسبات شبکه‌های توزیع و همچنین سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### نرم‌افزارها

امروزه در راستای طراحی‌های نوین برای شبکه توزیع نرم‌افزارهای مختلفی برای محاسبات شبکه وجود دارد. یکی از قوی‌ترین این نرم‌افزارها Power Factory DIgSILENT است که مخفف Digital SimuLator for Electrical Network است. این نرم‌افزار یک ابزار شبیه‌سازی محاوره‌ای برای محاسبه و تحلیل رفتار سیستم‌های قدرت با اهداف طراحی و بهره‌برداری است. طراحی و توسعه این نرم‌افزار از سال ۱۹۸۵ توسط مهندسين و برنامه‌نویسان باتجربه در شرکت DIgSILENT GmbH آلمان آغاز شده است. جدول (۲-۱) جمع‌بندی‌ای از روند پیشرفت این نرم‌افزار از ابتدا تاکنون است. در بخش سیستم‌های توزیع Digsilent قادر است، شبیه‌سازی و تحلیل حفاظت سیستم‌های توزیع، سوئیچینگ خازنی، قابلیت اطمینان در بخش توزیع، محاسبات افت فشار power factory، بارگذاری خطوط، پروفیل بار، مشخصه‌سازی بارها، تعیین نقاط باز بهینه سیستم، نوع بارهای سیستم توزیع، تولیدات پراکنده، محاسبات اتصال کوتاه در بخش توزیع، محاسبات هارمونیک‌ها و کیفیت توان و ... را در بخش توزیع و به‌طور کامل انجام دهد [۲۳].



## جدول (۱-۲): سیر تکاملی DigSILENT [۲۴]

| سال ظهور | شرح   |
|----------|---|
| ۱۹۸۶     | اولین محصول تجاری برای سیستم‌عامل UNIX (Version 1.0-6.0)  |
| ۱۹۸۹     | اولین نسخه مناسب برای کامپیوترهای شخصی (Version 7.0)  |
| ۱۹۹۲     | اولین نسخه سازگار با Windows 3.1 و Windows NT (Version 9.0)   |
| ۱۹۹۳     | آغاز تغییرات ساختاری در طراحی نرم‌افزار با استفاده از (C++, object oriented data base, etc.)  |
| ۱۹۹۴     | اولین نرم‌افزار یکپارچه تجزیه و تحلیل سیستم قدرت برای ویندوز (Version 10.2) شامل: محاسبات پخش بار، تحلیل و محاسبات خطا و حوادث، پایداری RMS، واری عملکرد تجهیزات حفاظتی و تحلیل هارمونیک. |
| ۱۹۹۵     | نسخه سازگار با Windows 95 و Windows NT (Version 10.31) – آخرین نسخه بر پایه کد اولیه  |
| ۱۹۹۷     | انتشار مدل جامع کرنل متناسب برای سیستم‌های (۱،۲ و ۳ فاز) AC و DC  |
| ۱۹۹۸     | انتشار نسل جدید DigSILENT (Version 11) با قابلیت‌های: محاسبات پخش بار، تحلیل و محاسبات خطا و حوادث، پایداری RMS/EMT، واری عملکرد تجهیزات حفاظتی، تحلیل هارمونیک و محاسبات قابلیت اطمینان. |
| ۱۹۹۹     | ارائه DigSILENT PowerFactory Monitor (PFM/DSM) با قابلیت‌های: مانیتورینگ سیستم و ثبت خطا، محاسبه و شناسایی بار، نظارت بر شرایط اتصال و ...  |
| ۲۰۰۰     | تکامل قابلیت‌های Version 10.31 ( ساده‌سازی شبکه، بهینه‌سازی، قابلیت اطمینان، شبیه‌سازی حالت‌های گذرا الکترومغناطیسی و افزودن ویژگی‌های توزیع)   |
| ۲۰۰۱     | انتشار Power Factory Version 12.0   |
| ۲۰۰۳     | انتشار Power Factory Version 13.0   |
| ۲۰۰۸     | انتشار Power Factory Version 14.0   |
| ۲۰۱۳     | انتشار Power Factory Version 15.1   |
| ۲۰۱۵     | انتشار Power Factory Version 15.2.2   |

نسخه‌ی اخیر این نرم‌افزار (Power Factory Version 15.2.2) سری‌های موفق Power Factory را تکمیل می‌کند. این نسخه شامل رنج گسترده‌ای از قابلیت‌ها، مدل‌های جدید الکتریکی و توسعه مدل‌های موجود هست. در این نسخه توجه ویژه‌ای به بهبود عملیات‌های محاسباتی و شبیه‌سازی‌ها شده است. ویژگی‌های جدید مختلفی برای بهبود نتایج گرافیکی در این نسخه در دسترس قرار گرفته. با وجود قابلیت‌های تجزیه تحلیل و مدل‌سازی، این نسخه کاملاً برای استفاده در برنامه‌ریزی شبکه، شبکه‌های هوشمند و مطالعات ساخت و بهره‌برداری مناسب است [۲۵].

نرم‌افزار دیگر تحلیل سیستم‌های قدرت (PSS/E) Power System Simulator for Engineering است که از اولین نرم‌افزارهایی است که بر اساس GUI نوشته شده. این نرم‌افزار در سال ۱۹۷۶ انتشار پیدا کرد و شرکت Siemens در سال ۲۰۰۵ امتیاز آن را خریداری کرد. این نرم‌افزار دارای قابلیت‌هایی چون: محاسبات پخش بار، محاسبات اتصال کوتاه،

محاسبات شبیه‌سازی دینامیکی، پایداری سیگنال کوچک، واری عملکرد تجهیزات حفاظتی و تحلیل هارمونیک هست. برنامه (Siemens Network Calculator (SINCAL یک پکیج نرم‌افزاری با ابزارهای برنامه‌ریزی برای سامانه‌های برق و شبکه لوله‌های گاز و آب و ... است. این نرم‌افزار دارای توابعی در حوزه تحلیل سیستم‌های قدرت شامل پخش بار، اتصال کوتاه، شبیه‌سازی‌های دینامیکی در حوزه زمان، مقادیر ویژه و تحلیل مدل (integrated with PSS®NETOMAC) تحلیل هارمونیک، شبیه‌سازی‌های حفاظتی (integrated with PSS®PDMS)، قابلیت اطمینان و تحلیل احتمالات و تصادفات است. جدول (۲-۲) مروری بر پیشرفت‌های این نرم‌افزار در سال‌های اخیر دارد [۲۶].

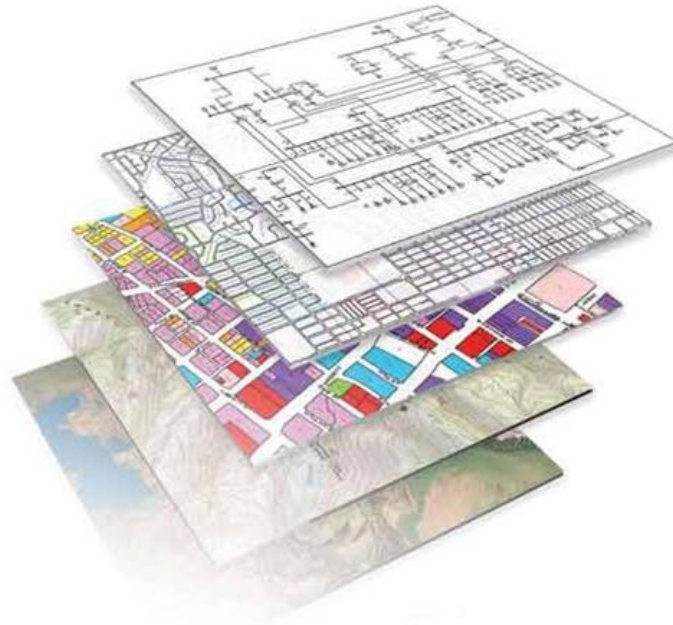
جدول (۲-۲): مروری بر پیشرفت‌های PSS SINCAL در سال‌های اخیر [۲۷-۳۲]

| سال  | عنوان                    | نمونه‌هایی از پیشرفت قابلیت  |
|------|--------------------------|--|
| ۲۰۰۹ | PSS SINCAL platform 6.0  | محاسبات قابلیت اطمینان، محاسبات پایداری، بهبود مدل‌سازی بار برای پخش بار، بهبود تحلیل احتمالات، محاسبات منحنی PV   |
| ۲۰۱۰ | PSS SINCAL platform 7.0  | رفتار عملیاتی پیشرفته برای عناصر شبکه، ساختار شبکه بهینه، هارمونیک‌ها، حفاظت، اتصال کوتاه  |
| ۲۰۱۱ | PSS SINCAL platform 8.0  | وجود نقشه همراه با تصاویر ماهواره‌ای، محاسبات کارایی اقتصادی، قابلیت بهینه‌سازی  |
| ۲۰۱۲ | PSS SINCAL platform 9.0  | شبکه‌های الکتریکی با فرکانس‌های مختلف، گسترش و توسعه بار، کاهش شبکه دینامیکی   |
| ۲۰۱۳ | PSS SINCAL platform 10.0 | پخش بار ۴ سیمه پیشرفته، تحلیل پیشرفته احتمالات، هماهنگی حفاظتی پیشرفته، کاهش شبکه، بررسی شرایط اتصالات، ارزیابی ISO برای نتایج هارمونیک‌ها، خروجی به صورت دیاگرام برای محاسبات قابلیت اطمینان، ...   |
| ۲۰۱۴ | PSS SINCAL platform 11.0 | توابع پیشرفته در حوزه ISO، بهبود احتمالات در پخش بار، پیشرفت‌هایی در ارتباط با شبکه‌های نامتعادل، بهبود ابزار ارزیابی اتصال کوتاه و حفاظت، ساختار شبکه بهینه و ابزار حفاظتی در شبیه‌سازی دینامیکی، محاسبه پیشرفته هارمونیک‌ها، توابع کنترلی پیشرفته برای ژنراتورها و منابع تولید |

### بانک اطلاعاتی GIS

در قرن بیستم گسترش سریع علم و تکنولوژی باعث تقاضای بیشتری برای نمایش سریع‌تر و دقیق‌تر حجم‌های بزرگ‌تری از اطلاعات جغرافیایی شد. تا قبل از به وجود آمدن کامپیوترها، داده‌های جغرافیایی به‌طور سنتی با استفاده از نقشه‌ها و به صورت نقاط، خطوط و سطوح ترسیم‌شده بر روی کاغذ یا فیلم، نشان داده می‌شدند. ایده استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌های رقومی که قابلیت هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی مختلف را داشته باشند، مدت‌ها قبل از

اختراع کامپیوتر بیان گردیده است و به اواسط قرن نوزدهم میلادی بازمی‌گردد. شکل (۱-۲) نمایشی از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی در سیستم‌های GIS است.



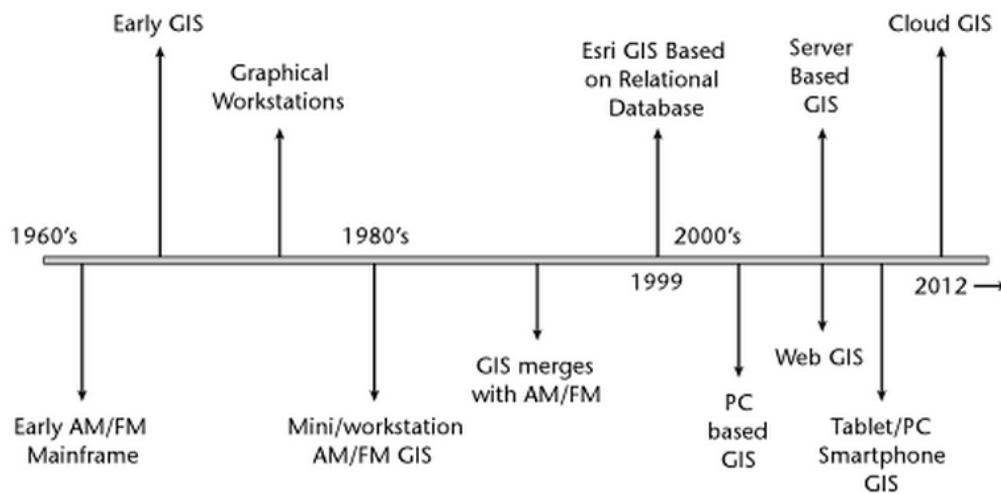
شکل (۱-۲): ذخیره اطلاعات به صورت لایه‌لایه در GIS [۳۳]

برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در آمریکا کاربر روی اولین سیستم اطلاعات جغرافیایی آغاز شد. در این سیستم‌ها عکس‌های هوایی، اطلاعات کشاورزی، جنگلداری، خاک، زمین‌شناسی و نقشه‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند. در سال ۱۹۶۴، GIS وارد دنیای عملی شد. این سیستم که آن را سیستم‌های جغرافیایی کانادا نامیدند در شهرهای اوتاوا و اونتاریوی کانادا به وسیله دانشمندی به نام روجر توملینون در زمینه انرژی، معادن و تحقیقات، وارد دنیای عمل شد. این سیستم برای نگهداری، آنالیز و کنترل داده‌های جمع‌آوری شده برای فهرست زمین کانادایی به کار می‌رفت و با نقشه‌هایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به کشاورزان در مورد کود کشاورزی، حیوانات وحشی، جنگلداری و ... کمک می‌کرد. CGIS، اولین سیستم پیشرفته نقشه‌کشی بود که دارای سیستم مختصات بین‌المللی بود. این سیستم خطوط توپولوژی و مشخصات آن‌ها را در فایل‌های جداگانه نگهداری می‌کرد. به تومیلتون لقب پدر GIS دادند چرا که وی از روش هم‌پوشانی برای تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی استفاده می‌کرد. سیستم CGIS تا آن زمان به عنوان منبع نقشه و مدیریت نقشه به کار می‌رفت و

به صورت تجاری در دسترس نبود [۳۴]. با عرضه نسل‌های جدید کامپیوتر و کاهش سریع قیمت آن روند توسعه سیستم‌های GIS سرعت بیشتری یافت.

همچنین در سال ۱۹۶۴، هوارد فیشر آزمایشگاهی را برای گرافیک‌های کامپیوتر و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی فراهم نمود. در دهه ۱۹۷۰ وی نرم‌افزارهای Autocad و سیستم‌های دیگری مثل (symap)، (Grid) و (Odyssey) که به پیشرفت تجاری نرم‌افزار GIS در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیق و ... کمک‌های شایان ذکری کردند را به خدمت گرفت. در اواخر دهه ۱۹۷۰ نیز نرم‌افزارهای دیگری مثل Autodesk، Esri، Mapinfo، Intergraph، General Electric به موفقیت CGIS کمک زیادی کرد [۳۵].

در دهه ۱۹۸۰ مینی کامپیوترها به بازار عرضه گردیدند و توسعه سیستم‌های پردازش تصاویر و ارتباط آن با GIS و توسعه پایگاه‌های داده‌ها به ویژه پایگاه داده شیء‌گرا از ویژگی‌های این دهه بود. در دهه ۱۹۹۰ سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در زمینه‌های نظیر محاسبات موازی، مدل‌سازی، تلفیق سنجش از دور و GIS، پایگاه داده‌های بسیار بزرگ و سیستم‌های هوشمند و استنتاجی (Deductive) حرکت کرده است. اواخر قرن ۲۰ سرعت رشد در انواع سیستم‌ها محکم‌تر شد و در نهایت یک رشد آزاد با منبع باز (از طریق اینترنت) برای GIS ایجاد گردید مثل Grass GIS و Quantun GIS که در دامنه‌ای از سیستم عملی حرکت می‌کنند [۳۴]. شکل (۲-۲) روند پیشرفت سیستم‌های GIS به واسطه ابزار مرتبط با آن را بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲): روند پیشرفت GIS و ابزار مرتبط با آن [۳۵]

در چند دهه اخیر، صنایع انرژی الکتریسیته به دنبال افزایش سریع تقاضا برای انرژی، سیستم‌های توزیع انرژی را توسعه داده است. از طرف دیگر، به دلیل توسعه مناطق شهری و افزایش مسایل زیست‌محیطی، انتخاب مکان مناسب برای خطوط جدید توزیع نیروی برق با محدودیت روبرو شده است. با استفاده از GIS، تحلیل‌هایی همچون انتخاب مکان‌های مناسب، یافتن بهترین مسیر، تحلیل‌های پروفیل (نیم‌رخ)، طراحی مهندسی دکل‌ها، سیم‌ها و برآورد هزینه امکان‌پذیر است. GIS به برنامه‌ریزان و مهندسان در تحلیل‌های زیست‌محیطی و مهندسی مکان‌یابی خطوط انتقال کمک خواهد کرد. در پی آن صنعت انرژی باید رابطه خود را با شمار زیادی از قطب‌های الکتریکی، مدارهای الکتریکی، خطوط انرژی و ترانسفورماتورها تنظیم کند. به همین علت به نظر می‌رسد که دست‌یابی به اطلاعات درمورد موقعیت، ولتاژ و توزیع الکتریسیته این تجهیزات اجتناب‌ناپذیر است [۳۶].

با وجود این، با استفاده از GIS، اطلاعات بر روی سیستم کامپیوتری که پایگاه داده را به نقشه متصل می‌کند بهتر سازمان‌دهی می‌شوند. همچنین GIS می‌تواند به‌آسانی اطلاعات را به‌روز کند و در نتیجه می‌تواند نیازهای مربوط به حفظ و نگهداری زیرساخت انرژی را در سطح گسترده برآورد کند. GIS به‌طور موثری می‌تواند اطلاعات مربوط به توزیع برق به مشتریان و ویژگی‌های هر مشتری از قبیل موقعیت مکانی و مصرف برق را مدیریت کند [۳۶].

هرچند نیاز به GIS و استفاده از آن در بخش انرژی، نسبت به سایر صنایع کمی متفاوت است، GIS می‌تواند به‌عنوان تکنولوژی اطلاعات در صنعت برق سودمند باشد. شرکت‌های برق، GIS را در مدیریت توزیع برق سودمند یافته‌اند. در دو دهه اخیر در بخش توزیع انرژی، ترکیب GIS با AM و FM تحول اساسی ایجاد کرده است. AM (تهیه نقشه به‌طور اتوماتیک) به صنایع برق کمک می‌کند تا به‌سرعت و با استفاده از امکانات رقومی نرم‌افزار از حوزه فعالیت‌های خود، نقشه‌های رقومی تهیه کنند. این نقشه‌های رقومی دربرگیرنده اطلاعاتی جزئی و مفصلی درباره منطقه‌ای است که توسط صنعت موردنظر سرویس‌دهی می‌شود. همچنین علاوه بر آن دارای اطلاعاتی در مورد موقعیت دقیق و اطلاعات مهندسی تجهیزات شبکه توزیع صنعت است که در منطقه استقرار یافته‌اند. FM (مدیریت تجهیزات) شامل نقشه‌های رقومی است که با استفاده از تمامی اطلاعات موردنیاز تهیه شده‌اند. این مورد می‌تواند برای برآورده کردن نیازهای مدیریت تجهیزات به کار گرفته شوند [۳۶].

AM/FM/GIS در زمینه انرژی برق برای موارد مطالعه، آنالیز و طراحی سیستم توزیع برق، حل مشکل طراحی سیستم تامین برق در مناطق مسکونی جدید در حال توسعه و پردازش خودکار (اتوماتیک) به‌منظور فراهم کردن و آرایه خدمات

باکیفیت بالا به مشتریانشان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بازسازی طراحی روند کار در صنایع برق و همچنین ترکیب کردن

GIS و GPS به منظور تهیه نقشه و آنالیز مدارهای توزیع برق از دیگر موارد است [۳۶].

کاربرد ویژه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مدیریت شبکه‌های برق را به شرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

الف- ذخیره‌سازی و سازمان‌دهی داده‌های طرح (نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی مربوط به آن‌ها)

● نقشه‌ها:

■ پلان شبکه برق

■ نقشه موقعیت ترانس‌ها، پایه‌ها و سایر اجزای شبکه

■ نقشه موقعیت مشترکین.

■ نقشه تقسیم‌بندی مناطق.

■ نقشه عمومی شهر (خیابان‌ها، عوارض شاخص)

■ نقشه پراکندگی جمعیت.

● اطلاعات توصیفی و رقومی:

■ جزئیات مشخص شبکه شامل:

○ سیم‌ها و کابل‌ها: قطر، جنس، نوع، تاریخ، نصب، تعداد مدار، شماره ترانس مربوطه.

○ ترانس: شماره ترانس، سال ساخت، سال نصب، ظرفیت، ولتاژ، آدرس.

○ مشترک (کتور): شماره اشتراک، نام مشترک، نوع اشتراک (تک فاز، سه فاز...)، نوع کتور، فاز تغذیه،

قدرت، آدرس.

○ ترانس: شماره ترانس، سال ساخت، سال نصب، ظرفیت، ولتاژ، آدرس.

○ پایه: طول، اندازه، تعداد مقره، نوع طرح، فونداسیون (بتنی، سنگ و خاک)

○ تراکم یا میزان جمعیت در نقشه تراکم جمعیت.

○ کدهای ناحیه در نقشه تقسیم‌بندی مناطق.

○ مشخصات عوارض شاخص شهر.

○ نام و مشخصات خیابان‌های شهر.

■ آرشیو سازمان یافته و منسجمی که با استفاده از داده‌های فوق در محیط GIS ایجاد می‌شود، بازیابی اطلاعات را هم در مرحله طراحی و هم در بهره‌برداری تسهیل می‌کند. این آرشیو، امکانات زیر را فراهم می‌آورد:

○ مدیریت نمایش اطلاعات موضوعی مختلف

○ انجام جستجوهای مکانی و توصیفی براساس پارامترهای موردنظر در واقع امکان بازیابی و نمایش

عوارض خاص با شرایط خاص در پروژه است. عارضه یا عوارض خاص می‌تواند برای مثال ترانس یا ترانس‌هایی با شرایط مشخص باشد.

■ امکان به‌هنگام سازی و به‌روزرسانی اطلاعات توصیفی و مکانی

■ تحلیل‌های آماری مرتبط با اطلاعات توصیفی

○ این امکان در مرحله طراحی در مواردی نظیر انتخاب گزینه و برآورد هزینه و در هنگام بهره‌برداری به دلایل مختلف از جمله تصمیم‌گیری در ارتباط با بهره‌برداری بهینه به کار خواهد آمد.

#### ب- تحلیل اطلاعات

وجود قابلیت‌های متنوع تحلیلی در نرم‌افزارهای معتبر GIS امکان انجام تحلیل‌های گوناگون را فراهم می‌آورد. امکان انجام تحلیل‌های مختلف در شبکه، تلفیق نقشه‌های موضوعی مختلف و اطلاعات توصیفی مربوط به آن‌ها با یکدیگر، امکان تلخیص نقشه‌ها، امکان حریم‌یابی و قابلیت‌های متعدد تحلیلی دیگر. GIS از دو جهت به کمک کارشناس طراح خواهد آمد:

۱- وجود این قابلیت‌ها به کارشناس طراح کمک خواهد کرد تا طرح‌های پیشنهادی را بررسی و آنالیز کرده و به کمک قابلیت‌های نیرومند بازیابی اطلاعات به "اگر"ها پاسخ گفته و تنگناها و مشکلات طرح را به سهولت ببیند و نهایتاً انتخاب مناسبی انجام داده و تصمیم مقتضی به عمل آورد. ضمناً گزینه‌های انتخاب‌شده می‌توانند به تنهائی از جهات مختلف بررسی شده و با لحاظ کردن پارامترهای طراحی در بانک اطلاعاتی GIS طراحی دقیق و مناسبی به عمل آید.

۲- گزینه‌های احتمالی مختلف از جهات اقتصادی و فنی به راحتی در محیط GIS قابل مقایسه‌اند، به همین جهت می‌توان از قابلیت‌های تحلیلی GIS جهت مقایسه گزینه‌ها و انتخاب گزینه مناسب به نحو مطلوبی استفاده کرد.

قابلیت تحلیلی GIS در مرحله بهره‌برداری کمک شایانی به بهره‌برداری بهینه از طرح خواهد کرد. اطلاعات

ذخیره شده در سیستم در زمینه‌های گوناگون در جهت بهره‌برداری بهینه از طرح به کار خواهد آمد. از جمله:

○ محاسبات، برآوردها و تحلیل‌ها

○ زمان‌بندی و کنترل مصرف برق در شرایط اضطراری

○ برآورد هزینه‌های اصلاح شبکه در یک منطقه موردنظر.

○ تعیین تعداد انشعابات منصوبه روی یک ترانس و امکان اتصال انشعابات دیگر.

○ تعیین نوسانات فصلی و روزانه در یک نقطه.

○ مشخص کردن مشترکینی در نتیجه خاموش کردن یک ترانس بی‌برق می‌شوند.

○ مشخص کردن ترانسی که یک مشترک یا بخشی از شبکه را تغذیه می‌کند.

○ مشخص کردن نزدیک‌ترین ترانس برای ایجاد انشعاب(های) جدید

○ تعیین مناطق مصرف غیرعادی.

○ شناسایی مشترکین پرمصرف.

○ شناسایی و اصلاح کنتورهای خراب یا دستکاری شده

○ ارزیابی توانایی تاسیسات موجود در خدمات‌دهی به‌طور کلی و پذیرش انشعاب‌های جدید و یا مشترکین

جدید.

○ شناسایی بدهی‌های بالای میزان معین و شناسایی و محاسبه کلی بدهی‌ها

درحالی‌که سابقه فناوری جی‌آی‌اس در کشورهای غربی از جمله کانادا و آمریکا به بیش از ۴۵ سال می‌رسد، فناوری GIS

در اغلب کشورهای جهان سوم بسیار جوان هست. از ویژگی‌های جی‌آی‌اس در کشورهای غربی هماهنگی بین فناوری و

آموزش و کاربرد آن است، درحالی‌که در کشورهای جهان سوم، ورود فناوری قبل از آموزش و مهارت‌اندوزی مربوط به آن

صورت می‌گیرد. در ایران، اولین مرکزی که به‌طور رسمی استفاده از سیستم اطلاعات مکانی را در کشور آغاز کرد سازمان

نقشه‌برداری کشور بود که در سال ۱۳۶۹ براساس مصوبه مجلس شورای اسلامی، عهده‌دار طرح به‌کارگیری این سیستم

شد. این سازمان نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ را تهیه نمود [۳۷]. جدول (۲-۳)

چگونگی شکل‌گیری GIS در جهان را از آغاز تاکنون به‌اختصار بررسی می‌کند.



## جدول (۲-۳): تاریخچه شکل‌گیری GIS [۳۴]

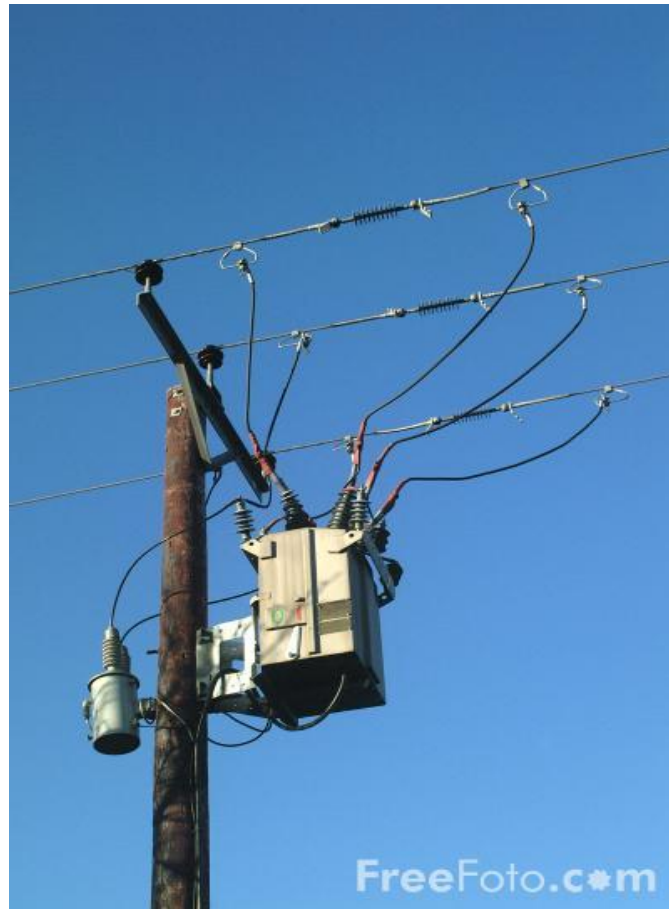
| سال ظهور | شرح  |
|----------|--|
| دهه ۱۹۶۰ | طراحی و اجرا اولین سیستم اطلاعات جغرافیائی در کانادا توسط دکتر توملینون جهت استفاده در زمینه مدیریت جنگل‌ها  |
| دهه ۱۹۷۰ | توسعه سیستم‌های CAD به سمت GIS و ارائه سیستم‌های تجاری GIS به بازار  |
| دهه ۱۹۸۰ | به‌کارگیری اولین نسل سیستم‌های GIS و توسعه سیستم‌های پردازش تصاویر و ارتباط آن با GIS و توسعه پایگاه‌های داده به‌ویژه پایگاه داده شی‌گرا و ذخیره اطلاعات به‌صورت لایه‌لایه           |
| دهه ۱۹۹۰ | نسل دوم GIS: عملکرد در محیط‌های شبکه‌ای به‌صورت Client-server حرکت در زمینه‌های نظیر محاسبات موازی، مدل‌سازی، تلفیق سنجش از دور و GIS، پایگاه داده‌های بسیار بزرگ و سیستم‌های هوشمند |
| دهه ۲۰۰۰ | نسل سوم GIS: ارائه خدمات از webGIS   |

## جمع‌بندی

در این بخش دو موضوع نرم‌افزارهای مورد استفاده در طراحی شبکه‌های توزیع و روند تحولات در شکل‌گیری و کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در طراحی شبکه‌های توزیع مورد بررسی قرار گرفت. مسائلی چون در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی جدیدتر و کارآمدتر در نرم‌افزارهای تخصصی نسل بعدی منظور خواهد شد. همچنین استفاده گسترده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در فرایند طراحی شبکه‌های توزیع آینده غیرقابل اجتناب است.

## ۲-۲-۲- روند تحولات پست‌های توزیع برق

در طراحی‌های متداول و سنتی شبکه‌های توزیع ترانسفورماتورهای توزیع به دو صورت در شبکه نصب می‌شدند: نصب بر روی پایه‌های برق (pole-mounted) و نصب بر روی زمین (ground-mounted) که ما در این گزارش از عناوین پست هوایی توزیع و پست زمینی توزیع برای این دو حالت استفاده می‌کنیم. به‌طور کلی در طراحی شبکه توزیع هرچه محل ترانسفورماتور به مصرف‌کننده نزدیک‌تر باشد، با حذف یا کوتاه‌تر شدن طول شبکه فشارضعیف مقادیر افت ولتاژ و تلفات در شبکه کاهش می‌یابد و قابلیت اطمینان شبکه نیز بهبود می‌یابد. لذا در نواحی با تراکم بار کمتر مانند نواحی روستایی یا نواحی حاشیه‌ای شهرها از ترانسفورماتورهای هوایی با ظرفیت‌های پایین استفاده‌شده و کابل سرویس مشترکین مستقیماً از ترانسفورماتور تغذیه می‌شد. این ترانسفورمورها با توجه به وزن و ابعاد کوچک بر روی یک پایه برق قابل نصب بودند (شکل ۲-۲).



شکل (۲-۳): ترانسفورماتورهای کوچک قابل نصب بر روی یک پایه

اما در صورت استفاده از این الگو در نواحی با تراکم بالا تعداد ترانسفورماتورها در ناحیه محدودی خیلی زیاد می‌شد که از نظر اقتصادی، ایمنی و الگوهای زیبایی شهری قابل قبول نبود. لذا گزینه مناسب برای این نواحی استفاده از پست‌های توزیع زمینی و نصب ترانسفورماتورهای با ظرفیت‌های بزرگ بود. در این حالت مشترکین قرار گرفته در یک ناحیه متراکم توسط یک شبکه فشار ضعیف زمینی یا هوایی به ترانسفورماتور قرار گرفته در پست زمینی متصل می‌شوند (شکل (۲-۴)).

با توسعه شبکه‌های توزیع یک حالت بینابین نیز ایجاد شد. در این حالت که بیشتر در شهرهای کوچک و یا نواحی مسکونی و غیرتجاری ایجاد می‌شود، وضعیت قرارگیری مشترکین چندان پراکنده نیست که امکان استفاده از ترانسفورماتورهای هوایی کوچک در نزدیک مصرف‌کننده وجود داشته باشد. همچنین در صورت استفاده از ترانسفورماتورهای با ظرفیت بالا برای تغذیه تعداد زیادی از مشترکین، طول شبکه فشار ضعیف زیاد شده و مسئله افت ولتاژ و تلفات تشدید می‌شود. در این حالت از ترانسفورماتورهای با ظرفیت متوسط (تا ظرفیت ۴۰۰ kVA) استفاده می‌شود و برای کاهش هزینه‌های احداث پست زمینی،

این ترانسفورماتورها به صورت هوایی و بین دو پایه نصب می‌شوند (شکل (۲-۵)). در این گزینه که در شبکه توزیع برق کشورمان به وفور مورد استفاده قرار گرفته است، اغلب از شبکه توزیع فشار متوسط هوایی برای تغذیه ترانسفورماتور و از شبکه توزیع فشار ضعیف هوایی برای تغذیه مشترکین استفاده می‌شود. با این حال استفاده گسترده از این الگو باعث گسترش شبکه‌های هوایی و برهم خوردن زیبایی فضای شهری می‌شود. از این منظر استفاده از شبکه‌های توزیع زمینی شامل خطوط توزیع زمینی و پست‌های توزیع زمینی در نواحی شهری ارجحیت دارد.



شکل (۲-۴): ترانسفورماتورهای قرار گرفته در پست زمینی توزیع

مسئله اصلی در توسعه خطوط زمینی توزیع هزینه بالای کابل و در توسعه پست‌های زمینی، توزیع هزینه بالای تامین زمین و فضای مورد نیاز برای احداث پست است. همچنین مدت زمان احداث و توسعه شبکه طولانی‌تر است. با این توضیحات می‌توان گفت در چند دهه اخیر روند تغییرات در فناوری‌های مربوط به پست‌های توزیع در جهت کاهش ابعاد و فضای مورد نیاز برای نصب و احداث پست‌های زمینی و تسریع در فرایند نصب و توسعه شبکه بوده‌است. پست‌های کیوسکی، پست پیش‌ساخته

کمپکت (Prefabricated compact substation)، پست‌های نصب‌شده بر روی سکو (Pad-mounted)، پست‌های هوایی با تابلو RMU و پست‌های زیرزمینی (دفنی و نیمه دفنی) در این راستا مطرح شده‌اند.



شکل (۲-۵): ترانسفورماتور قرار گرفته بین دو پایه در پست توزیع هوایی

ایده پست‌های کیوسکی جایگزینی ساختمان پست زمینی با کیوسک‌های فلزی به‌منظور کاهش مدت زمان ساخت پست بود. علی‌رغم ساخت سریع، این پست‌ها همچنان به زمین نسبتاً زیادی نیاز داشتند و هدف اصلی از احداث آن‌ها تصرف زمین موردنیاز برای احداث پست زمینی در آینده بود (شکل ۲-۶). اما مطرح شدن این پست‌ها باعث ایجاد ایده جدیدی به نام پست پیش‌ساخته کمپکت شد. پست پیش‌ساخته کمپکت به مجموعه‌ای شامل ترانسفورماتور توزیع، تابلوی فشار متوسط، تابلوی فشار ضعیف و کلیه اتصالات و تجهیزات حفاظتی مرتبط با آن‌ها اطلاق می‌شود که آزمون‌های نوعی مربوطه را گذرانده‌اند و همگی در یک محفظه قرار گرفته و وظیفه تامین ولتاژ فشار ضعیف قابل‌استفاده برای مصرف‌کننده را از ولتاژ فشار قوی شبکه بر عهده

دارند. این پست‌ها با توجه به ابعاد کوچک‌تر خود تا حد زیادی مشکل تامین زمین برای احداث پست زمینی را برطرف نموده و با توجه به پیش‌ساخته بودن مدت زمان موردنیاز برای احداث و توسعه شبکه را به شدت کاهش می‌دهند. این پست‌ها را به راحتی می‌توان در گذرگاه‌ها و اماکن عمومی، پست‌بام، بین طبقات و یا زیرزمین ساختمان‌های بلندمرتبه، ایستگاه‌های رادیویی و مخابراتی، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، فرودگاه و مترو نصب نموده و به صورت پست‌های عمومی و اختصاصی مورد استفاده قرارداد (شکل (۲-۷)).

برای کاهش بیشتر فضای موردنیاز برای احداث پست گزینه پست‌های سکویی (Pad-mounted) نیز مطرح شد. این پست‌ها در واقع فقط به عنوان ایستگاه تبدیل ولتاژ فشار متوسط به فشار ضعیف تعریف می‌شوند و تجهیزات آن‌ها در داخل یک محفظه فلزی با ایمنی کامل برای عبور قرار می‌گیرد. این پست‌ها بر روی یک سکوی بتنی متشکل از فونداسیون بتنی پیش‌ساخته و بر روی زمین یا کنار پیاده‌رو و یا در فضای سبز و سایر مکان‌ها قابل نصب است. در سمت فشار ضعیف این پست‌ها فقط کلید اتوماتیک نصب می‌شود و خروجی پست به تابلو توزیع که در فاصله حداقل بیست متری پست قرار دارد منتقل می‌شود. سادگی، ابعاد کوچک، سهولت و سرعت در نصب، ظاهر مناسب، عمر طولانی، عدم نیاز به سرویس و امکان طراحی زیبا و دلخواه با اتصال بلوک‌های استاندارد از ویژگی‌های این نوع پست‌ها هست.



شکل (۲-۶): پست توزیع کیوسکی

معرفی پست‌های پیش‌ساخته کمپکت و پست‌های سکویی ضمن سرعت بخشیدن به عملیات نصب و اجرای پست‌های توزیع، مشکل کمبود فضا برای احداث پست زمینی را نیز تا حدی برطرف نمود. باین‌حال در موارد خاص و بخصوص در اماکنی همچون مناطق تجاری و متراکم کلانشهرها که با محدودیت شدید در تامین زمین مواجه هستیم، ایده انتقال بخشی از تأسیسات یا همه پست به زیرزمین نیز به‌عنوان یک راه‌حل مطرح شده است. از دیگر مزایای پست‌های زیرزمینی در کلانشهرها، استقامت آن‌ها در برابر حوادث طبیعی مثل طوفان هست. گزینه‌های مختلفی در این راستا متناسب با میزان زمین در دسترس، جنس و وضعیت خاک و سایر پارامترهای تاثیرگذار مطرح می‌شود. یک گزینه احداث ساختمان پست به‌صورت دو طبقه و تقسیم تجهیزات پست توزیع بین طبقات است. بدین ترتیب با انتقال یکی از طبقات به زیرزمین، میزان فضای موردنیاز برای احداث پست به نصف تقلیل می‌یابد. در صورتی که مسئله تامین زمین بسیار حاد باشد می‌توان کل تأسیسات پست زمینی را به زیرزمین منتقل نمود. این نوع از پست‌ها تمامی تجهیزات یک پست زمینی مرسوم را دارا می‌باشند و دارای دریچه‌های آدرو و کانال تهویه هوا هستند. یکی از معضلات احداث این پست‌ها طولانی بودن عملیات اجرای ساختمان پست زیرزمینی است که در این‌صورت با استفاده از دیواره‌ها و فونداسیون‌های بتنی پیش‌ساخته می‌توان عملیات اجرای پست را تسریع نمود. باین‌حال فضای اشغال شده توسط پست در زیرزمین قابل توجه است.



شکل (۲-۷): پست پیش‌ساخته کمپکت

برای برطرف نمودن این نقیصه الگوی پست کاملاً زیرزمینی ارائه گردید که با استفاده از ترانسفورماتورهای دفنی قابل اجرا است. در این نوع پست زیرزمینی، دریچه آدمرو و کانال تهویه هوا وجود ندارد و تجهیزات پست کاملاً زیرزمین دفن شده‌اند. ترانسفورماتورهای دفنی به‌گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که امکان انتقال حرارت و خنک‌سازی در شرایط خاص دفن شده در زمین را دارا باشند. تفاوت اصلی این نوع پست‌ها با پست‌های زیرزمینی مرسوم در عدم وجود تابلو برق فشار متوسط است. در واقع ورودی ترانس از طریق کابل‌های زیرزمینی تامین می‌شود که به تابلوهای برق فشار متوسط دیگر پست‌های شبکه متصل است. استفاده از این نوع پست مستلزم انجام آزمایش‌ها و مطالعات دقیق مثل بررسی وضعیت خاک منطقه، آزمایش‌های گرمایی و... هست. در مجموع استفاده از این نوع پست‌ها در مقایسه با پست‌های دیگر پرهزینه‌تر است و فقط برای مناطق خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با ترکیب ایده پست‌های زیرزمینی و پست‌های پیش‌ساخته کمپکت، نسل جدیدی از پست‌های توزیع تحت عنوان پست‌های کمپکت نیمه دفنی و دفنی مطرح شدند. در نوع نیمه دفنی بخشی از پست کمپکت و در نوع دفنی تمام پست کمپکت در زیرزمین قرار می‌گیرد. شکل‌های (۲-۸) و (۲-۹) تصاویری از این نوع پست‌ها را نشان می‌دهند.



شکل (۲-۸): پست کمپکت نیمه دفنی



شکل (۲-۹): پست کمپکت دفنی

برخی از ویژگی‌های این نوع پست‌ها عبارت‌اند از:

↪ قابلیت نصب ترانسفورماتور هرمتیک

↪ ظرفیت ترانسفورماتور تا 630 KVA

↪ تعویض ترانسفورماتور از بالا

↪ ولتاژ نامی تا 24 KV

↪ قابلیت نصب تابلو کمپکت مدل GIS

↪ تحمل بار سقفی 5000 kg/m<sup>2</sup>

↪ حفاظت شده در برابر ورود آب‌های سطحی و سیلاب

همچنین امکان استفاده از بدنه بتنی پیش‌ساخته بجای بدنه فلزی نیز برای پست‌های کمپکت دفنی وجود دارد. یک نمونه

بدنه بتنی این نوع پست‌ها در حال نصب در زیرزمین در شکل (۲-۱۰) دیده می‌شود.





شکل (۲-۱۰): بدنه بتنی پست کمپکت زیرزمینی در حال نصب در جایگاه آن

با توسعه شبکه‌های توزیع زمینی، و در صورت وجود محدودیت‌های مکانی یا اقتصادی برای احداث پست زمینی، گزینه ترکیب پست هوایی توزیع با خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف زمینی مطرح شد و لذا پست‌های توزیع RMU برای سازگاری با این الگو مطرح شدند. پست هوایی با تابلوی RMU (واحد اصلی رینگ) به نوعی استفاده از ترکیب پست هوایی و شبکه زمینی است که ترانسفورماتور به صورت هوایی و تابلوی ۲۰ کیلوولت به صورت زمینی اجرا می‌گردد. کاربرد این نوع از پست‌های توزیع در مواردی است که شبکه فشار متوسط بصورت زمینی اجرا شده است ولی امکان نصب پست‌های زمینی ساختمانی به دلیل عدم تصرف زمین وجود ندارد. همچنین نصب پست‌های زیرزمینی، کیوسکی، کمپکت، سکویی، دفنی و نیمه دفنی نیز به دلیل عرض کم معبر و وجود تاسیسات زیاد در داخل زمین و یا هزینه بالا مقدر نیست. از طرفی نصب پست هوایی معمولی در کنار خیابان‌ها یا معابر اصلی با موانعی از جمله عدم رعایت حریم شبکه فشار متوسط، عدم رعایت مبلمان شهری و زون‌بندی و ... مواجه است. در اینحالت گزینه استفاده از ترانس هوایی با تابلوی فشار متوسط RMU مطرح شده است. ضمناً تابلوی فشار ضعیف این پست در مجاورت آن و در یک مکان مناسب نصب و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر فناوری جدیدی در ارتباط با پست‌های توزیع معرفی نشده است و کلیه پیشرفت‌های صورت گرفته محدود به بهبود عملکرد پست‌های موجود از منظر فنی و محیطی بوده است. در ادامه به دو مورد از پیشرفت‌های فوق اشاره شده است: **کد** در شرکت ABB نسل جدیدی از پست‌های کمپکت معرفی شده است که در دیواره آنها از الیاف شیشه تقویت شده پلی استر<sup>۱</sup> استفاده شده است. از مزایای ماده فوق می‌توان به استقامت و طول عمر بیشتر آن نسبت به بتن، ظاهری روشن شبیه استیل، و مقاوم بودن در برابر تغییرات آب و هوایی اشاره کرد. همچنین وزن کم و استقامت بالای تجهیز فوق، حمل و نقل آن را راحت کرده است.

**کد** در شرکت زیمنس، پیشرفت صورت گرفته در پست‌های کمپکت مربوط به تابلوهای برق بکار رفته در پست‌های فوق است. در این شرکت نسل جدیدی از تابلوها برای پست‌های کمپکت ارائه شده است که حجم آنها یک سوم مدل‌های مشابه است. تابلوهای فوق مطابق با استاندارد IEC 62271-200 ساخته شده اند و از لحاظ فنی مشابه دیگر مدل‌ها هستند.

مهم‌ترین تجهیز قرار گرفته در پست توزیع ترانسفورماتور توزیع است و لذا در بررسی روند تحولات پست‌های توزیع می‌توان روند تغییرات در ترانسفورماتور توزیع را نیز مورد توجه قرارداد. بطور سنتی در پست‌های توزیع از ترانسفورماتورهای روغنی دارای محفظه انبساط (conservator) استفاده می‌شود. در این ترانسفورماتورها روغن نقش عایق بین سیم‌پیچ‌ها با بدنه فلزی ترانسفورماتور و همچنین نقش سیال خنک‌کننده سیم‌پیچ‌ها و هسته را ایفا می‌کند. این ترانسفورماتورها فضای نسبتاً زیادی را اشغال می‌کنند و در صورت قرارگیری در فضای بسته به سیستم تهویه و خنک‌سازی نیاز دارند. علاوه بر آن نشت روغن باعث ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود و خطر اشتعال نیز وجود دارد. در راستای کاهش حجم این ترانسفورماتورها گزینه ترانسفورماتور هرمتیک مطرح شد که با حذف نیاز به محفظه انبساط باعث کاهش ابعاد ترانسفورماتور گردید. همچنین ترانسفورماتورهای خشک معرفی شدند که با تغییراتی در سیستم عایقی و خنک‌کنندگی ترانسفورماتور، نیاز به روغن در ترانسفورماتور کلا برطرف می‌شود. در همین راستا با اصلاح سیستم انتقال حرارت امکان ساخت ترانسفورماتورهای دفنی نیز فراهم گردید.

<sup>1</sup> -glass fiber reinforced polyester (GRP)

مورد دیگری که در روند تحولات پست‌های توزیع می‌توان مشاهده نمود، تغییرات رخ داده در حوزه اتوماسیون پست و توزیع است. در ابتدای شکل‌گیری شبکه‌های توزیع، عملیات پایش و نظارت بر عملکرد پست توزیع و اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی و غیرالکتریکی به صورت دستی و با حضور در محل پست انجام می‌گرفت. برای برطرف کردن عیوب و کاستی‌های فراوان این طرح‌های نظارتی سیستم‌های اتوماسیون معرفی شدند. طرح‌های اتوماسیون اولیه که تا قبل از دهه هفتاد میلادی مورد استفاده قرار می‌گرفتند شامل بخش‌های حفاظت پست و فیدر، کنترل پست با اندازه‌گیری و نمایش کمیت‌ها و یک سیستم کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده (SCADA) بودند. سیستم‌های کنترلی، حفاظتی، اندازه‌گیری و نمایش در این طرح‌ها تماماً از تجهیزات الکترومکانیکی استفاده می‌نمودند و بخشی به نام تابلوی کنترل برای قرار گرفتن این تجهیزات به ساختمان پست توزیع افزوده شد. با پیشرفت فناوری نیمه‌هادی‌ها و معرفی سیستم‌های دیجیتال طرح‌های اتوماسیون نیز دچار تحولات اساسی شدند. در سیستم‌های اتوماسیون نسل بعدی که تا به امروز نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند از تجهیزات دیجیتالی برای اندازه‌گیری، نمایش، حفاظت و کنترل پست استفاده می‌شود. همچنین استفاده از ریزپردازنده‌ها برای تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده و پیاده‌سازی الگوریتم‌های حفاظتی و کنترلی، باعث اضافه شدن قابلیت‌های جدیدی از قبیل تشخیص و تعیین محل خطا، خود چک کردن و ثبت وقایع به سیستم اتوماسیون پست گردید. با توسعه فناوری‌های ارزان قیمت مخابراتی و افزوده شدن رابط‌های مخابراتی به پست قابلیت انجام مانور و کنترل از راه دور نیز به اتوماسیون پست‌های توزیع افزوده شده است. قدم بعدی در پیشرفت فناوری پست‌های توزیع گذر از مفهوم اتوماسیون و ورود به عرصه پست هوشمند است. در این مفهوم جدید که در سالیان اخیر در حوزه شبکه‌های توزیع مطرح شده و تحقیقات برای بهبود آن همچنان ادامه دارد، با افزودن واحدهای کنترلی هوشمند امکان اتخاذ تصمیمات مناسب بصورت خودکار و هوشمند در مواجهه با حوادث، تغییرات و خرابی‌های رخ داده در پست و شبکه فراهم می‌گردد. علاوه بر آن همگام با ورود تکنولوژی‌های جدید مانند انرژی‌های نو، ذخیره‌سازها و ... به شبکه توزیع، ارائه راه‌حل‌هایی برای کنترل تجهیزات فوق در راستای اهداف شبکه توزیع شامل حفاظت مناسب، کاهش آلودگی و ... لازم و ضروری است و لذا این اهداف نیز در برنامه‌های هوشمندسازی پست گنجانده می‌شود.

## ۱-۲-۲-۲- جمع بندی

بررسی روند تاریخی تحولات نشان‌دهنده حرکت به سمت کاهش ابعاد پست‌های توزیع است. با توجه به معضل تامین زمین و فضای مناسب برای احداث پست، این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. لذا توجه ویژه به توسعه فناوری‌های پست‌های

کمپکت و فوق کمپکت و پست‌های کمپکت زیرزمینی ضروری است. کاهش بیشتر ابعاد این پست‌ها با پیشرفت در فناوری ساخت ترانسفورماتورهای کوچک‌تر و روش‌های عایق‌سازی، کاهش نیاز به تعمیر و نگهداری و تجهیز پست‌های کمپکت به الزامات شبکه‌های هوشمند آینده از مواردی است که در فناوری‌های نسل آینده پست‌های توزیع مورد توجه بیشتری قرار خواهد گرفت. علاوه بر آن در حال حاضر ایده حذف یا کاهش طول شبکه فشارضعیف با افزایش تعداد ترانسفورماتورهای توزیع به‌منظور کاهش تلفات و افت ولتاژ و بهبود قابلیت اطمینان شبکه نیز مطرح است. پیگیری این ایده منجر به حذف ترانسفورماتورهای با ظرفیت بزرگ و افزایش تعداد ترانسفورماتورهای با ظرفیت کوچک در شبکه خواهد شد.

بطور کلی در ارتباط با پست‌های توزیع، در سال‌های اخیر فناوری جدیدی معرفی نشده است و کلیه پیشرفت‌های صورت گرفته محدود به بهبود عملکرد پست‌های موجود از منظر فنی و محیطی بوده است. بیشتر پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری پست‌های توزیع در راستای اهداف زیر است [۳۸]:

↪ مانیتورینگ و کنترل از راه دور پست.

↪ کوچک بودن ابعاد و اشغال فضای کمتر پست‌های پیش ساخته کمپکت نسبت به پست‌های ساختمانی و در نتیجه اقتصادی بودن استفاده از آنها در جاهایی که قیمت زمین بالا است.

↪ سهولت انتقال، جابجایی و بهره‌برداری

↪ انعطاف پذیری در چیدمان اجزا و نحوه اتصالات در شبکه فشار متوسط و فشار ضعیف

↪ نیاز به حداقل کار ساختمانی در محل نصب

↪ سرعت عمل در نصب و راه اندازی

↪ سهولت در تغییر و تعویض قطعات

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت که فناوری پست توزیع در مرحله بلوغ از چرخه عمر می‌باشد و با توجه به نیازهای فعلی شبکه توزیع کلانشهرها، ارائه فناوری جدیدی که جایگزین فناوری‌های کنونی شود، امری دور از ذهن است، و در سال‌های آینده پیشرفت‌هایی که در این راستا صورت می‌گیرد در جهت بهبود عملکرد فناوری‌های موجود خواهد بود [۳۸].

## ۲-۲-۳- روند تحولات خطوط توزیع برق

اولین خط مورد استفاده برای تغذیه بارهای شهری در تاریخ صنعت برق، توسط توماس ادیسون برای تأمین روشنایی خیابانی در شهر نیویورک احداث شد. این خط از هادی مسی با یک لایه روکش ساخته شده بود و توان تولیدی ژنراتور جریان مستقیم را به محل لامپ‌ها منتقل می‌نمود. در سال‌های اولیه توسعه شبکه‌های برق اکثر خطوط احداث شده از نوع خطوط هوایی بوده و از هادی‌های لخت برای انتقال برق استفاده می‌شد. این خطوط دارای پایه‌هایی از جنس چوب بودند. خطوط هوایی توزیع از نظر هزینه‌های احداث، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری گزینه مناسبی بودند اما آسیب‌پذیری آنها در برابر حوادث طبیعی و غیرطبیعی از قبیل طوفان و یا خرابکاری، ایمنی پایین برای شهروندان و اشغال فضاهای مفید شهری از جمله عوامل محرکی بودند که زمینه ساز گسترش شبکه‌های توزیع زمینی یا کابلی گردیدند. مانع جدی در برابر توسعه شبکه‌های کابلی محدودیت‌های عایقی در ساخت کابل‌ها بود که با پیشرفت در صنایع کابل‌سازی ابتدا در سطح فشارضعیف و سپس با معرفی عایق XLPE در سطوح فشار متوسط و بالاتر این محدودیت برداشته شد و کمک شایانی به توسعه شبکه‌های توزیع زمینی در شهرها نمود. هرچند شبکه‌های توزیع زمینی از نظر ایمنی شهروندان، زیبایی شهری و امنیت بالاتر در مقابل خطاهای گذرا از وضعیت بهتری برخوردار هستند، با اینحال مواردی همچون هزینه‌های بالاتر سرمایه‌گذاری، هزینه‌های بالاتر تعمیر و نگهداری و همچنین مدت زمان طولانی‌تر یافتن محل وقوع خطا و رفع آن در مواجهه با خطاهای ماندگار باعث شده که این شبکه‌ها بطور کامل جایگزین شبکه‌های هوایی نشوند و در روند تاریخی توسعه شبکه‌های توزیع استفاده از هر دو گزینه در کنار یکدیگر مطرح بوده است به گونه‌ای که در حال حاضر برای تغذیه نواحی روستایی، مناطق صنعتی و نواحی حاشیه‌ای شهرها و بطور کلی در مناطقی که تراکم بار کمتر بوده و محدودیت تامین فضا و حریم وجود ندارد و از نظر مباحث مبلمان و زیبایی محیط مشکلی ایجاد نمی‌شود از خطوط توزیع هوایی استفاده می‌شود، درحالی‌که در مناطق تجاری و مناطق مسکونی متراکم شهری استفاده از خطوط توزیع زمینی ارجحیت دارد.

### ۲-۳-۱- خطوط هوایی توزیع

در روند توسعه خطوط هوایی توزیع شاهد تغییراتی در اجزاء این شبکه‌ها در راستای حداقل کردن معایب و کاستی‌های این شبکه‌ها بوده‌ایم و در این قسمت به بررسی این روندها در اجزاء این شبکه‌ها می‌پردازیم. مهمترین اجزاء خط توزیع هوایی که

در روند توسعه فناوری خطوط هوایی شاهد تغییرات اساسی در آنها بوده‌ایم هادی خط و پایه هستند. بدیهی است که سایر یراق آلات خط نیز در طی این روند متناسب با تغییرات ایجادشده در هادی و پایه تغییر کرده‌اند.

همانطور که پیشتر اشاره شد خطوط هوایی توزیع اولیه دارای پایه‌هایی از جنس چوب بودند و هنوز هم خطوط هوایی با پایه‌های چوبی در گوشه و کنار جهان به وفور مشاهده می‌شود. پایه چوبی به علت خاصیت عایقی مناسب و وزن پایین چوب، از نظر ایمنی گزینه مناسبی هستند، اما استحکام مکانیکی پایین و استهلاک نسبتاً بالا در مواجهه با عوامل جوی و محیطی مانند باد و باران و حشرات و جوندگان از ایرادات اصلی این پایه‌ها است. مسئله محیط زیست و کمبود چوب در مناطق خشک نیز باعث بالارفتن هزینه‌ها می‌شود. برای رفع این مشکلات پایه‌های بتنی معرفی شدند که تا حد زیادی کاستی‌های پایه‌های چوبی را برطرف نمودند. امروزه اکثر شبکه‌های توزیع هوایی در سطح کشور از پایه‌های بتنی استفاده می‌کنند. علی‌رغم مزایای قابل توجه، پایه‌های بتنی دارای کاستی‌هایی نیز هستند که انگیزه‌های لازم برای جستجو و تحقیق در بهبود ساختار و عملکرد آنها و یافتن جایگزین برای آنها را ایجاد می‌کند. به عنوان مثال در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب، در صورت عدم رعایت دقیق استانداردهای ساخت بتن، عمر مفید این پایه‌ها با کاهش قابل توجهی روبرو می‌شود. تصویر پایه‌هایی با فرسودگی و ریزش بتن بخصوص در قسمت‌های نزدیک به فنداسیون (به علت نفوذ رطوبت از سطح زمین) در مناطق شهری جنوب ایران به وفور دیده می‌شود. همچنین وزن بالای این پایه‌ها، هرچند باعث افزایش استحکام مکانیکی آنها در برابر طوفان می‌شود، اما در صورت سقوط پایه می‌تواند به خطری جدی برای سلامت شهروندان تبدیل شود. یکی از گزینه‌های مطرح برای جایگزینی پایه‌های بتنی استفاده از دکل‌ها یا پایه‌های فلزی است. استفاده از دکل‌های فلزی در شبکه‌های انتقال برق هوایی از دیرباز مرسوم بوده است اما در شبکه‌های توزیع به علت هزینه‌های زیاد و همچنین اشغال فضای بیشتر توسط سازه‌های فلزی مرسوم نبوده است. مشکل اشغال فضا با معرفی پایه‌های تلسکوپی که از ورق‌های فلزی با استقامت بالا ساخته می‌شوند برطرف شده است. این پایه‌ها در مقایسه با پایه‌های بتنی دارای وزن کمتر، نصب راحت‌تر، تعمیرپذیری بهتر، امکان جابجایی ساده‌تر و طول عمر مفید مناسبی هستند و در سطح شبکه‌های توزیع در مقیاس محدود در برخی مناطق جهان بکار گرفته شده‌اند. با اینحال پایه فلزی فاقد خاصیت عایقی بوده و در صورت بروز خطای اتصال هادی به بدنه پایه می‌تواند برای ایمنی شهروندان خطرآفرین باشد. لذا استفاده از آنها در شبکه‌های شهری مرسوم نشده است. گزینه دیگری که توجه زیادی را به خود جلب کرده است پایه‌های کامپوزیتی است. با توسعه دانش پلیمر و علم مواد امکان ساخت مواد کامپوزیت با قابلیت‌های مکانیکی و الکتریکی مناسب فراهم شده است. پایه‌های کامپوزیتی که از موادی با پایه پلیمری ساخته می‌شوند دارای وزن کم، استقامت

مکانیکی بالا، قابلیت هدایت الکتریکی کم (خاصیت عایقی مناسب) و ابعاد کوچک تری هستند و از مقامت بالایی در برابر نفوذ رطوبت، فرسایش، تابش فرابنفش خورشید، وزش باد و آسیب‌های ایجاد شده توسط حشرات و جوندگان برخوردارند. برخی از خواص پایه‌های بتنی، فلزی، چوبی و کامپوزیتی در جدول (۲-۴) مقایسه شده و برتری پایه‌های کامپوزیتی به وضوح قابل تشخیص است.

جدول (۲-۴): مقایسه برخی از خواص پایه کامپوزیت با سایر انواع پایه‌ها

| Property   | Steel    | Concrete       | Wood         | Composite               |
|--|----------|----------------|--------------|-------------------------|
| Density (pcf)  | 490      | 150            | 60           | 45                      |
| Mod. of Elasticity E (ksi)                               | 29,000   | 5,000 to 6,000 | 1800 to 1900 | 20, 000 – 22,000<br>*** |
| Expected Service Life (years)                            | 60 *     | 50             | 45 **        | 70 to 100               |
| Coefficient of Thermal Conductivity (BTU/hr/ ft/ in/ oF) | 25 to 40 | 10             | 0.8 to 1.2   | 5                       |

\* galvanized    \*\* treated    \*\*\* depending on manufacturing process

استفاده از پایه‌های کامپوزیتی نخستین بار در دهه شصت میلادی در شبکه‌های انتقال برق در ایالت هاوایی در ایالات متحده آمریکا تجربه شد و در دهه نود میلادی موارد متعددی از کاربرد این پایه‌ها در شبکه‌های توزیع و انتقال در آمریکا و کانادا گزارش شده است. یکی از ویژگی‌های جالب این پایه‌ها امکان استفاده از رنگدانه‌های صنعتی مختلف در فرایند ساخت پایه بدون آسیب رساندن به ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی آنهاست. لذا می‌توان پایه‌ها را با اشکال و رنگ‌های متنوعی تولید نمود که به بهبود زیبایی ظاهری پایه کمک می‌کند. پایه‌های کامپوزیت بصورت توخالی ساخته می‌شوند و امکان عبور دادن سیم مسی زمین از داخل پایه وجود دارد و لذا خطر دزدیدن سیم مسی نیز کاهش می‌یابد. در حال حاضر عامل اصلی که مانع استفاده وسیع بهره‌برداران از این پایه‌ها می‌شود قیمت تمام شده پایه است که حدود دو برابر پایه‌های چوبی و بتنی است. هرچند در صورت لحاظ کردن مزایای متعدد پایه‌های کامپوزیتی بخصوص طول عمر مفید بالا و هزینه‌های پایین تعمیر و نگهداری در قالب ارزیابی‌های اقتصادی، حتی در حال حاضر نیز این پایه‌ها قابلیت رقابت اقتصادی با سایر گزینه‌های موجود را دارند، اما با پیشرفت فناوری‌های تولید و کاهش هزینه‌های ساخت در آینده نزدیک قطعاً پایه‌های کامپوزیتی گزینه‌های بسیار جذباتری برای استفاده در شبکه‌های توزیع برق هوایی خواهند بود [۳۹].

هرچند از نظر تاریخی در نخستین خط توزیع برق جهان همانگونه که در قسمت قبل گفته شد از یک هادی مسی با یک لایه روکش استفاده شد، اما به علت محدودیت‌های تکنولوژیکی در ساخت هادی‌های روکشدار، در سال‌های ابتدایی توسعه شبکه‌های توزیع برق هوایی از هادی‌های مسی لخت استفاده شد. استفاده از هادی مسی لخت در خطوط هوایی فشار ضعیف که بصورت رشته‌های به هم تابیده ساخته می‌شود تاکنون نیز در شبکه‌های توزیع هوایی ادامه یافته است. به دلیل قیمت بالای مس، هادی‌های این خطوط بیشتر در خطر سرقت قرار دارند. با اینحال بدلیل برخی ویژگی‌های فلز مس از قبیل وزن بالا و نوسانات قیمت، در شبکه‌های توزیع فشارمتوسط از هادی آلومینیوم استفاده شد. هادی آلومینیوم از نظر مکانیکی نیاز به تقویت داشت و لذا از رشته‌های فولادی برای تقویت خواص مکانیکی هادی آلومینیومی استفاده گردید. در حال حاضر استفاده از هادی‌های آلومینیومی تقویت شده با فولاد بطور گسترده در سطح شبکه‌های هوایی فشارمتوسط مرسوم است و در شبکه‌های فشارضعیف نیز هادی‌های مسی در حال جایگزینی با هادی‌های آلومینیومی هستند. در ادامه این روند تلاش‌هایی برای بهبود ویژگی‌های الکتریکی و مکانیکی هادی آلومینیومی صورت گرفته و منجر به معرفی هادی‌های آلومینیومی تقویت شده با آلیاژ و هادی‌های تمام آلومینیومی شد که استفاده از آنها در شبکه‌های انتقال و توزیع رو به افزایش است.

استفاده از سیم هادی لخت در خطوط هوایی سبب بروز مشکلاتی در شبکه‌های توزیع می‌شود. برخورد شاخ و برگ درختان و یا سایر عوامل خارجی باعث وقوع حوادث گذرای زیادی در این شبکه‌ها شده و ایمنی خط را نیز کاهش می‌دهد. برای کاهش این مشکل از هادی‌های روکش‌دار (CC) در خطوط هوایی توزیع استفاده شد. عایق (روکش) در نوع CC برای تمام رده‌های ولتاژی فشار متوسط و سازه‌های متفاوت سیم یکسان بوده و به صورت یک لایه از جنس پلی اتیلن کراس لینک (XLPE) اجرا می‌شود. در این نوع از خطوط، هادی‌ها با ضخامت معینی از مواد عایق پوشیده می‌شوند. این هادی‌ها نسبت به خطاهای گذرا بین فازها و فاز به زمین نقش عایقی داشته و از قطع برق خطوط (ناشی از خطاهای گذرا) جلوگیری به عمل می‌آورند. با اینحال این نوع هادی‌ها قادر به استقامت در برابر خطاهای دائمی بین فازها و بین فاز و زمین نبودند و لذا نسل بعدی هادی‌های روکش‌دار تحت عنوان هادی‌های روکش‌دار ضخیم (CCT) معرفی شدند. عایق هادی‌های نوع CCT معمولاً بصورت دولایه هستند که لایه‌ی داخلی از جنس پلی اتیلن کراس لینک و لایه‌ی خارجی از جنس پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) ساخته می‌شوند. این هادی‌ها نسبت به خطاهای دائمی و مکرر بین فازها و فاز به زمین نقش عایقی داشته و از قطع برق (ناشی از خطاهای گذرا و دائمی) جلوگیری می‌نمایند. لایه‌ی خارجی عایق این نوع از هادی‌ها به رنگ مشکی بوده و در مقابل اشعه‌ی ماورای بنفش خورشید از مقاومت بالایی برخوردار است.



هرچند استفاده از هادی‌های روکشدار و هادی‌های روکشدار ضخیم باعث افزایش قابلیت اطمینان خطوط هوایی شد (با کاهش خطاهای گذرا و ماندگار حادث شده بر روی خط)، اما روکش مورد استفاده در این نوع هادی‌ها به عنوان عایق تلقی نمی‌شد و همچنان هوا به عنوان عایق اصلی بین فازها در این نوع از خطوط هوایی محسوب می‌شد. لذا فاصله عایقی مورد نیاز بین فازها همچنان نسبتاً زیاد بود و استفاده از شبکه هوایی را در مناطقی که با مشکل حریم و تأمین فضای مورد نیاز برای عبور هادی مواجه هستند دچار مشکل می‌نمود. برای حل این مشکل خطوط هوایی با کابل فاصله دار (ACS) معرفی شدند. هادی‌های این نوع از خطوط دارای یک لایه‌ی نیمه هادی و دو لایه‌ی عایقی است که لایه‌ی عایق داخلی از جنس پلی اتیلن کراس لینک و لایه‌ی خارجی از پلی اتیلن با دانسیته‌ی بالا هست. در واقع این نوع هادی‌ها، همان هادی‌های CCT با لایه‌های پلی اتیلن کراس لینک ضخیم‌تر هستند. این کابل‌ها توسط نگهدارنده‌های مخصوص که عموماً از جنس پلی اتیلن می‌باشند، در فاصله معینی از یکدیگر نگه داشته می‌شوند. با توجه به آرایش خاص این نوع از هادی‌ها، شبکه‌هایی که با آنها اجرا شده، دارای مزایایی از جمله کاهش فضا و کریدور مورد نیاز برای اجرا بوده و گزینه‌ی مناسبی برای احداث شبکه‌های فشار متوسط (در مناطقی که مشکل حریم باعث ایجاد مشکل در احداث شبکه شده) به شمار می‌روند.

خطوط هوایی با کابل‌های فاصله‌دار مشکل حریم و فضای مورد نیاز را تا حدی کاهش می‌دهند، ولی به علت نیاز به نگهدارنده‌ی خاص و سیم نگهدارنده، هزینه‌های تمام شده‌ی این نوع شبکه‌ها، تا حدودی بیشتر از خطوط هوایی با هادی‌های CC و CCT هست و اجرای آنها نیز سخت‌تر بوده و نیاز به تجهیزات خاص دارد. همچنین فاصله معینی بین هادی‌های فازها باید وجود داشته باشد و به قابلیت عایقی هوا در بین فازها همچنان نیاز است. در مواردی که فضای موجود برای عبور هادی‌های خطوط هوایی بسیار محدود باشد، این نوع از خطوط نیز پاسخگو نیست و لذا گزینه استفاده از کابل‌های خودنگهدار مطرح شد. در این نوع از خطوط هوایی با هادی روکشدار، روکش هادی دارای خاصیت عایقی کافی بوده و می‌توان با حذف فاصله هوایی بین فازها، هادی‌های سه فاز را کاملاً در کنار یکدیگر قرارداده و حتی به دور یکدیگر تابید. علاوه بر مزایای مطرح شده در مورد هادی‌های روکش‌دار، کابل‌های خودنگهدار دارای مزایای دیگری از قبیل امکان نصب خطوط جدید کابل خودنگهدار در کنار خطوط قبلی بر روی پایه‌ی موجود، امکان نصب کابل خودنگهدار فشار ضعیف، فشار متوسط و خطوط تلفن فیبر نوری بر روی پایه‌ی مشترک، راحت‌تر بودن ترمیم تیرشکستگی و رفع اتفاقات در خطوط دارای کابل خودنگهدار (در مقایسه با خطوط هوایی معمولی و استمرار در ارائه خدمات به مشترکین)، امکان زیباسازی شهری با توجه به امکان عبور کابل‌های خودنگهدار از بین درختان واقع در مسیر شبکه و عدم امکان استفاده‌های غیر مجاز از شبکه‌ی برق نیز می‌باشند.

## ۲-۲-۳-۲- خطوط زمینی توزیع

ویژگی اصلی خطوط توزیع زمینی استفاده از هادی کاملاً عایق شده (کابل) به جای هادی لخت و یا هادی روکش شده، و همچنین قراردادن هادی در زیر زمین به جای عبور دادن آن از فضای باز است. لذا در روند توسعه فناوری خطوط توزیع زمینی باید مواردی چون روند توسعه فناوری‌های ساخت کابل‌های قدرت، ویژگی‌های محل قراردادن کابل و میزان استفاده از شبکه توزیع زمینی نسبت به شبکه توزیع هوایی را مورد بررسی قرارداد.

اندیشه تولید کابل در سال ۱۸۷۶ با استفاده از روکش لاستیکی به مرحله اجرا درآمد. در این مرحله چند رشته سیم مسی را به هم تابیده و با نوعی کائوچوی طبیعی به نام «گوتاپرچا» (Guttapercha) روکش می‌کردند. در سال‌های نخست دهه ۱۸۸۰ کابل‌هایی ساخته شد که با مواد نفوذناپذیر در برابر آب عایق و روکش شدند. این کابل‌ها در خطوط فشار ضعیف قابل استفاده بودند. در آن زمان، فرآیند ساخت کابل بدین شکل بود که ابتدا یک ماده عایق با خاستگاه گیاهی را به دور رسانا پیچیده آن را در دمای ۱۳۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد خشک و سپس آن را با مواد روغنی، رزین یا موم اشباع می‌کردند و سرانجام با سرب روکش می‌نمودند. اما در سال ۱۸۸۷ شیمی‌دانها از راه سنتز مواد عایقی جدید موفق به تهیه ماده‌ای به نام باکلیت شدند که ارزان‌تر از لاستیک بود. بدین ترتیب شبکه‌های زمینی با ولتاژ بالاتر نیز جای خود را باز کردند به طوری که در سال ۱۸۹۸، نخستین کابل ۱۰ کیلوولت سه رشته‌ای، برای یک شبکه برق متناوب سه فاز ساخته شد.

همراه با روند تکمیلی ساخت کابل که پیوسته ادامه داشت، در سال ۱۹۳۵، یک کارشناس سوئیسی به نام بورل (Borel) با قراردادن دو الکتروود در داخل روغن و با گذاشتن لایه‌های مختلفی از کاغذهای عایق در میان دو الکتروود ولتاژ شکست این مواد را اندازه‌گیری کرد و نشان داد که با بهبود شرایط ساخت، کیفیت عایق‌های کاغذی بالا می‌رود و می‌توان آنها را در ولتاژهای بالاتر به کار گرفت. با این پیشرفت‌ها ساخت کابل‌های با ولتاژ بالاتر روز به روز گسترش یافت و با بهره‌گیری از مواد دیگری مانند PE, PVC, EPR کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط یا کیفیت‌های عایقی بالا ساخته شد و زمینه برای گسترش شبکه‌های توزیع زمینی فراهم گردید.

در سال ۱۹۵۳، برای نخستین بار کابل خشک با عایق پلی‌اتیلن کراس لینک (XLPE) در کارخانه «جنرال الکتریک» ساخته شد. عایق پلی‌اتیلن کراس لینک (پخته یا ولکانیزه شده) ماده‌ای است که در پی واکنش «شیمیایی - گرمایی» از ماده پلی‌اتیلن گرما - نرم به وجود می‌آید. این ماده از نظر ساختاری به مواد گرما - سخت (Thermoset) بسیار نزدیک

است. با این ماده جدید بود که امکان ساخت کابل‌هایی با ولتاژهای بسیار بالا فراهم آمد. از همین روی امروزه ساخت کابل‌های فراتر از ۵۰۰ کیلوولت نیز امکانپذیر شده است.

بررسی روند استفاده از کابل نمایانگر آن است که ساخت و بهره‌برداری از کابل‌های کاغذی روغنی فشار قوی همواره با دشواری‌هایی چند همراه بوده است ولی امروزه با بهره‌گیری از مواد پلیمری (بسیاری) به ویژه XLPE که قابلیت‌های فراوانی دارد، برخی از این دشواری‌ها از میان رفته است به طوری که ادامه بهره‌گیری از کابل‌های روغنی فشارقوی، دیگر توجیه ویژه‌ای ندارد. از سویی کابل‌های خشک مزایای بسیاری نسبت به کابل‌های روغنی (کاغذی) دارند که مهمترین آنها سادگی ساخت، آسانی کابل‌کشی و بهره‌برداری است. کابل‌های پلی‌اتیلن کراس لینک (XLPE) با پیشینه‌ای نزدیک به نیم قرن ساخت و کاربرد، به استانداردهای بالایی دست یافته‌اند و با نام‌های بازرگانی گوناگونی، در بسیاری از کارخانه‌های جهان ساخته می‌شوند.

به موازات پیشرفت در فناوری عایق کابل‌ها، در سایر بخش‌های کابل نیز تغییراتی صورت گرفت و با توسعه مواردی از قبیل حفاظ‌گذاری (shielding)، استفاده از زره‌های آلومینیومی و سازگارسازی تدریجی رساناهای آلومینیومی برای کابل‌های فشارضعیف و فشارقوی، زمینه برای استفاده هرچه بیشتر از کابل‌ها در شبکه‌های توزیع فراهم گردید به طوری که امروزه کاربران مختلف کابل‌های فشارضعیف و فشارمتوسط را با اطمینان خاطر در شبکه‌های زمینی به کار می‌برند. برای ارائه تصویر روشنی از روند پیموده شده و به منظور آشنایی با رویدادهایی که در تکامل صنعت کابلسازی از اهمیت برخوردار بوده‌اند در جدول (۲-۵) به کوتاهی به برخی از مهمترین رخدادها و تاریخ این تحولات اشاره می‌شود.

در طراحی کابل‌ها و شبکه‌های کابلی و انتخاب نوع کابل در نقاط مختلف جهان تفاوت‌هایی دیده می‌شود. این تفاوت‌ها در زمینه ساخت کابل‌های توزیع خیلی اساسی نیستند. استانداردهایی نیز که برای کابل‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند همواره یکسانند و تفاوت‌های اساسی آنها به سبب اختلاف در دستگاه یکاهای آنهاست.

اما در روند تاریخی استفاده از کابل‌ها و شبکه‌های توزیع زمینی، کشورهای جهان را می‌توان به دودسته تقسیم کرد: کشورهایی که از روش طراحی بریتانیا و اروپا پیروی می‌کنند و آنهایی که با روش طراحی در ایالات متحده آمریکا سازگارند. کشورهایی چون فیلیپین یا کشورهای آمریکای جنوبی که از نظر اقتصادی وابسته به آمریکا هستند، از روش‌های طراحی متداول در ایالات متحده آمریکا سود می‌برند. وجه مشخصه شبکه‌های توزیع این کشورها آن است که در نواحی شهری، صرف‌نظر از مفهوم نسبتاً « شبکه توزیع زیرزمینی » (U.D.N) قسمت عمده شبکه‌های توزیع بصورت هوایی است و زمینی

کردن شبکه‌ها، تنها در نواحی پر بار که مساحت کمی دارند و یا بیشتر در قسمت‌های مرکزی شهرها و کلانشهرها انجام گرفته است. حتی در چنین شهرهایی نیز مفهوم شبکه زمینی، با مفهوم رایج آن در کشورهای اروپایی بسیار متفاوت است، برای نمونه بیشتر از کابل‌های تک رشته‌ای سود می‌برند و آنها را از درون یک کانال عبور می‌دهند. همچنین از همان گام‌های نخست سازندگان آمریکایی همواره عایق‌های لاستیکی را بر عایق‌های کاغذی ترجیح می‌دادند و هیچگاه به گستردگی اروپا از عایق‌های کاغذی استفاده نکردند. ورود عایق‌های گرما - نرم (Thermoplast) و گرما - سخت (Thermoset) به صورت تولیدات عظیم صنایع شیمیایی آمریکا موجب گسترش کابل‌های تک رشته‌ای با عایق پلیمری گشت و این خود منجر به تغییراتی شد که به گونه‌ای روزافزون در سراسر جهان رواج یافت.

اما در روش بریتانیایی - اروپایی، از دیرباز در نواحی مسکونی بیشتر از کابل‌های توزیع زمینی سه فاز استفاده شده است و همواره از به کارگیری دکل‌ها، سیم‌ها و ترانسفورماتورهای هوایی که در معرض دید باشند پرهیز شده است. با اینحال در سال‌های اخیر استفاده از شبکه‌های انتقال هوایی در ایالات متحده آمریکا نیز به سرعت در حال منسوخ شدن است و به دلیل مشکل زیست محیطی و مسائل زیبایی شناختی شهری، شبکه‌های هوایی در مناطق مسکونی به سرعت با شبکه‌های زیرزمینی جایگزین گردیده‌اند [۴۰].

### جدول (۲-۵): تاریخچه پیشرفت در صنعت کابل‌سازی

|          |  |
|----------|--|
| سال ۱۹۴۹ | آغاز به کارگیری کابل‌های بدون نشت و اشباع شده با روغن برای غلبه بر مشکل نشت روغن - رزین در کابل‌هایی که در شیب نصب می‌شدند.  |
| دهه ۱۹۵۰ | (ا): استفاده بازرگانی از P.V.C و دیگر عایق‌های گرما - سخت (Thermoset) به عنوان عایق در کابل‌های توزیع و همچنین استفاده از P.V.C برای کابل‌های فشار ضعیف که در انتهای این دهه آغاز شد.<br>(ب): توسعه موفقیت آمیز زره‌های آلومینیومی، نخست برای کابل‌های زیر فشار و سازگاری تدریجی رساناهای آلومینیومی برای کابل‌های فشار ضعیف و فشار قوی<br>(پ): ساخت کابل ۲۷۵ کیلوولتی (۱۹۵۴) و استفاده عملی از آن در سال ۱۹۵۹ |
| دهه ۱۹۶۰ | (ا): به دنبال استفاده مشترک از کابل‌های نول و زمین تغییر صرفه جویانه چشمگیری در شبکه توزیع پدید آمد.<br>(ب): کابل ارتباطی جریان مستقیم ۱۰۰ کیلوولتی میان انگلیس و فرانسه در ۱۹۶۱ گشایش یافت.<br>(پ): ساخت نخستین کابل ۴۰۰ کیلوولتی و بهره‌برداری از آن در سال ۱۹۶۹   |
| دهه ۱۹۷۰ | (ا): گسترش سریع استفاده از عایق‌های گرما - سخت (Thermoset) که به سرعت جایگزین کاغذ شدند: برای ولتاژهای بالاتر.<br>(ب): آغاز بهره‌برداری آزمایشی از پلی‌اتیلن (Polyethylene) و XLPE به عنوان جایگزین احتمالی کاغذ و کابل‌های فشار قوی و موفقیت در این زمینه   |
| دهه ۱۹۹۰ | طراحی کابل با توجه به شرایط محیطی (رطوبت، دما، مواد شیمیایی، جنس خاک و ...)  |

|          |   |
|----------|---|
| دهه ۲۰۰۰ | ساخت کابل های ابررسانا دما بالا (HTC) <sup>۱</sup> تا طول ۵۰۰ متر |
| دهه ۲۰۱۰ | بهینه سازی کابل های HTC از بعد فیزیکی و الکتریکی                  |

## ۲-۲-۳- جمع بندی

روند تاریخی تحولات خطوط توزیع حاکی از کاهش تدریجی نسبت احداث شبکه هوایی به شبکه زمینی در کلانشهرها است. با توجه به معضل تأمین حریم و زیبایی شهری این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. علاوه بر آن توجه ویژه به کابل‌های خودنگهدار و توسعه فناوری خط گرم در شبکه‌های توزیع شهری آینده اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. این موضوع در بررسی برنامه‌های کلانشهرهای بزرگ جهان نیز دیده می‌شود. با توجه به این موارد، کاهش وزن و ابعاد کابل‌های زمینی و خودنگهدار با پیشرفت در زمینه‌های طراحی کابل، نوع هادی و معرفی عایق‌های جدید و همچنین توسعه ماشین‌آلات و فناوری‌هایی که عملیات احداث، نصب و تعمیر و نگهداری این نوع خطوط را تسهیل و تسریع نمایند در اولویت آینده فناوری خطوط توزیع در کلانشهرها قرار دارد.

همچنین با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت های قبل، می‌توان گفت در آینده عمده کارهایی که در فناوری خطوط توزیع صورت می‌گیرد، در راستای بهبود هزینه، کارایی و عملکرد تجهیزات کنونی است. برای نمونه در ارتباط با پایه‌های برق همانطور که اشاره شد، آخرین تجهیز معرفی شده، پایه‌های کامپوزیتی است که با وجود مزیت‌های فراوان دارای هزینه‌ی بالایی هستند، از این رو کاهش هزینه پایه‌های فوق از جمله اقداماتی است که در آینده بایستی مورد توجه قرار گیرد.

همچنین، از کابل‌های خودنگهدار بعنوان آخرین تحول صورت گرفته در خطوط هوایی یاد شد. کابل‌های خودنگهدار از جنبه‌های مختلفی برای شبکه مفید هستند، اما همچنان دارای معایبی چون عیب یابی مشکل و زمان‌بر در آنها، و انشعاب‌گیری سخت از این شبکه‌ها می‌باشند. از این رو در آینده بایستی فناوری جدیدی ارائه گردد که علاوه بر دارا بودن مزایای کابل‌های خودنگهدار، معایب آنها را هم برطرف سازد.

در ارتباط با خطوط زمینی، افزایش طول و ظرفیت کابل‌های HTC از جمله اقداماتی است که در آینده مورد توجه قرار

خواهد گرفت [۴۱].

<sup>۱</sup>. -high temperature superconducting cable (HTC cable)

## ۲-۲-۴- روند تحولات فناوری‌های تولید

در میان فناوری‌های معرفی شده در سطح تولید، روند تحولات صورت گرفته در راستای توسعه فناوری‌هایی بوده است که به افزایش راندمان کاری، کاهش تاثیرات منفی بر روی شبکه، بهبود طراحی تکنولوژی و استفاده گسترده‌تر از گزینه‌های تولید در شبکه منجر گردند. در این بخش از گزارش، روند تحولات فناوری‌های مرتبط با تولید در دو زیرگروه انرژی‌های تجدید پذیر و تولید پراکنده متداول مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۲-۲-۴-۱- انرژی‌های تجدید پذیر

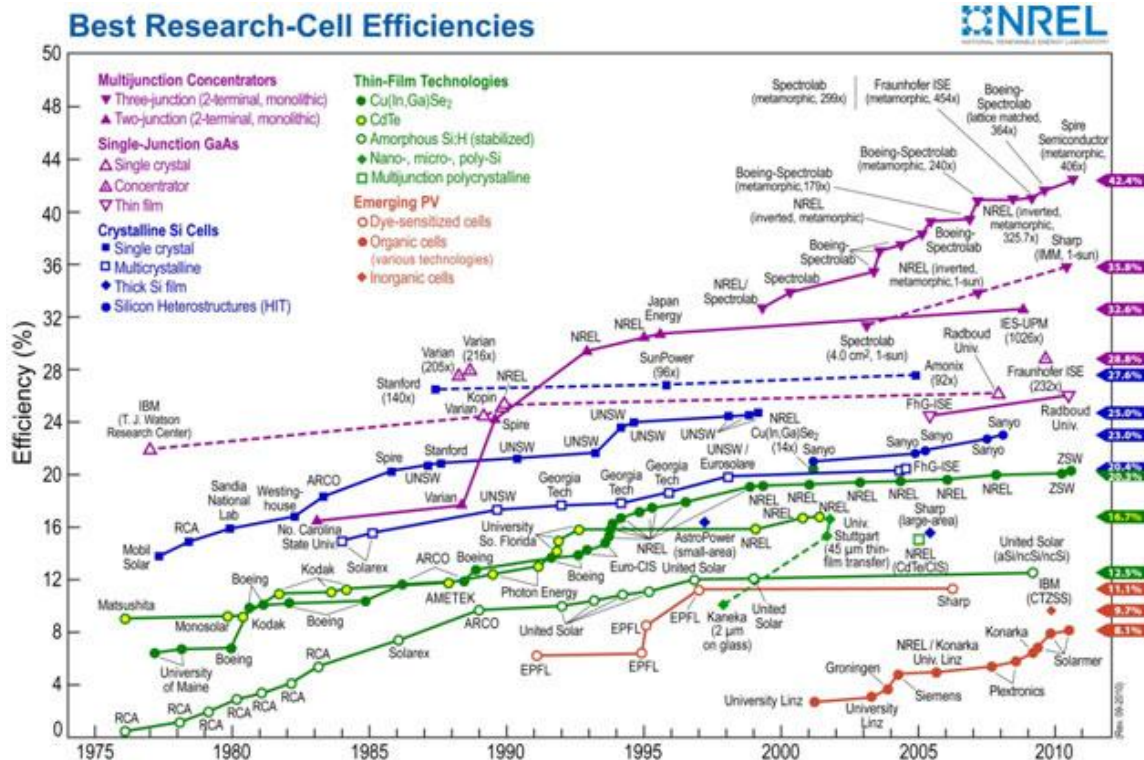
پس از وقوع بحران جهانی نفت در دهه ۷۰ میلادی، کشورهای صنعتی و پیشرفته جهان به این نتیجه رسیدند که نباید تنها بر یک منبع تأمین انرژی، یعنی سوخت فسیلی اعتماد و تکیه نمایند. در نتیجه تنوع بخشیدن به منابع تأمین انرژی به‌عنوان یکی از اصول راهبردی کشورهای مذکور در آمد. انرژی‌های نو (باد، خورشید، زمین‌گرایی، زیست‌توده، هیدروژن) به دلیل رایگان بودن منبع انرژی و نیز جنبه‌های مثبت زیست‌محیطی آن به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین انرژی کشورهای پیشرفته انتخاب گردید. اقتصادی و پیشرفته نبودن تکنولوژی انرژی‌های نو یکی از مشکلات و موانع اولیه این انتخاب بود. کشورهای صنعتی پیشرفته جهان، برای رفع مشکلات مذکور، پشتیبانی و حمایت گسترده‌ای از انجام تحقیق و توسعه (R&D) در زمینه انرژی‌های نو به عمل آوردند [۴۲].

### الف) سلول خورشیدی

کشف پدیده فتوولتاییک به فیزیکدان فرانسوی AlexandreEdmond Becquerel نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۳۹ مشاهده نمود که ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد اما اولین گزارش از پدیده PV در یک ماده جامد در سال ۱۸۷۷ بود که دو دانشمند کمبریج R.E. Day و W.G. Adams در مقاله‌ای تغییراتی که در خواص الکتریکی سلنیوم وقتی که تحت تابش نور قرار می‌گیرد را توضیح دادند. در سال ۱۸۸۳ Charles Edgar Fritts که یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلول‌های خورشیدی سیلیکونی امروزی بود. اما سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. کمتر از ۱٪ انرژی خورشیدی تاییده شده به سطح این سلول ابتدایی به الکتریسیته تبدیل می‌شد. در سال ۱۹۰۴ Einstein مقاله‌اش را

در زمینه اثر فتوالکتریک منتشر کرد. فهم کامل و مفصل‌تر از قوانین اساسی سلول‌های خورشیدی در سال ۱۹۰۵ توسط Einstein و در سال ۱۹۳۰ توسط Schottky به وجود آمد. سلول‌های خورشیدی کاربردی از اواسط دهه ۱۹۵۰ موجود بودند. اولین سلول خورشیدی سیلیکونی با بازده حدود ۶٪ با نور مستقیم توسط Gerald Pearson, Daryl Chapin و Calvin Fuller در سال ۱۹۵۴ به وجود آمد که ابتدا برای کاربردهای ماهواره‌های فضایی مورداستفاده قرار گرفت. علت استفاده از این وسایل در این ادوات، عدم نیاز به نگهداری در دوره‌ی زمانی طولانی (۵ تا ۱۰ سال)، قابلیت اطمینان بالا و عدم به خطر افتادن بازده تبدیل در گذر زمان است. سلول‌های خورشیدی سیلیسیم برای تولید برق در ماهواره‌ی وانگورد (Vanguard satellite) مورداستفاده قرار گرفت (این ماهواره در سال ۱۹۵۸ در مدار قرار گرفت). بعد از آن یک چنین سلول‌هایی به‌طور مکرر در ماهواره‌های زمینی مورداستفاده قرار گرفت. کاربردهای فضایی عمده‌ترین بازار این نوع از سلول‌ها در بیش از دو دهه بود. در سال ۱۹۷۳ پیشگامان در زمینه‌ی مهندسی انرژی، تشخیص دادند که اثر فوتولتایی قابل لمس‌ترین کاندیدا برای سوخت‌های غیر فسیلی آینده است. در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰، ژاپن و آلمان شروع به سرمایه‌گذاری در زمینه‌ی تولید انرژی از منابع قابل تجدید، کردند. شکل (۲-۱۱) روند پیشرفت در ساخت و بالا رفتن بازده سلول‌های خورشیدی از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ نمایش داده شده است.

فعالیت‌های تحقیقاتی بر روی سلول‌های فوتولتایی نشان داد که اگر تکنولوژی سلول سوختی برای کاربردهای تجاری و خانگی مورداستفاده قرار گیرد، هزینه‌های توسعه و قیمت اجزای این سیستم‌ها با یک فاکتور ۱۰۰۰ کاهش می‌یابد. در حال حاضر قیمت سیستم‌های توان متصل شده به شبکه با یک فاکتور تقریبی ۱۰۰ کاهش می‌یابد.



شکل (۲-۱۱): روند پیشرفت در ساختمان سلول‌های خورشیدی [۴۳]

در سال ۱۳۶۸ بعد از به ثبت رسیدن شرکت تولید فیبر نوری، شرکت مخابرات ایران برای استفاده از سامانه‌های برق خورشیدی امکان ساخت و مدول سلول خورشیدی را در کشور مورد مطالعه قرارداد و طرح توجیهی، فنی و اقتصادی آن را در سال ۱۳۶۹ به تأیید مسئولان وقت وزارت پست، تلگراف و تلفن رساند. مسئولیت اجرای طرح به عهده شرکت تولید فیبر نوری گذاشته شد که به شرکت فیبر نوری و برق خورشیدی تغییر نام یافت. تاکنون در استان‌های تهران و فارس یک نیروگاه فوتوولتایی به ظرفیت ۲ مگاوات ساخته شده است و ۲ نیروگاه فوتوولتایی در حال ساخت نیز در طالقان و شیراز وجود دارد.

#### تحولات بازار سلول خورشیدی

یک منبع انرژی خورشیدی منبعی بدون آلودگی محیط‌زیستی، خودکفا، قابل اطمینان، کامل، فناپذیر و با هزینه‌ی نگهداری کم هست که سال‌ها می‌توان از آن استفاده نمود. با وجود همه‌ی این مزیت‌های بیان شده برای سلول‌های خورشیدی و گذشت بیش از ۶۰ سال از اختراع آن، سلول‌های خورشیدی ولتایی تنها ۰/۴ درصد از انرژی الکتریکی تولید شده در شبکه‌های توزیع برق دنیا را به خود اختصاص می‌دهند. علت این مسئله قیمت بالای سلول‌های



خورشیدی است که استفاده از آن‌ها به وسیله‌ی استفاده کنندگان عادی را محدود کرده است. بر اساس بررسی‌های آماری که در سال ۲۰۰۷ بر روی مصرف انرژی، انجام شد تنها ۱ درصد این مصارف از سلول‌های خورشیدی، تأمین می‌شود.

از آنجایی که سیستم‌های انرژی فوتوولتایی یک منبع بدون نیاز به سوخت، بدون آلودگی و بدون قطعی، فراهم می‌کند، سیستم‌های انرژی خورشیدی برای بسیاری از کاربردها مانند لامپ‌های جلوگیری کننده از برخورد هواپیماها، پمپاژ خورشیدی آب‌نماها، پمپ‌های آب مورد استفاده در آبیاری، منبع الکتریسیته‌ی مورد استفاده در خانه‌ها و ساختمان‌های تجاری، فرستنده‌های هشدار دهنده‌ی محیطی، هشدار دهنده‌های ورود افراد بیگانه به محیط‌های تحت کنترل، پخش برنامه‌های آموزشی تلویزیونی، راه‌آهن، ایستگاه‌های رله‌ی رادیویی، هشدار دهنده‌های مواقع اورژانسی، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هم‌اکنون، سیستم‌های تولید الکتریسیته‌ی خورشیدی برای خانه‌ها و ساختمان‌های صنعتی بیشترین توجه را به خود اختصاص داده است. استفاده از پشت‌بام در تکنولوژی تولید انرژی خورشیدی بیشترین توجه را به وسیله‌ی شرکت‌های بزرگی همچون گوگل، Applied Materials، Target، Kohl's، Wal-Mart، Tesco Supermarket در انگلستان به خود اختصاص داده است. همچنین شرکت‌های بزرگی در آلمان، اسپانیا، استرالیا، ژاپن، برزیل نیز در این زمینه در حال کار هستند. تنها در انگلستان، ظرفیت تولید برق خورشیدی از ۳ MW در سال ۲۰۰۳ تا ۱۸۵ MW در سال ۲۰۰۷ افزایش یافته است. کارخانه‌هایی در آلمان، اسپانیا، ژاپن و هلند وجود دارند که در حال توسعه‌ی منابع انرژی خورشیدی هستند که بر روی پشت‌بام‌ها نصب می‌شوند. در منطقه‌ای از شهر فرایبورگ آلمان امروزه ۲۰۰۰ خانه "مهربان با محیط‌زیست" وجود دارد. بخشی از این خانه‌ها (۵۰ خانه) زیر مجموعه پروژه‌ای هستند با عنوان دهکده خورشیدی. تمامی خانه‌های این دهکده مجهز به سلول‌های خورشیدی بر روی سقف خود هستند و این جامعه کوچک تمامی انرژی الکتریکی خود را از طریق همین سلول‌هایی که بر روی سقف خانه‌ها نصب شده‌اند تهیه می‌کند. اهالی این دهکده خورشیدی نه تنها انرژی مورد استفاده خود را از طریق همین سلول‌های خورشیدی تأمین می‌کنند بلکه ۳-۴ برابر مصرف خود الکتریسیته تولید می‌کنند و در نتیجه با فروش این الکتریسیته مازاد درآمدی نیز برای خود ایجاد کرده‌اند. شکل (۲-۱۲) نمایی از سلول‌های خورشیدی بر بام خانه‌های مهربان با محیط‌زیست فرایبورگ را نشان می‌دهد. در ایالات متحده‌ی آمریکا، بازار تأسیسات فوتوولتایی تولید انرژی خورشیدی که بر روی پشت‌بام‌ها نصب می‌شوند، سالانه

۴۰٪ افزایش می‌یابد. این رشد در اسپانیا در سال ۲۰۰۶، ۱۰۰٪ بوده است. کالیفرنیا دومین بازار رو به گسترش این محصولات است که این گسترش بیشتر در زمینه‌ی نصب تأسیسات خورشیدی بر روی پشت‌بام‌هاست. در سال ۲۰۰۶، بخش تجاری ۶۶ درصد ظرفیت جدید در ایالات متحده‌ی آمریکا نصب کرده است (این مقدار در سال ۲۰۰۱، ۱۴ درصد بوده است).



شکل (۲-۱۲): خانه‌های مهربان با محیط زیست-فرایبورگ-آلمان [۴۴]

در سیستم‌های متصل به شبکه توزیع، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...) ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و ... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می‌گردد. با استفاده از نیروگاه‌های فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری به صورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، به دلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع گردیده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه‌ها در طی روز جلوگیری نمود. این امر به مثابه این است که هر مشترک شبکه سراسری برق، با نصب سیستم متصل به شبکه، خود به‌عنوان یک تولید کننده پراکنده کوچک

(DG)، به صورت نیروگاهی کوچک عمل نماید. در این روش علاوه بر تامین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کننده، انرژی الکتریکی (مازاد بر مصرف) به شبکه سراسری برق تزریق می‌شود.

میزان روشنایی در شب یک امتیاز برای شهرهای بزرگ و صنعتی هست. یکی از راه‌حل‌های مناسب جهت تامین این روشنایی، استفاده از چراغ‌های خورشیدی هست که سالانه ده‌ها هزار نمونه از این سیستم در سراسر جهان نصب و راه‌اندازی می‌گردد. این سیستم در تامین روشنایی منازل مسکونی و مدارس، ایستگاه‌های بین راهی، چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، فانوس‌های دریایی و ... موثر واقع شده است. به گونه‌ای که تعداد بسیار زیادی از آن‌ها در کشور ما نیز در شهرها (به ویژه کلانشهر تهران) و جاده‌های کشور نصب گردیده است. شکل (۲-۱۳) نمایانگر نمونه‌ای از این چراغ است.



شکل (۲-۱۳): چراغ خورشیدی [۴۵]

### ب) توربین بادی

نخستین توربین بادی با کاربرد تولید برق، یک ماشین شارژ باتری بود که در ژوئیه ۱۸۸۷ توسط یک مهندس اسکاتلندی به نام جیمز بلايث ساخته شد. چند ماه بعد، مخترع آمریکایی چارلز فرانسیس برانش نخستین توربین باد خودکار را برای

تولید برق در کلیولند در اوهایو ساخت. در سال ۱۸۹۱ میلادی فردی دانمارکی اولین سیستم بادی با پره‌های آیرودینامیکی را طراحی نمود و در بهترین برج آسیاب بادی به کار گرفت. خوبی این طرح بالا بودن سرعت پره‌ها نسبت به نمونه‌های پیشین بود. تا سال ۱۹۰۸ فقط ۷۲ توربین بادی با کاربرد تولید برق با قدرتهای بین ۵ تا ۲۵ کیلووات در آمریکا فعال بود، در این دو دهه به علت عدم توجه به این مهم تغییرات چندانی بر روی آن صورت نگرفت. در سال ۱۹۲۲ توربین‌های محور عمودی Savonius توسط مهندس فنلاندی اختراع گردید. این مدل توربین با نیروی درگ کار می‌کرده و راندمان پایین‌تری نسبت به باقی توربین‌ها داشته و دارد. در سال ۱۹۲۷ میلادی توربین‌های محور عمودی Darrieus طراحی گردید. در این توربین‌ها از نیروی لیفت به جای درگ استفاده می‌گردید و دو یا سه پره آیرودینامیکی به محور مرکزی متصل می‌شده است. راندمان این توربین‌ها نیز پایین است چرا که نیاز به سرعت بالای باد برای شروع به چرخش دارد. در دهه ۱۹۳۰، توربین‌های بادی کوچک برای تولید برق مورد نیاز مزارع در آمریکا، که هنوز سامانه سراسری توزیع برق راه‌اندازی نشده بود، بسیار متداول بودند. توربین‌های بادی با ظرفیت بیشتر برای اولین بار در سال ۱۹۳۱ در روسیه توسعه یافتند. در پاییز سال ۱۹۴۱، نخستین توربین بادی در کلاس مگاوات در ورمونت راه‌اندازی شد [۴۶].

با پایان جنگ جهانی دوم استفاده از سیستم‌های بادی ۲۵ کیلوواتی در سرتاسر دانمارک رواج پیدا کرد ولی قیمت ارزان‌تر سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های بخاری باعث شد تا استفاده از این آسیاب‌های بادی از رونق بیفتد. اولین توربین‌های بادی کوچک برای تولید برق جریان مستقیم مورد استفاده قرار می‌گرفتند. این توربین‌ها توسط دو شرکت Parris-Dunn و Jacobs Wind-electric برای استفاده در مناطق روستایی ساخته می‌شدند. کاربرد اولیه این سیستم‌ها برای روشنایی مزارع و شارژ باتری‌ها برای استفاده در رادیو به کار می‌رفته است. نخستین توربین بادی متصل به شبکه برق در بریتانیا در سال ۱۹۵۱ در جزایر اورکنی ساخته شد.

در سال ۱۹۸۰ سایز توربین‌های بادی موجود بین ۵۰ تا ۲۰۰ کیلووات بود. هرچند تقاضا و بازار خوبی برای توربین‌های بادی وجود داشت، ولی اکثر سازندگان به خاطر مشکلات تکنیکی ساخت و طراحی دچار ورشکستگی شده بودند. برنامه‌های ملی تولید توربین‌های نمونه (Prototype) با سایز مگاوات نیز به خاطر مشکلات فنی و خستگی (Fatigue) این توربین‌ها در برابر تلاطمات جریان باد به موانع اساسی برخورد کرده بود. اما به مرور زمان، مراکز R&D با اطلاعات به‌دست‌آمده از عملکرد این توربین‌های نمونه و افزایش دانش خود و بررسی آن به تدریج مشکلات مذکور را رفع نموده و با کاهش دادند. در سال‌های بعد از ۱۹۸۰ سایز توربین‌ها به ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلووات افزایش یافت. تقاضای بازار نیز به خاطر

حمایت‌های دولت‌ها و معافیت‌های مالیاتی وضع شده برای انرژی برق بادی، رشد بسیاری یافت. از آغاز سال ۱۹۹۰ سایز توربین‌ها مجدداً افزایش یافته و با نصب توربین‌های بادی در کنار هم، نیروگاه‌های بادی برای اولین بار احداث و مطرح گردید. تحولات به وجود آمده در بازار جهانی تولید توربین باعث ادغام شرکت‌های کوچک سازنده توربین‌های باد، توسط شرکت‌های بزرگ گردید. نتایج حاصل از ادامه R&D در زمینه انرژی برق بادی باعث گردید تا در سال‌های بعدی هزینه تولید برق بادی کاهش یابد و استانداردها و کدهای طراحی مناسبی توسط مراکز مذکور تدوین و به صنعت برق بادی جهان عرضه گردد [۴۷].

در سال ۱۹۹۵ میلادی، کنفرانس مهمی توسط کشورهای عضو اتحادیه بین‌المللی انرژی IEA در خصوص تحقیق و توسعه (R&D) در زمینه انرژی بادی در دانمارک تشکیل و تصمیمات مهمی اتخاذ گردید. کشورهای شرکت کننده به این توافق رسیدند که هر چند شرکت‌های سازنده توربین‌های بادی با توسعه قابل توجه، توانایی رقابت در بازار انرژی را یافته‌اند و نیز تحقیق و توسعه بسیاری در مراکز R&D این شرکت‌ها انجام می‌شود، اما هنوز هم دولت‌های جهان می‌باید از بودجه عمومی برای حمایت و انجام R&D تا زمانی که صنعت برق بادی در حال توسعه است سهمی را تخصیص دهند. این تصمیم کماکان معتبر است [۴۸].

در سال ۲۰۰۶ برای اولین بار در اتحادیه اروپا رشد تولید برق از انرژی‌های تجدید پذیر بیش از رشد تولید برق از منابع فسیلی بود. از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶ شمسی، ظرفیت تولید برق بادی جهان از ۱۸۰۰۰ مگاوات به ۹۲۰۰۰ مگاوات افزایش یافته است. تولید برق بادی در میان دیگر روش‌های تولید انرژی الکتریکی دارای بیشترین شتاب رشد در قرن ۲۱ بوده است به طوری که تولید توان بادی جهان در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ چهار برابر شده است. از سال ۲۰۰۰ تاکنون این صنعت سالانه ۲۵٪ رشد کرده و هر سه سال دو برابر شده است و این در شرایطی است که رشد اقتصاد جهانی از یک تا دو درصد در سال بیشتر نیست [۴۹].

توربین‌های مدرن امروزی بیشتر از نوع محور افقی و با سه پره می‌باشند. پره‌های این توربین‌ها بسیار شبیه به بال هواپیما طراحی گردیده و از نیروی لیفت استفاده می‌کنند. میزان برق تولیدی آن‌ها به ظرفیت توربین و محل قرارگیری آن مربوط هست. اکثر توربین‌های تجاری بین ۱ تا ۲٫۵ مگاوات می‌باشند. همچنین با توجه به آمار مدل‌های توربین بادی به کار رفته در نیروگاه‌های بادی احداث شده مشخص می‌شود که امروزه توربین‌های با ظرفیت بیش از ۱MW در جهان معمول و

مورد استفاده است. با توجه به شرایط وزش باد و میزان برق مصرفی خانوارها توربین‌های ۱ مگاواتی برق مورد نیاز تقریباً ۵۰۰ خانه را تامین می‌کنند.

مطالعات حاکی از آن است که ظرفیت نصب شده برق بادی طی چند سال آتی رشد دو رقمی را از خود نشان خواهد داد. اگر مطالعات کنونی را بسط دهیم درمی‌یابیم که ۱۰ درصد از انرژی مورد نیاز جهان را در سال ۲۰۲۰ نیروی باد فراهم می‌آورد که رقمی جالب توجه است. انتظار می‌رود، با توجه به تعداد محدود تولیدکنندگان توربین در جهان، فزونی تقاضا نسبت به عرضه در بازار توربین بادی وجود داشته باشد، که این مساله طی چند سال آتی باعث افزایش تعداد تولیدکنندگان توربین و به بلوغ رسیدن بازار این تکنولوژی در جهان خواهد شد.

جمهوری اسلامی ایران نیز از سال ۱۳۷۳ با نصب دو واحد توربین بادی وارداتی از دانمارک به ظرفیت ۵۰۰ kW در منطقه منجیل و رودبار شروع به تولید برق از انرژی تجدیدپذیر باد نمود. در ادامه در این منطقه توربین‌هایی با توان تولید ۳۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۶۶۰ کیلووات نصب شده‌اند. بررسی ظرفیت توربین‌های نصب شده نشانگر رویکرد مثبت در حرکت به سمت نصب واحدهای بزرگ‌تر هست. پروژه دیگری که در زمینه انرژی بادی در ایران از سال ۱۳۸۱ آغاز به کار کرده است، پروژه نیروگاه بادی بینالود با انرژی ۲۸/۳ مگاوات در استان خراسان رضوی هست. شکل (۲-۱۴) نمایی از نیروگاه بادی بینالود را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۴): نیروگاه بادی بینالود-خراسان رضوی [۵۰]

### تحولات بازار توربین بادی

گفته می‌شود که یکی از بزرگ‌ترین موانع بهره‌برداری از نیروی باد در بریتانیا، مسأله تأثیر زیست‌محیطی آن است. بسیاری از مردم می‌گویند مولدهای بادی از نظر ظاهری ناخوشایند بوده و پر سر و صدا می‌باشند. اما باید گفت مولدی که سوخت آن زغال سنگ است، مسلماً پر سر و صداتر و زشت‌تر از دکل‌های آسیاب بادی خواهد بود. صدای متوالی توربین‌های دکل‌های آسیاب بادی برای کسانی که در نزدیکی آن‌ها می‌باشند، یک موضوع مهم به شمار می‌رود. اکنون صدای این مولدها به کمک فناوری چرخ‌دنده‌ها و توربین‌های سه تیغه‌ای قابل کنترل هست.

بازار ساخت توربین‌های مقیاس کوچک نیز در حال رشد هست. در پایان سال ۲۰۱۰ در حدود ۱۰۶ شرکت در ۲۹ کشور سازنده توربین‌های بادی با ظرفیت ۵۰ کیلووات و کوچک‌تر شناسایی شده‌اند. در این توربین‌ها، معمولاً ژنراتور به صورت مستقیم (بدون جعبه‌دنده) به روتور متصل شده و خروجی جریان مستقیم ایجاد می‌کند [۵۱]. تجهیزات تولید برق بادی در مقیاس کوچک (۱۰۰ کیلووات یا کمتر) معمولاً برای تغذیه منازل، زمین‌های کشاورزی یا مراکز تجاری کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از مکان‌های دور افتاده که مجبور به استفاده از ژنراتورهای دیزلی هستند مالکان محل ترجیح می‌دهند که از توربین‌های بادی استفاده کنند تا از ضرورت سوزاندن سوخت‌ها جلوگیری شود. در برخی موارد نیز برای کاهش هزینه‌های خرید برق یا برای استفاده برق پاک از این توربین‌ها استفاده می‌شود.

از توربین‌های بادی برای تغذیه منازل دورافتاده با اتصال به باتری استفاده می‌شود. در ایالات متحده استفاده از توربین‌های بادی متصل به شبکه در رنج‌های ۱ تا ۱۰ کیلووات برای تغذیه منازل به‌طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. توربین‌های متصل به شبکه در هنگام کار نیاز به استفاده از برق شبکه را از بین می‌برند. در سیستم‌های جدا از شبکه یا باید از برق به صورت دوره‌ای استفاده کرد و یا از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده کرد. در مناطق شهری که امکان استفاده از باد در مقیاس‌های زیاد وجود ندارد نیز ممکن است از انرژی بادی در کاربردهای خاصی مانند پارک‌مترها یا درگاه‌های بی‌سیم اینترنت با استفاده از یک باتری یا یک باتری خورشیدی استفاده شود تا ضرورت اتصال به شبکه از بین برود. شکل (۲-۱۵) چند نمونه توربین بادی مقیاس کوچک با توان‌های بین ۶۰۰ وات تا ۵ کیلووات را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۵): چند نمونه توربین بادی مقیاس کوچک [۵۲]

اصلی‌ترین کاربرد غیرنیروگاهی توربین‌های بادی جزیره مصرف است. امروزه توربین‌های بادی در مقیاس پایین تا قدرت ۱۰ کیلووات برای تامین برق مورد نیاز مناطق جزیره مصرف به حالت ترکیبی با منابع فتولتاییک و ژنراتورهای دیزلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد دیگر غیر نیروگاهی توربین‌های بادی شارژ باتری هست. جهت شارژ باتری استفاده از توربین‌های باقیمت ارزان و توربین‌های با روتور قطر ۳ متر کاربرد دارد؛ که استفاده از آن در مصرف خانگی و کاربردهای تجاری هست و در مصارف مشابه تامین برق دستگاه‌های کمک ناوبری و مخابرات نیز کاربرد فراوان دارد.

در راستای به‌کارگیری توربین‌های بادی مقیاس کوچک در کلانشهرها می‌توان به فناوری نوین توربین‌های بادی اینولکس (Invelox) اشاره کرد. ساختار این توربین‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده است که هوای آلوده بدون صرف انرژی از بالای توربین وارد و پس از عبور از فیلترهای ویژه، به‌صورت هوای پاک به محیط بازگردانده می‌شود. استفاده از نسل جدید توربین‌های بادی در کلانشهرها و مناطق شهری، نه تنها سهم قابل توجهی از نیاز انرژی را با هزینه‌ای ارزان تامین می‌کند، بلکه به‌طور دائمی همزمان با تولید برق، هوای آلوده را نیز تصفیه می‌کند. این توربین به یک چهارم سرعت باد نسبت به توربین‌های بادی سنتی برای تولید برق نیاز دارد و با توجه به نقشه بادهای ایران، از این توربین‌ها می‌توان در بیش از ۸۰ درصد نقاط ایران استفاده کرد. کارکرد در سرعت پایین باد (سه کیلومتر در ساعت)، احداث در مساحتی کمتر از ۱۰ درصد و ارتفاعات پایین‌تر و همچنین پایین‌تر بودن هزینه‌های تعمیر، نگهداری و سرمایه‌گذاری اولیه این توربین‌ها را قابل رقابت با مولدهای سوخت فسیلی در چرخه تولید برق می‌کند. شکل (۲-۱۶) نمونه‌ای از این توربین را نشان می‌دهد.





شکل (۲-۱۶): نمایی از توربین اینولکس [۵۳]

هزینه تمام شده برای احداث یک نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی در کشور آمریکا به شکل کلید در دست با استفاده از فناوری اینولاکس ۷۵۰ دلار در هر کیلووات است؛ با توجه به ظرفیت تولید بیش از ۵۰ درصدی اینولاکس هزینه تمام شده تولید انرژی برق با این روش کمتر از ۲ سنت خواهد شد.

از فناوری‌های جدید دیگر می‌توان به طرح درخت بادخور اشاره کرد. این دستگاه ۳۶ فوت ارتفاع دارد و بدون سروصدا کار می‌کند. هر درخت شامل یک تنه درخت استیلی و ۷۲ توربین برگ شکل پلاستیکی است. این برگ‌های سبک وزن با ماده‌ای که در برابر هوا مقاوم است محافظت می‌شود تا آن‌ها را در مقابل عناصر مخرب حفظ نماید. ایده ساخت توربین‌های بادی درخت شکل از ارتعاش و حرکت برگ‌ها در اثر وزش باد الهام گرفته شده است. شکل (۲-۱۷) نمایی از این درخت بادخور را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۷): نمایی از درخت بادخور [۵۴]

برگ‌های این دستگاه که به تقلید از درختان واقعی ساخته شده، با وزش بادهایی که با سرعت ۴,۴ متر در ساعت و بدون توجه به اینکه در چه جهتی می‌وزند عمل می‌کنند. تخمین زده می‌شود که هر درخت بادخور ۳,۱ کیلووات انرژی تولید می‌کند. درخت بادخور با طراحی ساده و پاک خود مکمل باغ‌ها، پارک‌ها و دیگر عرصه‌های طبیعی است که می‌تواند انرژی مورد نیاز برای فضاهای متنوع عمومی را فراهم کند. این دستگاه در حال حاضر در مرحله آزمایش قرار دارد و گونه اولیه‌ای از آن در شهر بریتانی فرانسه نصب شده است. این درخت بادخور از سال ۲۰۱۶ قابل خرید خواهد بود اما قیمت آن بسیار زیاد یعنی ۳۶۵۰۰ دلار است (گرچه امید می‌رود این قیمت هزینه‌ی انرژی را در آینده کاهش خواهد داد). از نمونه‌های مطرح حال حاضر به کارگیری نیروی باد در کلانشهرها می‌توان به ساختمان "مرکز تجارت جهانی بحرین" و "برج رودخانه پرل در چین" اشاره کرد. شکل (۲-۱۸) نمایی از مرکز تجارت جهانی بحرین در شهر منامه را به تصویر می‌کشد.



شکل (۲-۱۸): نمایی از توربین‌های بادی مرکز تجارت جهانی بحرین

### ج) پیل سوختی

تاریخچه پیل‌های سوختی به دو دوره متمایز تقسیم می‌شود: دوره اول که حدود صد سال طول کشید، از سال ۱۸۳۹ با ساخت اولین پیل سوختی با الکترولیت اسیدسولفوریک توسط آقای گرو آغاز گردید. با تلاش دانشمندان بزرگی مانند جکس، هابر، مون و همکاران و شاگردان آن‌ها منجر به درک علمی از پیل سوختی و شناخت تنگناهای این فناوری تا سال ۱۹۴۰ گردید.

دوره دوم از سال ۱۹۴۰ آغاز می‌شود که بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ نمونه‌های تحقیقاتی متعددی از پیل‌های سوختی توسط شرکت‌های بزرگی مانند جنرال الکتریک با ظرفیت ۰/۰۲ وات الی ۱۵ وات ساخته شد. ظرفیت پیل‌های ساخته شده برای کاربردهای فنی و صنعتی مورد نظر، کافی و قابل قبول نبود، تا اینکه در سال ۱۹۶۵ یک واحد پیل سوختی با ظرفیت یک کیلووات توسط شرکت جنرال الکتریک به منظور استفاده در ماهواره گمینی ۵، ساخته شد. ناسا پس از رد گزینه‌های موجود نظیر باتری (به علت سنگینی)، انرژی خورشیدی (به علت گران بودن) و انرژی هسته‌ای (به علت ریسک بالا) پیل سوختی را انتخاب نمود و معلوم گردید که پیل‌های سوختی می‌توانند برای بسیاری از مقاصد هوا - فضا مناسب بوده و انرژی مورد نیاز آن‌ها را به صورت پیوسته و پایدار تامین کنند. این امر موجب گردید تا در سراسر جهان روی توسعه دانش فنی و تکنولوژی ساخت پیل‌های سوختی سرمایه‌گذاری‌های بزرگی صورت گیرد.

از سال ۱۹۷۰ فناوری پیل سوختی برای سیستم‌های زمینی توسعه یافت. تحریم نفتی از سال ۱۹۷۳-۱۹۷۹ موجب تشدید تلاش دولتمردان امریکا و محققین در توسعه این فناوری به جهت قطع وابستگی به واردات نفتی گشت. در طول دهه ۸۰ تلاش محققین بر تهیه مواد موردنیاز، انتخاب سوخت مناسب و کاهش هزینه استوار بود. همچنین اولین محصول تجاری جهت تامین نیرو محرکه خودرو در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت بلارد ارائه شد. به‌طور کلی بحران انرژی در سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۱ و آلودگی فزاینده محیط‌زیست، کشورهای صنعتی را بر آن داشت تا جهت استفاده از سیستم‌هایی با راندمان بالا و سازگار با محیط‌زیست سرمایه‌گذاری کلانی نمایند. سیستم‌های پیل سوختی از جمله تکنولوژی‌های پیشرفته‌ایست که مصارف غیر نظامی آن با توان‌های میلی وات تا مگاوات موضوع تحقیق شرکت‌های تولید نیرو، خودرو سازی و نیز شرکت‌های نفتی قرار گرفته‌است.

امروزه نیز تحقیقات وسیعی در جهت ارتقاء ظرفیت، کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری و توسعه ویژگی‌های کاربردی پیل‌های سوختی در جریان است. در حال حاضر، پیل‌های سوختی، شبیه به خودروها تولید می‌شوند؛ یعنی قطعات مختلف آنها به صورت جداگانه ساخته و سپس روی هم اسمبل می‌شوند تا یک پیل سوختی تولید شود. این روند تولید، مراحل بسیار زیادی دارد و در عین هزینه بالای آن، زمان بسیار زیادی صرف تولید آن می‌شود. در سال ۲۰۰۹ پژوهشگران دانشگاه دیتون اوهایو نشان دادند که آرایه‌هایی از نانوتیوب‌های کربن (carbon nanotubes) که به صورت عمودی رشد داده شده‌اند می‌توانند به عنوان کاتالیزیت در پیل‌های سوختی به کار روند. در همان سال نوعی نیکل (bisdiphosphine-based) برای استفاده به عنوان کاتالیزیت پیل سوختی به نمایش گذاشته شد. در پژوهشی دیگر گروه تحقیقاتی تامپسون با استفاده از فرآیند پیشرفته میکروفابریکیشن، نسل جدید پیل‌های سوختی را تولید می‌کند. در این فرایند به جای تولید جداگانه پیل سوختی، آنها به صورت لایه لایه ساخته می‌شوند، روشی که هم اکنون برای ساخت ابزارهای میکروالکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژوهشگران دانشگاه میشیگان امیدوارند با استفاده از این فناوری ارزان قیمت و همچنین استفاده از مواد ارزان‌تر، قیمت پیل‌های سوختی را از ۱۰ هزار دلار برای هر کیلووات به ۱۰۰۰ دلار برسانند. در سال ۲۰۱۳ یک شرکت انگلیسی (ACAL Energy) ادعا کرد پیل سوختی‌ای ساخته است که می‌تواند ۱۰۰۰۰ ساعت کار کند. این شرکت اظهار داشت که قیمت پیل سوختی را به ۴۰ دلار بر kW کاهش داده است (حدود ۹۰۰۰ دلار برای HP۳۰۰).

در ایران نیز در راستای انجام تحقیق و توسعه در خصوص سیستم‌های هیدروژنی پروژه‌ای در سال ۱۳۷۲ تحت عنوان «بررسی‌های فنی اقتصادی تهیه هیدروژن خورشیدی و تکنولوژی‌های وابسته» و سپس پروژه «پایلوت فناوری هیدروژن خورشیدی» در سال ۱۳۷۵ توسط دفتر انرژی‌های نو معاونت امور انرژی وزارت نیرو تعریف گردید که محورهای آن در گزارشی تحت عنوان «هیدروژن سوخت آینده، فناوری، اقتصاد و سیاست توسعه و تحقیق» در سال ۱۳۷۶ تدوین و چکیده آن به مقام محترم وزارت نیروی وقت ارائه شد و پس از تأیید و ابلاغ ایشان در دستور کار سازمان انرژی‌های نو به‌عنوان مدیریت اجرایی طرح قرار گرفت و به انجام پروژه‌های مرتبط با این فناوری پرداخت. از جمله طرح‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به احداث پایلوت آزمایشگاهی هیدروژن خورشیدی و پیل سوختی (شامل سیستم فتوولتائیک به ظرفیت 10kW، الکترولایزر به ظرفیت 5kW و پیل سوختی با توان 2 kW/1)، نصب پیل سوختی 1 کیلووات دما بالای پلیمری در سایت طالقان و تامین، نصب و راه‌اندازی یک سیستم پیل سوختی 25 کیلووات با هدف اتصال به شبکه و تجهیزات جانبی آن در سایت انرژی‌های نو طالقان اشاره کرد [۵۵].

#### تحولات بازار پیل سوختی

بازار مولدهای نیروگاهی پیل سوختی بسیار گسترده است و کاربردهای دولتی، نظامی و صنعتی را شامل می‌شود. همچنین به‌عنوان نیروی پشتیبان در مواقع اضطراری در مخبرات، صنایع پزشکی، ادارات، بیمارستان‌ها، هتل‌های بزرگ و سیستم‌های کامپیوتری به کار می‌رود. پیل‌های سوختی نسبتاً آرام و بی‌صدا هستند لذا جهت تولید برق محلی مناسبند. علاوه بر کاهش نیاز به گسترش شبکه توزیع برق، از گرمای تولیدی از این نیروگاه‌ها می‌توان جهت گرمایش و تولید بخار آب استفاده نمود. این نیروگاه‌ها در مصارف کوچک بازدهی الکتریکی بالایی دارند و همچنین در ترکیب با نیروگاه‌های گاز طبیعی بازدهی الکتریکی آن‌ها به 70-80٪ می‌رسد.

نیروگاه‌های پیل سوختی قابلیت استفاده از سوخت‌های مختلف مانند متانول، اتانول، هیدروژن، گاز طبیعی، پروپان و بنزین را دارند و مانند سایر نیروگاه‌ها محدود به استفاده از یک منبع انرژی خاص نیست. از زمانی که اولین پیل سوختی نیروگاهی در دهه 60 تولید گشت، تا سال 2005 در مجموع 650 سیستم کامل با توان بیش از 10 کیلووات (میانگین آن 200 کیلووات است) ساخته شد که تقریباً 90 درصد از این واحدها با گاز طبیعی تغذیه می‌شود. البته استفاده از سوخت‌های جایگزین نظیر بیوگاز و گاز ذغال نیز پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته است. در این بخش نیروگاه انواع متنوع پیل سوختی به کاررفته است. در ابتدا از پیل سوختی اسید فسفریک آغاز گردید و سپس پیل سوختی پلیمری و

پیل سوختی کربنات مذاب جایگزین آن گشتند. درحالی که تحقیقات حاکی از آن است که پیل سوختی اکسید جامد در سال‌های آینده بازار را به قبضه در خواهد آورد.

در بخش پیل‌های سوختی نیروگاهی کوچک (زیر ۱۰ کیلووات) نیز در دهه اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای را شاهد بودیم. تعداد این واحدها تا سال ۲۰۰۵ به ۱۹۰۰ رسیده است. این سیستم جهت مصارف خانگی و بازارهایی از قبیل UPS و نیروی پشتیبان در اماکن دوردست کاربری دارد. در بخش سیستم‌های نیروگاهی کوچک ۲۰ درصد سهم بازار را پیل سوختی اکسید جامد و مابقی را پیل سوختی پلیمری تشکیل می‌دهد. بازار پیل سوختی کوچک در ژاپن که به مصارف خانگی اختصاص دارد، منحصراً با پیل سوختی پلیمری است. دولت ژاپن حمایت خود از توسعه پیل‌های سوختی نیروگاهی در ابعاد بزرگ را از سال ۱۹۸۰ آغاز نموده است و شرکت‌های ژاپنی گاز توکیو و Osaca از بزرگ‌ترین شرکت‌های توسعه‌دهنده این فناوری می‌باشند.

#### (د) جمع‌بندی

با توجه به مشکلات جدی زیست‌محیطی در کلانشهرها، حرکت به سمت گسترش استفاده از گزینه‌های تجدید پذیر در تامین انرژی کلانشهرها اجتناب‌ناپذیر است و این موضوع به شکل بسیار پررنگی در برنامه‌های آینده توسعه شبکه توزیع در کلانشهرهای بزرگ جهان دیده می‌شود. در این بین انرژی خورشیدی با توجه با ماهیت تجدید پذیر، دسترس‌پذیری مناسب در کلانشهر و پیشرفت سریع در اقتصادی شدن فناوری‌های تولید و نصب آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. کار بر روی بهبود راندمان سلول‌ها و زیباسازی شکل ظاهری پنل‌ها در راستای حفظ زیبایی فضای شهری در اولویت فناوری‌های آینده انرژی خورشیدی قرار دارد. در بین گزینه‌های تولید انرژی باد علاوه بر امکان نصب توربین‌های بادی نسبتاً بزرگ‌تر در ساختمان‌های بزرگ و مرتفع، فناوری‌های توربین بادی مقیاس کوچک در شبکه‌های توزیع آینده کلانشهرها جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. گزینه‌هایی چون فناوری اینولکس که به کاهش آلودگی هوا کمک می‌کند و یا درخت بادخور که ضمن تولید انرژی پاک دارای ویژگی‌های ظاهری مناسبی برای استفاده در فضای شهری است با اهداف توسعه‌ای کلانشهرها سازگاری بیشتری دارند و قطعاً مورد توجه بیشتری قرار خواهند گرفت.

در سال‌های اخیر تعهدات سیاسی در به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر نقش پررنگی را ایفا کرده‌اند. اتحادیه اروپا تعهد کرده است که تا سال ۲۰۲۰ سهم منابع انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی خود را به ۲۰٪ رسانده تولید گازهای

گلخانه‌ای خود را در مقایسه با سال ۱۹۹۰ ۲۰٪ کاهش داده و بهره‌وری انرژی خود را نیز تا ۲۰٪ افزایش دهد. نقشه‌ی راه برای رسیدن به اقتصادی با کربن پایین (low-carbon economy) در سال ۲۰۵۰ یک هدف بلند مدت در کاهش آلودگی‌ها به ۸۰٪ پایین‌تر از میزان آلودگی در سال ۱۹۹۰ تنها به واسطه کاهش در تولید آلودگی‌های بومی را توضیح می‌دهد. این روند به ترتیب با کاهش‌های مرحله به مرحله در سال ۲۰۳۰ به ۴۰٪ و ۲۰۴۰ به ۶۰٪ توصیف شده است. بنابر بیانیه کمیسیون اروپا، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با ۲۰۰۵ می‌تواند تنها با حرکت به سوی اجتماعی کم کربن (low-carbon society) به حدود ۳۰٪ کاهش در انرژی دست پیدا کند. امروزه دورنمای برق به سرعت در حال حرکت به سوی استفاده از ظرفیت‌های تولید پراکنده (پنل‌های PV، توربین‌های بادی و غیره) است. در آلمان انرژی‌های تجدیدپذیر توسط ۱/۳ میلیون تامین کننده مختلف تولید شده و ظرفیتی معادل ۵۳ گیگاوات را تولید می‌کنند که با توجه به تولید کل ۱۶۵ گیگاواتی این میزان ۳۲٪ از کل ظرفیت تولید نصب شده را تشکیل می‌دهد. با توجه به افزایش ظرفیت نصب شده سلول‌های خورشیدی با نرخ بیش از ۸۰٪ در ۱۰ سال اخیر، انرژی‌های تجدیدپذیر در کل حدود ۲۵٪ از رشد تولید انرژی آلمان در سال ۲۰۱۳ را شامل شده‌اند. در حال حاضر انگلستان با حدود ۱۱ گیگاوات ظرفیت نصب شده در پایان سال ۲۰۱۳، تقریباً ۱۴ برابر ظرفیت تولید انرژی باد خود را در مقایسه با ۱۰ سال قبل دارد [۵۶]. در پایان روند شکل‌گیری فناوری انرژی‌های تجدید پذیر مورد بحث به صورت خلاصه در جدول زیر گردآوری شده است.

جدول (۲-۶): روند شکل‌گیری فناوری‌های انرژی تجدید پذیر [۵۷-۶۰]

| کشور ظهور     | عنوان  | سال ظهور |
|---------------|--|----------|
| ولز           | ساخت اولین پیل سوختی توسط ویلیام گرو                         | ۱۸۳۹     |
| آمریکا        | ساخت اولین سلول خورشیدی سلنیومی                              | ۱۸۸۳     |
| اسکاتلند      | نخستین توربین بادی با کاربرد برق                             | ۱۸۸۷     |
| دانمارک       | اولین سیستم بادی با پره آیرودینامیکی                         | ۱۸۹۱     |
| آمریکا        | اولین مقاله انشتین در زمینه اثر فتوولتاییک                   | ۱۹۰۴     |
| فنلاند        | طراحی توربین محور عمودی Savonius                             | ۱۹۲۲     |
| فرانسه        | طراحی توربین محور عمودی Darrieus                             | ۱۹۳۱     |
| روسیه         | ساخت توربین بادی با ظرفیت ۱۰۰ کیلووات                        | ۱۹۳۱     |
| ورمونت-آمریکا | ساخت توربین بادی در کلاس مگاوات                              | ۱۹۴۱     |
| آمریکا        | اولین سلول خورشیدی سیلیکونی با بازده ۶٪                      | ۱۹۵۴     |
| آمریکا        | ابداع PEMFC توسط جنرال الکتریک                               | دهه ۱۹۵۰ |
| دانمارک       | ساخت توربین بادی سه پره با ظرفیت ۲۰۰ kW                      | ۱۹۵۶     |
| آمریکا        | طراحی و ساخت سلول خورشیدی با بازده ۱۴٪                       | ۱۹۶۰     |
| آمریکا        | ساخت یک واحد پیل سوختی ۱kW توسط شرکت جنرال الکتریک برای ناسا | ۱۹۶۵     |

| کشور ظهور           | عنوان   | سال ظهور |
|---------------------|---|----------|
| ژاپن                | ساخت اولین EFG با قطر ۱ اینچ  | ۱۹۷۴     |
| آمریکا              | احداث مزرعه خورشیدی با ظرفیت ۱۰ MW                                    | ۱۹۸۲     |
| آمریکا              | ساخت توربین بادی دو پره با ظرفیت ۳/۲ MW                               | ۱۹۸۷     |
| آلمان-ژاپن-انگلستان | ساخت پیل سوختی ظرفیت بالا برای مصارف تجاری و صنعتی                    | دهه ۱۹۹۰ |
| دانمارک             | بهره‌برداری از اولین مزرعه بادی offshore                              | ۱۹۹۱     |
| هاوایی              | بزرگترین سیستم ترکیبی (خورشید ۱۷۵ kW و باد ۵۰ kW) متصل به شبکه        | ۲۰۰۱     |
| آمریکا-جورجیا       | افزایش دمای عملیاتی PEMFC از ۱۰۰ به ۱۲۵ با بکارگیری triazole          | ۲۰۰۵     |
| استرلیا             | استفاده از PEDOT به عنوان کاتالیست در پیل سوختی                       | ۲۰۰۸     |
| آمریکا              | ساخت نسل جدید مدل هوشمند خورشیدی با جبران کننده تاثیر سایه            | ۲۰۱۰     |
| انگلستان            | ساخت پیل سوختی با ظرفیت کار برای ۱۰۰۰۰ ساعت                           | ۲۰۱۳     |
| دانمارک             | ساخت بلندترین توربین بادی (vestas V146) با ارتفاع ۲۲۰ متر و ظرفیت MW۸ | ۲۰۱۴     |

## ۲-۲-۴-۲- تولیدات پراکنده (غیر تجدید پذیر)

منابع تولید پراکنده مانند میکروتوربین‌ها و توربین‌های احتراقی کاربرد فراوانی در سیستم قدرت پیدا کرده‌اند و بیشتر در سمت مصرف کننده و نزدیک بار شبکه‌های توزیع نصب می‌شوند. هدف کارشناسان و برنامه ریزان سیستم‌های توزیع از به کارگیری تولیدات پراکنده رشد شاخص‌های اقتصادی و افزایش میزان رضایتمندی مصرف کنندگان است که در پی کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش تلفات، بهبود قابلیت اطمینان و افزایش کیفیت توان حاصل می‌شود.

اما فواید استفاده از تولیدات پراکنده زمانی حاصل خواهند شد که این تولیدات در مکان مناسب و ظرفیت بهینه در شبکه قرار گیرند. قابلیت اطمینان و تلفات شبکه‌های توزیع به شدت وابسته به محل بار مصرفی، میزان توان درخواستی شبکه، نوع و ظرفیت منابع تولید پراکنده و مکان قرارگیری آن‌ها می‌باشند و همچنین در نظر گرفتن یا نگرفتن هر کدام از فواید استفاده از تولید پراکنده در شبکه مانند بهبود قابلیت اطمینان می‌تواند مکان و ظرفیت بهینه این تولیدات را در سطوح مختلف شبکه تغییر دهد. تخصیص و جایابی بهینه منابع تولید پراکنده در شبکه علاوه برداشتن منافع ذکر شده فواید دیگری نیز در پی دارد که نمی‌توان از آن‌ها صرف نظر کرد. این منافع شامل بهبود پروفیل ولتاژ نقاط بار شبکه و قرارگیری ولتاژ باس‌های شبکه در محدوده مجاز و کاهش توان عبوری از فیدرهای شبکه به علت جبران سازی تلفات و جبران بخشی از توان نقاط بار شبکه هست، که این خود باعث کاهش استرس بر روی فیدرهای شبکه بخصوص در فیدرهای خروجی از پست فوق توزیع شبکه می‌شود که افزایش طول عمر تجهیزات را به دنبال دارد [۶۱].



## الف) توربین احتراقی

اولین موتور احتراق داخلی ۲ زمانه که شمع جرقه داشت نیز توسط اتین لنویر بلژیکی در سال ۱۸۶۰ میلادی ساخته شد. در این موتور مخلوط هوا و سوخت قبل از احتراق متراکم نمی‌شد، به همین علت راندمان بسیار پایینی در حدود ۳٪ داشت. در سال ۱۸۰۸ اولین نوع توربین گازی انفجاری معرفی گردید. فشار حاصل از گاز، توربین را به‌طور موفقیت‌آمیز اما با کارایی بسیار پایینی به حرکت درمی‌آورد. خط تولید این توربین گازی در سال ۱۹۳۹، به دلیل طراحی مدل جدیدی از توربین گازی توسط براون باوری، برچیده شد. براون باوری در این سال مدل جدیدی از توربین گازی را ابداع کرد که با بازده مناسب و توان حدود ۴ MW باعث تحول اساسی در ساخت توربین گازی شد و این تجهیز پرکاربرد را وارد عصر جدیدی کرد. این توربین در یک نیروگاه برق در کشور سوئیس نصب گردید. این نیروگاه اولین نیروگاه توربین گازی جهان به‌شمار می‌آید. در سال ۱۹۴۹ میلادی توربین گازی با قدرت ۱/۳۴ MW توسط Westinghouse و توربین گازی با قدرت ۳/۵ MW توسط General Electric در آمریکا برای تولید برق ساخته و به بهره‌برداری رسید.

در فاصله زمانی بیش از یک قرن، توسعه توربین‌هایی با جریان پیوسته، به دلیل کمبود اطلاعات علمی، همیشه دچار مشکل بوده است و پیشرفت چندانی ملاحظه نمی‌شود. محققان این رشته، بیشتر از روش‌هایی مانند سعی و خطا بدون داشتن پایه‌ای علمی استفاده می‌کردند. به‌عنوان مثال استالز در سال ۱۸۷۲ توربین گازی با کمپرسور جریان محوری هفت مرحله‌ای را طراحی کرد. این نوع توربین گازی در سال ۱۹۰۰ به مرحله آزمایش و بهره‌برداری رسید و تا سال ۱۹۰۴ آزمایش‌های لازم روی آن انجام شد، اما به دلیل داشتن کمپرسوری با کارایی بسیار پایین، از ادامه کار آن جلوگیری شد. پارسونز نیز در سال ۱۸۸۴ به همان دلیل موفق نبود. وی سعی کرد توربین عکس‌العملی را در جهت عکس به‌عنوان کمپرسور به حرکت درآورد. تمامی این شکست‌ها، نتیجه عدم آگاهی از علم آیرودینامیک سیستم‌های به کار رفته بود. به‌عنوان مقایسه، در سیستم‌های امروزی، هر مرحله از توربین، توانایی راندن شش یا هفت مرحله از کمپرسور جریان محوری با همان دبی جرمی را دارد.

اولین کمپرسور از نوع گریز از مرکز (سانتریفیوژ) را که به‌طور موفقیت‌آمیزی از سال ۱۹۰۵ شروع به کار کرد، براون باوری ساخت. دود خروجی، صرف تولید بخار فشار پایین و این بخار، صرف خنک کردن پرها و افزایش قدرت تولیدی می‌شد. این نوع توربین دارای کارایی پایین ۳ درصد بود. کوشش برای افزایش کارایی اجزای توربین گازی ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۳۹، توربین گازی صنعتی پا به عرصه وجود گذاشت. از سال ۱۹۳۰ با افزایش کارایی، توربین گازی به‌عنوان موتور

هوایما مورد استفاده قرار گرفت و اولین نمونه آن را در ۱۹۳۷ تامسون هیستون انگلیسی ساخت. امکان ناپذیری دستیابی به فشار بالا در کمپرسور، کارایی پایین توربین و عدم کنترل محفظه احتراق در حجم کوچک، مشکلات عدیده‌ای بود که در این طرح به چشم می‌خورد. در سال ۱۹۳۸ تغییراتی در محفظه احتراق صورت گرفت، بدین ترتیب که محور کمپرسور را به توربین نزدیک کردند تا عدم تعادل محور کاهش یابد. این نوع توربین گاز را در سال ۱۹۴۱ رور ساخت. در این سال‌ها مدل‌ها یا ترکیبات مختلفی از توربین گاز، توسط شرکت‌های امریکایی، انگلیسی و آلمانی ساخته شد.

هنکل موتور جت آزمایشی خود را در سال ۱۹۳۹ و جنرال الکتریک مدل W۱۷ را در سال ۱۹۴۱ به پرواز درآوردند. چند نوع دیگر از موتورهای جت تا پایان جنگ جهانی دوم ساخته و بهره‌برداری شد، اما تا سال ۱۹۵۳ نوع اقتصادی آن هنوز وارد بازار نشده بود. گروه توربوی رولزرویس مدل توربو جت را در سال ۱۹۴۵ آزمایش کردند. این نوع موتور جت در بیشتر کشورها در دسترس بود و به همین دلیل، رشد سریعی را از نظر ساخت و فناوری داشت. در اواسط دهه ۶۰ برای اولین بار در انگلستان، از توربین گازی به کاربرده شده در موتور هوایما که نسبت قدرت به وزن آن زیاد است، در موتور هاورکرافت استفاده شد و در همین راستا شبکه تولید برق انگلستان، واحدی گازی با ظرفیت ۱۷/۵ مگاوات را آزمایش کرد.

در سال‌های اولیه به دلیل استفاده از اجزا و مواد نامناسب، سیکل توربین گازی فقط می‌توانست محور را بچرخاند و توان اضافی قابل توجهی تولید نمی‌شد. اما با گذشت زمان و توسعه علوم آیرودینامیک و مواد، شرکت‌های سازنده موفق به ساخت توربین‌هایی پیشرفته شدند به طوری که امروزه توربین‌های گازی با نسبت فشار ۱:۳۵، کارایی اجزای ۸۵ تا ۹۰ درصد و دمای ورودی توربین تا  $1650^{\circ}\text{K}$  در حال بهره‌برداری است.

در سال‌های نخست ساخت توربین گازی، دو روش فشار - ثابت و حجم - ثابت برای اجرای واکنش احتراق ارائه داده شد. اگرچه از دیدگاه نظری، در سیکل با واکنش حجم - ثابت، کارایی حرارتی بالاتر است اما مشکلات مکانیکی و اجرایی بیشتری وجود دارد. در واکنش حجم - ثابت حرارت دادن به شیرهایی نیاز دارد که توربین و کمپرسور را از محفظه احتراق جدا کرده و عملکرد پایداری را در سیستم به اجرا درآورند. اگرچه کارهای موفقیت‌آمیزی از سازنده‌های آلمانی در اوایل قرن بیستم ارائه شد، اما این روش ادامه نیافت. در روش فشار - ثابت واکنش احتراق به‌طور پیوسته انجام می‌شود و جداکننده مورد نیاز نیست. این روش موفق بود و به همین دلیل در سال‌های بعدی به سرعت پیشرفت کرد. به جز سه جزء اصلی یادشده سیکل توربین گازی می‌تواند شامل کمپرسور و توربین‌های مختلفی باشد. سایر بخش‌ها شامل کولرهای خنک‌کننده بین کمپرسورها، مبدل‌های حرارتی بین توربین‌ها یا مبدل‌های حرارتی برای گرم کردن هوای ورودی به

محفظه احتراق است. این اجزا برای افزایش کارایی توربین گازی در سیکل قرار می‌گیرد که البته پیچیدگی بیشتری را برای سیکل توربین گازی به دنبال خواهد آورد.

در دهه‌های اخیر، تقاضا برای افزایش کارایی، موجب طراحی سیکل‌های ترکیبی گاز و بخار شد که بدون افزایش سوخت، ظرفیت تولیدی را افزایش می‌دهند. عامل اصلی توسعه توربین‌های گازی با توان و کارایی بالا، دسترسی به گاز طبیعی تمیز با قیمت ارزان است. اما خروج گاز با درجه حرارت بالا از خروجی توربین - که پیامد آن، کاهش کارایی سیکل است - متخصصان مربوط را بر آن داشته که سیکل‌های ترکیبی را مطرح کنند تا گاز با درجه حرارت بالا، در محفظه دیگری - موسوم به مبدل بازیاب حرارتی بخار استفاده شود. این نوع سیکل‌ها، با داشتن کارایی بالاتر از سیکل‌های عادی با سوخت زغال‌سنگ و همچنین داشتن ویژگی کاهش آلودگی محیط‌زیست، سهم بزرگی در تولید برق در شبکه‌ها برعهده دارند. محدودیت استفاده از گاز طبیعی در نیروگاه‌ها با قیمت ارزان و فشارهای سیاسی در جهت مصرف آن برای تولید انرژی الکتریکی، از عواملی است که استفاده کلان از توربین گازی را به‌طور گسترده‌ای با مشکل روبه‌رو کرده است. بنابراین متخصصان و کارشناسان، طرح تبدیل زغال سنگ به گاز را پیش‌بینی کرده و معتقدند که این طرح، جایگزین خوبی برای استفاده از منابع گاز طبیعی است. همچنین تلاش می‌کنند با ابداع روش‌هایی جدید، کارایی توربین‌های گازی را افزایش دهند. نیروی هوایی امریکا توانست در سال ۱۹۸۶ با همکاری هفت سازنده توربین، موتور توربینی با کارایی بالا بسازد. اهدافی که در توسعه این نوع موتور توربینی مدنظر بوده، به‌قرار زیر است:

الف) تولید گاز با دمای بالا در محفظه احتراق و ورودی توربین؛

ب) ساخت کمپرسوری با ظرفیت و کارایی بالا؛

ج) ساخت اجزای تشکیل‌دهنده سیکل.

بند ج برای توربین‌هایی که در تولید برق به کار رفته و در سطح زمین نصب می‌گردد چندان مورد توجه نبوده و از پیچیدگی علمی نیز برخوردار نیست. در توسعه توربین گازی، انواع مختلفی از سیکل‌های پیشرفته مبتنی بر کولر داخلی، استفاده از هوای مرطوب، تزریق بخار، محفظه احتراق مجهز به بازیافت حرارتی و مبدل‌های حرارتی، طراحی و به کار گرفته می‌شود. سازمان انرژی امریکا برنامه‌ای مبنی بر تولید توربین‌های پیشرفته‌ای با کارایی حدود ۵۲ درصد برای سیکل‌های ترکیبی و در آینده‌ای نزدیک با کارایی ۶۰ درصد و تولید پایین را تهیه کرده و در دست اجرا دارد. در این برنامه، دمای احتراق تا حدود ۱۴۲۷ درجه سانتیگراد افزایش یافته و برق با نازل‌ترین قیمت تولید می‌شود. همچنین جنرال الکتریک طرحی را برای

افزایش تولید قدرت توربین گازی ارائه داده که در آن کمپرسوری با فشار پایین با توربین مخصوصی که با عنوان طرح موتور جدید با نام GEX نامیده می‌شود، طراحی و به کار گرفته شده است. در این نوع توربین، هزینه‌ها در حداقل و بدون کاهش سیکل برآورد شده است. شکل (۲-۱۹) نمونه‌ای از سیستم‌های توربین گازی این شرکت را نمایش می‌دهد. این مدل می‌تواند توانی بین ۱۶۵ تا ۸۸۰ کیلووات را داشته باشد.



شکل (۲-۱۹): سیستم توربین گازی Waukesha VGF ساخت جنرال الکتریک [۶۲]

توربین‌های گازی جدیدی که برای موارد تولید انرژی الکتریکی طراحی شده و به کار می‌روند، در حالت کلی از نظر اندازه، مواد به کار رفته در اجزای مختلف و فناوری تغییراتی اساسی یافته‌اند. این واحدهای بزرگ با کارایی بالا که برای زمان‌های حداکثر بار طراحی شده‌اند، قابلیت مانور بالایی دارند. توربین گازی جنویلرس فرانسه از لحظه آغاز راه‌اندازی تا رسیدن به شرایط تولید با ظرفیت کامل فقط به ۱۲ دقیقه زمان نیاز دارد و چون هزینه تولید این واحد پایین است، انتظار می‌رود که از آن در سیکل‌های ترکیبی استفاده شود. در این صورت، تولید الکتریسیته برای بار پایه صورت می‌گیرد و تعداد دفعات راه‌اندازی و از کاراندازی آن کاهش خواهد یافت. با تغییر روش استفاده و با بهره‌برداری بهینه، ویژگی‌های تعمیراتی نیز تغییر خواهد کرد که در این صورت باید به این موارد نیز در طراحی توجه شود. برای مثال ممکن است اجزای قسمت‌های

دما بالا تغییر یابد یا بیشتر تعمیرات در خود نیروگاه انجام شود. لازم است ذکر شود که در صورت استفاده در بار پایه، خروج واحد از شبکه بدون برنامه‌ریزی قبلی، ضرر مالی قابل توجهی را به دنبال خواهد داشت.

در صنعت برق ایران اولین توربین گازی در سال ۱۳۴۳ در نیروگاه شهر فیروزه (طرشت) مورد استفاده قرار گرفته است که شامل دو دستگاه بوده و هر کدام ۱۲/۵ مگاوات قدرت داشته است. تا سال ۱۳۸۰ کوچک‌ترین توربین گازی موجود در ایران توربین گاز سیار " کاتلبرگ " با قدرت اسمی یک مگاوات و بزرگ‌ترین آن توربین گازی ۴۹-۷ شرکت زیمنس با قدرت ۱۵۰ مگاوات هست. در سال‌های اخیر ساخت توربین گازی با قدرت ۳۷۵ MW توسط زیمنس اوج پیشرفت در این فناوری را نشان می‌دهد، این درحالی است که توربین‌های با عمر بیش از ۴۰ سال هنوز به‌خوبی در صنعت نفت ایران در حال کار می‌باشند. در سال‌های اخیر تمرکز تلاش بخش توسعه و تحقیق شرکت‌های عمده تولیدکننده توربین گازی علاوه بر بهبود راندمان و افزایش عمر تجهیزات، معطوف کاهش تولید گازهای آلاینده، استفاده از سوخت‌های جایگزین و افزایش نسبت قدرت به وزن این تجهیزات بوده است. در سال‌های اخیر، توسعه فناوری‌هایی نظیر Dry Low Emissions (DLE) Combustion یا فناوری مشابه Lean Burn Combustion باعث شده میزان گازهای آلاینده به میزان زیادی از گازهای آگروز توربین‌ها حذف گردد. در روش احتراق DLE، با انتخاب دمای مناسب و تنظیم دمای محفظه احتراق در این درجه حرارت، کمترین میزان CO و NOx تولید می‌شود. امروزه هواپیماها، بالگردها، کشتی‌ها نیروگاه‌های گازی، ایستگاه‌های انتقال نفت و گاز، پالایشگاه‌ها، مجتمع‌های پتروشیمی و... بازار عظیمی برای این تجهیزات می‌باشند.

## ب) میکروتوربین‌ها

فناوری امروزی میکروتوربین‌ها در نتیجه پیشرفت‌های توربین‌های گازی متحرک و ثابت، توربوشاژرها و تجهیزات کمکی تولید توان هست که در صنایع خودروسازی و از سال ۱۹۵۰ انجام شده است. سابقه گسترش این سیستم‌ها چندان طولانی نیست و به دو دهه اخیر بازمی‌گردد. تست میکروتوربین‌ها از سال ۱۹۹۷ آغاز گردید و در سال ۲۰۰۰ به صورت تجاری، سرویس‌دهی اولیه این فناوری شروع شد. دامنه تولید توان توسط میکروتوربین‌های موجود و در حال توسعه، از ۳۰ تا ۵۰۰ کیلووات هست، درحالی که توان تولیدی توربین‌های گازی سنتی از ۵۰۰ کیلووات تا ۳۵۰ مگاوات هست. بازده الکتریکی میکروتوربین‌ها در حالت بدون ریکوپراتور حدود ۱۵ درصد است و همین استفاده از این سیستم‌ها را برای مقاصد تولید همزمان به کمک بازیافت حرارت اتلافی مناسب ساخته است. چنانچه بر روی میکروتوربین ریکوپراتور نصب شود، بازده

الکتریکی آن تا ۳۰ درصد نیز قابل افزایش است. میکروتوربین‌ها در سرعت‌های بالا عمل می‌کنند و همانند توربین‌های گازی می‌توانند تنها در تولید قدرت به کار روند و یا در سیکل‌های ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل (۲-۲۰) یک نمونه میکروتوربین کپستون را نشان می‌دهد. توان این میکروتوربین ۶۵ کیلووات و راندمان الکتریکی آن ۲۹٪ هست.



شکل (۲-۲۰): میکروتوربین C65 ساخته شرکت کپستون [۶۳]

در بحث فنی مهم‌ترین موضوع راندمان است. امروزه با توسعه میکروتوربین‌های نسل دوم، راندمان الکتریکی آن‌ها به حدود ۴۲٪ و راندمان حرارتی کل مجموعه با بازیاب به ۸۵٪ می‌رسد. و این مقدار معادل موتور ژنراتورهای متداول امروزی است. نکته دیگر میزان قابلیت اطمینان و پایداری بیشتر میکروتوربین‌ها نسبت به موتور ژنراتورها است که در تولید پراکنده پارامتر مهمی به شمار می‌رود. پیشرفت‌های سریع در این زمینه فرصت‌های جدیدی را برای استفاده کنندگان از الکتریسیته و گرما جهت کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان وسایل مورد استفاده و همچنین کاهش خطرات زیست‌محیطی به وجود می‌آورند. به‌طور کلی میکروتوربین دو مزیت عمده دارد یکی کاهش تزریق آلاینده‌ها به محیط و دیگر کاهش تعمیرات در مقایسه با مولدهای دیگر هست.

میکروتوربین‌ها هم به‌صورت مستقل و هم در اتصال با شبکه می‌توانند کار کنند. پراکنده شدن توزیع انرژی باعث شده است که میکروتوربین‌ها قابلیت ایجاد انقلابی را در ساختار صنعت برق هم از نظر تغذیه و هم از نظر تقاضا داشته باشند. از میکروتوربین‌ها می‌توان برای بهبود ظرفیت، کیفیت و قابلیت اطمینان شبکه‌های ضعیف استفاده کرد. از دیگر کاربردهای

آن می‌توان به استفاده از میکروتوربین‌ها به صورت stand-by برای بهره‌گیری در ساعات پیک بار اشاره کرد. درزمینه استفاده در محل می‌توان به واسطه میکروتوربین‌ها مراکز حساس در کلانشهرها را از شبکه‌ی اصلی مستقل ساخت و امنیت این مراکز را بالا برد. در نوامبر ۲۰۰۶ یک سیستم تولید انرژی مستقل از شبکه توسط شرکت کیستون در شمال شهر سنت پترزبورگ روسیه راه‌اندازی شد. این سیستم ۲/۳ مگاواتی شامل ۳۰ عدد C60 و ۸ عدد C65 ساخت شرکت کیستون بوده و تنها منبع تولید برق و حرارت این مرکز ورزشی می‌باشد. در طرف دیگر دغدغه چگونگی اتصال میکروتوربین‌ها به شبکه سراسری برق وجود دارد. این مسئله به کمک الکترونیک و میکروپروسورها تا حد زیادی مرتفع شده و همچنان در حال پیشرفت هست. البته به غیر از مسئله تکنیکی اشاره شده در صنعت برق جهت اتصال به شبکه، شرایط حداقلی لازم است که این نیز مسئله‌ای برای میکروتوربین‌ها است ولی این شرایط در حال بهبود بوده و ارتباط میکروتوربین‌ها با شبکه سراسری در حال آسان‌تر شدن است.

در ایران نیز طرح کلان ملی «طراحی و ساخت میکروتوربین ۲۰۰ kW همراه با سیستم تولید همزمان برق و حرارت (CHP) برای تولید پراکنده و ذخیره‌سازی انرژی» با هدف ایجاد و بومی‌سازی دانش طراحی و ساخت میکروتوربین‌ها و ژنراتورهای دور بالا در مقیاس تجاری در کشور در سال ۱۳۹۳ شروع به کار کرده و تا سال ۱۳۹۶ به بهره‌برداری خواهد رسید.

### ج) CHP

در سال ۱۸۸۸ اولین تولیدکننده همزمان برق و حرارت در آلمان شروع بکار نمود. در اوایل قرن بیستم، اغلب کارخانه‌های صنعتی، برق موردنیاز خود را با استفاده از دیگ‌های ذغال‌سوز و ژنراتورهای توربین بخار، تولید می‌کردند. در بسیاری از این کارخانه‌ها، از بخار داغ خروجی در فرایندهای صنعتی استفاده می‌شد به طوری که در اوایل ۱۹۰۰ در امریکا، حدود ۵۸ درصد از کل توان تولیدی توسط نیروگاه‌های صنعتی در محل مصرف، به صورت تولید همزمان بوده است.

در سال ۱۹۰۲ متوسط بهره‌وری تولید برق در ایالات متحده آمریکا ۶۶٪ بوده است. در سال ۲۰۰۲ پس از گذشت ۱۰۰ سال، بهترین مهندسان با استفاده از آخرین فناوری‌ها این بهره‌وری را به ۳۳٪ رسانده‌اند. البته از این ۶۶٪ تنها ۱۰-۱۲٪ مربوط به تولید برق بوده و بقیه آن شامل بخش تولید گرمای این سیستم‌ها بوده است. با متمرکز سازی برق تولید شده توسط ذغال سنگ و بعد از آن انرژی هسته‌ای، بهره‌وری تولید برق به ۴۰٪ رسید که البته عمده تلفات این سیستم‌ها مربوط به خطوط انتقال آنان می‌شود [۶۴]. این تغییرات در بهره‌وری انرژی از هنگامی آغاز شد که نیروگاه‌های برق

مرکزی و شبکه‌های قابل اطمینان برق ساخته شدند. از نیروگاه‌های زغال‌سنگ برای تولید برق استفاده شد و زمانی که مجبور شدند مولدهای برق را به دور از مراکز پرجمعیت بفرستند، CHP دیگر مقرون به صرفه نبود. هزینه‌های تولید و تحویل برق، پایین بود و بسیاری از کارخانه‌های صنعتی شروع به خریداری برق از این شبکه‌ها کرده و تولید برق خود را متوقف کردند. در نتیجه استفاده از تولید همزمان که ۱۵٪ از مجموع ظرفیت الکتریسیته تولیدی آمریکا در سال ۱۹۵۰ را به خود اختصاص داده بود، در سال ۱۹۷۴ به ۵٪ کاهش یافت. دیگر عواملی که در کاهش استفاده تولید همزمان دخیل بودند عبارت‌اند از: قانونمند شدن تولید برق، سهم اندک هزینه‌های خرید برق از شبکه در مجموع هزینه‌های جاری کارخانه‌ها، پیشرفت تکنولوژی‌های دیگ‌های بخار نیروگاهی، فراهم بودن سوخت‌های مایع و گازی در پایین‌ترین قیمت و نبود یا کمبود محدودیت‌های زیست‌محیطی.

در سال ۱۹۲۶ بانک انگلستان به خاطر اختلافات موجود در صنعت از استفاده از شبکه ملی برق واهمه داشت و می‌خواست که سیستم برق مستقل و متمرکز خود را داشته باشد. در این راستا اسکار فابر با کمک یک موتور دیزل سیستم برق ساختمان بانک را طراحی کرد. او به جای رهاکردن گرمای ایجادشده در روند تولید برق با تعبیه یک سری لوله در ساختمان از این گرما برای سیستم گرمایش استفاده برد. سیستم طراحی شده توسط فابر یکی از اولین سیستم‌های CHP ثبت شده برای استفاده در ساختمان‌های تجاری است [۶۵].

طی دهه ۶۰ و ۷۰، صنعت گاز طبیعی تعریف جدید "انرژی کل" را از مفهوم تولید همزمان ارائه کرد. این تلاش به دلیل ضعف‌های نسبی اقتصادی (مثل ارزانی نسبی برق و گرانی سوخت‌ها) و نبود قوانین دولتی برای هماهنگی و ارتباط بهتر با نیروگاه‌های بزرگ خیلی موفق نبود. در ۱۹۷۳، پس از افزایش هنگفت هزینه‌های سوخت و متعاقب آن ۵ برابر شدن قیمت‌های سوخت و برق بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۱۹۸۳ و بروز بحران انرژی در اغلب کشورهای جهان، مزایای بهره‌وری سیستم‌های تولید همزمان بار دیگر مورد توجه قرار گرفت. بسیاری از کشورها به تجدیدنظر درباره این فناوری متقاعد شده و روند یادشده در تولید همزمان، به صورت معکوس آغاز شد. بر اثر کاهش منابع سوخت فسیلی و افزایش قیمت‌ها، این سیستم‌ها که دارای بازده انرژی بالاتری بودند، بسیار مورد توجه قرار گرفتند. تولید همزمان، علاوه بر کاهش مصرف سوخت، میزان گازهای آلاینده را نیز کاهش می‌دهد. این شیوه تولید همزمان در مناطق سردسیر مانند فنلاند یا مناطق پرجمعیت بسیار مقرون به صرفه است. به همین علت، کشورهای اروپایی و آمریکا، اقداماتی را در زمینه افزایش استفاده از تولید همزمان، انجام دادند [۶۶].



طی دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی دسترسی گسترده به گاز طبیعی به صنایع انرژی این فرصت را داد تا در راستای کاهش هزینه‌های انرژی بار دیگر به استفاده از سیستم‌های CHP روی آورند. در این سال‌ها به‌طور عمده بر پایه توربین‌های گازی صنعتی مدرن، سطح جدیدی از تکامل به‌واسطه‌ی سیستم‌های کنترلی مجتمع با استفاده از جدیدترین دستگاه‌های الکترونیکی قابل برنامه‌ریزی معرفی شد. با کاهش هزینه‌های این سیستم‌ها در طول زمان، امکان دسترسی و قابلیت استفاده از آن‌ها در ژنراتورهای کوچک‌تر بالا رفت و CHP در اندازه‌ها و کاربردهای مختلف در دسترس قرار گرفت. مانند بسیاری از فناوری‌های امروزی، ساخت CHP مقیاس کوچک با ظهور ریزپردازنده‌ها امکان‌پذیر شد. در دهه ۹۰ میلادی دیگر نوآوری‌های علمی باعث ایجاد تنوع و اندازه‌های مختلف در فناوری CHP شدند. استفاده از مواد اولیه مدرن در طراحی میکروتوربین‌های گازی نوید بهره‌وری بالاتر آن‌ها را داد. در قرن ۲۱ با کاهش مقیاس سیستم‌های CHP به سطح واقعی میکرو، این سیستم‌ها برای کمک در تولید برق و حرارت در منازل در دسترس قرار گرفت [۶۷]. از دیگر کاربردهای این سیستم‌ها می‌توان به استفاده از آن‌ها در سامانه‌هایی که با زباله‌های جامد شهری و گاز حاصل از دفن زباله کار می‌کنند اشاره کرد.

#### د) جمع‌بندی

علاوه بر انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از تولید همزمان برق و حرارت و تولید سه گانه (برق، حرارت و برودت) برای بهبود راندمان احتراق سوخت‌های فسیلی و کاهش مصرف آن‌ها با استفاده از موتورهای احتراقی با بازده بالا مورد توجه است. امروزه با ظهور تکنولوژی Micro-CHP در عرصه انرژی پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در رابطه با کاهش آلودگی و افزایش راندمان تولیدات پراکنده به وجود آمده است. Micro-CHP از بسط دادن ایده تولید همزمان به تولید مصارف انرژی یک یا چندین خانه مسکونی و یا ساختمان اداری با مصرف بین ۰/۳ تا ۵۰ کیلووات به وجود آمده است. تولید در مکان مصرف بازده بالاتری خواهد داشت زیرا که تلفات ۱۴٪ - ۱۸٪ توزیع و انتقال برق و ۱۰٪ - ۱۵٪ انتقال گرما را دربر نمی‌گیرد. Micro-CHP می‌تواند به جز میکروتوربین از فناوری‌های تجدیدپذیری چون پیل سوختی و انرژی خورشیدی نیز بهره برده و نه تنها آلودگی را کاهش داده بلکه میزان قیمت انرژی را نیز کاهش دهد. با این روش تولید پراکنده، نه تنها قابلیت اطمینان سیستم بالا می‌رود بلکه از میزان وابستگی سیستم نیز کاسته می‌شود. با توجه به مزایای یاد شده، این روش نقش پررنگی در آینده انرژی جهان خواهد داشت به طوری که اتحادیه اروپا بخش بزرگی از برنامه‌های انرژی خود برای سال ۲۰۵۰ را به تولیدات پراکنده اختصاص داده است. در یک برنامه آزمایشی در سال ۲۰۱۱، ۸۷ عدد میکرو CHP

در ساختمان‌های مسکونی و تجاری کوچک در انگلستان نصب شد. بررسی‌ها نشان داد که سیستم‌های خانگی بزرگتر و تجاری کوچک، بیشترین سود را از این برنامه برده‌اند و به طور میانگین سیستم‌های کوچک محلی در مقایسه با برق و حرارت تولید و عرضه شده توسط شبکه سراسری چند درصدی به صرفه‌تر بوده‌اند. در پایان روند توسعه فناوری توربین گازی و تولید همزمان برق و گرما به صورت خلاصه در جدول زیر گردآوری شده است.

جدول (۷-۲): روند شکل‌گیری فناوری توربین گازی و تولید همزمان برق و گرما [۶۸، ۶۳]

| سال ظهور | عنوان   | کشور ظهور               |
|----------|---|-------------------------|
| ۱۸۳۷     | طراحی اولین توربین گازی با کمپرسور چرخشی                                      | برسون                   |
| ۱۸۷۲     | طراحی اولین توربین گازی امروزی  | استانز-آلمان            |
| ۱۸۸۸     | شروع به کار اولین تولیدکننده همزمان برق و حرارت                               | آلمان                   |
| ۱۹۰۰     | ۵۸٪ از کل توان تولیدی توسط نیروگاه‌های صنعتی در محل مصرف به صورت تولید همزمان | آمریکا                  |
| ۱۹۰۵     | اختراع سوتر توربو شارژ با موتور احتراق داخلی                                  | آلفرد بوچی-سوئیس        |
| ۱۹۰۵     | راه‌اندازی اولین توربین گازی با ۴ درصد کارایی                                 | سوسیته-فرانسه           |
| ۱۹۰۸     | ساخت اولین توربین گازی با حجم ثابت  | هلزورس-آلمان            |
| ۱۹۰۸     | ساخت اولین توربین گازی با کارایی ۲/۸ درصد                                     | کاراودین-فرانسه         |
| ۱۹۲۶     | ثبت اولین سیستم CHP برای ساختمان‌های تجاری                                    | اسکار فابر-انگلستان     |
| ۱۹۴۰     | استفاده از توربین گازی با سیکل بسته   | انگلستان-آلمان          |
| ۱۹۵۹     | استفاده از توربین گازی برای تولید الکتریسیته                                  | رستون و هورنسی-انگلستان |
| ۱۹۶۰     | به کارگیری واحد ترکیبی بخار و گاز   | جنرال الکتریک-آمریکا    |
| ۱۹۶۲     | آزمایش واحد گازی با ظرفیت ۱۷/۵ مگاوات   | انگلستان                |
| ۱۹۹۸     | معرفی فناوری جدید میکروتوربین   | کپستون-آمریکا           |
| دهه ۲۰۰۰ | ظهور میکرو CHP و استفاده از میکروتوربین در آنها                               | -                       |

## ۲-۲-۵- روند تحولات فناوری D-FACTS

امروزه مسائل مربوط به کیفیت توان به موضوعی مهم برای مشترکین برق در تمامی سطوح کاربری تبدیل شده است. در واقع حرکت به سمت تجدید ساختار و خصوصی‌سازی در صنعت برق به تقویت آگاهی و حساسیت عمومی درباره موضوعات مربوط به کیفیت توان در بین تمامی طبقات کاربران دامن زده است. در چند دهه گذشته تلاش‌های فراوانی در جهت یافتن راه‌حل‌های انعطاف‌پذیر و مؤثر برای مسائل کیفیت توان انجام گرفته است. در ابتدا فیلترهای پسیو بدون تلفات، متشکل از ترکیبات سلفی و خازنی تنظیم شده، برای حذف یا تعدیل هارمونیک‌ها بکار گرفته شدند. هزینه تمام شده پایین و کارایی بالا از

مهم‌ترین مزایای فیلترهای پسیو بود. با این وجود، این فیلترها دارای نقاط ضعف زیادی بودند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: ناپایداری، جبران‌سازی با مقادیر ثابت و امکان رزونانس با امپدانس منبع یا بار.

برای غلبه بر این محدودیت‌ها، فیلترهای اکتیو قدرت معرفی شدند. فیلترهای اکتیو دارای آرایش‌های مختلفی هستند: سری، موازی و ترکیبی. از فیلترهای اکتیو موازی برای جبران اثرات اغتشاشات ناشی از جریان استفاده می‌شود؛ در حالی که فیلترهای اکتیو سری برای جبران‌سازی اغتشاشات مبتنی بر ولتاژ بکار می‌روند. از فیلترهای اکتیو ترکیبی نیز برای حذف هارمونیک‌های از مرتبه بالا استفاده می‌شود. مشکل اصلی فیلترهای اکتیو این است که مقادیر نامی آن‌ها برخی اوقات بالا بوده و در کاربردهای خاص حتی به ۸۰٪ مقادیر نامی بار می‌رسد. این موضوع می‌تواند به بروز اغتشاشات توان و نارضایتی مشترکین منجر گردد.

با پیشرفت فناوری الکترونیک قدرت، در چند دهه گذشته تلاش‌های فراوانی برای افزایش قابلیت انعطاف و کنترل‌پذیری در شبکه‌های انتقال برق به منظور بهبود پایداری و امنیت شبکه همزمان با بهره‌برداری مؤثرتر از تجهیزات شبکه صورت گرفت که به پیدایش کنترل‌کننده‌های FACTS در سیستم‌های قدرت منجر شد. به موازات گسترش کاربرد ادوات الکترونیک قدرت در شبکه‌های انتقال، تلاش‌هایی نیز برای بهبود عملکرد شبکه‌های توزیع برق در مواجهه با مشکلات کیفیت توان و قابلیت اطمینان با استفاده از فناوری کنترل‌کننده‌های مبتنی بر ادوات الکترونیک قدرت صورت گرفت که این حرکت به پیدایش نسل جدیدی از کنترل‌کننده‌ها تحت عنوان D-FACTS یا Costum Power منجر گردید.

روند پیشرفت فناوری‌های D-FACTS متناسب با نیازها و کاستی‌های شبکه‌های توزیع سنتی از دیدگاه کیفیت توان و قابلیت اطمینان بوده است. در این راستا، فناوری‌های ارائه‌شده در سالیان گذشته را می‌توان در دودسته طبقه نمود. دسته نخست فناوری‌هایی است که مشابه کلید قدرت عمل نموده و ارتباط بین منبع اغتشاش یا خطا را با شبکه قطع می‌کنند و یا با ایزوله کردن منبع اغتشاش مسیر تغذیه بار را تغییر می‌دهند. این گروه از تجهیزات D-FACTS به "تجهیزات نوع تغییردهنده آرایش شبکه" معروف شدند. به‌طور سنتی در هنگام مواجهه با یک خطای اتصال کوتاه یا اغتشاش شدید در شبکه، برای حفاظت از تجهیزات در برابر عبور جریان‌های زیاد باید با بازنمودن کلید قدرت بخش خطا دار را از شبکه جدا نمود. اما مشکل اصلی در این نوع عملکرد این است که گاهی جریان خطا بزرگ است و کلید قادر به قطع آن نیست و یا به کلیدهای با مقادیر نامی بزرگ با قیمت‌های زیاد نیاز است. ضمن اینکه قطع جریان‌های بزرگ منجر به ایجاد حالت‌های گذرای شدید ولتاژ می‌شود که خود می‌تواند آسیب‌های دیگری به بار آورد. برای غلبه بر این مشکل ایده استفاده از ابزارهایی برای محدود کردن جریان خطا مطرح

شد تا فشار از روی کلید مدارشکن اصلی که یک کلید با عملکرد مکانیکی است برداشته شود. محدودکننده‌های جریانی که با استفاده از سوئیچ‌های الکترونیک قدرت ساخته شدند به محدودکننده جریان حالت جامد یا SSCL معروف شدند. در ابتدا از سوئیچ‌های GTO برای ساخت محدودکننده‌های جریان استفاده شد که منجر به ایجاد اضافه ولتاژهای نسبتاً زیادی می‌شد. سپس از تایریستور برای مشارکت دادن امپدانس محدودکننده جریان در هنگام خطا استفاده شد. برخلاف نوع مبتنی بر GTO، سوئیچ‌های تایریستوری در این نوع محدودکننده در حین خطا روشن می‌شوند و لذا با خودداری از قطع جریان در حین خطا از بروز حالت‌های گذرای شدید جلوگیری می‌شود.

محدودکننده‌های جریان فقط جریان خطا را محدود می‌کنند و لذا به یک کلید مکانیکی برای قطع نهایی مدار نیاز دارند. با ترکیب سوئیچ‌های تایریستوری و GTO در قالب مدارشکن‌های حالت جامد یا SSCB امکان حذف کلید مکانیکی و قطع کامل جریان در مدار با استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت فراهم شد. این کلیدها قابلیت عملکرد به صورت بازبست خودکار (autoreclosing) را نیز دارا می‌باشند. این کلیدها به مراتب سریع‌تر از معادل‌های مکانیکی‌شان بوده و لذا برای اهداف Custom Power ایده آل به نظر می‌رسند. مدارشکن‌های حالت جامد قادرند عمل کلیدزنی را در چند میکروثانیه انجام دهند. لذا حداکثر جریان عبوری از مدار هرگز از دو برابر جریان نامی فراتر نمی‌رود و اغتشاشات ولتاژی ایجادشده در اثر خطا بیش از ۱۰۰ میکروثانیه تداوم نخواهد داشت. با توسعه فناوری محدودکننده‌ها و مدارشکن‌های حالت جامد امکان قطع سریع جریان خطا با حداقل اثرات منفی بر شبکه فراهم شد. با این حال از دید قابلیت اطمینان و رضایت مشترکین به ابزاری برای جایگزینی سریع مسیر تغذیه بار و جلوگیری از خاموشی نیاز بود. کلیدهای انتقال دهنده حالت جامد یا SSTS در راستای برآورده نمودن این نیاز شبکه‌های توزیع معرفی شدند تا با جداسازی سریع مشترک از مسیر خطا دار و اتصال بلادرنگ آن به منبع جایگزین امکان تغذیه تقریباً بدون وقفه بارهای حساس را فراهم نمایند. این کلیدها با نام کلید استاتیکی انتقال دهنده منبع یا SSTS نیز شناخته می‌شوند و زمان انتقال آن‌ها بسیار اندک و در حد یک چهارم سیکل قدرت است. دومین دسته از فناوری‌های D-FACTS شامل تجهیزاتی است که بدون قطع ارتباط بین شبکه توزیع و منبع اغتشاش، با تزریق جریان یا ولتاژ کنترل شده اقدام به رفع یا کاهش اثرات اغتشاشی بار یا منبع می‌کنند. این گروه به "تجهیزات جبران کننده" موسوم هستند. هدف اصلی استفاده از این تجهیزات بهبود کیفیت توان تحویلی به مشترکین است. روند توسعه فناوری ادوات D-FACTS نوع جبران کننده نیز متناسب با نیازهای شبکه توزیع بوده است. مهم‌ترین این نیازها عبارت بود از: کنترل ولتاژ و توان راکتیو، کاهش هارمونیک‌ها، حذف برآمدگی و فرورفتگی ولتاژ، حذف فلیکر و متعادل‌سازی بار. به‌طور سنتی برای کنترل توان راکتیو و ولتاژ در شبکه‌های توزیع از

خازن‌ها و راکتورهای موازی (در کنار تغییردهنده تپ ترانسفورماتورها و ترانسفورماتورهای تقویت‌کننده) استفاده می‌شود. ایراد اصلی این روش کنترلی، جبران‌سازی با مقادیر ثابت و مستقل از وضعیت بار و شبکه بود. برای حل این مشکل جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو یا SVC معرفی شد. عملکرد این تجهیز مشابه یک سوسپتانس متغیر موازی است و در آن از کنترل‌کننده‌های تایریستوری سریع استفاده می‌شود [۶۹]. از دیدگاه بهره‌برداری، SVC مقدار سوسپتانس خود را به صورت خودکار در پاسخ به تغییرات رخ داده در شرایط بهره‌برداری شبکه تنظیم می‌کند. با کنترل مناسب راکتانس معادل آن، امکان تنظیم دامنه ولتاژ در نقطه اتصال SVC فراهم شده و عملکرد شبکه قدرت به شکل قابل توجهی بهبود می‌یابد. با توسعه فناوری مبدل‌های الکترونیک قدرت (اینورتر و کانورتر) امکان ساخت جبران‌سازهایی با قابلیت پوشش چندین هدف در کیفیت توان فراهم گردید. برای جبران اثر فرورفتگی/برجستگی ولتاژ، حالت‌های گذرا و هارمونیک‌های ولتاژ سمت تغذیه و محافظت از بارهای حساس در برابر این اغتشاشات، بهبوددهنده دینامیک ولتاژ (DVR) معرفی شد. ساختار یک DVR از یک مبدل منبع ولتاژ، سیستم کنترل سوئیچینگ مبدل، یک ابزار ذخیره‌ساز انرژی با ولتاژ DC و یک ترانسفورماتور اتصال‌دهنده که به صورت سری به سیستم AC متصل می‌شود تشکیل شده است. همچنین از یک فیلتر پسیو نیز در ساختار آن برای تعدیل هارمونیک‌های ناشی از کلیدزنی مبدل و اصلاح شکل موج ولتاژ تزریقی استفاده می‌شود. با معرفی ماژول‌های کاربردی‌تر این نوع از جبران‌کننده‌ها در قالب DSSC زمینه برای افزایش کاربرد این جبران‌سازها در شبکه فراهم شده است. اندازه و وزن واحد DSSC به گونه‌ای است که اجازه می‌دهد بر روی هادی خط معلق باقی بماند. استفاده گسترده از واحدهای DSSC به بهره‌برداران سیستم امکان تخصیص و دستیابی به سطوح مطلوب بارگیری در خطوط خاص شبکه را می‌دهد و لذا به نحو قابل توجهی کیفیت بهره‌برداری از شبکه موجود را ارتقا می‌دهد. همچنین جبران‌سازهای استاتیکی یا STATCOM برای تنظیم ولتاژ و جبران‌سازی توان راکتیو، اصلاح ضریب قدرت، حذف هارمونیک و تعدیل اثر فلیکر و متعادل‌سازی بار معرفی شدند. در ساده‌ترین شکل آن، یک D-STATCOM از یک مبدل منبع ولتاژ دو سطحی (VSC)، یک تجهیز ذخیره‌ساز انرژی با ولتاژ DC، یک ترانسفورماتور اتصال‌دهنده که به صورت شنت به سیستم AC متصل است و مدارهای کنترلی مربوطه تشکیل می‌شود. کنترل‌کننده D-STATCOM به‌طور پیوسته تغییرات ولتاژ و جریان بار را مشاهده نموده و میزان جبران‌سازی موردنیاز سیستم AC را برای گستره‌ای از تغییرات تعیین می‌کند. از D-STATCOM اغلب برای جبران معضلات کیفیت توان در جریان استفاده می‌شود و از ورود تاثیرات منفی ناشی از ماهیت بار به شبکه جلوگیری می‌کند. از طرفی DVR برای حل مسائل کیفیت توان در ولتاژ مناسب بوده و از بارهای حساس در مقابل ورود اغتشاشات از سمت شبکه محافظت می‌کند. با

ترکیب این دو هدف، ایده استفاده همزمان از این دو تجهیز در قالب مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان برای ایجاد یک جبران‌ساز چندمنظوره جهت حل توامان مسایل کیفیت توان در ولتاژ و جریان مطرح شده است. جدول زیر شامل خلاصه‌ای از روند تحولات D-FACTS می‌باشد.

جدول (۲-۸): روند تحولات تجهیزات D-FACTS یا Custom Power

| مراحل   | نام تجهیز  | انگیزه ایجاد (کاربرد و مزایا)  | معایب یا کاستی‌ها   |
|---|--|--|---|
| مرحله پیش از شکل‌گیری                         | فیلترهای پسیو بدون تلفات                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>حذف یا تعدیل هارمونیک‌ها</li> <li>هزینه تمام شده پایین و کارایی بالا</li> </ul>   | ناپایداری، جبران‌سازی با مقادیر ثابت و امکان رزونانس با امپدانس منبع یا بار.              |
|   | خازن‌ها و راکتورها   | کنترل توان راکتیو و ولتاژ  | جبران‌سازی با مقادیر ثابت و مستقل از وضعیت بار  |
|   | فیلترهای اکتیو   | <ul style="list-style-type: none"> <li>جبران اثرات اغتشاشات ناشی از جریان</li> <li>جبران‌سازی اغتشاشات مبتنی بر ولتاژ</li> <li>حذف هارمونیک‌های از مرتبه بالا</li> <li>حذف معایب فیلتر پسیو</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>مقادیر نامی بالا</li> <li>اغتشاشات توان</li> </ul> |
| روند تحولات تجهیزات نوع تغییردهنده آرایش شبکه | کنترل‌کننده‌های FACTS                                      | افزایش انعطاف‌پذیری سیستم انتقال   |   |
|   | محدودکننده جریان حالت جامد یا SSCL با سوئیچ‌های GTO        | کاهش جریان قطع کلید قدرت   | ایجاد اضافه ولتاژهای نسبتاً زیاد  |
|   | محدودکننده جریان حالت جامد یا SSCL با سوئیچ‌های تایریستوری | خودداری از قطع جریان در حین خطا و جلوگیری از بروز حالت‌های گذرای شدید  | نیاز به کلید قدرت برای قطع کامل جریان   |
|   | مدار شکن‌های حالت جامد یا SSCB                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>قطع جریان‌های خطای بزرگ</li> <li>قابلیت عملکرد به صورت بازبست خودکار</li> <li>کاهش اغتشاشات ولتاژ</li> </ul>  | قطع مسیر تغذیه بار و ایجاد خاموشی   |
| روند تحولات تجهیزات جبران‌کننده               | کلیدهای انتقال دهنده حالت جامد یا SSTS                     | تغذیه تقریباً بدون وقفه بارهای حساس  | -   |
|   | جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو یا SVC                      | حذف معایب خازن و راکتور  | ضعف در پوشش اهداف کیفیت توان  |
|   | بهبوددهنده دینامیک ولتاژ (DVR)                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>جبران اثر فرورفتگی/برجستگی ولتاژ</li> <li>حذف حالت‌های گذرا و هارمونیک‌های ولتاژ سمت تغذیه</li> <li>محافظت از بارهای حساس در برابر اغتشاشات</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>ابعاد بزرگ</li> <li>قیمت بالا</li> </ul>           |
|   | DSSC   | <ul style="list-style-type: none"> <li>پوشش اهداف DVR</li> <li>امکان استفاده گسترده با تغییرات ظاهری جهت حذف معایب DVR</li> </ul>  | -   |
|   | جبران‌سازهای استاتیکی یا STATCOM                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>تنظیم ولتاژ و جبران‌سازی توان راکتیو</li> <li>اصلاح ضریب قدرت</li> <li>حذف هارمونیک و تعدیل اثر فلیکر</li> </ul>  | -   |

| مراحل | نام تجهیز                         | انگیزه ایجاد (کاربرد و مزایا)   | معایب یا کاستی‌ها |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
|       |                                   | ■ متعادل سازی بار               |                   |
|       | مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان UPQC | پوشش همزمان اهداف DVR و STATCOM | -                 |

## ۲-۲-۵-۱- جمع بندی

روند تاریخی حاکی از گسترش استفاده از این کنترل‌کننده‌ها در شبکه‌های توزیع است. با این حال به علت قیمت نسبتاً زیاد، در حال حاضر نصب و استفاده از این تجهیزات در شبکه بیشتر به مصرف‌کننده‌های خاصی که سطح بالایی از کیفیت توان یا قابلیت اطمینان را به واسطه استفاده از تجهیزات حساس نیاز دارند محدود شده است. با این حال تعداد مشتریانی که استانداردهای بالاتر کیفیت توان و قابلیت اطمینان را طلب می‌کنند در شبکه‌های توزیع آینده بخصوص در کلانشهرها که قطب فعالیت‌های تجاری و اقتصادی در محدوده جغرافیایی خود هستند رو به افزایش است و باید در طراحی شبکه‌های توزیع آینده توجه ویژه‌ای به این فناوری‌ها صورت گیرد.

## ۲-۲-۶- برنامه‌های تامین برق و توسعه شبکه چند کلانشهر در سایر نقاط

### جهان

تاثیر ویژگی‌های خاص کلانشهرها در زمینه طراحی شبکه‌های توزیع را می‌توان از سه منظر تاثیرات مکانی، تاثیرات زیست‌محیطی و تداخل با مباحث مدیریت شهری بررسی نمود.

از دیدگاه مکانی، رشد و توسعه سریع شهر منجر به قرار گرفتن پست‌ها و تأسیسات حاشیه‌ای قبلی در مناطق درون شهری می‌گردد و گستردگی شهر و تراکم بار در آن ضرورت احداث پست‌های فوق توزیع (و بعضاً انتقال) جدید را در نزدیکی مراکز ثقل بار در پی دارد. مشکل اصلی در اینجا یافتن زمین مناسب برای احداث پست‌ها و معضل احداث کانال برای نصب کابل‌های تغذیه کننده این پست‌ها است. علاوه بر معضل زمین می‌توان به چالش‌های دیگری از قبیل مشکلات ناشی از تداخل توسعه شبکه با زندگی شهری در کلانشهرها مثل تعدد حفاری خیابان‌ها و معابر جهت توسعه شبکه یا انجام تعمیرات گریزناپذیر در این محدوده‌ها و همچنین مشکلات و محدودیت‌های ناشی از حریم خطوط و فیدرهای توزیع نام برد.

از منظر مسایل زیست‌محیطی، در بین بخش‌های مختلف آلوده‌کننده هوا در کلانشهرها، بخش‌های حمل و نقل و صنعت به ترتیب مهم‌ترین بخش‌های آلوده‌کننده هوا هستند، که هر دو عامل فوق‌رابطه‌ی مستقیمی با طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها دارند. آلودگی هوای کلانشهرها در وهله اول ناشی از عدم مدیریت صحیح، سیستم غلط شهرسازی و رشد و توسعه ناهمگون و عدم پیش‌بینی زیرساخت‌های لازم برای آن هست، که به تبع آن، مقدار زیاد وسایل نقلیه موتوری و احتراق ناقص سوخت در این وسایل و عدم مکان‌گزینی صحیح صنایع، نیروگاه‌ها و ... را به دنبال دارد. مواد آلوده‌کننده‌ای که در نتیجه احتراق سوخت‌های مختلف به‌منظور تأمین انرژی برای حمل و نقل، مصارف خانگی، صنایع و غیره ایجاد می‌گردد، در حقیقت عامل اصلی آلوده‌کننده هوا به‌خصوص در کلانشهرها می‌باشند. بنابراین یکی از راه‌های اصلی ایجاد تغییر در کیفیت هوای شهر تغییر منابع تولید انرژی خواهد بود. از سویی دیگر طراحی شهری و کاربری صحیح اراضی برای بخش‌های مختلف همچون صنایع، کارگاه‌ها و ... همراه با ترویج خودروهای برقی و مدیریت ترافیک سخت‌گیرانه و جدی و سیاست‌های حمل و نقل عمومی با ایجاد تسهیلات لازم جهت نوسازی منابع آلاینده و استانداردسازی این منابع از لحاظ فنی می‌تواند در جهت کاهش و جلوگیری از توسعه آلودگی هوا در کلانشهرها تاثیرگذار باشد.

از دیدگاه مدیریت شهری معضل تراکم انبوه، کمبود زمین در کلانشهرها و کاهش نقدینگی شرکت‌های توزیع، این شرکت‌ها را به سمت استفاده از انواع تجهیزات کمپکت در فضای عمومی زیرزمینی و روزمینی شهرها و همچنین نصب پست انحصاری در ملک متقاضیان نموده است. عدم وجود تعاملات مناسب با شهرداری و قوانین مدیریت شهری سبب می‌شود تا تلاش‌های شرکت توزیع در موارد فوق‌عقیم مانده و یا با کاستی مواجه گردد. بنابراین تعامل کامل بین مجموعه مدیریت شهری با شرکت توزیع برق در زمینه‌های صدور پروانه ساختمان متقاضیان مشمول احداث پست و واگذاری فضاهای عمومی روزمینی و زیرزمینی شهری جهت احداث پست‌های توزیع و تدوین دستورالعمل و روش‌های مورد نظر از این منظر ضروری به نظر می‌رسد.

در این قسمت به برخی از روندهای موجود برای طراحی شبکه‌های توزیع در چند کلانشهر از کشورهای پیشرفته جهان پرداخته می‌شود.

## ۲-۶-۱- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در آمریکا

در آمریکا شهرهایی با جمعیت بالای ۵۰۰۰۰ نفر به‌عنوان کلانشهر در نظر گرفته می‌شوند و در طراحی آن‌ها تمهیدات خاصی در نظر گرفته می‌شود. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که تا سال ۲۰۲۰ میلادی، سهم خودروهای برقی در حدود ۷٪ کل



فروش خودرو در جهان باشد، اگرچه به عقیده بسیاری، این رقم فراتر نیز خواهد رفت. از این رو در طراحی شبکه‌های توزیع برق در امریکا، احداث پارکینگ‌های خودروی برقی بیش از پیش مورد توجه قرار خواهد گرفت. استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی، استفاده از تکنولوژی پست‌های کمپکت و کابل‌های خود نگهدارنده از جمله مواردی است که در طراحی شبکه توزیع با هدف حفظ مبلمان و زیبایی شهری مورد توجه است.

همچنین افزایش قابلیت انتقال و توزیع برق با استفاده از فناوری‌های جدید مثل فناوری خط گرم و تلاش در جهت بهبود فناوری‌های فوق از جمله اقداماتی است که در این کشور در حال انجام است.

بر اساس چشم‌انداز انرژی نیویورک به‌عنوان بزرگ‌ترین کلانشهر کشور آمریکا قرار است با تغییر ساختار بنیادین در چگونگی فروش انرژی توسط شرکت‌ها و بهره‌برداران، اهداف پیشینه‌سازی بهره‌برداری از منابع موجود و کاهش نیاز به زیرساخت‌های جدید از طریق گسترش مدیریت تقاضا، بهبود بهره‌وری انرژی و گسترش کاربرد انرژی‌های تجدید پذیر، تولید پراکنده و ذخیره‌سازی انرژی محقق گردد. برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا و توسعه تولید پراکنده نقش پررنگی در دستیابی به اهداف این چشم‌انداز خواهد داشت. به‌عنوان مثال برنامه‌های مدیریت تقاضا قرار است نیاز به سرمایه‌گذاری کلان مورد نیاز برای احداث ایستگاه‌های توزیع جدید برای برآورده کردن تقاضای آینده را تا حدی برطرف نماید [۷۰].

در کالیفرنیا برنامه ایجاد ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی تا سقف ۱۳۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۰ به تصویب دولت محلی رسیده و لازم الاجراست. این ذخیره‌سازی از مجموعه باتری‌های بزرگ لیتیم-یون و سدیم-سولفور عظیم نصب شده در شبکه توزیع که توسط بهره‌برداران سیستم مدیریت می‌شوند تا ذخیره‌سازهای کوچک تعبیه شده در داخل ساختمان‌ها و خانه‌های مجهز به پنل‌های خورشیدی را شامل می‌شود.

## ۲-۲-۶-۲- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در استرالیا

در کشور استرالیا با تعیین افق برنامه‌ریزی ۲۰ ساله، به دنبال راهکارهایی هستند تا بتوانند از طریق آن‌ها میزان آلودگی ناشی از تولید برق را به میزان ۴۰ درصد کاهش دهند. استفاده از خودروهای برقی و انرژی‌های تجدید پذیر از مهم‌ترین اقداماتی است که در برنامه فوق مدنظر است [۷۱].

برنامه "شهرهای خورشیدی در استرالیا" در راستای یافتن روش مناسب برای ترکیب انرژی خورشیدی، اندازه‌گیری هوشمند، ذخیره‌سازی انرژی و الگوهای جدید قیمت‌گذاری برق در جهت تامین یک آینده پایدار انرژی در نواحی شهری سراسر

استرالیا طراحی شده است. این برنامه دارای یک رویکرد مشارکتی است که تمامی سطوح دولتی، بخش خصوصی و جوامع محلی را در برمی‌گیرد. تامین تسهیلاتی برای خرید پنل‌های خورشیدی توسط مشترکین و پیش‌بینی سایر مشوق‌های مالی برای کمک به اقشار کم درآمد و اجاره‌نشین جهت بهره‌مندی از مزایای مشارکت در طرح نیز در این برنامه گنجانده شده است. همچنین در سال‌های اخیر اقدامات زیادی در شبکه توزیع برق کشور استرالیا برای کاهش تلفات الکتریکی صورت گرفته است و میزان تلفات از ۱۳ درصد به حدود ۵٫۵ درصد رسیده است. استفاده از پست‌های کمپکت و زیرزمینی از جمله اقداماتی است که در طراحی شبکه توزیع برق استرالیا مورد نظر بوده است. در سال ۲۰۱۲ شرکت ABB، فناوری جدیدی از پست‌های زیرزمینی را برای شبکه توزیع استرالیا با اهدافی چون افزایش قابلیت انتقال توزیع انرژی و حفظ زیبایی و مبلمان شهری معرفی کرد [۷۲].

در چشم‌انداز توسعه‌ای کلانشهر سیدنی (بزرگ‌ترین کلانشهر استرالیا) تحت عنوان Sydney 2030 قید شده است که تا سال ۲۰۳۰ باید میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۷۰ درصد کاهش یافته و ۱۰۰ درصد انرژی مورد نیاز شهر توسط تولیدات محلی تامین گردد. برای رسیدن به این هدف برنامه‌ریزی صورت گرفته در راستای تامین ۳۰ درصد از نیاز انرژی شهر از طریق انرژی تجدید پذیر که بخش عمده آن شامل گسترش بهره‌برداری از انرژی خورشیدی است هست. هفتاد درصد انرژی باقی‌مانده نیز باید از طریق تولید سه گانه (Trigeneration) تامین گردد. تولید سه گانه به معنای استفاده از موتورهای احتراقی گازسوز با راندمان بالا برای تولید همزمان برق، حرارت و برودت است که می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز انرژی ساختمان‌ها و اماکن را برطرف نموده و تاثیر بسزایی بر کاهش حجم گازهای گلخانه‌ای تولید شده داشته باشد. لذا گسترش شبکه توزیع کلانشهر سیدنی باید در راستای دستیابی به اهداف این چشم‌انداز برنامه‌ریزی شود. گسترش استفاده از لامپ‌های LED برای روشنایی خیابان‌ها و محوطه‌ها نیز از دیگر برنامه‌های شبکه توزیع شهر است [۷۳].

## ۲-۲-۳- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در کانادا

در کانادا توسعه شبکه توزیع با اهدافی شامل کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش قابلیت اطمینان توزیع برق در حال انجام است. این کشور در راستای کاهش اثرات زیست‌محیطی، در حال توسعه منابع تجدید پذیر است و با در نظرگیری برنامه‌هایی چون تامین بخشی از انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان خانگی، تجاری و... توسط سلول‌های خورشیدی در صدد رسیدن به اهداف فوق است. همچنین توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع، از دیگر اقداماتی است که در این کشور

مدنظر است و در این راستا می‌توان به مواردی چون معرفی "پست‌های فوق کمپکت" [۷۴] و توسعه فناوری خط گرم اشاره کرد.

مطابق نقشه راه فناوری خودرو برقی در سال ۲۰۱۸ تعداد پانصد هزار خودرو برقی با قابلیت اتصال مستقیم به شبکه و تعداد بیشتری خودرو هیبریدی در شهرهای کانادا وجود خواهد داشت که باید در محاسبه تقاضای انرژی الکتریکی در نظر گرفته شود.

### ۲-۲-۶-۴- روند توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهر در ژاپن

در این کشور طرح‌های زیادی برای توسعه و طراحی بهینه در آینده ارائه شده است. از جمله طرح بهینه طراحی شبکه توزیع در افق ۳۰ ساله [۷۵] که بر مبنای آن هزینه‌های طراحی به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین در این کشور، توسعه انرژی‌های نو تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۱۰ درصد مدنظر است [۷۶]. پیشرفت در سایر فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع مثل پست‌های زیرزمینی و کمپکت از دیگر مواردی است که در آینده شبکه توزیع این کشور لحاظ شده است. در زمینه پارکینگ‌های خودروی برقی، این کشور قصد دارد تا سال ۲۰۲۰، پنج هزار پارکینگ خودروی برقی برای پشتیبانی از ۲۰ هزار خودروی برقی در سطح شبکه‌های توزیع شهری احداث کند.

### ۲-۲-۶-۵- جمع‌بندی

در بخش‌های قبل، برنامه‌های برخی از کلانشهرها در کشورهای پیشرو صنعتی جهان برای توسعه شبکه‌های برق مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی می‌توان گفت مهم‌ترین گزینه‌های فناورانه در این کلانشهرها برای توسعه شبکه برق در آینده با در نظر گرفتن معضلات کلانشهر عبارت‌اند از:

☞ توسعه استفاده از خودرو برقی با تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز آن

☞ گسترش استفاده از پست‌های کمپکت، فوق کمپکت و زیرزمینی

☞ گسترش میزان نفوذ انرژی‌های تجدید پذیر، تولید پراکنده، تولید همزمان و ذخیره‌سازی در شبکه

☞ توسعه زیرساخت‌های اندازه‌گیری پیشرفته و هوشمند و پاسخگویی و مدیریت تقاضا

↪ گسترش خطوط زمینی توزیع و کاهش یا حذف شبکه هوایی و توسعه فناوری خط گرم

↪ گسترش استفاده از کابل‌های خودنگهدار

### ۳- نتیجه‌گیری

با توجه به گستردگی و بین رشته‌ای بودن علوم، دستیابی به فناوری‌های نوین کاری بس دشوار است. از این رو محققین با بهره‌گیری از هوشمندی فناوری به دنبال تسهیل در این امر می‌باشند. در گزارش دومین مرحله از پروژه "تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" با عنوان هوشمندی فناوری‌های شبکه توزیع کلانشهرها، در دو بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه و آینده‌پژوهی فناوری ارائه گردید.

در بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه با ترسیم درخت فناوری، به تقسیم‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع پرداخته شد، و در ادامه توضیحات کامل مربوط به هر فناوری ارائه گردید. در بخش آینده‌پژوهی این پروژه، ابتدا روند تحولات صورت گرفته در فناوری‌های مختلف مرتبط با موضوع طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مورد بررسی قرار گرفت. سپس ویژگی‌های خاص کلانشهرها که می‌تواند بر فرایند طراحی شبکه توزیع آن‌ها مؤثر باشد بیان گردید. در این بخش، آینده‌های محتمل در ارتباط با فناوری‌های تحت مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. و براساس مطالعات انجام شده چنین نتیجه‌گیری شد که علی‌رغم پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری‌های تحت مطالعه، همچنان کاستی‌هایی مشاهده می‌شود که لزوم توسعه فناوری‌ها و ارائه فناوری‌های جدید را توجیه می‌کند.

## ۴- مراجع

- [۱]. دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده (مولدهای مقیاس کوچک) به شبکه، ویرایش اول
- [۲]. "طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری شبکه برق ایران"، مرحله دوم، پژوهشگاه نیرو.
- [3]. <http://www.cyme.com/software/cymdist>
- [4]. <http://www.digsilent.com/index.php/downloads.html>
- [5]. [http://gedigitalenergy.com/uos/catalog/poweron\\_advantage.htm#pf4](http://gedigitalenergy.com/uos/catalog/poweron_advantage.htm#pf4)
- [6]. <http://www.nexant.com/products/nexant-grid360/grid360-distribution-manager>
- [7]. <https://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/software-solutions/planning-data-management-software/planning-simulation/Pages/PSS-SINCAL.aspx>
- [8]. [http://www.4thintegrationconference.com/downloads/OpenDSS%20Tutorial\\_EPRI\\_Dugan.pdf](http://www.4thintegrationconference.com/downloads/OpenDSS%20Tutorial_EPRI_Dugan.pdf)
- [9]. <http://www.gridlabd.org>
- [۱۰]. "دستورالعمل نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست پیش‌ساخته کمپکت فلزی"، توانیر.
- [11]. Frank de Groot, Maarten van Riet, Gerard Buisman, "THE FULL UNDERGROUND DISTRIBUTION TRANSFORMER IN PRACTICE" C I R E D 21st International Conference on Electricity Distribution Frankfurt, 6-9 June 2011.
- [۱۲]. "دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و سرویس و نگهداری پست هوایی" توانیر.
- [13]. Jenkins, N., Allan, R., Crossley, P., Kirschen, D. and Strbac, G., "Embedded Generation", IET power and energy series 31, 2000.
- [14]. Larminie, J. and Dicks, A., "Fuel Cell Systems Explained" Wiley; 2nd edition, 2003.
- [15]. Deepak Divan, "Improving Power Line Utilization and Performance With D-FACTS Devices", Power Engineering Society General Meeting, 2005. IEEE
- [16]. Ashwin Kumar Sahoo and T. Thyagarajan, "Modeling of Facts and Custom Power Devices in Distribution Network to Improve Power Quality", Third International Conference on Power Systems, Kharagpur, INDIA December 2009.
- [17]. N. Hingorani, "FACTS — Flexible ac transmission systems," in Proc.IEE5th Int. Conf. AC DC Transmission, London, U.K., 1991, Conf. Pub. 345, pp. 1-7.
- [18]. N. G. Hingorani and L. Gyugyi, Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems. New York: Wiley, 2000, vol. I

- [19]. Mathur, R. Mohan and Varma, Rajiv K., " Thyristor-Based Facts Controllers for Electrical Transmission Systems", John Wiley & Sons.
- [20]. E Acha, V G Agelidis, O Anaya-Lara, T J E Miller, " Power Electronic Control in Electrical Systems", Newnes Power Engineering series, 2002.
- [21]. Christoph Meyer, Stefan Schröder and Rik W. De Doncker, " Solid-State Circuit Breakers and Current Limiters for Medium-Voltage Systems Having Distributed Power Systems", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 19, NO. 5, SEPTEMBER 2004.
- [۲۲]. بورک، جیمز - ترجمه حقی فام، محمودرضا: مهندسی سیستم‌های توزیع، سال ۱۳۸۰.
- [23]. <http://www.digsilent.com.au/>
- [24]. DIgSILENT PowerFactory-Version 15.1-Detailed Product Information, DIgSILENT GmbH, Gomaringen, Germany, August 2014.
- [25]. PowerFactory 15.2-DIgSILENT announces, DIgSILENT GmbH, Gomaringen, Germany, November 2014.
- [26]. <http://www.openelectrical.org/>
- [27]. Release Information for PSS®SINCAL 6.0, SIEMENS, October 2009.
- [28]. Release Information for PSS®SINCAL 7.0, SIEMENS, October 2010.
- [29]. Release Information for PSS®SINCAL 8.0, SIEMENS, October 2011.
- [30]. Release Information for PSS®SINCAL 9.0, SIEMENS, October 2012.
- [31]. Release Information for PSS®SINCAL 10.0, SIEMENS, October 2013.
- [32]. Release Information for PSS®SINCAL 11.0, SIEMENS, October 2014.
- [33]. <http://www.GISTech.ir>
- [34]. <http://www.isfp.ir>
- [35]. GIS for Enhanced Electric Utility Performance, Bill Meehan, Artech House, 2013.
- [36]. Mapping Sciences in power sector, power workshop: Map, India, 2002.
- [37]. <http://www.geobook.ir>
- [38]. Cipriani, G.; La Cascia, D.; Di Dio, V.; Lipari, A.; Miceli, R., "Electrical distribution substation remote diagnosis and control system," Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition (PEMC), 2014 16th International, vol., no., pp.1300,1305, 21-24 Sept. 2014.
- [39]. <http://www.energycentral.com/gridtandd/gridoperations/articles/2748/>
- [40]. <http://simandabhar.com/content/view/26/48/index.htm>

[41]. Jiahui Zhu; Xiaoyu Chen; Wenjiang Yang; Zhenyu Fu; Ming Qiu; Xiaodong Zheng; Wei Liu; Jin Fang, "A Novel AC Loss Measurement Technology for High Temperature Superconducting Cable With Large Current Capacity Using a Compensation Coil," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol.25, no.3, pp.1,4, June 2015.

[۴۲]. سهیل پرخيال، مهدی شریفی، "تاثیر تحقیق و توسعه (R&D) در پیشرفت صنعت انرژی برق بادی جهان و ایران"، ششمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن (۴-۵ تیر ۱۳۸۶).

[43]. <http://www.nrel.gov>

[44]. <http://ctngreen.com/ecologic/2009/05/solar-towns-freiburg-germany/>

[45]. <http://www.parsautomation.com/Energy/>

[۴۶]. عبدالحمید نیر نوری. سهم ایران در تمدن جهان. بررسی‌های تاریخی ششم، ش. ۳۳ (مهر ۱۳۵۰): ۲۴۷.

[47]. Prioritising Wind Energy Research, Strategic Research Agenda of the Wind Energy Sector, Prepared by EWEA (European Wind Energy Association), July 2005.

[48]. IEA 27th Meeting of Experts, Current R&D Needs in Wind Energy Technology, Proceedings, Utrecht, September 1995, Lyngby, Denmark: Danish Technical University, 1995.

[۴۹]. لستر براون، "طرح امید: آینده و محیط‌زیست"، ترجمه حمید طراوتی، نشر جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول ۱۳۸۷، ص

.۱۱

[50]. <http://privatesectors.sunna.org.ir/>

[51]. National Renewable Energy Laboratory, Small Wind Turbine Research, <http://www.nrel.gov/wind/smallwind/>.

[52]. <http://bnp-ir.com/>

[53]. [www.vista.ir](http://www.vista.ir)

[54]. [www.imna.ir](http://www.imna.ir)

[55]. <http://www.fcc.gov.ir/Fuel-Cell-in-IRAN.aspx>

[56]. "Advancing Europe's energy systems: Stationary fuel cells in distributed generation", Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2015.

[57]. <http://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>

[58]. <http://www.fuelcelltoday.com/history>



- [59]. United States Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Renewable energy Organization, The History of Solar.
- [60]. Wittrup, Sanne, "Power from Vestas' giant turbine", January 2014.
- [۶۱]. نوید خالصی، محمود رضا حقی فام، "مکان‌یابی بهینه منابع تولیدپراکنده به منظور کاهش تلفات و بهبود قابلیت‌اطمینان شبکه"، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران.
- [62]. <https://www.ge-distributedpower.com/products/power-generation/up-to-5mw/waukesha-vgf>
- [63]. <http://www.capstoneturbine.com>
- [64]. Tom Casten of Trigen Inc. in a speech to the WADE conference, Amsterdam 2002.
- [65]. John Faber, The Biography of Oscar Faber, Quiller Press, Shrewsbury, 1989.
- [۶۶]. مطلب میری، غلامرضا بیاتی، محمد حسن زربخش، "مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت"، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، تهران، ۱۳۸۳.
- [67]. Robert Beith, Small and micro combined heat and power (CHP) systems, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 2011.
- [68]. Ian McNeil, "An Encyclopaedia of the history of Technology", Published by Routledge, New York, USA, 1990.
- [69]. Ashwin Kumar Sahoo and T. Thyagarajan, "Modeling of Facts and Custom Power Devices in Distribution Network to Improve Power Quality", Third International Conference on Power Systems, Kharagpur, INDIA December 2009.
- [70]. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/What-Does-New-Yorks-Energy-Vision-Mean-For-Utility-Jurisdiction-and-Regu>
- [71]. <http://www.endeavourenergy.com.au>
- [72]. <http://www.abb.com.ar>
- [73]. <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/towards-2030/sustainability/carbon-reduction>
- [74]. Georgilakis, P.S.; Preve, C.; Deschamps, P.; Londos, N.; Bidaut, A., "A novel ultra-compact distribution substation," Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE, vol.1, no., pp.212,219 vol.1, 25-25 July 2002.
- [75]. Sugita, T.; Iioka, D.; Yokomizu, Y.; Matsumura, T.; Hatakeyama, N.; Kuriyama, T.; Ootaki, T., "Low-voltage distribution network planning taking account of power loss cost in genetic algorithms," Future Power Systems, 2005 International Conference on, vol., no., pp.5 pp.,5, 18-18 Nov. 2005.

[76]. "After Fukushima, Japan beginning to see the light in solar energy". The Guardian. 19 June 2013. Retrieved 19 June 2013.

## فهرست مطالب

|  |    |
|--|----|
| مقدمه .....  | ۱  |
| ۱- تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها .....               | ۱  |
| ۱-۱- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... | ۱  |
| ۱-۱-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده .....  | ۲  |
| ۱-۱-۱-۱- حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون [۲]) .....               | ۲  |
| ۱-۱-۱-۲- حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رایینسون [۳] .....                                     | ۳  |
| ۱-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس [۴] .....                                  | ۳  |
| ۱-۱-۱-۴- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی [۵] .....                                    | ۳  |
| ۱-۱-۲- ویژگی‌های اهداف تعیین شده .....   | ۴  |
| ۲-۱- فرایند تدوین اهداف توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها .....           | ۵  |
| ۲-۱-۱- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری .....   | ۶  |
| ۲-۱-۲- نتایج حاصل از بررسی عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها .....                    | ۸  |
| ۳-۱- اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها .....                   | ۱۰ |
| ۲- تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها .....                | ۱۲ |
| ۲-۱- تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های حوزه فرآیند .....                                      | ۱۲ |
| ۲-۲- بررسی مبانی نظری رویکردهای مداخله در بازار فناوری .....                                 | ۱۵ |
| ۲-۲-۱- مفهوم‌شناسی بازار فناوری .....  | ۱۷ |
| ۲-۲-۲- ضرورت مداخلات دولت در بازار .....   | ۱۹ |
| ۲-۲-۳- انواع مداخلات در بازار .....  | ۲۵ |
| ۲-۲-۳-۱- مداخلات تنظیم‌گری .....   | ۲۵ |
| ۲-۲-۳-۲- مداخلات تسهیل‌گری .....   | ۲۷ |

- ۲۸..... ۲-۲-۳-۳-مدخالات طرف عرضه
- ۲۹..... ۲-۲-۳-۴-مدخالات طرف تقاضا
- ۳۰..... ۲-۳-۳-تحلیل وضعیت فعلی بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- ۳۰..... ۲-۳-۱-حوزه خط
- ۳۴..... ۲-۳-۲-حوزه پست
- ۳۶..... ۲-۳-۳-حوزه تولید
- ۳۷..... ۲-۳-۴-حوزه D-Facts (جبرانسازها)
- ۳۸..... ۲-۴-۴-فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- ۳۸..... ۲-۴-۱-اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- ۲-۴-۲-تعیین وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها
- ۴۳.....
- ۴۸..... ۲-۴-۳-شناسایی مکانیزم‌های مناسب مداخله دولت در بازار فناوری‌ها
- ۲-۴-۴-راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با رویکرد مدیریت بازار
- ۵۱..... فناوری‌ها
- ۵۳..... مراجع

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): ویژگی‌های اهداف کلان..... ۵
- شکل (۲-۱): فرایند تدوین اهداف کلان..... ۶
- شکل (۳-۱): نحوه استخراج اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها..... ۱۱
- شکل (۱-۲): روند توسعه بازار..... ۱۸
- شکل (۲-۲): عناصر اصلی تشکیل دهنده بازار..... ۱۹
- شکل (۳-۲): فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها..... ۳۹
- شکل (۴-۲): ماتریس تحلیل وضعیت عرضه..... ۴۵
- شکل (۵-۲): ماتریس تحلیل وضعیت تقاضا..... ۴۷
- شکل (۶-۲): تحلیل وضعیت بازار و مکانیزم‌های مناسب مداخله..... ۴۹

### فهرست جداول

- جدول (۱-۲): حوزه‌های مطالعات صنعت برق در پروژه نرم‌افزار ..... ۱۳
- جدول (۲-۲): وضعیت کمی خطوط شبکه‌های توزیع برق کشور ..... ۳۰
- جدول (۳-۲): امار خطوط زمینی و هوایی فشار متوسط در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ ..... ۳۱
- جدول (۴-۲): امار خطوط زمینی و هوایی فشار ضعیف در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ ..... ۳۲
- جدول (۵-۲): میزان استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع فشار متوسط در پایان سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ ..... ۳۲
- جدول (۶-۲): میزان استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف در پایان سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ ..... ۳۳
- جدول (۷-۲): خلاصه وضعیت خطوط شبکه توزیع ..... ۳۳
- جدول (۸-۲): وضعیت کمی ترانسفورماتورهای مورد استفاده در بخش توزیع در سطح کشور ..... ۳۴
- جدول (۹-۲): تعداد ترانسفورماتورهای توزیع در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در محدوده شبکه توزیع چند استان بزرگ کشور ..... ۳۵
- جدول (۱۰-۲): ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در محدوده شبکه توزیع چند استان بزرگ کشور ..... ۳۵
- جدول (۱۱-۲): خلاصه وضعیت پست‌های شبکه توزیع ..... ۳۶
- جدول (۱۲-۲): میزان تقاضای تولیدات پراکنده، نیروگاه بادی و تجدیدپذیر تا سال ۱۳۹۶ (مگاوات) ..... ۳۷
- جدول (۱۳-۲): اسامی خبرگان ..... ۴۰
- جدول (۱۴-۲): نتایج جذابیت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۴۲
- جدول (۱۵-۲): وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۴۸
- جدول (۱۶-۲): مکانیزم‌های مداخله مناسب برای بازار هر یک از فناوری‌ها ..... ۵۰
- جدول (۱۷-۲): فناوری‌های مورد نظر برای استفاده از مکانیزم خرید ..... ۵۱

## مقدمه

با توجه به اینکه نقطه اثر هر برنامه‌ریزی و پیش‌بینی، به اهداف کلان و راهبردهای اتخاذ شده بستگی دارد، لذا در این مرحله از پروژه سعی خواهد شد اهداف و راهبردهای کلان و اصلی سند تدوین گردیده و بر آن اساس، اقدامات مد نظر در جهت توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در مراحل بعد تهیه گردد.

## ۱- تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

در این بخش، اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها مشخص می‌شود. اهداف در برنامه‌های توسعه یک فناوری بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند که این اهداف از طریق راهبردهای تعیین شده و انجام اقدامات پیشنهادی محقق می‌شوند. اگرچه اهداف ممکن است در سطوح مختلفی قابل تعریف باشند، اما در سند راهبردی لازم است صرفاً اهداف اساسی معرفی شوند. اهداف اساسی به اهدافی گفته می‌شود که بر جهت‌گیری‌های اصلی فعالیت‌های حوزه سند تاثیرگذار هستند.

در ادامه، ابتدا به بررسی چارچوب نظری تدوین اهداف پرداخته می‌شود. سپس فرایند تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها توضیح داده می‌شود. در انتها اهداف کلان این سند ارائه می‌گردد.

## ۱-۱- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی

### شبکه توزیع کلانشهرها

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی توسعه فناوری، تدوین اهداف کلان توسعه است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به‌منظور شفاف نمودن مسیر توسعه فناوری انجام می‌گیرد. با تعیین این اهداف،

کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدت را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند [۱].

تدوین اهداف را می‌توان با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا انجام داد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور<sup>۱</sup> به توسعه دارد. در این بخش، فرایند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. به منظور تعیین کردن حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری هدف، به بررسی مدل‌های هدف‌گذاری پرداخته شده است.

### ۱-۱-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

#### ۱-۱-۱-۱- حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون [۲])

۱- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)

۲- منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)

۳- منظر فرایندهای داخلی (روابط با تامین کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)

۴- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)

<sup>۱</sup> - Issue-based



### ۱-۱-۱-۲- حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون [۳]

- ۱- توجه به مشتری
- ۲- نوآوری
- ۳- بهره‌وری
- ۴- توجه به بخش مالی
- ۵- منابع انسانی
- ۶- لحاظ کردن محیط خارجی.

### ۱-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس [۴]

- ۱- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- ۲- نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- ۳- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- ۴- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تامین اهداف بازار)
- ۵- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- ۶- مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- ۷- منابع اولیه (تلاش برای تامین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

### ۱-۱-۱-۴- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی [۵]

- ۱- سودآوری
- ۲- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
- ۳- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- ۴- پیشرفت کارکنان (سرمايه‌گذاري در نيروي انساني و ظرفيت‌سازي)

۵-روابط کارکنان

۶-رهبری فناوریانه

۷-مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

## ۱-۱-۲- ویژگی‌های اهداف تعیین شده

علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، اهداف تدوین شده در یک سند ملی باید دارای ویژگی‌های ضروری نیز باشند [۶]. این

ویژگی‌ها در ادبیات با نام اهداف هوشمند<sup>۱</sup> مطرح می‌شود. این ویژگی‌ها عبارتند از (شکل ۱-۱):

۱- مشخص باشد<sup>۲</sup> (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد)،

۲- قابل اندازه‌گیری باشد<sup>۳</sup>،

۳- قابل دستیابی باشد<sup>۴</sup>،

۴- واقع‌گرایانه باشد<sup>۵</sup>، و

۵- محدود به زمان باشد<sup>۶</sup>.

<sup>۱</sup> - SMART Goals

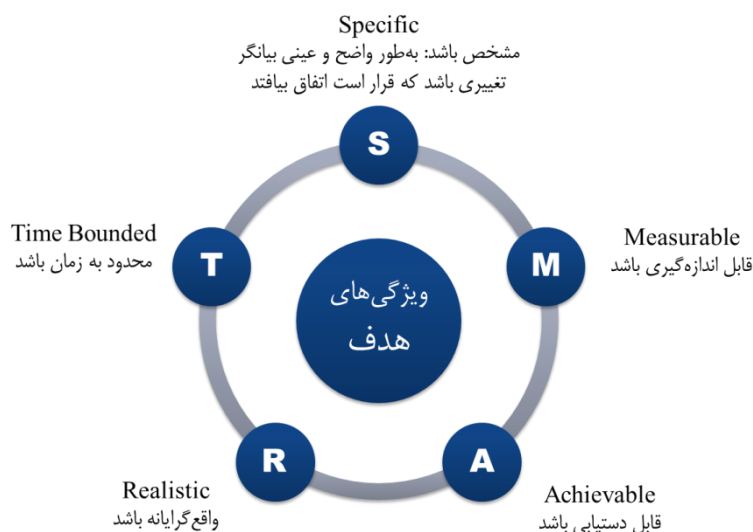
<sup>۲</sup> - Specific

<sup>۳</sup> - Measurable

<sup>۴</sup> - Achievable

<sup>۵</sup> - Realistic

<sup>۶</sup> - Time Bounded

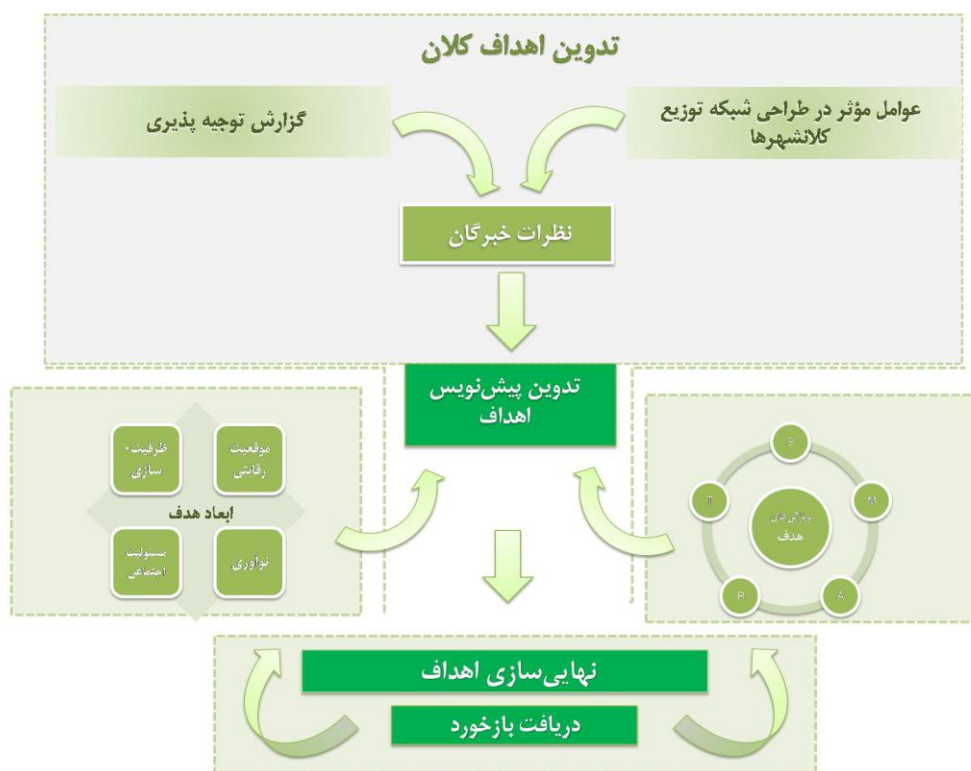


شکل (۱-۱): ویژگی‌های اهداف کلان

## ۱-۲- فرایند تدوین اهداف توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

در بخش قبلی، چارچوب نظری تدوین اهداف کلان ارائه شد و مدل‌های مختلف و ویژگی‌های اهداف توضیح داده شد. در این بخش فرایند تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه می‌شود. در این فرایند که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، ابتدا بر اساس جمع‌بندی نتایج حاصل از دو ورودی مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها و گزارش توجیه‌پذیری پیش‌نویس اهداف تهیه می‌شود. سپس با در نظر گرفتن ویژگی‌ها و ابعاد اهداف، نهایی‌سازی اهداف کلان انجام می‌شود. همچنین از انجایی که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به‌وقوع می‌پیوندد، با دریافت بازخورد از گام‌های بعدی سند اهداف کلان تدوین شده اصلاح می‌شود.



شکل (۱-۲): فرایند تدوین اهداف کلان

در ادامه نتایج استخراج شده از بررسی گزارش توجیه‌پذیری و نیز عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه شده است.

### ۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری

گزارش توجیه‌پذیری یکی از ورودی‌های مهم برای استخراج اهداف است. با توجه به ضرورت‌ها و دلایل مطرح شده برای توسعه فناوری می‌توان این اهداف را شناسایی کرد. اهداف شناسایی شده از بررسی گزارش توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها عبارتند از [۷]:

### به حداقل رساندن اختلالات و قطع سرویس‌دهی در شبکه:

وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. تعدد این مراکز استراتژیک در کلانشهرها و وابستگی جمع کثیری از مردم به این واحدها وقوع خاموشی به دغدغه‌ای مهم تبدیل می‌کند. بدیهی است که استمرار خاموشی‌ها منجر به بروز نارضایتی از خدمات واحدهای فوق گردد. با ایجاد مراکز دیسپاچینگ متعدد در کلانشهرها می‌توان قدرت مانور شبکه توزیع را بالا برد و خاموشی‌های شبکه را مدیریت کرد.

### بهینه کردن تلفات الکتریکی شبکه:

با توجه به این که میزان کاهش تلفات در شبکه‌های برق بسیار کم هزینه‌تر از افزایش تولید می‌باشد و از آنجا که بخش عمده این تلفات در صنعت برق مربوط به بخش توزیع است، از این رو مطالعات و اقدامات در این بخش بسیار موثر و بااهمیت می‌باشد. یکی از اهداف استراتژیک بخش انرژی الکتریکی کشور، مصرف انرژی به شکل بهینه و مناسب آن می‌باشد زیرا ظرفیت تولید انرژی الکتریکی با توجه به هزینه سنگین سرمایه‌گذاری در آن محدود بوده، بنابراین افزایش میزان بهره‌وری از ظرفیت موجود، در رشد و ارتقای اقتصاد ملی و امکان بهره‌برداری از فرصت‌های اقتصادی ناشی از عدم سرمایه‌گذاری کلان در بخش تولید و عرضه انرژی مفید خواهد بود که این امر نیز مستلزم شناخت ارزش سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری مربوطه است. تلفات کمتر موجب قیمت تمام شده کمتر انرژی شده و در نتیجه تسریع رشد اقتصادی کشورها را از طریق کاهش قیمت تمام شده تولید در پی دارد و از طرفی موجب انعطاف‌پذیری بیشتر شرکت‌های توزیع جهت رقابت در بازارهای رقابتی می‌گردد.

### بهینه کردن هزینه نصب و جایابی تجهیزات:

در طراحی شبکه توزیع برق جایابی تجهیزات شبکه مثل تولیدات پراکنده و پست‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. در شبکه‌های توزیع امروزی به خصوص با روند رو به رشد خصوصی‌سازی و رقابتی شدن بازار برق، هدف اولیه شرکت‌های توزیع پایین آوردن هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری، نگهداری و ساخت شبکه است. پیشرفت‌های اخیر در تجهیزات قابل استفاده در شبکه‌های توزیع نظیر ژنراتورهای کوچک و پربازده، الکترونیک قدرت و ادوات ذخیره انرژی امکان بهینه‌سازی هزینه و نصب و جایابی تجهیزات در شبکه توزیع را فراهم می‌کند.

### بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه:

در شبکه توزیع و برای انجام برنامه‌ریزی از دیدگاه شرکت توزیع خصوصی، از دو مدل متداول حداقل-هزینه و حداکثر-سود استفاده می‌شود. برای محاسبه تابع هدف در این دو مدل باید علاوه بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های قطعی را هم در طی افق زمانی برنامه‌ریزی لحاظ کرد. بدیهی است که قطعی‌ها و خاموشی‌ها به واسطه کاهش فروش انرژی، بر درآمد شرکت توزیع تاثیر گذارند. توسعه فناوری‌های موثر طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها می‌تواند به افزایش قابلیت اطمینان کمک کند. در نتیجه می‌توان این موضوع را به عنوان یکی از اهداف توسعه این فناوری‌ها در نظر گرفت.

#### کاهش الاینده‌های زیست‌محیطی:

یکی از راهکارهای کلان‌شهرها برای کاهش آلودگی هوا استفاده از انرژی‌های نو و افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و تبدیل آن‌ها به سیکل ترکیبی است. با توسعه نیروگاه‌های چرخه ترکیبی، مولدهای همزمان تولید برق و حرارت، سامانه‌های تولید پراکنده، منابع انرژی تجدیدپذیر، سامانه‌های هوشمند پایش و کنترل و در نظر گرفتن آن‌ها در طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها می‌توان به تحقق این هدف کمک کرد.

#### جلوگیری از آسیب‌رسیدن به محیط:

یکی از اهداف مهم توسعه فناوری‌های نوین در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها را می‌توان کاهش اثرگذاری طراحی بر محیط زندگی مردم دانست. این هدف از طریق استفاده از تجهیزات قابل تحقق است که به فضای کمی برای نصب نیاز دارند و به لحاظ ایمنی مشکلات کمتری ایجاد می‌کنند.

## ۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

دومین ورودی مورد بررسی، عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است. این عوامل مبتنی بر ویژگی‌های ذاتی

کلانشهرها است. این عوامل عبارتند از:

#### مکانی:

رشد و توسعه سریع شهر که منجر به قرار گرفتن پست‌ها و تاسیسات حاشیه‌ای قبلی در مناطق درون شهری می‌گردد از یک سو و گستردگی شهر و تراکم بار در آن که ضرورت احداث پست‌های فوق توزیع (و بعضاً انتقال) جدید در نزدیکی

مراکز ثقل بار را در پی دارد. یافتن زمین مناسب برای احداث پست‌ها و معضل احداث کانال برای نصب کابل‌های تغذیه‌کننده این پست‌ها یکی از مشکلات موجود در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است. از سوی دیگر، مشکلات ناشی از تداخل توسعه شبکه با زندگی شهری در کلانشهرها (مثل مشکل تعدد حفاری خیابان‌ها و معابر جهت توسعه شبکه یا انجام تعمیرات گریزناپذیر در این محدوده‌ها) وجود دارد. موضوع دیگر مسائل و محدودیت‌های ناشی از حریم خطوط و فیدرهای توزیع در کلانشهرها است.

#### زیست‌محیطی:

در بین بخش‌های مختلف الوده‌کننده هوا در کلان‌شهرها بخش‌های حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب مهم‌ترین بخش‌های الوده‌کننده هوا هستند که هر دو عامل فوق‌رابطه مستقیمی با طراحی و توسعه شبکه توزیع کلان‌شهرها دارند. مواد الوده‌کننده‌ای که در نتیجه احتراق سوخت‌های مختلف به منظور تامین انرژی برای حمل‌ونقل، مصارف خانگی، صنایع و غیره ایجاد می‌گردد، در حقیقت عامل اصلی الوده‌کننده هوا به خصوص در کلانشهرها می‌باشند. بنابراین یکی از راه‌های اصلی ایجاد تغییر در کیفیت هوای شهر تغییر منابع تولید انرژی و استفاده از تجهیزات سازگار با محیط‌زیست در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها خواهد بود.

بر اساس جمع‌بندی موارد فوق، مهم‌ترین عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها عبارتند از:

۱- محدودیت فضا در کلانشهرها

۲- تداخل توسعه شبکه توزیع کلانشهرها با زندگی شهری

۳- حریم مورد نیاز خطوط و فیدرهای توزیع

۴- زیبایی شهری

۵- الودگی هوا در کلانشهرها

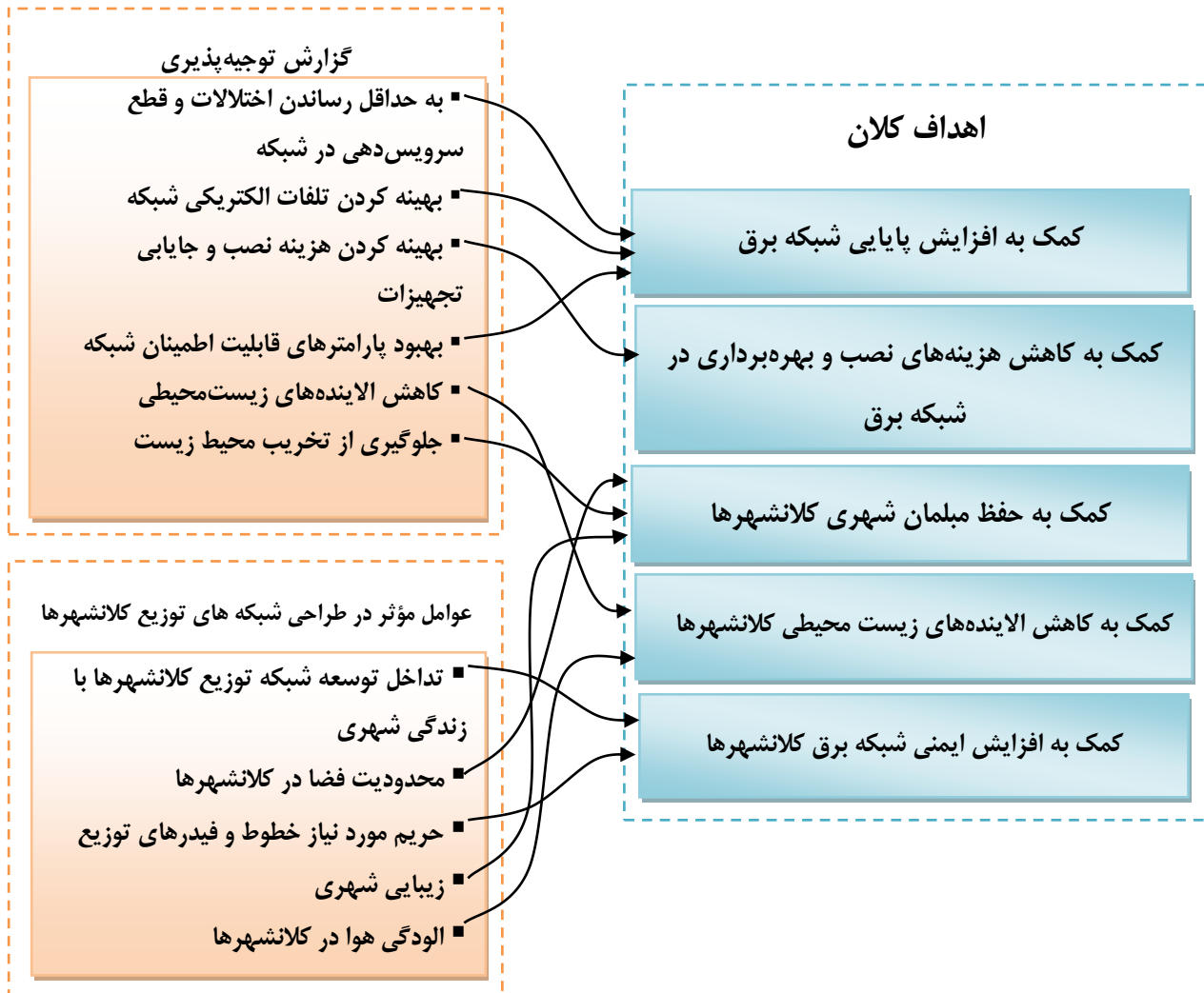
## ۱-۳- اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلان شهرها

با جمع‌بندی نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری و نیز بررسی عوامل مؤثر در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مشخص شد. نحوه ارتباط اهداف با ورودی‌ها در شکل (۱-۳) نشان داده شده است. اهداف در نظر گرفته شده عبارتند از:

- ۱- کمک به افزایش پایایی شبکه برق
- ۲- کمک به کاهش هزینه‌های نصب و بهره‌برداری در شبکه برق
- ۳- کمک به حفظ مبلمان شهری
- ۴- کمک به کاهش الاینده‌های زیست‌محیطی کلانشهرها
- ۵- کمک به افزایش ایمنی شبکه برق در کلانشهرها





شکل (۱-۳): نحوه استخراج اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها

## ۲- تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

در گام دوم مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند [۱]. در این بخش پس از مروری بر مبحث تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های حوزه فرآیند و افزایش سطح و لتاژ، ابتدا درباره مبانی نظری مدیریت بازار فناوری و مداخلات ممکن بحث می‌شود. سپس تحلیل وضعیت فعلی بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها (شامل تحلیل تقاضا و عرضه) ارائه می‌شود. در ادامه، اولویت فناوری‌های مرتبط بر اساس شاخص‌های جذابیت مشخص می‌شود. در انتها نیز بر اساس ادبیات موجود و تحلیل وضعیت فعلی بازار فناوری‌ها، راهبردهای لازم ارائه می‌گردد.

### ۲-۱- تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های حوزه فرآیند

به‌طور کلی در فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، بخش عمده حوزه مربوط به فناوری‌های فرآیند به نرم‌افزارها اختصاص دارد. نرم‌افزارهای تخصصی مهندسی صنعت برق دارای محصولات متنوع زیادی می‌باشند و در بخش‌های مختلف صنعت برق کشور مورد استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در بخش شبکه صنعت برق می‌توان کاربردهای نرم‌افزاری را از دو منظر حوزه‌های مختلف، زیر حوزه‌ها و موضوعات مورد بررسی قرار داد. هر حوزه می‌تواند با چندین موضوع و هر موضوع نیز با چندین حوزه مرتبط باشد. هر یک از اجزای این دسته‌بندی‌ها نیازهای مختلف نرم‌افزاری دارند و رویه‌های مطالعاتی جدید بر اساس نیاز آنان تعریف می‌گردد.

با توجه به حوزه‌بندی‌های انجام شده توسط کشورهای پیشرو در مطالعات صنعت برق و نیز واحدهای محاسباتی ارائه شده توسط نرم‌افزارهای معتبر مورد استفاده در این صنعت، در این پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری" شبکه برق ایران [۸] حوزه‌ها و زیرحوزه‌های زیر (جدول ۲-۱) برای بررسی و توسعه نرم‌افزارهای صنعت برق تعیین گردیده است.

## جدول (۲-۱): حوزه‌های مطالعات صنعت برق در پروژه نرم‌افزار

| ردیف | حوزه          | زیر حوزه   | توضیح  |
|------|---------------|--|--|
| ۱    | بهره برداری   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• پایش،</li> <li>• پخش بار،</li> <li>• پخش بار بهینه،</li> <li>• Unit Commitment،</li> <li>• پیش‌بینی بار،</li> <li>• آنالیز رخداد،</li> <li>• آنالیز ریسک،</li> <li>• AGC،</li> <li>• بازیابی،</li> <li>• شبیه‌سازی.</li> </ul>  |  |
| ۲    | امنیت و حفاظت | <ul style="list-style-type: none"> <li>• امنیت،</li> <li>• آنالیز اتصال کوتاه،</li> <li>• پایداری فرکانس،</li> <li>• پایداری دینامیکی،</li> <li>• گذراهای الکترومغناطیسی،</li> <li>• حفاظت،</li> <li>• هماهنگی ادوات حفاظتی،</li> <li>• حفاظت توزیع،</li> <li>• شبیه‌سازی عمل کرد رله.</li> </ul>  |  |
| ۳    | برنامه‌ریزی   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• پیش‌بینی بار و انرژی،</li> <li>• برنامه‌ریزی توسعه تولید،</li> <li>• برنامه‌ریزی توسعه شبکه،</li> <li>• برنامه‌ریزی مکان‌یابی و توسعه پست.</li> </ul>   | این حوزه به برنامه‌ریزی توسعه‌ی تولید و انتقال انرژی برق اختصاص دارد.  |
| ۴    | توزیع         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• پیش‌بینی بار،</li> <li>• جایابی پست،</li> <li>• مسیریابی فیدر،</li> <li>• مانور،</li> <li>• محاسبه ثوابت خطوط هوایی و کابل‌های توزیع،</li> <li>• پخش بار،</li> <li>• پخش بار شبکه ازدوست‌تغذیه و Weakly Meshed،</li> <li>• پخش بار نامتقارن،</li> <li>• آنالیز اتصال کوتاه،</li> <li>• حفاظت،</li> <li>• جایابی بهینه خازن،</li> <li>• آنالیز استارت موتور،</li> <li>• آنالیز Selectivity،</li> </ul> | به علت مشخصات منحصر به فرد شبکه‌ی توزیع، طراحی و تحلیل شبکه‌های توزیع تفاوت زیادی با شبکه‌های انتقال برق دارد. |

## ادامه جدول (۱-۲):

| ردیف | حوزه          | زیر حوزه   | توضیح  |
|------|---------------|--|--|
| ۴    | توزیع         | <ul style="list-style-type: none"> <li>کاهش شبکه،</li> <li>استراتژی بهینه‌ی بازایی،</li> <li>ارزیابی اغتشاشات شبکه،</li> <li>آنالیز سیستم زمین،</li> <li>متعادل سازی بار،</li> <li>آنالیز پایداری،</li> <li>آنالیز Arc flash.</li> </ul>   |  |
| ۵    | کیفیت توان    | <ul style="list-style-type: none"> <li>آنالیز هارمونیک،</li> <li>جاروب فرکانسی (Frequency sweep)،</li> <li>فلیکر،</li> <li>تغییرات و عدم تعادل ولتاژ (Voltage changes and unbalance).</li> </ul>   | به بررسی مسائل مربوط به کیفیت توان شبکه (چه در سطح تولید و چه در سطح انتقال) پرداخته می‌شود.   |
| ۶    | پایایی        | <ul style="list-style-type: none"> <li>ارزیابی،</li> <li>جمع‌آوری داده‌ها،</li> <li>تحلیل،</li> <li>محاسبه‌ی شاخص‌های پایایی،</li> <li>پیش‌بینی،</li> <li>مدل سازی،</li> <li>تحلیل،</li> <li>محاسبه‌ی شاخص‌های پایایی.</li> </ul>  | به بررسی مسائل مختلف مربوط به پایایی شبکه‌های قدرت پرداخته می‌شود که تولید، انتقال و توزیع برق را دربرمی‌گیرد  |
| ۷    | ریز شبکه [۹]  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensioning،</li> <li>Simulation،</li> <li>Research،</li> <li>طراحی</li> </ul>   |  |
| ۸    | مدیریت دارایی | <ul style="list-style-type: none"> <li>آن لاین،</li> <li>پایش تجهیزات،</li> <li>آنالیز Contingency،</li> <li>کوتاه‌مدت (روزانه تا هفتگی)،</li> <li>محاسبه‌ی Valueatrisk (VaR)،</li> <li>میان‌مدت (ماهانه یا فصلی)،</li> <li>تعمیر و نگهداری،</li> <li>بلندمدت (سالانه یا بیش‌تر)</li> <li>بهینه‌سازی هزینه‌ی سرمایه‌گذاری تولید و انتقال.</li> </ul> |  |
| ۹    | مدیریت انرژی  |  | در این حوزه با توجه به رشد اقتصادی، رشد جمعیت، و ... نیاز انرژی یک کشور در سال‌های آتی تخمین زده شده و با توجه به منابع حامل‌های انرژی (که یکی از مهمترین این حامل‌ها، انرژی برق است) و لحاظ کردن مسائل جانبی مانند تحریم‌ها به برنامه‌ریزی و مدیریت انرژی آن کشور پرداخته می‌شود. |

در پایان باید گفت که وابستگی به اطلاعات و تکنولوژی ارتباطات (ICT<sup>۱</sup>) به شدت در حال گسترش است. استفاده مستمر از آنها توسط مهندسان سیستم با سطح ناکافی از امنیت گزارش شده است. در حالی که برخی دامنه‌های زیرساخت‌های حیاتی در معرض خطر حمله سایبری قرار دارند، یکی از این دامنه‌های احتمالی شبکه برق حساس و آسیب‌پذیر است. شبکه الکتریکی هسته جامعه مدرن است. حمله سایبری شبکه الکتریکی تعداد زیادی از بخش‌های مختلف از دامنه‌های زیر ساخت را به علت ارتباطات زیاد و بهم پیوسته در معرض حمله قرار می‌دهد. در حالی که شبکه برق با مدیریت اجزای مختلف وابسته به فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش‌های انتقال و سیستم‌های توزیع انجام می‌گیرد، طرح‌های فعلی شبکه هوشمند متمرکز بر استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات، در حال گسترش شبکه فعلی هستند. با این حال، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات شامل حملات گسترده‌تر و ارائه یک سطح در حال حاضر نامعین از خطر منجر خواهد شد.

با توجه به گستردگی و تنوع نرم‌افزارهای مطالعات سیستم قدرت مورد استفاده کشور و قفل شکسته، از لحاظ امنیت سایبری دارای قابلیت اطمینان مناسبی نبوده و هم چنین به علت نبودن سورس کد، قابلیت توسعه و تغییر را دارا نمی‌باشند و نیز بسیاری از نرم‌افزارهای جدید هنوز نسخه قفل شکسته آنان ارائه نشده است، داشتن نرم‌افزار بومی علاوه بر دستیابی به دانش روز نرم‌افزاری، در آینده پژوهی صنعت برق کشور توسط متخصصان و پژوهشگران قابل توسعه و بهره‌برداری بوده و قابلیت صادرات دانش فنی را به همراه خواهد داشت. در این راستا ایجاد نرم‌افزاری جامع در قالب پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری شبکه برق ایران"<sup>[۸]</sup>، در دست بررسی می‌باشد. با توجه به اینکه پروژه فوق‌الذکر به طور جامع به بررسی حوزه فناوری فرآیند پرداخته است و نتایج به دست آمده از آن همسو با اولویت‌های این پروژه می‌باشد، در پروژه کلانشهرها تمرکز بر حوزه محصول و فناوری‌های مرتبط با آن است.

## ۲-۲- افزایش سطح ولتاژ در سطح توزیع

یکی از معیارهای طراحی شبکه‌های توزیع، انتخاب سطح ولتاژ مناسب با توجه به معیارهای فنی و اقتصادی می‌باشد. انتخاب سطح ولتاژ، کلیه مشخصات عمده شبکه از قبیل سطح تغذیه، طول فیدر، تعداد پست‌ها و ... را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

<sup>1</sup>Information and Communications Technology

استفاده از روندها و استانداردهای موجود در شبکه‌های توزیع با تراکم بار بالا (مناطق شهری) و اعمال آن به مناطق با تراکم بار کم (مصارف پراکنده و مناطق روستایی) به عدم استفاده از ظرفیت‌های سیستم و افزایش هزینه تمام‌شده انرژی منجر می‌شود و یا اینکه به دلیل پراکندگی مشترکین مشکلاتی چون افت ولتاژ و کاهش قابلیت اطمینان شبکه ممکن است بروز نماید.

در طراحی سیستم توزیع پس از برآورد بار و تعیین مراکز چگالی بار، عمل جابجایی پست‌های ۲۰ kV صورت می‌گیرد. پس از آن از طریق کابل زمینی یا خط هوایی فشار متوسط این پست‌ها تغذیه می‌شوند. که پس از تبدیل یک‌باره سطح ولتاژ فشار متوسط به فشار ضعیف انرژی برق در اختیار مصرف‌کننده‌گان قرار می‌گیرد. حال اگر به جای اینکه از فیدرهای ۲۰ kV با طول نسبتاً زیاد استفاده شود از یک سطح ولتاژ میانی بین ۴۰۰ V و ۲۰ kV استفاده کرده و بدین ترتیب هزینه شبکه 20kV و همچنین طول آن را کاهش داده و این سطح ولتاژ میانی تا نزدیک‌ترین نقطه به بارهای انتهایی منتقل شود در این صورت منافع احتمالی زیادی خواهد داشت. زیرا پست‌های زمینی حذف خواهند شد و یا حداقل تعداد آن به نصف کاهش پیدا می‌کند. از طرفی طول فیدرهای ۲۰ kV نیز کوتاه‌تر خواهند شد. از سوی دیگر چون از شبکه هوایی فشار ضعیف اغلب برای توزیع استفاده می‌شود و این شبکه باشبکه توزیع فشار میانی بطور مشترک بر روی یک تیر احداث خواهند شد هزینه احداث شبکه ولتاژمیانی کاهش می‌یابد.

در پروژه "امکان سنجی حذف انشعابات غیر مجاز با استفاده از ولتاژ میانی" [۹] استفاده از ولتاژ میانی بعنوان یک روش نهایی جهت حذف انشعابات غیر مجاز بصورت ریشه‌ای مطرح شده است. این روش علاوه بر اینکه بعنوان یک راه‌حل اساسی در حذف انشعابات غیر مجاز مطرح می‌باشد. اهداف و مزایای دیگری را به شرح زیر دارد:

۱. کاهش تلفات در شبکه فشار ضعیف و متوسط

۲. ارائه ولتاژ با رگولاسیون مجاز

۳. کاهش میزان قطعی در مشترکین

۴. کاهش پدیده سوختن ترانس‌ها

۵. امکان سهولت در توسعه شبکه

۶. کاهش میزان عدم تقارن بار

۷. افزایش فرهنگ حفاظت از تجهیزات منصوبه شبکه برق

در این راستا می‌توان در پروژه کلانشهر نیز استفاده از سطح ولتاژ میانی را مورد لحاظ قرار داد.

## ۲-۳- بررسی مبانی نظری رویکردهای مداخله در بازار فناوری

با توجه به محدوده تعریف شده پروژه، راهبردهای ارائه شده در این بخش با تاکید بر رویکرد مدیریت بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها تدوین شده است. طبق نظر کارفرمای پروژه مشکل اصلی در این حوزه عدم تناسب فناوری‌های موجود مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع با نیاز شبکه توزیع کلانشهرها است. به عبارت دیگر طراحی مطلوب شبکه توزیع کلانشهرها نیازمند استفاده از فناوری‌های متناسب با ویژگی‌های کلانشهرها است. این مشکل به دلیل عدم تعادل بین عرضه و تقاضای فناوری‌های قابل استفاده به وجود می‌آید. بنابراین ضروری است که وزارت نیرو به عنوان سیاست‌گذار وارد این عرصه شود و با استفاده از مکانیزم‌های مداخله مستقیم (مداخله در طرف تقاضا) و غیرمستقیم (تنظیم‌گری و تسهیل‌گری) به مدیریت بازار فناوری‌ها کمک کند و در نتیجه آن طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها به سمت طراحی مطلوب و بهینه سوق پیدا کند. به همین دلیل در این طرح به جای رویکرد توسعه صرف فناوری‌ها (یعنی دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت) از رویکرد مدیریت و توسعه بازار فناوری‌ها استفاده شده است.

### ۲-۳-۱- مفهوم‌شناسی بازار فناوری

تحلیل ساختار بازار می‌بایست از یک تعریف ساده آغاز شود که اساسا بر تبادلات دارای ویژگی خاص متمرکز می‌باشد. بازار، نظامی از تبادلات مجزا و در عین حال درهم تنیده اقتصادی میان بازیگران مختلف است که در یک فضای رقابتی فعالیت می‌کنند. واژه نظام در تعریف بازار بیانگر این مطلب است که یک تبادل صرف و منزوی نمی‌تواند بازار را به وجود بیاورد، بلکه می‌تواند منشایی برای بازار در حال ظهور باشد. وجود بازار نیازمند این است که تبادلات مختلف در گذر زمان به صورت نظام‌مند شکل گیرند. این تبادلات و معاملات بسیار شبیه به هم هستند، اما ماهیتی مجزا دارند. علاوه بر این، هر معامله یا تبادل اقتصادی می‌بایست در ارتباط با تبادلات مشابه انجام شده در گذشته، حال و آینده مورد بررسی قرار گیرد.

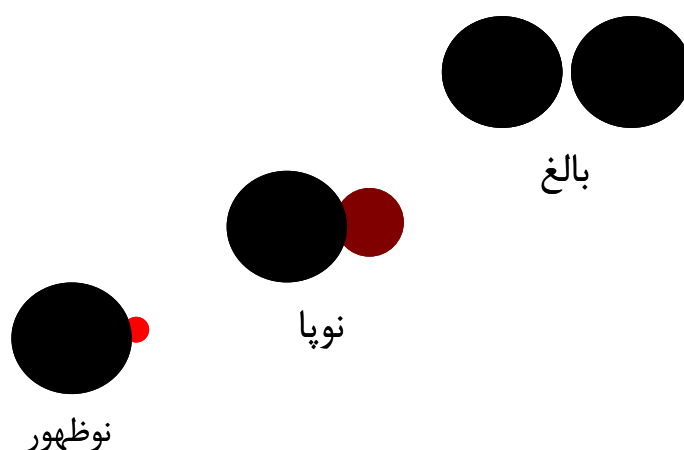
تبادلات بازار ذاتا معاملاتی اقتصادی هستند که در میان نقش‌افزینان بازار به صورت اختیاری و داوطلبانه انجام می‌شوند. این تبادلات ماهیتی صلح‌آمیز داشته، از قواعد رقابت تخلفی نمی‌کنند و علاقه شخصی افراد نیز برای انجام آن‌ها وجود دارد. یک بازار را می‌توان بر اساس میزان بلوغ و سطح توسعه یافتگی به سه دسته اصلی زیر تقسیم نمود:

۱-بازار نوظهور: در این مرحله از بلوغ بازار هنوز بازاری شکل نگرفته، اما برنامه‌های لازم برای ایجاد تبادلات وجود دارد، اما معاملات هنوز اتفاق نیفتاده‌اند. دغدغه اصلی موجود در این نوع بازارها توسعه فنی محصول و افزایش تبادلات اقتصادی میان بازیگران مختلف می‌باشد. بازارهای نوظهور عموماً در کنار بازارهای بالغ شکل گرفته و به مرور زمان رشد می‌کنند.

۲-بازار نوپا: در این مرحله از بلوغ بازار عملاً تبادلات به صورت نظام مند تر انجام می‌شوند و بازیگران مختلف تمایل به حضور در بازار را پیدا می‌کنند. دغدغه اصلی موجود در این نوع بازارها تحلیل هزینه فایده جهت اقتصادی نمودن محصولات تولیدی می‌باشد.

۳-بازار بالغ: در مرحله پایانی بازار به بلوغ رسیده و تبادلات شکلی معمول تر از بازارهای نوپا را به خود می‌گیرند و تولید محصولات و خدمات صرفه اقتصادی لازم را پیدا کرده‌اند. دغدغه اصلی موجود در نوع بازارها تولید انبوه و افزایش رضایت مشتریان می‌باشد.

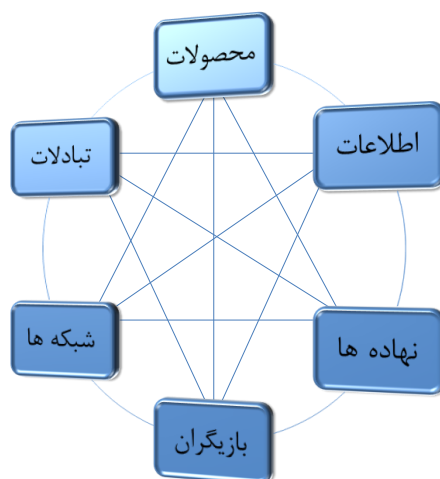
در شکل (۱-۲) روند توسعه بازار به صورت شماتیک به تصویر کشیده شده است.



شکل (۱-۲): روند توسعه بازار

در اینجا موضوعی که اهمیت پیدا می‌کند، بررسی عواملی است که منجر می‌شوند معاملات و تبادلات در بازار به صورت نظام مند انجام شده و به عبارت دیگر بازار به وضعیت بلوغ کامل خود برسد. تبادلات بازار زمانی به صورت اثر بخش انجام می‌شوند که عناصر تشکیل دهنده بازار در وضعیت مطلوبی وجود داشته باشد. این عناصر عبارتند از محصولات، تبادلات، اطلاعات، بازیگران، شبکه‌ها و نهاده‌ها که عناصر اصلی برای تشکیل یک بازار هستند.





شکل (۲-۲): عناصر اصلی تشکیل‌دهنده بازار

## ۲-۳-۲ - ضرورت مداخلات دولت در بازار

تغییرات حاصل از فناوری به عنوان یکی از محرک‌های اصلی توسعه اقتصادی شناخته می‌شود. عامل اصلی این تحول نیز تلاش‌های علمی و مهندسی در بخش‌های خصوصی و دولتی است. علاوه بر این ماهیت و ساختار نهادی تعاملات اقتصاد و صنعت نیز تغییرات بسیاری را شاهد بوده است. امروزه این ساختار سیستمی پیچیده است که از دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های پژوهشی دولتی و ساختارهای قانون‌گذار در حوزه حقوق مالکیت معنوی و همچنین همکاری میان شرکت‌ها تشکیل شده است. این ساختار نهادی توانسته به صورتی متمایز و منحصر به فرد در کشورهای مختلف رشد داشته باشد. که پژوهش‌های مختلف در حوزه سیستم‌های نوآوری ملی این تحول را نشان می‌دهد. سودهای حاصل از کارآفرینی سودهای مقطعی هستند در این فرایند کسب و کارهای جدید برای بهره‌مند شدن از بخشی از فرصت‌های سود ایجاد می‌شوند تا نهایتاً نوآوری‌های مربوطه به امری معمول در فرایند تعادل صنعتی تبدیل می‌شود لذا فقط وقتی می‌توان از سودهای فوق‌العاده استفاده کرد که تغییرات موفقیت‌آمیزی را در سیستم‌ها به وجود آورد. به عبارت دیگر سود فوق‌العاده مستمر نتایج فرایند تغییرات مستمر می‌باشد. مسال‌های که با توجه به ماهیت معمول فرایند اقتصادی کمی غیر معمول به نظر می‌رسد شرکت‌ها و بنگاه‌های تثبیت شده تلاش می‌کنند این فرایند تغییر را از طریق پروژه‌های صنعتی تحقیق و توسعه انجام دهند. در حالی که شرکت‌های سرمایه‌گذار

نیز تلاش می‌کنند بخشی از سیستم‌های مالی مرتبط با این فعالیت‌های کارافرینی را متحمل شوند. با این حال بسیاری از فعالیت‌های تحقیق و توسعه صنعتی بیش از آنکه به تحقیق بپردازند به توسعه می‌پردازند که همین مساله دغدغه‌هایی را در بلند مدت در حوزه سیاست‌گذاری برای توسعه فناوری به وجود آورده است.

فناوری‌های تحقیق و توسعه صنعتی در واقع قلب موتور پیشرفت تلقی می‌شوند که می‌تواند نیروی محرکی برای توسعه اقتصاد و فناوری بوده و رفاه اجتماعی را تقویت کنند. صنایع سرمایه‌گذار بخشی از سیستم نوآوری هستند که در تجاری‌سازی فناوری‌های جدید در شرکت‌های نوپا تخصص فراوانی دارند برخی از کشورها نهادها یا موسساتی را مشابه همین شرکت‌های خصوصی سرمایه‌گذار ایجاد کردند. با این حال وظیفه خاص این نهادها بسته به زمان و کشور مربوطه فرق می‌کند. در واقع نقش توسعه دهنده سازمان‌های فناوری می‌تواند پاسخ به کاستی‌های موجود در سیستم نوآوری باشد یا اینکه از طریق تمهیداتی پیشدستانه برای بهینه‌سازی و تحقق ظرفیت‌های بالقوه صورت پذیرد. نیاز برای این موضع پیشدستانه در قبال فرصت‌های آتی موجود در شرکت‌ها می‌تواند از طریق منطقی‌هایی سه‌گانه تقویت شود که در ادامه این منطقی‌ها توضیح داده می‌شوند. دولت‌ها سیاست‌های مختلفی را برای ارتقای فعالیت‌های نوآوری به منظور افزایش منافع اقتصادی و اجتماعی آن اتخاذ کرده‌اند. یکی از این سیاست‌ها و تمهیدات تاسیس نهادهایی است که بتوانند سرمایه‌گذاری مشخصی را برای تامین فعالیت‌های تحقیق و توسعه در شرکت‌های خصوصی، دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی پدید بیاورند. این سرمایه‌گذاری و اختصاص بودجه با این استدلال که تنظیم مالی بازارهای آزاد در حوزه فعالیت‌های تحقیق و توسعه به لحاظ اجتماعی بهینه نیست توجیه مناسبی پیدا می‌کند. بسیاری از نهادها کمک‌های مالی و بودجه‌ای خود را بر اساس پروژه‌ها تعریف می‌کنند. علاوه بر ارائه کمک‌های مالی مستقیم به پروژه‌های تحقیق و توسعه نهادهای سرمایه‌گذار می‌توانند کارکردهای دیگر نظیر ارائه سرویس‌های زایشی و ایجادکننده نوآوری به شرکت‌های کوچک، توزیع اطلاعات در حوزه بازار و فناوری یا فعال‌سازی شرکت‌ها در استفاده از خدمات موسسات پژوهشی محلی را ارائه دهند و این کارکردها را داشته باشند. اما به طور کلی هزینه این خدمات مکمل در قیاس با هزینه کمک‌های مالی اختصاص داده شده به فعالیت‌های تحقیق و توسعه در سطح ملی بسیار اندک است.

چند دلیل منطقی برای مداخله دولت‌ها در بازار وجود دارد که این دلایل در ادامه توضیح داده شده است:

#### ● سرمایه‌گذاری اندک در پروژه‌های تحقیق و توسعه و بحث ناکامی بازار:

تحقیقات نشان می‌دهد که بازارها ویژگی‌های نامناسبی در مورد اطلاعات دارند و اگر از حقوق مالکیت معنوی به خوبی محافظت نشود، عملاً نمی‌توان اطلاعات را در یک بازار به فروش رساند چرا که این امکان وجود دارد که هر

خریدار دیگری این اطلاعات را باز تولید کرده و آن را به قیمت پائین تر بفروشد. علاوه بر این خریداران بالقوه علی‌القاعده می‌بایست ارزش اطلاعات مربوطه را تعیین کنند. و بر اساس نیاز خود به این اطلاعات دسترسی داشته باشند. اطلاعات به وجود آمده از پروژه‌های تحقیق و توسعه اگر صرفاً به یک شرکت کوچک اختصاص داشته باشد در حوزه محدودی به چشم خواهد آمد. لذا در غیاب بازارهای موثر برای ارائه این اطلاعات کسب سود برای شرکت‌ها در حوزه تحقیق و توسعه بسیار کمتر از مقادیر بهینه اجتماعی است و لذا عملاً در این حوزه پدیده ناکامی بازار اتفاق می‌افتد. برای درمان این پدیده دولت می‌تواند از فعالیت‌های تحقیق و توسعه خصوصاً از پژوهش‌های پایه در دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی و شرکت‌ها حمایت لازم را به عمل آورد. اصولاً شرکت‌ها وقتی فعالیت تحقیق و توسعه انجام می‌دهند که از نتایج آن انتظار سود داشته باشند و بتوانند آن را در غالب محصولات جدید بفروشند یا در هزینه‌های کلی خود صرفه‌جویی به عمل بیاورند. با توجه به اینکه نارسایی‌های فراوانی در بازار این محصولات وجود دارد شرکت‌ها می‌بایست بتوانند بودجه‌ها و سرمایه‌گذاری لازم برای پروژه‌های تحقیق و توسعه را افزایش دهند خصوصاً پروژه‌هایی که اعتقاد دارند می‌توانند به لحاظ اقتصادی سودآور باشند. نکته دیگر اینکه نتایج پروژه‌های تحقیق و توسعه می‌تواند برای دیگر شرکت‌ها و کل جامعه منافی را به همراه داشته باشند. اصولاً پدیده ناکامی بازار به شرایطی اشاره دارد که در آن مقدار مبلغ اختصاص داده شده به پروژه تحقیق و توسعه از سوی نیروهای بازار کمتر از حد بهینه اجتماعی است. فعالیت‌های تحقیق و توسعه را می‌توان به عنوان یک فرایند انباشتی در حوزه آموزش در نظر گرفت که نوعی همگون‌سازی میان دانش جدید و تجارب علمی قبلی به وجود می‌آورد. لذا شرکت‌ها با انجام پروژه‌های تحقیق و توسعه نه تنها می‌توانند اطلاعاتی جدید تولید کنند بلکه توانایی خود در استفاده و بکارگیری اطلاعات را نیز بهبود می‌بخشند و رابطه بهتری را با دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی برقرار می‌نمایند. ارزش این ظرفیت می‌تواند شرکت‌ها را تشویق کند تا در حوزه پژوهش سرمایه‌گذاری بیشتری انجام دهند. خصوصاً در صنایعی که تغییرات علمی و فناوری روندی پرشتاب را دارند. این مسابقه و رقابت برای یادگیری و خلق و نوآوری می‌تواند یک سطح بهینه اجتماعی از پروژه‌های تحقیق و توسعه را به وجود بیاورند که در آن حمایت دولتی خصوصاً در حوزه پژوهش‌های پایه توجیه‌پذیر خواهد بود. منطق ناکامی بازار در واقع بنیانی برای ابزارهایی گوناگون در حوزه سیاست‌های نوآوری نظیر معافیت‌های مالیاتی می‌باشد که در پروژه‌های تحقیق و توسعه می‌باشند. با این حال چنین منطقی الزاماً نمی‌تواند مشارکت دولت را در فرایند اختصاص منابع به این پروژه‌ها تقویت کند. در واقع مشارکت فعال دولت هزینه بر بوده و بر رفتار انجام

دهندگان پروژه‌های تحقیق و توسعه نیز اثرگذار خواهد بود در نتیجه ابزارهای مورد نیاز برای مشارکت فعال دولت می‌بایست بتواند تغییرات بهینه را در رفتارهای این افراد ایجاد کند تا هزینه‌های دخالت و مشارکت آن کاهش پیدا کند. این تغییرات می‌تواند برای مثال حوزه‌هایی چون عناصر کنترل کیفیت در فعالیتهای پژوهشی را در بر بگیرد.

### مشکلات هماهنگی میان فعالیتهای تحقیق و توسعه و بحث ناکامی سیستم:

سیستم‌های نوآوری در واقع مجموعه‌ای از نهادهایی هستند که تعاملات آن‌ها بر عملکرد خلاقانه و نوآورانه دست اندرکاران حاضر در بحث تحقیق و توسعه اثر گذار است. این فعالان شامل دانشگاه‌های فعال در زمینه پژوهش‌های پایه، موسسات پژوهشی و مراکز پژوهشی مشترک هستند که پژوهش‌ها و تحقیقات را انجام می‌دهند و همچنین شرکت‌هایی که در بحث توسعه محصول و تجاری‌سازی فناوری جدید فعالیت می‌کنند. اصول کاری، انگیزه‌ها و اولویت‌های این سازمان‌ها عملاً در راستای وظایف اولیه آن‌ها قرار دارند. اگر این اصول کاری و فعالیت‌ها و همچنین انگیزه‌ها و اولویت‌ها در سطح سازمان‌های انفرادی بهینه باشند و در عوض عملکرد نوآوری کل سیستم حالتی بهینه نداشته باشد، اصولاً یک ناکامی سیستم به وجود می‌آید. نگرش خطی و فرایند نوآوری که در آن پژوهش‌های علمی، توسعه فناوری و تجاری‌سازی در یک فرایند متوالی قرار می‌گیرند اصولاً مکانیزم‌های بازخورد را مورد غفلت قرار می‌دهند. مکانیزم‌هایی که می‌توانند جنبه‌های موازی این توسعه اقتصادی و فناوری را به هم پیوند دهند به این معنا که در این نگرش نوآوری صرفاً محصول یافته‌های پژوهشی نیست بلکه در دل فرایند معرفی محصول و تجاری‌سازی آن جهت‌گیری‌های جدیدی برای پژوهش و تحقیق به وجود می‌آید. لذا اثر بخشی سیستم نوآوری بیش از هر چیز به تعامل و کنش میان شرکت‌ها، آزمایشگاه‌های دولتی و دانشگاه‌ها بستگی دارد. در عین حال موسسات و اشخاصی که در آن‌ها به کار گرفته می‌شوند اولویت‌های متمایز و متفاوتی دارند که می‌تواند مانع از همکاری و هماهنگی شوند. اگر تفاوت در اولویت‌ها در حد بالایی باشد که بتواند عملکرد بلند مدت سیستم نوآوری را تحت‌الشعاع قرار دهد در این حالت نیز ناکامی سیستم اتفاق می‌افتد. در این مورد خاص دولت می‌تواند با ایجاد انگیزه‌ها برای تسهیل انتقال دانش میان سازمان‌ها در مراحل مختلف فرایند نوآوری دخالت خود را انجام داده و مانع از بروز ناکامی سیستم بر فرایند تجاری‌سازی فناوری‌های جدید شوند. در بسیاری از کشورها برنامه‌های فناوری که در آن‌ها فعالان خصوصی و دولتی برنامه‌های تحقیق و توسعه را انجام می‌دهند اساساً به عنوان یک سیاست‌گذاری در پاسخ به این ناکامی سیستم انجام شده است. برای مثال در برنامه‌های فناوری اژانس فناوری ملی فنلاند پروژه‌هایی که از سوی دانشگاه‌ها پیشنهاد

می‌شوند تنها وقتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که یک شریک صنعتی یا یک شرکت بزرگ در آن حضور داشته باشد و بتواند حمایت‌های دولتی بیشتری را برای پروژه‌های حاشیه‌ای برای شرکت‌های کوچک و موسسات پژوهشی ایجاد کنند. منافع پیشنهادی این سیاست‌های هماهنگ کننده عبارتند از ایجاد هارمونی میان ساختارهای انگیزه بخش، اولویت بخشی مشترک نسبت به اهداف پروژه‌های تحقیق و توسعه و تعامل بیشتر میان دو قطب پژوهشی و توسعه پایدار تحقیق و توسعه. با این حال دسترسی به این منافع خود دارای چالش‌های متعددی است چرا که برنامه‌های فناوری به دلیل ساختارهای خشک، انتخاب نابخردانه گزینه‌های فناوری و مکانیزم‌های ازاردهنده در تصمیم‌گیری مورد انتقاد بسیاری قرار گرفته است. ملاحظات سیستماتیک به طور کامل نمی‌تواند نقش برنامه‌های فناوری را در فرایند نوآوری توضیح دهد چرا که اساساً نیازمند تخریب فعالانه فرایندهای صنعتی است به این معنا که اگر ظهور صنایع جدید با تعارضاتی با شرکت‌های تثبیت شده همراه باشد. همکاری عمیق‌تر و صمیمی‌تر دانشگاه و صنعت می‌تواند به جای حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه مانع از آن شود و حتی جایگاه این پژوهش‌ها را در بازار نیز به خطر انداخته و حامیان مشروع آن را در صنعت تحت‌الشعاع قرار دهد. در نتیجه مکانیزم‌های اختصاص منابع می‌بایست منافع شرکت‌های فعلی موجود و شرکت‌های در حال ظهور را به یک حالت تعادل و توازن برسانند. به طور کلی شرکت‌های در حال ظهور در این معادله ممکن است تا حدودی متضرر شوند چرا که شرکت‌های تثبیت شده و قدیمی‌توان لابی سیاسی بیشتری دارند. لذا تنها کسانی که می‌توانند از منافع شرکت‌ها و صنایع در حال ظهور به خوبی حمایت کرده و آن را نمایندگی کنند، اژانس‌های فناوری هستند البته به این شرط که هنجارهای موجود در آن‌ها ماهیت توسعه صنعتی و فناوری را در نظر بگیرند.

#### وجود دافعه در سیستم‌های نوآوری و بحث عدم انعطاف ساختارهای موجود:

در حالت‌هایی که بحث تمایز مسیر در سیاست‌گذاری‌ها می‌تواند بر رشد و توسعه سیستم‌های نوآوری اثر گذار باشد دخالت دولتی می‌تواند مسیرهای جدید را برای توسعه و رشد ایجاد کند. یعنی سیاست‌های نوآوری می‌تواند انعطاف و تنوع بیشتری را در سیستم ایجاد کند تا دشواری‌های ساختاری یا نقاط خشک ساختار موجود برطرف شوند. نهادها و موسسات در یک سیستم نوآوری بسیار به هم وابسته‌اند. برای مثال صنعت سرمایه‌گذاری‌های مشترک در منطقه سیلیکون ولی در ایالت‌های متحده به شرکت‌هایی تخصصی متکی است که خدمات حقوقی را ارائه می‌کنند و همکاری نزدیکی را با دانشگاه‌های محلی دارند و هنجارهای فرهنگی نیز وجود دارند که تحرکات نیروی انسانی را

تقویت می‌کند در نتیجه اگر تغییری در یکی از نهادها به وجود بیاید سبب ساز تغییر در نهادهای دیگر می‌شود و لذا امکان دارد توسعه و رشد کلی سیستم با موانعی مواجه شوند خصوصا وقتی که بعضی از این نهادها و تاسیسات در قبال این تغییرها روندی خشک را اتخاذ می‌کنند. طراحی‌های جدید در سیستم نوآوری و روند رشد آن بدون تحریک بیرونی و خارجی خصوصا از ناحیه دولت امکان‌پذیر نخواهد بود لذا دولت می‌تواند برنامه‌هایی را برای فائق آمدن بر این دشواری‌های ساختاری در دستور کار خود قرار دهد. علاوه بر این اگر برخی از برنامه‌ها بتواند در کل سیستم نوآوری به صورت نهادینه اعلام وجود کند و در دل سیستم پخش شوند این دخالت‌ها می‌تواند آثار بلند مدت چشمگیری داشته باشند. در بافت سرمایه‌گذاری‌های مشترک دولت‌ها سیاست‌گذاری‌های فراوانی را انجام داده‌اند نظیر حمایت مستقیم از سرمایه‌گذاری، انگیزش‌های مالی و ارائه مقررات در حوزه سرمایه‌گذاری تا بتوانند رشد سرمایه‌گذاری‌های خصوصی در صنعت تقویت کنند. لذا می‌توان استنباط کرد که دخالت دولت به صورت مقطعی برای تجاری کردن فناوری‌های جدید می‌تواند به رشد محیط نهادی و سازمانی بیانجامد که در آن محیط شرکت‌های خصوصی سرمایه‌گذاری می‌توانند شکوفایی بیشتری داشته باشند. توسعه فناوری اصولا بر اساس الگوها و پارادایم‌هایی انجام می‌شود و سازمان‌ها می‌توانند مقدار دانش کارشناسی خود را در ارتباط با این مسیرهای توسعه ای افزایش دهند. مجموعه دانش کارشناسی موجود در یک سازمان اصولا دامنه فعالیت‌های بالقوه تحقیق و توسعه در آینده را محدود می‌کند. برای مثال اگر حد مشخصی برای فعالیت‌ها در حوزه دانش کارشناسی اعلام شده باشد می‌بایست از ابزارهایی برای مرتفع کردن هزینه‌های ابتدایی استفاده کرد و دیگر شرکا را نیز در این حوزه فعال نمود.

در نتیجه دخالت فعال بازار در اختصاص منابع به برنامه‌های تحقیق و توسعه می‌تواند به صورت متمرکز در فناوری‌های در حال ظهور اختصاص یابد. نتیجه استدلال اینکه این دخالت‌ها می‌تواند به احیا و بازسازی حجم دانش کارشناسی در سازمان‌های تحقیق و توسعه بیانجامد که در عوض تعداد جهت‌گیری‌ها در سیستم نوآوری را توسعه داده و سیستم می‌تواند مسیر خود را دنبال کند از این منظر دخالت دولت می‌تواند دارای توجیه باشد و با انگیزه اصلاح و طراحی مجدد سیستم وارد عمل شود. به طور کلی اگر باز طراحی‌ها و ارایش جدید سیستم با هدف موفقیت در سیاست‌گذاری‌های نوآوری انجام شود نگاه توان دولت برای شناسایی و راه‌اندازی برنامه‌های جدید در این حوزه از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

## ۲-۳-۳- انواع مداخلات در بازار

مداخلات یا راهبردهای عمومی بازار به دو نوع کلی مداخلات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. مداخلات مستقیم شامل دو نوع کلی مداخلات طرف عرضه و مداخلات طرف تقاضا می‌شود و مداخلات غیرمستقیم شامل دو نوع کلی مداخلات تسهیل‌گری و مداخلات تنظیم‌گری می‌شوند. هر یک از این مداخلات در ادامه توضیح داده شده‌اند.

### ۲-۳-۳-۱- مداخلات تنظیم‌گری

نقش نظام‌های تنظیم‌گر در افزایش رشد اقتصادی و توسعه کشورها در سال‌های گذشته مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. تنظیم‌گری می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد و اساساً شکل سیاست‌های تنظیم‌گری در کشورهای در حال توسعه، در سال‌های تغییرات فراوانی داشته است. از دهه ۶۰ تا دهه ۸۰ جدی‌ترین توجیه برای دخالت مستقیم دولت در فعالیت‌های بازار، در کشورهای در حال توسعه بحث ناکامی بازار بود و دولت تلاش می‌کرد با صنعتی‌تر کردن فضای بازار از طریق سیاست‌های خود و سرمایه‌گذاری مستقیم در صنعت و کشاورزی، افزایش مالکیت دولتی بنگاه‌ها، نقش خود را در بازار بالا ببرد، اما پس از موفقیت برنامه‌های آزاد سازی اقتصاد در برخی از کشورهای توسعه یافته و اثبات ناکامی اقتصادهای دولتی در کشورهای در حال توسعه نقش تنظیم‌گری دولتی مورد تعریف دوباره قرار گرفت و به تعریفی ویژه رسید که با اشکال قبلی آن کاملاً متفاوت بود. به این ترتیب، سیاست‌های مقررات‌زدایی و تنظیم‌زدایی به عنوان یکی از برنامه‌های اصلی دولت‌ها در کاهش بار ناشی از تنظیم‌گری در اقتصاد بازار، در دستور کار قرار گرفت.

خصوصی‌سازی و فرایند عام‌ازادسازی اقتصاد در کشورهای در حال توسعه، مشکلات و ناکامی‌های خاصی را برای آن‌ها به همراه داشته و منجر به نظام تنظیم‌گری موجود شده است. در تنظیم‌گری دولتی، مسئله تولید به بخش خصوصی سپرده می‌شود که در آن بازارهای رقابتی با استفاده از مقررات و تنظیمات ارائه شده از سوی دولت، می‌تواند کارایی خود را نشان بدهد. البته هنوز عملکرد سیستم‌های تنظیم‌گری دولتی در حالت جدید به اثبات نرسیده و پژوهش‌ها خصوصاً در کشورهای در حال توسعه با ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی خاص آن‌ها در مورد تنظیم‌گری دولتی جدید و ویژگی‌های آن ادامه دارد.

تنظیم‌گری از جنبه‌های گوناگون قابل دسته‌بندی می‌باشد. یکی از جنبه کاربردی که می‌تواند اثر بخشی بالایی برای نهادهای تنظیم‌گر داشته باشد، دسته‌بندی تنظیم‌گری از منظر کارکردی می‌باشد که عبارت است از:

### ۲-۳-۱-۱- تنظیم‌گری دستور و کنترل

تنظیم‌گری دستور و کنترل، اعمال معیارهای مختلف قانونی است که در صورت برآورده نشدن این استانداردها و معیارها، محرومیت‌ها و تحریم‌های قانونی شامل حال افراد و نهادها می‌شود. به این ترتیب، چنین قوانینی مانع از انجام برخی از فعالیت‌ها شده و برخی دیگر از فعالیت‌های مفید را تقویت می‌نماید. این معیارها را می‌توان از طریق تصویب قوانین یا آئین‌نامه‌های داخلی از طرف خود تنظیم‌گر به وجود آورد.

### ۲-۳-۱-۲- تنظیم‌گری اختصاصی یا خود تنظیم‌گری

این روش از تنظیم‌گری اساساً نسخه دیگری از روش دستور و کنترل است، با این تفاوت که در درون خود سازمان‌ها و نهادها به اجرا گذاشته می‌شود. در این روش غالباً یک اتحادیه تجاری یا اقتصادی، مقررات و قوانین مربوط به خود را در زمینه عملکرد، تدوین کرده و آن‌ها را به اجرا می‌گذارد. دولت نیز می‌تواند در این حالت به نظارت خود ادامه داده و از دور، آن را مورد بررسی قرار دهد اما نمی‌تواند دخالت مستقیمی در کار داشته باشد. منافع این رویکرد یکی تعهد بسیار بالای فعالان اقتصادی به اجرای مقررات و تبعیت از آن‌هاست. علاوه بر این، قوانین و مقرراتی نیز که از سوی خود فعالان تعیین می‌شود از شمول و جامعیت بیشتری برخوردار است. انعطاف این قوانین نیز نسبت به روش‌های دستور کنترل دولتی بسیار بیشتر است.

### ۲-۳-۱-۳- تنظیم‌گری مشوق‌محور یا انگیزش‌محور

انگیزه در بحث تنظیم‌گری می‌تواند هر نوع سیاست، قانون یا مکانیزم قیمت‌گذاری و فرایندهای نظیر آن باشد که تلاش می‌کنند رفتار اشخاص و شرکت‌ها را به لحاظ هزینه‌های جانبی و مزایای مدیریتی آن‌ها تغییر دهند. به این ترتیب تمام مقرراتی که ذیل بحث تنظیم‌گری در این بخش ارائه می‌شود، بر مبنای مشوق‌ها و انگیزش‌ها قرار گرفته و سازمان‌های تنظیم‌گر در ازای تخطی از مقررات، جریمه‌هایی را در نظر گرفته و برای رفتارهای مناسب نیز پاداشی را در نظر می‌گیرند.

### ۲-۳-۱-۴- تنظیم‌گری بازارمحور

در بحث تنظیم‌گری، کارکردهای بازارمحور نیز وجود دارند که از آن‌ها برای تنظیم فعالیت‌های موجود در بازار استفاده می‌شود. این روش‌ها می‌تواند به صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش دخالت‌های تنظیم‌گرایانه در فعالیت روزمره شرکت‌ها و مسائلی نظیر آن بیانجامد. برخی از کارکردهای بازارمحور عبارتند از:



← قوانین رقابتی

← تنظیم‌گری از طریق انعقاد قراردادها

← ارائه جوازها و ترخیص نامه‌های قابل تبادل

← تنظیم‌گری خود اظهاری

## ۲-۳-۳-۲- مداخلات تسهیل‌گری

دولت در نقش تسهیل‌کننده، تامین‌کنندگان محصولات یا خدمات را از طریق ایجاد محصولات و خدمات جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه می‌تواند از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای محصولات یا خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای استفاده از آنها بر طرف تقاضا نیز متمرکز شود. نقش‌های دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تاثیر تامین‌کنندگان، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد.

کشورها و نهادهای مختلف بین‌المللی برای ایفای نقش تسهیل‌گری از فعالیت‌ها و ابزارهای مختلفی استفاده نموده‌اند. از آن جمله می‌توان به فعالیت‌ها و ابزارهای زیر اشاره نمود:

← ایجاد ظرفیت: عبارت است از فعالیت‌هایی که به ارتقای توان نهادهای متولی ایجاد اصلاحات در محیط کسب و کار و مدیریت محیط توانمندساز (دولت، وزارتخانه‌های دولتی، نهادهای تنظیم‌کننده و...) می‌انجامد. این فعالیت‌ها شامل برنامه‌های آموزشی و برنامه‌های توسعه مدیریت می‌باشند.

← بررسی و تجزیه و تحلیل سیاست‌ها: عبارت است از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد فهم بهتری از مشکلات و محدودیت‌های موجود در محیط می‌باشد.

← پشتیبانی فنی: عبارت است از فعالیت‌هایی که منجر به ارائه اطلاعات و مشاوره‌های فنی به نهادهای متولی ایجاد اصلاحات در محیط و مدیریت محیط توانمندساز می‌شود. از جمله این اقدامات می‌توان به تهیه پیش‌نویس سیاست‌ها و قوانین جدید و مشاوره‌هایی برای پیاده‌سازی استراتژی‌های موجود اشاره نمود.

← تسهیل گفتگو: عبارت است از فعالیت‌هایی که بخش خصوصی و دولتی را در کنار هم قرار داده و ارتباط میان دولت‌های ملی را با نهادهای بین‌المللی تقویت می‌نماید.



زمانی که دولت تنها تامین کننده یک کالا یا خدمت است فرصت‌هایی برای تضمین کارایی از طریق استفاده بیشتر از رقابت وجود دارد. دو گزینه موجود عبارتند از مناقصه رقابتی خدمات یا استفاده از تصمیم مصرف‌کنندگان در تعیین میزان سرمایه‌گذاری تخصیص داده شده در بخش دولتی. حتی در بازارهایی که در ابتدا به عنوان بازارهای کاملا انحصاری شناخته می‌شدند از رقابت به طور مؤثر برای صرفه‌جویی‌های قابل توجه، بهبود کیفیت؛ افزایش نوآوری و توسعه محصولات جدید برای مصرف‌کنندگان استفاده شده است.

### ۲-۳-۳-۴- مداخلات طرف تقاضا

آخرین نوع مداخلات دولت در بازارها مداخلات طرف تقاضا است که در آن دولت به عنوان خریدار محصولات یا خدمات بخش خصوصی عمل می‌کند. دولت به دو دلیل اصلی می‌تواند به عنوان خریدار در بازار مداخله کند: (۱) فراهم کردن محصولات یا خدمات دولتی در پاسخ به شکست بازار (۲) پشتیبانی از بخش خصوصی برای ادامه فعالیت‌ها. خریدها معمولاً از طریق مزایده‌ها و مناقصات رقابتی انجام می‌شود. در برخی موارد دولت می‌تواند به شکل شریک بخش خصوصی نیز فعالیت کند. از قراردادهای شراکت می‌توان برای تقسیم ریسک با بخش خصوصی و در برخی موارد برای اعطای کنترل بلندمدت بر روی دارایی‌ها به بخش دولتی استفاده کرد. می‌توان گفت که خریداران دولتی دارای قدرتی هستند که تصمیمات خرید فردی آن‌ها بر قیمت کلی و محصولات ارائه شده در بازار تاثیر می‌گذارد. همانند قدرت خرید بخش خصوصی، قدرت خرید دولتی دو منبع اصلی دارد: قدرت خرید ممکن است با اندازه تقاضای بخش دولتی نسبت به کل تقاضا در یک بازار مرتبط باشد یا ممکن است خریدار به این دلیل از قدرت خرید استفاده کند که به لحاظ استراتژیک مشتری مهمی برای تامین‌کنندگان است. قدرت خرید می‌تواند به نفع مشتریان باشد زیرا می‌تواند باعث کاهش قیمت‌ها شود و تامین‌کنندگان را به کارآمدتر شدن تشویق کند. سه مسیر اصلی تاثیرگذاری خرید دولتی بر رقابت عبارتند از:

← اثر کوتاه‌مدت بر خریدار

← اثر بلندمدت بر خریدار

← اثر غیرمستقیم بر خریدار

## ۲-۴- تحلیل وضعیت فعلی بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

بر اساس تقسیم‌بندی انجام شده در درخت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع، فناوری‌ها در چهار حوزه خط، پست، تولید و D-Facts قرار گرفته‌اند. در ادامه بر اساس امار و اطلاعات موجود به تحلیل وضعیت فعلی بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها (سهم تقاضا و عرضه دولت و بخش خصوصی) در هر یک از این چهار حوزه پرداخته می‌شود.

### ۲-۴-۱- حوزه خط

خطوط توزیع برق جزء تجهیزات اساسی شبکه‌های توزیع هستند. برای بررسی نیاز شبکه‌های توزیع کشور به خطوط در هر سال از امار آن‌ها در سال‌های ۹۱ و ۹۲ استفاده شده است. در جدول (۲-۲) امار کلی از میزان توسعه خطوط فوق در شبکه‌های توزیع کشور ارائه شده است. با استناد به امار جدول فوق مشخص است که رشد قابل توجهی در خطوط توزیع بین سال‌های ۹۱ و ۹۲ رخ داده است. در شبکه‌های فشار متوسط در مجموع (هوایی و زمینی) در حدود ۷,۶ هزار کیلومتر به طول خطوط شبکه توزیع کشور در سال ۹۲ اضافه شده است. همچنین در شبکه‌های فشار ضعیف افزایش ۱۱,۲ هزار کیلومتری خطوط فشار ضعیف، عددی قابل توجه است. در این سال تعداد فیدهای فشار متوسط توزیع هم در حدود ۲,۹ درصد بیشتر شده است. از سوی دیگر از سال ۸۱ تا ۹۱، تقریباً هر سال ۳,۸ درصد در شبکه فشار متوسط و ۳,۵ درصد در شبکه فشار ضعیف افزایش طول خط داشته‌ایم، که ارقام فوق مبین توسعه سالیانه شبکه‌های توزیع کشور است.

جدول (۲-۲): وضعیت کمی خطوط شبکه‌های توزیع برق کشور

| شرح                         | تغییر در سال ۱۳۹۲   | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۱  | درصد رشد سال ۹۲ به ۹۱ | متوسط درصد رشد سالانه ۹۱ به ۸۱ |
|-----------------------------|---------------------|-------|-------|-----------------------|--------------------------------|
| هزار کیلومتر                | فشار متوسط هوایی    | ۳۷۰,۸ | ۳۶۳,۸ | ۱,۹                   | ۳,۷                            |
|                             | فشار متوسط زمینی    | ۱۸,۰  | ۱۷,۴  | ۳,۵                   | ۶,۱                            |
|                             | جمع شبکه فشار متوسط | ۳۸۸,۸ | ۳۸۱,۲ | ۲,۰                   | ۳,۸                            |
|                             | فشار ضعیف هوایی     | ۲۸۱,۸ | ۲۷۱,۲ | ۳,۹                   | ۳,۱                            |
|                             | فشار ضعیف زمینی     | ۴۳,۳  | ۴۲,۸  | ۱,۳                   | ۶,۱                            |
|                             | جمع شبکه فشار ضعیف  | ۳۲۵,۲ | ۳۱۳,۹ | ۳,۶                   | ۳,۵                            |
| تعداد فیدر فشار متوسط توزیع | ۳۳۰                 | ۱۱۸۳۵ | ۱۱۵۰۵ | ۲,۹                   |                                |

در جدول (۲-۳)، امار خطوط زمینی و هوایی فشار متوسط شبکه‌های توزیع برق چند کلانشهر کشور در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ آمده است. به استناد امار فوق، مشخص است که در همه شبکه‌های فوق رشد قابل توجهی وجود دارد. در بخش خطوط هوایی فشار متوسط، بیشترین درصد رشد مربوط به شهرستان شیراز و کمترین درصد رشد مربوط به شرکت توزیع تهران بزرگ بوده است. در بخش خطوط زمینی فشار متوسط، بیشترین درصد رشد مربوط به شهرستان شیراز و کمترین درصد رشد مربوط به شهرستان اصفهان بوده است. در مجموع هم (زمینی و هوایی)، شهرستان شیراز بیشترین درصد رشد را داشته است. همچنین در سه ستون آخر جدول، سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه فشار متوسط آمده است که طبق آن تهران بزرگ بیشترین سهم خطوط زمینی و شهرستان اهواز کمترین سهم خطوط زمینی را در اختیار دارند.

جدول (۲-۳): امار خطوط زمینی و هوایی فشار متوسط در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲

| سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه فشار متوسط (درصد) |      |      | جمع      |       | زمینی |          |      | هوایی |          |      | شرکت توزیع نیروی برق |                |
|---|------|------|----------|-------|-------|----------|------|-------|----------|------|----------------------|----------------|
| درصد رشد  | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | درصد رشد | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | درصد رشد | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲  | درصد رشد | ۱۳۹۱ |                      | ۱۳۹۲           |
| ۱,۴   | ۶۹,۹ | ۷۰,۹ | ۴,۲      | ۷۹۶۸  | ۸۳,۳  | ۵,۶      | ۵۵۷۳ | ۵۸۸۳  | ۱,۰      | ۲۳۹۵ | ۲۴۲۰                 | تهران بزرگ     |
| ۰,۳   | ۱۶,۷ | ۱۷,۰ | ۲,۴      | ۴۷۹۱  | ۴۹,۸  | ۴,۱      | ۸۰۱  | ۸۳۴   | ۲,۱      | ۳۹۹۰ | ۴۰۷۴                 | شهرستان اصفهان |
| ۰,۳   | ۱۲,۰ | ۱۲,۳ | ۴,۱      | ۵۰۵۷  | ۵۲۶۴  | ۶,۷      | ۶۰۸  | ۶۴۹   | ۳,۷      | ۴۴۴۹ | ۴۶۱۵                 | شهرستان مشهد   |
| ۰,۱   | ۴,۳  | ۴,۳  | ۴,۶      | ۱۰۳۱۸ | ۱۰۷۹۵ | ۷,۶      | ۴۳۵  | ۴۶۸   | ۴,۵      | ۹۸۸۳ | ۱۰۳۲۶                | شهرستان شیراز  |
| ۰,۲   | ۲,۷  | ۲,۹  | ۲,۹      | ۱,۹   | ۳۵۸۳  | ۳۶۵۱     | ۹,۲  | ۹۸    | ۱,۷      | ۳۴۸۵ | ۳۵۴۴                 | شهرستان اهواز  |

در جدول (۲-۴)، امار خطوط زمینی و هوایی فشار ضعیف در محدوده شبکه توزیع چند کلانشهر بزرگ کشور در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ ارائه شده است. به استناد امار فوق، مشخص است که در خطوط فشار ضعیف همه شبکه‌های فوق رشد قابل توجهی وجود دارد. در بخش خطوط هوایی فشار ضعیف، بیشترین درصد رشد مربوط به شهرستان شیراز و کمترین درصد رشد مربوط به شهرستان اصفهان بوده است. در بخش خطوط زمینی فشار ضعیف، بیشترین درصد رشد مربوط به شهرستان شیراز و کمترین درصد رشد مربوط به شهرستان مشهد بوده است. در مجموع هم (زمینی و هوایی)، شهرستان شیراز بیشترین درصد رشد را داشته است.

جدول (۲-۴): امار خطوط زمینی و هوایی فشار ضعیف در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲

| سهم طول خطوط زمینی از کل شبکه فشار ضعیف (درصد) | جمع      |      | زمینی    |        | هوایی    |        | شرکت توزیع نیروی برق |          |                |
|--|----------|------|----------|--------|----------|--------|----------------------|----------|----------------|
|  | درصد رشد | ۱۳۹۱ | درصد رشد | ۱۳۹۲   | درصد رشد | ۱۳۹۱   |                      | درصد رشد | ۱۳۹۲           |
|  | ۱۳۹۱     | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۱     | ۱۳۹۲   | ۱۳۹۱     | ۱۳۹۲   | ۱۳۹۱                 | ۱۳۹۲     |                |
|  | ۵۳,۸     | ۵۲,۴ | ۲۰,۲۰۲   | ۲۱,۶۲۵ | ۱۰,۸۷۳   | ۱۱,۳۲۶ | ۹۳۳۹                 | ۱۰,۲۹۹   | تهران بزرگ     |
|  | ۲۸,۳     | ۲۹,۱ | ۷۵۷۷     | ۷۷۸۱   | ۲۱۴۵     | ۲۲۶۸   | ۵۴۳۲                 | ۵۵۱۳     | شهرستان اصفهان |
|  | ۲۰,۰     | ۱۹,۵ | ۸۲۳۰     | ۸۶۲۵   | ۱,۶۵۰    | ۱,۶۷۹  | ۶۵۸۰                 | ۶۹۴۶     | شهرستان مشهد   |
|  | ۱۳,۶     | ۱۳,۴ | ۹۶۴۹     | ۱۰,۶۸۶ | ۱۳۱۵     | ۱۴۲۹   | ۸۳۳۳                 | ۹۲۵۷     | شهرستان شیراز  |
|  | ۱۱,۶     | ۱۱,۷ | ۵۰۲۹     | ۵۱۷۹   | ۵۸۱      | ۶,۴    | ۴۴۴۷                 | ۴۵۷۵     | شهرستان اهواز  |

یکی از فناوری‌های پرکاربرد خط در شبکه توزیع کلانشهرها، فناوری کابل‌های خودنگهدار است. در سال‌های اخیر استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع کلانشهرهای کشور، روندی رو به رشد داشته است. در جدول (۲-۵) امار استفاده از کابل‌های خودنگهدار، کابل‌های غیرخودنگهدار و زمینی در شبکه تحت پوشش چند کلانشهر کشور در سطح فشار متوسط به کیلومتر آمده است. مطابق با امار فوق، هرچند در حال حاضر درصد پایینی از شبکه‌های کابلی مربوط به کابل‌های خودنگهدار است، اما روند استفاده از آن‌ها در شبکه‌های توزیع افزایشی است.

جدول (۲-۵): میزان استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع فشار متوسط در

پایان سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

| جمع کل | زمینی |      | سهم خودنگهدار (درصد) |      | جمع هوایی |       | هوایی غیر خود نگهدار |       | هوایی خودنگهدار |      | شرکت توزیع نیروی برق |                |
|--------|-------|------|----------------------|------|-----------|-------|----------------------|-------|-----------------|------|----------------------|----------------|
|        | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۱                 | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۱      | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۱                 | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۱            | ۱۳۹۲ |                      |                |
| ۸۳۰۳   | ۷۹۶۸  | ۵۸۸۳ | ۵۵۷۳                 | ۰,۷  | ۰,۷       | ۲۴۲۰  | ۲۳۹۵                 | ۲۴۰۴  | ۲۳۷۸            | ۱۶   | ۱۷                   | تهران بزرگ     |
| ۴۹,۸   | ۴۷۹۱  | ۸۳۴  | ۸۰۱                  | ۲,۲  | ۱,۹       | ۴۰۷۴  | ۳۹۹۰                 | ۳۹۸۶  | ۳۹۱۴            | ۸۸   | ۷۶                   | شهرستان اصفهان |
| ۵۲۶۴   | ۵۰۵۷  | ۶۴۹  | ۶۰۸                  | ۱,۳  | ۱,۰       | ۴۶۱۵  | ۴۴۴۹                 | ۴۵۵۷  | ۴۴۰۵            | ۵۸   | ۴۴                   | شهرستان مشهد   |
| ۱۰۷۹۵  | ۱۰۳۱۸ | ۴۶۸  | ۴۳۵                  | ۲,۰  | ۲,۰       | ۱۰۳۲۶ | ۹۸۸۳                 | ۱۰۱۲۵ | ۹۶۸۴            | ۲۰۱  | ۱۹۹                  | شهرستان شیراز  |
| ۳۶۵۱   | ۳۵۸۳  | ۱۰۷  | ۹۸                   | ۰,۲  | ۰,۲       | ۳۵۴۴  | ۳۴۸۵                 | ۳۵۳۶  | ۳۴۷۸            | ۸    | ۷                    | شهرستان اهواز  |

در جدول (۲-۶)، میزان استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف تحت پوشش چند کلانشهر کشور به کیلومتر در پایان سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ آمده است. مطابق با امار جدول فوق، در شبکه‌های فشار ضعیف از درصد بالاتری

کابل خود نگهدار در مقایسه با شبکه‌های فشار متوسط استفاده شده است. همچنین در کلیه شبکه‌های توزیع تحت بررسی، در سال ۹۲ نسبت به ۹۱ به شکل قابل توجهی، استفاده از کابل‌های خود نگهدار افزایش یافته است، که این امر مبین افزایش تقاضا در این فناوری است.

### جدول (۲-۶): میزان استفاده از کابل‌های خودنگهدار در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف در پایان

سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

| جمع کل | زمینی |       | سهم خودنگهدار (درصد) |      | جمع هوایی |       | هوایی غیر خود نگهدار |      | هوایی خودنگهدار |      | شرکت توزیع نیروی برق |                |
|--------|-------|-------|----------------------|------|-----------|-------|----------------------|------|-----------------|------|----------------------|----------------|
|        | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۱                 | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۱      | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۱                 | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۱            | ۱۳۹۲ |                      |                |
| ۲۱۶۲۵  | ۲۰۲۰۲ | ۱۱۳۲۶ | ۷۰۸۷۳                | ۲۵,۰ | ۱۷,۹      | ۱۰۲۹۹ | ۹۳۲۹                 | ۷۷۲۰ | ۷۶۵۵            | ۲۵۷۹ | ۱۶۷۴                 | تهران بزرگ     |
| ۷۷۸۱   | ۷۵۷۷  | ۲۲۶۸  | ۲۱۴۵                 | ۴,۲  | ۳,۲       | ۵۵۱۳  | ۵۴۳۲                 | ۵۲۸۲ | ۵۲۵۷            | ۲۳۱  | ۱۷۵                  | شهرستان اصفهان |
| ۸۶۲۵   | ۸۲۳۰  | ۱۶۷۹  | ۱۶۵۰                 | ۴۲,۷ | ۲۸,۸      | ۶۹۴۶  | ۶۵۸۰                 | ۳۹۷۹ | ۴۶۴۸            | ۲۹۶۷ | ۱۸۴۹                 | شهرستان مشهد   |
| ۱۰۶۸۶  | ۹۶۴۸  | ۱۴۲۹  | ۱۳۱۵                 | ۳۱,۵ | ۳۰,۲      | ۹۲۵۷  | ۸۳۳۳                 | ۶۳۴۵ | ۵۸۱۹            | ۲۹۱۲ | ۲۵۱۵                 | شهرستان شیراز  |
| ۵۱۷۹   | ۵۰۲۹  | ۶,۴   | ۵۸۱                  | ۲۳,۳ | ۲۱,۲      | ۴۵۷۵  | ۴۴۴۷                 | ۳۵۰۹ | ۳۵۰۶            | ۱۰۶۶ | ۹۴۱                  | شهرستان اهواز  |

در جدول (۲-۷)، امار کلی مربوط به طول خطوط فوق توزیع، طول خطوط فشار متوسط توزیع (شهری و روستایی)، و طول خطوط فشار ضعیف توزیع (شهری و روستایی) تا پایان سال ۹۲ ارائه شده است. بر این اساس سهم بخش خصوصی در شبکه سراسری خطوط توزیع به طور دقیق مشخص نیست اما اختلاف بسیار زیاد بین طول خطوط فشار ضعیف و فشار متوسط با خطوط فوق توزیع نشان می‌دهد که بخش عمده تقاضای خطوط مورد استفاده در شبکه مربوط به وزارت نیرو است.

### جدول (۲-۷): خلاصه وضعیت خطوط شبکه توزیع

| تا پایان سال ۱۳۹۲ |                |                         |                 |            |           |            | افزایش ۱۳۹۲ | شرح     |  |
|-------------------|----------------|-------------------------|-----------------|------------|-----------|------------|-------------|---------|--|
| جمع کل            | جمع وزارت نیرو | خارج از شبکه وزارت نیرو | شبکه سراسری     |            |           | وزارت نیرو |             |         |  |
|                   |                |                         | جمع شبکه سراسری | صنایع بزرگ | بخش خصوصی |            |             |         |  |
| ۶۹۳۰۴             | -              | -                       | -               | -          | -         | -          | ۹۴۸         | کیلومتر | طول خطوط فوق توزیع                         |
| ۳۸۸۱۲۳            | ۳۸۸۱۲۳         | ۵۰۲                     | ۳۸۸۳۲۱          | -          | -         | -          | ۷۸۹۵        | کیلومتر | طول خطوط فشار متوسط توزیع (شهری و روستایی) |
| ۳۲۵۱۶۱            | ۳۲۵۱۶۱         | ۶۵۷                     | ۳۲۴۵۰۴          | -          | -         | -          | ۱۱۳۴۷       | کیلومتر | طول خطوط فشار ضعیف توزیع (شهری و روستایی)  |

بررسی وضعیت عرضه سیم و کابل در حوزه خطوط شبکه‌های توزیع نشان می‌دهد که بخش دولتی هیچ سهمی در تولید و عرضه سیم و کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع ندارد و بخش خصوصی بازیگر اصلی در حوزه تولید و عرضه سیم و کابل مورد نیاز برای استفاده در شبکه توزیع است.

## ۲-۴-۲- حوزه پست

همانطور که در گزارش مرحله دو پروژه اشاره شد یکی از حوزه‌های اصلی در توسعه شبکه‌های توزیع کلانشهرها، فناوری‌های حوزه پست است. در ارتباط با پست‌های توزیع فارغ از فناوری پست (زمینی، هوایی و...) بخش اصلی پست ترانس توزیع می‌باشد. در جدول (۸-۲) امار کمی ترانس‌های توزیع مورد استفاده در شبکه‌های توزیع تحت کنترل وزارت نیرو آمده است. با توجه به داده‌های آمده در این جدول، در سال ۹۲، ۲۷۴۲۳ ترانس جدید وارد شبکه توزیع کشور شده است که نشان‌دهنده رشدی در حدود ۵٫۱ درصد می‌باشد. همچنین از سال ۸۱ تا ۹۱ بطور متوسط رشد سالیانه تعداد ترانسفورماتورها در حدود ۷ درصد می‌باشد.

جدول (۸-۲): وضعیت کمی ترانسفورماتورهای مورد استفاده در بخش توزیع در سطح کشور

| شرح                                   | تغییر در سال<br>۱۳۹۲ | ۱۳۹۲   | ۱۳۹۱   | رشد رشد سال ۹۲<br>به ۹۱ | متوسط درصد رشد<br>سالانه ۹۱ به ۸۱ |
|---------------------------------------|----------------------|--------|--------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                       |                      |        |        |                         |                                   |
| تعداد ترانسفورماتورهای زمینی          | ۱٫۶۴                 | ۳۲۹۱۴  | ۳۱۸۵۰  | ۳٫۳                     | ۳٫۷                               |
| جمع تعداد ترانسفورماتورهای شبکه توزیع | ۲۷۴۲۳                | ۵۶۸۰۳۵ | ۵۴۰۶۱۲ | ۵٫۱                     | ۷٫۰                               |
| ظرفیت ترانسفورماتورهای هوایی          | ۳۵۸۵                 | ۷۵۹۱۰  | ۷۲۳۲۵  | ۵٫۰                     | ۷٫۰                               |
| ظرفیت ترانسفورماتورهای زمینی          | ۹۳۶                  | ۲۴۴۵۹  | ۲۳۵۲۳  | ۴٫۰                     | ۴٫۱                               |
| جمع ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع      | ۴۵۲۰                 | ۱۰۰۳۶۸ | ۹۵۸۴۸  | ۴٫۷                     | ۶٫۲                               |

در جدول (۹-۲) امار مربوط به تعداد ترانسفورماتورهای استفاده شده در شبکه توزیع استان‌هایی که در آن‌ها کلانشهرها وجود دارند در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ ارائه شده است. مطابق با نتایج جدول فوق، در کلیه استان‌های تحت بررسی تعداد ترانس‌ها رشد داشته است که بیانگر توسعه شبکه توزیع آن‌هاست. همچنین در بخش هوایی، بیشترین درصد رشد مربوط به استان فارس و کمترین درصد رشد مربوط به استان تهران بوده است. در بخش زمینی هم بیشترین درصد رشد مربوط به استان



اصفهان و کمترین درصد رشد مربوط به استان خراسان رضوی بوده است. در مجموع هم، به جز استان تهران در سایر استان‌ها رشد بالای ۳ درصدی در تعداد ترانس‌های وارد شده به شبکه در سال ۹۲ نسبت به ۹۱ وجود دارد.

جدول (۲-۹): تعداد ترانسفورماتورهای توزیع در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در محدوده شبکه توزیع

## چند استان بزرگ کشور

| شرکت توزیع نیروی برق | هوایی |       | زمینی    |       | جمع   |          |
|----------------------|-------|-------|----------|-------|-------|----------|
|                      | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | درصد رشد | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | درصد رشد |
| تهران بزرگ           | ۵۰۷۲  | ۵۰۳۳  | ۰٫۸      | ۱۰۸۱۳ | ۱۰۹۱۶ | ۰٫۹      |
| استان اصفهان         | ۲۶۷۲۵ | ۲۵۸۸۴ | ۳٫۲      | ۱۷۱۷  | ۱۸۴۰  | ۳٫۵      |
| خراسان رضوی          | ۲۱۵۹۵ | ۲۰۷۹۲ | ۳٫۹      | ۱۳۲   | ۱۳۳   | ۳٫۸      |
| استان فارس           | ۳۱۲۸۴ | ۲۹۶۰۱ | ۵٫۷      | ۱۷۰   | ۱۷۴   | ۵٫۷      |
| استان خوزستان        | ۳۲۴۶۵ | ۳۱۴۳۰ | ۳٫۳      | ۶۵۸   | ۶۷۰   | ۳٫۳      |

در جدول (۲-۱۰)، ظرفیت ترانسفورماتورهای مورد استفاده در سال‌های ۹۱ و ۹۲ در محدوده شبکه توزیع چند استان بزرگ کشور که در آن‌ها کلانشهرها واقع هستند، آمده است. با استناد به امار جدول فوق، در همه استان‌های تحت بررسی ظرفیت ترانس‌ها رشد داشته است که بیانگر توسعه شبکه توزیع آن‌هاست. همچنین در بخش هوایی، بیشترین درصد رشد مربوط به استان اصفهان، و کمترین درصد رشد مربوط به استان تهران بوده است. در بخش زمینی هم بیشترین درصد رشد مربوط به استان اصفهان و کمترین درصد رشد مربوط به استان خراسان رضوی بوده است. در مجموع هم در کلیه استان‌ها رشد بالای ۲٫۵ درصدی در ظرفیت ترانس‌های وارد شده به شبکه در سال ۹۲ نسبت به ۹۱ وجود دارد.

جدول (۲-۱۰): ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع در پایان سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در محدوده شبکه توزیع

## چند استان بزرگ کشور

| شرکت توزیع نیروی برق | هوایی |      | زمینی    |      | جمع  |          |
|----------------------|-------|------|----------|------|------|----------|
|                      | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲ | درصد رشد | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | درصد رشد |
| تهران بزرگ           | ۱۴۵۳  | ۱۴۵۱ | ۰٫۱      | ۸۴۷۰ | ۸۸۵۶ | ۳٫۹      |
| استان اصفهان         | ۳۴۷۶  | ۳۲۲۵ | ۷٫۸      | ۱۳۲۳ | ۱۳۹۰ | ۷٫۰      |
| خراسان رضوی          | ۲۷۹۶  | ۲۷۲۱ | ۲٫۸      | ۹۶   | ۹۷   | ۲٫۷      |
| استان فارس           | ۳۳۰۸  | ۳۱۵۴ | ۴٫۹      | ۱۱۴  | ۱۱۸  | ۴٫۸      |
| استان خوزستان        | ۶۴۹۶  | ۶۲۹۹ | ۳٫۱      | ۴۷۹  | ۴۸۹  | ۳٫۱      |

در جدول (۲-۱۱)، امار کلی مربوط به تعداد ترانسفورماتورهای توزیع، ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع، و ظرفیت پست‌های فوق‌توزیع تا پایان سال ۹۲ ارائه شده است. هر چند در جدول فوق امار دقیق مربوط به سهم بخش خصوصی از شبکه سراسری مشخص نشده است، اما به استناد امار موجود، تنها ۵۱۵ دستگاه ترانس در محدوده خارج از شبکه وزارت نیرو مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و در مقابل از ۵۶۸۰۳۵ دستگاه ترانسفورماتور توزیع در محدوده شبکه وزارت نیرو استفاده شده است. همچنین امار مربوط به ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع هم بیانگر اختلاف بسیار زیاد در ظرفیت ترانسفورماتورهای مورد استفاده در شبکه توزیع وزارت نیرو و شبکه توزیع خارج از محدوده وزارت نیرو است. این امار نشان می‌دهد که در حدود ۹۱٪ از تقاضای پست‌های شبکه توزیع مربوط به وزارت نیرو و تنها ۹٪ مربوط به تقاضای بخش خصوصی است.

### جدول (۲-۱۱): خلاصه وضعیت پست‌های شبکه توزیع

| تا پایان سال ۱۳۹۲ |                   |                               |                    |               |              |            | افزایش<br>۱۳۹۲ | شرح         |                              |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|--------------|------------|----------------|-------------|------------------------------|
| جمع کل            | جمع<br>وزارت نیرو | خارج از<br>شبکه<br>وزارت نیرو | شبکه سراسری        |               |              | وزارت نیرو |                |             |                              |
|                   |                   |                               | جمع شبکه<br>سراسری | صنایع<br>بزرگ | بخش<br>خصوصی |            |                |             |                              |
| ۵۶۸۰۳۵            | ۵۶۸۰۳۵            | ۵۱۵                           | ۵۶۷۵۲۰             | -             | -            | -          | ۲۸۱۳۰          | دستگاه      | تعداد ترانسفورماتورهای توزیع |
| ۱۰۰۳۶۸            | ۱۰۰۳۶۸            | ۵۲۵                           | ۹۹۸۴۳              | -             | -            | -          | ۴۸۳۹           | مگاوات امپر | ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع |
| ۹۱۱۰۸             | -                 | -                             | -                  | -             | -            | -          | ۲۹۳۰           | مگاوات امپر | ظرفیت پست‌های فوق‌توزیع      |

در این بخش نیز مشابه حوزه خطوط شبکه توزیع، دولت هیچ سهمی در تولید و عرضه تجهیزات پست ندارد و تمام ظرفیت عرضه پست‌های شبکه توزیع مربوط به بخش خصوصی است.

### ۲-۴-۳- حوزه تولید

حوزه دیگری که در تقسیم‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در نظر گرفته شده است حوزه تولید پراکنده و تولید از منابع تجدیدپذیر است. در جدول (۲-۱۲)، برنامه راه‌اندازی تولیدات پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور تا سال ۹۶ نشان داده شده است. به استناد اطلاعات جدول فوق سالیانه ۱۲۰ مگاوات تولیدات پراکنده بایستی در کشور راه‌اندازی گردد. همچنین مطابق با برنامه زمان‌بندی فوق تا پایان سال ۱۳۹۵ بایستی در حدود ۲۷۰ مگاوات از توان کشور

توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تامین شود که می‌توان این مقدار را به عنوان مجموع تقاضای سالانه تولید پراکنده و تولید از منابع تجدیدپذیر در نظر گرفت.

### جدول (۲-۱۲): میزان تقاضای تولیدات پراکنده، نیروگاه بادی و تجدیدپذیر تا سال ۱۳۹۶ (مگاوات)

| ردیف | نام نیروگاه   | نوع نیروگاه | ۱۳۹۳ |         |       |        | ۱۳۹۴ |         |       |        | ۱۳۹۵ |         |       |        | ۱۳۹۶ |         |       |        |
|------|---------------|-------------|------|---------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|-------|--------|------|---------|-------|--------|
|      |               |             | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان |
| ۱    | تولید پراکنده | DG , CHP    | ۱۲۰  | ۱۲۰     | ۱۲۰   | ۱۲۰    | ۱۲۰  | ۱۲۰     | ۱۲۰   | ۱۲۰    | ۱۲۰  | ۱۲۰     | ۱۲۰   | ۱۲۰    | ۱۲۰  | ۱۲۰     | ۱۲۰   |        |
| ۲    | تجدیدپذیر     | تجدیدپذیر   | ۶    |         |       |        | ۱۴۰  |         |       |        |      |         |       | ۶      | ۹۰   | ۳۰      |       |        |

در مورد میزان عرضه تجهیزات تولید پراکنده و تولید از منابع تجدیدپذیر اطلاعات دقیقی در دسترس نیست اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که بخش عمده تجهیزات مورد نیاز در این حوزه از طریق واردات تامین می‌شود. همچنین در حال حاضر تعدادی از شرکت‌های داخلی در حال تولید بخشی از تجهیزات این حوزه هستند.

### ۲-۴-۴ - حوزه D-Facts (جبرانسازها)

چهارمین حوزه مورد نظر در تقسیم‌بندی درخت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، فناوری‌های حوزه D-Facts و جبرانسازها هستند. در حال حاضر این فناوری‌ها در شبکه توزیع کشور مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و تقاضایی برای آن وجود ندارد اما به عنوان یکی از فناوری‌های نوین جهت بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع شناخته می‌شوند. با توجه به عدم تقاضا برای این فناوری‌ها طبعاً عرضه‌ای از سوی تولیدکنندگان داخلی و یا تامین‌کنندگان وجود نداشته است.

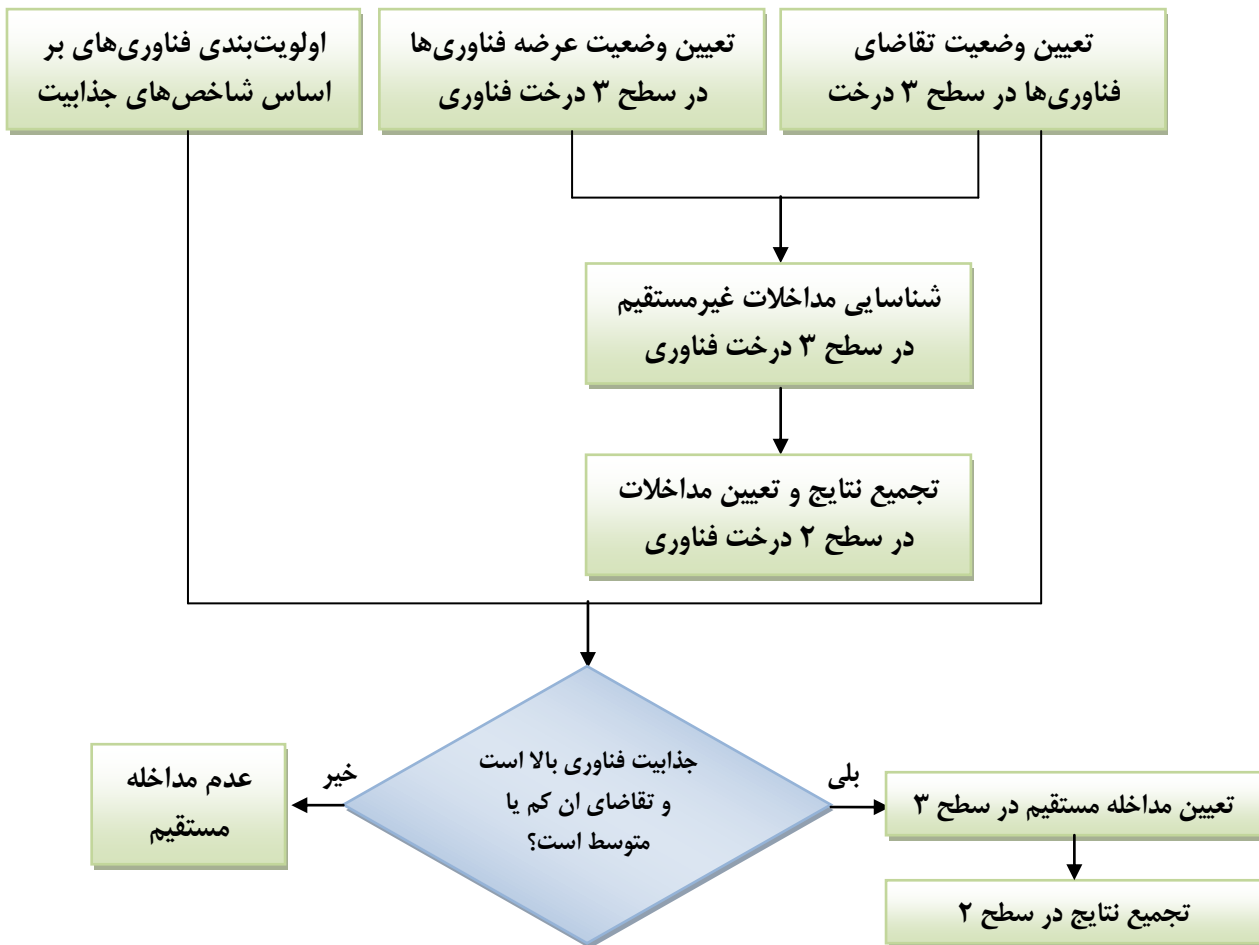
## ۲-۵- فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع کلانشهرها

با توجه به مباحث مطرح شده در ابتدای این گزارش، تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها با رویکرد مدیریت بازار این فناوری‌ها انجام می‌شود. در اینجا راهبردها همان مکانیزم‌های مداخله دولت در بازار فناوری‌های مرتبط هستند. به منظور تدوین راهبردها یا مکانیزم‌های مداخله، ابتدا بر اساس شاخص‌های سه‌گانه جذابیت به اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در هر چهار حوزه مورد نظر پرداخته می‌شود. سپس بر اساس شاخص‌های تعریف شده برای وضعیت عرضه و تقاضا و با توجه به شناخت وضعیت موجود بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌ها در سه حالت «بسیار ضعیف»، «ضعیف» و «مؤثر» شناسایی می‌شود. در مرحله بعد بر مبنای ماتریس تحلیل وضعیت بازار، وضعیت هر یک از فناوری‌ها شناسایی می‌شود و مکانیزم مداخله غیرمستقیم مناسب آن مشخص می‌شود. برای تعیین مکانیزم مداخلات مستقیم از نتایج اولویت‌بندی و وضعیت تقاضای هر یک از فناوری‌ها استفاده می‌شود. در انتها با جمع‌بندی نتایج حاصل از این تحلیل، راهبردها یا مکانیزم‌های مداخله مستقیم و غیرمستقیم دولت به منظور مدیریت بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها ارائه می‌شود. الگوریتم تدوین راهبردها در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.

### ۲-۵-۱- اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

در این بخش، نتایج اولویت‌بندی فناوری‌های مرتبط ارائه می‌شود. اولویت‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت مشخص شده است. جذابیت یک فناوری به ویژگی‌ها و موقعیت آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها بر می‌گردد. تعیین موقعیت نسبی جایگاه یک فناوری از سوی متخصصان، میزان جذابیت آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری جذابیت توسعه یک فناوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. برای تعیین اولویت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از سه دسته شاخص ویژگی‌های تجهیزات، ویژگی‌های مرتبط با کلانشهرها و ویژگی‌های مطلوب شبکه برق استفاده شد. این مجموعه ویژگی‌ها به شکلی جامع میزان جذابیت فناوری‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۳): فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

به منظور تهیه این شاخص‌ها ابتدا بر اساس جستجوی منابع و ویژگی‌های مطرح‌شده در مرحله دوم پروژه، فهرستی از شاخص‌ها در هر یک از این سه دسته تهیه شد. سپس این فهرست در اختیار تیم فنی پروژه قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد شاخص‌های مرتبط را شناسایی کنند و وزن هر یک از شاخص‌ها را نیز مشخص کنند. معیار انتخاب شاخص‌ها میزان تاثیر آن‌ها در تحقق اهداف سند، میزان تاثیر شاخص‌ها در دستیابی به اهداف کلان شبکه برق و در نهایت تاثیر شاخص‌ها بر پارامترهای فنی مرتبط با تجهیزات بود. در نهایت با توجه به معیارهای ذکر شده ۹ شاخص در نظر گرفته که این شاخص‌ها عبارتند از:

↳ ویژگی‌های تجهیزات:

• نیاز به زیرساخت سخت‌افزاری برای نصب و به‌کارگیری تجهیز

• هزینه احداث، بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات تجهیز

◀ ویژگی‌های مرتبط با کلانشهرها:

• میزان فضای فیزیکی مورد نیاز جهت نصب تجهیز

• میزان تاثیر نصب تجهیز بر زیبایی شهری

• میزان تاثیر نصب و به‌کارگیری تجهیز در کاهش آلودگی زیست‌محیطی

• میزان تاثیر نصب و به‌کارگیری تجهیز در تسهیل برق‌رسانی

◀ ویژگی‌های مطلوب شبکه برق:

• میزان تاثیر تجهیز در کاهش تلفات شبکه توزیع

• میزان تاثیر تجهیز در بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع

• میزان تاثیر تجهیز در بهبود کیفیت توان شبکه توزیع

پس از شناسایی شاخص‌ها و وزن آن‌ها پرسشنامه‌ای شامل ۹ سوال طراحی شد و برای خبرگان این حوزه ارسال شد. اسامی این خبرگان در جدول (۲-۱۳) آورده شده است. برای افزایش دقت نتایج، از خبرگان خواسته شد میزان آشنایی خود با هر یک از فناوری‌ها را با عددی بین ۰ تا ۵ مشخص کنند (عدد صفر به منزله عدم آشنایی و عدد ۵ به معنای آشنایی کامل با فناوری است). در مجموع ۳۱ پرسشنامه از خبرگان دریافت شد و نتایج این پرسشنامه‌ها وارد نرم‌افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای اولویت‌بندی انجام شد.

جدول (۲-۱۳): اسامی خبرگان

| ردیف | اسامی خبرگان               | شرکت/سازمان           |
|------|----------------------------|-----------------------|
| ۱    | جناب آقای دکتر علمایی      | عضو هیئت علمی دانشگاه |
| ۲    | جناب آقای دکتر حقی‌فام     | عضو هیئت علمی دانشگاه |
| ۳    | جناب آقای مهندس مهذب‌ترابی | مشاور نیرو            |
| ۴    | سرکار خانم مهندس قدیری     | پژوهشگاه نیرو         |
| ۵    | جناب آقای مهندس ملاکی      | عضو هیئت علمی دانشگاه |
| ۶    | جناب آقای مهندس صدیق       | وطن نیرو پارس         |

| ردیف | اسامی خبرگان                  | شرکت/سازمان                        |
|------|-------------------------------|------------------------------------|
| ۷    | جناب آقای مهندس رضایی         | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۸    | جناب آقای مهندس مهین          | مهندسین مشاور اذربایجان (منا)      |
| ۹    | جناب آقای مهندس عباسزاده      | مشاور نیرو                         |
| ۱۰   | جناب آقای مهندس استادحسن      | استاندارد شرکت توزیع استان البرز   |
| ۱۱   | جناب آقای مهندس فرضعلی‌زاده   | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۱۲   | جناب آقای مهندس عموجعفری      | تعاونی خدمات فنی و مهندسی کارکنان  |
| ۱۳   | سرکار خانم مهندس فولادی       | تعاونی خدمات فنی و مهندسی کارکنان  |
| ۱۴   | سرکار خانم مهندس مسلمی        | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۱۵   | جناب آقای دکتر نفیسی          | مپنا                               |
| ۱۶   | جناب آقای مهندس محمدخانی      | کنترل طراحی شرکت توزیع استان البرز |
| ۱۷   | جناب آقای مهندس قربانی        | کنترل طراحی شرکت توزیع استان البرز |
| ۱۸   | جناب آقای مهندس واسعی         | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۱۹   | جناب آقای مهندس خلیج          | ترانس پست پارس                     |
| ۲۰   | جناب آقای مهندس احمدیان       | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۲۱   | جناب آقای مهندس فتحی‌رضایی    | تابش تابلو                         |
| ۲۲   | جناب آقای مهندس جهانبخشی      | ادصاب (انتقال دانش صنعت انرژی برق) |
| ۲۳   | جناب آقای مهندس زارعیان جهرمی | ازمایشگاه سیستم قدرت-امیرکبیر      |
| ۲۴   | جناب آقای دکتر ازاد           | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۲۵   | جناب آقای مهندس حسینی بیوکی   | مدیریت شبکه برق ایران              |
| ۲۶   | جناب آقای مهندس شریعتی        | نامدار صنعت                        |
| ۲۷   | جناب آقای دکتر گیلوانژاد      | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۲۸   | جناب آقای مهندس جلالی         | پژوهشگاه نیرو                      |
| ۲۹   | جناب آقای مهندس کدیور         | تامین سیستم‌های کنترل              |
| ۳۰   | جناب آقای دکتر هاشمی دزکی     | عضو هیئت علمی دانشگاه              |
| ۳۱   | جناب آقای مهندس صادقی         | دانشگاه صنعتی امیرکبیر             |

در فرایند محاسبه نمرات جذابیت و توانمندی، نمرات ارائه شده از سوی هر یک از خبرگان برای هر یک از شاخص‌ها در وزن آن سوال ضرب شد. پس از به دست آمدن نمره جذابیت هر یک از پاسخ‌دهندگان، ضریب اشنایی فرد در نمرات جذابیت ضرب شد. پس از محاسبه میانگین نمرات تمام پاسخ‌دهندگان، مجموع نمرات جذابیت بر مجموع ضرایب اشنایی افراد پاسخ‌دهنده تقسیم شد و به عنوان نمره نهایی جذابیت مربوط به هر یک از سوالات در نظر گرفته شد. نتایج اولویت‌بندی فناوری‌های سطح ۳ در جدول (۲-۱۴) ارائه شده است.

جدول (۲-۱۴): نتایج جذابیت فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

| ردیف | حوزه    | فناوری                                | نمره جذابیت |
|------|---------|---------------------------------------|-------------|
| ۱    | پست     | پست زمینی متداول                      | ۵,۲۱۷       |
| ۲    |         | پست کمپکت                             | ۶,۴۶۴       |
| ۳    |         | پست زیر زمینی توزیع (قابل تعمیر)      | ۷,۷۶۶       |
| ۴    |         | پست کاملاً زیر زمینی (غیر قابل تعمیر) | ۸,۲۶        |
| ۵    |         | پست هوایی RMU                         | ۶,۴         |
| ۶    |         | پست هوایی معمولی                      | ۵,۰۴۴       |
| ۷    | تولید   | خودروی برقی                           | ۵,۰۴۴       |
| ۸    |         | باتری الکتریکی                        | ۶,۶۲        |
| ۹    |         | CHP                                   | ۶,۳۸۱       |
| ۱۰   |         | میکرو توربین                          | ۶,۵۳۵       |
| ۱۱   |         | توربین احتراقی                        | ۶,۶۶۷       |
| ۱۲   |         | پیل سوختی                             | ۷,۰۴۹       |
| ۱۳   |         | توربین بادی مقیاس کوچک                | ۷,۳۴        |
| ۱۴   |         | سلول خورشیدی                          | ۷,۳۲۷       |
| ۱۵   | خط      | کابل زمینی                            | ۶,۱۲        |
| ۱۶   |         | سیم عایق دار                          | ۵,۸۷        |
| ۱۷   |         | سیم لخت                               | ۳,۷۶        |
| ۱۸   |         | کابل خود نگهدار                       | ۶,۳         |
| ۱۹   | D-Facts | SSCL                                  | ۵,۹۱۵       |
| ۲۰   |         | SSSC                                  | ۵,۴۱۵       |
| ۲۱   |         | SSTC                                  | ۵,۴۱۵       |
| ۲۲   |         | جبران‌ساز توان راکتیو                 | ۵,۴۱۵       |
| ۲۳   |         | SSC                                   | ۵,۴۱۵       |

بر اساس جدول فوق، جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش پست به ترتیب عبارتند از:



۱- پست زیرزمینی

۲- پست زمینی

۳- پست هوایی

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش تولید به ترتیب عبارتند از:

۱- انرژی‌های تجدیدپذیر

۲- تولید پراکنده

۳- ذخیره‌سازها

جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش خط به ترتیب عبارتند از:

۱- خطوط زمینی

۲- خطوط هوایی

و در نهایت جذاب‌ترین فناوری‌ها در بخش D-Facts به ترتیب عبارتند از:

۱- تغییردهنده ارایش شبکه

۲- جبران‌سازها

## ۲-۵-۲- تعیین وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع در کلانشهرها

برای تعیین وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌ها از وضعیت موجود طرف عرضه و تقاضا و نیز ۴ شاخص استفاده

شده است که در ادامه توضیح داده شده‌اند. شاخص‌های تحلیل وضعیت عرضه عبارتند از [۹]:

۱- ظرفیت عرضه‌کنندگان فناوری‌ها برای حل مشکلات طرف تقاضا: درجه ای که در آن عرضه‌کنندگان فناوری

مهارت، دانش و ظرفیت حل مشکلات طرف تقاضا را دارند. بنابراین، قابلیت دسترسی و ماهیت ظرفیت (مهارت‌ها،

دانش، تکنولوژی، منابع) بسیار حائز اهمیت است.

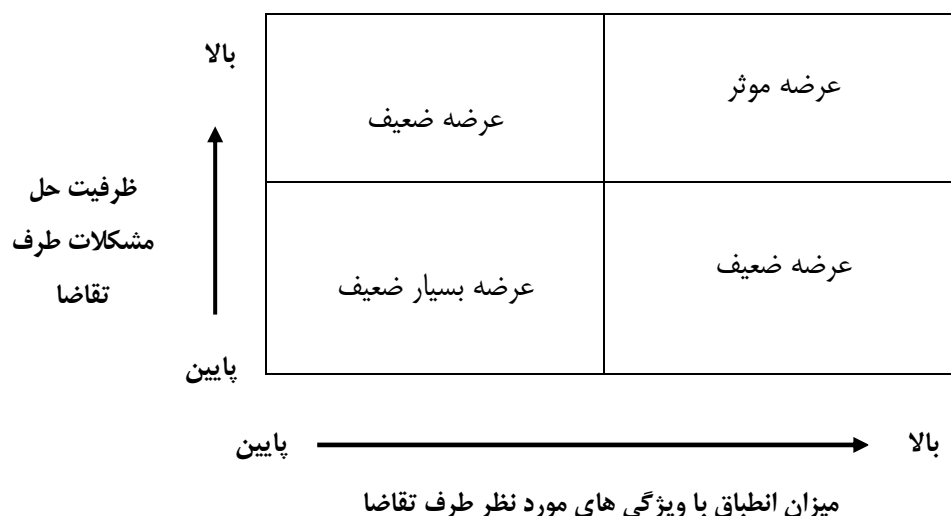
۲- میزان انطباق فناوری‌های عرضه شده با ویژگی‌های مورد نظر طرف تقاضا: درجه ای که در آن عرضه‌کنندگان فناوری می‌توانند پیشنهادی ارائه کنند که منطبق با خواسته طرف تقاضا باشد. این پیشنهاد متشکل از ترکیب عواملی همچون قیمت، هزینه ظرفیت و عوامل محیطی مانند قیمت جایگزین‌های مشابه می‌باشد.

بر اساس ۲ شاخص فوق می‌توان وضعیت عرضه هر یک از فناوری‌ها را در سه حالت «بسیار ضعیف»، «ضعیف» و «مؤثر» شناسایی کرد.

➤ **عرضه مؤثر:** در این وضعیت هم ظرفیت‌های مناسبی برای حل مشکل مشتریان فناوری وجود دارد و هم پیشنهادات خوبی به آن‌ها ارائه می‌شود. ارائه‌کننده خدمات، ظرفیت مطلوبی برای حل نمودن مشکلات داشته و قادر است راه‌حل‌ها (فناوری) را به صورت خدمت یا محصولی شایسته ارائه دهد که مطلوب مشتری است.

➤ **عرضه ضعیف:** این حالت در دو صورت امکان‌پذیر است. یکی اینکه ظرفیت بالایی در حل مشکلات مشتریان وجود دارد، اما پیشنهادات کمی به این مشتریان ارائه می‌شود و دیگر آن که با وجود ظرفیتی اندک، پیشنهادات زیادی ارائه می‌گردد. در حالت اول علی‌رغم توانایی‌ها و مهارت‌های بالای ارائه‌کننده فناوری، به دلیل ضعف بازاریابی یا ساختار نامناسب (هزینه، پرسنل، موقعیت،...) آن‌ها نمی‌توانند ارزش خدمت خود را به درستی به نمایش بگذارند و لذا پیشنهاد آن‌ها جذاب جلوه نمی‌کند. در حالت دوم ارائه‌کنندگان فناوری در متقاعد کردن مشتریان برای خرید فناوری و ایجاد اطمینان در آن‌ها موفق هستند، اما در عمل فاقد ظرفیت فنی لازم برای ارائه راه‌حل‌هایی کارآمد و اثربخش می‌باشند.

➤ **عرضه بسیار ضعیف:** ارائه‌کننده خدمات فناورانه فاقد هرگونه ظرفیت لازم برای فروش راه‌حل مشکلات مشتریان است و طبیعتاً پیشنهادات درخور و قابل‌ذکری هم در عرضه ندارند.



شکل (۲-۴): ماتریس تحلیل وضعیت عرضه

شاخص‌های تحلیل وضعیت تقاضا عبارتند از [۹]:

- ۱- میزان آگاهی از نیاز به راه‌حل در طرف تقاضا: درجه‌ای که در آن طرف تقاضا نیاز یا مشکل را شناسایی کرده‌اند و آمادگی جست و جو برای آن مسئله را نیز دارند (اگرچه ممکن است ندانند که چه راه حلی باید انتخاب شود).
- ۲- تمایل طرف تقاضا برای پرداخت هزینه بابت فناوری: درجه‌ای که در آن طرف تقاضا آمادگی دارند تا برای یک فناوری هزینه پرداخت کنند. تمایل برای پرداخت از عواملی نظیر قیمت، موجود بودن قیمت جایگزین‌ها و توانایی مالی تشکیل شده است.

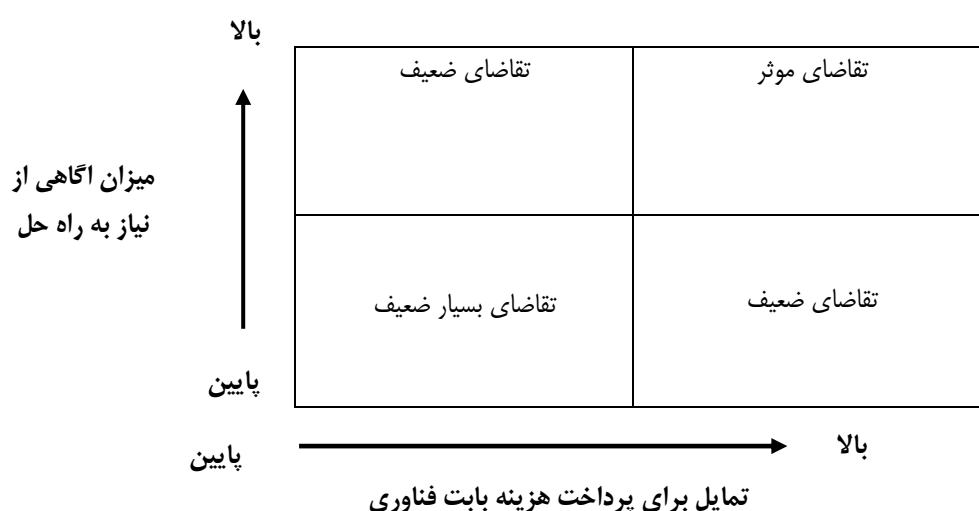
بر اساس ۲ شاخص فوق می‌توان وضعیت تقاضای هر یک از فناوری‌ها را در سه حالت «بسیار ضعیف»، «ضعیف» و «مؤثر» شناسایی کرد.

«**تقاضای مؤثر**»: در سمت راست و بالای جدول تقاضا قرار دارد، هنگامی است که شناخت بالایی در خصوص ضروری بودن راه‌حل وجود دارد و به علاوه علاقمندی مناسبی هم برای پرداخت هزینه جهت کسب فناوری موردنظر وجود دارد.

«**تقاضای ضعیف**»: در این وضعیت شناخت بالایی از موردنیاز بودن مشکل وجود دارد، اما تمایل چندانی جهت هزینه‌کردن برای آن وجود ندارد و یا بالعکس شناخت نسبت به ضرورت راه‌حل پایین است، اما تمایل و علاقمندی

جهت صرف هزینه‌های کسب فناوری وجود دارد. در حالت اول مشتری مشکل را می‌شناسد و بدنبال راه‌حل است، اما تردیدهایی در مورد اثربخشی و ارزش افزوده‌ی فناوری ارایه شده دارد. در حالت دوم مشتریان بدنبال برخی کمک‌ها برای رفع بعضی مشکلات خود می‌باشند و در عین حال نیز تمایل بالایی برای خرید خدمت دارند. با این حال مشتریان نمی‌دانند مشکل اصلی کدام است و ممکن است راه‌حل‌های اشتباهی را برگزینند.

تقاضای بسیار ضعیف: زمانی که نه شناختی نسبت به راه‌حل مورد نیاز و نه تمایلی برای پرداخت جهت کسب فناوری وجود ندارد، می‌توان گفت عملاً تقاضایی شکل نگرفته است. در این حالت مشتری مشکلی را برای حل شدن تشخیص نداده و هیچ آمادگی و گرایشی هم برای هرگونه پرداختی جهت دریافت کمک خارجی ندارد.



شکل (۲-۵): ماتریس تحلیل وضعیت تقاضا

برای تحلیل وضعیت تقاضا و عرضه مربوط به هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از ۴ شاخص معرفی شده استفاده شد. با توجه به ماهیت کیفی و پیچیده این شاخص‌ها کارشناسان فنی پروژه با جستجو و بررسی منابع موجود و استفاده از نظر خبرگان این حوزه، پاسخ هر یک از ۴ سوال فوق (بالا یا پایین) را در مورد هر یک از فناوری‌های سطح ۳ درخت فناوری مشخص کردند. پاسخ این سوالات وضعیت عرضه و تقاضای هر فناوری را مشخص می‌کند. برای مثال، در مورد فناوری پست‌های زمینی متداول پاسخ هر ۴ سوال «بالا» در نظر گرفته شد در نتیجه از طریق تطبیق این پاسخ‌ها با ماتریس تحلیل وضعیت عرضه و تقاضا مشخص شد که عرضه و تقاضای فناوری پست‌های زمینی متداول در حالت «مؤثر» قرار دارد. پس از بررسی این شاخص‌ها در مورد تمام فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها (در حوزه‌های پست، تولید، خط و D-Facts) وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از آنها به دست آمد که این نتایج در جدول (۲-۱۵) نشان داده شده است.

## جدول (۲-۱۵): وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

| ردیف | فناوری                                | وضعیت عرضه | تقاضا      |
|------|---------------------------------------|------------|------------|
| ۱    | پست زمینی متداول                      | مؤثر       | مؤثر       |
| ۲    | پست کمپکت                             | مؤثر       | مؤثر       |
| ۳    | پست زیر زمینی توزیع (قابل تعمیر)      | مؤثر       | ضعیف       |
| ۴    | پست کاملاً زیر زمینی (غیر قابل تعمیر) | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۵    | پست هوایی RMU                         | مؤثر       | مؤثر       |
| ۶    | پست هوایی معمولی                      | مؤثر       | مؤثر       |
| ۷    | خودروی برقی                           | بسیار ضعیف | ضعیف       |
| ۸    | باتری الکتریکی                        | مؤثر       | ضعیف       |
| ۹    | CHP                                   | ضعیف       | مؤثر       |
| ۱۰   | میکرو توربین                          | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۱۱   | توربین احتراقی                        | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۲   | پیل سوختی                             | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۱۳   | توربین بادی مقیاس کوچک                | ضعیف       | بسیار ضعیف |
| ۱۴   | سلول خورشیدی                          | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۵   | کابل زمینی                            | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۶   | سیم عایق دار                          | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۷   | سیم لخت                               | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۸   | کابل خود نگهدار                       | مؤثر       | مؤثر       |
| ۱۹   | SSCL                                  | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۲۰   | SSSC                                  | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۲۱   | SSTC                                  | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۲۲   | جبران‌ساز توان راکتیو                 | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |
| ۲۳   | SSC                                   | بسیار ضعیف | بسیار ضعیف |

## ۲-۵-۳- شناسایی مکانیزم‌های مناسب مداخله دولت در بازار فناوری‌ها

پس از آشنایی با وضعیت‌های گوناگون طرف عرضه و تقاضا و مشخصات آن‌ها می‌توان مکانیزم‌های موردنظر برای مداخله

در بازار را شناسایی کرد. در قسمت قبل، هر کدام از طرفین عرضه یا تقاضا به سه وضعیت "مؤثر"، "ضعیف" و "بسیار ضعیف"

تقسیم شدند. با در نظر گرفتن توامان این وضعیت‌ها در سمت عرضه و تقاضا ۹ حالت به وجود می‌آید که این حالات و مکانیزم‌های مناسب مداخله در آن حالت در شکل (۲-۶) نشان داده شده است.

|      |                       |            |                                   |
|------|-----------------------|------------|-----------------------------------|
|      | تسهیل‌گری و تنظیم‌گری | تنظیم‌گری  | تنظیم‌گری                         |
| عرضه | ضعیف                  | تسهیل‌گری  | تنظیم‌گری و تسهیل‌گری و تنظیم‌گری |
|      | بسیار ضعیف            | تسهیل‌گری  | تسهیل‌گری و تنظیم‌گری             |
|      |                       | بسیار ضعیف | ضعیف                              |
|      |                       |            | مؤثر                              |

## تقاضا

شکل (۲-۶): تحلیل وضعیت بازار و مکانیزم‌های مناسب مداخله

بر اساس شکل فوق، سه نوع مکانیزم مداخله غیرمستقیم شناسایی می‌شود. این مکانیزم‌های مداخله که شامل تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ترکیب این دو مکانیزم می‌شود. در ادامه دلیل مناسب بودن این مکانیزم‌ها برای هر یک از حالات عرضه و تقاضا توضیح داده شده است.

### ۱- مکانیزم تسهیل‌گری: این مکانیزم برای وضعیت‌هایی مناسب است که: (۱) تقاضا ضعیف و عرضه بسیار ضعیف

است، (۲) عرضه ضعیف و تقاضا بسیار ضعیف است و (۳) عرضه و تقاضا هر دو بسیار ضعیف هستند. در حالت اول عرضه وجود ندارد در نتیجه تمرکز باید بر تحریک و برانگیختن طرف عرضه و تامین‌کنندگان بخش خصوصی جهت ورود به بازار باشد. اقدامات مناسب این وضعیت عبارتند از: کمک به تولیدکنندگان جهت توسعه و تجاری‌سازی محصولات، افزایش اطلاعات در مورد سمت تقاضا و کمک به ارتقای کیفیت خدمات ارائه شده. در حالت دوم، عرضه و تقاضا در وضعیت متوسط قرار دارند یعنی تعدادی تولیدکننده یا تامین‌کننده فناوری و چند متقاضی فناوری در بازار حضور دارند. در این حالت می‌توان با استفاده از اقداماتی نظیر شناسایی جایزه‌های بازار، رفع موانع اقتصاد کلان مرتبط با توسعه بازار فناوری و استفاده از اطلاعات بازار برای کاراتر کردن نظام قیمت‌گذاری و پرداخت به تحریک سمت عرضه و تقاضا در این حالت کمک کرد. در حالت سوم، نه عرضه وجود نه تقاضا. در این حالت می‌توان از اقداماتی نظیر ارائه آموزش به مشتریان و تولیدکنندگان و افزایش آگاهی در مورد مزایای فناوری استفاده کرد. تمام اقدامات اشاره شده از جنس اقدامات تسهیل‌کننده هستند.

که مکانیزم تنظیم‌گری: این مکانیزم برای وضعیت‌هایی مناسب است که: (۱) تقاضا و عرضه مؤثر هستند، (۲) عرضه ضعیف و تقاضا مؤثر است و (۳) تقاضا ضعیف و عرضه مؤثر است. در حالت اول، بازار در بهترین وضعیت خود قرار دارد بنابراین اقدامات فقط جهت حفظ این وضعیت از طریق تنظیم بازار است. در حالت دوم و سوم، عرضه و تقاضا در بهترین وضعیت خود قرار ندارند اما تا حدی وجود دارد بنابراین مکانیزم تنظیم‌گری و استفاده از اقداماتی نظیر تدوین استاندارد، تعیین تعرفه، جریمه و غیره می‌تواند به ایجاد تعادل کمک کند.

که مکانیزم تنظیم‌گری و تسهیل‌گری: با توجه به کیفی بودن شاخص‌های تعیین وضعیت عرضه و تقاضای فناوری‌ها، در حالات بینابینی عرضه مؤثر و تقاضای بسیار ضعیف، تقاضای مؤثر و عرضه بسیار ضعیف، و عرضه و تقاضای ضعیف بایستی ترکیبی از مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری را در نظر گرفت. با در نظر گرفتن وضعیت عرضه و تقاضای هر یک از فناوری‌ها مکانیزم مداخله مناسب برای بازار هر یک از آن‌ها شناسایی شد. این نتایج در جدول (۲-۱۶) ارائه شده است.

جدول (۲-۱۶): مکانیزم‌های مداخله مناسب برای بازار هر یک از فناوری‌ها

| ردیف | فناوری                                | مکانیزم مداخله مناسب  |
|------|---------------------------------------|-----------------------|
| ۱    | پست زمینی متداول                      | تنظیم‌گری             |
| ۲    | پست کمپکت                             | تنظیم‌گری             |
| ۳    | پست زیر زمینی توزیع (قابل تعمیر)      | تنظیم‌گری و تسهیل‌گری |
| ۴    | پست کاملاً زیر زمینی (غیر قابل تعمیر) | تسهیل‌گری             |
| ۵    | پست هوایی RMU                         | تنظیم‌گری             |
| ۶    | پست هوایی معمولی                      | تنظیم‌گری             |
| ۷    | خودروی برقی                           | تسهیل‌گری             |
| ۸    | باتری الکتریکی                        | تنظیم‌گری             |
| ۹    | CHP                                   | تنظیم‌گری             |
| ۱۰   | میکرو توربین                          | تسهیل‌گری             |
| ۱۱   | توربین احتراقی                        | تنظیم‌گری             |
| ۱۲   | پیل سوختی                             | تسهیل‌گری             |
| ۱۳   | توربین بادی مقیاس کوچک                | تسهیل‌گری             |
| ۱۴   | سلول خورشیدی                          | تنظیم‌گری             |
| ۱۵   | کابل زمینی                            | تنظیم‌گری             |
| ۱۶   | سیم عایق دار                          | تنظیم‌گری             |
| ۱۷   | سیم لخت                               | تنظیم‌گری             |
| ۱۸   | کابل خود نگهدار                       | تنظیم‌گری             |



| مکانیزم مداخله مناسب | فناوری                | ردیف |
|----------------------|-----------------------|------|
| تسهیل‌گری            | SSCL                  | ۱۹   |
| تسهیل‌گری            | SSSC                  | ۲۰   |
| تسهیل‌گری            | SSTC                  | ۲۱   |
| تسهیل‌گری            | جبران‌ساز توان راکتیو | ۲۲   |
| تسهیل‌گری            | SSC                   | ۲۳   |

## ۲-۵-۴- راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با

### رویکرد مدیریت بازار فناوری‌ها

همان گونه که در ابتدای این گزارش توضیح داده شد راهبردهای در نظر گرفته شده برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها همان مکانیزم‌های مداخله در بازار این فناوری‌ها از سوی دولت است. مکانیزم‌های مداخله به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. در مداخلات مستقیم دولت نقش عرضه‌کننده و یا خریدار محصولات فناورانه را ایفا می‌کند. در مداخله غیرمستقیم از دو مکانیزم تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و یا ترکیبی از هر دو مکانیزم استفاده می‌شود. با توجه به این که در حال حاضر بخش دولتی عرضه‌کننده فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها نیست بنابراین دولت تنها می‌تواند از مکانیزم خرید برای مداخله مستقیم استفاده کند. همان گونه که در الگوریتم شکل (۳-۱) نشان داده شد مبنای استفاده از مکانیزم خرید عبارتند از: (۱) بالا بودن جذابیت فناوری (۲) تقاضای ضعیف یا بسیار ضعیف آن فناوری. جدول (۲-۱۷) فناوری‌هایی در سطح ۳ درخت را نشان می‌دهد که تقاضای آن‌ها در وضعیت «ضعیف» یا «بسیار ضعیف» قرار دارد و زیرمجموعه فناوری‌های دارای بیشترین اولویت در هر یک از حوزه‌های خط، پست، تولید و D-FACTS هستند.

#### جدول (۲-۱۷): فناوری‌های مورد نظر برای استفاده از مکانیزم خرید

| فناوری سطح ۲          | وضعیت تقاضا | فناوری‌های سطح ۳                      | ردیف |
|-----------------------|-------------|---------------------------------------|------|
| پست‌های زیرزمینی      | ضعیف        | پست زیر زمینی توزیع (قابل تعمیر)      | ۱    |
|                       | بسیار ضعیف  | پست کاملاً زیر زمینی (غیر قابل تعمیر) | ۲    |
| انرژی‌های تجدیدپذیر   | بسیار ضعیف  | پیل سوختی                             | ۳    |
|                       | بسیار ضعیف  | توربین بادی مقیاس کوچک                | ۴    |
| تغییردهنده ارایش شبکه | بسیار ضعیف  | SSCL                                  | ۵    |
|                       | بسیار ضعیف  | SSSC                                  | ۶    |
|                       | بسیار ضعیف  | SSTC                                  | ۷    |

بر اساس جدول فوق، دولت می‌تواند از مداخله مستقیم به شکل خرید در حوزه پست‌های زیرزمینی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تغییردهنده‌های ارایش شبکه استفاده کند. البته باید توجه داشت که در مرحله تدوین اقدامات سند می‌توان به تناسب میزان جذابیت هر یک از فناوری‌ها در هر یک از حوزه‌های خط، پست، تولید و D-Fact میزان خرید هر یک از فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها را تعیین کرد.

با جمع‌بندی نتایج فوق و نیز تحلیل مکانیزم‌های مداخله غیرمستقیم مناسب، راهبردهای زیر به عنوان راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه می‌شود:

۱- تقویت بازار تجهیزات پست‌های زیرزمینی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تغییردهنده‌های ارایش شبکه با تمرکز بر تقویت طرف تقاضای این تجهیزات از سوی دولت

۲- بهینه سازی بازار تجهیزات پست‌های زمینی و هوایی، خطوط زمینی و هوایی با تمرکز بر استقرار مکانیزم‌های تنظیم بازار این تجهیزات

۳- تقویت بازار تجهیزات تغییردهنده‌های ارایش شبکه و جبران‌سازها با تمرکز بر مکانیزم‌های تسهیل‌گری

۴- تقویت بهینه بازار پست‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازها، تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر با تمرکز بر به کارگیری مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری

## مراجع

- [۱]. روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم، پژوهشگاه نیرو، اذر ۱۳۹۲
- [2]. Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced scorecard: translating strategy into action, 1996, Harvard Business Press.
- [3]. Pearce, J.A, Robinson, R.B, Strategic management: formulation, implementation, and control, 1997, Irwin/McGraw-Hill
- [۴]. مهدی فتح‌اله، علیرضا علی احمدی، و ایرج تاج‌الدین. نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک. تهران: تولید دانش، ۱۳۸۲
- [۵]. سید محمد اعرابی. دستنامه برنامه ریزی استراتژیک. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۵
- [۶]. روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق، راهنمای شماره یک، پژوهشگاه نیرو، آذر ۹۲.
- [۷]. تدوین مبانی سند فناوری طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، گزارش مرحله اول سند
- [۸]. تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری' شبکه برق ایران، گروه مطالعات سیستم، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴.
- [۹]. : امکان سنجی حذف انشعابات غیر مجاز با استفاده از ولتاژ میانی، گروه پژوهشی خط و پست، پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۳
- [۱۰]. سند طراحی نظام مدیریت توسعه صنایع پایین‌دستی پتروشیمی با تاکید بر نقش دفتر توسعه صنایع پایین‌دستی پتروشیمی، شرکت راهبران مدیریت امین، ۱۳۸۸

## فهرست مطالب

|  |    |
|--|----|
| ۱-مقدمه.....   | ۱  |
| ۲-چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....   | ۲  |
| ۲-۱-عناصر اصلی تشکیل دهنده بازار فناوری.....   | ۲  |
| ۲-۱-۱-محصولات.....   | ۴  |
| ۲-۱-۲-بازیگران.....  | ۶  |
| ۲-۱-۳-اطلاعات.....   | ۸  |
| ۲-۱-۴-تبادلات.....   | ۹  |
| ۲-۱-۵-نهادهای.....   | ۱۱ |
| ۲-۱-۶-شبکه‌ها.....   | ۱۲ |
| ۲-۲-انواع سیاست‌ها برای توسعه بازار فناوری.....  | ۱۵ |
| ۲-۲-۱-سیاست‌های مربوط به نقش تنظیم‌گری.....  | ۱۵ |
| ۲-۲-۲-سیاست‌های مربوط به نقش تسهیل‌گری.....  | ۲۱ |
| ۲-۲-۳-سیاست‌های مربوط به خرید.....   | ۲۶ |
| ۳-فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....        | ۲۷ |
| ۳-۱-شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....                     | ۲۸ |
| ۳-۲-سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....     | ۳۷ |
| ۳-۲-۱-سیاست‌ها و اقدامات عمومی.....  | ۳۷ |
| ۳-۲-۲-سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها..... | ۳۹ |
| ۴-نتیجه‌گیری.....  | ۴۳ |



## فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): ارتباط میان عناصر تشکیل‌دهنده بازار و مراحل بلوغ بازار ..... ۳
- شکل (۲-۲): پنج نوع مدل ارتباط در زنجیره تامین ..... ۱۱
- شکل (۱-۳): فرایند تدوین سیاستها و اقدامات ..... ۲۷

## فهرست جداول

- جدول (۱-۳): اسامی مصاحبه‌شوندگان ..... ۲۸
- جدول (۲-۳): شاخص‌های در نظر گرفته شده برای هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده بازار فناوری ..... ۲۹
- جدول (۳-۳): خلاصه مصاحبه با خبرگان در مورد چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها.. ۲۹
- جدول (۴-۳): چالش‌های شناسایی شده برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها..... ۳۶
- جدول (۵-۳): ارتباط سیاست‌ها و اقدامات عمومی با چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۳۸
- جدول (۶-۳): وضعیت کمی خطوط فشار متوسط برق ۶ کلانشهر..... ۴۱
- جدول (۷-۳): ارتباط سیاست‌ها و اقدامات مدیریت بازار با راهبردهای سند ..... ۴۱

## ۱- مقدمه

در این مرحله از طرح «تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها» جهت‌گیری‌های خُرد سند مشخص می‌شود. جهت‌گیری‌های خُرد مشتمل بر کلیه سیاست‌ها و اقداماتی هستند که به‌منظور محقق نمودن اهداف کلان و راهبردهای سند طراحی می‌شوند. در حقیقت این جهت‌گیری‌ها را می‌توان راه‌های میانی و خُرد برای دستیابی به اهداف توسعه فناوری دانست.

در جهت‌گیری‌های خُرد، با معین بودن چارچوب کلی فرایند توسعه (اهداف کلان و راهبردها) از مرحله قبل، بسترسازی برای عبور موفق از این مسیر موضوع اصلی می‌باشد. باتوجه به موضوع مورد مطالعه که فناوری‌های راهبردی است، «نوآوری» و فراهم آوردن شرایط «ایجاد، گسترش و به‌کارگرفتن آن»، به‌عنوان اساسی‌ترین بسترساز در مسیر توسعه فناوری قلمداد می‌شود.

سیاست‌ها و اقدامات، فعالیت‌های تدوین شده‌ای هستند که با درنظر گرفتن ملاحظات و نیز همراستا با جهت‌گیری‌های کلان اتخاذ شده، مسیرهای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. در روش‌شناسی پیشنهادی، این سیاست‌ها و اقدامات با بهره‌گیری از تحلیل موانع و چالش‌های شناسایی شده در مسیر توسعه استخراج می‌شوند [۱].

هدف این سند، توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با رویکرد مدیریت بازار این فناوری‌ها است. بنابراین، سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی بر اساس چالش‌ها و مشکلات موجود در بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها تدوین می‌شود. این چالش‌ها و مشکلات از طریق مصاحبه با خبرگان موضوع در شش حوزه محصولات، بازیگران، اطلاعات، تبادلات، نهادها و شبکه‌ها شناسایی می‌شود.

در این گزارش ابتدا چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها توضیح داده می‌شود. در این بخش پس از تعریف عناصر اصلی تشکیل‌دهنده بازار یک فناوری، انواع سیاست‌ها و اقدامات قابل استفاده دولت اعم از سیاست‌ها و اقدامات تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و خرید توضیح داده می‌شود.

در بخش دوم این گزارش فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه می‌شود. در این بخش ابتدا چالش‌ها و مشکلات موجود در توسعه بازار فناوری‌های مرتبط شناسایی می‌شود و سپس بر مبنای این چالش‌ها سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی ارائه می‌شود.



## ۲- چارچوب نظری تدوین سیاستها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

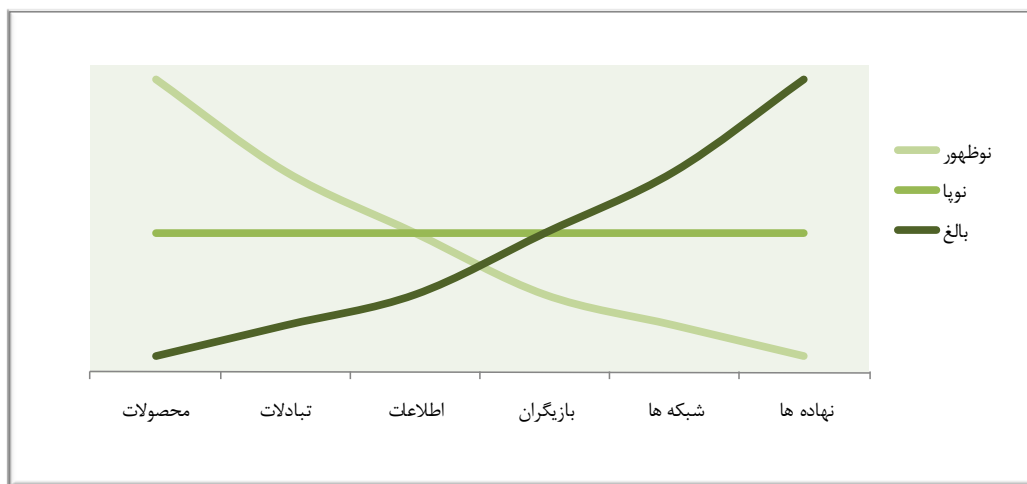
همان گونه که اشاره شد در این مرحله سیاستها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با رویکرد توسعه بازار فناوری‌ها ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری' شبکه برق ایران" [۲]، به طور جامع به بررسی حوزه فناوری فرآیند پرداخته است و نتایج به دست آمده از آن همسو با اولویت‌های این پروژه می‌باشد، در پروژه کلانشهرها تمرکز بر حوزه محصول و فناوری‌های مرتبط با آن است. در ادامه ابتدا عناصر اصلی تشکیل دهنده بازار فناوری شامل محصولات، بازیگران، اطلاعات، تبادلات، نهادها و شبکه‌ها توضیح داده می‌شود. این عناصر عواملی هستند که باعث می‌شوند معاملات و تبادلات در بازار به صورت نظام‌مند انجام شده و به عبارت دیگر بازار به وضعیت بلوغ کامل خود برسد. در قسمت دوم این بخش، انواع سیاست‌های قابل استفاده به تفکیک هر یک از مداخلات تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و خرید ارائه می‌شود.

### ۱-۱- عناصر اصلی تشکیل دهنده بازار فناوری

برای تحلیل بازار فناوری ابتدا باید عناصر اصلی تشکیل دهنده آن را شناسایی کرد. بر اساس مطالعات انجام شده ۶ عنصر محصولات، بازیگران، اطلاعات، تبادلات، نهادها و شبکه‌ها به عنوان عناصر اصلی تشکیل دهنده بازار یک فناوری شناخته می‌شود. به منظور تحلیل بازار، هر یک از این عناصر را می‌توان در چند سطح متناسب با ماهیت بازار مورد بررسی تدقیق کرده و برای هر یک از عناصر شاخص‌های عملکردی مناسب را تعریف نمود. به عنوان مثال بازیگران بازار در این چارچوب نه تنها اشخاص، بلکه سازمان‌ها را نیز در بر گرفته و به دو دسته بازیگران اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. بازیگران اولیه بازار، خریداران و فروشندگانی هستند که به صورت مستقیم در معاملات بازار دخیل می‌شوند و عملاً در بسیاری از پژوهش‌ها در مورد بازارها نیز توجه اصلی به این دو قشر معطوف شده است. بازیگران ثانویه بازار، نیز شامل میانجی‌گران، نهادهای مالی، مراکز پژوهشی و سازمان‌های حاکمیتی هستند که ممکن است به طور مستقیم در بازار به خرید و فروش نپردازند، اما بر کار خریداران و فروشندگان تاثیرگذار هستند. این بازیگران ثانویه نیز می‌بایست در تحلیل‌های بازار به رسمیت شناخته شوند، خصوصاً سازمان‌های تنظیم‌گر که می‌بایست به عنوان یکی از نقش‌آفرینان بازار به آن‌ها نگریسته شود [۳].

اگر بازارها تنها بر اساس یکی از این عناصر شوند، این واقعیت نادیده گرفته شده است که عناصر شش‌گانه تشکیل‌دهنده بازارها، ماهیتی درهم تنیده داشته و به صورت یکسان در تشکیل بازار نقش ایفا می‌کنند و بر یکدیگر نیز اثر می‌گذارند. این به آن معنی است که برای توصیف دقیق و درک هر کدام از این عناصر تشکیل‌دهنده بازارها می‌بایست ارجاعی به عناصر دیگر وجود داشته باشد، به عنوان مثال نهادها نمی‌توانند به تنهایی تبادلات بازارها را تقویت یا محدود کنند بلکه در فرایندی متقابل، تبادلات خود می‌توانند ایجادکننده نهادها باشند، لذا در نظر گرفتن این در هم تنیدگی عناصر می‌تواند تأثیرات چشمگیری در نتایج تحلیل ساختار بازار داشته باشد [۴].

شایان ذکر است که عناصر مذکور همگی در یک سطح از اهمیت قرار نداشته و متناسب با میزان بلوغ بازار مربوطه دارای اولویت‌های متفاوتی هستند. شکل (۱-۲) نحوه ارتباط میان عناصر تشکیل‌دهنده بازار و سه مرحله بلوغ بازار را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲): ارتباط میان عناصر تشکیل‌دهنده بازار و مراحل بلوغ بازار

همان‌طور که در نمودار مربوط به بازارهای نوظهور قابل مشاهده است، در این نوع بازارها تمرکز اصلی تحلیل‌کنندگان بازار باید به ترتیب معطوف بر عناصر محصولات، تبادلات و اطلاعات باشد و سایر عناصر از اهمیت کمتری برخوردار هستند. با توجه به ماهیت در حال گذار بازارهای نوپا، در تحلیل این گونه بازارها تمام عناصر تشکیل‌دهنده بازار باید به طور یکسان مورد توجه قرار گیرند. در نهایت نیز در تحلیل بازارهای بالغ، عناصر نهادها، شبکه‌ها و بازیگران به ترتیب وزن بیشتری از موانع موجود در این نوع از بازارها را به خود اختصاص داده‌اند.

شناخت موانع بلوغ بازار و ریشه‌های ایجادکننده هر یک از آن‌ها بستر مناسبی را در اختیار تصمیم‌گیران این حوزه قرار داده تا راهبردهای توسعه بازار فناوری و نحوه نقش‌آفرینی بازیگران مختلف را به صورت کارا و اثر بخش تعیین نمایند. در ادامه به معرفی و تشریح هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده بازار پرداخته شده است.

### ۱-۱-۱- محصولات

کشورهای صنعتی که اقتصادهای بازار سنتی دارند رویکردی آزادانه را در قبال فعالیت‌های اقتصادی و فناوری خود برگزیده‌اند. یعنی مداخله خاصی در آن‌ها انجام نداده و اجازه رشد را به آن‌ها داده‌اند. این فعالیت‌ها در این کشورها غالباً در بخش خصوصی مدیریت می‌شود و در تاریخچه اخیر آن‌ها موفقیت‌های بسیار زیادی در حوزه فناوری به وجود آمده که توانسته طیفی از اهداف را در بازار محقق کنند. با این حال این موفقیت‌ها و تغییرات در حوزه فناوری پیامدهای ناخواسته‌ای را نیز برای این جوامع به همراه داشته است که از منظر برخی اقشار جامعه پیامدهای مطلوبی نیست. پیگیری اهداف خاص و کوچک‌بینانه در برخی از حوزه‌ها باعث ایجاد عوارضی جانبی برای این جوامع شده است که به پدیده «استبداد حاصل از تصمیمات کوچک» معروف شده است. در اقتصادهای بازار تاکید اصلی در حوزه ارزیابی محصول و فناوری در اجتناب از چنین استبدادی بوده است و تلاش شده از طریق پیش‌بینی سیستماتیک عوارض جانبی این فناوری‌ها و سیاست‌گذاری‌های دقیق، از پیامدهای منفی این حوزه جلوگیری شود. به همین دلیل تلاش برای رفع پیامدهای منفی موجود در این حوزه موضوع ارزیابی محصول و فناوری را وسیع‌تر کرده و باعث شده این حوزه در اقتصادهای بازار ابعاد جدیدتری به خود بگیرد. در واقع ارزیابی محصول و فناوری حوزه‌ای بسیار وسیع‌تر از فعالیت‌های برنامه‌ریزی و ارزیابی قدیمی است که در حوزه تحلیل هزینه و فایده، پژوهش‌های ارزیابی، سیستم‌های بودجه‌ریزی برنامه و غیره انجام می‌شود. این برنامه‌ریزی‌ها صرفاً با پیامدهای مثبت و مطلوب سر و کار داشت. در حالی که ارزیابی محصول و فناوری تلاش می‌کند پیامدهای منفی را نیز لحاظ کند. در عین حال انجمن‌های ارزیابی محصول و فناوری به صورت مستمر تحلیل‌هایی را در مورد بازندگان و برندگان ورود یک فناوری و چگونگی تحلیل‌های هزینه و فایده انجام می‌دهند. در مورد برخی از فناوری‌های خاص لزوم اعمال اصلاحات در آن قبل از ورود به بازار را بررسی می‌کند. یکی از جنبه‌های وسیع‌تر شدن ارزیابی محصول و فناوری و لحاظ کردن پیامدهای منفی آن تشویق مشارکت عمومی است. این حوزه بیش از آن که موفقیتی برای ارزیابی محصول و فناوری باشد در واقع یکی از اهداف آن است. به طوری که در سال‌های

گذشته مشارکت عمومی در ارزیابی فناوری با استقبال بسیار زیادی در کشورهای صنعتی و اقتصاد آن‌ها مواجه شده است و رویکرد کمتری به فرایندهای سیاسی و سنتی در این زمینه وجود دارد. اصولاً در بخش مشارکت‌های عمومی در ارزیابی محصول و فناوری، گروه‌هایی مد نظر قرار می‌گیرند که تحت تاثیر فناوری مربوطه هستند و علاوه بر آن گروه‌های مخالف اجتماعی یک فناوری نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. از آنجایی که پیامدهای یک فناوری غالباً زمان زیادی برای ظهور و بروز خود می‌طلبند نظیر بحث آلاینده‌های زیست‌محیطی که بعد از حدود ۵۰ سال در صنعت خودرو جدی گرفته شده‌اند، ارزیابی محصول و فناوری‌های عمده در کشورهای صنعتی و اقتصاد آن‌ها بر اساس افق‌های زمانی بلندمدت‌تری انجام می‌شود.

ارزیابی بلندمدت فناوری اگرچه موضوعی دشوار می‌باشد اما الزامی است. ارزش‌ها و ساختارهای اجتماعی ممکن است در طی چند دهه دچار تغییرات چشمگیری شوند. و به همین دلیل لزوم تفکر بلند مدت در این زمینه احساس می‌شود. در سال‌های گذشته دو رویکرد برای ارزیابی آثار فناوری پیشنهاد شده است. یکی از آن‌ها لحاظ کردن دورنماهای تاریخی و مرتبط با تحولات اجتماعی و فناوری است که در پروژه‌ها می‌بایست لحاظ شود. البته هیچ تضمینی وجود ندارد که صرف لحاظ کردن مسائل تاریخی و گذشته موضوع بتواند راهکار اصلی موضوع باشد. اما همین منظرها و دورنماهای تاریخی می‌تواند بسیاری از نقاط ضعف و قوت یک فناوری و میزان آسیب پذیری جامعه نسبت به آن را مشخص کند. در حال حاضر بسیاری از این دورنماهای تاریخی در ارزیابی محصول و فناوری لحاظ نمی‌شود. در آینده تلاش‌های بسیار زیادی برای اصلاح این روند انجام خواهد شد [۳].

تاکید بر برنامه‌های ارزیابی محصول و فناوری در کشورهای صنعتی و اقتصاد بازار آن‌ها و خصوصاً اجتناب از مساله استبداد ناشی از تصمیمات کوچک باعث ایجاد نوعی تناقض شده است. به عبارت بهتر در اقتصاد بازار، نیروها و عوامل محرکه زیرساختی موجود در بازار همین تصمیمات کوچک هستند که در مقام تعریف نمی‌توانند الزامات مسائل کلان رفاه اجتماعی را در خود لحاظ کنند. در این محیط ارزیابی محصول و فناوری به سبک مذکور می‌توانند محدودیت‌هایی را در زمینه پویایی نیروهای بازار به وجود بیاورد. یعنی از طرفی تلاش می‌شود منافع کلی جامعه لحاظ شود اما محدودیت‌هایی نیز از طرف دیگر برای نیروها و عوامل محرکه در بازار به وجود می‌آید. در اقتصادهای بازار کشورهای صنعتی ۸۰ درصد از ارزیابی‌ها و تخمین‌های عملیاتی در محیط بازار انجام می‌شود و مابقی فرایندهای دولتی هستند. به همین دلیل علیرغم وجود نگرش‌های ارزیابی محصول و فناوری به سبک مذکور در درون صنعت به طور کلی این دغدغه وجود دارد که برنامه‌های تخمین و ارزیابی محصول و فناوری به سبک مذکور می‌تواند مانع از خلاقیت در حوزه فناوری و استفاده از آن شود. به این ترتیب مشخص

می‌شود که با مکانیزم‌های فعلی موجود در بازار اقتصاد کشورهای صنعتی برنامه‌های ارزیابی محصول و فناوری آن‌هم به صورت بلند مدت و در افق‌های زمانی طولانی عملاً نمی‌تواند با مکانیزم‌های فعلی بازار منطبق شده و مشکلات بسیار زیادی را برای خود در آینده به وجود می‌آورد. ارزیابی محصول و فناوری در حوزه‌های اعتبار فنی (عملکرد مطلوب محصول و تضمین کیفیت، آگاهی از ویژگی‌های منحصر به فرد مرتبط با فناوری و اصول علمی و مهندسی و استانداردها)، اعتبار اقتصادی (توان اقتصادی برای اکتساب فناوری، تحلیل هزینه فایده) و پذیرش اجتماعی (پذیرش عمومی، رضایت مشتری)، قابل تصور است [۳].

### ۱-۱-۲- بازیگران

به طور کلی تولیدکنندگان، تامین‌کنندگان، سازمان‌ها و نهادهای دولتی سیاست‌گذار، نهادهای تسهیل‌گر، مراکز پژوهشی مانند دانشگاه‌ها را می‌توان به عنوان بازیگران مختلف بازار یک فناوری در نظر گرفت. گروه‌های مختلف این بازیگران، عهده‌دار نقش‌های مختلفی در فراهم‌سازی اجزای بازار فناوری می‌باشند. هر یک از این بازیگران در شکل‌گیری بازار و بسترسازی برای آن نقشی را ایفا می‌کنند. این بازیگران، آثار پیچیده و درهم تنیده‌ای دارند و هر یک محدودیت‌ها و محرک‌هایی را تجربه می‌کنند. این بازیگران نقاط قوت و وضعی دارند و مشمول حقوق، مسئولیت‌ها و تعهداتی می‌شوند. مجموعه این موارد در بازار فناوری، منجر به ایجاد یک سلسله تصمیم‌ها می‌شود. تمامی این بازیگران و تصمیمات آن‌ها به مرور ساختار کلی بازار را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی و سیاستی شکل می‌دهند و فرایندهای داخل بازار را ایجاد می‌کنند. دسته‌های اصلی بازیگران عبارتند از:

#### سیاست‌گذاران

به طور کلی، سیاست‌گذاران به واسطه‌ی برخورداری از دسته‌ی وسیع و فراگیری از ابزارهای مختلف سیاستی، نقش بسیار مهمی را در تنظیم، برنامه‌ریزی منابع و هدایت بازار در جهت تحقق اهداف تعریف شده برای آن ایفا می‌کنند. سیاست‌گذاران شامل سازمان‌های دولتی در سطوح ملی، سازمان‌های دولتی در سطوح منطقه‌ای، مشاوران، سیاست‌پژوهان و شوراهای عالی تصمیم‌گیری می‌شود. ابزارهای تحت اختیار سیاست‌گذاران در گروه‌های اصلی زیر جای می‌گیرند [۵]:

☞ ابزارهای تحریک و ساماندهی مشارکت بازیگران گوناگون

☞ ابزارهای فراهم‌سازی شرایط مناسب برای یادگیری و آزمایش

◀ ابزارهای ایجاد فضای جذب نوآوری و ایده‌های جدید (در صورت وجود)

◀ ابزارهای تعبیه نهادهای سخت و نرم و حراست از آن و نیز فراهم‌سازی ضمانت اجرایی مناسب

◀ ابزارهای فراهم‌سازی زیرساخت‌های علمی و زیرساخت‌های فیزیکی

### دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی

دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی به عنوان اصلی‌ترین نهادهای متولی فعالیت‌های مرتبط با تولید و اشاعه دانش عمومی و فنی، ستون پشتیبانی علمی بازار فناوری را تشکیل می‌دهند. این گونه سازمان‌ها با بهره‌گیری از ابزارهای مختلف و متنوع می‌توانند نیاز علمی و فنی بازیگران مختلف حاضر در بازار را مرتفع سازند. مراکز پژوهشی و تحقیقاتی می‌توانند با تعریف پروژه‌های نیازسنجی از صنعت و سایر ذینفعان بازار، به شناسایی نیازهای تحقیقاتی و پژوهشی بازار اقدام نموده و با تعریف پروژه‌های مقتضی در فضای آکادمیک، طرفین عرضه و تقاضای بازار دانش را به یکدیگر متصل سازند. بازیگران اصلی این گروه عبارتند از: دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، مراکز پژوهشی و آزمایشگاه‌ها.

### نهادهای غیر دولتی

بسیاری از موانع و مشکلات موجود در بازار به دست نهادهای غیر دولتی قابل حل می‌باشد. به عنوان مثال، برخی تولیدکنندگان کوچک، به علت وجود موانع گوناگون از دسترسی به منابع اطلاعاتی کافی در رابطه با بازار محروم می‌باشند. قدرت چانه‌زنی پایین، فقدان اعتبار کافی، هزینه بالای معاملات از دیگر موانع پیش روی برخی از بنگاه‌های کوچک موجود در بازار است. در شرایطی که بازار و روندهای کلی حاکم بر آن، از تولید در مقیاس بالا و تولیدکنندگان بزرگ حمایت می‌کند، نهادهای غیر دولتی، با نقش منحصر به فرد خود قادرند شرایط را برای بنگاه‌های کوچک‌تر آسان کنند. از جمله دیگر نقش‌هایی که نهادهای غیر دولتی، به صورت بالقوه قابلیت عهده‌داری آن را دارند، آشنا نمودن طرفین عرضه و تقاضا در بازار کار است، به نحوی که کارفرمای نیازمند نیروی متخصص از یک سو و کارشناس زبده و متخصص از سوی دیگر به یکدیگر متصل شوند. گونه‌های مختلف نهادهای غیر دولتی عبارتند از: انجمن‌ها و تشکل‌های صنفی، انجمن‌های تجاری، نهادهای غیر دولتی بین‌المللی، نهادهای غیر دولتی ملی و نهادهای غیر دولتی منطقه‌ای.

### موسسات مالی

انواع مختلف موسسات مالی عبارتند از: بانک‌ها، شرکت‌های بیمه، صندوق‌های اعطای وام، انجمن‌های تجاری، کارگزاران سرمایه‌گذاری، موسسات مالی سرمایه‌گذار. این موسسات به طور ساده، به عنوان واسطه‌ای برای وام‌گیرنده و وام‌دهنده عمل می‌کنند. این موسسات، در حین ایفای نقش واسطه‌ای خود، به وام‌گیرنده کمک می‌کنند تا ساده‌تر و مطلوب‌تر به سرمایه‌ی مورد نیاز خود دسترسی یابد. طبیعی است که هر قدر موسسات مالی، در مشتریان و بازیگرانی که با آن‌ها تعامل دارند، طیف وسیع‌تری را رصد کرده و به نیاز آن‌ها پاسخ گویند، کاراتر و مطلوب‌تر ظاهر شده‌اند.

### فعالین لایه‌های خدماتی صنعت

این گروه از بازیگران، غالباً به مثابه حلقه تکمیلی زنجیره‌ی ارزش یک بازار خاص دانسته شده و موجب تکمیل وجوه کمتر توجه شده صنعت می‌شوند. این بازیگران، غالباً خدمات مورد نیاز سایر بازیگران، به ویژه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان را تامین و ارائه می‌نمایند طبیعی است که این گروه از بازیگران باید در جهت ارائه خدمات به لایه‌های مختلف صنعت بکوشند و از انحصاری شدن آن جلوگیری نمایند.

### فعالین لایه‌های عملیاتی صنعت

شاید از جمله مهم‌ترین گروه‌های بازیگران بازار فناوری فعالان لایه‌های عملیاتی صنعت باشند که با تامین محصولات مورد تقاضای بازار، شکل‌گیری و توسعه فنی و اقتصادی بازار را موجب می‌شوند. این گروه، با به خدمت گرفتن نیروی متخصص و کاهش نیروی بیکاری، افزایش حجم تولیدات داخلی نسبت به واردات، و جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی به توسعه پایدار بازار فناوری کمک می‌کنند.

## ۱-۱-۳- اطلاعات

شرایط کسب و کار در دنیای امروز، مسائل و چالش‌های جدید و بعضاً ناشناخته‌ای را برای شرکت‌ها، سازمان‌ها و به تبع مدیران‌شان فراهم ساخته است که ادامه راه را برای بازیگران عرصه‌ی کسب و کار دشوارتر می‌نماید. این در شرایطی است که پیشرفت تکنولوژی و گسترده‌تر شدن ابزارهای اطلاع‌رسانی، سازمان‌ها و نهادهای مختلف (چه در بخش خصوصی چه در بخش دولتی) را با بارانی از داده و اطلاعات مواجه کرده است. از سوی دیگر، زمان در دسترس برای تصمیم‌گیری نیز دستخوش

تغییراتی شده است. در برخی موارد منابع اطلاعاتی (به ویژه در کشورهای توسعه یافته و در شرایطی که استفاده از اینترنت مزیت رقابتی محسوب نمی‌شود) نامحدود به نظر می‌رسند و ماهیت مزیت رقابتی را از عامل «دسترسی به اطلاعات»، به «مدیریت منابع اطلاعاتی» تغییر می‌دهند. در چنین شرایطی برنامه‌ریزی، سازماندهی، تنظیم، جمع‌آوری، شناسایی و با در مجموع مدیریت اطلاعات، به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه و رشد کسب و کارها و در بیان عام‌تر آن، بازارها دانسته می‌شود [۳].

از آن چه تصویر شد می‌توان دریافت که در شرایط کنونی، اطلاعات، تسهیل‌کننده (و حتی در برخی موارد فراهم‌کننده‌ی امکان) تعامل واحدهای سازنده‌ی بازار با یکدیگر می‌باشد. در این صورت ادعای این که اطلاعات به ثروتی می‌ماند که مالکیت، پالایش و استفاده‌ی بهینه از آن تضمین‌کننده بسیاری از قابلیت‌ها و مرتفع‌کننده بسیاری از نیازمندی‌های اشخاص حقیقی و حقوقی می‌باشد، غیر واقع‌بینانه تلقی نمی‌شود. به این ترتیب، مهار این ثروت، در قالب یک نظام مدیریت اطلاعات کارا، منسجم، توانمند و اثربخش (در کنار دیگر عوامل) رشد و بلوغ بازار را تضمین می‌نماید [۵].

بازشناسی و ارزیابی نظام مدیریت اطلاعات در وهله‌ی اول نیازمند حصول شناخت دقیقی از انواع گونه‌های اطلاعات در دسترس است. به طور کلی، در دانش‌های مرتبط با شناسایی و تحلیل اطلاعات، هشت گونه‌ی مختلف از اطلاعات شناسایی می‌شود که عبارتند از: (۱) اطلاعات آکادمیک و دانشگاهی (۲) اطلاعات حوزه‌ی تجارت/کسب و کار (۳) اطلاعات حاکمیتی/دولتی (۴) اطلاعات تعریف‌شناسانه و اطلاعات آماری (۵) اطلاعات مرور کلی (۶) اخبار (۷) اظهار نظرهای خاص (۸) اطلاعات اثبات و تایید نشده. هر یک از این گونه‌های اطلاعاتی، از سوی اشخاص حقیقی و حقوقی خاصی تهیه می‌شوند، مخاطب خاصی را در نظر دارند، با هدف (اهداف) خاصی در نظام مدیریت اطلاعات بازار به جریان در می‌آیند و از منابع اطلاعاتی خاصی قابل تامین و تهیه هستند.

## ۱-۱-۴- تبادل

گرفی و همکاران انواع مدل‌های ارتباطی در زنجیره تامین را در تحت عنوان تئوری حاکمیت زنجیره‌های ارزش جهانی مطرح کردند [۶]. آن‌ها بر این باور بودند که این تئوری باعث صرفه‌جویی در وقت و سایر هزینه‌ها شده و اطلاعات تصمیم‌ساز مفیدی را در اختیار سیاست‌گذاران این حوزه قرار می‌دهد. رویکرد حاکمیت زنجیره ارزش، باید ساختار ناهمگن شواهد و متغیر

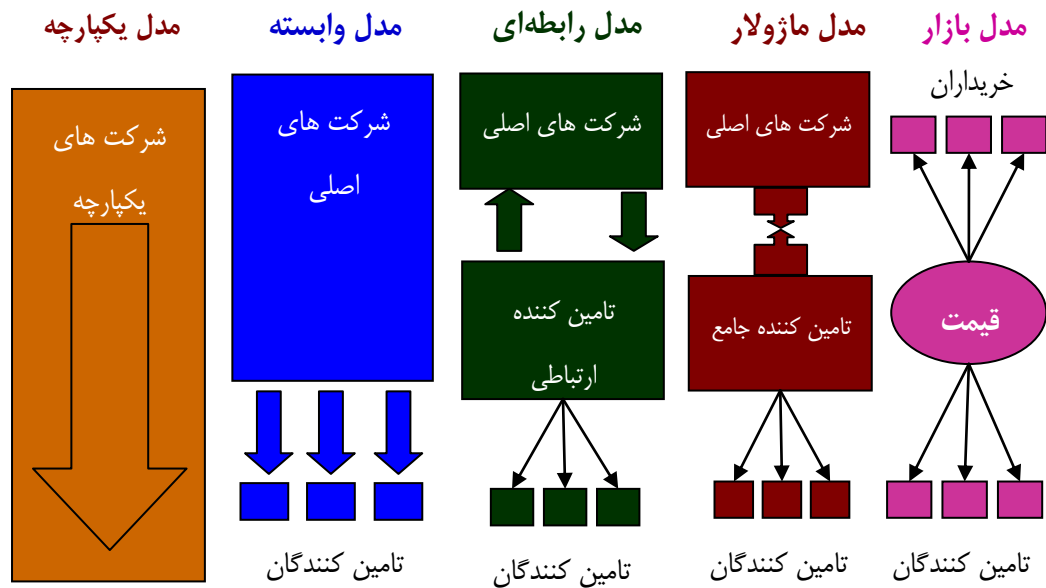


هایی را که نقش مهمی در تعیین الگوهای ارتباطی در زنجیره تامین ایفا می‌کنند شناسایی و منجر به ساده‌سازی تحلیل این ارتباطات گردد. مفاهیم اجتماعی، جغرافیایی، تاریخی و سازمانی، قواعد تکاملی بازی و بسیاری از عوامل دیگر بر چگونگی ارتباط میان شرکت‌ها و گروه‌های بازیگر در یک زنجیره تاثیر می‌گذارد. در نتیجه، وجود یک چارچوب ساده، که متغیرهای کلیدی را جدا کرده و دید شفافی از عوامل اثر گذار اصلی در شرایط خاص عملیاتی را فراهم می‌کند، مفید خواهد بود. هدف اصلی این تئوری، ایجاد ساده‌ترین چارچوب ممکن برای تولید نتایج منطبق با دنیای واقعی می‌باشد [۶].

تحقیقات انجام شده در صنعت برق سه نوع از ارتباطات تامین را براساس درجه استاندارد محصولات و فرایندها، مقایسه می‌کند:

- ۱- "تامین کننده کالا" که محصولات استاندارد را از طریق ارتباطات مبتنی بر بازار فراهم می‌کند
  - ۲- "تامین کننده وابسته" که محصولات غیر استاندارد را با استفاده از ماشین‌های اختصاص یافته به نیازمندی‌های خریداران، تولید می‌کند.
  - ۳- "تامین کننده جامع" که محصولات سفارشی برای خریداران تولید می‌کند و از ماشین‌های منعطف به منظور متمرکز کردن ظرفیت برای مشتریان مختلف استفاده می‌کند.
- شرکت‌های اصلی هنگامی که تقاضاهای جدیدی را در زنجیره ایجاد می‌کنند، پیچیدگی موجود در تعاملات اعضای زنجیره را افزایش می‌دهند مانند زمانی که به دنبال عرضه بلادرنگ هستند و یا زمانی که تنوع محصول را زیاد می‌کنند. اگرچه، شرکت‌های اصلی استراتژی‌های خود را با هدف کاهش پیچیدگی این معاملات سازگار می‌کنند و یکی از روش‌های مهم انجام این کار، توسعه استانداردهای فرایندی و فنی است. پیچیدگی اطلاعات مبادله شده میان شرکت‌ها در زنجیره می‌تواند از طریق سازگاری استانداردهای فنی کدگذاری اطلاعات کاهش یابد.

شکل (۲-۲) پنج نوع ارتباط موجود در زنجیره تامین را در دو طیف میزان هماهنگی صریح و میزان عدم تقارن قدرت نشان می‌دهد. هر چه از مدل مبتنی بر بازار به سمت مدل یکپارچه حرکت شود بر میزان هماهنگی و عدم تقارن قدرت افزوده می‌شود. پیکان‌های کوچک، مبادله بر اساس قیمت را نشان می‌دهند، در حالی که فلش‌های بزرگ‌تر، جریان اطلاعات و کنترل را که از طریق ایجاد هماهنگی میان خریدار و تامین کننده تنظیم می‌شود نشان می‌دهند.



شکل (۲-۲): پنج نوع مدل ارتباط در زنجیره تامین [۶]

### ۱-۱-۵- نهادها

بازار اساساً نتیجه کار بسیاری از نهادهایی است که برای تبادل کالا و خدمات میان خریداران و فروشندگان با هم تبادل می‌کنند. موسسات حقوق اموال، مالیاتی، آموزشی، موسسات پژوهشی، نهادهای قانونی، پارلمان‌ها، دادگاه‌ها همگی مصادیقی از نهادها هستند. حتی سبک تعامل مردم با همدیگر نیز می‌توانند در نوع خود یک نهاد باشند. نهادها همواره دارای قواعد و قوانین رسمی و غیر رسمی هستند. الگوهای منظم رفتار و اشکال مختلف سازمانی در درون یک دولت، بخش تجاری و در درون خود جامعه مدنی به طور کلی نمونه‌هایی از همین قواعد رسمی و غیر رسمی محسوب می‌شوند. زبان، اعتقادات، ارزش‌ها و باورها در مورد نحوه کار جامعه و جهان طبیعت نیز خود نوعی نهاد است. برخی از نهادها نهادهای رسمی هستند نظیر نهادهای حقوقی، در حالی که برخی دیگر نظیر آداب و رسوم اجتماعی نهادهای غیر رسمی هستند. نهادها چه به صورت رسمی و چه غیر رسمی می‌توانند ثبات را در جامعه به وجود بیاورند [۷].

بازارها و کارکردهای زنجیره ارزش آن‌ها به شرایط برد-برد اقتصادی و اعتمادی وابسته است که در آن‌ها وجود دارند. اعتماد یا به طور غیر رسمی در میان افرادی که بر صحنه تجاری وجود دارند ایجاد می‌شوند یا از طریق قانون و قراردادهای رسمی که در قانون نیز به رسمیت شناخته می‌شوند. نهادها عملاً می‌توانند این اعتماد را امکان‌پذیر کنند. در اقتصادهای سنتی

بازار روستایی، تبادل میان خریدار و فروشنده به صورت مستقیم انجام می‌شد و اساسا مبتنی بر مکانیزم‌های غیررسمی اعتماد بود. با این حال وضعیت در بازارهای جهانی مدرن امروزی و معاملات آن‌ها کاملا متفاوت است. این بازارها بسیار پیچیده‌تر بوده و دارای سیستم‌های نهادی رسمی و همچنین مکانیزم‌های نهادی رسمی برای ایجاد و به رسمیت شناختن قراردادهای هستند. بسیاری از نهادها خصوصا نهادهای غیررسمی بخش‌هایی از زندگی روزمره ما هستند و ما آن‌ها را قطعی فرض می‌کنیم. تغییرات سیاسی اجتماعی و اقتصادی اساسا می‌توانند نهادها را نیز دستخوش تغییر کنند. لذا برای بسترسازی تغییر و تاثیرگذاری آن بر تولیدکنندگان کوچک در اقتصادهای بازار می‌بایست نگاهی نزدیک به نهادهای درگیر در آن نیز داشته باشیم. نهادها می‌توانند ایجاد کننده مشوق‌های اصلی برای افراد و گروه‌ها باشند و نحوه رفتار آن‌ها را مشخص کنند. با این حال افراد و گروه‌ها صرفا نمی‌توانند تحت غیر نهادها قرار بگیرند. اهداف و نیت‌های خاص آن‌ها که توسط نهادها شکل داده می‌شوند گاهی به نحوی است که باعث می‌شود آن‌ها از نهادها غفلت کنند یا در مقابل آن‌ها بایستند. وقتی افراد و گروه‌ها با یک نهاد موجود هماهنگ هستند و سازگاری دارند می‌توانند آن را تقویت کنند. اما وقتی با آن مخالف هستند تمام تلاش خود را انجام می‌دهند تا این نهاد را تضعیف نمایند. به طور کلی افراد و سازمان‌ها غالبا در بافت تاثیرات متعارض و مختلف نهادی تصمیمات فراوانی را اتخاذ می‌کنند [۷].

## ۱-۱-۶- شبکه‌ها

حوزه‌های اصلی وظایف در مدیریت شبکه‌های موجود در بازار فناوری عبارتند از [۸]:

### مدیریت پاسخگویی

یکی از مسئولیت‌های مهم مدیران شبکه، ایجاد این تضمین است که مشارکت‌کنندگان در شبکه، در قبال سهم خود از فعالیت‌های شبکه پاسخگو باشند و اهداف آن را محقق کنند. این مسئولیت مدیران شبکه تا حدودی به رصد اعضاء شبکه در تضمین مشارکت آن‌ها بستگی داشته و علاوه بر این، مدیران شبکه می‌بایست میزان پاسخگویی و مسئولیت‌پذیری اعضاء شبکه را نیز در این زمینه لحاظ کنند که موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

☞ تشخیص شخص یا سازمان مسئول برای هر نتیجه

☞ ارائه پاداش و تشویق در زمینه فعالیت‌هایی که با اهداف شبکه سازگاری دارند.

کاهش و واکنش در برابر افرادی که کار کمتری انجام می‌دهند، اما از شبکه سود می‌برند.

### مدیریت مشروعیت

اصولا مشروعیت با صراحت بیان نمی‌شود، بلکه مسئله‌ای ذهنی است و این موضوع هیچ وقت منظور نظر شخص یا سازمان نیست، بلکه به شهرت و پذیرش اجتماعی آن شخص یا سازمان بستگی دارد. مشروعیت خصوصا در بخش دولتی و عمومی از اهمیت برخوردار است، چرا که در این بخش‌ها نمی‌توان نتایج قابل سنجشی را به دست آورد یا دسترسی به آن‌ها دشوار است. از آنجایی که سنجش این نتایج و عملکردها غالبا مبهم بوده و دشوار است، از مشروعیت به عنوان شاخصی جایگزین برای اثربخشی و موفقیت استفاده می‌شود که در این زمینه موارد زیر مدنظر قرار می‌گیرند:

کاهش ایجاد و حفظ مشروعیت مفهوم شبکه، ساختار شبکه و مشارکت در شبکه

کاهش دست آوردن شهرت مثبت، منابع، اعضای جدید و موفقیت‌های ملموس و محسوس

### مدیریت تعارضات

یکی از وظایف اصلی مدیران شبکه، تضمین مدیریت هر چه بهتر تعارضات می‌باشد. اگر چه سازمان‌های حاضر در شبکه این تعهد را دارند که اهداف شبکه را محقق کنند، غالبا تعارضاتی نیز میان آن‌ها به وجود می‌آیند. شبکه‌ها ماهیتا از اعضای مختلف با اهداف و روش‌ها و خدمات و فرهنگ‌های مختلف تشکیل شده‌اند. سازمان‌های مشارکت‌کننده، علاوه بر این گروه‌های سهام‌دار خود را دارند که ممکن است این گروه‌های سهام‌دار با اهداف دیگر اعضای شبکه در تعارض باشند، لذا یکی از وظایف اصلی مدیران شبکه کاهش و به حداقل رساندن ایجاد این تعارضات و حل موفقیت‌آمیز آن‌ها است. تعارضات الزاما نباید آسیب‌زننده باشند و گاهی نیز ممکن است به راه‌حل‌های خلاقانه در مورد مشکلات پیچیده بیانجامند. با این حال، ظهور تعارضات مکرر در میان اعضای شبکه می‌تواند آسیب‌های فراوانی را نیز به اعتماد موجود در شبکه وارد کند و مشکلاتی را برای سازمان‌های حاضر به وجود بیاورد.

در این زمینه مکانیزم‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

کاهش ایجاد مکانیزمی برای حل تعارضات و میانجی‌گری‌ها

کاهش ایفای نقش به عنوان یک میانجی مورد اعتماد

که تصمیم‌گیری به نحوی که منعکس کننده اهداف شبکه باشد و اهداف و منافع اعضای خاص را در بر نداشته باشد.

### مدیریت طراحی (ساختاری)

اگر چه برخی از شبکه‌ها اساساً شکل و طراحی خود را خود انتخاب می‌کنند، بسیاری از شبکه‌ها مورد طراحی قرار می‌گیرند و در جریان رشد خود تصمیماتی در مورد طراحی آن‌ها اتخاذ می‌شود یعنی گاهی لازم است که تصمیماتی در مورد سازماندهی و حاکمیت در شبکه اتخاذ شود و نوع حاکمیت اتخاذ شده نیز اعمال گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، این تصمیم می‌تواند توسط دولت یا مقامات سرمایه‌گذار صورت بگیرد یا این که اعضای شبکه که در این ساختار زندگی می‌کنند، خود این سازماندهی را انتخاب کنند. در این زمینه، مهم‌ترین وظیفه مدیران شبکه انتخاب نوع حاکمیت و ساختار مربوطه و مناسب‌ترین نوع ساختار برای موفقیت شبکه است که گام‌های زیر را در بر می‌گیرد:

که تعیین اشکال حاکمیت ساختاری متناسب با موفقیت شبکه

که اجرا و مدیریت این ساختار

که شناخت زمان مورد نیاز برای تغییر و تحول در شبکه بر اساس نیازهای اعضا

### مدیریت تعهدات

آخرین نکته در زمینه مدیریت شبکه، این است که مدیران شبکه می‌بایست این تضمین را ایجاد کنند که سطح تعهدات آنقدر بالا باشد که اهداف شبکه محقق شود، علی‌الخصوص این که مدیران شبکه در هر سطحی می‌بایست برای نهادینه شدن روابط کلیدی موجود در شبکه تلاش کنند. این کار یکی از الزامات اصلی در پایدار شدن شبکه است. تعهد این تضمین را به وجود می‌آورد که روابط موجود در شبکه صرفاً بر اساس روابط شخصی استوار نیستند، بلکه سازمان‌های مشارکت‌کننده متعهد می‌شوند منابع نیروی انسانی خود را برای روابط موجود از طریق روش‌های فراتر از نیت‌های شخصی به کار بگیرند که در این زمینه موارد زیر برای مدیران شبکه توصیه می‌شود:

که همکاری با مشارکت‌کنندگان برای تضمین درک آن‌ها از این که موفقیت شبکه چگونه می‌تواند در کارایی سازمان سهیم باشد.

که تضمین این مسئله که منابع شبکه به صورت عادلانه بین اعضا توزیع شده است و این توزیع بر اساس نیازهای شبکه صورت گرفته است.

که و نهایتاً تضمین اطلاع‌رسانی کافی به اعضا در مورد فعالیت‌های شبکه

## ۱-۲- انواع سیاست‌ها برای توسعه بازار فناوری

در این قسمت انواع سیاست‌ها و اقدامات قابل استفاده دولت‌ها برای مداخله در بازار فناوری‌ها ارائه می‌شود. همان گونه که در گزارش مرحله سوم اشاره شد مداخلات دولت در بازار در چهار دسته مداخلات غیرمستقیم شامل تنظیم‌گری و تسهیل‌گری و نیز مداخلات مستقیم شامل مداخلات طرف عرضه و طرف تقاضا قرار می‌گیرند. با توجه به این که بخش عمده تقاضای فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها دولتی است در این سند تنها از مداخلات غیرمستقیم و مداخله طرف تقاضا (خرید) استفاده می‌شود. انواع سیاست‌های مربوط به این سه نوع مداخله در ادامه توضیح داده می‌شود.

### ۱-۲-۱- سیاست‌های مربوط به نقش تنظیم‌گری

در این بخش به بررسی مکانیزم‌ها و ابزارهایی پرداخته شده است که در اختیار تنظیم‌گر بازار فناوری قرار دارد. در ادامه هر از این مکانیزم‌ها تشریح می‌گردند.

#### رصد و بازرسی

طراحی و مدیریت یک بازار تولیدی رقابتی کار چندان ساده‌ای نیست. حفظ سطح رقابت‌پذیری بازار نیز کاری دشوارتر قلمداد می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که وقتی قواعد بازار روی کاغذ نوشته می‌شوند، برخی از بازیگران بازار تلاش می‌کنند نقاط ضعف و ابهام موجود در قواعد بازار، نهایت استفاده را ببرند.

یکی از کارکردهای اصلی نهاد تنظیم‌گر همین رصد و نظارت بر بازار به نحوی است که هر گونه نشانه از سوءاستفاده رصد شده و اقدامات اصلاحی به سرعت اتخاذ شود. اعمال قدرت در بازار به انحاء مختلف صورت می‌گیرد، به طوری که تمام سوءاستفاده‌ها نیازمند مشارکت همه جانبه اعضا بازار نیست، بلکه برخی از اقداماتی که صورت می‌گیرد، الزاماً غیرقانونی نیستند یا مستقیماً قوانین بازار را زیر پا نمی‌گذارند، اما اساساً پیش‌بینی لازم در مورد آن‌ها صورت نگرفته است و می‌توانند شرایطی غیرمطلوب را برای رقابت در بازار به وجود آورده و آن را تحت تاثیر قرار دهند. این سوءاستفاده‌ها نیز نیازمند اقدام اصلاحی هستند. قانون می‌بایست به نهاد تنظیم‌گر این امکان را بدهد که نظارت لازم را انجام داده و اقدامات اصلاحی

لازم را نیز در طیف ممکن از سوءاستفاده‌ها در بازار انجام دهد. توجه نزدیک به اعمال قدرت در بازار و نظارت بر فعالیت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. در این زمینه، مسائل ظاهراً متفاوت اما مرتبط با هم وجود دارند که به قرار زیر هستند:

۱- ساختارهای بازار و قواعد مرتبط می‌توانند اعمال قدرت در بازار را تعدیل کنند.

۲- نهادهای و قوانین رصد بازار باید وجود داشته باشند.

۳- قوانین و اقداماتی برای اصلاح مشکلات و سوءاستفاده‌ها در بازار نیز می‌بایست وجود داشته باشد.

بحث رصد و نظارت بازار نباید یک ساختار جایگزین برای بازار سالم تلقی شود برای رسیدن به منافع بالقوه رقابت در بازار، بازار مربوطه می‌بایست به نحوی سازماندهی شود که نیاز اعمال قدرت در آن به حداقل ممکن برسد.

### وضع تعرفه

تعیین تعرفه برای شرکت‌ها در زمینه خدمات عمومی، رفاه کلی جامعه، منابع اقتصادی و نوع تخصیص آن‌ها و همچنین عملکرد مالی نهادهای عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بانک توسعه آسیا در این زمینه کمک شایانی را به بخش‌های مختلف اقتصادی از طریق وضع تعرفه انجام داده است. پژوهشگران مختلفی سیاست‌های موجود در زمینه وضع تعرفه خدمات را مورد بررسی قرار داده اند. در این زمینه مجموعه‌ای از اهداف محتمل را در زمینه وضع تعرفه، شناسایی شده که عبارتند از: حاکمیت مطلوب، پایداری مالی، عدالت در توزیع، بازدهی اقتصادی و قیمت‌گذاری عادلانه.

پژوهشگران تاکید می‌کنند که دستیابی به این اهداف می‌بایست با تعرفه‌گذاری ساده، شفاف و قابل پیش‌بینی همراه باشد و از پایداری مالی بدون یارانه‌ها برخوردار بوده و بخش‌های مختلف نیز توان پرداخت آن را داشته باشند تا بازدهی منابع بالاتر رفته و لزوم تخصیص یارانه‌های بیشتر از بین برود. علاوه بر این تاکید می‌شود که اهداف تعرفه‌گذاری می‌بایست از طریق یک قاعده قیمت‌گذاری برای رسیدن به هر هدف همراه باشد و ساختار کلی و منعطف تعرفه‌ها نیز فضای لازم را برای رسیدن به اهداف چندگانه در این بین فراهم بیاورد. ۲ مسئله مهم در تعرفه‌گذاری وجود دارد:

۱- بازدهی اقتصادی

۲- پایداری مالی

رسیدن به بازدهی اقتصادی می‌تواند در شرایط انحصار با بحث پایداری مالی تعارضاتی را داشته باشد. اتخاذ یک رویکرد تدریجی در زمینه تعرفه‌گذاری می‌تواند در شرایط عدم بهینگی سیاست‌ها، نهادهای و ظرفیت‌ها منافع بسیاری را به همراه داشته باشد و عملاً پایداری مالی و بازدهی اقتصادی را به همراه داشته بیاورد.

### تعیین استانداردها

یکی از سوالاتی که همیشه در بحث تنظیم‌گری مطرح بوده این است که چرا باید استانداردها را تعیین نمود و معیارگذاری کرد؟ پاسخ ساده این است که اساسا در بازار اگر معیار یا استاندارد وجود نداشته باشد، نمی‌توان میزان موفقیت اشخاص و نهادها را تعیین نمود. معیارها به تعیین و اندازه‌گیری میزان برآورده شدن اهداف یک شخص کمک می‌کنند و در صورتی که این استانداردها عمومی شوند، همان‌طور که باید هم عمومی شوند می‌توانند به سنجش عملکرد افراد بیانجامند. در صورتی که این استانداردها عمومی نشوند دیگران نمی‌توانند عملکرد یک شخص را تشخیص داده و این خطر وجود دارد که اقدامات آن شخص، ذهنی شده و از حالت عینیت فاصله بگیرد و تشخیص میزان موفقیت و پیشرفت نیز ناممکن گردد. به این ترتیب، در صورتی که دیگران از موفقیت‌های یک شخص یا نهاد قضاوت درستی نداشته باشند عملا موفقیت‌های وی ارزشی نخواهند داشت. استانداردگذاری یا تعیین معیارها در زمینه ارائه خدمات تا زمانی که با شفافیت همراه نباشد ارزشی نخواهد داشت. سوی دیگر سکه شفافیت مشاوره است. در صورتی که این استانداردها مشخص شده و عمومیت پیدا کند، این حق می‌بایست به عموم داده شود تا در زمینه این معیارها و استانداردها نیز ابراز نظر کنند که این همان مشاوره است.

معیارهای ارائه خدمات سطوح مشخصی از عملکرد هستند که در زمینه کارکردها و کاربردهای نظام‌های تنظیم‌گری می‌بایست برآورده شود. بسیاری از این معیارها تعهدات داوطلبانه هستند. مجموعه معیارهای ارائه خدمات، اطلاعاتی را در مورد حوزه‌های کلیدی خدمات و نوع انجام آن‌ها و رفتار شرکت‌ها و مصرف‌کنندگان و رضایت آن‌ها از خدمات را در بر می‌گیرند. معیارها طیفی از خدمات افراد نظیر چگونگی تعامل آن‌ها و پرسشنامه‌های تلفنی، تعاملات آن‌ها و کاربردهای آن‌ها را در بر می‌گیرد. در تعیین استانداردها و معیارها مهم‌ترین اصل، هوشمندانه بودن آن‌هاست. به عبارت دیگر، این معیارها می‌بایست ۵ ویژگی زیر یعنی اخص بودن، قابل اندازه‌گیری بودن، قابل دسترس بودن، واقعیت‌گرا بودن، و زمان‌محور بودن را در بر داشته باشند.

### حل دعاوی

برای حل هر چه بهتر دعاوی به وجود آمده میان مصرف‌کنندگان و سازمان‌های تنظیم‌گر نیاز است که خود سازمان‌های تنظیم‌گر به عنوان میانجی وارد موضوع شده و دعوی را حل نمایند. در مورد دعاوی که میان خود سازمان‌های تنظیم‌گر به وجود می‌آید، نیاز است که قانون به صراحت مشخص کند که کدام دعاوی می‌بایست به خود سازمان‌های تنظیم‌گر واگذار



شده و کدام یک می‌بایست به دادگاه و مراجع قضایی سپرده شود. صراحت قانون در این زمینه می‌تواند از ایجاد تعارضات حقوقی میان نهادهای تنظیم‌گر و مراجع قضایی جلوگیری نماید.

عزم کمیسیون بر این است که دعاوی ایجاد شده میان تنظیم‌گران و مشتریان آن‌ها به سرعت و با کمترین هزینه ممکن حل و فصل گردد. در این زمینه می‌بایست پرونده‌ها و روندهای قضایی برای مصرف کنندگان تشکیل شده و بر اساس رویه قضایی کمیسیون مورد حل و فصل قرار گیرد. علاوه بر این در مورد پرونده‌های دارای اضطراب می‌بایست تسریع در رسیدگی از سوی کمیسیون انجام شود.

یک نهاد خدماتی یا تولیدی می‌تواند در چند نوع دعوای حقوقی درگیر باشد. سه نوع دعوی در این بین قابل شناسایی است. دعوای شرکت‌های تنظیم شده با مشتریان، دعوای میان شرکت تنظیم شده با هم و یا سایر فعالان صنعتی، دعوای شرکت‌های تنظیم شده و سازمان تنظیم‌گر. رویکردهای اصلی در حل این دعاوی به قرار زیر هستند:

☞ **سیستم قضایی محلی:** دادگاه‌های محلی غالباً قابلیت پرداختن به دعاوی تنظیم‌گری را ندارند، چرا که اساساً دانش لازم را در این زمینه نداشته و بسیار هم کند و آهسته عمل می‌کنند.

☞ **سازمان‌های داوری بین‌المللی:** استفاده از این سیستم خصوصاً در کشورهایی که پشتوانه حقوقی لازم برای پرداختن به این دعاوی را ندارند، نتایج خوبی به همراه دارد. البته باید همیشه طرفین دعوی از این ابزار به عنوان آخرین حربه استفاده نمایند.

☞ **میانجیگری:** میانجیگری رایج‌ترین شیوه در حل و فصل تبدیلی دعاوی است. که ساز و کارهای موجود ساده‌سازی شده و طرفین به یک مصالحه می‌رسند. البته این نوع حل دعوی خیلی برای تنظیم‌گران مفید به فایده نیست، چه اینکه غالباً سازمان‌های تنظیم‌گر تمایلی برای ورود به این عرصه ندارند.

☞ **عقد قرارداد:** یکی از موثرترین راه‌های حل دعاوی خصوصاً میان شرکت‌های تنظیم شده و مشتریان لحاظ کردن برخی موارد قابل پیش‌بینی در قالب قرار داد می‌باشد.

☞ **پانل کارشناسان:** برای کارکرد هرچه بهتر این روش در دعاوی تنظیم‌گری، می‌بایست شورای مورد نظر از اختیارات لازم برای اجرای احکام خود برخوردار باشند. این پانل می‌تواند در آن واحد به صورت ترکیبی عمل کرده و توأمان نقش شورای بازپرسی و شورای داوری را ایفا نماید.

### صدور مجوزها

صدور جواز یکی از اجزای سیاست‌گذاری‌های دولتی با هدف کاهش هزینه نهادها در بازار است. در شرایطی که یک شخص یا مجموعه‌ای از اشخاص خدماتی را برای گروهی دیگر فراهم می‌کنند، واگرایی منافع عملاً اتفاق می‌افتد و اجتناب‌ناپذیر است. در این شرایط، امکان انحراف از مسیر برای عرضه‌کننده یا همان نهاد، در زمینه ارائه خدمات به خریدار یا مشتری وجود دارد. اگرچه برای بهبود وضعیت عرضه، مکانیزم‌هایی در بازار وجود دارند تا امکان این سوء استفاده از منابع کاهش بیابد، اما به مکانیزم‌های دیگری نیز برای تکمیل این فرآیند نیاز خواهد بود.

تنظیم‌گری ورود به بازار یا اصطلاحاً صدور مجوز در این زمینه به دلیل توانایی‌ها و قابلیت‌های فراوانی که در زمینه محافظت از مصرف‌کنندگان به وجود می‌آید یکی از ابزارهای بهینه تلقی می‌شود. صدور مجوز شامل قوانین و مقرراتی است که عرضه خدمات به اشخاص یا نهادها را محدود می‌نماید. در سه نقطه این محدودیت‌ها عملاً اعمال می‌شود:

۱- نخست نقطه ورود اولیه به بازار است که در این شرایط در صورتی که عرضه‌کنندگان معیارهای تثبیت شده را برآورده نکنند یا محدودیت‌های قانونی و حقوقی در مورد عرضه آن‌ها وجود داشته باشد، حق ورود به بازار از آن‌ها سلب می‌شود.

۲- ثانیاً نقطه فرآیند تولید در این زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرد که تنظیم‌گری در این حوزه نیز وارد میدان می‌شود، عرضه‌کنندگان یا مجریانی که عملاً نمی‌توانند در محدوده فعالیت‌های مجاز اقدامات خود را انجام دهند، جواز آن‌ها تعلیق شده یا از بین می‌رود.

۳- نقطه سوم در برخی موارد، تنظیم‌گران با ارزیابی خروجی کار عرضه‌کنندگان، می‌توانند متخلفان را از بازار بیرون کنند.

مباحث و جنجال‌هایی که در حوزه سیاست‌گذاری در زمینه صدور مجوز در زمینه ورود شرکت‌ها به بازار ایجاد شده است، در این زمینه جلب توجه می‌نمایند و عملاً دولت‌ها این امکان را می‌یابند که بر اساس عملکرد افراد ورود آن‌ها به بازار را تحت اختیار خود در بیاورند. توجیحات بسیاری برای صدور مجوز ارائه می‌شود، نظیر بحث نیروی انسانی ماهر که البته توجیه مناسبی برای صدور مجوز نیست. چه اینکه می‌توان از طریق ارائه گواهینامه‌ها، این مسئله را مرتفع نمود. ارائه گواهینامه یا همان صدور جواز داوطلبانه، فرآیندی است که در آن نهادها یا شرکت‌هایی که استانداردهای لازم را برآورده می‌کنند و فعالیت شرکت‌های دیگر را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند مورد شناسایی قرار می‌گیرند. در شرایط ارائه گواهینامه

مشتریان به اطلاعاتی در مورد محصولات عرضه کنندگان دسترسی دارند، اما عملاً امکان ورود عرضه‌کنندگان غیر مجاز نیز وجود دارند و رقابت در این عرصه محدود نمی‌شود. این حقیقت که عرضه‌کنندگان خدمات، اتحادیه‌های تجاری و انجمن‌های پزشکی به شدت از بخش صدور مجوز دفاع می‌کنند، این شک را به وجود آورده که اساساً فرآیند صدور مجوز منافعی را برای این گروه‌ها به همراه داشته و دیگران را ناکام باقی می‌گذارد. منتقدان بحث محدودیت‌های ورود شرکت‌ها به بازار، معتقدند در شرایط کاهش رقابت، منافع عرضه‌کنندگان افزایش پیدا می‌کند و مصرف‌کنندگان گزینه‌های کمتری را در اختیار داشته و با قیمت‌های بالاتری مواجه می‌شوند.

### اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی

در جریان فرایند سیاست‌گذاری، مقامات قانونگذار مقادیر بسیار زیادی از اطلاعات تایید نشده را دریافت می‌کنند. غالباً در چنین شرایطی این اطلاعات نادیده گرفته می‌شود، و سیاست‌گذاران تلاش می‌کنند اطلاعاتی را بدست بیاورند که به آن‌ها نیاز دارند. آن‌ها برای سیاست‌گذاری به این اطلاعات نیاز دارند، و ترجیح می‌دهند این اطلاعات در ساده‌ترین شکل ممکن به دست آن‌ها برسد.

اطلاعات کلی شامل برآورد اوضاع و شرایط، تحلیل‌ها و استدلال‌ها، گزارش‌های فنی و بازرسی، مشاوره‌های حقوقی و قانونی و سیاسی می‌شود. علاوه بر این اطلاعات کلی، هر موضوع خاصی نیز نیازمند اطلاعات مفصل و مخصوص به خود است. برای مثال یک شهرداری که در حال تهیه یک طرح جامعه برای یک شهر است می‌بایست برآوردهای کلی از شرایط محیطی، جغرافیایی، تاریخی و فرهنگی، و گزارشی در مورد هزینه‌های احتمالی اجرای آن داشته باشد. در جریان تنظیم پیش‌نویس یک طرح مهم، مقامات تلاش می‌کنند مشاوره‌های سیاسی نیز برای خود بگیرند و نظر اشخاص مهم را در این مورد جویا شوند. در این حوزه با توجه شناخت دقیقی که نهاد تنظیم‌کننده با استفاده از رصد محیط بدست می‌آورد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران حوزه مربوطه قرار دهند. بسته به نوع دولت‌ها و نوع فدرالی یا ملی بودن آن‌ها اشخاص و کارمندان یک نهاد تنظیم‌گر می‌توانند اطلاعات مورد نیاز را تولید کنند. دانش نیروی انسانی و آشنایی آن‌ها با فرایند سیاست‌گذاری و میزان درک آن‌ها از شرایط سیاسی جامعه کمک شایانی را به سیاست‌گذاران می‌کند. این افراد با ارائه گزارش‌های مفصل در این زمینه نقشی بسیار مهم را ایفا می‌کنند.

تامین اطلاعات در حال حاضر یکی از ابزارهای محبوب تنظیم‌گری است. برای مثال در فهرست مواد سمی اداره حفاظت محیط زیست آمریکا و برنامه تنظیمی مرتبط با آن از شرکت‌ها خواسته شده هر ساله گزارش مفصلی از این مواد سمی را ارائه نمایند.

سازمان‌های تنظیم‌گر می‌توانند در مورد بسیاری از موضوعات مشاوره ارائه دهند و علاوه بر این این نهادها می‌توانند به عموم نیز در مورد تعرفه‌ها و قیمت اطلاع‌رسانی کنند که این نیز خود نوعی مشاوره است. این مسئله می‌تواند بستر منطقی بالاتری را برای کار تنظیم‌گری ایجاد نماید و میزان شفافیت و پاسخگویی را بالا ببرد.

## ۱-۲-۲- سیاست‌های مربوط به نقش تسهیل‌گری

دومین نقشی که دولت می‌تواند در توسعه بازار یک فناوری ایفا کند نقش تسهیل‌گری است. به طور مشخص نقش تسهیل‌گری در پنج بعد فناوری، منابع دانشی، منابع مالی، ظرفیت‌سازی و ترویج و توسعه ارتباطات قابل تعریف است. انواع سیاست‌های قابل استفاده در هر یک از این ابعاد در ادامه توضیح داده شده است.

### سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد فناوری

انواع سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد فناوری عبارتند از:

- ↳ تسهیل تحقیقات نوآورانه مشترک: مطالعات موردی نشان می‌دهد که ساختارهای تحقیق و توسعه می‌توانند فرآیند توسعه فناوری را به شکل چشمگیری شتاب دهند و مشارکت‌های موجود در این زمینه را تقویت کنند. این مشارکت‌ها می‌توانند الزامات انجام شده از سوی گروه‌های مختلف پژوهشی را تقویت کرده و آن‌ها را در حوزه‌های مشترک کارشناسی گرد هم جمع کنند و به مشارکت‌ها و تعاونی‌های مختلف خصوصی و عمومی منجر شوند.
- ↳ جهت‌دهی کلان به تحقیقات: مطالعات موردی مثال‌هایی دقیق از چگونگی جهت‌دهی کلان به تحقیقات در میان سیاست‌گذاران به نمایش می‌گذارد. در دیدگاه سنتی، هدف‌گذاری برای پژوهشگران غالباً توسط بازار انجام می‌شد اما در این بین سیاست‌گذاران باید در هدف‌گذاری کلی برای فعالیت‌های پژوهشی نقش عمده‌ای ایفا کنند و مسیر تحقق اهداف را برای پژوهشگران مشخص کنند.

↪ نمونه‌سازی و پروژه‌های پایلوت: طراحی، ساخت و آزمایش طرح‌های پایلوت و آزمایشی غالباً در محدوده اختیارات پروژه‌های تحقیق و توسعه قرار می‌گیرد. با این حال، تولید آزمایشی و کپی برداری از این طرح‌های آزمایشی در محدوده اختیارات R & D یا همان پروژه‌های تحقیق و توسعه نیست. در این زمینه می‌بایست بخشی که به تحقیق و توسعه اختصاص پیدا می‌کند، کاملاً مشخص و مجزا شود.

↪ بازارسازی فناوری (تضمین تقاضا): بازارهای اولیه که به بازارهای خلا یا جاویژه معروف هستند، یکی از مسیرهای مهم برای تجاری‌سازی موفق فناوری‌های جدید قلمداد می‌شوند. دولت اساساً نقش‌های متفاوت و متنوعی را در ایجاد بازار در این زمینه ایفا می‌کند که گاهی این نقش صرفاً به سیاست‌های تنظیم‌گری محدود می‌شود که ساختار بازار را مشخص می‌کند و در مواردی دیگر می‌تواند از طریق پشتیبانی، خرید و انگیزه‌های مالیاتی، بازارهای جدید را ایجاد کند.

↪ ایجاد زیرساخت‌های توانمندساز و مکمل: بسیاری از فناوری‌های جدید، نیازمند زیرساخت‌های نهادی و فیزیکی برای جلب توجه در بازار خصوصی هستند. در مواردی که اشتباهات بازار یا مشکلاتی که از قبل اقدامات جمعی حاصل می‌شود، باعث ممانعت ایجاد این زیرساخت‌ها توسط بخش خصوصی می‌شود دولت‌ها می‌بایست این توانایی را داشته باشند که نقشی فعال را در این حوزه ایفا کنند.

↪ آگاه‌سازی در حوزه فناوری: افزایش آگاهی افراد از منافع دانش و فناوری یکی از بخش‌های مهم در حمایت از برنامه دانش‌بنیان موجود در یک کشور می‌باشد. درک از اصول پژوهش و داشتن یک جامعه آشنا با علم و فناوری از اجزاء اصلی در سرمایه‌گذاری در فناوری‌های دارای ارزش افزوده قلمداد می‌شود و لذا نقشی مهم در نوآوری و ایجاد ثروت دارد.

### سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد منابع دانشی

انواع سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد منابع دانشی عبارتند از:

↪ شکوفا کردن فرهنگ تسهیم دانش: در اقتصاد دانش بنیاد، تسهیم دانش یک راهبرد معمولی و جایگزین نیست بلکه امروزه برای بقاء سازمان‌ها امری حیاتی تلقی می‌شود. تمهیدات مختلف برای انباشت و تسهیم دانش می‌بایست به سرعت آغاز شده و فرهنگ تسهیم دانش در دل سازمان‌ها نهادینه شود. دسترسی به داشته‌های علمی اشخاص در کار گروهی و افزودن به دانش دیگران راهی بسیار موثر و دارای بازدهی بیشتر تلقی می‌شود.

↪ ایجاد شبکه‌های یادگیری: شبکه‌ها برای مدیریت و ایجاد دانش به کار می‌روند. این شبکه‌های فعلی از گروه‌های مختلفی تشکیل شده و طیف گسترده‌ای از لیست‌ها و اسامی را شامل می‌شود. در شبکه‌ها مشاوران فنی و هماهنگ‌کنندگان منطقه‌ای نقشی مهم را در ایجاد این شبکه‌ها و همکاری تنگاتنگ با سایر کارشناسان برعهده دارند. شبکه‌های آموزشی یا شبکه‌های یادگیری در توسعه انتشارات و تبلیغات در این زمینه نقش مهمی ایفا می‌کنند.

↪ برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های تخصصی: سازمان‌ها به طور منظم کارگاه‌هایی منطقه‌ای را با هدف گردآوری نقطه نظرات مختلف در مورد موضوعات جهانی آغاز می‌کنند تا ظرفیت‌های موجود خود را در زمینه توسعه و اجرای اولویت‌های راهبردی سازمان‌ها افزایش دهند. مشارکت در این کارگاه‌ها، در گذشته موفقیت‌های فراوانی را در زمینه افزایش آگاهی نیروی انسانی در مورد به همراه داشته است. مشاوره‌های ملی در این زمینه انجمن‌هایی منحصر به فرد را به وجود آورده که همکاری‌های مستمر در مورد مسائل شایع و همچنین استفاده از فرصت‌ها و تشخیص گلوگاه‌ها در کشورهای مختلف از نتایج آن قلمداد می‌شود.

### سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد منابع مالی

انواع سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد منابع مالی عبارتند از:

↪ تامین هزینه‌های اولیه پروژه: هزینه‌های اولیه توسعه پروژه، غالباً در حدود ۵٪ هزینه‌های کلی مورد نیاز برای آن پروژه خواهد بود. برای پوشش دادن این هزینه‌ها، صندوق نهاد تسهیل‌گر با همکاری سایر نهادهای ذینفع، تسهیلاتی را در نظر گرفته که شامل وام‌های اولیه برای انجام امور ابتدایی پروژه و پوشش دادن ریسک‌های مالی مرتبط با فعالیت‌های مقدماتی آن خواهد بود. این وام‌ها می‌تواند به صورت مشروط، پرداخت شده و بازپرداخت آن‌ها به موفقیت پروژه منوط شود. شرکت‌های دولتی و خصوصی طبق موسسات غیرانتفاعی نظیر مدارس، موسسات پژوهشی یا سازمان‌های غیردولتی می‌توانند از حمایت‌های این تسهیلات برخوردار شوند.

↪ ارائه وام به میانجی‌های مالی: نهاد تسهیل‌گر در کشورهای در حال توسعه در برنامه‌های کوچک‌تر خود، می‌تواند برنامه‌هایی را برای حمایت از بانک‌های کوچک تنظیم کند. برای مثال حمایت از بانک شاسپی در بنگلادش که یک موسسه کوچک اعتباری زیر نظر بانک گرامین در این کشور می‌باشد، مورد حمایت نهاد تسهیل‌گر قرار گرفته

است. به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاری انجام شده از سوی نهاد تسهیل‌گر امکان توسعه فعالیت تجاری را برای موسسه مزبور فراهم کرده و انگیزه‌های مالی را برای سایر سرمایه‌گذاران نیز ایجاد کرده است.

### سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد توسعه ارتباطات

انواع سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد توسعه ارتباطات عبارتند از:

تسهیل مذاکرات و تعاملات: اصولاً مذاکره چه به صورت رسمی و یا غیررسمی صرف نظر از فرآیند تسهیل آن، در فضای توسعه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. وقتی قرار است پروژه‌ای تاثیر عمیق بر یک حوزه بگذارد، این پروژه به موضوع مذاکرات داغ در شبکه‌های رسمی و غیررسمی تبدیل می‌شود. یکی از اهداف تسهیل فرآیند گفتگو، از بین بردن مخالفت‌ها و قرار دادن ذینفعان در معرض موضوع مربوطه می‌باشد.

مشارکت در فعالیت‌های ترویجی و پروژه‌ای: در این زمینه، مشارکت داوطلبان با سازمان‌های مختلف می‌تواند در دستور کار قرار بگیرد. به عنوان مثال در این حالت یک سازمان می‌تواند با یک یا دو سازمان دیگر کار کند یا عضوی از یک کنسرسیوم شود. سازمان‌ها اساساً می‌توانند در طیف گسترده‌ای از روش‌ها با هم همکاری کنند. از شبکه‌های غیررسمی گرفته که برای انجام دادن پروژه‌ها تشکیل می‌دهند تا شبکه‌های رسمی‌تر که چند منظوره هستند. این پروژه‌های همکاری مشترک می‌توانند پاره وقت باشند یا به صورت دائم، کار آن‌ها ادامه پیدا کند.

افزایش تعامل با مراکز دانشگاهی ملی و بین‌المللی: در حال حاضر، شواهدی وجود دارد که حاکی از شکاف‌های جدی ارتباطاتی میان پژوهشگران و سیاست‌گذاران است. ایجاد پیوندها و رابطه مشارکتی و شبکه‌های مختلف میان پژوهشگران و سیاست‌گذاران به طور خاص و ایجاد گفتگو با سایر نقش‌آفرینان نظیر نویسندگان مطبوعات، جامعه تحقیق و توسعه، بنیادهای پژوهش و جامعه مهندسی در ارتقاء استفاده از پژوهش، در فرآیند تصمیم‌گیری نقش بسیار مهمی دارند.

توسعه ارتباطات بین‌المللی میان بازیگران مختلف: همکاری بین‌المللی شامل فعالیت‌های مشترک است که می‌تواند به صورت دولت با دولت، شرکت با شرکت و دانشگاه با دانشگاه یا NGOها با هم‌تایان خود داشته باشند، اما این همکاری می‌تواند میان حوزه‌ای نیز باشد، مثلاً دولت‌ها با شرکت‌ها یا دانشگاه‌ها با NGOها همکاری کنند که همه احتمالات در آن وجود دارد. دولت‌ها الزاماً نباید به صورت مستقیم در تمام این فعالیت‌ها مشارکت داشته باشند، بلکه

دسترس‌پذیری منابع برای بسیاری از آن‌ها یعنی نهادهای غیردولتی می‌بایست جزء سیاست‌های اصلی دولت‌ها تلقی شوند. سازمان‌های بین‌دولتی نیز می‌توانند در این همکاری دخالت داشته و آن‌ها را ارتقاء دهند.

### سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد ظرفیت‌سازی و ترویج

انواع سیاست‌های تسهیل‌گری در بعد ظرفیت‌سازی و ترویج عبارتند از:

☞ مشارکت در فرایند سیاست‌سازی: مهم‌ترین وظیفه نهاد تسهیل‌گر، حمایت از دولت‌ها در تهیه آئین‌نامه‌ها، سیاست‌نامه‌ها، برنامه‌های راهبردی و نقشه‌های راه و حمایت از آن‌ها در اجرای این سیاست‌ها می‌باشد. نهاد تسهیل‌گر می‌تواند برنامه‌های مشاوره‌ای در قالب مشاوره‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت در چارچوب برنامه‌های علمی و خاص ارائه کند.

☞ ارتقای توان کارشناسی نهادهای سیاست‌گذار و قانون: انجام این کار می‌تواند امکان شناسایی حوزه‌های کلیدی برای ظرفیت‌سازی را در نهاد تسهیل‌گر ایجاد کند. در این زمینه، این سازمان بر آموزش و تربیت گروه‌های مختلف کاری متمرکز شده است. گروه هدف برای این کار، کارمندان در بخش‌های مختلف، مناطق و شهرداری‌ها هستند که روند چگونگی فائق آمدن بر مشکلات اداری به آن‌ها آموزش داده می‌شود. بسته به شرایط، افراد دیگر نظیر دانشمندان، مهندسان، تکنسین‌ها و مدیران نیز می‌توانند در این برنامه‌های آموزشی حضور داشته باشند. ظرفیت‌سازی نیازمند مشارکت این افراد در تمام طول فرآیند از برنامه‌ریزی پروژه تا مدیریت آن و همچنین رصد میزان پیشرفت پروژه می‌باشد.

☞ ایجاد مراکز اطلاعاتی تخصصی: همان‌طور که گفته شد اطلاعات مورد نیاز باید در سطح ملی و بین‌المللی برای همه ذینفعان فراهم شود. نهاد تسهیل‌گر می‌تواند و می‌بایست تا حدودی به عنوان یک منبع اطلاعاتی عمل کرده و پاسخ‌های لازم را برای پرسش‌های ذینفعان مختلف در این زمینه ایجاد کرده و نحوه دسترسی به اطلاعات بیشتر را برای آن‌ها مشخص کند. با این کار نهاد تسهیل‌گر اثربخشی فعالیت‌های اطلاع‌رسانی در این حوزه را افزایش خواهد داد.

☞ انتشار اطلاعات: همان‌طور که می‌دانیم افراد مختلف خواهان مقادیر مختلفی از اطلاعات هستند. برخی با ارائه اطلاعات کلی و پایه در مورد طرح راضی می‌شوند، اما برخی دیگر به اطلاعاتی بیشتر نظیر نوع بازگشت سرمایه، جدول زمانی دقیق رویدادها و مسائلی از این دست نیاز دارند تا بتوانند رضایت خود را در زمینه اطلاعات برآورده



کنند. فرآیند توزیع اطلاعات می‌بایست فرآیندهای تبادل اطلاعات مختلف را لحاظ کند و این راه‌های مختلف را در نظر بگیرد تا هیچکدام از افراد از دایره ارائه اطلاعات بیرون نماند. اهداف توزیع اطلاعات عبارتند از: ارائه اطلاعات به افراد از طریق روش‌های مختلف، پاسخ به پرسش‌های گوناگون، تبیین و رفع ابهامات در این حوزه.

### ۱-۲-۳- سیاست‌های مربوط به خرید

همان گونه که اشاره شد دولت می‌تواند دو نوع مداخله مستقیم در بازار انجام دهد: مداخله در طرف عرضه و مداخله در طرف تقاضا. با توجه به این که بخش عمده تقاضای فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها دولتی است و دولت در سمت عرضه نقشی ندارد دولت فقط می‌تواند مداخله مستقیم را در طرف تقاضای این فناوری‌ها انجام بدهد. در واقع با خرید فناوری‌های مورد نظر می‌تواند بر میزان عرضه، نوع فناوری‌های مورد استفاده و طیف محصولات در دسترس تاثیر بگذارد. سیاست‌گذار در هنگام استفاده از این مکانیزم مداخله باید موارد زیر را در نظر داشته باشد [۹]:

۱- افزایش شدت رقابت موثر بین بنگاه‌ها یا محصولات موجود در بازار (تاثیر کوتاه‌مدت)

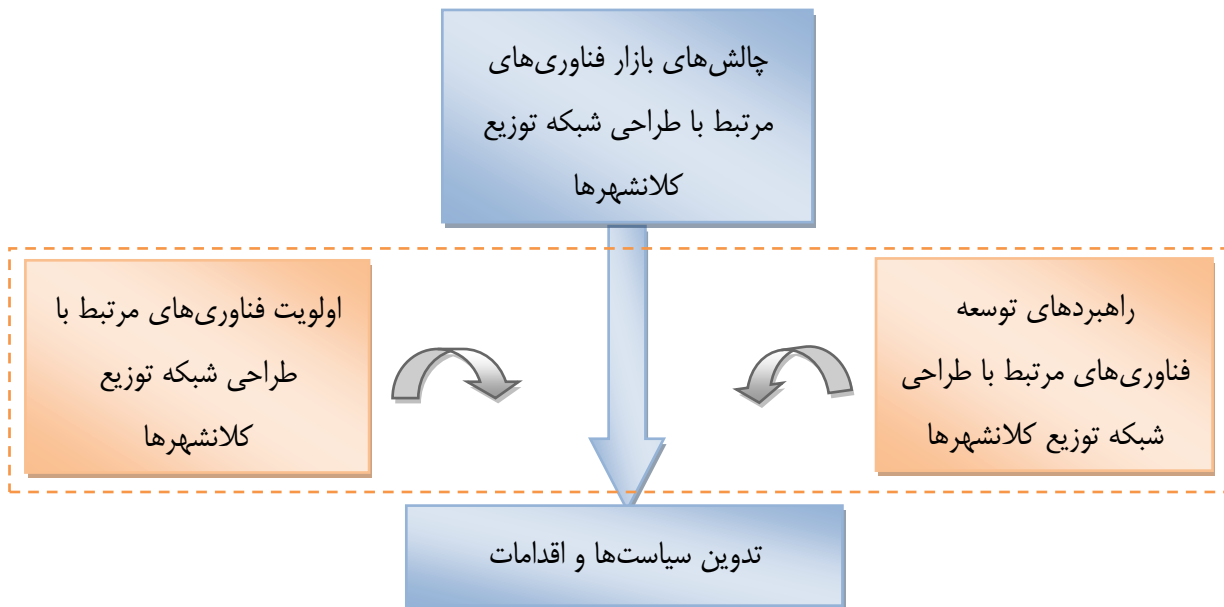
۲- ایجاد فرصت برای افزایش سرمایه‌گذاری، نوآوری و رقابت‌پذیری کل بازار (تاثیر بلندمدت)

۳- تغییر ساختار بازار (رقابت‌پذیری و تکنولوژی) به نحوی که فرصت‌های پیش روی خریداران دیگر به شدت کاهش پیدا کند.

همچنین به منظور کاهش ریسک تبانی و تقلب در میان رقبای بالقوه، فرایند مناقصات باید به دقت طراحی شود. علاوه بر این هماهنگ کردن فعالیت‌های خرید می‌تواند تاثیر مثبتی بر رقابت داشته باشد. دولت به عنوان خریدار باید مطمئن شود که فرصت‌ها برای تامین‌کنندگان کوچک‌تر یا تازه وارد و تامین‌کنندگان قدیمی و بزرگ برابر است.

## ۲- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

در این قسمت فرایند تدوین سیاستها و اقدامات پیشنهادی برای توسعه بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع داده می‌شود. سیاستها و اقدامات مجموعه‌ای از طرحها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند [۲]. همان طور که پیشتر اشاره شد این سیاستها و اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها هستند. نحوه تدوین سیاستها و اقدامات در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱): فرایند تدوین سیاستها و اقدامات

مطابق شکل (۳-۱) برای تدوین سیاستها و اقدامات ابتدا چالش‌های بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها از طریق مصاحبه با خبرگان موضوع در ۶ حوزه محصولات، بازیگران، اطلاعات، تبادلات، نهادها و شبکه‌ها شناسایی می‌شود. سپس با در نظر گرفتن راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها و همچنین

نتایج اولویت‌بندی فناوری‌ها که در مرحله سوم این پروژه انجام شده است، سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی ارائه می‌شود. در ادامه روند شناسایی چالش‌ها و سپس ارائه سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی توضیح داده شده است.

## ۱-۲- شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

بر اساس توضیحاتی که در بخش چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات ارائه شد توسعه بازار یک فناوری مستلزم توسعه ۶ عنصر اصلی بازار فناوری است. این ۶ عنصر عبارتند از: (۱) محصولات (۲) بازیگران (۳) اطلاعات (۴) تبادلات (۵) نهادها و (۶) شبکه‌ها. بنابراین در گام اول باید چالش‌ها و موانع موجود در هر یک از این عناصر تشکیل‌دهنده بازار شناسایی شود و بر مبنای این چالش‌ها راهکارهای پیشنهادی برای رفع موانع توسعه بازار فناوری‌ها ارائه گردد.

در این پروژه به منظور شناسایی چالش‌های توسعه بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ابتدا خبرگان این حوزه شناسایی شدند. تلاش بر این بود که خبرگان موضوع طوری انتخاب شوند که کلیه حوزه‌های مورد نظر فنی و بازار فناوری‌ها پوشش داده شود. بر همین اساس، ۹ نفر از خبرگان جهت مصاحبه انتخاب شدند که اسامی آن‌ها در جدول (۱-۳) ارائه شده است.

جدول (۱-۳): اسامی مصاحبه‌شوندگان

| ردیف | اسامی خبرگان                | شرکت / سازمان | حوزه فنی  |
|------|-----------------------------|---------------|-----------|
| ۱    | جناب آقای دکتر میرغفوربان   | برقگیر پارس   | فشارقوی   |
| ۲    | جناب آقای مهندس آذرنوش      | نیرو توسعه    | توزیع     |
| ۳    | جناب آقای مهندس خیامیم      | وطن نیرو      | توزیع     |
| ۴    | جناب آقای مهندس فرضعلی‌زاده | پژوهشگاه نیرو | دیسپاچینگ |
| ۵    | جناب آقای مهندس فتحی‌رضایی  | تابش تابلو    | تابلوساز  |
| ۶    | جناب آقای مهندس رضایی       | پژوهشگاه نیرو | فشارقوی   |
| ۷    | جناب آقای مهندس شریعتی      | نامدار صنعت   | فشارقوی   |
| ۸    | جناب آقای مهندس وهاب‌زاده   | ارسی نور      | توزیع     |
| ۹    | جناب آقای دکتر گیلوانژاد    | پژوهشگاه نیرو | توزیع     |

سپس برای انجام مصاحبه‌ها شاخص‌هایی برای هر یک از ۶ حوزه مورد بحث در نظر گرفته شد و بر اساس آن سوالات

مطرح شد. این سوالات در جدول (۲-۳) ارائه شده است.

## جدول (۳-۲): شاخص‌های در نظر گرفته شده برای هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده بازار فناوری

| ردیف | عناصر تشکیل‌دهنده بازار فناوری | شاخص‌ها   |
|------|--------------------------------|---|
| ۱    | محصولات                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ میزان آشنایی با اهمیت و مزایای فناوری چه قدر است؟</li> <li>✓ میزان آشنایی با نحوه به‌کارگیری فناوری چه قدر است؟</li> <li>✓ میزان دسترسی به فناوری چه قدر است؟</li> <li>✓ مکانیزم قیمت‌گذاری محصولات چگونه است؟</li> <li>✓ مکانیزم نظارت بر کیفیت محصولات چگونه است؟</li> </ul> |
| ۲    | بازیگران                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ میزان جذابیت ورود به بازار این فناوری (به لحاظ قانونی، حمایتی و ...) برای بازیگران چه قدر است؟</li> <li>✓ وضعیت رقابت در بازار این فناوری چگونه است؟</li> <li>✓ مکانیزم ارزیابی و انتخاب پیمانکاران چگونه است؟</li> <li>✓ آیا نهادی برای ارزیابی وجود دارد؟</li> </ul>         |
| ۳    | اطلاعات                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ مکانیزم‌های انتشار اطلاعات چیست؟</li> <li>✓ میزان شفافیت اطلاعات چه قدر است؟</li> <li>✓ آیا الزامی برای ارائه اطلاعات وجود دارد؟</li> </ul>  |
| ۴    | تبادلات                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ روش تامین محصولات به چه شکل است؟</li> <li>✓ میزان هماهنگی بین اجزای مختلف زنجیره تامین محصولات چه قدر است؟</li> </ul>  |
| ۵    | نهاده‌ها                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ آیا استانداردهای کیفی در حوزه این فناوری وجود دارد؟</li> <li>✓ دستورالعمل‌های نصب و به‌کارگیری فناوری وجود دارد؟</li> <li>✓ قوانین و ضوابط مرتبط با استفاده از فناوری وجود دارد؟</li> </ul>  |
| ۶    | شبکه‌ها                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ آیا انجمن یا تشکل‌های مرتبط وجود دارد؟</li> <li>✓ نقش این انجمن‌ها و تشکل‌ها در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری چیست؟</li> </ul>  |

خلاصه نکات مصاحبه‌های انجام شده با خبرگان در جدول (۳-۳) ارائه شده است.

## جدول (۳-۳): خلاصه مصاحبه با خبرگان در مورد چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها

| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده                     |
|--|----------------------------------|
| <p>✓ خصوصی‌سازی شرکت‌های توزیع بحثی است که از ۲۰ سال پیش مطرح است. شرکت‌ها بخشی از فعالیت‌های خود را به بخش خصوصی واگذار کرده اند اما مالکیت همچنان دولتی است. اولین مشکل بر سر خصوصی شدن این شرکت ها تجدید ارزیابی دارایی‌های شرکت توزیع است که کار سنگین و پیچیده ای است. برای مثال برای قیمت‌گذاری یک خط باید مشخص شود این خط با چه قیمت و چه کیفیتی بهره برداری شده است. دوم بحث هدف شرکت توزیع است که فقط به دنبال راه‌اندازی شبکه و حفظ پایداری آن است یا منافع دیگری هم دنبال می‌شود. هنوز مشخص نیست نحوه نظارت بر شرکت خصوصی شده چگونه باشد، نحوه مدیریت آن چگونه باشد، چه شرکت‌هایی می‌توانند شرکت کنند با چه گواهینامه‌هایی، چه نهاد ناظری باید برای آن‌ها تعریف شود، آن نهاد ناظر چه اختیاراتی دارد، نحوه رد یا تایید شرکت‌ها چگونه است، چگونه می‌شود توجیه‌پذیری طرح‌های آن شرکت خصوصی را برآورد کرد.</p> <p>✓ بحث دیگری که در طراحی شبکه‌های توزیع مطرح است بحث در نظر گرفتن تولیدات پراکنده در شبکه توزیع است. مورد اول بحث الزامات فنی است مثلا شبکه‌ای که تا کنون یکسو تغذیه بوده است باید چندسو تغذیه شود که در حال حاضر این ویژگی‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. یا مثلا برق تولیدی از این تجهیزات باید چه کیفیت یا قیمتی داشته باشند. بنابراین در آینده هم تولیدکننده خصوصی و هم توزیع‌کننده خصوصی و هم مشتری داریم که حق انتخاب دارد. نحوه هماهنگی و یکپارچه شدن اینها مهم است.</p> <p>✓ شرکت‌های توزیع قبلا زیرمجموعه شرکت‌های انتقال بودند بعد مستقل شدند و به عنوان واحد نظارت بر توزیع در شرکت های برق منطقه‌ای فعالیت کردند. مشکل اول این است که شرکت‌های پیمانکار شرکت‌های توزیع اغلب دارای دانش تجربی هستند و مهندسی نیستند و ممکن است تکنسین، دیپلمه یا دارای تخصص غیرمرتبط باشد. مشکل دوم این است که در شرکت‌های توزیع در زمینه نظارت بر عملکرد پیمانکار ضعف وجود دارد، پرسنل نظارت هم ضعف دارند و نحوه نظارت جامع و کامل نیست. به دلیل شرایط اقتصادی شرکت‌ها مجبور هستند با حداقل هزینه کار را انجام بدهند در نتیجه کیفیت کار کاهش می‌یابد. اگر خود شرکت توزیع متولی توزیع تجهیز باشد و پیمانکار فقط مجری باشد بسیاری از مشکلات رفع می‌شود یعنی مطمئن می‌شویم که حداقل کیفیت ممکن وجود دارد. اما در حال حاضر خود پیمانکار تجهیز را از بازار تهیه می‌کند و نصب و اجرا و بهره‌برداری را انجام می‌دهد. بنابراین اگر هم قرار است پیمانکار تجهیز را تهیه کند نظارت سفت و سخت بر آن وجود داشته باشد. باید یک بانک اطلاعاتی از شناسنامه تجهیزات نصب شده شامل نوع، محل نصب، تاریخ نصب و بهره‌برداری و شرایط بهره‌برداری غیره ایجاد شود. همچنین بایستی از تولیدکننده تجهیز تضمین گرفته شود. وقتی خصوصی‌سازی انجام شود بحث کیفیت شبکه و تجهیزات و عدم خاموشی و پایداری اولویت می‌یابد.</p> <p>✓ در آینده باید بحث کنترل کیفیت تجهیزات، آزمون نمونه‌ای تجهیزات جدی‌تر دنبال شود. مثلا شرکت توزیع باید شرط کند که این محصول به شرطی خریداری می‌شود که در آزمایشگاهی مثلا در پژوهشگاه نیرو یا در انبار خود سازنده به صورت رندوم تست شود. در حال حاضر تست انجام می‌شود اما خود شرکت‌های توزیع این کار را انجام نمی‌دهند.</p> | <p>جناب آقای<br/>مهندس رضایی</p> |

| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده                         |
|--|--------------------------------------|
| <p>✓ یکی از مشکلات بازار تجهیزات شبکه‌های توزیع نبود سیستم قابل اعتماد ارزیابی کیفیت است. اگر بتوان در کنار قیمت پارامتر کیفیت را نیز با وزن مناسب تعریف نمود خوب است. سیستم ارزیابی کیفیت وجود دارد اما نقش زیادی ندارد. هر شرکت برق منطقه‌ای یا توزیع برای خود وندور لیست دارد اما مکانیزم دقیقی برای ارزیابی وجود ندارد. ورود به این لیست دشوار است اما خارج کردن پیمانکاران از این لیست نیز دشوار است. یعنی اگر پیمانکاری وارد لیست کوتاه شود بقای آن تضمین شده است. واقعی نبودن اعداد و ارقام مربوط به کیفیت تجهیزات شبکه توزیع یکی از دلایل وضعیت نامناسب شبکه توزیع است. در حال حاضر مشخص نیست که مشخصات کیفی تجهیزات بر اساس استانداردها چک می‌شود یا خیر. در صورت ادامه این وضعیت شاهد افت مستمر کیفیت تجهیزات خواهیم بود. برای مثال مشاهده می‌شود که کابل‌های خودنگهدار خود به خود آتش می‌گیرند. یا به عنوان مثال از شرکتی مقره‌هایی خریداری می‌شود که کیفیت لازم را ندارد اما مکانیزمی وجود ندارد که در ادامه مانع از ورود این مقره‌ها به شبکه شود. بخش عرضه تجهیزات عمدتاً داخلی است. در این سال‌ها به بهانه تحریم کیفیت افت پیدا کرده است اما تاثیر تحریم آن قدر نبوده است. در جایی که مجبور باشیم کیفیت خوب ارائه می‌کنیم و در جایی که نظارت نباشد کیفیت پایین خواهد بود. در کابل‌های خودنگهدار ضعف کیفیت داریم اما در پست‌ها و ترانس‌ها وضعیت خوبی داریم. وقتی تجهیزاتی در شبکه نصب می‌شود آن قدر استفاده می‌شود تا از کار بیفتد یعنی این احساس وجود ندارد که ما مالک شبکه هستیم و باید از آن محافظت کنیم. در تجهیزات انرژی تجدیدپذیر (پنل‌های خورشیدی) راندمان پایین است که عمدتاً جزء کالاهای کم‌کیفیت چینی هستند اما در باتری‌ها وضعیت مناسب است.</p> <p>✓ هیچ وقت برای قابلیت اطمینان قیمت تعیین نشده است. اگر شرکت‌های توزیع بابت خاموشی‌ها موظف به پرداخت جریمه باشند خیلی از مشکلات کیفیت رفع می‌شود. یکی از دلایل عدم جذابیت این حوزه برای ورود بخش خصوصی این است که وزارت نیرو بودجه کافی برای پرداخت هزینه خدمات آن‌ها را ندارد و بخش خصوصی نیز امکان برقراری ارتباط مستقیم با مصرف‌کننده را ندارد.</p> <p>✓ با توجه به برگزاری کنفرانس توزیع، نمایشگاه‌ها و ... اطلاعات کافی راجع به مزایای تجهیزات وجود دارد. در حال حاضر فعلاً هدف رساندن برق به مصرف‌کننده است نه برق باکیفیت. تدوین و ابلاغ دستورالعمل‌های الزام‌آور می‌تواند مناسب باشد. اما ممکن است هر شرکت توزیعی به دستورالعمل‌های خاص خود نیاز داشته باشد زیرا محیط‌ها متفاوت هستند. مثلاً در بندرعباس با یک شرایط آب و هوایی خاص مواجه هستیم. یعنی مشکلات هر شبکه توزیع را بهره‌بردار خود آن شبکه بهتر می‌داند. مشکل دسترسی به محصولات وجود ندارد. اگر تقاضا وجود نداشته باشد طبعاً عرضه نیز صورت نمی‌گیرد. بحث هزینه تجهیزات یکی از دلایلی است که باعث می‌شود تجهیزات ارزان‌تر به کار گرفته شود. یکی از مشکلات دیگر این است که فرضاً ساختمانی که ساخته می‌شود تازه تصمیم می‌گیرد اشتراک برق را دریافت کند بدون توجه به این که زیرساخت لازم وجود دارد یا خیر، در نتیجه شبکه با افت ولتاژ مواجه می‌شود. بنابراین مجوز اشتراک برق باید در ابتدا اخذ شود. تا زمانی که قیمت انرژی تجدیدپذیر در مقایسه با فسیلی بالا باشد کسی به سمت آن نمی‌رود. دولت باید مشوق بدهد. در کشور دستورالعمل‌هایی تدوین شده اما واقعا باید بررسی کرد که چقدر از آن محقق شده است.</p> | <p>جناب آقای<br/>مهندس وهاب‌زاده</p> |

| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده                          |
|--|---------------------------------------|
| <p>✓ در حال حاضر واردات در حوزه تجهیزات جذابیت بیشتری دارد. فرضا در حوزه تابلوسازی در ۱۰ سال گذشته تولیدکننده خاصی به وجود نیامده است. در پست‌های توزیع فضا برای تجهیزات ارزان و کم کیفیت باز شده است (به دلیل تحریم). همه شرکت‌ها تاییدیه تایپ تست را می‌گیرند اما تمام تجهیزات را با همان کیفیت ارائه نمی‌کنند. خیلی از تقلب‌ها شناسایی می‌شود اما پیگیری نمی‌شود. در توانیر کمیته‌های ارزیابی وجود دارد اما حیطه‌های تخصصی زیاد است و یک نفر نمی‌تواند در تمام حوزه‌ها تخصص داشته باشد. ضمناً خود توانیر مصرف کننده نیست و فقط می‌تواند راجع به داکيومنت‌ها تایید بدهد اما وارد کارخانه نمی‌شود. در نتیجه سیستم ارزیابی ناقص است.</p> <p>✓ بازار پست رقابتی است. اما در بررسی مناقصات وزن کیفیت و قیمت مناسب تعیین نمی‌شود.</p> <p>✓ شرکت توزیع تهران برای رتبه‌بندی پیمانکاران دستورالعمل دارد اما معلوم نیست ارزیابی دارایی‌ها، تخصص، ماشین‌آلات و ... چقدر دقیق انجام می‌شود و بیشتر بر روی گردش مالی آن متمرکز می‌شود. همچنین معمولاً ضمانتی ۲۰ تا ۳۰ میلیونی از آن‌ها گرفته می‌شود که چندان بالا نیست و باید این ضمانت نامه بالاتر باشد. بنابراین هر شرکتی به راحتی می‌تواند به عنوان پیمانکار وارد شود. در تجهیزات نیز همین موضوع صادق است و فقط به خاطر ارزان بودن ۵ درصدی کیفیت را فدا می‌کنند.</p> <p>✓ در زمینه جریان اطلاعات شفافیت وجود دارد. تمامی مناقصات اطلاع رسانی می‌شود و از این بابت مشکلی وجود ندارد.</p> <p>✓ انجمن صنفی تابلوسازان در حوزه پست وجود دارد. اما خیلی نقش زیادی ندارند.</p> <p>✓ در زمینه کیفیت مرجع نظارت کیفی وجود ندارد. همچنین در زمینه تست هم مشکل وجود دارد مثلاً در آزمایشگاه‌ها از ۲۰ مورد کیفی فقط چند مورد تست می‌شود.</p> <p>✓ شرکت‌های توزیع خیلی به تجهیزات جدید علاقه‌ای ندارند مثلاً بیان می‌کنند که مدیریت تجهیزات جدید مشکل است. در پست‌های هوایی آشنایی بیشتری وجود دارد، پس از آن پست‌های زمینی، کمپکت و کیوسک‌ها. شرکت توزیع به دلیل هزینه سراغ پست‌های ارزاتر می‌رود. اگر هم از پست‌های گران‌تر استفاده شود به دلایل خاص مثلاً زیبایی یا تراکم یا ... بوده است و مجبور شده است.</p> <p>✓ شرکت‌های بهره‌بردار در برخی موارد مقید به استفاده از تجهیزات خاصی هستند در صورتی که هزینه استفاده از آن‌ها در بلندمدت بسیار زیادتر است. مثلاً اکثراً برای حفاظت می‌خواهند از بریکر استفاده کنند در صورتی که در دنیا از سکشنالایزر استفاده می‌شود.</p> <p>✓ دستورالعمل‌های موجود چندان کاربردی نیستند زیرا فقط بر اساس تئوری نوشته شده است اما مشخص نیست بهره‌بردار بتواند آن را محقق کند یا خیر. مثلاً فقط اساتید دانشگاه آن را تدوین کرده‌اند. هیچ فیدبکی هم از اجرای آن گرفته نمی‌شود.</p> <p>✓ ایمنی اولویت بالایی در طراحی شبکه توزیع ندارد که به نگرش شبکه توزیع بر می‌گردد. در حال حاضر هدف شبکه فقط سرپا ماندن شبکه است. نگاه کوتاه‌مدت است. طراح دید فنی دارد اما نمی‌تواند طراحی بهینه را انجام دهد و فقط به صورت کلی و تکراری آن را انجام می‌دهد. و دقتی صورت نمی‌گیرد.</p> | <p>جناب آقای مهندس<br/>فتحی رضایی</p> |

| خلاصه مصاحبه  | مصاحبه‌شونده                         |
|---|--------------------------------------|
| <p>✓ در حال حاضر علاقه مندی برای یادگیری در شرکت‌های توزیع نسبت به سال‌های قبل افزایش یافته است.</p> <p>✓ هزینه مهم‌ترین پارامتر مورد نظر شرکت‌های توزیع برای انتخاب تجهیزات است.</p> <p>✓ در حوزه تولید اطلاعات درباره مزایا و اهمیت تجهیزات کم است. درباره وجود فناوری‌ها اطلاعات وجود دارد اما نحوه استفاده را شاید خیلی ندانند.</p> <p>✓ الزام به استفاده از تجهیزات به تنهایی جواب نمی‌دهد. باید توجیه اقتصادی داشته باشد و همچنین باید آگاهسازی شود. برای مثال در حوزه تجهیزات تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف‌کننده با استفاده از آمار و محاسبات اقتصادی متقاعد به استفاده می‌شود. مثل همان کاری که در CHP انجام شده است. بنابراین صرفاً دستوری نمی‌شود. باید سازوکاری برای جذب مشتریان بزرگ مثل مراکز خرید بزرگ یا تولیدکننده‌های بزرگ ایجاد شود.</p> <p>✓ در حوزه خط، باید سکشنالایزر (برای کاهش برق نفروخته) باید مورد توجه قرار بگیرد. در شرکت توزیع می‌توان الزام نصب سکشنالایزر را مطرح کرد. در فاز اول باید با استفاده مکانیزم‌های حمایتی ایجاد تقاضا کرد. می‌توان در ابتدا برای پاسخ به تقاضا از واردات استفاده کرد.</p> <p>✓ خصوصی‌سازی می‌تواند باعث افزایش کیفیت شود.</p>   | <p>جناب آقای<br/>دکتر میرغفوریان</p> |
| <p>✓ در حال حاضر فقط بر اساس نیاز فوری شبکه اقدام به طراحی و ایجاد شبکه‌های توزیع می‌شود. برای مثال یک ساختمان ابتدا ویلایی دیده می‌شود اما بعداً تعداد واحدها افزایش می‌یابد که باعث فشار به شبکه می‌شود. در صورتی که اگر قبلاً برای گاز و آب و برق کانال‌کشی در نظر گرفته شود این مشکل رفع می‌شود. برای مثال در کلانشهر کرج، در گذشته با توجه به بافت موجود طراحی شبکه انجام شده بود اما در حال حاضر چندین برج چند طبقه یک ناحیه کوچک احداث شده است و مشکلاتی را به وجود آورده است.</p> <p>✓ باید دیدگاه بلندمدت برای طراحی شبکه وجود داشته باشد. برای هر کلانشهر باید برنامه خاص آن تدوین شود زیرا هر یک شرایط خاص خود را دارند. در حال حاضر افراد از بخش طراحی به بخش بهره‌برداری شبکه توزیع می‌روند در صورتی که باید بالعکس باشد زیرا فرد مشکلات بهره‌برداری از شبکه توزیع را بهتر می‌شناسد و طراحی بهتری انجام می‌دهد.</p> <p>✓ متأسفانه رقابت سالم وجود ندارد. قیمت را ارتباطات تعیین می‌کند برای مثال یک شرکت جدید تابلوسازی باید هزینه بالایی برای تایید صلاحیت بپردازد و مجدداً سال بعد باید همان هزینه را بپردازد. همچنین فرایندی طولانی برای ارائه مجوز دارد. هم ورود به بازار و هم ماندن در بازار دشوار است. این وضعیت در همه بخش‌ها صادق است.</p> <p>✓ مشکل دیگر این است نمونه اولیه یک تجهیز تاییدیه می‌گیرد اما مشخص نیست که تمام تولیدات بعدی آن شرکت با همان کیفیت ارائه شوند. کنترل و نظارت کافی وجود ندارد. همچنین نظارت باید در مراحل جلوتر صورت بگیرد.</p> <p>✓ در حال حاضر گرید فروخته می‌شود. تعیین صلاحیت پیمانکار به درستی انجام نمی‌شود مثلاً هر فردی با هر سطح سوادی می‌تواند به عنوان پیمانکار فعالیت کند. برای مثال در کلانشهر کرج ۲۵۰ شرکت پیمانکار وجود دارد. روابط انتخاب پیمانکار بسیار ناسالم است. شرکت‌های پیمانکار باید ملزم شوند از انجمن صنفی خود پروانه بگیرند.</p> <p>✓ انجمن‌هایی در شبکه توزیع وجود دارد اما نقش چندانی ندارند زیرا انگیزه انجام بهینه فعالیت‌ها وجود ندارد.</p> | <p>جناب آقای مهندس خیامیم</p>        |
| <p>✓ قوانین خوبی وجود دارد اما مشکل در اجرای صحیح آن‌ها است. در حال حاضر مثلاً می‌گویند کلید باید از یک شرکت خاص خریداری شود در حالی که باید استاندارد وجود داشته باشد و هر کلیدی که آن استاندارد را داشت انتخاب شود. بایستی ضامن اجرایی فعالیت‌ها وجود داشته باشد.</p>   | <p>جناب آقای مهندس خیامیم</p>        |
| <p>✓ شرکت‌های توزیع در خط و پست آشنایی کافی دارند اما این آشنایی در حوزه ذخیره‌سازها و جبران‌سازها خیلی کم است. منابع انسانی و میزان آشنایی با به کارگیری تجهیزات در خط و پست زیاد است اما در</p>   | <p>جناب آقای</p>                     |



| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده                         |
|--|--------------------------------------|
| <p>ذخیره‌سازها و جبران‌سازها کمتر است.</p> <p>✓ در حال حاضر نسبت تقاضا در پست‌ها به ترتیب هوایی ۹۰٪، زمینی ۹،۹٪ و زیرزمینی ۰،۱٪ است. عرضه پست‌های هوایی، زمینی و زیرزمینی معمولی داخلی است اما پست کمپکت و کیوسکی خارجی است. در حوزه خطوط هوایی و زمینی تجهیزات کلا داخلی است. تجهیزات Dfactors عمدتاً خارجی است. در حوزه تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر تجهیزات عمدتاً خارجی است و تجهیزات ذخیره‌سازها هم کلا در شبکه توزیع داخل به کار گرفته نمی‌شود.</p> <p>✓ دسترسی به تجهیزات داخلی آسان است و دسترسی به تجهیزات خارجی هم تقریباً مشکل نداریم. در تولید پراکنده به دلیل مشکلات بانکی دسترسی کمتر است.</p> <p>✓ قیمت‌گذاری در حوزه تجهیزات پست و خط بر اساس عرضه و تقاضا است.</p> <p>✓ شرکت‌های توزیع به دلیل پایین‌تر بودن هزینه شبکه هوایی به سمت آن می‌روند. اما در چند سال اخیر به دلیل وجود مشکل ریزگردها شرکت‌ها حتی با وجود هزینه بهره‌برداری بالاتر در حال حرکت به سمت شبکه‌های زمینی و زیرزمینی هستند. در حوزه پست‌ها بیشترین هزینه به ترتیب مربوط به پست‌های زیرزمینی، زمینی و هوایی است. در حوزه خط بیشترین هزینه به ترتیب مربوط به شبکه زمینی و سپس شبکه هوایی است. در حوزه تولید: بیشترین هزینه به ترتیب مربوط به تجهیزات انرژی خورشیدی، انرژی باد و CHP است.</p> <p>✓ استاندارد مدون در کابل‌ها وجود ندارد اما در پست‌های زمینی و زیرزمینی وجود دارد. در تولید اساساً ربطی به شرکت توزیع ندارد.</p> <p>✓ در حوزه خط و پست بازار رقابتی است. به خصوص در حوزه خط تولیدکنندگان بسیار زیادی وجود دارد.</p> <p>✓ از نظر قوانین و دستورالعمل مشکل داریم. طراحی شبکه بیشتر تجربی انجام می‌شود. باید دستورالعمل‌های طراحی تدوین شود. ضعف اصلی شبکه توزیع طراحی است. باید طرح جامع تدوین و پیگیری شود. و بر آن نظارت شود. هم باید مشوق باشد و هم نظارت.</p> <p>✓ مهمترین دلیل استفاده از تجهیزات هوایی در حوزه خط و پست هزینه و سهولت راه‌اندازی است. در حوزه تولید پراکنده مشکل اصلی فضا است.</p> <p>✓ تجهیزات جدیدی باید در شبکه در نظر گرفته شود. که در آن‌ها مشکل استفاده داریم و باید درباره آن‌ها فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی شود و آموزش داده شود.</p> | <p><b>مهندس فرضعلی زاده</b></p>      |
| <p>✓ دانش و آگاهی شرکت‌های توزیع درباره خط و پست بالا است. در ارزیابی تجهیزات وزن مناسب به کیفیت داده نمی‌شود مثلاً یک حداقل در نظر گرفته می‌شود و هر شرکتی که بالای آن بود پذیرفته می‌شود.</p> <p>✓ رقابت در زمینه پست و خط بالا است فقط در زمینه ترانس انحصار وجود دارد.</p>   | <p><b>جناب آقای مهندس آذرنوش</b></p> |
| <p>✓ ورود به حوزه پست و خط دشوار است. فرایند صدور مجوز طولانی است.</p> <p>✓ انجمن‌ها به دلیل منافع متضاد نمی‌توانند به تصمیم یکسان برسند در نتیجه خیلی تأثیرگذار نیستند.</p> <p>✓ انتخاب پیمانکار دچار مشکل است. یعنی هر شرکتی که بالای نمره حداقل است می‌تواند در مناقصه شرکت کند. و مثلاً گرید تأثیر چندانی ندارد.</p> <p>✓ از نظر اطلاعات شفافیت وجود دارد.</p> <p>✓ یکی از دلایل رفتن به سمت پست‌های هوایی هزینه پایین‌تر نصب و راه‌اندازی است.</p> <p>✓ طراحان شبکه در طراحی شبکه به طور کامل به جزئیات دقت نمی‌کنند و می‌توان گفت که ۴۰٪ طراحی‌ها مشکل دارند.</p> <p>✓ عدم هماهنگی بین نهادهای متولی در حوزه گاز و آب و برق وجود دارد.</p>   | <p><b>جناب آقای مهندس آذرنوش</b></p> |

| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده                             |
|--|--|
| <p>✓شهرداری‌ها باید صاحبان ساختمان‌های بزرگ را ملزم کنند که فضای لازم برای نصب تجهیزات شبکه توزیع را پیش‌بینی کنند و بعد به آن‌ها مجوز بدهند. در ضمن ارائه تراکم بیش از حد در یک منطقه باعث فشار به شبکه و کاهش کیفیت آن می‌شود.</p>   |  |
| <p>✓در شرکت‌های توزیع آشنایی زیادی با فناوری‌های تک وجود ندارد. در مقابل در تجهیزاتی مثل خطوط و پست‌ها آشنایی زیاد است. توانمندی ساخت متناسب با نیاز اولیه نیست یعنی ایرانیزه شده است اما مشکلاتی از نظر کیفیت ایجاد شده است (مثلا در پست‌های کمپکت یا در سلول‌های خورشیدی تولید داخل). ورود یا معرفی تکنولوژی‌ها همیشه توسط تولیدکننده یا تامین‌کننده‌ها بوده است نه شرکت‌های توزیع. هدف این است که خود شرکت‌های توزیع نیازهای خود را شناسایی کنند و تجهیزات مورد نیاز را درخواست کنند. تولیدکنندگان داخلی توان خوبی دارند.</p> <p>✓مکانیزم نظارت وجود دارد اما در تست‌ها معمولا مینیمم الزامات تست می‌شود و نه همه مشخصات. کیفیت در حد قابل قبولی است. اما مشکل این است که در نمونه‌های غیر از تایپ تست کیفیت کار پایین می‌آید. یا این که کارفرما تجهیز را با هزینه پایین‌تری می‌خواهد. مثلا ممکن است مینیمم الزامات یک تجهیز وجود داشته باشد اما راندمان مورد نیاز را نداشته باشد.</p> <p>✓در اکثر حوزه‌ها بازار رقابتی است. بازار عرضه و تقاضا قیمت را تعیین می‌کند.</p> <p>✓شرکت‌ها تمایل دارند بیشتر از تجهیزاتی استفاده کنند که آشناتر هستند نصب آن‌ها راحت‌تر است.</p> <p>✓عرضه‌کنندگان در حوزه‌های پرهزینه وارد نمی‌شوند و به تقاضای شرکت‌های توزیع توجه می‌کنند.</p> <p>✓الزام به خصوصی‌سازی شرکت‌های توزیع انجام نشده است زیرا امکان قیمت‌گذاری دقیق فراهم نشده است از جمله دارایی‌ها، منابع انسانی، ماشین‌آلات و ...</p> <p>✓در برخی موارد پیمانکارها تعیین صلاحیت نمی‌شوند. همچنین در برخی موارد پیمانکاران به راحتی می‌توانند وارد شوند. هیچ شبکه اطلاعاتی وجود ندارد که آمار و عملکرد پیمانکاران را بررسی و پایش کند.</p> <p>✓لزومی به ایجاد مرکز هماهنگ‌کننده نیست زیرا فرایند نظارت خیلی دشوار نیست و ساختار موجود می‌تواند این کار را انجام دهد.</p> <p>✓از نظر اطلاعات شفافیت وجود دارد زیرا همه از نیاز و عرضه اطلاع دارند. مناقصات هم شفاف است.</p> | <p><b>جناب آقای دکتر گیلوانژاد</b></p>   |
| <p>✓تعداد انجمن‌های خاص شبکه توزیع اندک است و نقش آن‌ها نیز کم است.</p> <p>✓در طراحی قوانین و دستورالعمل‌ها مناسب است. اما نیاز به دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری از تجهیزات با اولویت داریم.</p> <p>✓در بخش مطالعات سیستمی دستورالعمل‌های خوبی وجود دارد اما نیاز داریم که با تشویق و نظارت شرکت‌های توزیع را ملزم به اجرای آن‌ها کنیم. می‌توان تکمیل نرم‌افزارها یا تحلیل‌ها را پیگیری کرد. باید حمایت شود تا به سرانجام برسد.</p>   | <p><b>جناب آقای دکتر گیلوانژاد</b></p>   |
| <p>✓از نظر میزان شناخت فناوری‌ها: در حوزه خط و پست بیشترین آشنایی با خطوط و پست‌های هوایی است و میزان آشنایی و شناخت در زمینه خطوط و پست‌های زمینی و پست‌های زمینی کمتر است. میزان آشنایی با ذخیره‌سازها و تجهیزات D-Facts پایین است. از نظر نحوه به‌کارگیری در پست و خط کاملا آشنایی وجود دارد. در تولید بیشترین آشنایی مربوط به انرژی‌های نو است و میزان آشنایی وجود دارد.</p> <p>✓تولید پست‌های هوایی و زمینی و کابل‌ها ۱۰۰٪ داخلی است. در خط و پست بازار رقابتی است. پست‌های هوایی، زمینی و زیرزمینی به ترتیب بیشترین هزینه را حوزه پست‌ها دارند. شبکه هوایی و شبکه</p>  | <p><b>جناب آقای<br/>مهندس شریعتی</b></p> |



| خلاصه مصاحبه   | مصاحبه‌شونده |
|--|--------------|
| <p>زمینی به ترتیب بیشترین هزینه را در حوزه خط دارند.</p> <p>✓ در حوزه تولید انحصار وجود دارد و تجهیزات انرژی تجدیدپذیر وزن بالایی دارند.</p> <p>✓ جریان اطلاعات شفاف است و بازار سالم است. دستورالعمل‌هایی تدوین شده اما در اجرا متوقف شده است. دستورالعمل الزام آور به تنهایی کارگشا نیست. مشکل اصلی شرکت‌های توزیع کمبود نقدینگی و نبود حمایت است.</p> |              |

با بررسی نظر خبرگان در هر یک از ۶ حوزه مورد بحث، چالش‌های مدنظر آن‌ها استخراج شد و پس از پالایش نظرها و حذف موارد تکراری، چالش‌های موجود در بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها شناسایی شد. چالش‌های موجود در هر یک از عناصر تشکیل‌دهنده بازار در جدول (۳-۴) ارائه شده است.

#### جدول (۳-۴): چالش‌های شناسایی شده برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

| چالش‌ها   | عناصر تشکیل‌دهنده بازار فناوری |
|---|--------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ هزینه بالای نصب و راه‌اندازی خطوط و پست‌های زمینی و زیرزمینی نسبت به خطوط و پست‌های هوایی</li> <li>✓ پایین بودن کیفیت تجهیزات وارداتی در حوزه تجهیزات تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>✓ کیفیت پایین کابل‌های خودنگهدار نصب شده در شبکه توزیع</li> <li>✓ بالا بودن هزینه استفاده از تجهیزات انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>✓ متفاوت بودن کیفیت تجهیز مورد استفاده در شبکه با سطح کیفی تایید شده در تایپ تست</li> <li>✓ نبود آزمایشگاه‌های مجهز برای تست کامل تمام مشخصات فنی تجهیز</li> <li>✓ عدم استفاده شرکت‌های توزیع از تجهیزات جدید حوزه ذخیره‌سازها و جبران‌سازها</li> <li>✓ آگاهی اندک بخش خصوصی از مزایا و اهمیت تجهیزات مرتبط با تولید پراکنده و تولید از انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>✓ عدم گردش کار مناسب جهت کنترل تجهیزات شبکه توسط خود شرکت توزیع</li> </ul> | محصولات                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کند بودن روند خصوصی‌سازی شرکت‌های توزیع به دلیل مشکل ارزیابی دارایی‌ها و قیمت‌گذاری بر روی شرکت توزیع</li> <li>✓ عدم برنامه ریزی بلندمدت شرکت‌های توزیع و تمرکز بر کاهش هزینه و حفظ شبکه</li> <li>✓ نامناسب بودن نحوه نظارت بر عملکرد پیمانکاران</li> <li>✓ عدم کنترل مناسب طراحی‌های تهیه شده برای شبکه توزیع براساس دستورالعمل‌های جاری</li> <li>✓ ضعف در اجرای دستورالعمل‌های تدوین شده</li> </ul>  | بازیگران                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ضعف اطلاعات در مورد وضعیت و مشخصات تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع</li> <li>✓ شفاف نبودن جریان اطلاعاتی مربوط به عملکرد پیمانکاران</li> </ul>  | اطلاعات                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ورود یا معرفی فناوری‌ها از سوی تولیدکننده یا تامین کننده به جای شرکت‌های توزیع</li> <li>✓ تامین، نصب، اجرا و بهره‌برداری از تجهیزات شبکه توزیع توسط پیمانکار</li> </ul>  | تبادلات                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ نامشخص بودن نحوه نظارت بر شرکت‌های توزیع خصوصی</li> <li>✓ نظارت ناکافی بر عملکرد پیمانکاران</li> <li>✓ عدم وزن‌دهی مناسب به کیفیت و قیمت در مناقصات</li> <li>✓ نامناسب بودن روش انتخاب پیمانکار</li> <li>✓ عدم نظارت دقیق بر طراحی شبکه</li> <li>✓ فرایند دشوار ورود تولیدکنندگان جدید به بازار</li> <li>✓ کمبود دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری از تجهیزات</li> <li>✓ عدم الزام شرکت‌های توزیع به استفاده از دستورالعمل‌های مربوط به بخش طراحی شبکه توزیع</li> <li>✓ عدم برنامه ریزی مناسب</li> </ul>  | نهاده‌ها                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمبود انجمن‌های تخصصی شبکه توزیع</li> <li>✓ نبود کانال ارتباطی مناسب بین اعضای کمیته تدوین دستورالعمل‌ها و بهره‌برداران</li> </ul>   | شبکه‌ها                        |

## ۲-۲- سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

طبق فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، پس از شناسایی چالش‌ها با در نظر گرفتن راهبردهای توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها و نیز نتایج اولویت‌بندی فناوری‌ها راهکارهایی در قالب سیاست‌ها و اقدامات ارائه می‌گردد. این سیاست‌ها و اقدامات به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول سیاست‌ها و اقدامات عمومی هستند که به طور کلی به رفع چالش‌های عمومی توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها می‌پردازد. دسته دوم سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مداخلات بازار (راهبردها) هستند. این دو دسته سیاست و اقدام در ادامه توضیح داده شده است.

### ۲-۲-۱- سیاست‌ها و اقدامات عمومی

همان طور که اشاره شد این سیاست‌ها و اقدامات برای رفع چالش‌های عمومی بازار فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها ارائه شده است:

۱- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

۲- راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز

۳- تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها

۴- محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها

۵- رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها

۶- تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی

شبکه توزیع کلانشهرها

۷- فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها

۸- کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها

۹- به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع

۱۰- به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای

دیگر

۱۱- بهبود ساختار زنجیره تامین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

۱۲- تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

۱۳- حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

۱۴- تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها

۱۵- تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه

۱۶- تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها

نحوه ارتباط سیاست‌ها و اقدامات عمومی و چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در

جدول (۳-۵) ارائه شده است.

**جدول (۳-۵): ارتباط سیاست‌ها و اقدامات عمومی با چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع**

#### کلانشهرها

| سیاست‌ها و اقدامات عمومی  | چالش‌ها   |
|---|---|
| ✓ راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز   | - نبود آزمایشگاه‌های مجهز برای تست کامل تمام مشخصات فنی تجهیز   |
| ✓ تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | - عدم گردش کار مناسب جهت کنترل تجهیزات شبکه توسط خود شرکت توزیع   |
| ✓ محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها   | - کیفیت پایین کابل‌های خودنگهدار نصب شده در شبکه توزیع<br>- عدم برنامه ریزی بلندمدت شرکت‌های توزیع و تمرکز بر کاهش هزینه و حفظ شبکه   |
| ✓ رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها<br>✓ تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها          | - کند بودن روند خصوصی‌سازی شرکت‌های توزیع به دلیل مشکل ارزیابی دارایی‌ها و قیمت‌گذاری بر روی شرکت توزیع<br>- نامشخص بودن نحوه نظارت بر شرکت‌های توزیع خصوصی   |
| ✓ تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها | - متفاوت بودن کیفیت تجهیز مورد استفاده در شبکه با سطح کیفی تایید شده در تایپ تست<br>- کمبود دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری از تجهیزات   |
| ✓ فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | - نامناسب بودن روش انتخاب پیمانکار<br>- عدم وزن‌دهی مناسب به کیفیت و قیمت در مناقصات<br>- نظارت ناکافی بر عملکرد پیمانکاران<br>- نامناسب بودن نحوه نظارت بر عملکرد پیمانکاران<br>- شفاف نبودن جریان اطلاعاتی مربوط به عملکرد پیمانکاران |
| ✓ کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها   | - عدم نظارت دقیق بر طراحی شبکه  |

| سیاست‌ها و اقدامات عمومی  | چالش‌ها   |
|---|---|
| ✓ به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع        | - عدم کنترل مناسب طراحی های تهیه شده برای شبکه توزیع براساس دستورالعمل های جاری<br>- ضعف در اجرای دستورالعمل های تدوین شده<br>- عدم الزام شرکت های توزیع به استفاده از دستورالعمل های مربوط به بخش طراحی شبکه توزیع |
| ✓ به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر | - ضعف اطلاعات در مورد وضعیت و مشخصات تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع  |
| ✓ بهبود ساختار زنجیره تامین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                                | - ورود یا معرفی فناوری‌ها از سوی تولیدکننده یا تامین کننده به جای شرکت های توزیع<br>- نصب، اجرا و بهره‌برداری از تجهیزات شبکه توزیع توسط پیمانکار   |
| ✓ تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                           | - فرایند دشوار ورود تولیدکنندگان جدید به بازار  |
| ✓ حمایت از تشکیل انجمن های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                        | - کمبود انجمن های تخصصی شبکه توزیع  |
| ✓ تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها   | - نبود کانال ارتباطی مناسب بین اعضای کمیته تدوین دستورالعمل ها و بهره‌برداران   |

## ۲-۲-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی

### شبکه توزیع کلانشهرها

این دسته از سیاست‌ها و اقدامات با در نظر گرفتن مداخلات تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و خرید (راهبردهای سند) پیشنهاد شده است:

- ۱- تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید
- ۲- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید
- ۳- تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع
- ۴- تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع در کلانشهرها با اولویت‌دهی به:
  - استفاده از خطوط زمینی
  - استفاده از پست‌های زیرزمینی، زمینی و کمپک
- ۵- اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی
- ۶- ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تامین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی از طریق:

• اعطای وام‌های بلندمدت کم‌بهره

• تامین بخشی از هزینه تامین، نصب و راه‌اندازی

۷- اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی شامل ارائه یارانه تولید، کاهش مالیات

۸- ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر از طریق:

• تامین بخشی از سرمایه مورد نیاز

• آگاه‌سازی بخش خصوصی در مورد اهمیت و مزایای استفاده از تجهیزات

۹- برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها

۱۰- برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبرانسازها در شبکه توزیع

۱۱- به‌کارگیری آزمایشی حداقل یک نمونه تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در هریک از شرکت‌های توزیع

کلانشهرها

۱۲- کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts

۱۳- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

۱۴- تامین و نصب تجهیزات حوزه تولید:

• با نسبت ۶۰٪ برای تجهیزات تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر

• با نسبت ۴۰٪ برای تجهیزات تولید پراکنده

۱۵- خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست:

• با نسبت ۵۰٪ برای پست‌های زیرزمینی، ۲۰٪ برای پست‌های زمینی و ۳۰٪ برای پست‌های کمپکت

• با نسبت ۹۰٪ برای خطوط زمینی و ۱۰٪ برای خطوط هوایی

۱۶- تامین و نصب تجهیزات D-Facts

لازم به ذکر است اعداد ذکر شده با توجه به جذابیت‌های بدست آمده در مرحله ۳ و جداول آماری آورده شده در آن مرحله

بدست آمده است. جدول (۳-۶) و (۳-۷) پاره‌ای از محاسبات انجام شده براساس داده‌های مرحله ۳ را نشان می‌دهد. براساس

این آمار در حال حاضر نرخ رشد سالیانه خطوط زمینی فشار متوسط در کلانشهرها ۵/۵ درصد می‌باشد. یکی از راهکارها برای

رساندن این نرخ به ۱۰ درصد و دستیابی به اولویت‌های بدست آمده با توجه به جذابیت‌ها، خرید تضمینی تجهیزات خط با



نسبت‌های گفته شده می‌باشد. در مبحث پست‌های توزیع نیز با توجه به الزامات و اولویت‌ها در پایان برنامه ۱۰ ساله حدود ۴۰٪ از کل پست‌ها زمینی خواهند بود، که این ۴۰ درصد با نسبت ۵۰٪ برای پست‌های زیرزمینی، ۲۰٪ برای پست‌های زمینی و ۳۰٪ برای پست‌های کمپکت تقسیم خواهد شد. در پایان نحوه ارتباط سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مدیریت بازار فناوری‌ها با راهبردهای سند در جدول (۳-۸) ارائه شده است.

جدول (۳-۶) وضعیت کمی خطوط فشار متوسط برق ۶ کلانشهر در سال ۱۴۰۴

| جمع خطوط شبکه فشار متوسط ۶ کلانشهر | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | درصد جز به کل ۹۲ | درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | ۱۳۹۴ با درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | ۱۴۰۴ با درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | درصد رشد ۱۴۰۴ به ۱۴۰۳ | اصلاحی درصد رشد |
|------------------------------------|-------|-------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| هوایی                              | ۲۶۳۶۹ | ۲۷۱۹۹ | ۷۵٫۹۱            | ۳٫۱               | ۲۸۹۱۱٫۴۸                  | ۴۰۴۴۹٫۷۳                  | ۰٫۴۶                  | ۲۸۸۷۹           |
| زمینی                              | ۸۱۷۸  | ۸۶۳۰  | ۲۴٫۰۸            | ۵٫۵               | ۹۶۰۴٫۷۲                   | ۱۷۳۰۸٫۵۹                  | ۱۰٫۵۳                 | ۲۸۸۷۹           |

جدول (۳-۷) وضعیت کمی تعداد ترانسفورماتورهای توزیع ۶ کلانشهر در سال ۱۴۰۴

| جمع تعداد ترانسفورماتورهای توزیع ۶ کلانشهر | ۱۳۹۱  | ۱۳۹۲  | درصد جز به کل ۹۲ | درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | ۱۳۹۴ با درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | ۱۴۰۴ با درصد رشد ۹۱ به ۹۲ | درصد رشد اصلاحی | اصلاحی درصد رشد |
|--|-------|-------|------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| هوایی                                      | ۵۵۸۶۷ | ۵۹۳۵۷ | ۷۸٫۵۲            | ۵٫۸۸              | ۶۶۵۴۲                     | ۱۰۱۴۴۲                    | ۰٫۸۰            | ۷۱۴۸۹           |
| زمینی                                      | ۱۵۹۰۶ | ۱۶۲۳۴ | ۲۱٫۴۸            | ۲٫۰۲              | ۱۶۸۹۷                     | ۲۰۱۷۷                     | ۱۱٫۴۹           | ۵۰۱۲۸           |

جدول (۳-۸): ارتباط سیاست‌ها و اقدامات مدیریت بازار با راهبردهای سند

| سیاست‌ها و اقدامات مدیریت بازار  | راهبرد   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تامین و نصب تجهیزات حوزه تولید</li> <li>✓ خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست</li> <li>✓ تامین و نصب تجهیزات D-Facts</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها</li> </ul> | تقویت بازار تجهیزات پست‌های زیرزمینی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تغییردهنده‌های آرایش شبکه با تمرکز بر تقویت طرف تقاضای این تجهیزات از سوی دولت |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع در کلانشهرها</li> </ul>                           | بهینه سازی بازار تجهیزات پست‌های زمینی و هوایی، خطوط زمینی و هوایی با تمرکز بر استقرار مکانیزم های تنظیم بازار این تجهیزات                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها</li> <li>✓ برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده</li> </ul>   | تقویت بازار تجهیزات تغییردهنده‌های آرایش شبکه و جبران‌سازها با تمرکز بر مکانیزم های تسهیل‌گری  |

| سیاستها و اقدامات مدیریت بازار   | راهبرد  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>از جبران‌سازها در شبکه توزیع</li> <li>✓ به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts در هریک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها</li> <li>✓ کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه D-Facts</li> </ul>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts</li> <li>✓ به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در هریک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها</li> <li>✓ برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها در شبکه توزیع</li> <li>✓ برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها</li> <li>✓ ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر</li> <li>✓ اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی</li> <li>✓ ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تامین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی</li> <li>✓ تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع</li> <li>✓ تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید</li> <li>✓ تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید</li> </ul> | <p>تقویت بهینه بازار پست‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازها، تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر با تمرکز بر به‌کارگیری مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری</p> <p>تقویت بهینه بازار پست‌های زیرزمینی، ذخیره‌سازها، تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر با تمرکز بر به‌کارگیری مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری</p> |

### ۳- نتیجه گیری

در این گزارش با عنوان «تدوین سیاست‌ها و اقدامات» به توضیح مرحله چهارم از طرح «تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها» پرداخته شد. در این مرحله ابتدا مبانی نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات بررسی شد. در این بخش عناصر محصولات، بازیگران، تبادلات، اطلاعات، نهادها و شبکه‌ها به عنوان عناصر تشکیل دهنده بازار توصیف شدند. در ادامه انواع سیاست‌های قابل استفاده برای توسعه فناوری با رویکرد مدیریت بازار به تفکیک مداخلات تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و خرید ارائه شد. بخش دوم گزارش به فرایند تدوین سیاست‌های و اقدامات توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها اختصاص داشت. در این بخش ابتدا چالش‌های توسعه بازار فناوری‌ها از طریق مصاحبه با ۹ نفر از خبرگان و متخصصان آشنا با این حوزه استخراج شد. سپس با پالایش و جمع‌بندی نظر خبرگان، فهرست نهایی چالش‌های توسعه بازار فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مشخص شد. در ادامه بر اساس چالش‌های به دست آمده و نیز در نظر گرفتن راهبردهای سند (مداخلات در بازار) و اولویت فناوری‌ها در هر یک از حوزه‌های خط، پست، تولید و D-Facts سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی ارائه شد.

## مراجع

- [۱]. روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲.
- [۲]. تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری' شبکه برق ایران، گروه مطالعات سیستم، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴.
- [3]. Mollering, G, Market Constitution Analysis: A New Framework Applied to Solar Power Technology Markets, Max Planck Institute for the Study of Societies, Cologne, 2009.
- [4]. Aspers, How Are Markets Made? MPIfG Working Paper, Cologne, 2009.
- [5]. OECD/IEA, Creating Markets for Energy Technologies. Paris, OECD/IEA, 2003.
- [6]. Gereffi, G, Humphrey, J, and Sturgeon, T, The governance of global value chains, Review of International Political Economy, 12(1), pp. 78-104, 2005.
- [7]. Vermeulen, S, Woodhill, J, Proctor, F.J and Delnoye, R, 'Chain-wide learning for inclusive agrifood market development: a guide to multi-stakeholder processes for linking small-scale producers with modern markets, 2008.
- [8]. Milard, H. B and Provan, K. G, "A Manager's Guide to Choosing and Using Collaborative Networks", IBM Center for The Business of Government, 2006.
- [9]. Available Online:  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/284451/OFT1113.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284451/OFT1113.pdf)

## فهرست مطالب

|   |     |
|---|-----|
| ۱-مقدمه.....  | ۱   |
| ۲-فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....                  | ۲   |
| ۱-۲-تعریف پروژه‌های اجرایی.....   | ۳   |
| ۱-۱-۲-مبنای شکستن اقدامات.....  | ۴   |
| ۲-۱-۲-ابزارهای شکستن اقدامات.....   | ۵   |
| ۳-۱-۲-بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی.....  | ۷   |
| ۲-۲-فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....                    | ۸   |
| ۳-تخصیص منابع.....  | ۱۲  |
| ۴-تقسیم کار ملی (نگاشت‌نهادی مطلوب).....  | ۱۸  |
| ۱-۴-نگاشت نهادی.....  | ۱۸  |
| ۱-۱-۴-انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی.....  | ۱۹  |
| ۲-۱-۴-مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....                       | ۲۱  |
| ۲-۴-تخصیص متولیان.....  | ۲۷  |
| ۵-ترسیم ره‌نگاشت.....   | ۳۰  |
| ۶-نتیجه‌گیری.....   | ۳۵  |
| پیوست ۱: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها |     |
| .....   | ۳۶  |
| مراجع.....  | ۱۰۱ |

### فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): فرآیند تدوین برنامه عملیاتی ..... ۲
- شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام X ..... ۳
- شکل (۱-۳): تعداد پروژه‌های پیشنهادی به تفکیک حوزه‌های فناوری ..... ۱۷
- شکل (۱-۴): ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۲۶
- شکل (۱-۵): ره‌نگاشت توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۳۳
- شکل (۳-۵): تعداد پروژه‌های پیشنهادی از منظر سال اجرا ..... ۳۴

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۹
- جدول (۱-۳): بودجه‌بندی و زمان‌بندی ..... ۱۳
- جدول (۱-۴): نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ..... ۲۴
- جدول (۲-۴): متولیان اقدامات ..... ۲۷

## ۱- مقدمه

در این بخش از سند با عنوان «تدوین ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی» با ارائه مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرآیند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هر گام می‌پردازیم که در نهایت به ترسیم ره‌نگاشت<sup>۱</sup> توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها منجر خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه ارکان جهت‌ساز (شامل اهداف کلان و راهبردها) و نیز اقدامات لازم برای تحقق آن تدوین شد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه پروژه «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری<sup>۱</sup> شبکه برق ایران»<sup>[۱]</sup>، به طور جامع به بررسی حوزه فناوری فرآیند پرداخته است و نتایج به دست آمده از آن همسو با اولویت‌های این پروژه می‌باشد، در اینجا تمرکز بر حوزه محصول و فناوری‌های مرتبط با آن بوده و راهبردها و اهداف کلان مختص این حوزه تدوین شده است.

در مرحله پنجم باید به این پرسش پاسخ داده شود که میزان منابع مالی و انسانی و نیز زمان مورد نیاز برای عملیاتی شدن اقدامات تدوین شده چقدر است. علاوه بر این باید مشخص شود که چه نهاد یا نهادهایی متولی انجام برنامه عملیاتی تدوین شده هستند. ساختار این گزارش به این صورت است، در ابتدا فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی سند شامل نحوه تعیین پروژه‌ها و نیز فهرست پروژه‌های اجرایی توضیح داده می‌شود. در گام بعدی زمان لازم برای تکمیل اقدامات یا پروژه‌ها مشخص می‌شود. در ادامه متولیان و مجریان انجام اقدامات یا پروژه‌ها بر اساس نگاشت نهادی مشخص شده تعیین می‌گردد. در نهایت، نقشه راه (ره‌نگاشت) مربوط به توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم می‌شود.

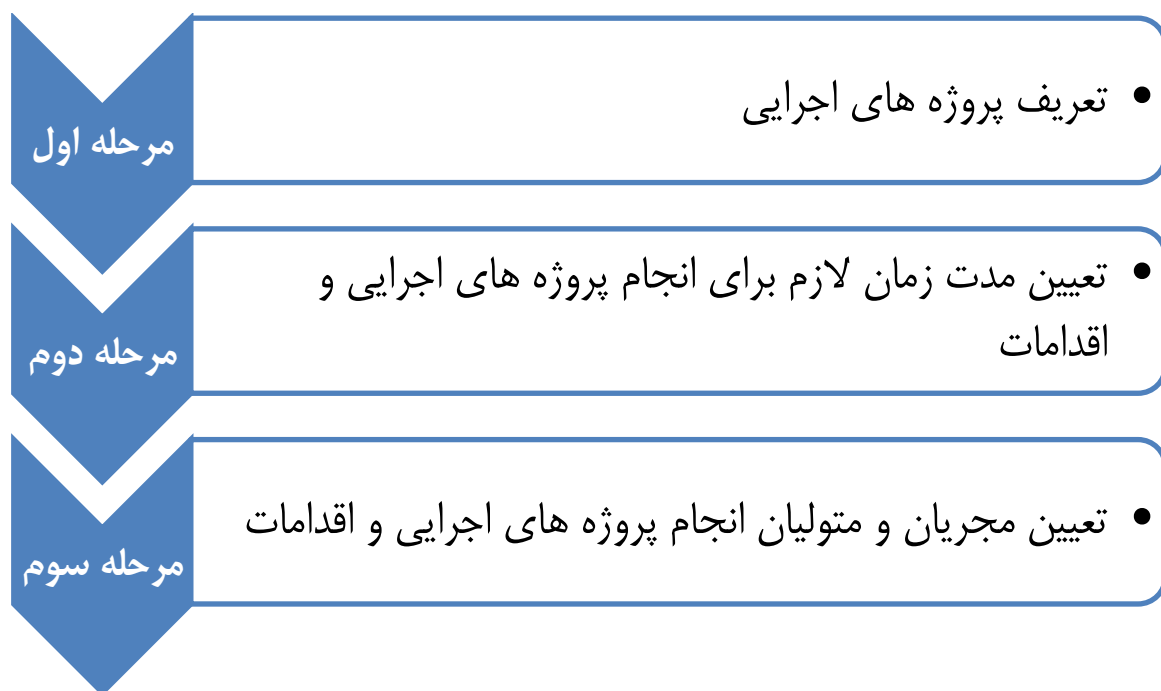
<sup>۱</sup> - Road Map



## ۲- فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع کلانشهرها

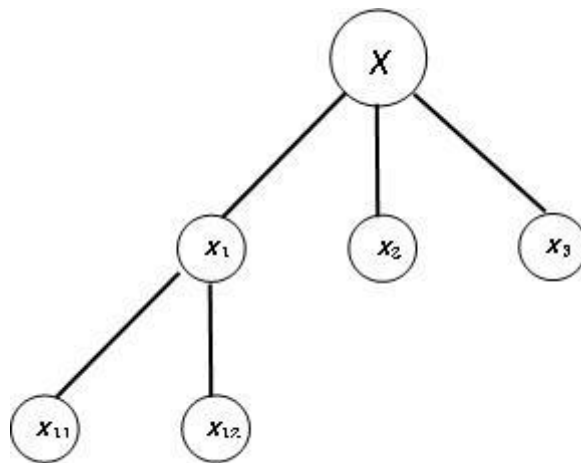
در این بخش فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها توضیح داده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در مرحله چهارم پروژه به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سال‌های مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها و اهداف کلان توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها محقق شده است. فرآیند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ابتدا آن دسته از اقدامات شناسایی شده در مرحله ۴ که قابلیت شکسته شدن به پروژه را دارند بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. در گام بعدی زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها و اقدامات مشخص می‌شود. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام اقدامات و پروژه‌ها شناسایی می‌شود.



شکل (۱-۲): فرآیند تدوین برنامه عملیاتی

## ۲-۱- تعریف پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین رو در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۲-۱) مشاهده نمود که در آن اقدام  $X$  به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام  $X$  اجرا شود را به دو صورت  $X \equiv \{X_1, X_2, X_3\}$  و  $X \equiv \{X_{11}, X_{12}, X_2, X_3\}$  ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می‌باشد. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد.



شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام  $X$

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای عمل 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.<sup>۱</sup>

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 آن امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر گردد. ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS<sup>۲</sup> می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

## ۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی<sup>۳</sup> (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی<sup>۴</sup> (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

<sup>۱</sup> - توضیحات بیشتر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

<sup>۲</sup> - Work-Breakdown-Structure

<sup>۳</sup> - Geographical Base

<sup>۴</sup> - Functional Base

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنای قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌ها شکسته شود، می‌توان از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

## 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.

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرآیندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته‌است. چنین فرآیندهایی فرآیند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

**ب) بهینه‌کاوی**

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرآیند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند - که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرآیند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

**ج) تحلیل علی معلولی**

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

**گام ۱:** در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

**گام ۲:** در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان تری هستند خودداری شود. پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید.

**گام ۳:** کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آن را تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند - و در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

↳ در یک سطح باشند

↳ غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند.

در غیر این صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

## ۲-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید 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

می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین‌رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

## ۲-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع کلانشهرها

در این بخش، فهرست پروژه‌های اجرایی ارائه می‌شود. پس از بررسی ابزارهای گوناگون معرفی شده برای شکستن اقدامات، تصمیم گرفته شده که از ابزار تحلیل علی و معلولی برای استخراج پروژه‌ها استفاده شود. البته فقط آن دسته از اقداماتی به پروژه‌های اجرایی شکسته شدند که امکان تقسیم آن‌ها به چند پروژه وجود داشت. در باقی موارد تصمیم گرفته شد تا اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود و تعیین زمان و متولیان مورد نیاز بر روی خود اقدامات انجام شود.

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود. در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

## جدول (۱-۲): پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

| تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   |  |
|---|--|
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های کمپکت   |
| ۲   | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری                                     |
| ۳   | تدوین سند راهبردی توسعه مولدهای بادی مقیاس کوچک  |
| ۴   | تدوین سند راهبردی توسعه D-Facts  |
| ۵   | تدوین سند راهبردی توسعه CHP  |
| ۶   | تدوین سند راهبردی توسعه خودروی برقی  |
| راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز   |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت   |
| ۲   | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع سلول‌های خورشیدی  |
| ۳   | تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی   |
| ۴   | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه جریان زیاد تجهیزات توزیع   |
| ۵   | تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع   |
| تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور انجام تست‌های نمونه‌ای توسط تامین‌کنندگان                                     |
| ۲   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب در شبکه توزیع توسط شرکت توزیع                   |
| محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها   |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | محاسبه قیمت خسارت خاموشی در شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس انواع تعرفه مشترکین                             |
| ۲   | تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری و محاسبه خسارات قابل پرداخت توسط شرکت توزیع ناشی از انواع خاموشی                |
| رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها  |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | بررسی و تخمین دارایی‌های شرکت‌های توزیع در هر یک از کلانشهرها  |
| ۲   | تعیین و قیمت‌گذاری بهای انرژی الکتریکی قبل فروش در هر یک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها                     |
| ۳   | تدوین دستورالعمل نظارت و هماهنگی بر شرکت‌های توزیع خصوصی در محیط تجدید ساختار یافته                      |
| تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های کمپکت                                 |
| ۲   | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری |
| ۳   | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک               |



## ادامه جدول (۲-۱):

| تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها |  |
|---|--|
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۴   | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری D-Facts   |
| ۵   | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری CHP   |
| ۶   | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودروی برقی   |
| فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | ایجاد بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها  |
| ۲   | تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها   |
| ۳   | پایش و ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها  |
| کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها   |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها مطابق با نیازها و ویژگی‌های هر کلانشهر  |
| ۲   | ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها   |
| ۳   | پایش و ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع   |
| ۴   | تدوین دستورالعمل طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها از دید انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده   |
| به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع                      |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | مطالعه شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها جهت برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل (اتوماسیون) در شبکه   |
| ۲   | مطالعه و انتخاب نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) جهت بهره‌برداری در کلانشهرها  |
| ۳   | پیاپیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها |
| به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر               |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه توزیع   |
| ۲   | ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه   |
| تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید   |  |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها   |
| ۱   | تدوین استاندارد کیفی پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها  |
| ۲   | تدوین استاندارد کیفی خطوط زمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   |
| ۳   | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   |

## ادامه جدول (۱-۲):

| تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید   |   |
|---|---|
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید پراکنده  |
| ۲   | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر                                   |
| ۳   | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق  |
| تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌های با اولویت در شبکه توزیع در کلانشهرها               |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور به کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها                      |
| ۲   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور به کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرها |
| برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها            |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات حوزه D-Facts   |
| ۲   | برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها                 |
| برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها در شبکه توزیع |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات ذخیره‌سازها در شبکه توزیع کلانشهرها                    |
| ۲   | برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها                        |
| ۳   | برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق   |
| ۴   | برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات D-Facts   |
| به کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها                     |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع  |
| ۲   | نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات ذخیره‌سازی برق در شبکه توزیع                                 |
| تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها و تنوع‌زدایی از آنها                 |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
| ۱   | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط   |
| ۲   | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست  |
| ۳   | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات D-Facts   |
| ۴   | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات تولید   |
| تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه                                    |   |
| ردیف  | عنوان پروژه‌ها  |
|   | تدوین سند برق اضطراری کلانشهرها در جهت آماده‌سازی برای مقابله با حوادث غیرمترقبه              |
|   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور مقاوم‌سازی تجهیزات توزیع کلانشهرها در برابر زلزله                  |

### ۳- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی، تخصیص منابع به معنای تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده به‌ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همان‌طور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد. با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر اقدام یا پروژه اجرایی به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق اقدامات یا پروژه‌های اجرایی از قبل تعیین شده و هر اقدام یا پروژه اجرایی می‌بایست در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. در این بخش زمان تخمینی مورد نیاز برای انجام اقدامات و پروژه‌های اجرایی در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

## جدول (۳-۱): زمان بندی

| مدت زمان (ماه) | اقدامات / پروژه‌های اجرایی   | ردیف     |
|----------------|--|----------|
| ۲۴             | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با ولولیت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                | ۱        |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های کمپکت   | پروژه‌ها |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری                             |          |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه مولدهای بادی مقیاس کوچک  |          |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه D-Facts  |          |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه CHP  |          |
| ۱۲             | تدوین سند راهبردی توسعه خودروی برقی  |          |
| ۳۶             | راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز  |          |
| ۱۸             | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت   | پروژه‌ها |
| ۲۴             | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع سلول‌های خورشیدی  |          |
| ۱۸             | تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی   |          |
| ۳۶             | ایجاد و تجهیز آزمایشگاه جریان زیاد تجهیزات توزیع   |          |
| ۱۵             | تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع                                       |          |
| ۶              | تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها               | ۳        |
| ۶              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور انجام تست‌های نمونه‌ای توسط تامین‌کنندگان                             | پروژه‌ها |
| ۶              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب در شبکه توزیع توسط شرکت توزیع کلانشهرها |          |
| ۸              | محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها  | ۴        |
| ۸              | محاسبه قیمت خسارت خاموشی در شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس انواع تعرفه مشترکین                     | پروژه‌ها |
| ۸              | تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری و محاسبه خسارات قابل پرداخت توسط شرکت توزیع ناشی از انواع خاموشی        |          |
| ۳۶             | رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها   | ۵        |
| ۲۴             | بررسی و تخمین دارایی‌های شرکت‌های توزیع در هر یک از کلانشهرها                                    | پروژه‌ها |
| ۱۲             | تعیین و قیمت‌گذاری بهای انرژی الکتریکی قابل فروش در هر یک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها            |          |
| ۶              | تدوین دستورالعمل نظارت و هماهنگی بر شرکت‌های توزیع خصوصی در محیط تجدید ساختار یافته              |          |

## ادامه جدول (۳-۱):

| مدت زمان (ماه) | اقدامات / پروژه‌های اجرایی  | ردیف     |
|----------------|---|----------|
| ۱۶             | تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                                 | ۶        |
| ۸              | به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های کمپکت  | پروژه‌ها |
| ۸              | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری  |          |
| ۸              | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک  |          |
| ۸              | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری D-Facts  |          |
| ۸              | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری CHP  |          |
| ۸              | تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودروی برقی  |          |
| ۱۲۰            | فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  |          |
| ۶              | ایجاد بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها   | پروژه‌ها |
| ۶              | تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها  |          |
| ۳ (هر سال)     | پایش و ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها   |          |
| ۱۲۰            | کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها   | ۸        |
| ۶              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها مطابق با نیازها و ویژگی‌های هر کلانشهر   | پروژه‌ها |
| ۳ (هر سال)     | ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها  |          |
| ۳ (هر سال)     | پایش و ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع  |          |
| ۱۲             | تدوین دستورالعمل طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها از دید انرژی‌های تجدیدپذیر و تولیدات پراکنده  |          |
| ۷۲             | به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع  |          |
| ۳۶             | مطالعه شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها جهت برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل (اتوماسیون) در شبکه  | پروژه‌ها |
| ۱۰             | مطالعه و انتخاب نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) جهت بهره‌برداری در کلانشهرها   |          |
| ۳۶             | پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها |          |

## جدول (۳-۱):

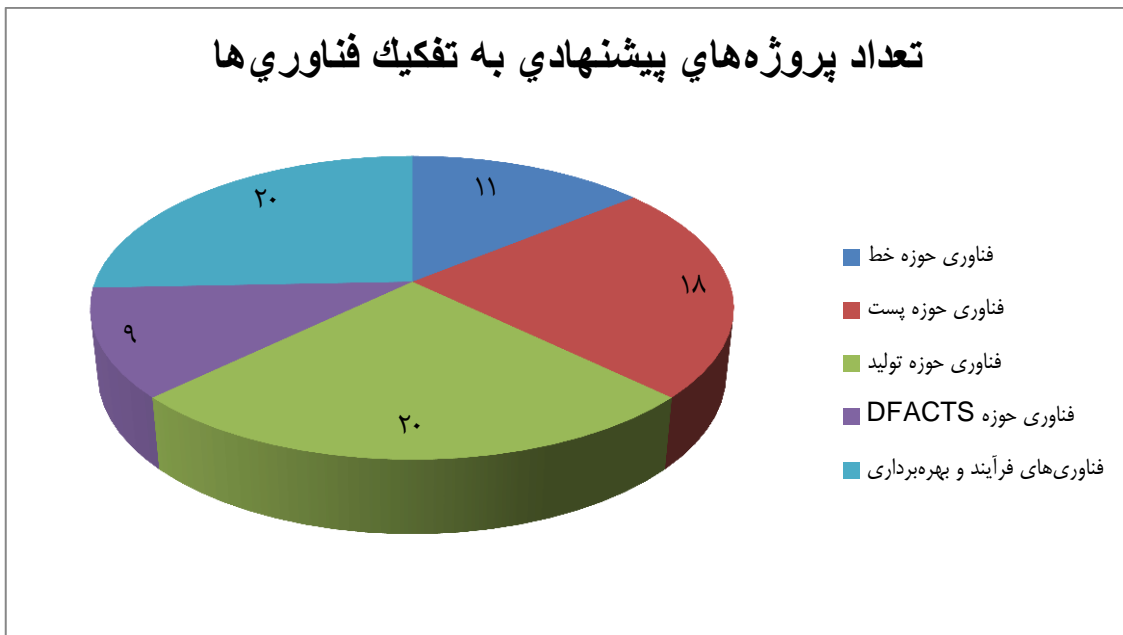
| مدت زمان (ماه) | اقدامات / پروژه‌های اجرایی   | ردیف     |
|----------------|--|----------|
| ۱۲             | به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر    | ۱۰       |
| ۱۲             | ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه توزیع       | پروژه‌ها |
| ۱۲             | ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مونتورینگ و کنترل شبکه                          |          |
| ۱۲             | بهبود ساختار زنجیره تأمین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                                   | ۱۱       |
| ۱۸             | تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                              | ۱۲       |
| ۳۶             | حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                           | ۱۳       |
| ۳۶             | تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها  | ۱۴       |
| ۱۲             | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید  | ۱۵       |
| ۱۲             | تدوین استاندارد کیفی پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                      | پروژه‌ها |
| ۶              | تدوین استاندارد کیفی خطوط زمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                                   |          |
| ۶              | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها |          |
| ۴              | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید  | ۱۶       |
| ۴              | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید پراکنده   | پروژه‌ها |
| ۴              | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر  |          |
| ۴              | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق   |          |
| ۲۴             | تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع  | ۱۷       |
| ۴              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع کلانشهرها                                    | ۱۸       |
| ۴              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها                                       | پروژه‌ها |
| ۴              | تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرها                  |          |
| ۱۲۰            | اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی                                   | ۱۹       |
| ۱۲             | تعیین ساز و کار ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی              | ۲۰       |
| ۱۰             | تعیین ساز و کار اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی   | ۲۱       |

## ادامه جدول (۳-۱):

| مدت زمان (ماه)   | اقدامات/ پروژه‌های اجرایی  | ردیف     |
|------------------|--|----------|
| ۱۲               | تعیین ساز و کار ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر                  | ۲۲       |
| ۱۲۰              | برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها           | ۲۳       |
| ۱۲۰ (سالی یکبار) | برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات حوزه D-Facts  | پروژه‌ها |
| ۱۲۰ (سالی یکبار) | برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها                          |          |
| ۱۲۰              | برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جیرانسازها در شبکه توزیع | ۲۴       |
| ۲ بار در سال     | برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات ذخیره‌سازها در شبکه توزیع کلانشهرها                             | پروژه‌ها |
| ۲ بار در سال     | برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها                                 |          |
| ۱ بار در سال     | برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق  |          |
| ۱ بار در سال     | برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات D-Facts  |          |
| ۲۴               | به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها                    | ۲۵       |
| ۲۴               | نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع   | پروژه‌ها |
| ۲۴               | نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات ذخیره‌سازی برق در شبکه توزیع  |          |
| ۴۸               | کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts   | ۲۶       |
| ۶                | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها و تنوع‌زدایی از آنها                | ۲۷       |
| ۶                | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط و تنوع‌زدایی از آنها   | پروژه‌ها |
| ۶                | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست و تنوع‌زدایی از آنها  |          |
| ۶                | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه تولید و تنوع‌زدایی از آنها  |          |
| ۶                | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات D-Facts و تنوع‌زدایی از آنها   |          |
| ۱۲۰              | تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید   | ۲۸       |
| ۱۲۰              | خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست  | ۲۹       |
| ۱۲۰              | تأمین و نصب تجهیزات D-Facts  | ۳۰       |
| ۱۸               | تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه                                   | ۳۱       |
| ۱۸               | تدوین سند برق اضطراری کلانشهرها در جهت آماده‌سازی برای مقابله با حوادث غیرمترقبه                       | پروژه‌ها |
| ۱۲               | تدوین دستورالعمل الزام‌آور مقاوم‌سازی تجهیزات توزیع کلانشهرها در برابر زلزله                           |          |

| مدت زمان<br>(ماه) | اقدامات/ پروژه‌های اجرایی                                | ردیف |
|-------------------|--|------|
| ۳۶                | تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها | ۳۲   |

با آنالیز جدول فوق می‌توان اقدامات و پروژه‌های اجرایی مورد بحث را به ۵ گروه تفکیک کرد. شکل (۱-۳) تعداد پروژه پیشنهادی را در هر یک از گروه‌ها نمایش می‌دهد. از آنجایی که فناوری‌های حوزه تولید در مرحله رشد و جنینی چرخه عمر خود قرار دارند و نیز شامل اولویت‌های این پروژه نیز می‌شوند در نتیجه همانطور که در شکل (۱-۳) مشخص شده بیشترین تعداد پروژه‌های پیشنهادی اختصاص به این حوزه و البته حوزه فناوری فرآیند دارند.



شکل (۱-۳): تعداد پروژه‌های پیشنهادی به تفکیک حوزه‌های فناوری



## ۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

پس از تعیین زمان لازم برای اجرایی شدن اقدامات و پروژه‌ها، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، متولیان اجرای اقدامات یا پروژه‌های تدوین شده برای توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها شناسایی خواهند شد. بدین منظور ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران مرتبط با این حوزه شناسایی شوند، لذا برای این کار باید نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن ارائه می‌شود، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ترسیم می‌شود. در انتها نیز متولیان اقدامات و پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص می‌شود.

### ۴-۱- نگاشت نهادی

برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد، به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی را که آن‌ها به عهده می‌گیرند نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در حوزه توسعه فناوری نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

☞ آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

☞ در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارند؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت

کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

☞ میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در

آن فعالیت نداشته باشد؟

☞ آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

☞ آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه نظام نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از موسسات مجزا که بطور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این موسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرآیند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرآیندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تامین منابع مالی به‌منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در نظام نوآوری ترسیم شده و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرآیند نوآوری بدست می‌آید.

#### ۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرآیند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

#### ب) تنظیم‌گری

تنظیم، مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

☞ تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

☞ تنظیم استانداردهای صنعتی

☞ تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثر گذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد. ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران

نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

#### ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تامین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تاثیر تامین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد.

#### د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

↪ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش فعالیت می‌کنند.

↪ ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تأمین تجهیزات مورد نیاز فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان تجهیزات باشند.

## ۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت

نهادی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ارائه می‌گردد.

## الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها در کشور

از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی نهادهای اصلی مرتبط با توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هریک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هریک از آن‌ها نهادهای فعال مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، نهادهای شناسایی شده شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هریک از آن‌ها ارائه شده است.

- ۱- هیئت وزیران
- ۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- ۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۴- شورای عالی عتف
- ۵- مجلس شورای اسلامی
- ۶- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- ۷- وزارت صنعت، معدن و تجارت
- ۸- وزارت نیرو
- ۹- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- ۱۰- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- ۱۱- معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
- ۱۲- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
- ۱۳- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
- ۱۴- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
- ۱۵- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
- ۱۶- سازمان ملی استاندارد ایران

۱۷- شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)

۱۸- معاونت هماهنگی توزیع (توانیر)

۱۹- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)

۲۰- دفتر مدیریت مصرف و خدمات مشترکین (توانیر)

۲۱- دفتر برنامه‌ریزی توزیع (توانیر)

۲۲- دفتر مهندسی توزیع (توانیر)

۲۳- دفتر پشتیبانی فنی (توانیر)

۲۴- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)

۲۵- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

۲۶- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)

۲۷- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)

۲۸- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)

۲۹- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

۳۰- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۳۱- سندیکای صنعت برق

۳۲- دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی

۳۳- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع

۳۴- شرکت‌های توزیع

### ب) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها تهیه کرد. همان‌گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

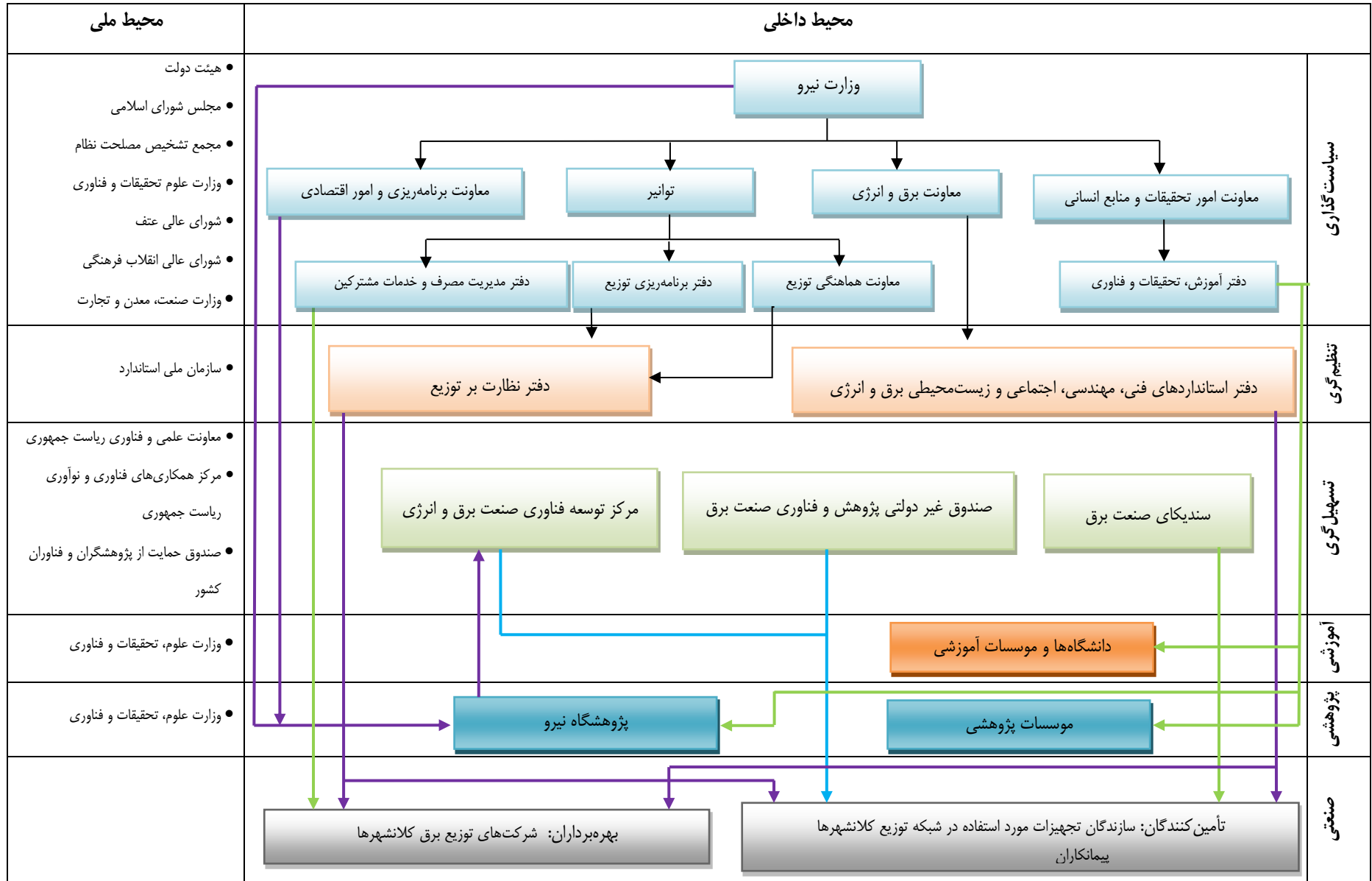


پ) شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

#### توزیع کلانشهرها:

در این بخش، تلاش شده است تا تعاملات موجود میان نهادهای مختلف موجود با توجه به نقش اصلی آن‌ها در حوزه توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها شناسایی شود. روابط بین این نهادها در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. در این شکل روابط محیط داخلی با خطوط رنگی مشخص شده‌اند، که رنگ بنفش مربوط به روابط تنظیمی نظارتی، رنگ آبی تامین مالی و رنگ سبز مربوط به روابط علمی، فنی و اطلاعاتی می‌باشد.





شکل (۴-۱): ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

## ۴-۲- تخصیص متولیان

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از اقدامات را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی اقدام با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و ... مجریان فعال هر اقدام مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

جدول (۴-۲): متولیان اقدامات

| ردیف | اقدامات   | متولی  | دستگاه همکار  |
|------|---|--|---|
| ۱    | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   | - پژوهشگاه نیرو  | - شورای عالی عتف<br>- شورای عالی انقلاب فرهنگی<br>- وزارت نیرو  |
| ۲    | راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز   | - پژوهشگاه نیرو  | - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)<br>- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)   |
| ۳    | تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | - پژوهشگاه نیرو  | - وزارت نیرو<br>- توانیر<br>- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو).  |
| ۴    | محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها   | - دفتر مدیریت مصرف و خدمات مشترکین (توانیر)                | - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)  |
| ۵    | رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها  | - سندیکای صنعت برق   | - شرکت‌های توزیع<br>- شورای عالی عتف<br>- وزارت نیرو<br>- توانیر  |
| ۶    | تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها | - پژوهشگاه نیرو  | - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)<br>- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو).<br>- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر). |
| ۷    | فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - سندیکای صنعت برق<br>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)  |
| ۸    | کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع   | - شرکت مادر تخصصی تولید،                                   | - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و  |

| ردیف | اقدامات   | متولی  | دستگاه همکار  |
|------|---|--|---|
|      | کلانشهرها   | انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)                          | انرژی (پژوهشگاه نیرو)<br>- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)   |
| ۹    | به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع        | - شرکت های توزیع   | - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)<br>- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)     |
| ۱۰   | به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر | - شرکت های توزیع   | - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)<br>- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)     |
| ۱۱   | بهبود ساختار زنجیره تأمین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                                | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - وزارت صنعت، معدن و تجارت<br>- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع   |
| ۱۲   | تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                           | - سندیکای صنعت برق   | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع<br>- شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)   |
| ۱۳   | حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                        | - سندیکای صنعت برق   | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)  |
| ۱۴   | تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها   | - شرکت های توزیع   | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- دفتر برنامه ریزی توزیع (توانیر)   |
| ۱۵   | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید   | - پژوهشگاه نیرو  | - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)<br>- سازمان ملی استاندارد<br>- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر) |
| ۱۶   | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید   | - پژوهشگاه نیرو  | - سندیکای صنعت برق<br>- وزارت صنعت، معدن و تجارت<br>- وزارت نیرو  |
| ۱۷   | تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع   | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)<br>- سازمان ملی استاندارد                                   |
| ۱۸   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌های با اولویت در شبکه توزیع در کلانشهرها                   | - پژوهشگاه نیرو  | - سندیکای صنعت برق<br>- وزارت صنعت، معدن و تجارت<br>- وزارت نیرو  |
| ۱۹   | اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی                                | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- شرکت های توزیع  |
| ۲۰   | تهیه ساز و کار ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع   | - شرکت مادر تخصصی تولید،                                   | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)  |

| ردیف | اقدامات   | متولی  | دستگاه همکار  |
|------|---|--|---|
|      | جهت تأمین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی  | انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)                          | - شرکت های توزیع  |
| ۲۱   | ساز و کار اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی  | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع   |
| ۲۲   | ساز و کار ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر                         | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - سندیکای صنعت برق<br>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)  |
| ۲۳   | برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها            | - شرکت‌های توزیع   | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع   |
| ۲۴   | برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها در شبکه توزیع | - سندیکای صنعت برق   | - دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی<br>- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  |
| ۲۵   | به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها                     | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - شرکت‌های توزیع  |
| ۲۶   | کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts  | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - شرکت‌های توزیع  |
| ۲۷   | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                                      | - پژوهشگاه نیرو  | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع<br>- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- شرکت‌های توزیع<br>- سندیکای صنعت برق |
| ۲۸   | تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید  | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع              | - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)  |
| ۲۹   | خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست   | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع<br>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)<br>- شرکت‌های توزیع     |
| ۳۰   | تأمین و نصب تجهیزات D-Facts   | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های توزیع<br>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)<br>- شرکت‌های توزیع     |
| ۳۱   | تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه                                    | - پژوهشگاه نیرو  | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- شرکت‌های توزیع<br>- وزارت نیرو  |
| ۳۲   | تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها  | - شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر) | - دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)<br>- شرکت‌های توزیع<br>- پژوهشگاه نیرو   |

## ۵- ترسیم ره نگاشت

آخرین گام در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی ترسیم ره نگاشت است. ره نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده ره نگاشت می‌باشند.

همان‌گونه که در ابتدا عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچ‌گاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است. اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند. حال آن که پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آنچنان که در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک ساز و کار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرآیند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرآیند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه ره نگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنان که استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود.

نظر به اهمیت تهیه ره نگاشت در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از ره نگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه ره نگاشت را بیان می‌کنیم.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم ره‌نگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، ره‌نگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم ره‌نگاشت ارائه شده است:

الف) ره‌نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره‌نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای<sup>۱</sup> موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) ره‌نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) ره‌نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

ه) ره‌نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، ره‌نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگرچه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مولفه‌های یک ره‌نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره‌نگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که ره‌نگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزئی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

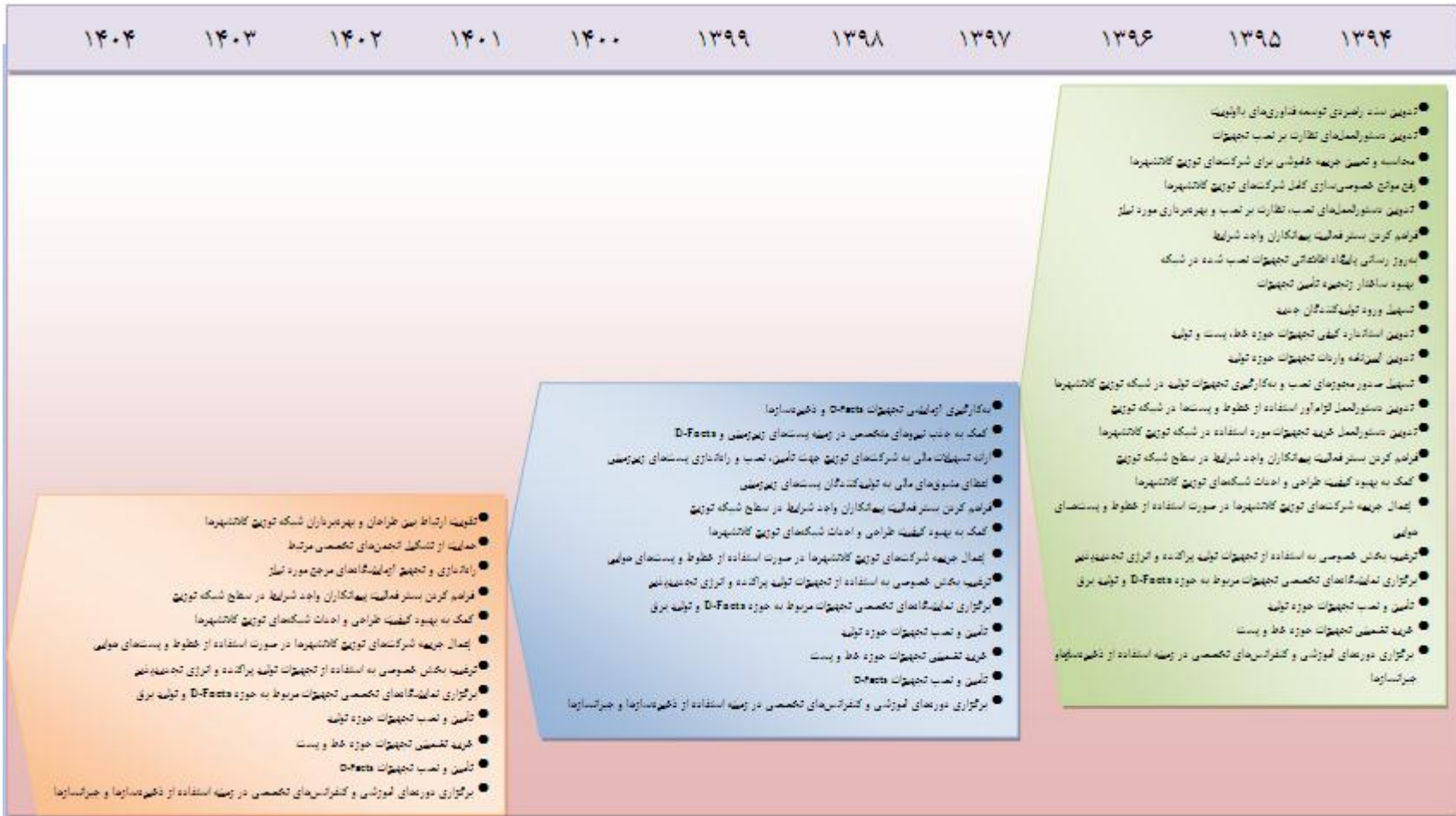
در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص<sup>۲</sup> موجود در مسیر، به

<sup>۱</sup> - Deadline

<sup>۲</sup> - Milestone

توصیف هرچه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

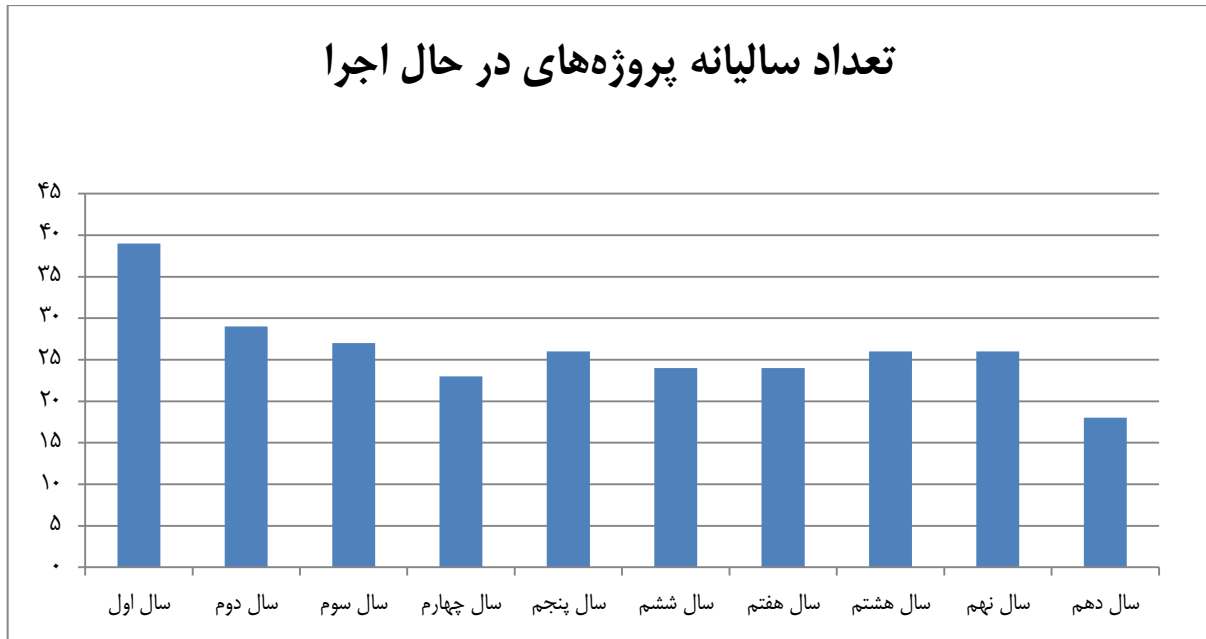
با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، ره‌نگاشت توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این نقشه راه در شکل (۱-۵) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۱-۵) نشان داده شده، این ره‌نگاشت شامل سه مرحله می‌باشد. تلاش شده است که در این سه مرحله اقدامات اولیه و بنیادین در مرحله اول و ارزیابی و نظارت در مرحله پایانی جای داشته باشند. البته لازم است پاره‌ای از اقدامات در نظر گرفته شده هر ساله انجام شوند در نتیجه در هر سه مرحله بازه زمانی آورده شده‌اند.



شکل (۵-۱): رهنگاشت توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها



اگر داده‌های مربوط به زمان متعلق به هر کدام از اقدامات و پروژه‌های اجرایی پیشنهادی از منظر سالیانه بررسی شود، شکل (۲-۵) به دست می‌آید. شکل (۲-۵) تعداد پروژه‌های در حال اجرا در هر سال را نشان می‌دهد.




شکل (۲-۵): تعداد پروژه‌های پیشنهادی از منظر سال اجرا

## ۶- نتیجه گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها»، برنامه عملیاتی و نقشه راه سند تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل شناسایی پروژه‌های اجرایی و تعیین زمان مورد نیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی سند توضیح داده شد. در ابتدا پروژه‌های اجرایی قابل تعریف در ذیل اقدامات استخراج شدند. پس از این مرحله زمان‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. زمان مورد نیاز آن دسته از اقداماتی که به پروژه‌های اجرایی شکسته شدند بر اساس زمان پروژه‌های تعریف شده ذیل آن اقدام تعیین شد. در مورد اقداماتی که به پروژه‌های اجرایی تقسیم نشدند زمان‌بندی بر روی خود آن اقدام انجام شد. در گام بعدی فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات مشخص شدند. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها مشخص شد و نگاشت نهادی این سند ترسیم شد. در نهایت با توجه به زمان مورد نیاز تکمیل هر یک از اقدامات، ره‌نگاشت توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

## پیوست ۱: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه

### فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

وزارت نیرو 

وزارت نیرو یکی از مهمترین وزارت خانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارت خانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت تامین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهمترین هدف این وزارت خانه محسوب می‌شود. اما می‌توان مهمترین اهداف وزارت نیرو را به شرح زیر در چند محور ذکر کرد:

☞ حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.

☞ رضایت و اقناع مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.

☞ بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

☞ تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

☞ دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

ووظایف و ماموریت‌های این وزارتخانه در بخش برق شامل موارد زیر می‌باشد:

☞ سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستا های سراسر

کشور

☞ بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها، سیاست‌ها، برنامه‌ها، قوانین و آیین‌نامه‌های صنعت برق و

تعرفه‌های بهای مصرف و اشتراک برق به طور سالیانه جهت ارایه به دولت و مجلس و اجرای آنها

☞ برنامه‌ریزی جهت انجام طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با فعالیت شرکت و هماهنگی و برنامه‌ریزی آموزشی

بمنظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور

☞ جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و ایجاد زمینه‌های لازم برای مشارکت بخش خصوصی در اجرای طرح‌های تولید

و انتقال برق در سراسر کشور.

☞ عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء

فعالیت‌های صنعت برق کشور

☞ هدف‌مند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

☞ سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای

پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

✚ معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش انرژی:

☞ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه صیانت و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی کشور

☞ برنامه‌ریزی کلان انرژی کشور به منظور حصول اطمینان از تامین و عرضه انرژی مورد نیاز بخش‌های گوناگون

☞ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای شناسایی و در اختیار گرفتن انرژی‌های دست نیافته (انرژی‌های نو) و حمایت و

ترویج کاربرد آن

☞ نظارت بر نحوه استفاده از انواع انرژی به منظور رعایت رفاه مردم و حفظ منابع انرژی کشور

☞ تعیین الگوی مصرف انواع انرژی با رعایت مصالح کشور و حفظ حقوق مردم

☞ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به منظور مدیریت مصرف انرژی

☞ تدوین استانداردها و مقررات لازم برای تولید، مصرف و تبدیل انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی و اجتماعی

☞ حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در بخش انرژی

☞ تولید آمار و اطلاعات پایه بخش انرژی و تسهیل دسترسی به آنها

☞ برنامه‌ریزی برای اصلاح ساختار مصرف انرژی و اعطای تسهیلات مالی و فنی لازم در بخش انرژی

☞ حذف انحصار، ایجاد و توسعه رقابت و حمایت از بخش غیردولتی برای مشارکت در فعالیت‌های بخش انرژی با

هدف افزایش کارایی و حفظ حقوق مردم

☞ تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین مرتبط با بخش انرژی

☞ تعیین نرخ انواع انرژی

کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه

ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

وظایف حاکمیتی بخش برق:

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تامین برق مورد نیاز

تصویب و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای تنظیم اثرات خارجی صنعت و رعایت حقوق مشترکین و مصالح جامعه و نظارت بر اجرای آنها در زمینه‌های فنی، زیست محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین

کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها

تصویب تعرفه‌های فروش برق

تهیه و تصویب مقررات و آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر اجرای آنها

ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آنها وجود دارد

تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق

تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق

نظارت بر اجرای قوانین و برنامه‌ریزی برای تحقق سیاست‌های مصوب کشور در رابطه با صنعت برق و تامین هزینه اجرای سیاست‌ها و طرح‌های غیراقتصادی از دید بنگاه برق

حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در صنعت برق

ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی

تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط

ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

دسترسی دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره‌گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم پردازد. بطور کلی

نتایج نهایی فعالیت‌های صنعت برق از طریق کارآمدی و اثربخشی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت آشکار می‌شود و جامعه و مسئولین آن را از دو طریق درک می‌نمایند:

↪ تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

↪ تاثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی.

برای دستیابی به این نتایج، امور برق و انرژی وزارت نیرو در موارد زیر بر صنعت برق و تعاملات آن نظارت عالییه داشته و اعمال حاکمیت می‌نماید:

↪ حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق

↪ حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور

↪ بهره‌وری بخش عرضه برق

↪ مدیریت تقاضای برق

↪ تعاملات صنعت برق با محیط‌زیست

↪ خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق

↪ بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)

↪ توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

ابزار معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو برای نظارت عالییه و اعمال حاکمیت عبارتند از: ۱. سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌های ملی، مقررات، استانداردها، ضوابط فنی، نقشه‌های راه فناوری، نظامنامه‌ها، آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، ایجاد شرایط مناسب ملی و بین‌المللی.

دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی، به عنوان یک دفتر از معاونت امور برق و انرژی، مسئولیت تدوین استانداردها و مقررات فنی، مدیریت ظرفیت‌سازی برای استقرار و تحقق و نیز نظارت بر اجرا و بهبود مداوم آنها را، در تمامی موارد هشت‌گانه فوق، با اثرگذاری مستقیم و یا با واسطه، بر عهده دارد.

ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمان‌ها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام پذیرد بلکه استفاده از شبکه‌ها و ظرفیت‌های محلی و خصوصی نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد که در این زمینه‌ها نیز استانداردها و مقررات فنی کاربرد گسترده‌ای دارند

✚ معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی بخش برنامه‌ریزی و امور اقتصادی :

- ↪ مطالعات و آینده‌نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- ↪ تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
- ↪ تلفیق برنامه‌های کوتاه مدت و میان مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
- ↪ تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
- ↪ نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- ↪ تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- ↪ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
- ↪ برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
- ↪ مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
- ↪ تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- ↪ انجام امور مربوطه به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه
- ↪ نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- ↪ مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
- ↪ مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- ↪ تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- ↪ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- ↪ تدوین سیاست‌های راهبردی بازار آب و برق
- ↪ تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- ↪ تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق
- ↪ مطالعات و آینده‌نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق

- ☞ تلفیق برنامه‌های کوتاه مدت و میان مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
- ☞ تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
- ☞ نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- ☞ تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- ☞ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
- ☞ برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
- ☞ مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
- ☞ تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- ☞ انجام امور مربوطه به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه
- ☞ نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- ☞ مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
- ☞ مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- ☞ تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- ☞ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- ☞ تدوین سیاست‌های راهبری بازار آب و برق
- ☞ تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- ☞ تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق

🏆 معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی

وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی:

- ☞ برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق
- ☞ تدوین سیاست‌ها و راهبری منابع انسانی
- ☞ مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی



- ↳ بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان
- ↳ مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی
- ↳ راهبری تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری
- ↳ مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو
- ↳ تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق
- ↳ تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق
- ↳ ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق
- ↳ تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری
- ↳ تدوین و استقرار نظام راهبری و توسعه آموزش
- ↳ راهبری برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت
- ↳ هدایت هیات‌های اماناء مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
- ↳ مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
- ↳ تدوین نظام ارتباطات بهنگام در صنعت آب و برق
- ↳ تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو
- ↳ مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه
- ↳ ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن
- ↳ مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

📌 دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی)

ماموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با

این ماموریت عبارت است از

- ↳ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↳ تسهیل و بهینه‌سازی فرآیند انجام آموزش، تحقیقات و فناوری

- ☞ تعمیق و توسعه فعالیت‌های آموزش، تحقیقات و فناوری
- ☞ بررسی و تحلیل نیازهای آموزش، تحقیقات و فناوری
- ☞ تسهیل و تنظیم تعاملات آموزش، تحقیقات و فناوری
- ☞ پایش، ارزیابی و تحلیل وضعیت آموزش، تحقیقات و فناوری

#### توانیر

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

☞ بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان مدت صنعت برق و ارایه آن به وزارت نیرو

☞ اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو

☞ تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارایه آن به وزارت نیرو جهت اخذ مجوز

☞ سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق.

☞ اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی تأسیسات.

☞ راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای

توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق.

☞ تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو

☞ خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه

- ☞ اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش فروش انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذیربط .
- ☞ مدیریت، توسعه و تأمین منابع مالی صنعت برق و استفاده بهینه از این منابع از طریق برقراری تسهیلات و گردش منابع مالی فی‌مابین شرکت و شرکت‌های زیرمجموعه
- ☞ انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری.
- ☞ بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع‌رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور
- ☞ حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان موردنیاز صنعت برق کشور.
- ☞ حمایت از تحقیقات و فعالیت‌های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل موثر در بهبود مدیریت و بهره‌وری صنعت برق کشور.
- ☞ مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیر مجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت.
- ☞ نظارت بر امور مدیریت و نظام مالی شرکت‌های زیرمجموعه و انجام بازرسی و حسابرسی‌های لازم.
- ☞ تدوین مقررات و استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای حسن اجرای امور و استفاده بهینه از امکانات و تأسیسات صنعت برق و ارایه آنها به وزارت نیرو و همچنین انجام عملیات لازم به منظور نظارت بر اجرای آنها به نمایندگی وزارت نیرو
- ☞ پیشنهاد و پیگیری درخواست‌های عمومی صنعت برق از دولت
- ☞ انجام هرگونه عملیات مالی، معاملات، سرمایه‌گذاری، تشکیل شرکت، مشارکت در مؤسسات و شرکت‌های دیگر که مرتبط با موضوع شرکت باشد، با رعایت مقررات مربوط.
- ☞ مبادرت به هرگونه فعالیت که با هدف شرکت مرتبط باشد

معاونت هماهنگی توزیع (توانیر):

اهداف بنیادی بخش توزیع در صنعت برق :

بخش توزیع نیرو به سبب آنکه رابط بین صنعت برق و مشترکان است نقشی چند سویه بر عهده دارد: نخست نقش فنی برای نگهداری، راهبری و توسعه شبکه‌های توزیع، دوم پذیرش و خدمات رسانی به مشترکان و تامین رضایت ایشان و فروش انرژی برق به عنوان یک کالای اقتصادی و سوم حفظ ارتباط و هماهنگی با بخش‌های بالادست صنعت به طوری که مجموعه صنعت برق از این رهگذر بتواند به فرایند تولید و عرضه برق ادامه دهد و راه را برای توسعه خود هموار سازد بدیهی است هدایت و راهبری این حجم فعالیت در گستره پهناور میهن اسلامی ۱. سیاست‌گذاری منسجم و هماهنگی مستمری را طلب می‌نماید. از این رو شرکت توانیر با تشکیل دفاتری به شرح زیر توجه ویژه‌ای به این بخش نموده است

↳ دفتر برنامه‌ریزی توزیع

↳ دفتر پشتیبانی فنی توزیع

↳ دفتر نظارت بر توزیع

↳ دفتر مدیریت مصرف و خدمات مشترکین

مجموعه این دفاتر با راهبری معاونت هماهنگی توزیع وظیفه هدایت بخش توزیع در جهت کاهش عملیات اجرائی و تقویت نظام‌های مدیریتی با تکیه بر ابزار برون سپاری، عملیات اجرائی و به کارگیری مراکز ظرفیت‌های مشاوره‌ای و پیمانکاری بخش خصوصی را بر عهده دارند

اهداف دفاتر مدیریت توزیع

↳ دفاتر مدیریت توزیع در سال ۱۳۸۲ با برنامه‌های مشخص به ویژه اصلاح زیر ساختارها، کاملاً هدفمند و هماهنگ حرکت سازمانی خود را به شرح زیر شروع نموده‌اند:

↳ هدف‌گذاری و کنترل خاموشی‌ها به منظور کاهش میزان انرژی‌های تامین نشده با استفاده از یکسان‌سازی دستورالعمل‌ها و نرم افزارهای ثبت اطلاعات

↳ سنجش و اولویت‌بندی نیازها با شناسایی نقاط ضعف در بخش مهندسی توزیع و تشکیل کمیته‌های تخصصی به منظور یافتن راهکارهای عملیاتی و کاربرد فناوری‌های جدید در توزیع

بهبود نظام وصول درآمدها با رعایت طرح تکریم با استفاده از ارتقاء سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری لوازم اندازه‌گیری، قرائت و وصول و ایجاد نمایندگی‌های خدمات مشترکین .

گسترش فرهنگ ایمنی با اعمال سیاست‌های پیشگیری و آموزش با استفاده از ابزار مدیریتی و تجزیه و تحلیل حوادث، تدوین و یکسان‌سازی دستورالعمل‌های ایمنی و استانداردهای لوازم و ابزار در کنار بسترسازی برای پذیرش نظارت مستمر توسط کاربران

ارتقاء برنامه ریزی توزیع با دیدگاه فنی اقتصادی با استفاده از تدوین هدفمند بودجه نویسی در بخش جاری و سرمایه‌گذاری توزیع و ایجاد ابزار لازم برای کنترل برنامه و بودجه که این بخش از کاراز طریق تشکیل کمیته‌های تخصصی و برگزاری سمینارهای عمومی و انتقال تجربیات بین شرکت‌ها انجام گردید

دفتر نظارت بر توزیع

#### اهداف

ایجاد و ارتقاء نظام‌های مکانیزه جهت ثبت و تحلیل حوادث و تکمیل و توسعه مراکز فوریت برق و دیسپاچینگ های توزیع

سیاست‌گذاری در حوزه دیسپاچینگ و مراکز فوریت برق

توسعه، تکمیل و تحول و بهبود مستمر نظام‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات شبکه‌های توزیع

تدوین برنامه‌ها، راهبردها و ایجاد زیر ساخت‌های لازم جهت ارتقاء نظام ارزیابی و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع

تدوین راهبردها و دستورالعمل‌ها و ایجاد زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی نظام انگیزش جهت بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع (PBR)

توسعه روش‌های نظارتی به منظور حصول اطمینان از بکارگیری روش‌های مناسب جهت رسیدگی سریع به خاموشی‌ها و کاهش انرژی‌های تامین نشده

یکسان‌سازی و ایجاد زبان مشترک در نظام گردآوری اطلاعات مرتبط با انرژی‌های تامین نشده

توسعه بکارگیری و معرفی عیوب روش‌های نو جهت کاهش خاموشی‌ها، بکارگیری روش‌های مناسب آشکارسازی عیوب

آموزش و بازآموزی نیروی انسانی به منظور ارتقاء سطح کیفی و کمی خدمات در اجرای فعالیت‌های بهره‌برداری و سرویس‌دهی به مشترکین

بازنگری و ارتقاء دستورالعمل‌های بهره‌برداری با تاکید بر سخت‌گیری در اعمال خاموشی‌ها

انجام تعاملات فنی و علمی با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی داخلی و بین‌المللی و ایجاد رویه‌های توسعه بکارگیری مشاوران مجرب بخش خصوصی در حوزه بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع

ایجاد و اجرای نظام‌های نظارتی در حوزه بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع برق

نظارت و فرهنگ‌سازی درون و برون سازمانی در ایمنی شامل کارکنان سازمان، پیمانکاران، مردم و مشترکین به منظور ایجاد و گسترش فرهنگ ایمنی

اقدامات راهبردی در جهت پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی و کاهش ضایعات و بهداشت کار

تشکیل و فعال نمودن کمیته‌های تخصصی بهره‌برداری و ایمنی

آموزش و بازآموزی کارکنان به منظور ارائه خدمات بدون حادثه

ارسال به موقع و کامل گزارش وقوع یا عدم وقوع حادثه و تجزیه و تحلیل کاربردی حوادث و مستند نمودن و اطلاع‌رسانی موثر به منظور جلوگیری از تکرار حوادث

مدیریت بحران

#### صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

این صندوق در تاریخ ۱۳۸۳/۱۱/۴ بر اساس مجوز ماده ۱۰۰ قانون برنامه سوم توسعه بصورت موسسه غیر تجاری تاسیس و تحت شماره ۱۷۷۱۳ به ثبت رسیده است. سرمایه صندوق توسط واحدهای فعال در زمینه‌های مختلف صنعت برق بشرح زیر تامین شده است:

شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

شرکت مادر تخصصی مدیریت تهیه و ساخت کالای آب و برق (ساتکاب)

↪ شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)

↪ شرکت سرمایه‌گذاری صنایع برق و آب (صبا)

↪ شرکت ایران ترانسفو

#### هدف از تشکیل:

هدف صندوق عبارتست از حمایت از فعالیت‌های محققین و طرح‌های تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق بمنظور:

↪ تولید و توسعه دانش فنی.

↪ ارتقاء سطح فناوری.

↪ جذب، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین جهان.

#### انواع حمایت‌ها:

↪ اعطای تسهیلات اعتباری (بصورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرح‌های تحقیقاتی.

↪ اعطای پیمانانه سود برای طرح‌های تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند.

↪ صدور ضمانتنامه و تضمین برای بازپرداخت تسهیلات دریافتی طرح‌های تحقیقاتی از سایر منابع مالی و اعتباری کشور.

↪ مشارکت، سرمایه‌گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر بمنظور اجرای طرح‌های تحقیقاتی.

#### شروط کلی:

↪ برخورداری از حمایت‌های صندوق مشروط به رعایت اولویت‌های بخش برق کشور و احراز صلاحیت‌های لازم از

جمله اثبات توجیه پذیری طرح و توانایی مجریان می‌باشد.

#### اولویت‌های اصلی در پذیرش طرح‌ها:

↪ طرح‌های پژوهشی کاربردی.

↪ طرح‌های تدوین دانش فنی.

↪ طرح‌های تولید نمونه آزمایشگاهی.

↪ طرح‌های تولید نمونه نیمه صنعتی.

← طرح‌های پژوهشی توسعه ای.

← توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین.

#### سندیکای صنعت برق

سندیکای صنعت برق ایران یک نهاد صنفی، متشکل از ۴۷۰ شرکت سازنده تجهیزات، پیمانکار و مشاور صنعت برق است که در راستای دفاع از منافع مشروع اعضای خود و بر اساس نقش و جایگاه تشکل‌های صنفی در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور، افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در صنعت برق از طریق ساماندهی بخش خصوصی و تعمیق مشارکت و شکل‌دهی به سرمایه اجتماعی در میان خانواده صنعت برق ایران را دنبال می‌کند.

#### اهداف سندیکا:

اهداف سندیکای صنعت برق ایران بطور کلی به چهار بخش نمایندگی از اعضا، تمهید مشارکت اعضا، ارائه خدمات به اعضا و تنظیم و توسعه صنعت برق کشور تقسیم‌بندی می‌شود. اهم اهداف سندیکا عبارتند از:

← دفاع از حقوق و حمایت از منافع اعضا

← پیگیری رشد و توسعه منظم و همه جانبه صنعت برق کشور، به ویژه با تأکید بر اجرای ابلاغیه اصل ۴۴ قانون

#### اساسی

← مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم‌گیری دولت در تدوین آیین‌نامه‌ها و مقررات مرتبط با صنعت برق

← حمایت از ساخت داخل و تکنولوژی ملی با تأکید ویژه بر هم افزایی ظرفیت‌های موجود

← ساماندهی فعالیت اعضا در راستای بهبود کیفیت تولید و خدمات

← ایجاد فرصت‌ها و ظرفیت‌های جدید اقتصادی و تجاری در حوزه صنعت برق کشور

← گسترش رایزنی و مذاکره با مراکز تصمیم‌سازی کشور به منظور ایفای نقش موثر در فرآیند سیاست‌گذاری عمومی

صنعت برق ایران و پایش تصمیمات در این زمینه

← تقویت بنیه صادراتی صنعت برق، به نحوی که دسترسی شرکت‌های بزرگتر به بازارهای خارجی افزایش یافته و

زمینه کسب و کار داخلی برای شرکت‌های کوچکتر توسعه یابد

← تلاش برای حذف انحصار و شکل‌گیری شرایط متوازن و رقابتی در حوزه صنعت برق



☞ تلاش در جهت گشودن افق‌های تازه کارآفرینی همچون بهینه‌سازی، کاهش تلفات و برق هوشمند و توسعه

انرژی‌های تجدیدپذیر

☞ ترویج ارتباط نزدیک‌تر میان اعضا و گسترش تفاهم، درون خانواده صنعت برق

☞ ایجاد ظرفیت‌های آموزشی برای رشد و به روز نگه‌داشتن توانایی‌ها، تخصص‌ها و ظرفیت‌های علمی و فنی اعضا

☞ تلاش در ایجاد وفاق و حفظ منافع مشترک بمنظور حضور توانمند و متحد در بازارهای منطقه

☞ اطلاع‌رسانی و آموزش قوانین، بخشنامه‌ها و تغییرات مرتبط با صنعت برق برای اعضا

#### پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تاسیس گردید.

پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران برگزار می‌کند.

پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولیدنیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش

آموزش عالی بطور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط زیست"

و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد "مراکزشیمی و مواد"، "توسعه فناوری

توربین‌های بادی" و "آزمایشگاه‌های مرجع" فعالیت‌های خویش را توسعه بخشید.

با توجه به نقش زیربنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه‌های

بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به

فناوری‌های نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود همراستا با خواسته‌ها و برنامه‌های استراتژیک وزارت نیرو و

برنامه توسعه پنجم کشور نموده و در سال ۱۳۸۷ پس از تبیین بیانیه‌های مأموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های سازمانی با تحلیل

محیط داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال

۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به

چشم‌انداز را هموار نموده است.

فلسفه وجودی ماموریت پژوهشگاه نیرو شامل ارتقاء فناوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت‌پذیری و بهره‌وری صنعت برق و انرژی کشور است. محصولات و خدمات این ماموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق:

- ☞ انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق و انرژی
  - ☞ اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی
  - ☞ مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی
  - ☞ آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
  - ☞ اکتساب فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
  - ☞ تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بکارگیری در صنعت برق و انرژی
  - ☞ تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستم‌های صنعت برق و انرژی
  - ☞ طراحی و توسعه زیرساخت‌های موردنیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی
  - ☞ ایجاد و توسعه شبکه فناوری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و قطب‌های علمی پژوهشی داخل و خارج کشور
- درحوزه صنعت برق و انرژی

☞ مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو):

از جمله اهداف و ماموریت‌های مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ☞ رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکت‌های فناور مستعد
- ☞ فراهم نمودن زمینه ارتقاء کمی و کیفی آنها در جهت تکمیل چرخه توسعه فناوری آنها
- ☞ حاکمیت دیدگاه کاربردی، تفکر تجاری‌سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیت‌های علمی و پژوهشی
- ☞ استقرار چهارچوب‌های مدیریتی و اقتصادی در پروژه‌ها و طرح‌های فنی
- ☞ استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش‌های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
- ☞ روان سازی مقررات و تسهیل فرآیندهای کاری و مدیریتی مربوط
- ☞ ایجاد و راهبری شبکه ملی مراکز رشد مرتبط با حوزه برق و انرژی

☞ هموار نمودن مسیر توسعه کسب و کار بین‌المللی

☞ کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

#### ☛ معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست جمهور وقت و با استناد به اصل ۱۲۴ قانون اساسی تشکیل گردید. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری زیر نظر رئیس جمهور قرار دارد و به منظور هماهنگی و هم‌افزایی امور علمی و فناوری در کل کشور تشکیل شده است که از وزارتخانه‌ها و سایر دستگاه‌های اجرایی کشور مجزا می‌باشد و از ۵ معاونت تشکیل شده که عبارتند از: معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی، معاونت توسعه فناوری، معاونت نوآوری و تجاری‌سازی، معاونت امور بین‌الملل و تبادل فناوری و معاونت توسعه مدیریت و منابع. دفتر سیاست‌گذاری معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی نقش سیاست‌گذار را بر عهده دارد. اهداف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

☞ ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور

☞ ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن

☞ توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی

☞ ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و نوآوری

#### نوآوری

☞ تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان

☞ توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور

☞ اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری

وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

☞ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

🔗 هدف‌مندسازی، هدایت و توسعه پژوهش‌های کاربردی، تقاضا محور و مأموریت‌گرا و کمک به تجاری‌سازی نتایج

آنها

🔗 توسعه دیپلماسی علم و فناوری و ارتباطات بین‌المللی و توسعه سرمایه‌گذاری خارجی در طرح‌های دانش

بنیان، هدایت سرمایه‌های انسانی و مالی ایرانیان خارج از کشور و توسعه شبکه‌های بین‌المللی علم و فناوری به ویژه

در جهان اسلام با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط

🔗 توسعه ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تأمین مالی لازم در اقتصاد دانش بنیان

🔗 تحریک تقاضا، بازارسازی و تضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش‌بنیان

🔗 رصد فرصت‌های بین‌المللی بمنظور توسعه فناوری به ویژه شناسایی و کسب فناوری‌های نوظهور با هماهنگی و

همکاری دستگاه‌های ذیربط

🔗 انجام اقدامات لازم جهت توسعه اولویت‌های علم و فناوری نقشه جامع علمی کشور

🔗 مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای

دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادها، ارزیابی تکنولوژی، اطلاع‌رسانی داخلی و آموزش

کارکنان ایجاد گردید. وظایف و برنامه‌های این معاونت در بخش‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:

🔗 پژوهش: مطالعه در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پژوهش در زمینه عوامل مؤثر در

توسعه 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، پیش‌بینی روند توسعه

تکنولوژی‌های داخل کشور و سایر کشورها، بالاخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و

راه‌اندازی کانونهای تحلیلی و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط

بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

🔗 ارزیابی تکنولوژی: بکارگیری ابزارهای مدیریت تکنولوژی و روش‌های مهندسی صنایع جهت بررسی و ارزیابی

طرح‌های تکنولوژیکی و تکنولوژی‌های منتخب از نظر میزان تناسب با نیازهای مشخص شده، ارزیابی میزان

موفقیت در جذب تکنولوژی‌ها و رسیدن به اهداف تکنولوژیکی و مطالعه امکان‌سنجی فنی - اقتصادی پروژه‌ها.

وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با سورس‌های خارجی

ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

حدود اختیارات و مأموریت‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به صورت ذیل می‌باشد:

در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری

- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذیربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها
- برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت از توسعه فناوری‌های بومی
- اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذیربط.
- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم درخصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارایه آنها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری

• اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیر دولتی

↳ در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

• تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، موسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی - پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی، موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های کشور

• برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان

• نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاه‌های کشور را بر عهده دارد که وظیفه معاونت آموزشی این وزارتخانه می‌باشد و هم نقش سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری را برعهده دارد که وظیفه مرکز برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری پژوهشی در معاونت پژوهش و فناوری این وزارتخانه است.

#### شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است. شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد. وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می‌باشد:

☞ اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری

☞ بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری

☞ مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرایی را مکلف به گزارشدهی از

عملکرد بودجه‌های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را

جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاست‌گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود.

#### مجمع تشخیص مصلحت نظام

در سال ۱۳۶۸ و در جریان بازنگری قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، این مجمع رسماً به صورت یکی از نهادهای رسمی

کشور درآمد و وظیفه اصلی آن حل اختلاف بین مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان است.

وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام:

☞ مجمع تشخیص مصلحت نظام، مسئولیت تصمیم‌گیری در سیاست‌های کلان داخلی و خارجی ایران و حل اختلاف

میان قوای سه‌گانه را برعهده دارد و همچنین ناظر بر فعالیتهای آنان است.

این مجمع، وظیفه تدوین برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله (از ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۴) و نظارت بر اجرای آن را برعهده دارد.

☞ همچنین از سال ۱۳۸۵ رهبر جمهوری اسلامی، اختیار نظارت بر عملکرد قوای سه‌گانه را که از اختیارات رهبر است،

به این مجمع واگذار کرد.

مجمع تشخیص مصلحت نظام بالاترین رکن سیاست‌گذاری کلان در کشور می‌باشد زیرا تدوین سیاست‌های کلی نظام در

حوزه‌های علم و فناوری و پژوهش در قالب سند چشم‌انداز ۲۰ ساله از وظایف این نهاد می‌باشد.

#### مجلس

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها،

قانون‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها است و چراغ هدایت دولت و ملت را به دست دارد. مجلس پایگاه اساسی نظام و مردم و مایه

حضور و مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌گیری‌ها و مظهر اراده ملی است.

با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

## ← قانون گذاری

### ← نظارت

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

### ✚ شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس جمهور یکی از نهادهای حکومتی جمهوری اسلامی ایران است که پس از انقلاب ۱۳۵۷ ایرانبا فرمان روح الله خمینی تشکیل شد. گسترش نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی و تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از جمله اهداف این شورا است. ابتدا ستاد انقلاب فرهنگی تشکیل گردید که بعداً به شورای عالی انقلاب فرهنگی تغییر ماهیت داد. اهداف این شورا عبارت‌اند از:

← گسترش و نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی

← تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از فضای فرهنگی جامعه

← تحول دانشگاه‌ها، مدارس و مراکز فرهنگی و هنری براساس فرهنگ صحیح اسلامی، گسترش و تقویت هر چه بیشتر آنها برای تربیت متخصصان متعهد، اسلام‌شناسان متخصص، مغزهای متفکر و وطن‌خواه، نیروهای فعال و ماهر، استادان، مربیان و معلمان معتقد به اسلام و استقلال کشور

← تعمیم سواد، تقویت و بسط روح تفکر و علم‌آموزی و تحقیق و استفاده از دستاوردها و تجارب مفید دانش بشری برای نیل به استقلال علمی و فرهنگی

← حفظ و احیا و معرفی آثار و مآثر اسلامی و ملی

← نشر افکار و آثار فرهنگی انقلاب اسلامی، ایجاد و تحکیم روابط فرهنگی با کشورهای دیگر به ویژه با ملل اسلامی


وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی:

از جمله وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی، می‌توان در سه حوزه سیاست‌گذاری، تدوین ضوابط و نظارت تقسیم‌بندی

نمود.



تهیه و تدوین سیاست‌ها و طرح‌های راهبردی کشور در زمینه‌های مختلف فرهنگی از جمله در حوزه‌های زنان، تبلیغات، اطلاع‌رسانی، چاپ و نشر، بیسوادی، دانشگاه‌ها، برقراری روابط علمی و پژوهشی و فرهنگی با سایر کشورها، همکاری حوزه و دانشگاه، فعالیت‌های دینی و معنوی، تهاجم فرهنگی و سایر حوزه‌های فرهنگی مربوطه از جمله وظایف سیاست‌گذاری این شورا محسوب می‌شود. همچنین تعیین ضوابط تأسیس مراکز علمی و آموزشی و نیز ضوابط گزینش مدیران و استادان و دانشجویان از جمله وظایف این شورا می‌باشد. بررسی و تحلیل شرایط فرهنگی ایران و جهان، بررسی الگوهای توسعه و پیامدهای فرهنگی آن، بررسی وضع فرهنگ و آموزش کشور و نیز نظارت بر اجرای مصوبات شورا از جمله وظایف نظارتی شورای عالی انقلاب فرهنگی می‌باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران 

هدف سازمان استاندارد ایران تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) و نظارت بر اجرای آنها و همچنین انجام تحقیقات مربوطه می‌باشد. فعالیت‌های اساسی این سازمان در حوزه‌های زیر می‌باشد:

☞ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور

☞ انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و

کارایی صنایع

☞ ترویج استانداردهای ملی

☞ نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری

☞ کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم

نمودن امکانات رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی

☞ کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از

ورود کالاهای نامرغوب خارجی

☞ راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها

☞ آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه‌ای و صدور گواهی‌نامه‌های

لازم

## ۱- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع

### کلانشهرها

#### ۱-۱- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های کمپکت

افزایش روزافزون مشترکین برق از یک سو و مشکلات تخصیص زمین برای گسترش شبکه از سوی دیگر گرایش به استفاده از تجهیزات فشرده را افزایش داده است. پست پیش‌ساخته کمپکت نیز در راستای این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه کاربردهای متنوعی برای پست‌های پیش‌ساخته کمپکت در شبکه توزیع وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون: کاربرد به صورت پست‌های عمومی، اختصاصی و انحصاری، قابلیت استفاده برای انبوه‌سازان جهت نصب در پشت‌بام، بین طبقات و یا زیرزمین ساختمان‌های بلندمرتبه و شرکت‌های ساختمانی، قابل نصب در نیروگاه‌های بادی، فرودگاه و مترو و... اشاره نمود. هدف از تدوین سند راهبردی توسعه این فناوری، ایجاد الگویی از یک سلسله اقدامات بلند مدت و کوتاه مدت با توجه به چگونگی عرضه و تقاضا و تعیین مسیر حرکت استفاده از پست‌های کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرهای ایران می‌باشد. تدوین این سند طی یک سال انجام خواهد شد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این سند نیز، تدوین نقشه‌راه توسعه فناوری پست‌های کمپکت خواهد بود.

#### ۱-۲- تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری

در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. استفاده از پست‌های زیرزمینی در نزدیکی مصرف‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین راه‌حل‌ها هست. هدف از تدوین سند راهبردی توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری، ایجاد یک رهنمود یا مجموعه‌ای از رهنمودها برای مواجهه با شرایطی است که استفاده از پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری را در کلانشهرها الزامی می‌سازد. استفاده از این نوع پست مستلزم انجام آزمایش‌ها و مطالعات دقیق مثل بررسی وضعیت خاک منطقه، آزمایش‌های گرمایی و... هست. این سند حاوی طرحی برای کلیه اقدامات است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این سند نیز، تدوین نقشه‌راه توسعه فناوری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری می‌باشد.

### ۱-۳- تدوین سند راهبردی توسعه مولدهای بادی مقیاس کوچک

پس از وقوع بحران جهانی نفت در دهه ۷۰ میلادی، کشورهای صنعتی و پیشرفته جهان به این نتیجه رسیدند که نباید تنها بر یک منبع تأمین انرژی، یعنی سوخت فسیلی اعتماد و تکیه نمایند. در نتیجه تنوع بخشیدن به منابع تأمین انرژی به عنوان یکی از اصول راهبردی کشورهای مذکور در آمد. انرژی‌های نو (باد، خورشید، زمین گرمایی، زیست‌توده، هیدروژن) به دلیل رایگان بودن منبع انرژی و نیز جنبه‌های مثبت زیست‌محیطی آن به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین انرژی کشورهای پیشرفته انتخاب گردید. اقتصادی و پیشرفته نبودن تکنولوژی انرژی‌های نو یکی از مشکلات و موانع اولیه این انتخاب بود. کشورهای صنعتی پیشرفته جهان، برای رفع مشکلات مذکور، پشتیبانی و حمایت گسترده‌ای از انجام تحقیق و توسعه (R&D) در زمینه انرژی‌های نو به عمل آوردند. هدف این سند تشخیص فرصت‌های اصلی و متمرکز کردن منابع در جهت تحقق منافع مورد نظر می‌باشد. فرصت‌ها، درون مایه اصلی حرکت‌های راهبردی هستند و فرصت در محیط از نیاز تأمین نشده شکل می‌گیرد. با توجه به خلاء کنونی موجود در ارتباط با فناوری مولدهای بادی مقیاس کوچک در کلانشهرهای ایران، تدوین سند راهبردی توسعه این فناوری در دستور کار قرار گرفته است. شاخص این سند، تدوین نقشه راه مولدهای بادی مقیاس کوچک می‌باشد. این سند طی ۱۲ ماه تدوین خواهد شد.

### ۱-۴- تدوین سند راهبردی توسعه D-FACTS

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان متأثر از برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و بهره‌برداری از تجهیزات است لذا باید در یک زنجیره به آن نگرسته شود. کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت می‌انجامد. ایده استفاده از فناوری‌های مشابه در سطح شبکه‌های توزیع برق منجر به ایجاد مفهوم D-FACTS شده است که اغلب در قالب تجهیزات CPD مطرح می‌شود. سند راهبردی پیشنهادی در راستای توسعه فناوری D-FACTS به ترسیم نحوه رشد و بکارگیری این فناوری در شبکه توزیع کلانشهرها خواهد پرداخت. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این سند نیز، تدوین نقشه راه توسعه فناوری D-FACTS می‌باشد.

## ۱-۵- تدوین سند راهبردی توسعه CHP

با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف‌کنندگان به انرژی الکتریکی با کیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. از سوی دیگر محدودیت‌هایی مانند فضای کافی برای نصب خطوط انتقال، مشکلات نصب خطوط انتقال جدید را دو چندان می‌کند. در چنین شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد. به کارگیری تولید همزمان برق و حرارت به صورت متمرکز و پراکنده به عنوان یک ضرورت و منفعت ملی در کشور همچون یک باور مشترک مورد تایید می‌باشد. هدف این سند تشخیص فرصت‌های اصلی و متمرکز کردن منابع در جهت تحقق منافع مورد نظر می‌باشد. فرصت‌ها، درون مایه اصلی حرکت‌های راهبردی هستند و فرصت در محیط از نیاز تامین نشده شکل می‌گیرد. با توجه به فرصت کنونی موجود در ارتباط با فناوری‌های تولید پراکنده و CHP در کلانشهرهای ایران، تدوین سند راهبردی توسعه فناوری CHP پیشنهاد شده است. شاخص این سند، تدوین نقشه راه CHP می‌باشد. این سند طی ۱۲ ماه تدوین خواهد شد.

## ۱-۶- تدوین سند راهبردی توسعه خودروی برقی

این سند دلالت بر اهدافی چون هماهنگی، تخصیص منابع و وظایف را دارد که تاکتیک‌ها را نشان می‌دهد و نحوه تصمیم‌گیری و اجرا را مشخص می‌کند. با توجه به مشکل آلودگی هوای کلانشهرها، با بکارگیری خودروهای برقی می‌توان از میزان این آلودگی کاست. این خودروها در هنگام شارژ باتری‌هایشان مانند یک بار مصرفی عمل می‌کنند و از شبکه انرژی دریافت می‌کنند. از سوی دیگر، خودروهای فوق می‌توانند در نقش تغذیه‌کننده توان به شبکه ظاهر شوند و در ساعاتی به شبکه توان تزریق کنند. برای استفاده از این فناوری نیاز به ایجاد زیرساخت‌هایی در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد که این سند به تعریف و اولویت‌بندی آنان خواهد پرداخت. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این سند نیز، تدوین نقشه راه توسعه فناوری خودروی برقی می‌باشد.

## ۲- راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز

### ۱-۲- ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت

امروزه با گسترش شهرها و تقاضای روزافزون انرژی الکتریکی از یک سو و افزایش قیمت زمین در کلانشهرها از سوی دیگر و نیز سرعت اجرا و سرعت تقاضا، صنایع و متصدیان را بر آن داشته تا نسبت به کوچک‌سازی و سرعت بخشیدن به تولید محصولاتی که این نیاز را برآورده نماید دست به اقدام بزنند. از سوی دیگر، استفاده از تجهیزات نامرغوب و فاقد کیفیت، خسارت‌های زیادی از جمله افزایش هزینه‌های تعمیرات و تعویض قطعات، انجام بازدیدهای مکرر و غیره خواهد داشت. به منظور جلوگیری از ساخت و استفاده انواع پست‌های کمپکت با هر کیفیتی در کشور نیاز به فیلترهایی در این زمینه است که در این راستا نیاز به راه‌اندازی آزمایشگاه مرجعی برای انجام کلیه تست‌های مورد نیاز وجود دارد. این نیاز وقتی جدی شده و بیشتر خودش را نشان می‌دهد که بدانیم هزینه تست تجهیزات در آزمایشگاه‌های خارج از کشور، بسیار بالا بوده و زمان زیادی را نیز مصروف خواهد داشت. به همین جهت پروژه‌ای به منظور ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت در بازه‌ای ۱۸ ماه تعریف شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه مرجع پست‌های کمپکت می‌باشد.

### ۲-۲- ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع سلول‌های خورشیدی

با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف‌کنندگان به انرژی الکتریکی با کیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. در چنین شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد. با توجه به فرصت کنونی موجود در ارتباط با فناوری‌های تولید پراکنده و سلول‌های خورشیدی در کلانشهرهای ایران و به منظور جلوگیری از واردات تجهیزات حرارتی و خورشیدی با هر کیفیتی به کشور

نیاز به فیلترهایی در این زمینه است که در این راستا نیاز به راه‌اندازی آزمایشگاه مرجعی در این زمینه وجود دارد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه مرجع سلول‌های خورشیدی می‌باشد.

### ۲-۳- ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی

با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف‌کنندگان به انرژی الکتریکی با کیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. در چنین شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد. با توجه به اینکه فناوری مولد بادی در کشور در بازه جنین و رشد چرخه عمر خود قرار دارد، نیاز به یک آزمایشگاه مرجع به منظور جلوگیری از واردات و ساخت مولدهای بادی در ابعاد مختلف با هر کیفیتی وجود دارد. در این راستا پروژه‌ای به منظور ایجاد و تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی در بازه‌ای ۱۸ ماه تعریف شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه مرجع مولد بادی می‌باشد.

### ۲-۴- تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع

وجود نظام کنترل کیفیت و ارزیابی کیفیت تجهیزات و کالاها در آزمایشگاه‌های مرجع در کشورهای مختلف جهت بکارگیری کالا و تجهیزات با کیفیت از ضروری‌ترین مقرراتی است که کلیه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه توجه جدی به آن نموده‌اند. توجه به تضمین کیفیت در روند رو به رشد صنایع مختلف و اجرای طرح‌های راه‌اندازی و گسترش آزمایشگاه‌های مرجع، صنایع را از پرداخت هزینه‌های ناشی از به کارگیری تجهیزات نامرغوب مبرا می‌سازد. استفاده از تجهیزات نامرغوب و فاقد کیفیت، خسارت‌های زیادی از جمله افزایش هزینه‌های تعمیرات و تعویض قطعات، انجام بازدیدهای مکرر و غیره خواهد داشت. افزایش مصرف انرژی برق و نیاز به تولید بیشتر این انرژی که لازمه آن احداث نیروگاه‌های جدید و توسعه شبکه انتقال و توزیع نیرو می‌باشد نیاز این صنعت را به ساخت و تهیه تجهیزات به وضوح نشان می‌دهد. لهذا برای تولید و انتقال و توزیع مناسب انرژی برق نیازمند به استفاده از تجهیزات

مرغوب و با کیفیت می‌باشیم که این مهم نقش نظام کنترل کیفیت و آزمایشگاه‌های مرجع منطبق با استانداردهای معتبر را برای کنترل کیفیت تجهیزات مذکور نمایان می‌سازد. با توجه به اینکه تجهیزات لازم برای انجام برخی از تست‌های استاندارد بر روی تجهیزات شبکه توزیع در داخل کشور وجود ندارد، مثلاً در آزمایشگاه‌ها از ۲۰ مورد کیفی فقط چند مورد تست می‌شود، لزوم تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود دیده می‌شود. به همین جهت پروژه‌ای با هدف تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع موجود مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع در بازه‌ای ۱۵ ماه تعریف شده است.

### ۳- تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع

#### کلانشهرها

#### ۱-۳- تدوین دستورالعمل الزام‌آور انجام تست‌های نمونه‌ای توسط تامین‌کنندگان

صرف داشتن تاییدیه استاندارد برای تایید کیفیت تجهیز کافی نیست، زیرا ممکن است تمام تولیدات با همان کیفیت ارائه نشوند. تست نمونه‌ای، آزمونی است که روی نمونه‌های یک محصول یا مجموعه تکمیل شده انجام می‌شود تا مشخص کند که محصول مطابق مشخصات طرح به اتمام رسیده است. در راستای بهبود کیفیت تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها، نیاز به تدوین دستورالعملی می‌باشد تا تامین‌کننده را ملزم به تست نمونه‌ای تجهیزات خریداری شده خود بکند. بازه زمانی مقرر شده برای تدوین این دستورالعمل ۶ ماه است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت تدوین دستورالعمل الزام‌آور انجام تست‌های نمونه‌ای می‌باشد.

#### ۲-۳- تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب در شبکه توزیع توسط شرکت توزیع

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. استفاده از تجهیزات نامرغوب و فاقد کیفیت، خسارت‌های زیادی از جمله افزایش هزینه‌های تعمیرات و تعویض قطعات، انجام بازدیدهای مکرر و غیره خواهد داشت. در زمینه استاندارد و کنترل کیفیت تاکید بیشتر بر بازرسی و کنترل کیفی استوار است. اینکه نمونه اولیه یک تجهیز تأییدیه بگیرد دال بر این نیست که تمام تولیدات بعدی آن شرکت نیز با همان کیفیت ارائه شوند.

در نتیجه نظارت باید در مراحل جلوتر صورت بگیرد. در این راستا پروژه تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب در شبکه توزیع توسط شرکت توزیع با محدوده زمانی ۶ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت تدوین دستورالعمل الزام‌آور کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب می‌باشد.

#### ۴- محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها

##### ۴-۱- محاسبه قیمت خسارت خاموشی در شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس انواع تعرفه مشترکین

یکی از مهم‌ترین پی آمدهای طراحی نامناسب و غیر اصولی شبکه توزیع وقوع خاموشی در شبکه است. وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیتهای مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. تعدد این مراکز استراتژیک در کلانشهرها و ارتباط و وابستگی جمع کثیری از مردم با این واحدها وقوع خاموشی در آنان را تبدیل به دغدغه بزرگی می‌کند. جهت بررسی و مقایسه قابلیت اطمینان شرکت‌های توزیع در سطح منطقه‌ای، استانی و یا حتی جهانی نیاز به ملاک‌ها و شاخص‌های مناسب می‌باشد. ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع توسط شاخص‌های مربوطه که استاندارد IEEE-1366 آنها را معرفی نموده انجام می‌شود. با توجه به تعداد زیاد این شاخص‌ها، عموماً هفت شاخص که جزء مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های ارائه شده می‌باشند، در نظر گرفته می‌شوند. این هفت شاخص عبارتند از: ASAI, ASUI, AENS, SAIFI, SAIDI, CAIFI, CAIDI. در مطالعات محاسبه این شاخص‌ها دلیل در دسترس نبودن اطلاعات و یا عدم داشتن یک سیستم یکپارچه کامپیوتری از خاموشی‌ها و یا انرژی توزیع نشده مربوط به خاموشی‌های فشار ضعیف با مشکلاتی رو به روست و فقط خاموشی‌های مربوط به ۲۰ کیلو ولت در نظر گرفته می‌شود. همچنین دلیل عدم دسترسی به تعداد پارامترهای مربوط به مشترکین مانند تعداد کل خاموشی‌های مشترکین و یا کل زمان خاموشی مشترکین، برای بدست آوردن شاخص‌هایی که به این پارامترها نیاز دارند، عموماً تقریب‌هایی زده می‌شود. از سویی دیگر نحوه محاسبه خاموشی‌ها بر اساس انواع تعرفه مشترکین نیز به پارامترهای گوناگونی چون نوع کنتور محاسبه‌کننده میزان مصرف، منطقه‌ای که مشترک در آن زندگی می‌کند، میزان و چگونگی مصرف و آب و هوای منطقه، بستگی دارد. هدف پروژه پیشنهادی محاسبه قیمت خسارت خاموشی در شبکه توزیع کلانشهرها بر اساس انواع تعرفه مشترکین در راستای محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع



کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۸ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، قیمت خسارت خاموشی می‌باشد.

۴-۲- تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری و محاسبه خسارات قابل پرداخت توسط شرکت توزیع ناشی از انواع

### خاموشی

برای محاسبه‌ی درآمد شرکت توزیع و همچنین هزینه‌ی ناشی از قطعی‌ها باید شاخص‌های قابلیت اطمینان محاسبه شوند. خاموشی زیاد یکی از مشخصه‌های شبکه با قابلیت اطمینان پایین است. با توجه به اینکه ۸۰ درصد خاموشی‌های شبکه برق ایران به شبکه توزیع آن اختصاص دارد و ۷۳ درصد آن مربوط به شبکه فشار متوسط و ۷ درصد فشار ضعیف است، بهبود قابلیت اطمینان در شبکه توزیع کلانشهرها و کاهش خاموشی در مراکز حساس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از خاموشی‌های معمول در شبکه‌های توزیع فشار متوسط ناشی از تعمیرات برنامه‌ریزی شده و توسعه شبکه است. در کلانشهرها که ممکن است فیدر مربوطه دارای بارهای استراتژیک و یا بارهای با هزینه قطع بالا باشد، این خاموشی می‌تواند با پیامدها و خسارات سنگینی همراه باشد. در مطالعات محاسبه این شاخص‌ها بدلیل در دسترس نبودن اطلاعات و یا عدم داشتن یک سیستم یکپارچه کامپیوتری از خاموشی‌ها و یا انرژی توزیع نشده مربوط به خاموشی‌های فشار ضعیف با مشکلاتی رو به روست و فقط خاموشی‌های مربوط به ۲۰ کیلو ولت در نظر گرفته می‌شود. همچنین بدلیل عدم دسترسی به تعداد پارامترهای مربوط به مشترکین مانند تعداد کل خاموشی‌های مشترکین و یا کل زمان خاموشی مشترکین، برای بدست آوردن شاخص‌هایی که به این پارامترها نیاز دارند، عموماً تقریب‌هایی زده می‌شود. هدف پروژه پیشنهادی تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری و محاسبه خسارات قابل پرداخت توسط شرکت توزیع ناشی از انواع خاموشی در راستای محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۸ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، مکانیزم تعیین خسارت قابل پرداخت شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد.

## ۵- رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها

### ۵-۱- بررسی و تخمین دارایی‌های شرکت‌های توزیع در هر یک از کلانشهرها

امروزه اهمیت نقش روز افزون آمار و اطلاعات به عنوان پیش‌نیاز کلیه تصمیم‌گیری‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها بر کسی پوشیده نیست. این نقش و قابلیت‌های آن در عصر اطلاعات به قدری بدیهی است که نظام آماری و سامانه‌های اطلاعاتی آن‌ها نه تنها از شاخص‌های توسعه یافتگی به‌شمار می‌رود، بلکه در اختیار نداشتن آمار و اطلاعات کافی، صحیح و به‌هنگام، اتخاذ سیاست‌های موثر و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای را ناممکن می‌گرداند. بر مبنای این نگرش نقش و جایگاه نظام آمار و اطلاعات و انسجام آن در توسعه صنعت برق که یکی از صنایع زیربنایی کشور است از اهمیت و حساسیت غیرقابل انکاری برخوردار است. شبکه‌ی کلان توزیع برق کشور با بیش از ۲۷۸۲۵۳ کیلومتر خط فشارمتوسط و ۲۳۱۰۴۲ کیلومتر خط فشارضعیف و ۲۹۱۰۰۰ دستگاه ترانسفورماتور زمینی و هوایی وظیفه برقرسانی به بیش از ۱۸.۳۳۰.۰۰۰ مشترک را بر عهده دارد. هدف پروژه پیشنهادی بررسی و تخمین دارایی‌های شرکت‌های توزیع در هریک از کلانشهرها در راستای رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۲ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، میزان برآوردشده دارایی شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد.

### ۵-۲- تعیین و قیمت‌گذاری بهای انرژی الکتریکی قبل فروش در هریک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها

انرژی برق در افزایش رفاه و توسعه اقتصادی کشورها سهم انکارناپذیری دارد. این حامل انرژی به سبب ماهیت ویژه؛ یعنی لزوم تعادل لحظه به لحظه بازار و عدم امکان ذخیره‌سازی در حجم بالا، از سایر حامل‌ها متمایز است. ضمن اینکه نوسان تقاضا ساعت به ساعت متغیر و هزینه نهایی تولیدی هر نیروگاه متفاوت است؛ بطوری که برخی نیروگاه‌ها فقط در ساعات اوج مصرف وارد مدار می‌شوند و برخی فقط بار پایه را تأمین می‌کنند. لذا به دلیل اهمیت فوق‌العاده تعادل لحظه به لحظه بین عرضه و تقاضا، نگاه یکسویه به عملکرد بازار به تنهایی کارشناسانه و اعتمادبرانگیز نیست. پس در جهت حداکثر کردن منفعت حاصل از این اقدامات، مدیریت مرکزی باید رفاه عمومی را نسبت به تعادل بازار و برخی قیود حداکثر کند تا درپیماندن، نتایج مثبت رقابت آزاد حاصل شود. هدف پروژه پیشنهادی تعیین و

قیمت‌گذاری بهای انرژی الکتریکی قبل فروش در هریک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها در راستای رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۱ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، قیمت بهای انرژی الکتریکی قابل فروش در هر یک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد.

### ۳-۵- تدوین دستورالعمل نظارت و هماهنگی بر شرکت‌های توزیع خصوصی در محیط تجدید ساختار یافته

شاید نتوان کشوری را یافت که متاثر از موج تحولات یک دهه اخیر صنعت برق نباشد. این تحولات در قالب بحث تجدید ساختار باعث شفافیت و تفکیک وظایف بخش‌های مختلف گردیده که به تدریج باعث ایجاد بازار برق در سطح عمده فروشی و به دنبال آن در سطح خرده فروشی شده است. موفقیت این برنامه‌ها متاثر از عوامل مختلفی نظیر اجرای صحیح برنامه‌های تجدید ساختار و تقویت نتایج تجدید ساختار با اجرای برنامه خصوصی‌سازی در صنعت برق می‌باشد. در این میان اجرای برنامه آزادسازی به موقع مشترکین، پیشگیری از شکل‌گیری پدیده قدرت بازار، بازبینی منظم بازار، ایجاد فضایی منصفانه برای دستیابی همه علاقمندان به فعالیت در صنعت برق، تدوین تعرفه خدمات انتقال و توزیع، تعریف خدمات پشتیبان و تدوین تعرفه متناسب برای آنها و... از جمله مطالب مهمی هستند که اهمیت بسزایی در موفقیت یا شکست برنامه تجدید ساختار و بازار برق دارند. هدف پروژه پیشنهادی تدوین دستورالعمل نظارت و هماهنگی بر شرکت‌های توزیع خصوصی در محیط تجدید ساختار یافته در راستای رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت تدوین دستورالعمل نظارت بر شرکت‌های توزیع خصوصی می‌باشد.

### ۶- تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای

#### فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

۱-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های کمپکت

افزایش روزافزون مشترکین برق از یکسو و مشکلات تخصیص زمین برای گسترش شبکه از سوی دیگر گرایش به استفاده از تجهیزات فشرده را افزایش داده است. پست پیش‌ساخته کمپکت نیز در راستای این هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه کاربردهای متنوعی برای پست‌های پیش‌ساخته کمپکت در شبکه توزیع وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون: کاربرد به صورت پست‌های عمومی، اختصاصی و انحصاری، قابلیت استفاده برای انبوه‌سازان جهت نصب در پشت‌بام، بین طبقات و یا زیرزمین ساختمان‌های بلندمرتبه و شرکت‌های ساختمانی، قابل نصب در نیروگاه‌های بادی، فرودگاه و مترو و... اشاره نمود. هدف پروژه پیشنهادی ایجاد وحدت رویه در تعیین ویژگی‌های کیفی، استانداردهای عملی و تعیین الزامات و معیارهای ارزیابی فنی برای نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و پایش انواع پست‌های کمپکت با تاکید بر به‌روزرسانی دستورالعمل‌های موجود می‌باشد. بازه زمانی تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌ها ۸ ماه می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری پست‌های کمپکت به عنوان فناوری مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۲-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری

در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. استفاده از پست‌های زیرزمینی در نزدیکی مصرف‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین راه‌حل‌ها هست. هدف پروژه پیشنهادی ایجاد وحدت رویه در تعیین ویژگی‌های کیفی، استانداردهای عملی و تعیین الزامات و معیارهای ارزیابی فنی برای نصب، نظارت بر نصب، بهره‌برداری و پایش انواع پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری، تعیین چگونگی نظارت بر وضعیت عملکرد بهره‌برداری شرکت‌های توزیع و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های موجود می‌باشد. بازه زمانی تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌ها ۸ ماه می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری پست‌های زیرزمینی بدون تعمیر و نگهداری به عنوان فناوری مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۳-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی

### مقیاس کوچک

تجهیزات تولید برق بادی در مقیاس کوچک (۱۰۰ کیلووات یا کمتر) معمولاً برای تغذیه منازل، زمین‌های کشاورزی یا مراکز تجاری کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه فناوری مولد بادی مقیاس کوچک در کشور ایران فناوری نو ظهور هست و عمده تجهیزات به کشور وارد شده و نصب و نگهداری آنان نیز محدود به چند شرکت است، به منظور ایجاد یکپارچگی در استانداردها، ویژگی‌ها و ملزومات، نیاز به تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک در کشور دیده می‌شود. در این راستا پروژه تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک با محدوده زمانی ۸ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری مولدهای بادی مقیاس کوچک به عنوان فناوری تولید پراکنده مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۴-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری D-Facts

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان متأثر از برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و بهره‌برداری از تجهیزات است لذا باید در یک زنجیره به آن نگرسته شود. بهره‌گیری از ادوات کنترل‌پذیر الکترونیک قدرت در قالب CPD ها در شبکه‌های توزیع می‌تواند در بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین تاثیرگذار باشد. هدف از سند پیشنهادی ایجاد وحدت رویه در تعیین ویژگی‌های کیفی، استانداردهای عملی و تعیین الزامات و معیارهای ارزیابی فنی برای نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری D-FACTS، تعیین چگونگی نظارت بر وضعیت عملکرد بهره‌برداری شرکت‌های توزیع و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های موجود می‌باشد. بازه زمانی تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌ها ۸ ماه می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری D-FACTS به عنوان فناوری مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

#### ۵-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری CHP

امروزه منابع تولید پراکنده مانند میکروتوربین‌ها و توربین‌های احتراقی کاربرد فراوانی در سیستم قدرت پیدا کرده‌اند و بیشتر در سمت مصرف‌کننده و نزدیک بار شبکه‌های توزیع نصب می‌شوند. هدف کارشناسان و برنامه‌ریزان سیستم‌های توزیع از به‌کارگیری تولیدات پراکنده رشد شاخص‌های اقتصادی و افزایش میزان رضایتمندی مصرف‌کنندگان است که در پی کاهش آلودگی محیط‌زیست، کاهش تلفات، بهبود قابلیت اطمینان و افزایش کیفیت توان حاصل می‌شود. با توجه به اینکه فناوری تولید پراکنده CHP در کشور در بازه جنینی و رشد چرخه عمر خود قرار دارد و عمده تجهیزات به کشور وارد شده و نصب و نگهداری آنان نیز عمدتاً محدود به چند شرکت است، به منظور ایجاد یکپارچگی در استانداردها، ویژگی‌ها و ملزومات، نیاز به تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری CHP در کشور دیده می‌شود. در این راستا پروژه تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مولدهای CHP با محدوده زمانی ۸ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری مولدهای CHP به عنوان فناوری تولید پراکنده مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

#### ۶-۶- تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودروی برقی

با توجه به گسترش روز افزون استفاده از خودروها و موتورهای الکتریکی در جهان و مزایای استفاده از آنان، احداث ایستگاه‌های شارژ و تدوین استانداردهای لازم مربوط به نصب و طراحی و اتصال به شبکه ضروری است. با توجه به اینکه فناوری خودرو برقی در کشور در بازه جنینی چرخه عمر خود قرار دارد و تولید انبوه داخلی و زیرساخت‌های لازم برای بهره‌برداری از این فناوری هنوز در کشور شکل نگرفته است، به منظور ایجاد یکپارچگی در استانداردها، ویژگی‌ها و ملزومات، نیاز به تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودرو برقی در کشور دیده می‌شود. در این راستا پروژه تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری خودرو برقی با محدوده زمانی ۸ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری خودرو برقی می‌باشد.

## ۷- فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها

### ۷-۱- ایجاد بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها

امروزه اهمیت و نقش روز افزون آمار و اطلاعات به عنوان پیش‌نیاز کلیه تصمیم‌گیری‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها بر کسی پوشیده نیست. این نقش و قابلیت‌های آن در عصر اطلاعات به قدری بدیهی است که نظام آماری و سامانه‌های اطلاعاتی آن‌ها نه تنها از شاخص‌های توسعه یافتگی به‌شمار می‌رود، بلکه در اختیار نداشتن آمار و اطلاعات کافی، صحیح و به‌نگام، اتخاذ سیاست‌های موثر و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای را ناممکن می‌گرداند. بر مبنای این نگرش نقش و جایگاه نظام آمار و اطلاعات و انسجام آن در توسعه صنعت برق که یکی از صنایع زیربنایی کشور است از اهمیت و حساسیت غیرقابل انکاری برخوردار است. هدف از انجام این پروژه طراحی و پیاده‌سازی سیستمی جهت ثبت سوابق فعالیت‌های اجرایی پروژه‌های پیمانکاران در سطح عملیاتی برای کارشناسان و مدیران میانی و در سطح ستادی تشکیل بانک اطلاعاتی حاصل عملیات اجرایی پیمانکاران جهت تسهیل تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های ستادی و راهبردی بهتر امور می‌باشد. در این راستا فعالیت‌هایی چون: ایجاد بستر لازم به منظور امکان دستیابی به اطلاعات درست سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها در سریع‌ترین زمان ممکن، شفاف‌سازی سوابق پیمانکاران به منظور اصلاح روش‌ها و رویه‌ها و جلوگیری از حاکم‌شدن سلاقی مختلف در روند اجرای امور، تسریع در تبادل اطلاعات و تسهیل جریان ارتباطات در نظر گرفته خواهد شد. پروژه ایجاد بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها به صورت زیر پروژه‌ای از پروژه فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران می‌باشد.

### ۷-۲- تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها

در حال حاضر تعیین صلاحیت پیمانکار به درستی انجام نمی‌شود مثلاً هر فردی با هر سطح سواد می‌تواند به عنوان پیمانکار فعالیت کند. برای مثال در کلانشهر کرج ۲۵۰ شرکت پیمانکار وجود دارد. روابط انتخاب پیمانکار بسیار ناسالم است. یکی از راه‌های بهبود شرایط موجود می‌تواند این باشد که شرکت‌های پیمانکار ملزم شوند از انجمن صنفی خود

پروانه بگیرند. هدف از تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها، انتخاب پیمانکاران صلاحیتدار و توانمند، ایجاد محیط رقابت کیفی برای توسعه خدمات پیمانکاران، تضمین کیفیت خدمات پیمانکاران و در کل یکسان‌سازی رویه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع می‌باشد و تمام شرکت‌های توزیع نیروی برق کلانشهرهای ایران باید مقررات این آیین‌نامه را در معاملات خود با پیمانکاران رعایت کنند. پروژه تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها در راستای فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها با محدوده زمانی ۶ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

### ۳-۷- پایش و ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها

در حال حاضر ناظر پس از پایان عملیات اجرایی موظف به ارزیابی پیمانکار و تکمیل فرم «ارزیابی عملکرد پیمانکاران به شماره» (TEC/F/10) می‌باشد. ارزشیابی فرآیندی که در آن سطح کیفی کارهای در دست انجام یا انجام شده پیمانکار در مقاطع یا دوره زمانی تعیین می‌شود. پروژه تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها در راستای فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. تمام فعالیت‌های آموزشی و ارزیابی عملکرد پیمانکاران در راستای حمایت از شرکت‌های پیمانکار در راستای رسانیدن آنها به بلوغ و کمال صورت خواهد پذیرفت. به منظور تکمیل فرآیند فرآورش اطلاعات از پیمانکاران و حصول اطمینان از رعایت موازین، اصول و مقررات و براساس دستورالعمل جامعی که در این زمینه تدوین شده، تیم ارزیابی به صورت دوره‌های سالیانه و در بازه‌ای سه ماه از تمام فعالیت پیمانکاران که به نوعی با عملکرد پروژه‌ها مرتبط هستند، بازدید به عمل می‌آورند. در راستای تکمیل این فرآیند، نمره ارزیابی متناسب با عملکرد شرکت با توجه به چک لیست ارزیابی به پیمانکاران تعلق می‌گیرد که با پایش مستمر این ارزیابی‌ها می‌توان روند رو به رشد شرکت‌ها در کوتاه مدت و بلند مدت را مشخص کرد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش سالانه ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.



## ۸- کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها

۸-۱- تدوین دستورالعمل الزام‌آور طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها مطابق با نیازها و

### ویژگی‌های هر کلانشهر

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان متأثر از برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و بهره‌برداری از تجهیزات است لذا باید در یک زنجیره به آن نگرسته شود. در طراحی شبکه‌ی توزیع که پروژه‌های پیچیده است، برای تمامی جزئیات شبکه از جمله سطح ولتاژ، ساختار شبکه (شعاعی، حلقوی و ...)، مکان و ظرفیت و ساختار پست‌های فوق‌توزیع و توزیع، مسیر و نوع و ظرفیت خطوط و فیدرها، طرح حفاظتی شبکه و ... تصمیم‌گیری می‌شود. در این زمینه باید دیدگاه بلندمدت وجود داشته باشد و برای هر کلانشهر برنامه خاص آن تدوین شود زیرا هر یک شرایط خاص خود را دارند. در این راستا پروژه تدوین دستورالعمل الزام‌آور طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها مطابق با نیازها و ویژگی‌های هر کلانشهر پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت تدوین دستورالعمل طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد.

### ۸-۲- ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها

یکی از مهم‌ترین اهداف طراحی شبکه توزیع برق به حداقل رساندن اختلالات و قطع سرویس‌دهی است و یکی از مهم‌ترین پی آمدهای طراحی نامناسب و غیر اصولی شبکه توزیع وقوع خاموشی در شبکه است. وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. تعدد این مراکز استراتژیک در کلانشهرها و ارتباط و وابستگی جمع کثیری از مردم با این واحدها وقوع خاموشی در آنان را تبدیل به دغدغه بزرگی می‌کند. بدیهی است که استمرار خاموشی‌ها منجر به بروز نارضایتی از خدمات واحدهای فوق گردد.

گاهی دستورالعمل الزام آور به تنهایی کارگشا نیست و در مواردی دستورالعمل‌های موجود چندان کاربردی نیستند زیرا فقط بر اساس تئوری نوشته شده است اما مشخص نیست بهره‌بردار بتواند آن را محقق کند یا خیر و هیچ فیدبکی هم از اجرای آن گرفته نشده است. در نتیجه در ادامه تدوین دستورالعمل الزام آور نیاز به ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع می‌باشد. در این راستا پروژه ارزیابی کیفی طراحی و احداث شبکه‌های توزیع در کلانشهرها محدوده زمانی هر سال ۳ ماه پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش سالانه ارزیابی کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد.

### ۸-۳- پایش و ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع

سیستم توزیع مسئول تحویل نهایی انرژی الکتریکی به مصرف‌کنندگان است و نزدیکی شبکه توزیع به مصرف‌کنندگان موجب می‌شود کیفیت طراحی شبکه‌های توزیع بیش از سایر بخش‌ها مورد توجه قرار گیرد. با توجه به اینکه ۸۰ درصد خاموشی‌های شبکه برق ایران به شبکه توزیع آن اختصاص دارد و ۷۳ درصد آن مربوط به شبکه فشار متوسط و ۷ درصد فشار ضعیف است، بهبود قابلیت اطمینان در شبکه توزیع کلانشهرها و کاهش خاموشی در مراکز حساس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ارتقاء کیفیت طراحی مهندسی پیامدهایی چون: افزایش ضریب قابلیت فنی، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری، ایمن‌سازی شبکه، بهبود شرایط زیست‌محیطی، کاهش حوادث مردمی، کاهش تبعات حقوقی و ... را به دنبال خواهد داشت.

هدف پروژه پیشنهادی پایش و ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع در راستای کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها می‌باشد. به منظور تکمیل فرآیند ارزیابی فعالیت‌های در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع و حصول اطمینان از رعایت موازین، اصول و مقررات و براساس دستورالعمل جامعی که در این زمینه تدوین شده، تیم ارزیابی به صورت دوره‌های سالیانه و در بازه‌ای سه ماه از تمام فعالیت در حال انجام در زمینه بهبود طراحی شبکه توزیع، بازدید به عمل می‌آورند، تا فعالیت‌هایی که در این حوزه انجام می‌شوند متوقف نشده و میزان پیشرفت و کارایی آنان ارزیابی شود. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش سالانه ارزیابی فعالیت‌های بهبود طراحی شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

## ۹- به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و

### دیسپاچینگ شبکه توزیع

۹-۱- مطالعه شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها جهت برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل

(اتوماسیون) در شبکه

امروزه اهمیت نقش روز افزون آمار و اطلاعات به عنوان پیش‌نیاز کلیه تصمیم‌گیری‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها بر کسی پوشیده نیست. این نقش و قابلیت‌های آن در عصر اطلاعات به قدری بدیهی است که نظام آماری و سامانه‌های اطلاعاتی آن‌ها نه تنها از شاخص‌های توسعه یافتگی به‌شمار می‌رود، بلکه در اختیار نداشتن آمار و اطلاعات کافی، صحیح و به‌نگام، اتخاذ سیاست‌های موثر و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای را ناممکن می‌گرداند. بر مبنای این نگرش نقش و جایگاه نظام آمار و اطلاعات و انسجام آن در توسعه صنعت برق که یکی از صنایع زیربنایی کشور است از اهمیت حساسیت غیرقابل انکاری برخوردار است. هدف این پروژه مطالعه شبکه توزیع در هر یک از کلانشهرها جهت برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل (اتوماسیون) در شبکه در راستای به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۳ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۹-۲- مطالعه و انتخاب نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) جهت بهره‌برداری در

کلانشهرها

تامین برق مطمئن، مداوم و اقتصادی مورد نیاز مشترکان، مستلزم به‌کارگیری سیستم‌های اقتصادی و مدیریتی و نیز فناوری‌ها و تجهیزات گران‌قیمت و پیشرفته است، به منظور بهره‌برداری بهینه از این تجهیزات نیاز به اخذ اطلاعات دقیق از عملکرد فرایندهای مدیریتی و فنی می‌باشد. دسترسی به این اطلاعات و سعی و تلاش جهت افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری این سیستم‌ها و تجهیزات بدون استفاده موثر از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی ممکن نمی‌شود. از این رو انتخاب درست فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی و بکارگیری بهینه آن‌ها می‌تواند در افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری

چرخه تامین برق و جلب رضایت مصرف‌کنندگان و جامعه موثر باشد. هدف این پروژه مطالعه و انتخاب نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) جهت بهره‌برداری در کلانشهرها در راستای به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۱۰ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش بررسی و انتخاب نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل مناسب کلانشهرها می‌باشد.

۹-۳- پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری

خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هریک از کلانشهرها

مشکلاتی چون ناکارآمد بودن روش‌های سنتی کنترل شبکه با ورود فناوری‌های جدید، پایین بودن قابلیت‌های مانور و امنیت سرویس در شبکه موجود و عدم تناسب بین انتظارات مشترکین و توانمندی سیستم در بخش تطابق با تکنولوژی‌های روز ما را به فکر یافتن راهکارهایی می‌اندازند. هدف از راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه دستیابی به مزایایی چون: کاهش تعداد خاموشی‌ها و مدت زمان خاموشی مشترکین و در نتیجه کاهش انرژی توزیع نشده، کاهش تعداد مشترکین متاثر از حوادث با کم‌کردن محدوده خاموشی‌ها، مشاهده سیستم و اعمال مدیریت لحظه‌ای بر شبکه، هوشمندسازی شبکه بمنظور مدیریت بار و حوادث، ارتقا امنیت تجهیزات شبکه و نیروی انسانی عملیاتی و افزایش قابلیت اطمینان و پایداری شبکه می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده پروژه پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هریک از کلانشهرها در راستای به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۳ سال تعیین شده است که با احتساب پیاده‌سازی و راه‌اندازی برای ۶ کلانشهر در کل ۱۸۰۰۰ میلیون ریال می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل در شبکه توزیع هریک از کلانشهرها می‌باشد.

## ۱۰- به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط

### کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر

۱۰-۱- ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در

#### شبکه توزیع

تامین برق مطمئن، مداوم و اقتصادی مورد نیاز مشترکان، مستلزم به کارگیری سیستم‌های اقتصادی و مدیریتی و نیز فناوری‌ها و تجهیزات گران قیمت و پیشرفته است، به منظور بهره‌برداری بهینه از این تجهیزات نیاز به اخذ اطلاعات دقیق از عملکرد فرایندهای مدیریتی و فنی می‌باشد دسترسی به این اطلاعات و سعی و تلاش جهت افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری این سیستم‌ها و تجهیزات بدون استفاده موثر از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی ممکن نمی‌شود. از این رو انتخاب درست فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی و بکارگیری بهینه آن‌ها می‌تواند در افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری چرخه تامین برق و جلب رضایت مصرف‌کنندگان و جامعه موثر باشد. هدف این پروژه ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه توزیع در راستای به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۱۲ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه می‌باشد.

## ۱۰-۲- ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مونیورینگ و کنترل شبکه

تامین برق مطمئن، مداوم و اقتصادی مورد نیاز مشترکان، مستلزم به کارگیری سیستم‌های اقتصادی و مدیریتی و نیز فناوری‌ها و تجهیزات گران قیمت و پیشرفته است، به منظور بهره‌برداری بهینه از این تجهیزات نیاز به اخذ اطلاعات دقیق از عملکرد فرایندهای مدیریتی و فنی می‌باشد دسترسی به این اطلاعات و سعی و تلاش جهت افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری این سیستم‌ها و تجهیزات بدون استفاده موثر از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی ممکن نمی‌شود. از این رو انتخاب درست فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی و بکارگیری بهینه آن‌ها می‌تواند در افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری چرخه تامین برق و جلب رضایت مصرف‌کنندگان و جامعه موثر باشد. هدف این پروژه ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه

اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مونتورینگ و کنترل شبکه در راستای به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای مونتورینگ و کنترل شبکه می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۱ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مونتورینگ و کنترل می‌باشد.

## ۱۱- بهبود ساختار زنجیره تأمین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها

ساختار زنجیره تأمین متشکل از مشتریان، واسطه‌ها، پیمانکاران، شرکت‌های مشاور، تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان است. بررسی وضعیت فعلی زنجیره تأمین تجهیزات مورد نیاز برای طراحی شبکه‌های توزیع کلانشهرها نشان می‌دهد که ساختار مشخص و تعریف‌شده‌ای وجود ندارد. برای مثال بخش عمده فناوری‌ها یا تجهیزات از سوی تأمین‌کنندگان یا تولیدکنندگان تحمیل می‌شود. در صورتی که شرکت‌های توزیع به عنوان مشتری اصلی تجهیزات شبکه توزیع کلانشهرها باید تقاضا کننده و معرفی کننده تجهیزات باشند. از سوی دیگر، در اکثر موارد کار تأمین تجهیزات، نصب، اجرا و بهره‌برداری از شبکه توزیع کلانشهرها توسط پیمانکاران انجام می‌شود و این امر مشکلاتی در زمینه کیفیت، کارایی و هزینه طراحی، نصب و بهره‌برداری از شبکه توزیع در کلانشهرها ایجاد می‌کند. بنابراین در جهت بهبود این وضعیت اقدام «بهبود ساختار زنجیره تأمین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها» پیشنهاد می‌شود. مدت زمان آن ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است. شاخص مربوط به این اقدام وضعیت تهیه ساختار زنجیره تأمین تجهیزات (شامل تعریف نقش‌ها، وظایف، مسئولیت‌ها و قواعد) است.

## ۱۲- تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

یکی از مشکلاتی که در حوزه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع در کلانشهرها وجود دارد پیچیدگی فرایند کسب مجوز و ورود به بازار برای تولیدکنندگان داخلی است. برای مثال یک شرکت جدید تابلوسازی باید هزینه بالایی برای تأیید صلاحیت پردازد و مجدداً سال بعد باید همان هزینه را متحمل شود. همچنین برای کسب مجوزهای لازم باید

فرایندی طولانی را طی کند. از سوی دیگر، با توجه به واردات بی‌رویه تجهیزات بی‌کیفیت که غالباً ارزان هستند امکان ورود و رقابت برای تولیدکنندگان داخلی کاهش یافته است. به همین دلیل می‌توان با حذف قوانین و مقررات دست و پا گیر، بهبود فرایندهای کسب مجوز و ارائه مشوق‌هایی در این زمینه، زمینه حضور تولیدکنندگان جدید به بازار این تجهیزات را فراهم کرد. بر این اساس اقدام «تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها» پیشنهاد می‌شود. مدت زمان آن ۱۸ ماه است. شاخص تحقق این اقدام، تعداد تولیدکنندگان جدید وارد شده به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها است.

### ۱۳- حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

انجمن‌های تخصصی می‌توانند با اهدافی چون: حمایت و پشتیبانی از حقوق و منافع صنف مورد نظر، انسجام بخشی به خواسته‌ها و نیازها و رفتارهای اعضا، فراهم‌آوری بستری جهت شناسایی و ارائه تکنولوژی‌های جدید، انسجام بخشی فراگیر برای کاهش هزینه‌ها، مشارکت تاثیرگذار در تدوین ساختارهای تجهیزات توزیع، ارتقاء جایگاه انجمن صنفی در صنعت برق کشور از طریق ارائه خدمات مناسب به تمامی ذینفعان انجمن، همفکری، همکاری و تعامل برای ایجاد زمینه‌های مناسب جهت رشد و ارتقاء بخش توزیع کشور و ... تشکیل شوند. در حال حاضر انجمن‌هایی در شبکه توزیع وجود دارد اما نقش چندانی ندارند زیرا انگیزه انجام بهینه فعالیت‌ها وجود ندارد. در راستای بهبود این وضعیت به عنوان مثال شرکت‌های پیمانکار باید ملزم شوند از انجمن صنفی خود پروانه بگیرند، از طرف دیگر انجمن‌ها به دلیل منافع متضاد نمی‌توانند به تصمیم یکسان برسند در نتیجه خیلی تأثیرگذار نیستند. در این راستا پروژه حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها با بازه زمانی ۳ سال پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد انجمن‌های تخصصی تشکیل شده در ارتباط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

## ۱۴- تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها

معضل توسعه شهر بر کسی پوشیده نیست، گسترش بی رویه و بدون برنامه‌ریزی شهر و تبدیل آن به کلانشهر و عدم انطباق آن با اصول شهرسازی موجب می‌گردد هنگام توسعه شبکه توزیع، استانداردهای مربوطه رعایت نگردد و بدلیل تعجیل در گسترش راه‌حل‌های دیگر بررسی نشود. اجرا طرح‌های نوسازی در صورت عدم برنامه‌ریزی و نداشتن برنامه مطالعاتی، پس از اجراء و در مدار قرار گرفتن سبب افزایش مشکلات بهره‌برداری می‌گردد. علاوه بر این عدم شناخت کافی مسئولین از شبکه که خود مستلزم برداشت شبکه و بررسی دقیق آن و دریافت نقاط ضعف و قوت آن می‌باشد، منجر به این مسأله می‌گردد که بهره‌برداری صرفاً بصورت رفع معایب بدون بررسی علل آن پیاده شود و اکثر اوقات سعی بر آن است که در کمترین زمان حتی بصورت غیراصولی معایب رفع گردد.

یکی از مهم‌ترین اهداف طراحی شبکه توزیع برق به حداقل رساندن اختلالات و قطع سرویس‌دهی است و یکی از مهم‌ترین پی‌آمدهای طراحی نامناسب و غیر اصولی شبکه توزیع وقوع خاموشی در شبکه است. در حال حاضر در زمینه طراحی شبکه توزیع، طراحان شبکه در طراحی شبکه به طور کامل به جزئیات دقت نمی‌کنند و می‌توان گفت که ۴۰٪ طراحی‌ها مشکل دارند. از سوی دیگر در حال حاضر افراد از بخش طراحی به بخش بهره‌برداری شبکه توزیع می‌روند در صورتی که باید بالعکس باشد زیرا فرد مشکلات بهره‌برداری از شبکه توزیع را بهتر می‌شناسد و طراحی بهتری انجام می‌دهد. در این راستا پروژه تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۳ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی‌شده برای اقدامات این پروژه، وضعیت حضور نمایندگان بهره‌برداران در جلسات و کمیته‌های تخصصی مربوط به طراحی شبکه‌های توزیع می‌باشد.

## ۱۵- تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید

۱۵-۱- تدوین استاندارد کیفی پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

استاندارد، مدرک حاصل از اجماع و مصوب یک نهاد شناخته شده‌ای است که با هدف دستیابی به حد بهینه نظم در زمینه‌ای معین، قواعد، رهنمودها یا ویژگی‌هایی را برای فعالیت‌ها یا نتایج آنها برای کاربردهای معمول و مکرر ارائه می‌دهد. استانداردها از نظر وضعیت به پنج صورت جدید(اولین بار)، تجدید نظر، تمدید اعتبار شده، اصلاحیه و ابطال شده



تقسیم می‌شوند. برای تدوین استاندارد ۳ روش وجود دارد؛ پذیرش استانداردهای بین‌المللی یا منطقه‌ای به عنوان استاندارد مورد نیاز، تحقیقات کاربردی و یا استفاده از استانداردهای بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی سایر کشورها و دیگر استانداردهای مورد قبول با توجه به شرایط. پروژه تدوین استاندارد کیفی پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها در راستای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی پیشنهاد شده است. این پروژه شامل مشخصات فنی، ساختار فیزیکی، نحوه عملکرد، الزامات آزمون و شرایط پذیرش این تجهیزات می‌باشد. این استاندارد مبنای و پیش‌نیاز استخراج دیگر محاسبات مکانیکی و الکتریکی مورد نیاز دستورالعمل نصب و بهره‌برداری پست‌های زمینی، زیرزمینی و هوایی و روش‌های آزمون تجهیزات آنها است. همچنین این استاندارد ضمن، تنوع زدایی می‌تواند مرجعی برای سفارش تولید یا خرید شرکت‌های توزیع برق کلانشهرها، تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، مشاوران، پیمانکاران و مجریان باشد. هدف از تدوین این استاندارد تعیین آزمون‌ها و الزامات پذیرش تجهیزات حوزه پست است. زمان انجام این پروژه ۱ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تدوین ۳ استاندارد کیفی مربوط به تجهیزات حوزه پست می‌باشد. استانداردهای صنعت برق ایران به منظور همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، به هنگام تجدید نظر در کمیته تخصصی مورد توجه و بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۱۵-۲- تدوین استاندارد کیفی خطوط زمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

استانداردها از نظر وضعیت به پنج صورت جدید (اولین بار)، تجدید نظر، تمدید اعتبار شده، اصلاحیه و ابطال شده تقسیم می‌شوند. در حوزه خط چندین پیش‌نویس استاندارد در مورد انواع کابل‌ها وجود دارد. پروژه تدوین استاندارد کیفی خطوط زمینی و هوایی مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها در راستای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی پیشنهاد شده است. این پروژه شامل مشخصات فنی، ساختار فیزیکی، نحوه عملکرد، الزامات آزمون و شرایط پذیرش تجهیزات و یراق‌آلات خطوط است. این استاندارد مبنای و پیش‌نیاز استخراج دیگر محاسبات مکانیکی و الکتریکی مورد نیاز دستورالعمل نصب و بهره‌برداری تجهیزات و یراق‌آلات خط و روش‌های آزمون آنها است. همچنین این استاندارد ضمن، تنوع زدایی

می‌تواند مرجعی برای سفارش تولید یا خرید شرکت‌های توزیع برق کلانشهرها، تامین کنندگان، تولیدکنندگان، مشاوران، پیمانکاران و مجریان باشد. هدف از این پروژه تبدیل دستورالعمل‌های موجود به استاندارد و تکمیل و به‌روز رسانی استانداردهای موجود در حوزه خط می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تدوین ۲ استاندارد کیفی مربوط به تجهیزات حوزه خط می‌باشد. استانداردهای صنعت برق ایران به منظور همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، به هنگام تجدید نظر در کمیته تخصصی مورد توجه و بررسی قرار خواهد گرفت.

۱۵-۳- تدوین استاندارد کیفی تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در شبکه

### توزیع کلانشهرها

با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف‌کنندگان به انرژی الکتریکی باکیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. از سوی دیگر محدودیت‌هایی مانند فضای کافی برای نصب خطوط انتقال، مشکلات نصب خطوط انتقال جدید را دو چندان می‌کند. در چنین شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد. پروژه تدوین استاندارد کیفی تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها در راستای افزایش کیفیت و تسهیل بهره‌گیری از این فناوری‌ها پیشنهاد شده است. در زمینه استاندارد و کنترل کیفیت تاکید بیشتر بر بازرسی و کنترل کیفی استوار است و جهت اجرایی شدن این هدف اقداماتی چون تهیه و تدوین نظام سنجش صلاحیت سازندگان، تدوین استانداردهای حداقل نیازمندی‌ها، تدوین استانداردهای مدیریت تنوع و رعایت استاندارد و نظارت بر آن مورد نیاز می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تدوین ۲ استاندارد کیفی مربوط به تجهیزات تولید پراکنده و تولید برق از انرژی تجدیدپذیر می‌باشد. استانداردهای صنعت برق ایران به منظور همگامی و هماهنگی با

تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، به هنگام تجدید نظر در کمیته تخصصی مورد توجه و بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۱۶- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید

### ۱۶-۱- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید پراکنده

در سال‌های اخیر، استفاده از واحدهای تولید پراکنده در سیستم‌های قدرت به‌طور روزافزونی زیاد شده است. دلایل متعددی برای این امر می‌توان برشمرد از جمله کاهش هزینه‌های بهره‌برداری مربوط به دوره پیک منحنی بار، بهبود پروفیل ولتاژ و ضریب بار، تأخیر و یا رفع نیاز به توسعه سیستم، بهبود قابلیت اطمینان و بازده شبکه، محدودیت در ساخت خطوط انتقال و توزیع جدید، نگرانی‌های زیست محیطی، تجدید ساختار، بازار برق و غیره. پیشرفت‌های اخیر در ژنراتورهای کوچک و پربازده، الکترونیک قدرت و ادوات ذخیره انرژی برای پشتیبانی در مواقع اضطراری نیز سرعت افزودن این واحدهای نیروگاهی کوچک را به شبکه‌های توزیع بیشتر کرده است. قوانین و مقررات به‌عنوان ضوابط حاکم بر اجرای مأموریت‌ها در هر نظام و سیستمی مورد نیاز است و در واقع بازوی قوی اجرای برنامه‌های سازمان‌ها می‌باشد. در زمینه تجهیزات تولید پراکنده از آنجایی که ایران عمدتاً واردکننده این تجهیزات بوده و تولید داخلی ندارد، نیاز به تدوین قوانین و مقررات واردات این تجهیزات دیده می‌شود. قوانینی شامل تعیین شرکت‌های مورد تایید برای خرید و واردات تجهیزات، برخورداری از معافیت‌های بازرگانی و ... در این راستا پروژه تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید پراکنده پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۴ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، آیین‌نامه تدوین شده برای واردات تجهیزات تولید پراکنده می‌باشد.

### ۱۶-۲- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر

پس از وقوع بحران جهانی نفت در دهه ۷۰ میلادی، کشورهای صنعتی و پیشرفته جهان به این نتیجه رسیدند که نباید تنها بر یک منبع تأمین انرژی، یعنی سوخت فسیلی اعتماد و تکیه نمایند. در نتیجه تنوع بخشیدن به منابع تأمین انرژی

به‌عنوان یکی از اصول راهبردی کشورهای مذکور در آمد. انرژی‌های نو (باد، خورشید، زمین‌گرمایی، زیست‌توده، هیدروژن) به دلیل رایگان بودن منبع انرژی و نیز جنبه‌های مثبت زیست‌محیطی آن به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین انرژی کشورهای پیشرفته انتخاب گردید. ایران نیز در دو دهه اخیر فعالیت‌هایی برای بهره‌گیری از این منابع انرژی انجام داده است. در این راستا با توجه به اینکه در حوزه تأمین تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر به جز تولیدات انحصاری سال‌های اخیر در حوزه توربین‌های بادی، ایران عمدتاً وارد کننده این تجهیزات می‌باشد، نیاز به تعریف آیین‌نامه‌های واردات در این زمینه دیده می‌شود. تعرفه‌های تجاری همانند نظام پولی و مالی کشور که از طریق قبض و بسط سیستم نقدینگی سعی بر کنترل تورم و رکود دارند، تلاش بر ایجاد تعادل و توازن در تراز تجاری کشور و دستیابی به شاخص‌های توسعه‌ای مطلوب تجاری دارد. در این راستا پروژه تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۴ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، آیین‌نامه تدوین شده برای واردات تجهیزات تولید برق از انرژی تجدیدپذیر می‌باشد.

### ۱۶-۳- تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق

امروزه منابع تولید پراکنده مانند میکروتوربین‌ها و توربین‌های احتراقی کاربرد فراوانی در سیستم قدرت پیدا کرده‌اند و بیشتر در سمت مصرف‌کننده و نزدیک بار شبکه‌های توزیع نصب می‌شوند. هدف کارشناسان و برنامه‌ریزان سیستم‌های توزیع از به‌کارگیری تولیدات پراکنده رشد شاخص‌های اقتصادی و افزایش میزان رضایتمندی مصرف‌کنندگان است که در پی کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش تلفات، بهبود قابلیت اطمینان و افزایش کیفیت توان حاصل می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در ژنراتورهای کوچک و پربازده، الکترونیک قدرت و ادوات ذخیره انرژی برای پشتیبانی در مواقع اضطراری نیز سرعت افزودن این واحدهای نیروگاهی کوچک را به شبکه‌های توزیع بیشتر کرده است.

قوانین و مقررات به‌عنوان ضوابط حاکم بر اجرای مأموریت‌ها در هر نظام و سیستمی مورد نیاز است و در واقع بازوی قوی اجرای برنامه‌های سازمان‌ها می‌باشد. در زمینه تجهیزات ذخیره‌ساز برق از آنجایی که ایران عمدتاً واردکننده این تجهیزات بوده و تولید داخلی هنوز در سطح آزمایشگاهی بوده و به تولید انبوه منجر نشده است، نیاز به تدوین قوانین و مقررات واردات این تجهیزات دیده می‌شود. در این راستا پروژه تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق پیشنهاد

شده است. زمان انجام این پروژه ۴ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، آیین‌نامه تدوین شده برای واردات تجهیزات ذخیره‌ساز برق می‌باشد.

## ۱۷- تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع

همان‌طور که پیشتر در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد یکی از اقدامات لازم در جهت تقویت بهینه بازار تجهیزات تولید استفاده از مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری است. یکی از این مکانیزم‌ها تسهیل مقرراتی و تنظیمی در قالب تسهیل فرایند قانونی نصب و به‌کارگیری تجهیزات در شبکه توزیع است. بخش اعظم مشتریان تجهیزات تولید، بخش خصوصی شامل مراکز تجاری، صنعتی، واحدهای مسکونی بزرگ و ... است. قطعاً یکی از روش‌های ترغیب این بخش به سرمایه‌گذاری (و خرید) تجهیزات و تحریک سمت تقاضای تجهیزات حوزه تولید، تسهیل فرایند قانونی استفاده از این تجهیزات است. بنابراین اقدام «تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع» پیشنهاد شده است. مدت زمان انجام آن ۲ سال در نظر گرفته شده است. شاخص تحقق این اقدام مدت زمان دریافت مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید است.

## ۱۸- تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع در کلانشهرها

### ۱۸-۱- تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها

بهره‌گیری از ساختار شبکه‌های زمینی در شبکه توزیع دارای مزایا و معایبی است که استفاده یا عدم استفاده از آن در مقایسه با شبکه‌های هوایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از جمله مهم‌ترین مزایای استفاده از شبکه‌های زمینی می‌توان به ایمنی بیشتر، زیباسازی محیط و ... اشاره کرد. همچنین شبکه‌های زمینی دارای معایبی چون هزینه احداث بالا، دشواری عملیات عیب‌یابی و ... می‌باشند. ویژگی‌هایی چون تراکم بالا و مشکلات حریم و .. که در کلانشهرها وجود دارد، استفاده از خطوط زمینی را در شبکه توزیع آنان الزامی می‌سازد. در این راستا پروژه تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۴ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده

برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل الزام‌آور تدوین شده برای به‌کارگیری خطوط زمینی در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۱۸-۲- تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع

### کلانشهرها

افزایش روزافزون مشترکین برق از یک سو و مشکلات تخصیص زمین برای گسترش شبکه از سوی دیگر گرایش به استفاده از تجهیزات فشرده را افزایش داده است. از طرف دیگر در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. استفاده از پست‌های زیرزمینی در نزدیکی مصرف‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین راه‌حل‌ها هست. در این راستا پروژه تدوین دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۴ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل الزام‌آور تدوین شده برای به‌کارگیری پست‌های زمینی، زیرزمینی و کمپکت در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد.

۱۹- اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های

### هوایی

در حال حاضر نسبت تقاضا در پست‌ها به ترتیب هوایی ۹۰٪، زمینی ۹٫۹٪ و زیرزمینی ۰٫۱٪ است. دلیل اصلی که شرکت‌های توزیع به سمت پست‌های هوایی می‌روند این است که یک سوم انواع دیگر پست‌ها هزینه دارند. شرکت‌های توزیع خیلی به تجهیزات جدید علاقه‌ای ندارند مثلاً بیان می‌کنند که مدیریت تجهیزات جدید مشکل است. در زمینه آشنایی و به‌کارگیری پست‌ها، در پست‌های هوایی آشنایی بیشتری وجود دارد، پس از آن پست‌های زمینی، کمپکت و کیوسک‌ها. می‌توان گفت مهم‌ترین دلیل استفاده از تجهیزات هوایی در حوزه خط و پست هزینه و سهولت نصب و راه‌اندازی است. شرکت‌های توزیع در چند سال اخیر به دلیل وجود مشکل ریزگردها حتی با وجود هزینه بهره‌برداری بالاتر در حال حرکت به سمت شبکه‌های زمینی و زیرزمینی هستند. در تهران اکثر پست‌ها زمینی هستند. علیرغم هزینه نصب

بالاتر هزینه نت آن‌ها کمتر است. در راستای الزام استفاده از خطوط و پست‌های زمینی، پروژه اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی پیشنهاد شده است. بازه زمانی اجرای این پروژه ۱۰ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، گزارش ارزیابی وضعیت استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع کلانشهرها و میزان جریمه مالی تعیین شده برای شرکت‌های توزیع در هریک از کلانشهرها می‌باشد.

## ۲۰- تهیه‌ساز و کار ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و

### راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی

در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. استفاده از پست‌های زیرزمینی در نزدیکی مصرف‌کنندگان یکی از کلیدی‌ترین راه‌حل‌ها هست. در حال حاضر نسبت تقاضا در پست‌ها به ترتیب هوایی ۹۰٪، زمینی ۹،۹٪ و زیرزمینی ۰،۱٪ است. دلیل اصلی که شرکت‌های توزیع به سمت پست‌های هوایی می‌روند این است که یک سوم انواع دیگر پست‌ها هزینه دارند. شرکت‌های توزیع در چند سال اخیر به دلیل وجود مشکل ریزگردها حتی با وجود هزینه بهره‌برداری بالاتر در حال حرکت به سمت شبکه‌های زمینی و زیرزمینی هستند. در راستای تسهیل استفاده از پست‌های زیرزمینی، پروژه تهیه‌ساز و کار ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی پیشنهاد شده است. این پروژه از طریق اعطای وام‌های بلندمدت کم‌بهره و تأمین بخشی از هزینه تأمین، نصب و راه‌اندازی این هدف را دنبال می‌کند. بازه زمانی اجرای این پروژه ۴ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، میزان تسهیلات مالی ارائه شده به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی می‌باشد.

## ۲۱- ساز و کار اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی

در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. یکی از روش‌های غلبه بر محدودیت فوق، استفاده از پست‌های زیرزمینی است به نحوی که پست کارایی پست‌های متعارف را داشته باشد. با استفاده از پست‌های زیرزمینی می‌توان فضای استفاده شده در سطح زمین برای احداث پست را

به حداقل رساند و از سطح زمین برای اهداف دیگر استفاده کرد. با استفاده از پست‌های زیرزمینی در حدود ۸۰ درصد از فضای موردنیاز برای نصب تجهیزات پست در زیرزمین قرار می‌گیرد و تنها کانال‌های خنک‌کننده و مسیر دسترسی به داخل پست بر روی سطح زمین قرار می‌گیرند. در نوع پست‌های کاملاً زیرزمینی دریاچه آدرو و کانال تهویه هوا وجود ندارد و تجهیزات پست کاملاً زیرزمین دفن شده‌اند. از دیگر مزایای استفاده از پست‌های زیرزمینی این است که می‌توان شبکه فشار قوی را مستقیماً به مرکز کلانشهرها وارد کرد بدون اینکه محیط متوجه خطری شود و یا مشکلات مرتبط با احداث پست‌ها بر روی سطح زمین به وجود آیند. اما در حال حاضر نسبت تقاضا در پست‌ها به ترتیب هوایی ۹۰٪، زمینی ۹،۹٪ و زیرزمینی ۰،۱٪ است. دلیل اصلی که شرکت‌های توزیع به سمت استفاده از پست‌های هوایی می‌روند این است که یک سوم انواع دیگر پست‌ها هزینه دارند. اگر اکنون قیمت پست‌های زمینی و هوایی یکسان باشد قطعاً همه به سمت پست‌های زمینی و زیرزمینی می‌روند. در راستای تسهیل استفاده از پست‌های زیرزمینی، پروژه ساز و کار اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی پیشنهاد شده است. بازه زمانی اجرای این پروژه ۴ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، میزان مشوق‌های مالی ارائه شده به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی می‌باشد.

## ۲۲- ساز و کار ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی

### تجدیدپذیر

امروزه خصوصی‌سازی یکی از مسائل مورد توجه کشور و صنعت برق می‌باشد. خصوصی‌سازی می‌تواند باعث افزایش کیفیت شود. چگونگی ترغیب بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در صنعت برق موضوع مهمی است که باید به دقت به آن پرداخته شود. استفاده از روش‌های مالی برای جذاب‌سازی از جمله رویکردهای وزارت نیرو و دستگاه‌های مربوطه برای ترغیب بخش خصوصی به ورود به حوزه صنعت برق است. صنعت برق نیاز دارد سالانه ۵ هزار مگاوات به ظرفیت نیروگاهی خود اضافه کند. نیروگاه‌های تولید پراکنده و تجدیدپذیر نه تنها می‌توانند جواب‌گوی این نیاز باشند، بلکه برق تولید شده توسط آنان با کاهش آلودگی و تلفات و افزایش کیفیت و قابلیت اطمینان همراه است. با توجه به این موارد یکی از مسائل مورد توجه صنعت برق برای خصوصی‌سازی، حوزه تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر می‌باشد. در این راستا



پروژه تدوین ساز و کار ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر پیشنهاد شده است. این پروژه از طریق تأمین بخشی از سرمایه مورد نیاز و آگاه‌سازی بخش خصوصی در مورد اهمیت و مزایای استفاده از تجهیزات این هدف را دنبال می‌کند. بازه زمانی اجرای این پروژه ۱۰ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه ۱ همایش در زمینه تجهیزات تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

## ۲۳- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در

### شبکه توزیع کلانشهرها

#### ۲۳-۱- برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات حوزه D-Facts

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان متأثر از برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و بهره‌برداری از تجهیزات است لذا باید در یک زنجیره به آن نگرین شده شود. کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت می‌انجامد. ایده استفاده از فناوری‌های مشابه در سطح شبکه‌های توزیع برق منجر به ایجاد مفهوم D-FACTS شده است که اغلب در قالب تجهیزات CPD مطرح می‌شود. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها<sup>۱</sup> و تغییردهنده‌های آرایش شبکه<sup>۲</sup> طبقه‌بندی نمود.

یکی از اقدامات کنترلی رایج در شبکه توزیع، جبران‌سازی توان راکتیو شبکه است. جبران‌سازی توان راکتیو در شبکه‌های توزیع مزایای زیادی از جمله آزادسازی شبکه‌های بالادستی، کاهش تلفات و کاهش افت ولتاژ در انتهای خطوط و ... دارد. با توجه به این اصل که هر قدر جبران‌سازی توان راکتیو مصرفی به مصرف‌کننده نزدیک‌تر باشد مزایای

<sup>۱</sup> -Compensating Type

<sup>۲</sup> -Network Reconfiguring Type

بیشتری دارد، در شبکه‌های توزیع کشور تعداد زیادی خازن در سال‌های اخیر در شبکه‌های توزیع فشار ضعیف نصب شده است که در اکثر آن‌ها مطالعات فنی و اقتصادی مناسبی برای نصب خازن‌ها صورت نگرفته است. با توجه به اینکه مسئولیت جبران توان راکتیو شبکه‌های توزیع بر عهده شرکت‌های توزیع است، ارائه فناوری‌های جدید برای طراحی شبکه که در آن‌ها الزامات فنی شبکه همچون جبران‌سازی توان راکتیو لحاظ شده باشد، لازم است. هدف پروژه پیشنهادی برگزاری سالانه نمایشگاه تخصصی تجهیزات حوزه D-Facts در راستای کمک به معرفی و آشنایی با آخرین تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts می‌باشد. زمان انجام این پروژه سالیانه به مدت ۱۰ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه نمایشگاه تخصصی در زمینه تجهیزات D-Facts می‌باشد.

### ۲۳-۲- برگزاری نمایشگاه تخصصی تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها

در حال حاضر متوسط مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا ۱۰ درصد است که این میزان در کشورهای پیشرفته ۲۰ درصد است، اما در ایران به دلیل داشتن بنزین، گازوئیل و نفت ارزان و فراوان و گران بودن تولید انرژی تجدیدپذیر میزان مصرف این انرژی تقریباً صفر درصد است درحالی‌که برای رهایی کامل از آلودگی هوا یکی از راهکارهای کلانشهرها استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. راهکار دیگر در راستای کاهش آلودگی هوای کلانشهرها و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و تبدیل آن‌ها به سیکل ترکیبی است. هم‌اکنون راندمان نیروگاه‌های گازی حدود ۳۱/۵ درصد بوده که با ورود نسل جدید توربین‌های گاز به کشور، بازده بخش بخار به ۴۰ درصد و با تبدیل آن به سیکل ترکیبی به ۶۰ درصد می‌رسد. هدف این پروژه برگزاری سالانه نمایشگاه تخصصی تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها در راستای کمک به معرفی و آشنایی با آخرین تجهیزات مورد استفاده تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد. زمان انجام این پروژه سالیانه به مدت ۱۰ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه نمایشگاه تخصصی در زمینه تجهیزات تولید برق می‌باشد.

## ۲۴- برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها

### و جبران سازها در شبکه توزیع

#### ۲۴-۱- برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات ذخیره‌سازها در شبکه توزیع کلانشهرها

وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. تعدد این مراکز استراتژیک در کلانشهرها و ارتباط و وابستگی جمع کثیری از مردم با این واحدها وقوع خاموشی در آنان را تبدیل به دغدغه بزرگی می‌کند. طراحی و ساخت انواع سیستم‌های ذخیره ساز انرژی به منظور پیک سایبی و کاهش تلفات از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا مطالعات و نصب این سامانه ضروری است. هدف از برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات ذخیره‌سازها در شبکه توزیع کلانشهرها کمک به اطلاع‌رسانی و آموزش در مورد تجهیزات ذخیره‌ساز و ارتقا کیفیت و قابلیت اطمینان شبکه توزیع کلانشهرها می‌باشد. بازه زمانی انجام این پروژه ۲ بار در سال به مدت ۱۰ سال تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه ۲ دوره آموزشی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها می‌باشد.

#### ۲۴-۲- برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها

کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت می‌انجامد. ایده استفاده از فناوری‌های مشابه در سطح شبکه‌های توزیع برق منجر به ایجاد مفهوم D-FACTS شده است که اغلب در قالب تجهیزات CPD<sup>۱</sup> مطرح می‌شود. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه طبقه‌بندی نمود. بهره‌گیری از ادوات کنترل‌پذیر الکترونیک قدرت در قالب CPD ها در شبکه‌های توزیع می‌تواند در بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین تاثیرگذار باشد. در این راستا برگزاری دوره آموزشی استفاده از تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها برای دو بار در سال به مدت ۱۰ سال پیشنهاد شده

<sup>۱</sup> -Custom Power Devices

است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه نیز، برگزاری سالانه ۲ دوره آموزشی در زمینه استفاده از جبرانسازها می‌باشد.

### ۲۴-۳- برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق

در طراحی شبکه توزیع برق جایابی تجهیزات شبکه مثل تولیدات پراکنده و پست‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. در شبکه‌های توزیع امروزی بخصوص با روند رو به رشد خصوصی‌سازی و رقابتی شدن بازار برق، هدف اولیه شرکت‌های توزیع پایین آوردن هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری، نگهداری و ساخت شبکه است. یکی از مؤثرترین روش‌ها برای پاسخگویی به موارد فوق استفاده از منابع تولید پراکنده است. در سال‌های اخیر، استفاده از واحدهای تولید پراکنده در سیستم‌های قدرت به‌طور روزافزونی زیاد شده است. پیشرفت‌های اخیر در ژنراتورهای کوچک و پربازده، الکترونیک قدرت و ادوات ذخیره انرژی برای پشتیبانی در مواقع اضطراری نیز سرعت افزودن این واحدهای نیروگاهی کوچک را به شبکه‌های توزیع بیشتر کرده است.

هرچه شبکه‌های انرژی متنوع‌تر و بزرگ‌تر شوند، فرصت پیدایش سیستم‌های ذخیره انرژی در شبکه در مقیاس بزرگ بیشتر فراهم می‌شود. یک پارچه‌سازی سیستم انرژی تجدیدپذیر با شبکه‌های موجود یک کار نسبتاً جدید است که به دلیل آرایش شبکه‌های جدید دارای مشکلاتی همانند جابه‌جایی بار و تخت‌شدن قله پیک می‌شود. در آینده معرفی سیستم‌های جدید ذخیره‌سازی انرژی می‌تواند تعادل ظریف بین عرضه و تقاضا را که در بازارهای انرژی در طول زمان طولانی تثبیت شده است را ویران کند. در بازار نسبتاً جدید ذخیره‌سازی، طیف گسترده‌ای از تکنولوژی‌ها در حال توسعه برای رسیدن به سطح ذخیره‌سازی در مقیاس شبکه هستند. همگام با رشد علم و فناوری در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق، لزوم تعامل، مشارکت و تبادل نظر بین پژوهشگران این شاخه احساس می‌شود. در این راستا برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات ذخیره‌ساز برق به صورت سالانه به مدت ۱۰ سال پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه کنفرانس تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها در شبکه توزیع می‌باشد.

## ۲۴-۴- برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات D-Facts

همایش‌های علمی بستر مناسبی را برای نشر و ارائه دستاوردهای علمی فراهم ساخته و امکان نقد و بررسی این یافته‌ها را در جامعه علمی به دست می‌دهد و توفیق همایش‌های علمی در گرو تحقق موارد مذکور می‌باشد. ادوات D-Facts اغلب در قالب تجهیزات<sup>۱</sup> CPD مطرح می‌شود. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه طبقه‌بندی نمود. با توجه اهمیت حوزه تجهیزات D-Facts و نقش آن‌ها در کیفیت برق و قابلیت اطمینان شبکه توزیع، فراهم ساختن شرایطی برای گردهمایی فعالان دانشگاهی و صنعتی لازم به نظر می‌رسید. در این راستا برگزاری کنفرانس تخصصی در حوزه تجهیزات D-Facts به صورت سالانه به مدت ۱۰ سال پیشنهاد شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، برگزاری سالانه کنفرانس تخصصی در زمینه استفاده از جبران‌سازها در شبکه توزیع می‌باشد.

## ۲۵- به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع

### کلانشهرها

#### ۲۵-۱- نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع

با توجه به اینکه بهره‌گیری از ادوات کنترل‌پذیر الکترونیک قدرت در قالب جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه در شبکه‌های توزیع می‌تواند در بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین تاثیرگذار باشد، در کنار تدوین سند راهبردی توسعه این فناوری، تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری، برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی سالیانه، نیاز به انجام و آزمایش این اقدامات در قالب طرح پایلوت دیده می‌شود. در این راستا پروژه نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات D-Facts در شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۲ سال تعیین شده و بودجه اختصاص یافته به آن بر اساس تجهیزات نصب

<sup>۱</sup> -Custom Power Devices

شده قابل محاسبه می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد تجهیزات نصب شده D-Facts در شبکه توزیع کلانشهر انتخاب شده می‌باشد.

## ۲۵-۲- نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات ذخیره‌سازی برق در شبکه توزیع

وقوع خاموشی در شبکه برق کلانشهرها باعث ایجاد اختلال در فعالیت‌های مراکز و نهادهای مختلف شبکه از جمله مراکز و ادارات دولتی می‌شود. یکی از راه‌های کاهش خاموشی‌ها و بالابردن قابلیت اطمینان شبکه استفاده از ذخیره‌سازها می‌باشد. در کنار تدوین سند راهبردی توسعه این فناوری، تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری، برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی سالیانه، نیاز به انجام و آزمایش این اقدامات در قالب طرح پایلوت دیده می‌شود. در این راستا پروژه نصب و بهره‌برداری پایلوت تجهیزات ذخیره‌سازی برق در شبکه توزیع کلانشهرها پیشنهاد شده است. زمان انجام این پروژه ۲ سال تعیین شده و بودجه اختصاص یافته به آن بر اساس تجهیزات نصب شده قابل محاسبه می‌باشد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد تجهیزات نصب شده ذخیره‌ساز در شبکه توزیع کلانشهر انتخاب شده می‌باشد.

## ۲۶- کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts

بر اساس مطالعات انجام شده در این سند یکی از مشکلات اصلی در حوزه پست‌های زیرزمینی و تجهیزات D-Facts عدم آشنایی کافی در مورد مزایا و اهمیت این تجهیزات و نیز در مورد به‌کارگیری این تجهیزات در بین کارکنان و متخصصان شرکت‌های توزیع و شرکت‌های تولیدکننده است. برای کمک به رفع این مشکل بایستی زمینه حضور نیروهای متخصص آشنا به پست‌های زیرزمینی و تجهیزات D-Facts فراهم شود. بر همین اساس اقدام «کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts» پیشنهاد شده است. فعالیت‌های ذیل این اقدام شامل شناسایی نیروهای متخصص آموزش دیده و پرداخت بخشی از هزینه جذب این نیروها در شرکت‌های توزیع کلانشهرها و شرکت‌های تولیدکننده این تجهیزات است. مدت زمان اجرای این اقدام ۴ در نظر گرفته شده است. شاخص

شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد نیروهای متخصص جذب شده در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts است.

## ۲۷- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها

### ۱-۲۷- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط

نوع و ساختار شبکه‌های توزیع با توجه به عواملی از قبیل ویژگی‌های فنی، محیطی، طول و محدودیت‌های مسیر (شامل تراکم جمعیت، عوامل اقتصادی و زیبایی محیط) انتخاب می‌گردد. بر این اساس از نظر ساختاری، شبکه‌های توزیع به دودسته شامل شبکه‌های زمینی و هوایی تقسیم می‌شوند. تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. خاموشی زیاد یکی از مشخصه‌های شبکه با قابلیت اطمینان پایین است. با توجه به اینکه ۸۰ درصد خاموشی‌های شبکه برق ایران به شبکه توزیع آن اختصاص دارد و ۷۳ درصد آن مربوط به شبکه فشار متوسط و ۷ درصد فشار ضعیف است، بهبود قابلیت اطمینان در شبکه توزیع کلانشهرها و کاهش خاموشی در مراکز حساس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف این پروژه تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط در راستای بالابردن کیفیت تجهیزات حوزه خط مورد استفاده در شرکت‌های توزیع کلانشهرها و قابلیت اطمینان شبکه آنان می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه خط تدوین شده می‌باشد.

### ۲-۲۷- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست

پست توزیع، ایستگاهی فرعی است که در مسیر شبکه الکتریکی قرار می‌گیرد و ولتاژ را به وسیله ترانسفورماتور به مقادیر پایین‌تر تغییر می‌دهد. وظیفه یک پست توزیع تحویل گرفتن توان از شبکه بالادست و تحویل آن به سیستم توزیع است. پست توزیع، به مجموعه‌ای شامل ترانسفورماتور توزیع، تابلوی فشار متوسط، تابلوی فشار ضعیف و کلیه اتصالات و تجهیزات حفاظتی مرتبط با آن‌ها اطلاق می‌شود. تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. از سوی دیگر استفاده از تجهیزات نامرغوب و فاقد کیفیت، خسارت‌های زیادی از جمله افزایش

هزینه‌های تعمیرات و تعویض قطعات، انجام بازدیدهای مکرر و غیره خواهد داشت. هدف این پروژه تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست در راستای بالابردن کیفیت تجهیزات حوزه پست مورد استفاده در شرکت‌های توزیع کلانشهرها و افزایش قابلیت اطمینان شبکه آنان می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه پست تدوین شده می‌باشد.

### ۲۷-۳- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه تولید

در حال حاضر متوسط مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا ۱۰ درصد است که این میزان در کشورهای پیشرفته ۲۰ درصد است، اما در ایران به دلیل داشتن بنزین، گازوئیل و نفت ارزان و فراوان و گران بودن تولید انرژی تجدیدپذیر میزان مصرف این انرژی تقریباً صفر درصد است درحالی‌که برای رهایی کامل از آلودگی هوا یکی از راهکارهای کلانشهرها استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. راهکار دیگر در راستای کاهش آلودگی هوای کلانشهرها و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی و تبدیل آن‌ها به سیکل ترکیبی است. هم‌اکنون راندمان نیروگاه‌های گازی حدود ۳۱/۵ درصد بوده که با ورود نسل جدید توربین‌های گاز به کشور، بازده بخش بخار به ۴۰ درصد و با تبدیل آن به سیکل ترکیبی به ۶۰ درصد می‌رسد. هدف پروژه پیشنهادی تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه تولید در راستای بالابردن کیفیت تجهیزات حوزه تولید پراکنده مورد استفاده در شرکت‌های توزیع کلانشهرها و افزایش قابلیت اطمینان شبکه آنان می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه تولید تدوین شده می‌باشد.

### ۲۷-۴- تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات D-Facts

تقاضا برای افزایش قابلیت اطمینان، به علت اهمیت روزافزون بارها، رشد فزاینده‌ای دارد. در نتیجه شرکت‌های توزیع به طراحی استراتژی‌های مشخص به منظور افزایش قابلیت اطمینان نیاز مبرمی خواهند داشت. کاربرد سیستم‌های انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال موسوم به ادوات FACTS که اغلب با استفاده از فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت همراه است به بهبود قابل توجه کیفیت بهره‌برداری از سیستم قدرت می‌انجامد. ایده استفاده از فناوری‌های مشابه در سطح شبکه‌های توزیع برق منجر به ایجاد مفهوم D-Facts شده است که اغلب در قالب تجهیزات CPD مطرح می‌شود. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه طبقه‌بندی نمود.



یکی از اقدامات کنترلی رایج در شبکه توزیع، جبران‌سازی توان راکتیو شبکه است. جبران‌سازی توان راکتیو یکی از ابزار بهینه‌سازی هزینه انرژی و برگشت سریع سرمایه است. در طول چند سال گذشته با بهره‌گیری از مواد جدید و روش‌های تولید پیشرفته، خازن‌هایی با تلفات بسیار اندک در حجم‌های کوچک ساخته شده است. با توسعه و تولید کنتاکتورهای خازنی و رگولاتورهای میکروپرسسوری بسیار پیشرفته که تضمین‌کننده رفتار مناسب و بهینه بانک خازنی به تغییرات بار است، بانک‌های خازنی کاملاً قابل اعتماد گردیده‌اند. هدف پروژه پیشنهادی تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه D-Facts در راستای بالابردن کیفیت تجهیزات حوزه D-Facts مورد استفاده در شرکت‌های توزیع کلانشهرها و افزایش قابلیت اطمینان شبکه آنان می‌باشد. زمان انجام این پروژه ۶ ماه تعیین شده است. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، دستورالعمل خرید تجهیزات حوزه D-Facts تدوین شده می‌باشد.

## ۲۸- تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید

با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان و بالا رفتن تقاضای انرژی الکتریکی نیاز به گسترش سیستم‌های قدرت و انرژی بیش از پیش احساس می‌شود. دسترسی مصرف‌کنندگان به انرژی الکتریکی با کیفیت مناسب و قابلیت اطمینان بالا، نیازمند گسترش همزمان سیستم‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی است که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین هست. از سوی دیگر محدودیت‌هایی مانند فضای کافی برای نصب خطوط انتقال، مشکلات نصب خطوط انتقال جدید را دو چندان می‌کند. در چنین شرایطی ظهور تولیدات پراکنده نه تنها مشکلات مربوط به هزینه‌های نصب خطوط جدید را مرتفع می‌کند بلکه می‌تواند شرایط بهتری را از نظر میزان آلودگی تولیدی، تعمیر و نگهداری با هزینه‌های کمتر، کیفیت بیشتر انرژی الکتریکی و قابلیت اطمینان بالاتر را فراهم آورد. در همین راستا پروژه تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید، با نسبت ۶۰٪ برای تجهیزات تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر و ۴۰٪ برای تجهیزات تولید پراکنده پیشنهاد شده است. بازه زمانی اجرای این پروژه ۱۰ سال تعیین شده و بودجه اختصاص یافته براساس تعداد تجهیزات خریداری شده محاسبه می‌گردد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه تولید در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

## ۲۹- خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست

در حال حاضر نسبت تقاضا در پست‌ها به ترتیب هوایی ۹۰٪، زمینی ۹،۹٪ و زیرزمینی ۰،۱٪ است. می‌توان گفت مهم‌ترین دلیل استفاده از تجهیزات هوایی در حوزه خط و پست هزینه و سهولت نصب و راه‌اندازی است. در کلانشهرها به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، نصب پست‌های توزیع در سطح زمین همواره با مشکلات زیادی روبرو است. شرکت‌های توزیع در چند سال اخیر به دلیل وجود مشکل ریزگردها حتی با وجود هزینه بهره‌برداری بالاتر در حال حرکت به سمت شبکه‌های زمینی و زیرزمینی هستند. در تهران اکثر پست‌ها زمینی هستند. علیرغم هزینه نصب بالاتر هزینه نت آن‌ها کمتر است. در راستای الزام استفاده از خطوط و پست‌های زمینی، به موازات پیشنهاد تدوین استانداردها و به روزرسانی دستورالعمل‌ها و اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی، پروژه خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست با هدف ایجاد موازنه در بازار عرضه و تقاضای تجهیزات با اولویت استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها، پیشنهاد شده است. تضمین خرید در حوزه پست با نسبت ۶۰٪ برای پست‌های زیرزمینی، ۳۰٪ برای پست‌های زمینی و ۱۰٪ برای پست‌های کمپکت و در حوزه خط با نسبت ۹۰٪ برای خطوط زمینی و ۱۰٪ برای خطوط هوایی می‌باشد. بازه زمانی اجرای این پروژه ۱۰ سال تعیین شده و بودجه اختصاص یافته براساس تعداد تجهیزات خریداری شده محاسبه می‌گردد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه خط و پست در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

## ۳۰- تأمین و نصب تجهیزات D-Facts

ادوات D-Facts اغلب در قالب تجهیزات CPD<sup>۱</sup> مطرح می‌شود. به‌طور کلی این تجهیزات را می‌توان در دودسته جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه طبقه‌بندی نمود. جبران‌سازی توان راکتیو در شبکه‌های توزیع مزایای زیادی از جمله آزادسازی شبکه‌های بالادستی، کاهش تلفات و کاهش افت ولتاژ در انتهای خطوط و ... دارد. با توجه به اینکه بهره‌گیری از ادوات کنترل‌پذیر الکترونیک قدرت در قالب جبران‌سازها و تغییردهنده‌های آرایش شبکه در شبکه‌های توزیع

<sup>۱</sup> - Custom Power Devices

می‌تواند در بهبود قابلیت اطمینان سرویس‌دهی و کیفیت توان منتقل شده به مشترکین تاثیرگذار باشد، در کنار تدوین سند راهبردی توسعه این فناوری، تدوین و به‌روزرسانی دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری، برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی سالیانه، پروژه تأمین و نصب تجهیزات D-Facts پیشنهاد شده است. بازه زمانی اجرای این پروژه ۱۰ سال تعیین شده و بودجه اختصاص یافته براساس تعداد تجهیزات خریداری شده محاسبه می‌گردد. شاخص شناسایی شده برای اقدامات این پروژه، تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه D-Facts در بازه زمانی مشخص شده می‌باشد.

## مراجع

[۱]. تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری'

شبکه برق ایران، گروه مطالعات سیستم، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴.

## فهرست مطالب

|  |    |
|--|----|
| ۱-مقدمه.....   | ۱  |
| ۲-فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها.....               | ۱  |
| ۲-۱-۲-تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی.....  | ۲  |
| ۲-۱-۱-۲-تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها..... | ۲  |
| ۳.....   | ۳  |
| ۳-تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی.....                                     | ۶  |
| ۳-۱-ساختار نظارت و به‌روز رسانی.....   | ۶  |
| ۳-۲-مکانیزم عملکرد.....  | ۱۰ |
| ۴-نتیجه‌گیری.....  | ۱۲ |
| مراجع.....   | ۱۳ |

## فهرست جداول

جدول (۱-۲): شاخص‌های کلان شناسایی شده برای ارزیابی پیشرفت سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

کلانشهرها ..... ۳

جدول (۲-۲): شاخص شناسایی شده برای اقدامات سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها ۴

جدول (۱-۳): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها ۱۱

## ۱- مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون آن نمی‌توان از اجرای برنامه اطمینان حاصل نمود. در سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها نیز نمی‌توان بدون ارزیابی، به نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف سند(که براساس نقشه‌راه این سند صورت می‌گیرد) پی برد. به منظور ارزیابی لازم است شاخص‌های عملکردی و اثربخشی تعریف شده تا بتوان در طول زمان با بررسی وضعیت شاخص‌ها، میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. علاوه بر تعیین شاخص‌ها، می‌بایست مشخص گردد که چه ساختارهای نظارتی، در چه مقاطع زمانی و چگونه باید ایجاد شوند تا پروژه‌های اجرایی مختلفی را که برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها صورت می‌گیرد، مورد ارزیابی قرار دهند. همچنین با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا برای تحرکات بخش‌های مختلف صنعت برق کشور در جهت حصول به اهداف این صنعت می‌باشد، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و به‌روزرسانی این سند پرداخته شود. در این بخش از طرح، برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در بخش اول این گزارش ابتدا فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها به همراه شاخص‌های عملکردی و اثربخشی مورد استفاده برای ارزیابی سند ارائه می‌شود. سپس مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها توضیح داده می‌شود.

## ۲- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع

### کلانشهرها

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق برنامه‌های سند در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

۲- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها

۳- جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده

۴- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای ارکان مختلف سند که شامل اهداف و اقدامات می‌باشد تعدادی شاخص تعریف می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آن‌ها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها و نحوه دستیابی به آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آن‌ها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین‌رو شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات گردد. در همین راستا شاخص‌ها می‌باید مشخص‌کننده ابعاد ذیل باشند:

الف) کمیت (چقدر)

ب) کیفیت (چگونه)

ج) زمان (چه موقع)

د) محل (کجا)

در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود.

شاخص‌ها باید با ملاحظه ویژگی‌های زیر تعریف شوند:

الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.



ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس کننده یک واقعیت - و نه تصور ذهنی - بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

ج) قابل قبول بودن: باید بتوان تغییرات شاخص را به تحقق یا عدم تحقق مقصود متناسب نمود.

د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص می‌باید در دسترس باشد.

## ۲-۱-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

### توزیع کلانشهرها

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان به طور کلی تحقق سند را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. لازم به ذکر است که همان طور که در مراحل قبلی سند نیز ذکر شد، با توجه به اینکه پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری' شبکه برق ایران" [۱]، به طور جامع به بررسی حوزه فناوری فرآیند پرداخته است و نتایج به دست آمده از آن همسو با اولویت‌های این پروژه می‌باشد، در اینجا تمرکز بر حوزه محصول و فناوری‌های مرتبط با آن بوده و راهبردها و اهداف کلان تدوین شده در مرحله سوم مختص این حوزه می‌باشد. در ادامه شاخص‌های کلان جهت بررسی میزان پیشرفت سند در جدول (۲-۱) و شاخص‌های اندازه‌گیری میزان تحقق اقدامات در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۱): شاخص‌های کلان شناسایی شده برای ارزیابی پیشرفت سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه

#### توزیع کلانشهرها

| ردیف | شاخص                | معیار ارزیابی   |
|------|---------------------|---|
| ۱    | خطوط زمینی          | رشد سالیانه ۱۰ درصدی خطوط زمینی در کلانشهرها  |
| ۲    | پست‌های توزیع       | میزان ۴۰ درصدی پست‌های توزیع زمینی در افق ۱۴۰۴  |
| ۳    | پست‌های توزیع زمینی | نسبت پست‌های زمینی در افق ۱۴۰۴:<br>۵۰٪ پست‌های زیرزمینی<br>۲۰٪ برای پست‌های زمینی<br>۳۰٪ برای پست‌های کمپکت |
| ۴    | فناوری Dfacts       | ۶ پایلوت (در ۶ کلانشهر) تا سال ۱۴۰۴   |

| ردیف | شاخص                                 | معیار ارزیابی   |
|------|--------------------------------------|---|
| ۵    | فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و پراکنده | نسبت ۶۰ درصد به ۴۰ درصد فناوری‌های تجدیدپذیر به پراکنده در افق ۱۴۰۴ |

### جدول (۲-۲): شاخص‌شناسایی شده برای اقدامات سند توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی

#### شبکه توزیع کلانشهرها

| ردیف | فهرست اقدامات   | شاخص   |
|------|---|--|
| ۱    | تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های با اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   | • تدوین ۶ سند نقشه راه توسعه فناوری‌های با-اولویت مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها   |
| ۲    | راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز   | • راه‌اندازی و تجهیز ۳ آزمایشگاه مرجع  |
| ۳    | تدوین دستورالعمل‌های نظارت بر نصب تجهیزات مورد استفاده در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | • وضعیت تدوین دستورالعمل انجام تست‌های نمونه‌ای<br>• وضعیت تدوین دستورالعمل کنترل کیفی تجهیزات در حال نصب  |
| ۴    | محاسبه و تعیین جریمه خاموشی برای شرکت‌های توزیع کلانشهرها   | • تعیین قیمت خسارت خاموشی<br>• تدوین مکانیزم تعیین خسارت قابل پرداخت شرکت‌های توزیع کلانشهرها  |
| ۵    | رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها  | • میزان برآورد شده دارایی شرکت‌های توزیع کلانشهرها<br>• قیمت بهای انرژی الکتریکی قابل فروش در هر یک از شرکت‌های توزیع کلانشهرها<br>• وضعیت تدوین دستورالعمل نظارت بر شرکت‌های توزیع خصوصی  |
| ۶    | تدوین دستورالعمل‌های نصب، نظارت بر نصب و بهره‌برداری مورد نیاز برای فناوری‌های مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها | • ۶ دستورالعمل تدوین شده برای نصب و بهره‌برداری فناوری‌های مورد نیاز   |
| ۷    | فراهم کردن بستر فعالیت پیمانکاران واجد شرایط در سطح شبکه توزیع کلانشهرها  | • وضعیت بانک اطلاعاتی سوابق عملیاتی پیمانکاران<br>• وضعیت تدوین آیین‌نامه ارزیابی و انتخاب پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها<br>• گزارش ارزیابی عملکرد پیمانکاران شبکه توزیع کلانشهرها (۱ گزارش در سال)                            |
| ۸    | کمک به بهبود کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها   | • وضعیت تدوین دستورالعمل طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها<br>• گزارش ارزیابی کیفیت طراحی و احداث شبکه‌های توزیع کلانشهرها (۱ گزارش در سال)<br>• گزارش ارزیابی فعالیت‌های بهبود طراحی شبکه توزیع کلانشهرها (۱ گزارش در سال) |

## ادامه جدول (۲-۲):

| ردیف | فهرست اقدامات   | شاخص   |
|------|---|--|
| ۹    | به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع        | <ul style="list-style-type: none"> <li>گزارش تدوین شده برآورد میزان نفوذ تجهیزات مانیتورینگ و کنترل در شبکه توزیع کلانشهرها</li> <li>گزارش تدوین شده بررسی و انتخاب نرم-افزارهای مانیتورینگ و کنترل مناسب کلانشهرها</li> <li>وضعیت پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل در شبکه توزیع هر یک از کلانشهرها</li> </ul> |
| ۱۰   | به‌روزرسانی پایگاه اطلاعاتی تجهیزات نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها و مرتبط کردن آن‌ها با نرم‌افزارهای دیگر | <ul style="list-style-type: none"> <li>وضعیت ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای محاسباتی معتبر مورد استفاده در شبکه توزیع</li> <li>وضعیت ارتباط نرم‌افزاری بین پایگاه اطلاعاتی GIS و نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل</li> </ul>  |
| ۱۱   | بهبود ساختار زنجیره تأمین تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>وضعیت طراحی ساختار بهینه زنجیره تأمین، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از تجهیزات با تعریف نقش و محدوده فعالیت هر یک از اجزای زنجیره</li> </ul>   |
| ۱۲   | تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید به بازار تجهیزات مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>کاهش مدت زمان دریافت مجوزهای لازم برای تولید تجهیزات به نصف</li> </ul>  |
| ۱۳   | حمایت از تشکیل انجمن‌های تخصصی مرتبط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد انجمن‌های تخصصی تشکیل شده در ارتباط با تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها</li> </ul>  |
| ۱۴   | تقویت ارتباط بین طراحان و بهره‌برداران شبکه توزیع کلانشهرها   | <ul style="list-style-type: none"> <li>وضعیت حضور نمایندگان بهره‌برداران در جلسات و کمیته‌های تخصصی مربوط به طراحی شبکه‌های توزیع</li> </ul>   |
| ۱۵   | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید   | <ul style="list-style-type: none"> <li>تدوین ۷ استاندارد کیفی مربوط به تجهیزات حوزه خط، پست و تولید</li> </ul>   |
| ۱۶   | تدوین آیین‌نامه واردات تجهیزات حوزه تولید   | <ul style="list-style-type: none"> <li>تدوین ۳ آیین‌نامه برای واردات تجهیزات حوزه تولید</li> </ul>   |
| ۱۷   | تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید برق در شبکه توزیع   | <ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد تجهیزات تولید نصب شده در شبکه توزیع کلانشهرها</li> </ul>  |
| ۱۸   | تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌های با اولویت در شبکه توزیع در کلانشهرها                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>تدوین ۲ دستورالعمل الزام‌آور به‌کارگیری خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع کلانشهرها</li> </ul>  |
| ۱۹   | اعمال جریمه شرکت‌های توزیع کلانشهرها در صورت استفاده از خطوط و پست‌های هوایی                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>گزارش ارزیابی وضعیت استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع کلانشهرها (هر ۶ ماه یک‌بار)</li> <li>میزان جریمه مالی تعیین شده برای شرکت‌های توزیع در هر یک از کلانشهرها</li> </ul>   |

|    |   |  |
|----|---|--|
| ۲۰ | تعیین ساز و کار ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و راه‌اندازی پست‌های زیرزمینی | • گزارش تدوین‌شده در مورد نحوه ارائه تسهیلات مالی  |
| ۲۱ | تعیین ساز و کار اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی                              | • گزارش تدوین‌شده نحوه اعطای مشوق‌های مالی   |
| ۲۲ | تعیین ساز و کار ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی تجدیدپذیر             | • گزارش تدوین‌شده ساز و کارهای ترغیب بخش خصوصی   |
| ۲۳ | برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی تجهیزات مربوط به حوزه D-Facts و تولید برق در شبکه توزیع کلانشهرها      | • برگزاری سالانه ۲ نمایشگاه تخصصی در زمینه تجهیزات D-Facts و تجهیزات تولید برق   |
| ۲۴ | برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌های تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها         | • برگزاری سالانه ۴ دوره آموزشی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها<br>• برگزاری سالانه ۲ کنفرانس تخصصی در زمینه استفاده از ذخیره‌سازها و جبران‌سازها در شبکه |
| ۲۵ | به‌کارگیری آزمایشی تجهیزات D-Facts و ذخیره‌سازها در یکی از شرکت‌های توزیع کلانشهرها               | • تعداد تجهیزات نصب شده D-Facts و ذخیره‌ساز در شبکه توزیع یک کلانشهرها   |
| ۲۶ | کمک به جذب نیروهای متخصص در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts                                      | • تعداد نیروهای متخصص جذب شده در زمینه پست‌های زیرزمینی و D-Facts  |
| ۲۷ | تدوین دستورالعمل خرید تجهیزات مورد استفاده در شبکه توزیع کلانشهرها                                | • تدوین ۴ دستورالعمل خرید تجهیزات در حوزه‌های خط، پست، تولید و D-Facts   |
| ۲۸ | تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید  | • تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه تولید  |
| ۲۹ | خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست   | • تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه خط و پست   |
| ۳۰ | تأمین و نصب تجهیزات D-Facts   | • تعداد تجهیزات خریداری شده در حوزه D-Facts  |
| ۳۱ | تقویت آمادگی شرکت‌های توزیع کلانشهرها برای مواجهه با حوادث غیرمترقبه                              | • تدوین سند برق اضطراری کلانشهرها در جهت آماده‌سازی برای مقابله با حوادث غیرمترقبه<br>• تدوین دستورالعمل الزام‌آور مقاوم‌سازی تجهیزات توزیع کلانشهرها در برابر زلزله   |
| ۳۲ | تعیین ساز و کار تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها  | • گزارش تدوین‌شده ساز و کارهای تغییر ساختارهای شرکت‌های توزیع کلانشهرها  |

### ۳- تدوین ساختار نظارت، به روز رسانی و مکانیزم ارزیابی

#### ۳-۱- ساختار نظارت و به‌روز رسانی

همان‌طور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. ستاد راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در

سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

☞ سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم

☞ نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند

☞ پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

☞ بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی، و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات

☞ تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

ستاد راهبری توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای اصلی آن عبارتند از:

☞ معاون هماهنگی توزیع توانیر

☞ مدیر کل پشتیبانی فنی توزیع توانیر

☞ مدیر کل نظارت بر توزیع توانیر

☞ معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو

☞ معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو

☞ سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه شبکه‌های توزیع از پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌های برتر کشور

☞ سه نفر از نمایندگان صنعت در حوزه‌های سازندگان، مشاوران و پیمانکاران

☞ دو نفر از نمایندگان سندیکای صنعت برق ایران در حوزه‌های مرتبط

☞ سه نفر از نمایندگان شرکت‌های توزیع کلانشهرهای کشور.

جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده برای ستاد، لازم است کمیته‌های تخصصی در ستاد تشکیل گردد، که هر کمیته

وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر ستاد را بر عهده دارند. این کمیته‌ها عبارتند از:

☞ کمیته آموزش و پژوهش

☞ کمیته تعامل با تولیدکنندگان

← کمیته ارتباط با نهادهای قانونی و سیاست‌گذاری

← کمیته مدیریت و توسعه بازار

← کمیته استانداردسازی و ارزیابی و تطابق

← کمیته حقوقی و مناقصات

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده‌است:

### شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش:

← نیازسنجی، برنامه‌ریزی و برگزاری دوره‌های آموزشی برای توسعه دانش فنی تجهیزات شبکه توزیع کلانشهرها

← پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه‌های مختلف شبکه توزیع کلانشهرها (تولیدات پراکنده،

پست‌ها، خطوط و...)

← حمایت از برگزاری کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی

← ایجاد ارتباط بین شرکت‌های تولیدکننده و دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی

← حمایت از انتشار نشریات تخصصی در ارتباط با حوزه‌های مختلف شبکه توزیع کلانشهرها (تولیدات پراکنده،

پست‌ها، خطوط و...)

← تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی جهت آگاهی از آخرین دستاوردها در حوزه‌های مختلف شبکه توزیع

کلانشهرها (تولیدات پراکنده، پست‌ها، خطوط و...)

← زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی

### شرح وظایف کمیته تعامل با تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان:

← شناسایی مشکلات تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان و کمک به رفع آن‌ها و پیگیری موانع قانونی

← ایجاد ارتباط بین تولیدکنندگان داخلی و تأمین‌کنندگان برای بهبود و توسعه تولیدات داخلی

← پایش و ارزیابی مستمر توانمندی سازندگان و تأمین‌کنندگان کشور

← کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز تولیدکنندگان

- ◀ ارزیابی عملکرد پیمانکاران و مشاورین در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها
- ◀ ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌ها و نظارت بر صحت انجام کار
- ◀ حمایت از تشکیل و فعالیت انجمن‌های تخصصی

### کمیته ارتباط با نهادهای قانونی و سیاست‌گذاری:

- ◀ رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- ◀ رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت تسهیل دسترسی بازیگران توسعه شبکه توزیع کلانشهرها
- ◀ رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت رفع موانع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و ورود تولیدکنندگان جدید

### شرح وظایف کمیته مدیریت و توسعه بازار:

- ◀ شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان به بازار تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها
- ◀ مداخله غیرمستقیم در بازار تجهیزات مورد استفاده در طراحی شبکه توزیع کلانشهرها با استفاده از مکانیزم‌های تنظیم‌گری و تسهیل‌گری
- ◀ مداخله مستقیم در بازار از طریق تأمین و خرید تجهیزات مورد نظر

### شرح وظایف کمیته تدوین استاندارد، ارزیابی و تطابق:

- ◀ نظارت بر انتخاب مشاورین مناسب برای تهیه استانداردهای مربوطه
- ◀ نظارت بر انجام پروژه‌های تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به تجهیزات در حوزه‌های مختلف شبکه توزیع کلانشهرها
- ◀ مشاوره و تایید نهائی استانداردها
- ◀ نظارت بر رعایت استانداردها در تولید تجهیزات مورد استفاده در طراحی و توسعه شبکه توزیع کلانشهرها
- ◀ تدوین دستورالعمل‌های فنی نصب و بهره‌برداری تجهیزات
- ◀ تدوین آیین‌نامه‌های واردات تجهیزات موردنظر

### شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات:

- ☞ فعالیت در جهت اصلاح شرایط عمومی و خصوصی پیمان
- ☞ حضور منظم و مستمر نماینده انجمن در جلسات بازنگری شرایط عمومی پیمان در شورای هماهنگی
- ☞ پیگیری موردی مشکلات و مسائل مربوط به مناقصات
- ☞ پیگیری رفع موانع خصوصی سازی شرکت‌های توزیع
- ☞ تدوین آیین‌نامه‌های ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در مناقصات

**تبصره ۱:** مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس ستاد برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم الاجرا می‌باشد.

**تبصره ۲:** ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

**تبصره ۳:** با توجه به روند سریع تحولات لازم است در صورت تشخیص ستاد راهبری سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

### **۳-۲- مکانیزم عملکرد**

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای ستاد توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای ستاد جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم (۶ ماه یکبار) برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق آن‌ها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای ستاد موظف هستند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.



همچنین ستاد موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در حوزه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها بپردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید.

با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد. وضعیت پیشرفت بر اساس میزان تحقق چند شاخص کلیدی مشخص می‌شود. این شاخص‌ها به همراه میزان تحقق مطلوب و زمان ارزیابی در جدول (۱-۳) نشان داده شده است. در صورت تحقق کمتر از ۵۰٪ هر یک از شاخص‌ها بر اساس ارزیابی‌های ستاد راهبردی، سند بایستی مورد اصلاح و بازنگری قرار بگیرد.

**جدول (۱-۳): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری‌های مرتبط با شبکه توزیع کلانشهرها**

| ردیف | شاخص                    | وضعیت مطلوب   |
|------|-------------------------|---|
| ۱    | وضعیت اقدامات تنظیم‌گری | تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع در کلانشهرها    |
|      |                         | رفع موانع خصوصی‌سازی کامل شرکت‌های توزیع کلانشهرها                                |
|      |                         | تدوین استاندارد کیفی تجهیزات حوزه خط، پست و تولید                                 |
|      |                         | تسهیل صدور مجوزهای نصب و به‌کارگیری تجهیزات تولید                                 |
|      |                         | تدوین دستورالعمل الزام‌آور استفاده از خطوط و پست‌ها در شبکه توزیع                 |
| ۲    | وضعیت اقدامات تسهیل‌گری | اعمال جریمه شرکت‌های توزیع  |
|      |                         | تسهیل ورود تولیدکنندگان جدید  |
|      |                         | ترغیب بخش خصوصی به استفاده از تجهیزات تولید پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر         |
|      |                         | ارائه تسهیلات مالی به شرکت‌های توزیع جهت تأمین، نصب و راه-اندازی پست‌های زیرزمینی |
| ۳    | وضعیت اقدامات خرید      | اعطای مشوق‌های مالی به تولیدکنندگان پست‌های زیرزمینی                              |
|      |                         | خرید تضمینی تجهیزات حوزه خط و پست   |
|      |                         | تأمین و نصب تجهیزات حوزه تولید  |

## ۴- نتیجه گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها" به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند می‌پردازد. در این مرحله باید مشخص شود که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص‌های عملکرد و اثربخشی در سطح خرد (اقدامات) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. برای این کار اعضای اصلی ستاد توسعه فناوری‌های مرتبط با طراحی شبکه توزیع کلانشهرها، کمیته‌های این مرکز شامل کمیته آموزش و پژوهش، کمیته تعامل با تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان، کمیته ارتباط با نهادهای قانونی و سیاست‌گذاری، کمیته مدیریت و توسعه بازار، کمیته تدوین استاندارد، ارزیابی و تطابق و کمیته حقوقی و مناقصات تعیین شد و وظایف هر یک از کمیته‌ها مشخص گردید. در نهایت معین شد که این مرکز در بازه‌های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف شده 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]. تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری 'طراحی، پیاده‌سازی و توسعه نرم‌افزارهای تحلیل، مطالعه و راهبری'

شبکه برق ایران، گروه مطالعات سیستم، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴.