

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری

### نانو در صنعت برق و انرژی

مدیر پروژه: مهندس مهرنوش هور  
گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

راهبر: معاونت فناوری  
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر  
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر رسول صراف مأموری

✦ دکتر یاسر عبدی

✦ دکتر رضا فریدی مجیدی

ویرایش اول

۱۳۹۴

تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری روشی انعطاف‌پذیر است که به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف برای برنامه‌ریزی راهبردی و دراز مدت به کار می‌رود. این رویکرد در برنامه‌ریزی، وسیله‌ای ساختار یافته برای کشف و برقراری ارتباط بین بازارها، محصولات و فناوری‌های در حال توسعه در طول زمان می‌باشد. استفاده از این ابزار موجب حفظ و ارتقاء موقعیت در بازار، در محیط پویا و به شدت متغیر امروز با تمرکز بر پویای محیط و ردیابی روند تغییرات فناوری‌های موجود و نیز فناوری‌های منقطع‌کننده می‌گردد. اگرچه شکل ظاهری یک نقشه راه فناوری ساده است، اما فرآیند توسعه آن نسبتاً دشوار و چالش‌انگیز است و مسائل مورد بررسی در روند تدوین نقشه راه گسترده هستند. در واقع نقشه راه فناوری، ابزاری قوی برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی راهبردی محصول و فناوری است که اطلاعات، فرآیند و ابزار لازم برای تولید آن‌ها را فراهم می‌کند. از مزایای آن، فراهم سازی اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری‌های فناورانه، توجه به نیازهای کشور و برنامه‌ریزی بر اساس نیازها و تشویق مدیران و متخصصان برای فکر کردن به آینده به صورت نظام‌مند می‌باشد.

ماهیت فرارشته‌ای فناوری نانو به عنوان توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با دقت اتم و مولکول، موجب تعریف کاربردهای بسیاری در عرصه‌های مختلف علمی و صنعتی شده است. نانوفناوری کاربردهای بسیاری در حوزه‌های دارو، غذا، بهداشت، درمان بیماری‌ها، محیط‌زیست، انرژی، الکترونیک، رایانه، اطلاعات، مواد، ساخت، تولید، هوافضا، بیوتکنولوژی، کشاورزی، امنیت ملی و دفاع دارد. این فناوری بر تمام فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد و دیر یا زود باید شاهد محصولات آنها بود. در بخش مواد نیز پروژه‌هایی در حال اجراست که موادی با وزن بسیار کم و خواص مناسب تولید می‌کنند. این مواد در ساختمان، خودرو، هواپیما و دیگر ملزومات زندگی انسان‌ها کاربرد دارند. بنابراین، نانو فناوری عرصه‌ای وسیع از زندگی انسان‌ها را در برخواهد گرفت و نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. نانوفناوری به لحاظ دفاعی هم فرصت است و هم تهدید، این فناوری کاربردهای زیاد در امور نظامی دارد. بخش دفاعی کشورهای مختلف به تحقیق و توسعه نانوفناوری گرایش دارند. این کاربردها از لباس‌های محافظ تا پرنده‌های بسیار کوچک، تجهیزات اطلاعاتی و بسیاری موارد دیگر است و هم‌اکنون با حمایت وزارتخانه‌های دفاع کشورهای نظیر: آمریکا، ژاپن و دیگر کشورهای اروپایی به صورت پروژه‌های تحقیقاتی در حال انجام است. این فناوری از این جهت برای کشورها تهدید محسوب می‌شود، اما برای کشورهایی که با استفاده از روند موجود، جایگاهی را در آینده امنیت جهانی برای خود در نظر بگیرند فرصت خواهد بود. با توجه به تنوع کاربردهای نانوفناوری، در آینده رقابت بین‌المللی کشورها نقش مؤثر دارد. با توجه به رشد و توسعه پرشتاب فناوری نانو استفاده و به‌کارگیری این فناوری در صنایع مختلف از جمله برق و انرژی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. کارشناسان و مدیران عرصه فناوری نانو بر این باورند که استفاده از

این فناوری در صنایع مختلف باعث افزایش رقابت‌پذیری آنها شده و اگر صاحبان صنایع به فناوری نانو توجه نکنند به مرور زمان قدرت رقابت خود را از دست می‌دهند.

نانوفناوری از جمله فناوری‌های نو و مطرح در دنیاست که روندی کلیدی و تأثیرگذار در علم و صنعت دارد و به عنوان اولویت اول تحقیقات و انتقال تکنولوژی از بخش تحقیقات به صنعت با قابلیت متحول ساختن تمام دستاوردهای گذشته بشر و همگرایی رشته‌های علمی و تخصص‌های مختلف، در برنامه توسعه بسیاری از کشورهای مطرح در دنیا قرار گرفته است. ماهیت بسیار گسترده این فناوری، تعامل نزدیک و زیاد آن با علوم و فناوری‌های موجود و تأثیرات زیاد اقتصادی و اجتماعی آن، برنامه ریزی بلند مدت و چند بخشی را می‌طلبد و در بیشتر کشورهای فعال در این حوزه نیز این امر مورد تأکید است. در کشور ما نیز ضرورت داشتن برنامه منسجم برای توسعه فناوری نانو مورد توجه مسئولان و متخصصان کشور است.

یکی از حوزه‌هایی که نانوفناوری می‌تواند نقش مهمی در آن ایفاء نماید صنعت برق و انرژی است که صرف بودجه جهت تحقیق و توسعه در این بخش، در صورت هدفمند بودن، در بازه‌های زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری گردد. از اینرو با تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در حوزه صنعت برق و انرژی می‌توان چهارچوب فعالیت در این زمینه را مشخص نمود و بر اساس آن اهداف کلان برنامه‌های اجرایی و مدیریت استراتژیک در این حوزه از فناوری را تبیین نمود.

در همین راستا با توجه به سابقه انجام پروژه‌هایی در حوزه نانوفناوری از سال ۱۳۸۲ در گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو پروژه‌ای تحت عنوان "تدوین سند راهبردی و ارایه نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی" در دستور کار گروه قرار گرفت که گزارش حاضر مربوط به فازهای اول و دوم پروژه مذکور با عنوان "تدوین مبانی توسعه و هوشمندی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی" می‌باشد. این گزارش توسط خانم‌ها مهندسین مهنوش هور و لیلا بزلی تهیه و توسط اعضاء محترم کمیته راهبری شامل خانم دکتر ریاحی نوری و آقایان دکترها صراف مأموری، فریدی مجیدی و عبدی مورد بررسی، اصلاح، نظارت و تأیید قرار گرفته است. تیم مشاور مدیریت پروژه حاضر آقای دکتر خاجی و کارشناس ایشان آقای سلطانیان بوده اند.

## فهرست مطالب

فصل اول.....	۳
تدوین مبانی توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی.....	۳
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- توجیه پذیری موضوع.....	۳
۱-۲-۱- توجیه پذیری فنی.....	۴
۱-۲-۲- توجیه پذیری قانونی.....	۸
۱-۲-۳- توجیه پذیری از نظر اقتصادی.....	۱۶
۱-۲-۴- توجیه پذیری سیاسی، اجتماعی.....	۲۱
۱-۲-۵- توجیه پذیری از نظر زیست محیطی.....	۲۲
۱-۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات.....	۲۴
۱-۳-۱- تبیین سطح تحلیل.....	۲۴
۱-۳-۲- تبیین افق زمانی تحلیل.....	۲۵
۱-۳-۳- مرزبندی فنی.....	۲۵
۱-۴- تبیین مشخصه‌های فناوری نانو.....	۲۶
۱-۴-۱- ابعاد ماهیت.....	۲۶
۱-۴-۱-۱- سابقه فناوری نانو.....	۲۶
۱-۴-۱-۲- پیچیدگی فناوری نانو.....	۲۷
۱-۴-۱-۳- تناسب فناوری.....	۲۸
۱-۴-۱-۴- کاربرد فناوری.....	۳۰
۱-۴-۲- چرخه عمر.....	۳۱

## فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها [۱] ..... ۳۳

## فصل اول

تدوین مبانی توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی

## ۱-۱- مقدمه

فناوری نانو به عنوان انقلاب فناوری یک قرن ۲۱ موجب دگرگونی در حوزه‌های مختلف از جمله مواد، انرژی، محیط زیست، الکترونیک و ... می‌گردد. با استفاده از این فناوری امکان ساخت و تولید نیازهای صنعت برق با خواص بهتر و هزینه کمتر وجود دارد. خواص مورد نظر می‌تواند خواص فیزیکی، مکانیکی، متالورژیکی، شیمیایی و غیره باشد. با توجه به کاهش ذخایر نفتی و افزایش نیاز جهانی برای تامین انرژی، بکارگیری فناوری نانو در حوزه برق و انرژی مورد توجه فراوان قرار گرفته است، بگونه‌ای که پیش‌بینی می‌شود با بهره‌گیری از آن تولید برق به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد تا سال ۲۰۲۰ افزایش یابد.

برای هر فناوری جدید، در مرحله اول ایجاد آمادگی در بخش‌های مختلف جامعه ضرورت دارد. برای فناوری نانو که کاربردهای آن در همه عرصه‌های صنعت و اجتماع گسترده است، لازم است که حرکت ترویجی بزرگی وجود داشته باشد که همه افراد و سازمان‌های سیاست‌گذار، تصمیم‌گیرنده و مجریان بخش‌های دولتی و خصوصی آگاهی لازم را برای ورود به این عرصه کسب کنند. فناوری‌های دگرگون‌ساز در کشور ما همواره با مسائلی چون تأخیر در درک موضوع و تصمیم‌گیری در مورد آن مواجه بوده‌اند. خوشبختانه فناوری نانو با این مسأله روبرو نشده است و این حرکت ترویجی در کشور تقریباً به موقع و با تشکیل ستاد ویژه توسعه فناوری نانو شروع شد. از سال ۱۳۸۰ با برگزاری سمینار، چاپ کتاب و خبرنامه، راه‌اندازی سایت و همچنین برگزاری جلسات با افراد مؤثر، ترویج این فناوری آغاز شده و همچنان ادامه دارد و در نتیجه، فناوری نانو به عنوان یکی از اولویت‌های کشور تعیین شده است. با توجه به اهمیت موضوع و کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق و انرژی از سال ۱۳۸۲ نیز پروژه‌های مطالعاتی و کاربردی در پژوهشگاه نیرو به انجام رسیده است که خود می‌تواند کمک بسزایی در تدوین راهبرد توسعه آن در این حوزه به منظور جهت‌گیری مناسب برای تحقق یافتن اهداف تبیین شده و نهادینه شدن بستری مناسب برای دستیابی به اهداف کلان برنامه‌های اجرایی و مدیریت استراتژیک قلمداد شود.

از آنجاییکه مبانی اسناد راهبردی توسعه فناوری لازم است در برگرفته ویژگی‌های اصلی موضوع باشند، لذا در تدوین اسناد بایستی علاوه بر تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات و توجیه‌پذیری طرح، به مشخصه‌های فناوری مربوطه نیز پرداخته شود. لذا در این فصل سعی بر آن است ارایه توضیحات در سه بخش مذکور خاص فناوری نانو صورت گیرد.

## ۱-۲- توجیه پذیری موضوع

قرن بیست و یکم، قرن فناوری نانو مهمترین دوران صنعت بشمار می رود. نانو نه یک ماده است نه یک جسم، فقط یک مقیاس است، کوچک شدن یک مقیاس، نانو یک میلیاردم متر است با تأثیری بسیار بزرگ در زندگی انسان. در مقیاس نانو خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تک تک اتم ها، ملکول ها با خواص توده ماده متفاوت است، نانوذرات درچنین مقیاس و مشخصه های منحصر به فردی موجب پیدایش دستاوردهای نوینی درعلوم پزشکی و مهندسی می شوند. به طورخلاصه نانو تکنولوژی به معنی انجام مهندسی مواد در ابعاد اتمی - ملکولی و ساخت موادی با خواص کاملاً متفاوت درابعاد نانو است. تعریف دیگر نانوتکنولوژی "با آرایش دادن و دستکاری اتم ها ساخت مواد مورد نظر است". نانومتر، (یک میلیاردم متر) به اندازه چیدن ۵ الی ۱۰ اتم درکنار یکدیگر است، مکعبی باابعاد ۲/۵ نانومتر تقریباً ۱۰۰۰ اتم را شامل می شود. خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ماده تبدیل شده به ابعاد نانو نسبت به خواص آن در ابعاد ماکروبی کاملاً متفاوت است. نانو در ملکولهای ماده انرژی بالایی را ایجاد می کند به همین دلیل معجزه آسا نامیده می شود. بهره گیری از خواص ماده درمقیاس نانو، نویدبخش فواید و منافی می باشد که موجب تحولات اساسی در زندگی انسان می شود. صرفه جوئی در مصرف انرژی، صرفه جوئی اقتصادی، صرفه جوئی در زمان، تامین محصول بیشتر باهزینه کمتر، افزایش کیفیت محصول ودرنتیجه افزایش کیفیت و استانداردهای زندگی، ایجاد زندگی سالم، کاهش وابستگی های اقتصادی به سایر تکنولوژی های پیشرفته وافزایش درآمدهای ملی از جمله فوایدی است که می توان نام برد. این مزایا شامل دگرگونی در حوزه های مختلف از جمله برق، انرژی، محیط زیست، مواد، حمل نقل، الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، دفاعی، هوافضا، پزشکی، دارویی و غذایی می باشد. همچنین متخصصان براین باورند که شکوفایی بسیار از فناوری های مهم بدون بهره گیری از نانوفناوری دچار اختلال خواهند شد. براین اساس با کنترل اندازه مواد، ارتقاء ویژگی های مواد و عملکرد دستگاهها به سطحی فراتر از آنچه هست، صورت گرفته و لذا امکان ساخت مواد و تجهیزاتی با دقت بالاتر، مستحکم تر، سبک تر و با طول عمر بیشتر وجود خواهد داشت. این مسأله بخصوص در بخش انرژی با توجه به کاهش ذخایر نفتی و افزایش نیاز جهانی برای تأمین انرژی و تلاش برای یافتن جایگزینی مناسب با کمترین اثرات آلودگی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.



### ۱-۲-۱- توجیه پذیری فنی

موضوع به کارگیری نانوفناوری در صنعت برق به عنوان مادر صنایع مورد توجه بسیاری از کشورها واقع شده و سرمایه گذاری های کلانی در این باره صورت گرفته است. چرا که این قابلیت و توانایی را دارد که بازده مصرف انرژی، تولید و ذخیره سازی آن را به میزان چشمگیری بهبود بخشد. در این رابطه پیش بینی می شود تولید انرژی با بهره گیری از نانوفناوری تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۲۵-۲۰ درصد افزایش داشته باشد. فناوری نانو کمک می کند تا انرژی های مختلف با بازدهی بیشتری برق تأمین کنند یا حتی روش های دیگری برای تأمین انرژی ایجاد شود. در انتقال انرژی تا تحویل آن به واحدهای مصرف کننده فناوری نانو کمک می کند که اتلاف انرژی کاهش یابد. در ذخیره انرژی به طور مشخص ذخیره انرژی در باتری ها و خازن ها به کمک فناوری نانو افزایش یافته است. فناوری نانو در کاهش میزان مصرف برق و بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده ها نیز موثر است و روش هایی را پیشنهاد می کند که با تغییری اندک، آسیب های وارد به محیط کاهش می یابد. از جمله موارد کاربرد نانوفناوری در صنعت برق می توان به استفاده از نانوپودرها و بدنه های نانوساختار در ساخت کلیه تجهیزات مورد استفاده در این صنعت بواسطه ارایه کارایی بسیار بهتر و حداقل مصرف انرژی، ساخت فریت های مغناطیسی با حداقل تلفات مورد استفاده در موتورها و ژنراتورهای الکتریکی، سنسورها و کنترلرهای هوشمند با دقت و حساسیت بسیار بالا، سلول های خورشیدی با ارایه بازدهی تبدیل بالا، پیل های سوختی با حداکثر کارایی، پوشش های پره های توربین با مقاومت به خوردگی و سایش بسیار بالا، پوشش های خودتمیز شونده مورد استفاده در مقره های پرسیلانی، شیشه های با پوشش نانو ساختار عایق حرارتی، پوشش های نانوساختار ضد آب، نانولوله های کربنی مورد استفاده در سیستم های ذخیره ساز انرژی با حداکثر توان، عایق های الکتریکی نانو ساختار روان کارهای نانوساختار ترمیم کننده سطوح، مولدهای ترموالکتریک، نانوباطری ها، نانوسیم ها، نانسولیت ها، نانوکیت های مغناطیسی با هدف صرفه جویی در مصرف سوخت مشعل ها، کاتالیست های نانوساختار، وریستورهای اکسیدروسی، لامپ های کم مصرف با پوشش نانوساختار، نانوفیلترهای نیروگاهی، سازه های بتنی مقاوم، تصفیه کننده های هوا و ... اشاره کرد. در بخش تولید بکارگیری فناوری نانو سبب بهبود عملکرد تجهیزات نیروگاهی و افزایش راندمان نیروگاه می شود. از طرفی امروزه به دلیل کاهش یافتن منابع اولیه انرژی های فسیلی در دنیا و از طرف دیگر به دلیل ایجاد آلودگی های شدید زیست محیطی در اثر افزایش مصرف این منابع، توجه خاصی به منابع جدید تأمین انرژی مانند انرژی های خورشیدی، بادی و ... میشود. اما استفاده از این منابع مستلزم دستیابی به تکنولوژی تبدیل کننده این پتانسیل ها به انرژی های الکتریکی، مکانیکی و ... است.

از سوی دیگر نانو فناوری، به سبب بهبود کیفی ابزارها، مصرف کمتر مواد اولیه، مصرف کمتر انرژی، کاهش تولید مواد زائد و افزایش سرعت تولید در کشورهای پیشرفته به عنوان مهمترین روش تولید و ساخت این ابزارها، مطرح است. به کمک این فناوری گامهای موثری در جهت کاهش آلودگی زیست محیطی حاصل از سوخته‌های فسیلی، برداشته شده است. از این رو از مهمترین بسترهای بکارگیری نانو تکنولوژی در ساخت و تولید مبدل‌های انرژی‌های نو (مثل سلولهای خورشیدی و پیل‌های سوختی)، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی نیروگاههای گازسوز (با استفاده از کاتالیستهای احتراق) و افزایش راندمان این نیروگاهها (با بکارگیری نانو پوششها و نانومگنتها) است.

در زیر به چند نمونه از تأثیرات مثبت فنی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی اشاره می‌گردد.

### سوخت‌های فسیلی و نانو کاتالیزورها

تأثیر کلیدی فناوری نانو در این بخش از انرژی، بهبود کارآمدی واکنش‌ها و کنترل فرآیندها به شیوه نانو ساختار سازی می‌باشد. به این ترتیب به ازای یک حجم معین، سطح بیشتری در معرض کاتالیزوری که روی آن ریخته شده قرار می‌گیرد در نتیجه باعث افزایش سرعت واکنش‌ها می‌گردد. البته این کار به این سادگی هم نیست و لازم است مواد واکنش گر با سرعت مناسب، خود را به سایت‌های کاتالیزوری برسانند. انجام این کار متضمن آن است که ساختارهای ما دارای ترکیبی از مقیاس‌ها باشد. اما ایجاد چنین ساختارهای بزرگ و مجتمعی آن هم به شیوه از پایین به بالا<sup>۱</sup> کاری است که تنها در حوزه فناوری نانو قابل انجام است.

### پوشش‌های نانو ساختار قطعات داغ توربین‌های گازی

قطعات داغ توربین‌های گازی زمینی از سوپر آلیاژهای گران قیمت ساخته میشوند که دوام خزشی نسبتاً بالایی داشته باشند. هزینه تامین مواد اولیه از یک سو و پیچیدگی روشهای تولید، ماشینکاری و کنترل کیفی از سوی دیگر سبب شده است که این قبیل قطعات قیمت تمام شده بالایی داشته باشند. قطعات مذکور در تماس مستقیم با گازهای داغ هستند و در اثر عوامل تخریبی مختلفی از جمله سوخت مورد استفاده شوک‌های حرارتی و شرایط محیطی آسیب می‌بینند. در سه دهه گذشته تلاشهای زیادی برای افزایش مقاومت این آلیاژها انجام شده است تا بدین وسیله افزایش توام استحکام و مقاومت به اکسیداسیون و خوردگی و امکان بالا بردن دما جهت افزایش راندمان توربین فراهم شود و نیز بتوان از سوخته‌های ناخالصتر و ارزاتر برای

احتراق استفاده کرد. افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژ، با بهبود ترکیب شیمیایی، اصلاح ریزساختار، کنترل دمای کاری و کاهش عوامل خوردنده در محیط کاری صورت میگیرد. همچنین افزودن یکسری از عناصر مانند کروم و آلومینیوم سبب افزایش مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون میشود. اما افزودن این عناصر سایر خواص آلیاژ مثل استحکام و مقاومت به ضربه رابه شدت کاهش میدهد. از طرفی کاهش دمای کاری توربینها، راندمان را کاهش داده و مقرون به صرفه نخواهد بود. جهت برطرف کردن معضلات مذکور، استفاده از پوشش مطرح شده که فلسفه آن طراحی سیستمی مشتمل از یک آلیاژ با استحکام بالا برای تحمل تنشها و یک پوشش سطحی برای رسیدن به بالاترین خواص حفاظتی در برابر محیط باشد.

از بین پوششهای مرسوم میتوان به پوششهای سرامیکی (تک فاز و کامپوزیتی) و پوششهای کروم سخت اشاره کرد. اما همه این روشها مشکلات مهمی دارند که باعث محدودیت در استفاده از آنها میشود. آبکاری کروم، همراه با مواد سمی و خطرناک است و رفع آنها هزینه بسیار زیادی میطلبد، از طرف دیگر پوششهای پاشش پلاسمایی سرامیکی، قیمت کمتری نسبت به کروم سخت دارند، اما ترد هستند و چسبندگی خوبی با زمینه ایجاد نمیکنند. از این رو جایگزینی این پوششها با پوششهایی که این مشکلات را نداشته باشند بسیار مورد توجه است و در بین راههای مختلف، نانو ساختار سازی پوششهای سرامیکی از بهترین و جدیدترین شیوهها محسوب می شود. با توجه به تأثیر بسزای بکارگیری نانو ساختارها در بهبود خواص پوششها، تاکنون تأثیر نانو ساختار سازی روی خواص پوششهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان نانو پوششهای سد حرارتی (TBC) از اهمیت بسزایی جهت ایزوله کردن حرارتی اجزای داغ، برخوردارند، چرا که این پوشش، فلز را ایزوله میکند و باعث میشود که با بالاتر رفتن دمای کاری، بازدهی موتور افزایش یابد، دمای اجزای فلزی پایین تر بیاید و در نتیجه زوال دیرتر صورت گیرد، احتیاج کمتری به خنک کننده باشد و احتمال زوال حرارتی کم شود، که اینها در مجموع منجر به بهبود کارایی، بازدهی بیشتر و طول عمر بیشتر اجزای موتور توربینهای گازی می شود.

### پوشش های سد حرارتی نانو ساختار

بر اساس تحقیقات بعمل آمده، زوال پوششهای سد حرارتی در سیکلهای حرارتی، هنوز مشکل مهمی محسوب میشود که شدیداً عمر قطعه پوشش داده شده را کم می کند. این زوال ناگهانی معمولاً بر اثر پوسته ای شدن پوشش سرامیکی واقع می شود که با ریز کردن ابعاد ذرات و کریستالها در پوششهای نانو ساختار معضل مذکور برطرف میشود. عمده ترین روشی که برای پوشش سد حرارتی در حالت نانو ساختار بکار گرفته میشود، پوشش دهی پلاسمایی است. در پوششهای نانو ساختار، مرزهای پرتابی توسط نواحی ذوب کامل نشده قطع میشوند و ترک از داخل مرزهای پرتابی رشد میکند که بارسیدن به این نواحی متوقف

میشود و یا مسیرش منحرف میشود. علت بهبود سایش پوششهای نانو در مقایسه با پوششهای معمولی این است که به دلیل سادگی رشد ترک از مرزهای پرتابی.کننده شدن ذرات ماده در اثر سایش راحتتر واقع میشود در حالی که در مورد پوششهای نانوساختار به دلیل ریز بودن ترکها و منحرف یا متوقف شدن آنها در نواحی ذوب کامل نشده، کنده شدن جسم به سختی صورت میگیرد و مقاومت سایشی بهبود می یابد.

مهمترین پارامترها در بهبود و کارایی پوششهای (TBC) عبارتند از:

(الف) افزایش استحکام و سختی

(ب) افزایش مقاومت به خوردگی

(ج) کاهش هدایت حرارتی

(د) بهبود مقاومت به سایش

در نانو ساختارها به علت ریز شدن ابعاد دانه ها، سختی افزایش می یابد. همچنین به علت کوتاه شدن فاصله لغزش و دامنه حرکت نابجائیها با ریز شدن ابعاد دانه ها، استحکام این مواد در اثر تجمع نابجائیها پشت موانع بالاتر از استحکام مواد معمول است. از سوی دیگر افزایش شدید مرز دانه در پوششهای نانوساختار، سبب می شود که برای غلظت معینی از ناخالصیهای داخل دانه ها میزان ناخالصی در واحد مرز دانه کمتر از پوششهای معمول است و این خالص شدن مرزدانه ها باعث ایجاد مورفولوژی یکنواختتری از مرزدانه و دانه میشود و در اثر اینامر، مقاومت به خوردگی نسبت به پوششهای معمول بیشتر میشود. همچنین ریز شدن دانه ها، منجر به افزایش مرزدانه شده و کاهش هدایت حرارتی بر اثر پراکنده شدن فونونها در این مرزها میشود.

### بکارگیری نانوفناوری در افزایش راندمان سلولهای خورشیدی

خورشید که به یک نیروگاه اتمی شباهت دارد، منبع شگفت انگیزی است. انرژی خورشید در اثر همجوشی هستهای بوجود میآید. درجه حرارت درون خورشید حدود ۱۵ میلیون درجه سانتیگراد برآورد شده است، به صورتی که تنها انرژی تشعشعی آن که پس از طی ۱۵۰۰۰ میلیون کیلومتر در مدت ۸ دقیقه به زمین میرسد. هزاران برابر مصرف کنونی جهان است. میزان تابش خورشید و امکان استفاده از آن در کشورهای مختلف متفاوت است. ایران از این نظر در رده نخستین کشورها قرار دارد، زیرا بنا بر محاسبات انجام شده میانگین سالیانه تابش خورشید بر هر متر مربع، ۲۲۰۰ کیلووات است. در سالیان گذشته حدود شش میلیارد دلار در جهان در زمینه استفاده از انرژی خورشیدی سرمایه گذاری شده است. انرژی خورشیدی را میتوان با روشهای گوناگون به سایر انواع انرژی تبدیل کرد. یکی از این روشها، استفاده از سلولهای خورشیدی است. سلولهای خورشیدی ابزارهایی هستند که

انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل میکنند. در این تبدیل انرژی خورشیدی ابتدا به حرارت یا انرژی شیمیایی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل میشود. معمولترینوع سلهای خورشیدی بر اساس تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به الکتریسیته (فوتوولتائیک) بوده و ولتاژ حاصل از آنها میتواند در یک مدار خارجی، جریان ایجاد کند و کار انجام دهد.

### ۱-۲-۲- توجیه پذیری قانونی

در این بخش اسناد بالادستی و سندهای مرتبط با فناوری نانو و صنعت برق بررسی شده و بندها و موارد مربوط مشخص شده اند. بعضی از این اسناد به طور مستقیم به بحث نانو و انرژی پرداخته اند و بعضی دیگر مثل سند چشم‌انداز به طور غیر مستقیم بر سیاست‌های بخش انرژی تاثیر گذارند.

اسناد بررسی شده عبارتند از:

- چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴؛

- نقشه جامع علمی کشور

- سیاست‌های اقتصاد مقاومتی

- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی

- سند وزارت نیرو

- سند توسعه فناوری نانو

- پیش نویس سند جامع فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر

### سند چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴

در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران کشوری است:

- توسعه یافته

- برخوردار از دانش پیشرفته

- توانا در تولید علم و فناوری

- متکی بر تولید ملی

- بهره‌مند از محیط زیست مطلوب

- دستیافته با جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه)

- تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم

سند چشم انداز به طور مستقیم وارد بحث انرژی نشده است. ولی در موضوعات مختلف بدان اشاره دارد و یا می‌توان برداشت نمود که در حوزه مرتبط با فناوری نانو و کاربرد آن در صنعت برق و انرژی تاثیرگذار است، که در ادامه به طور خلاصه ذکر می‌گردد:

در یکی از بندهای ویژگی‌های جامعه مطلوب، ذکر گردیده است که ایران کشوری دست یافته به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در مقیاس منطقه‌ای است که این امر را می‌توان در موضوع فناوری نانو به صورت خاص مورد توجه قرار داد؛ اهمیت توانایی علمی و نیروی انسانی متخصص اشاره شده که برای رسیدن به خودکفایی و بومی سازی دانش نانو از اهمیت بالایی برخوردار است.

بهره مندی از محیط زیست مطلوب نیز از موارد مطرح در سند چشم انداز است که فناوری نانو خود در پی این مهم است (استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر)

در سیاست‌های کلان کشور در افق چشم انداز در امور اقتصادی ذکر شده است که باید ساز و کارهای انگیزشی برای رشد بهره‌وری عوامل تولیدی (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب و ...) ایجاد شود؛ در نهایت به دستیابی به اقتصاد مبتنی بر فناوری و علم اشاره کرده، که با بکارگیری فناوری نانو در تولید برق می‌توان در این راستا قدم برداشت.

در مجموع در سند چشم انداز ۲۰ ساله کشور به اهمیت فناوری‌های نوین و دستیابی به علوم تاثیرگذار تاکید شده است و حتما می‌بایست به سمت اتکا به علم و دانش و فناوری و سرمایه‌های انسانی و اجتماعی حرکت کرد. علاوه بر این بر لزوم تولید بهره‌ور و اقتصاد دانش بنیان نیز تاکید شده است.

### نقشه جامع علمی کشور

نقشه جامع علمی کشور در چارچوب رهنمودهای رهبر کبیر انقلاب اسلامی (ره)، مقام معظم رهبری و قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران بوده و با پیش‌بینی سازوکارهای لازم بروز رسانی، توانایی تبیین ساحت علمی الگوی اسلامی- ایرانی پیشرفت را دارا می‌باشد. در این سند موارد زیر را می‌توان به نوعی در راستای توسعه فناوری نانو در صنعت برق دانست:

بخش ۱-۱- سند: ارزشهای بنیادین نقشه جامع علمی کشور

علم و فناوری کمال آفرین، توانمندساز، ثروت آفرین و هماهنگ با محیط زیست و سلامت معنوی، جسمی، روانی و اجتماعی  
آحاد جامعه؛

بخش ۲-۲ سند: اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور

دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان؛  
دستیابی به توسعه علوم و فناوری های نوین و نافع، متناسب با الویت ها و نیازها و مزیت های کشور و انتشار و به کارگیری  
آنها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی

بخش ۳-۲ سند: اهداف بخشی نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

تثبیت جایگاه کشور در:

فناور های نانو و میکرو به منظور کسب دو درصد از بازار جهانی مربوطه

بخش ۳-۲- سند: اولویتهای علم و فناوری کشور

در این بخش اولویتهای به ترتیب در سه سطح الف، ب و ج تبیین شده اند. منظور از این نوع دسته بندی، تفاوت شکل و میزان  
تخصیص منابع اعم از مالی و انسانی و توجه ویژه مدیران و مسؤولان است، به این معنا که حصول اطمینان از رشد و شکوفایی در  
برخی از اولویتهای نیازمند توجه، هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی کشور است و در برخی دیگر رشد و توسعه با  
پشتیبانی مدیریت های میانی و تخصیص غیرمتمرکز منابع حاصل خواهد شد.

در سطح الف اولویتهای شامل موارد زیر می باشد که صریحاً در آن به فناوری نانو اشاره شده است:

فناوری هوافضا، فناوری اطلاعات و ارتباطات، فناوری هسته ای، فناوری های نانو و میکرو، فناوری های نفت و گاز، فناوری زیستی،

فناوری های زیست محیطی، فناوری های نرم افزاری و فرهنگی

در علوم پایه و کاربردی: ماده چگال، سلولهای بنیادی و پزشکی مولکولی، گیاهان دارویی، بازیافت و تبدیل انرژی، انرژی های نو و

تجدید پذیر، رمزنگاری و کدگذاری

بخش ۴-۱- سند: راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور:

راهبرد کلان ۱: اصلاح و انسجام بخشیدن به ساختارها و نهادهای علم و فناوری و هماهنگ سازی نظام تعلیم و تربیت مراحل

سیاست گذاری و برنامه ریزی کلان

راهبرد کلان ۳: جهت دادن چرخه علم و فناوری و نوآوری به ایفای نقشی موثرتر در اقتصاد

بخش ۴-۲- سند راهبردها و اقدامات ملی متناسب با راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور:

اصلاح و انسجام بخشیدن به ساختارها و نهادهای علم و فناوری و هماهنگ‌سازی نظام تعلیم و تربیت مراحل سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان

### راهبردهای ملی:

سیاست‌گذاری و ارتقای هماهنگی و هم‌افزایی در بخشهای مختلف کشور در اجرایی کردن نقشه جامع علم و فناوری، جهت دادن چرخه علم و فناوری و نوآوری به ایفای نقشی مؤثرتر در اقتصاد، افزایش نقش علم و فناوری در توانمندسازی و ارتقای بهره‌وری در بخش‌های صنعتی و تولیدی و خدمات تخصصی و عمومی، تسهیل و کارآمدسازی فرآیند عرضه و تقاضا و انتقال و انتشار علم و فناوری و توسعه زیرساخت‌های رقابت‌پذیری در تولیدات فناوری و خدمات و محصولات مربوطه

### سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی

با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص‌های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز بیست‌ساله، سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی با رویکردی جهادی، انعطاف‌پذیر، فرصت‌ساز، مولد، درون‌زا، پیشرو و برون‌گرا ابلاغ می‌گردد:

- پیشسازی اقتصاد دانش‌بنیان، پیاده‌سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقاء جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش‌بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش‌بنیان در منطقه.

از جمله مواردی که می‌توان آنها را از سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی در راستای توسعه فناوری نانو برشمرد، عبارتند از:

- مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با برنامه‌ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت‌پذیری در تولید

- استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی و ارتقاء شاخص‌های عدالت اجتماعی

- افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (بر اساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده‌های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی

از منابع



- مقابله با ضربه پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز از طریق افزایش صادرات برق.

### سیاست های کلی نظام در بخش انرژی

سیاست های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی" مصوب مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۳ که در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۳ توسط مقام معظم رهبری تأیید و ابلاغ گردیده است. در بخش ب سند بندهای دوم و چهارم به کاربرد فناوری نانو در صنعت برق اشاره دارند.

### سند چشم انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو

بر اساس این سند وزارت نیرو در راستای عرضه با کیفیت و پایدار برق، آب و خدمات فاضلاب گام بر می دارد، به نحوی که ضمن مدیریت عرضه و تقاضا از محیط زیست هم حفاظت کند. در این راستا چشم انداز وزارت نیرو به شکل زیر بیان شده است. وزارت نیرو در افق چشم انداز جمهوری اسلامی ایران، سازمانی است بالنده که با برخورداری از مدیریت دانش محور، منابع انسانی کارآمد، ساختاری فراگیر و اثربخش، ظرفیت های غنی نرم افزاری و سخت افزاری خود اتکاء، به گونه ای عمل می کند تا کشور در مدیریت عرضه و تقاضا و دسترسی عادلانه همگان به: «برق مطمئن و پایا»، «آب سالم و کافی متناسب با ظرفیت های ملی» و «خدمات بهداشتی فاضلاب» در جهان پیشرو شناخته و نیز به عنوان مرکز راهبری برق در منطقه تثبیت شود. وزارت نیرو با بهره گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری های نوین سازگار با محیط زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می دهد. وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می سازد. به علاوه وزارت نیرو در بخش برق و انرژی چشم انداز زیر را برای خود در نظر گرفته است:

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

چشم انداز در بخش آموزش، پژوهش و فناوری:

وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری با برخورداری از مدیریت دانش محور و ظرفیت‌های غنی مغزافزاری، نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و سازمانی و مشارکت مؤثر بخش غیردولتی، در حوزه‌های سرمایه‌های انسانی متخصص و کارآمد و توسعه دانش و فناوری در صنعت آب و برق سرآمد در منطقه خواهد بود.

راهبردی‌های وزارت نیرو عبارتند از:

- نهادینه کردن نظام مشتری‌مداری و حمایت از حقوق مشترکین با تأکید بر:
- بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و اصلاح فرآیندهای موجود
- بهبود شاخص‌های کیفیت و کاهش قیمت تمام‌شده خدمات صنعت آب و برق
- ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:
- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها
- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
- سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق
- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی

راهبردی‌های بخش برق و انرژی عبارتند از:

- ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی
- شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست
- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین و تجهیزات با راندمان بالا
- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر با تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی‌سازی فناوری در فعالیتهای مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور
- تخصیص درصد معین و فزاینده‌ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی‌سازی فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
- تعریف و اجرای پروژه‌های نمونه در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر و تجاری‌سازی آنها
- تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
- توسعه مبادلات منطقه‌ای برق مشتمل بر اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر

- سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق شامل ارتقاء سطح ایمنی و سلامتی شهروندان در مقابل خطرات و مسائل زیست محیطی صنعت برق
- تهیه طرح جامع زیست محیطی فعالیتهای صنعت برق
- تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری بخش با رویکرد استمرار ارائه خدمات:
- تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوریهای تولید برق
- راهبردیهای بخش آموزش، پژوهش و فناوری:
- توسعه و انتقال فناوری
- به هنگام سازی آموزشهای مرتبط با فناوریهای جدید
- ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فناوریهای جدید و انتقال و بومی سازی آنها
- راهبردیهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق:
- ایجاد تعادل منطقی بین تولید داخلی و واردات کالاها و خدمات مورد نیاز به منظور ارتقاء فن آوری، کیفیت کالا و خدمات، کارائی و خوداتکائی بنگاههای بخش پشتیبانی
- حمایت از انتقال و بومی سازی فناوریهای نو مورد نیاز و به کارگیری فناوریهای دارای مزیت نسبی بالا

### سند جامع توسعه انرژیهای تجدیدپذیر کشور

با توجه به اهمیت انرژی عنوان محور اصلی توسعه و پیشرفت جوامع بشری مباحث مربوط به انرژی و مطالعات مربوط به آن برای تمامی کشورها با اولویت بیشتری نسبت به گذشته دنبال می گردد. این افزایش اهمیت بسیاری از این کشورها را بر آن داشته است که با حرکت به سمت منابع جایگزین و تجدیدپذیر انرژی، سبد مصرفی انرژی در کشور خود را تغییر داده و با اعمال تغییراتی در برنامه پیش روی خود، زمینه توسعه استفاده هر چه بیشتر از این منابع در کشور خود را فراهم کنند. در زیر به موارد اشاره شده در چشم انداز، اهداف و سیاست های کلان این سند اشاره می شود.

### چشم انداز:

دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری این انرژیها در افق ۱۴۰۴ با قابلیت رقابتی و رویکرد صادراتی در حوزه های مختلف اقتصادی از جمله صنعت، کشاورزی، خدماتی، حمل و نقل، ساختمانی و مسکن با تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق.

### اهداف بلندمدت و شاخص‌های کلان:

افزایش سهم منابع جدید و پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور در حوزه برق، حرارت و سوخت بهره‌مندی از انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان حداقل ۱۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب شده دستیابی به سهم ۵ درصدی صادرات از کل تجهیزات تجدیدپذیر ساخت داخل در افق چشم‌انداز نهادینه‌سازی توسعه پایدار و پویای علوم، فناوری و صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر اهداف کوتاه مدت

ارتقای نظام سیاست‌گذاری و راهبری فناوری و نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر

ارتقای کارآفرینی، تجاری‌سازی و بهره‌برداری از فناوری‌های داخل و خارج در عرصه انرژی‌های تجدیدپذیر

ارتقای سطح فرهنگ جامعه در کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر

بهبود فرایندهای انتقال و اشاعه فناوری و نوآوری در میان نهادهای ذینفع از خارج و داخل کشور

### راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو

در پی درک به موقع اهمیت فناوری نانو در کشور از سال ۱۳۸۰ توسط دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و تأسیس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۸۲ برای ایجاد تمرکز در تصمیم‌گیری و هماهنگی میان تمامی نهادها و دستگاه‌های فعال در این حوزه، دیدگاه توسعه فناوری نانو، تدوین چارچوب فعالیت بلند مدت کشور در فناوری نانو بوده که پیش‌نویس آن در ستاد تهیه و پس از تصویب در ستاد بر اساس بند ب ماده ۴۳ قانون برنامه چهارم توسعه، به هیأت دولت ارائه شد و در مرداد ماه ۱۳۸۴ تحت عنوان "سند راهبرد آینده" به تصویب هیأت دولت رسید. در این سند قرار گرفتن در بین ۱۵ کشور برتر فناوری نانو و تلاش برای ارتقای مداوم این جایگاه به منظور تولید ثروت و بهبود کیفیت زندگی مردم در افق زمانی سند هدف‌گیری شده است. در ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۵، شورای عالی انقلاب فرهنگی در پانصد و هشتاد و دومین جلسه خود، ضمن تأکید بر اجرای دقیق سند راهبرد آینده، سیاست‌ها و راهبردهای ارتقا و توسعه فناوری نانو در کشور را تصویب کرد. در این مصوبه، بر تأمین منابع لازم برای سرمایه‌گذاری و کسب یک تا دو درصد از بازار جهانی فناوری نانو تأکید شد.

### ماموریت:

دستیابی به جایگاه مناسب در بین ۱۵ کشور برتر فناوری نانو و تلاش برای ارتقای مداوم این جایگاه به منظور توسعه اقتصادی جمهوری اسلامی ایران

**اهداف :**

دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو  
ایجاد زمینه مناسب برای بهره مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم  
نهادینه شدن توسعه پایدار و پویای علوم، فناوری و صنعت نانو

**راهبرد ها:**

هدف اول : دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو  
استفاده از فناوری نانو در صنایع مختلف به ویژه صنایع دارای مزیت، با هدف افزایش کیفیت، کاهش قیمت تمام شده و مقبولیت بازار مصرف، با تاکید بر اثر بخشی فناوری نانو در کوتاه مدت  
هدف دوم : ایجاد زمینه مناسب برای بهره مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم  
توسعه و بکارگیری فناوری نانو در حل معضلات اساسی جامعه و اولویت های کلان کشور  
ترویج و اطلاع رسانی عمومی فناوری نانو به منظور افزایش مشارکت اجتماعی در توسعه و به کارگیری آن  
هدف سوم: نهادینه شدن توسعه پایدار و پویای علوم، فناوری و صنعت نانو  
توسعه منابع انسانی به منظور نهادینه سازی علوم، فناوری و صنعت نانو و ارتقای قابلیت های مدیریتی با تکیه بر روش هایی که متخصصان مورد نیاز در سطوح مختلف را در کوتاه ترین زمان ممکن تامین کند.  
ایجاد چارچوب و شبکه مورد نیاز برای حفظ مالکیت فکری، انشمار و مبادله قانون مند یافته های پژوهشی و دانش فنی و تامین نیاز های اطلاعاتی سطوح مختلف مدیریت، تصمیم سازان، سرمایه گذاران داخلی و بین المللی و متخصصان برای استمرار حرکت توسعه فناوری نانو  
اصالت دادن به فعالیت های مهندسی و طراحی در تولید و صنعت، پشتیبانی دائمی پژوهش های کاربردی- توسعه ای از فعالیت های مهندسی و طراحی با محوریت تقاضای حال و آینده و ماموریت گرا کردن پژوهش های بنیادی

**۱-۲-۳- توجیه پذیری از نظر اقتصادی**

زمانی که قرن بیستم آغاز شد، افراد معمولی بسیار سخت می توانستند درک کنند که خودروها و هواپیماها چگونه کار می کنند. بهره گیری از انرژی اتمی فقط در حد تئوری وجود داشت و شاید اکنون نیز برای عده ای در ابتدای قرن بیست و یکم بسیار سخت باشد که باور کنند بشر روبات های میکروسکوپی خواهد ساخت و خط مونتاژ میکروسکوپی داشته باشد. تولید چنین

محصولات خارق‌العاده ای حاصل بخشی از دانش بشری است که به آن نانو تکنولوژی می‌گویند. بحث نانو تکنولوژی یکی از رایج‌ترین مباحث در مجامع علمی دنیاست و کشورهایی که نتوانند در این فناوری موقعیت مناسبی بدست آورند، در آینده در بسیاری زمینه‌ها از گردونه رقابت اقتصادی خارج میشوند چرا که از جمله مهمترین شاخصه‌های قابلیت اقتصادی در آینده، توانایی خروج موفقیت آمیز از بحران انرژی است و از نانو تکنولوژی به منزله سلاحی جدید برای مقابله با این بحران یاد می‌شود. کاهش اتلاف انرژی از جمله مقوله‌هایی است که با سیاست‌های قیمتی انرژی ارتباط تنگاتنگی دارد. به طوری که استفاده از ابزارهای قیمتی به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت مصرف در دنیا روشی مرسوم به‌شمار می‌رود. با توجه به اینکه امروزه میزان بهره‌مندی از فناوری نانو می‌تواند مزایای اقتصادی آن را مشخص نماید، آنچه کشور را می‌تواند توسعه یافته معرفی نماید میزان بهره‌گیری از فناوری‌های رقابتی در فرایند تولید و کسب سهم بیشتر از بازار جهانی و محصولات مبتنی بر آن می‌باشد. این فناوری با وجود جدید بودن ویژگی خاصی دارد که می‌تواند برای هر سرمایه‌گذاری جذاب باشد و عرصه نویدبخشی برای سرمایه‌گذاری‌های کوتاه مدت و بلند مدت ارزیابی می‌شود و می‌تواند به واسطه کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصولات و فرایند تولید، ارزش افزوده ایجاد نماید. این در حالی است که این فناوری به دلیل امکان ایجاد یک توسعه پایدار و وجود کاربردهای متنوع در بخش برق و انرژی بیش از هر فناوری دیگری می‌تواند سرمایه‌های دولتی را جذب نماید.

برق یکی از انواع انرژی است که به دلیل مشخصه‌های خاص خود، بیشتر از سایر انواع انرژی‌ها مورد توجه می‌باشد و سیاستی که در مورد میانگین قیمت فروش داخلی برق در نظر گرفته شده به گونه ای است که تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران بتواند معادل قیمت تمام شده آن باشد. در مورد هزینه تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی برق به این ترتیب سیاست گذاری شده است که مجموع هزینه‌های تبدیل انرژی، انتقال و توزیع و هزینه سوخت با بازده حداقل ۳۸٪ نیروگاههای کشور و رعایت استانداردها محاسبه می‌شود و هر ساله یک درصد به بازده نیروگاههای کشور افزوده می‌شود به طوری که تا پنج سال از زمان اجرای این قانون به بازده ۴۵٪ برسد و هم چنین تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به ۱۴٪ کاهش یابد.

در این راستا پیش‌بینی می‌شود در برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت از فناوری نانو برای تأمین نیازهای بخش عمومی و در بلندمدت موجبات توسعه پایدار و کاهش قیمت‌ها را به ارمغان داشته باشد. بنابراین می‌توان امید داشت با بهره‌گیری از فناوری نانو در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع و مصرف نیرو بتوان به نیمی از اهداف مورد نظر دست یافت. همین مسأله حاکی از توجیه

پذیری اقتصادی نانو می‌تواند قلمداد گردد. البته لازم به ذکر است با توجه به اینکه اکثر کاربردهای نانو در صنعت برق به مرحله محصول تجاری نرسیده اند و در مراحل ابتدایی در کشور قرار دارند، پیش‌بینی می‌شود بتوان با سرمایه‌گذاری و تأمل بیشتر در آن در آینده‌ای نه چندان دور شاهد سوددهی کلان محصولاتی بود که جایگزین فناوری‌های فعلی شده‌اند و با سرمایه‌گذاری و تأمل بیشتر در آینده بتوان به میزان چشمگیری تلفات را کاهش داد.

از هم‌اکنون بازار بزرگی برای بکارگیری مواد جدید در محصولات فعلی در حال شکل‌گیری است. موادی که می‌توانند خواص جدید و فوق‌العاده‌ای به محصولات موجود بخشیده و موجب کاهش قیمت آنها شوند. بازار این فناوری تا پایان سال ۲۰۱۵ میلادی معادل ۱۰۰۰ میلیارد دلار برآورد شده است. همچنین با توجه به کاربردهای کاتالیستهای نانو ساختاری پیش‌بینی شده است طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار را تحت تأثیر قرار دهد. نانوفناوری می‌تواند راه‌های اقتصادی تری را برای تصفیه و نمک زدایی آب و بهینه سازی راه‌های استفاده از منابع انرژیهای تجدید پذیر همچون انرژی خورشیدی ارائه نماید. بطور مثال استفاده از یک نوع انباره جریان گذرا با الکترودهای نانولوله کربنی نشان داده است که این روش ۱۰ بار کمتر از روش اسمز معکوس، آب دریا را نمک زدایی می‌کند. انتظار می‌رود که نانوفناوری نیاز بشر را به مواد کمیاب کمتر کرده و با کاستن آلاینده‌ها، محیط زیستی سالمتر را فراهم کند. برای مثال مطالعات نشان می‌دهد در طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده، روشنایی حاصل از پیشرفت نانوفناوری، مصرف جهانی انرژی را تا ۱۰ درصد کاهش داده، باعث صرفه جویی سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار و همچنین کاهش آلودگی هوا به میزان ۲۰۰ میلیون تن کربن شود. ساخت دیودهای نوری با استفاده از مواد نانو موجب می‌شود تا ۸۰ درصد در هزینه برق صرفه جویی شود.

در کنار این پیش‌بینی‌ها، این سؤال باید مطرح شود که جایگاه کشورهایی که به نانوفناوری دسترسی ندارند، در بازارهای آینده و اقتصاد جهانی چه خواهد بود. با توجه به اینکه سهم هر کشور یا بنگاه در زمان شکل‌گیری یک بازار تثبیت می‌شود، زمان سرمایه‌گذاری برای رسیدن به جایگاه مناسب همین امروز است.

موضوعات مختلفی از جمله چشم‌اندازهای نانوفناوری در جهان، تأثیرات آن بر اقتصاد جهانی، اهمیت نانوفناوری برای ایران، پتانسیل‌های موجود و زیرساخت‌های لازم برای ورود به عرصه نانوفناوری و غیره مورد بحث است. بدون شک از دیدگاه علمی، هر تئوری جدیدی که دورنمای زیبایی از عملکردهای عالی برای آن متصور باشد بسیار جذاب و قابل توجه خواهد بود. نانوفناوری هم که امروزه در محافل علمی مطرح است از این قاعده مستثنی نیست. نانوفناوری می‌تواند یکی از اولویت‌های کشور به ویژه در حوزه برق باشد. چون پتانسیل نیروی انسانی لازم برای انجام تحقیقات و به ثمر رسیدن آنها جهت کاربردهای

صنعتی در کشور موجود است و در صورت موفقیت می‌توانیم فاصله فناوری موجود میان کشورمان و کشورهای پیشرفته را کم کنیم و حتی اگر موفق هم نشویم برای گزینش در خرید فناوری، نیاز به حداقل اطلاعات و دانش پایه در مقایس نانوفناوری داریم. در دنیا توجه به نانوفناوری و اصولاً هر تکنولوژی نوین دیگری به این دلیل است که راندمان صنعت و اقتصاد جامعه را مقداری بالا ببرد. در ایران هم اگر فلسفه توجه به نانوفناوری افزایش راندمان اقتصادی و صنعتی است، مفید است. در غیراینصورت جایگاه خاصی ندارد. توسعه صنعتی در جوامعی که به توسعه فرهنگی دست نیافته‌اند، رخ نمی‌دهد. انسان با استفاده از روش‌های اقتصادی تخصیص منابع بر محیط خود تأثیر می‌گذارد و فناوری بوجود می‌آورد این فناوری بر فرهنگ تأثیرگذار است و این فرهنگ بار دیگر بر انسان تأثیرگذار است. یا اینکه اگر از اقتصاد شروع کنیم، باید بگوییم که شرایط اقتصادی بر ایجاد فناوری‌ها مؤثر است که این فناوری بر فرهنگ اثر می‌گذارد و این فرهنگ هم بر انسان تأثیرگذار است که این امر در تصمیم‌های اقتصادی انسان بر این شیوه تخصیص منابع تأثیر می‌گذارد. اگر فرایند را از فناوری و تکنولوژی آغاز کنیم هم همین چرخه وجود دارد. اول فناوری بر فرهنگ تأثیر می‌گذارد و بعد از این فرهنگ بر انسان و تصمیم‌های اقتصادی می‌گیرد که این تصمیم‌ها بر ایجاد فناوری‌های جدید تأثیر گذار است.

هم‌چنین پیشرفت نانوفناوری مشروط بر اینکه در راه‌های مناسب و قابل دسترس رشد یابد، می‌تواند در بلند مدت سبب بهبود توزیع درآمد نیز شود. به عنوان مثال تأثیر اقتصادی استفاده از فناوری نانو در سلول‌های خورشیدی بیان می‌گردد. مشکل سلول‌های خورشیدی فعلی، هزینه بالا، گران بودن مواد و کارایی نسبتاً کم آن‌ها می‌باشد. این به آن معناست که انرژی خورشیدی چندین برابر گران‌تر از انرژی به دست آمده از مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد.

سلول‌های خورشیدی سیلیکونی ساخته شده براساس فناوری‌های رایج، حداکثر در حدود ۲۵ درصد در مقیاس آزمایشگاهی (بدون ملاحظه هزینه) و در نوع تجاری (با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی) حدود ۱۴ درصد بازدهی دارند. این کارایی بسیار پایین به دو عامل بستگی دارد: عامل اول این است که سیلیکون محدوده بسیار کوچکی از طیف نور را جهت تبدیل به جریان الکتریسیته، جذب می‌کند (این محدوده به گاف ممنوعه سیلیکون ارتباط دارد)، بقیه نور هم یا جذب نمی‌شود، یا به صورت گرما تلف می‌شود. عامل دوم این است که بخشی از انرژی جذب شده به علت رسانایی ضعیف و وجود مقاومت در داخل سلول خورشیدی از دست می‌رود.

نانو مواد جدید و ساختارهای خورشیدی در مقیاس نانو می‌توانند در غلبه بر هر دو مانع به ما کمک کنند. غیر از سیلیکون نیمه‌رساناهای دیگر وجود دارند که می‌توانند در سلول‌های خورشیدی استفاده شوند. گالیم، ایندیوم و ژرمانیوم از نیمه‌رساناها



هستند. هر نیمه رسانا یا ترکیب نیمه رساناها، گاف ممنوعه متفاوتی دارد. اگر ترکیبی از این نیمه رساناها یک به یک روی هم به صورت فیلم های نازک استفاده شود (در ضخامتی در حد چند ده نانومتر)، هر لایه می تواند طول موج های مختلفی از طیف نور را جذب کند، بنابراین مجموع انرژی دریافت شده، افزایش می یابد. به این سلول های خورشیدی سلول های چند اتصالی گفته می شود. در این سلول ها به جای یک اتصال N-P، چند اتصال N-P دارند. نام جدید این سلول ها، سلول های خورشیدی رنگین کمانی است چنین سلول هایی تا ۳۵ درصد بازدهی به دست آورده اند. یکی از فرصت های فناوری نانو برای سلول های خورشیدی نقاط کوانتومی هستند. پیش بینی می شود که در آینده نقاط کوانتومی پربازده ترین سلول های خورشیدی را با حدود ۸۵ درصد کارایی ایجاد کنند. نقاط کوانتومی می توانند در اندازه ها و ترکیبات شیمیایی مختلف تولید شوند تا تمام طول موج های نوری را جذب کنند. نقاط کوانتومی نانوذراتی نیمه رسانا هستند که یکی از خصوصیات آن ها داشتن فاصله انرژی (گاف ممنوعه) متناسب با اندازه است.

یکی از فناوری های جدید تولید سلول های خورشیدی ساخت لایه های بسیار نازک است. این سلول های خورشیدی هر چند کم بازده هستند اما با نصب صفحات متشکل از این سلول های منعطف در بخش فوقانی ساختمان ها یا دیوارها، به طور موثری از فضای ساختمان استفاده می شود.

برای مشکل دوم که اتلاف انرژی در انتقال جریان در مدارهای سلول های خورشیدی است، ساختمان کریستالی نیمه رساناها باید برای انتقال جریان الکتریسیته مناسب باشد. نانولوله های ابررسانا در این زمینه کارایی خواهند داشت. نانولوله ها می توانند براساس خصوصیت تشعشع میدانی در سامانه ای که کارش برعکس سلول های خورشیدی است (تبدیل برق به نور) هم عمل کنند و برای تولید طول موج های نوری و رنگ های مختلف از نور در دیودهای نوری استفاده شوند.

لازم به ذکر است که سلول های خورشیدی رایج، سیلیکونی مشابه تراشه های کامپیوتری را مصرف می کنند. این امر هزینه های آن ها را گران می کند. سلول های خورشیدی همچنان پرهزینه هستند، اما فناوری نانو امکان کاهش هزینه های آن ها را خواهد داد. یکی از فناوری های جدید تولید سلول های خورشیدی ساخت لایه های بسیار نازک است. این سلول های خورشیدی هر چند کم بازده هستند اما با نصب صفحات متشکل از این سلول های منعطف در بخش فوقانی ساختمان ها یا دیوارها، به طور موثری از فضای ساختمان استفاده می شود.

سلول های خورشیدی فیلم های نازک سلول های خورشیدی جدید با اصولی مشابه فتوسنتز در گیاهان کار می کند. این نوع سلول شامل یک رنگ آلی است که به دی اکسید تیتانیوم متصل می شود. رنگ محدوده طول موج مشخصی از نور را جذب

می کند و نانوذرات دی اکسید تیتانیوم الکترون ها را انتقال می دهند. این سلول ها با بازدهی کم ده درصد، به خوبی سلول های خورشیدی سیلیکونی کار نمی کند. با این حال ارزان تر هستند و می تواند روی سطحی انعطاف پذیر استفاده شوند.

### ۱-۲-۴- توجیه پذیری سیاسی، اجتماعی

انرژی همواره به عنوان یکی از مهم ترین نیازهای امروز بشر مطرح بوده و بسیاری از روابط و سیاست گذاریهای یک کشور تحت تأثیر آن و یا برای تنظیم عرضه و تقاضای انرژی صورت می پذیرد. لذا دولت ها تلاش می کنند تا در قالب برنامه ریزی های مدون و بهره گیری از فناوری نوینی همچون نانو، ضمن برآورد عرضه و تقاضای انرژی کشور، خود در آینده زیرساخت های لازم جهت تنظیم این دو را فراهم آورند. در کشور ما به علت مشکلاتی که در حوزه تولید، مصرف و برنامه ریزی انرژی وجود دارد، تنظیم عرضه و تقاضای انرژی به خوبی صورت نمی گیرد که این امر سبب بروز مشکلات فراوانی مانند اتلاف انرژی در بخش های مختلف مصرف به وجود می آورد. با بررسی مهم ترین شاخص های انرژی در کشور و جهان نشان داده شده است که اگر چه مصرف انرژی در کشور نسبت به کشورهای صنعتی کم تر است، اما شاخص شدت انرژی ایران نسبت به این کشور ها بالاتر است. این مسأله بصورت بروز بحران کمبود گاز در زمستان و وقوع خاموشی در تابستان ملاحظه می شود که هر سال نسبت به گذشته تشدید می گردد. ادامه این روند می تواند باعث بروز مشکلات بیشتری در آینده شود. اهمیت این امر زمانی آشکار می شود که طبق آمارهای موجود با توجه به ۳۰ میلیون جمعیت جوان در آینده ای نزدیک حدود ۱۵ میلیون خانوار به مجموع خانوارهای کشور اضافه خواهد شد و با این حساب تعداد خانوارهای کشور حدوداً ۲ برابر می شود. بدیهی است ۱۵ میلیون خانوار جدید به همین میزان از لوازم خانگی پرمصرف استفاده خواهند کرد که در صورت ادامه این روند، مصرف انرژی به یکباره با جهش چشمگیری روبرو خواهد بود [۶ و ۷].

لذا باتوجه به این مهم می توان با برنامه ریزی صحیح و بهره گیری از فناوری های جدید (بعنوان مثال نانوفناوری به عنوان سردسته فناوری های نوین) از بروز مهم ترین چالش های حوزه انرژی در کشور ممانعت به عمل آورد.

پیامدهای سیاسی و حقوقی این فناوری، آن را به عنوان یک زمینه فرا رشته ای و فرابخش مطرح نموده است. اهمیت این موضوع از آنجا بیشتر می باشد که از نظر سیاسی کشور با خطرات ناشی از تحریم های گوناگون بخصوص در حوزه فناوری های نوین و تجهیزات وابسته می تواند مواجه باشد. از آنجایی که صنعت برق یک صنعت سرمایه بر است و ساخت تجهیزات و احداث تأسیسات برق در سطح جهانی از ارزیابی بالایی برخوردار است و کاهش هزینه های تمام شده تولید، انتقال و توزیع نیازمند

استفاده از فناوری‌های نوین می‌باشد، لذا عدم ورود برای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و اعمال تحریم‌های جدید می‌تواند صنعت برق را با مشکلات عدیده‌ای روبرو سازد.

### ۱-۲-۵- توجیه پذیری از نظر زیست محیطی

با توجه به بحران جهانی انرژی و مزایای نانوفناوری در راستای بکارگیری از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر و افزایش میزان تقاضا، توجه عمده‌ای به این مقوله شده است و جهش‌های علمی و برنامه‌های تحقیقاتی اخیر در کشورهای پیشرفته و پیشرو نظیر آمریکا، ژاپن و کشورهای اروپایی و پیش‌گامی در استرالیا، کانادا، چین، کره و ... تمایل جهانی به استفاده از فناوری نانو در این زمینه را مشخص می‌کند. بطوری‌که این فناوری در مواد و عناصر مورد استفاده در سلول‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی و توربین‌های بادی عملکرد بسیار موفقی را ارائه داده است. برای آنها که به منابع انرژی قابل اطمینان دسترسی ندارند، راه حل‌های جدید فناوری نانوکمک شایانی است تا کیفیت زندگی آنان را بهبود بخشد. فناوری نانو برای آنها که از ناکارآمدی ذخیره، تولید و تبدیل انرژی رنج می‌برند منابع انرژی جدیدی فراهم آورده و علاوه بر آن، هزینه تولید هر کیلووات انرژی را هم کاهش داده و یا حداقل به بهبود کیفیت تولید آن کمک خواهد کرد. روش‌های زیادی طراحی شده‌اند که از منابع طبیعی مانند خورشید، آب یا باد انرژی بسازند. در همه موارد فناوری نانو می‌تواند اثرگذار باشد و تغییرات چشم‌گیری ایجاد کند. تولید و استفاده از نفت و دیگر سوخت‌های فسیلی سالانه با یک روند مشخص در حال افزایش است و در آینده ای نزدیک تولیدات نفتی دیگر قادر به پاسخ‌گویی به نیازهای جمعیت دنیا نخواهند بود. پایان یافتن منابع نفتی تنها مشکل ما نیست، بلکه با استفاده روز افزون سوخت‌های فسیلی در حال حاضر با تولید روزافزون گازهای گل‌خانه‌ای و گرم شدن جهان، محیط زیست در معرض خطر جدی قرار گرفته است. برخی از منابع جدیدی که می‌توانند جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند شناخته شده‌اند، اما هنوز از نظر اقتصادی بازدهی لازم را ندارند. پیشرفت‌های فناوری نانو می‌تواند این مشکل را بهبود بخشد. با فناوری نانو می‌توان مواد و روش‌های جدیدی ایجاد کرد که تحولی اساسی در زمینه انرژی رقم می‌زنند. در حال حاضر توربین‌های بادی، صفحات سلول‌های خورشیدی و سوخت‌های طبیعی به عنوان اهداف اصلی در تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح هستند. چون منشاء آن‌ها تمیز، ارزان و همیشگی است. در زیر به چند نمونه کاربرد نانو جهت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره می‌گردد.

## انرژی خورشیدی

خورشید یکی از منابع مهم تجدید پذیر بدون آلودگی است. انرژی خورشید را می توان به وسیله سلول های مولد ولتاژ از نور (سلول های خورشیدی) به برق تبدیل کرد. برخی از ماشین حساب های نوری، فانوس های دریایی، خطوط تلفن در نواحی دور، سفینه های فضایی و ناوبری شناورها در اقیانوس، سلول های خورشیدی دارند.

برخلاف مولدهای معمول سلول های خورشیدی انرژی شیمیایی را استفاده نمی کنند، سلول های خورشیدی همان طور که از نامشان پیدا است، نور را به برق تبدیل می کنند، کاری که گیاهان طی میلیون ها سال انجام می دهند. بیشتر سلول های خورشیدی، علیرغم محدودیت میزان بازدهی آن از ورود آلاینده ها به محیط زیست جلوگیری کرده و برق نامحدود و فراوان خورشید را ذخیره می کند. محققان در تلاش اند سلول هایی با بازدهی بیش از ۵۰ درصد و وزن و هزینه کم بسازند و بتوانند برق بیشتری نسبت به سلول های گران قیمت و کم بازده کنونی ذخیره کنند. انعطاف و سبکی، نیاز به مراقبت کم و قابلیت تلفیق با لباس، ساختمان، بادبان ها، شیشه، بام و انواع سطوح، مواردی است که نیاز به توجه به فناوری نانو در ساخت سلول های خورشیدی و افزایش بازدهی آن ها را ضروری می سازد. فناوری نانو در سال های اخیر توانسته است به عنوان یک بخش پر ارتباط با کاربردها و خواص متعدد، بهبودهای مهمی را در سلول های خورشیدی ایجاد نماید، به طوری که هزینه سلول های خورشیدی کنونی با حفظ بازدهی به یک سوم رسیده است. در فناوری نانو مباحث، متعدد و وسیع است و در حیطه دانش و فن یک رشته قرار نمی گیرد. این تنوع از حیث مواد نانو ساختار، خواص، سیستم های نانومتری و حتی روش های ساخت و قابلیت هایی است که در هر کاربرد به آن ها نیاز است. این فناوری می تواند به کاهش هزینه ها و افزایش کارایی سلول های خورشیدی کمک کند. نانوالیاف، نانولوله ها، مواد متخلخل کاتالیستی و مواد جاذب، نقاط کوانتومی و حتی نانوکامپوزیت ها می توانند در سلول های خورشیدی مورد استفاده قرار بگیرند. در توسعه سیستم های انرژی زاه، علم مواد اهمیت بسیار زیادی دارد. زیرا مواد بیشترین هزینه ها و تأثیرات را در بازدهی این سیستم ها ایجاد می کنند.

## انرژی باد، زیست توده و زمین گرمایی

برای منابع انرژی جایگزین متعدد دیگری نیز وجود دارد که به کمک فناوری نانو استفاده از آنها بسیار عملی تر و معقول تر خواهد بود که از آن جمله می توان انرژی باد زیست توده (biomass) و زمین گرمایی (geothermal) اشاره کرد. گرچه استفاده از انرژی باد یکی از قدیمی ترین راه های تولید انرژی است اما اخیراً استفاده از دستگاه های بادی مولد برق در بسیاری از

کشورها و با بهبود وضعیت اقتصادی آنها رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. در عین حال مقدار انرژی که یک کشور به آن نیاز دارد و می‌تواند آن را تولید کند محدود است که این امر به ویژه برای کشورهای فاقد سواحل آبی گسترده به منظور ایجاد نیروگاه‌های برق آبی حائز اهمیت بوده و می‌تواند مقدار زیادی از زمین‌های دور از ساحل را به این کار اختصاص دهند. ممکن است به نظر عجیب برسد که چگونه فناوری نانو که فناوری مدرن و جدیدی است می‌تواند چیزی به قدمت نیروگاه‌های بادی را تحت تأثیر قرار دهد؟ پاسخ این سوال در مواد مورد استفاده نهفته است. همان طور که می‌دانی متوان یک توربین بادی متناسب با مربع طول تیغه آن افزایش می‌یابد. در حال حاضر از پیشرفته‌ترین کامپوزیت‌های فیبرکربنی در این پرها استفاده می‌شود اما در صورت استفاده از کامپوزیت‌هایی از نوع نانولوله‌های کربنی در آنها، نسبت توان به وزن آنها تا چند برابر افزایش می‌یابد.

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

با توجه به تعاریف ارائه شده در زمینه تدوین مبانی سند، به منظور ارایه تصویری مناسب از اجزای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و ... دخیل در توسعه هر فناوری اعم از نهادها و سازمان‌های مختلف، قواعد و قوانین موجود در جامعه و فناوری‌ها و زیرفناوری‌های مرتبط، داشتن نگاهی سیستمی به مسأله و تعیین حدود و مرزهای آن ضروری است. همچنین لازم است تا با توجه به تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی در سطوح مختلفی به انجام برسد. این سطوح را می‌توان از بعد جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم کرد [۱].

#### ۱-۳-۱- تبیین سطح تحلیل

با توجه به چشم انداز و مأموریت وزارت نیرو در راستای سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی تا افق ۱۴۰۴، وزارت نیرو سازمانی است که در جهان پیشرو شناخته و نیز به عنوان مرکز راهبری برق در منطقه تثبیت خواهد شود و یکی از مأموریت‌های آن این است که با بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش‌های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری‌های نوین سازگار با محیط‌زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می‌دهد. همچنین یکی از اهداف کلان سند راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو است. بنابراین یکی از اهداف مهم توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی کشور گسترش صنعت برق و انرژی کشور در سطح جهانی و به خصوص پیشرو بودن آن در منطقه می‌باشد. با توجه به اهداف مذکور سطح تحلیل از نقطه نظر جغرافیایی در مطالعات حاضر فراملی خواهد بود.

از جهت دیگر کاربردهای این فناوری بسیار گسترده و متنوع و تقریباً در همه صنایع موجود تأثیرگذار می‌باشد. در پروژ حاضر کاربردهای این فناوری در تمام حوزه‌های برق و انرژی از جمله تولید، انتقال و توزیع مورد توجه می‌باشد. لذا سطح تحلیل به صورت فناورانه می‌باشد.

### ۱-۳-۲- تبیین افق زمانی تحلیل

به منظور تبیین افق زمانی لازم است اشاره مختصری در مورد چشم انداز کشور و وزارت نیرو و متعاقب آن سند تدوین شده راهبرد نانو صورت گیرد. از آنجاییکه سند چشم‌انداز کشور برای افق ۱۴۰۴ تدوین شده و در راستای توسعه، دستیابی به اهداف و الزامات چشم‌انداز لازم است سیاست‌گذاری به منظور کسب جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه با تعامل سازنده و مؤثر در روابط بین‌الملل به طور مناسبی صورت گیرد، لذا در تدوین و تصویب برنامه‌های توسعه این افق بایستی مد نظر قرار گیرد.

بر این اساس افق زمانی سند نانو، به صورت ۲۰ ساله در نظر گرفته شد که ۱۰ سال برای بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۴ و منطبق بر ۱۰ سال اول دوران چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و ۱۰ سال برای بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۴۰۴ منطبق بر ۱۰ سال دوم دوران چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و و همزمان با برنامه‌های توسعه چهارم و پنجم است [۲،۳،۴]. لذا با توجه به اینکه اسناد بالادستی چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور با افق زمانی ۲۰ ساله تا سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شده است. تدوین سند فناوری نانو در صنعت برق و انرژی کشور نیز تا سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته می‌شود.

### ۱-۳-۳- مرزبندی فنی

علوم و فناوری نانو عبارت از توانایی هدایت و کنترل ماده در ابعاد نانومتری (میلیاردمتر) و بهره برداری از خواص و پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی این مقیاس در مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید است. اگر چه در این تعریف، بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر در حوزه جدید اختلافات زیادی وجود دارد، اما بر اساس یک اجماع نسبی جهانی، کار با اندازه‌های این تعریف می‌گنجد. اصل موضوع آن است که ماده در اندازه‌های نانومتری خواص جدید و متفاوت با مقیاس‌های بالاتر دارد که این خواص توجه جدی دانشمندان و پیشگامان بکارگیری ابزارها و مفاهیم جدید را برانگیخته است. در واقع نانوفناوری مکمل و پایه سایر فناوری‌ها بوده و کاربرد آن شامل تولید محصولات با هزینه کمتر، دوام و طول عمر بیشتر، مصرف انرژی کمتر و خواص بهتر می‌باشد. این فناوری نوین بواسطه توانایی کار در سطح مولکولی و اتمی و امکان کنترل دقیق ابعاد و ترکیب، شرایط را برای

دستیابی به خواص بهتر محصولات فراهم آورده است و به عنوان انقلاب فناوری در قرن ۲۱ مطرح می‌باشد. فراگیری نانو فناوری بدین صورت است که در حال حاضر بیش از ۴۰ کشور در این زمینه برنامه‌ای ملی تدوین کرده‌اند و بودجه تحقیقات نانو ۸۰۰ شرکت نوپای فناوری نانو در جهان فعالیت می‌کنند. ۶ برابر افزایش یافته است و امروز بیش از ۶ سال اخیر حدود نانوفناوری در صنعت برق و انرژی در کلیه محورهای تولید، انتقال، توزیع و مصرف، قابلیت ارایه محصولات و کاربردهایی را دارد که بسیاری از آنها یا به صورت محصولات تجاری وارد بازار شده‌اند و یا در حال طی مراحل تجاری شدن می‌باشند. اهدافی که در این راستا تعقیب می‌شوند شامل افزایش بازدهی تولید، کاهش تلفات، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین افزایش سهم انرژی‌های نو می‌تواند باشد. در حوزه تولید می‌توان به امکان ساخت مواد، قطعات، تجهیزات، پوشش‌های پره‌های توربین‌گازی، لاینرها، کمپرسور، افزودنی‌های سوخت، فیلترها، پوشش مخازن، سلول‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی، نانوسیم‌ها، مواد ترموالکتریک، کاتالیست‌ها، مواد مغناطیسی و سنسورها اشاره کرد. در حوزه انتقال و توزیع به قطعات و تجهیزات مورد استفاده در عایق‌ها، هادی‌ها، ترانسفورماتورها، کلیدها و تجهیزات حفاظتی از جمله برق‌گیرها، باتری‌ها و کابل‌ها و در حوزه مصرف به تصفیه‌کننده‌ها، لامپ‌های نانو، شیشه‌های عایق، انواع روانکار و روان ساز و پوشش اشاره کرد که به تفصیل در بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه بدان پرداخته خواهد شد.

#### ۱-۴- تبیین مشخصه‌های فناوری نانو

به منظور تبیین مشخصه‌های فناوری نانو لازم است به ابعاد ماهیت، و چرخه عمر آن اشاره کرد.

##### ۱-۴-۱- ابعاد ماهیت

از حیث ماهیت کاربردی بطور کلی فناوری‌ها را می‌توان از چند بعد مختلف شامل سابقه، پیچیدگی، تناسب، حوزه استفاده بررسی نمود [۱]. در مورد فناوری نانو لازم است ابعاد ماهیت آن در بخش‌های ذیل مورد بررسی قرار گیرد.

##### ۱-۴-۱-۱- سابقه فناوری نانو

هرچند موج‌های علمی و فنی معمولاً با یک فاصله زمانی چند ده ساله به ایران می‌رسد، اما فناوری نانو در ایران، مسیری غیر از دیگر فناوری‌ها را در پیش گرفته است. در این رابطه تأخیر زیادی برای درک موضوع و پرداختن به این فناوری نوین در ایران وجود نداشته است و از سال ۱۳۸۰ مطالعات مربوط به توسعه این فناوری آغاز شده است. در سال ۱۳۸۲ ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به ریاست معاون رئیس‌جمهور و عضویت وزارت‌خانه‌های امور اقتصاد و دارایی، بهداشت درمان و آموزش پزشکی،

جهاد کشاورزی، صنایع و معادن، علوم تحقیقات و فناوری، رئیس سازمان وقت مدیریت و برنامه ریزی کشور، رئیس دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و تعدادی از مدیران و محققان تشکیل شد در سال ۱۳۸۳ کار تدوین برنامه ده ساله توسعه فناوری نانو و اجرای برنامه های کوتاه مدت در چهار حوزه ترویج، توسعه منابع انسانی، زیرساخت آزمایشگاهی و طرح های کوتاه مدت آغاز شده است. از نظر سابقه انجام پروژه‌های نانو در صنعت برق در پژوهشگاه نیرو می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- کاربردهای نانوفناوری در صنعت برق (شاخه شیمی و مواد)، ۱۳۸۲
- سنتز نانوپودر اکسید روی و افزودنی‌ها در ساخت برق‌گیرهای ZnO، ۱۳۸۵
- برنامه ریزی راهبردی تحقیقات برق منطقه ای گیلان (بخش نانوفناوری)، ۱۳۸۷
- شناسایی و رده‌بندی تجهیزات قابل جایگزینی با استفاده از نانوفناوری در تولید، انتقال و مصرف برق، ۱۳۸۹
- تعیین فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق و انرژی در حوزه شیمی و مواد (بخش نانوفناوری)، ۱۳۸۹
- تهیه طرح تجهیز آزمایشگاه نانوفناوری، ۱۳۹۰
- طراحی و ساخت نمونه سلول خورشیدی نانو ساختار لایه نازک، ۱۳۹۱

#### ۱-۴-۱-۲- پیچیدگی فناوری نانو

از حیث طبقه‌بندی فناوری از نظر پیچیدگی به طور کلی فناوری ها به دو نوع ساده و پیشرفته تقسیم‌بندی می‌شوند که نانوفناوری جزو فناوریهای پیشرفته قلمداد می‌شود. از اینرو بر خلاف فناوری‌های ساده، سهم دانش علمی در این فناوری از سهم دانش فنی و تجربه در نانو فناوری بیشتر است. هم‌چنین از طول عمر کوتاهتری نیز نسبت به فناوری‌های ساده برخوردار می‌باشند و در کسب موقعیت برتر رقابتی نقش بسزایی را دارا می‌باشند. از اینرو تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. همین مساله باعث ایجاد ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری‌های جدید خواهد شد. با توجه به تعریف فناوری که عامل تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها است، در یک برداشت ساده می‌توان گفت قیمت تمام شده یک کالا از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در مورد محصولاتی که با فناوریهای پیشرفته تولید می‌شوند، نسبت ورودی‌ها به هزینه‌های تبدیل از قدرالسهم کمتری برخوردار می‌باشد. زیرا سهم و ارزش مواد به‌کار رفته کاهش یافته و قیمت محصول ناشی از فناوری بکار رفته در آن می‌باشد. محصولاتی که با استفاده از فناوری نانو تولید می‌شوند اغلب دارای قیمت



بالایی می باشند که این قیمت بالا به علت گران بودن این فناوری است. از طرفی فناوری‌های پیشرفته به دلیل بین رشته‌ای بودن، پیچیدگی سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده طلب می‌کنند. در کاربرد فناوری نانو به خاطر ماهیتی که دارد و تغییر در کیفیت مواد و بهبود ویژگی‌های آنها می‌دهد، علوم مختلفی از جمله شیمی، فیزیک، برق و... را با هم به کار می‌گیرد و از این حیث نیز چند بعدی است. از طرفی با توجه به حجم تولید پایین فعلی محصولات نانویی هزینه‌ای که برای هر واحد از محصولات برای تحقیق و توسعه خرج می‌شود بسیار بالاست و این ویژگی از پیچیده بودن را نیز دارا می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت نانوفناوری جزو فناوری‌های پیچیده محسوب شده و قابلیت تحول در کلیه حوزه‌های صنعت از جمله برق را داشته باشد.

### ۱-۴-۱-۳- تناسب فناوری

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. به عنوان مثال استفاده کارا و مؤثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی مورد نیاز از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه این است که همواره می‌خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای پیشرفته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری‌های پیچیده و پیشرفته انجام می‌دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام انتقال در کشور گیرنده وجود ندارد. این در حالی است که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می‌تواند به طور مؤثری آنها را در رسیدن به اهدافشان کمک نماید. با توجه به مباحث اشاره شده فناوری نانو پاسخگوی نیازهای موجود در زمینه استفاده کارا تر از انرژی خورشیدی و کاهش آلاینده‌های محیطی می‌باشد. از طرفی سبب کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی با افزایش تولید انرژی‌های پاک می‌گردد. از طرف دیگر کشور برای دستیابی به دو درصد از بازار جهانی نانو نیاز به افزایش تولید از طریق به کارگیری نانو دارد. افزایش تولید برق و صادرات حاصله از آن در دستیابی به این مهم کمک می‌کند. از لحاظ حوزه استفاده بخش‌های مختلفی در صنعت برق وجود دارد که با به کارگیری نانو در آن می‌توان راندمان آن را بهبود بخشید. توسعه فناوری بدون ایجاد زیرساخت‌های لازم ممکن نیست و این مسأله در مورد فناوری نانو که نیازمند زیرساخت‌های ویژه است دارای اهمیت بسزایی است. در این راستا زیرساخت‌های لازم برای توسعه صنعت برق در حوزه نانوفناوری را می‌توان چنین برشمرد:

– ایجاد شبکه و توسعه توانمندی آزمایشگاهی نانو

از جمله مهم‌ترین زیرساخت‌های توسعه فناوری صنعت برق در زمینه نانو، توسعه توانمندی آزمایشگاهی است. آگاهی از استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی مناسب و استفاده بهینه از تجهیزات موجود می‌تواند راهکار مناسبی برای توسعه فناوری در این حوزه به‌شمار آید.

با توجه به انجام تحقیقات گسترده در زمینه نانو نیاز به تجهیزات خاصی برای سنتز مواد، ساخت قطعات و بررسی خواص می‌باشد که بتوان ارزیابی مناسبی را از عملکرد قطعات و تجهیزات ساخته شده مبتنی بر نانو را انجام داد. با توجه به وجود آزمایشگاه‌های مجهز در کشور در حوزه نانو و روند رو به رشد و توسعه دانش فنی استفاده از تجهیزات بر پایه نانوفناوری در صنعت برق لازم است با تشکیل شبکه‌ای در این راستا، ضمن توسعه خدمات تخصصی و ایجاد تعامل بهتر بین آزمایشگاه‌های همکار بتوان با تهیه دستگاه‌های جدید در راستای توسعه توانمندی آزمایشگاهی، در ارائه خدمات به متضایان حوزه نانو گام برداشت.

#### - تدوین استانداردهای ایمنی و کنترل کیفی

با توجه به اینکه یکی از برنامه‌های سند راهبرد آینده مربوط به استاندارد و ایمنی است و از سوی دیگر بدون کسب استانداردهای ایمنی و کیفی، تولید انبوه، تجاری‌سازی و ورود به بازارهای جهانی امکان‌پذیر نیست، از جمله زیرساخت‌های لازم برای توسعه فناوری برق در حوزه نانو تدوین استانداردهای ایمنی و کنترل کیفی از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به این مساله لازم است تشکیل کمیته‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف برای تدوین استانداردهای مورد نیاز برای هر کاربرد صورت گیرد.

#### - سازماندهی سرمایه‌گذاری دولتی

به منظور تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و توسعه و ارتقای فعالیت‌های مربوطه در هر حوزه کاربردی از نانو در صنعت برق، تأمین منابع مالی و سرمایه‌گذاری و حمایت دولتی می‌تواند نانو را به عنوان یکی از فناوری‌های توانمند و نوظهور برای اینکه تمام حوزه‌های صنعت برق را تحت تأثیر قرار دهد، مطرح نماید. از اینرو توسعه کسب و کارهای فناوری نانو و پشتیبانی از تجاری سازی محصولات به صورت مؤثرتری می‌تواند به نتیجه برسد و در نهایت منجر به ایجاد و راهبری مناسبی در این حوزه گردد.

#### - ثبت مالکیت فکری و معنوی

توسعه نظام مالکیت فکری یکی از زیرساخت‌های نظام ملی نوآوری و ارتقای توان داخلی است که هماهنگی و همسویی آن با سیاست‌های ملی، نوآوری، نقش بسزایی در تشویق نوآوری و در نتیجه رشد اقتصادی و صنعتی ایفاء می‌نماید. با توجه به اینکه

طی سال‌های اخیر، رشد دانش، فناوری و صنعت در داخل کشور نرخ فزاینده‌ای را کسب کرده است، لذا توجه به دارایی‌های فکری با هدف کسب محوریت ثبت اختراع در مقیاس ملی و فراملی از جمله مواردی است که به عنوان زیرساخت برای توسعه فناوری نانو از اهمیت زیادی برخوردار است.

– ایجاد شبکه اطلاع‌رسانی

از جمله مواردی که می‌تواند برای ایجاد زیرساخت لازم برای توسعه در صنعت برق در حوزه فناوری نانو مطرح باشد، ایجاد شبکه اطلاع‌رسانی برای تعامل بهتر سازمان‌ها و شرکت‌ها به منظور پرهیز از انجام کارهای موازی، شناسایی محصولات جدید، آگاهی از روندهای فنی و تجاری فناوری، شناسایی زمینه‌های مطمئن برای سرمایه‌گذاری، تشکیل کارگروه‌های تخصصی و ... می‌باشد که بتوان با توسعه متوازن، جامع و هماهنگ زیرساختی مناسب را برای پیشبرد اهداف نانو فناوری متصور شد.

#### ۱-۴-۱-۴- کاربرد فناوری

از لحاظ حوزه کاربرد فناوریها به دو دسته ی فناوریهای محصول و فناوریهای فرآیند تقسیم می شوند. فناوری های محصول عبارتند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا یا خدمت بکار گرفته می شود و فناوری های فرآیند، فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا خدمت بکار برده می شوند. در صنایع مختلف از جمله صنعت برق و انرژی از فناوری نانو می‌توان هم در محصول و هم در فرآیند تولید و ساخت محصول استفاده کرد. فناوری نانو بسیاری از صنایع را تغییر داده و نانو مواد نیز به عنوان برگ برنده شرکت‌های فعال در زمینه مواد خاص و سایر محصولاتی که به نانو مواد نیازمند هستند، مطرح است. بکارگیری نانوفناوری در شاخهٔ مواد، به عنوان یک فناوری بنیادین مطرح است که در زمینه های مختلف از قبیل تولید تجهیزات مختلف و بهبود خواص مواد قابلیت بسیاری در ایجاد یک تحول بزرگ دارد. استفاده از نانو مواد در ساخت تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق و انرژی کاربردهای زیادی را به خود اختصاص داده است. تقسیم بندی نانومواد در دو دسته نانو ذرات و نانو لایه‌ها صورت می‌گیرد که انتخاب روش تولید هر یک بستگی به نوع ماده و کاربرد آن دارد. علاوه بر این استفاده از این فناوری در فرآیند تولید محصول در قالب ساخت نانومواد و پودرهای مورد استفاده و یا پوشش دهی موارد متعددی از کاربرد را به خود اختصاص داده است.

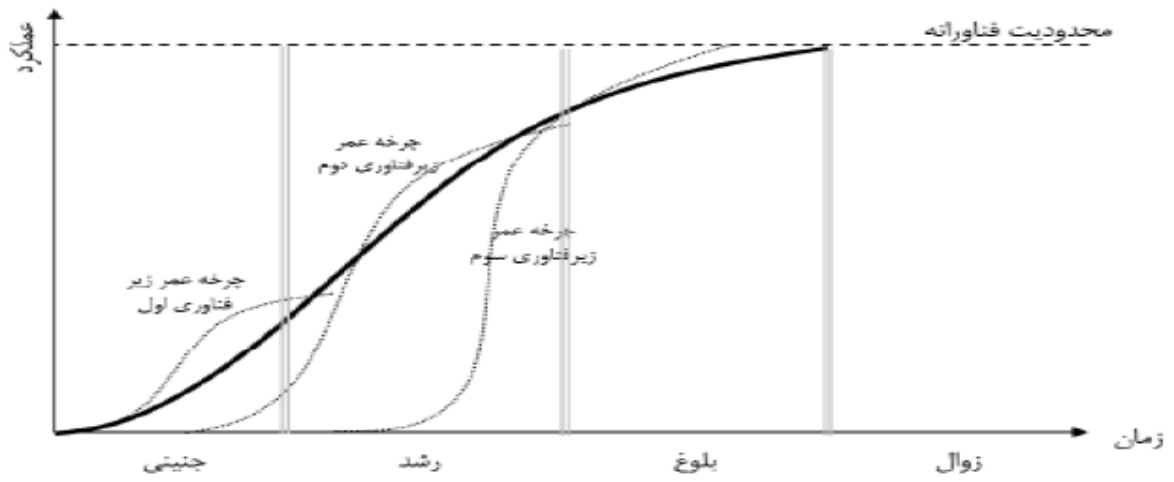
### ۱-۴-۲- چرخه عمر

فناوری نانو در دسته فناوری‌های جدید قرار می‌گیرد که برای اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط ریچارد فاینمن متخصص کوانتوم با ایده فناوری مهندسی مولکولی مطرح شد. پس از او ماروین مینسکی به عنوان پدر علم هوش مصنوعی در دهه ۱۹۷۰ اندیشه‌های فانمن را قوت بخشید و اریک درکسلر در دهه ۱۹۸۰ نانو فناوری مولکولی (MNT) را به عنوان علم مرتب کردن اتمها برای تشکیل ساختارهای مولکولی جدید و ایجاد مواد نو مطرح نمود. پس از آن در دو دهه اخیر نانوفناوری به عنوان انقلابی در فناوری‌های نوین مطرح شد.

به طور کلی 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 بیان کننده چرخه عمر فناوری است. در مورد فناوری‌هایی که بازار جهانی آنها در مرحله رشد قرار دارد، اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های مبتنی بر توسعه در اولویت قرار می‌گیرد. بنابراین نقش دولت در هدف‌گذاری و اقدامات تحقیقاتی- توسعه‌ای پر رنگ‌تر خواهد بود. از آنجاییکه چرخه عمر فناوری، نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد، محل قرارگیری آن در چرخه عمر متأثر از منحنی‌های چرخه عمر فناوری‌های وابسته به آن می‌باشد. در شکل (۱-۱) ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها ارایه شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، این منحنی دارای ۴ مرحله جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. با توجه به اهمیت موضوع و مطالب ارایه شده و کاربردهای گسترده نانوفناوری و اینکه محصولات مرتبط در هر حوزه می‌توانند تحول آفرین باشند، به طور دقیق نمی‌توان اذعان داشت که این فناوری در چه مرحله‌ای از عمر خود قرار دارد. با توجه به اینکه این فناوری در مرحله رشد سریعی قرار گرفته ممکن است هر کاربرد و فناوری زیرمجموعه چرخه عمر متفاوتی داشته باشد که در بخش کاربردها و تدوین برنامه اقدامات در گزارش‌های بعدی به تفصیل مورد بررسی و تحلیل قرار خواهند گرفت. با این وجود به نظر می‌رسد در حال حاضر نانوفناوری در جهان در ابتدای مرحله بلوغ و در ایران در حوزه صنعت برق و انرژی در مرحله جنینی خود قرار داشته باشد. دلیل آن را می‌توان نتیجه دستاوردهای این فناوری در صنعت برق دانست که در حال حاضر این فناوری به سبب بهبود کیفی ابزارها، مصرف کمتر مواد اولیه مصرف کمتر انرژی، کاهش تولید مواد زائد و افزایش سرعت تولید در کشورهای پیشرفته به عنوان مهمترین روش تولید و ساخت این ابزارها، مطرح است. تحقیقات و پژوهش در این زمینه که نانوفناوری در چه مرحله‌ای از عمر خود قرار دارد، نشان داده است که محصولات بر پایه این فناوری در صنعت برق هنوز به صورت تجاری معرفی نشده‌اند و محصولاتی که در حال

حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حاصل کارهای پژوهشی با رویکرد عملکرد موفق و بهره‌مندی از پتانسیل‌های بالقوه این فناوری در راستای بهبود برق‌رسانی با هدف افزایش راندمان، کاهش تلفات و اثرات زیست محیطی مخرب حاصل انرژی‌های فسیلی می‌باشد. بنابراین در کشور ما بهره‌مندی از نانوفناوری در مراحل اولیه پیش از رشد خود در سطح جهانی یعنی در مرحله جنینی قرار می‌گیرد. این در حالی است که فناوری‌های دولت‌ها و صنایع مختلف در دنیا هم اکنون میلیاردها دلار، یورو، ین، روبل و... را سرمایه‌گذاری می‌کنند تا بدین طریق خود را در جایگاه پیشروان صنعت نوظهور نانو قرار دهند. براین اساس هر کشور چشم انداز و راهبردی دارد. نانوفناوری در حال حاضر یک پدیده جهانی شناخته شده است که درحال حاضر طیف وسیعی از شرکت‌ها در حدود ۹۰۰ شرکت، برای تولید محصولات خاص بر مبنای این فناوری تاسیس شده‌اند. سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگی مانند موتورولا، هیتاچی، میتوبیسی، GE، IBM، و زیمنس در راستای تحقیقات در زمینه نانو تلاش دارند تا جایگاه مطمئنی را برای آینده اقتصاد خود در بازار عظیم یک هزار میلیارد دلاری تخمین زده شده جهانی جهت محصولات نانو فناوری طی سال ۲۰۱۵ تعیین نمایند. در سال ۲۰۰۹ دولت‌های کشورهای مختلف دنیا به تنهایی نزدیک به ۱۰ میلیارد دلار در زمینه تحقیق و توسعه فناوری نانو سرمایه‌گذاری کرده‌اند. با این وجود تحقیقات نشان می‌دهد که نرخ رشد سرمایه‌گذاری جهانی دولت‌ها در این حوزه درحال کاهش است. بطوریکه نرخ رشد آن بین سالهای ۲۰۰۸-۲۰۱۲ حدود ۹/۳٪ بوده است. از سال ۲۰۱۲ نرخ رشد سرمایه‌گذاری مجدداً افزایش یافته و تا پایان سال ۲۰۱۵ به ۱۶/۷٪ افزایش خواهد یافت. همچنین پیش‌بینی‌ها حاکی از این است که تا سال ۲۰۵۰ دنیا از بیشترین پتانسیل در تکامل فناوری برخوردار می‌شود. گسترش انرژی الکتریکی به خاطر عرضه ژنراتورهایی که با افزایش تقاضای انرژی فعال می‌شوند، از مدل‌های فعلی که تنها روی یک منطقه متمرکز شده‌اند، فراتر خواهد رفت. سوخت‌های زیستی می‌توانند از طریق ایجاد گیاهان اصلاح ژنتیکی شده‌ای که می‌توانند انرژی زیادی تولید کنند، بدست بیایند. نانو مواد که بر پایه فناوری‌های نانو شکل گرفته‌اند، عملکرد خود را تغییر می‌دهند و از غیرفعال به فعال بودن تبدیل می‌شوند و در بسیاری از دستگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند. بنابراین با رشد سرمایه‌گذاری در حوزه فناوری نانو، دولت‌ها در تلاشند تا در تحقیقات کاربردی نانوفناوری سرمایه‌گذاری کرده و از این طریق چالش‌های پیش روی خود از قبیل انرژی، آب و... را حل کنند [۱۱۰].



شکل (۱-۱): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها [۱]

## فهرست مطالب

۱-۲-۱-مقدمه.....	۱
۲-۲-۲-شناسایی حوزه‌های فناوریانه نانو.....	۱
۲-۲-۱-تولید انرژی.....	۴
۲-۱-۲-۱-نیروگاه گازی.....	۴
- پره توربین.....	۴
- پوشش‌های سد حرارتی نانو ساختار.....	۵
- نانو پوشش‌های مقاوم به سایش در موتور و دیگر قطعات متحرک نیروگاه.....	۸
- کاربرد مواد مغناطیسی نانو ساختار در ژنراتور نیروگاه و الکتروموتورها و دیگر قطعات الکتریکی.....	۹
- افزایش راندمان سوخت کوره‌ها با استفاده از نانو افزودنی‌هایی از قبیل اکسید سریم.....	۱۶
- عایق‌های حرارتی نانو برای محفظه‌های احتراق.....	۱۷
۲-۱-۲-۲-نیروگاه بخار.....	۱۸
- پره توربین بخار.....	۱۸
- تولید نانو فیلتراسیون آب ورودی و فاضلاب نیروگاهی.....	۱۸
فناوری‌های مورد استفاده در تصفیه آب عبارتند از:.....	۱۹
-نانو فیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه(سیستم دودکش).....	۲۱
-نانوسنسورها (سیستم پایش).....	۲۸
۲-۱-۲-۳-نیروگاه آبی.....	۲۹
۲-۱-۲-۴-انرژی تجدیدپذیر.....	۳۰
-سلول‌های خورشیدی نانو ساختار.....	۳۰
-پیل سوختی.....	۳۷
۲-۲-۲-شبکه انتقال و توزیع.....	۴۶
۲-۲-۳-حوزه مصرف.....	۶۳

- ۶۷- شیشه های عایق حرارتی با پوشش نانو ساختار (Low-E) [۶۵].....
- ۶۹- تصفیه کننده هوا [۶۵].....
- ۸۰- ۳-۲- آینده پژوهی فناوری نانو.....
- ۸۱- ۱-۳-۲- تصویر آینده انرژی تا سال ۲۰۵۰ [۶۷].....
- ۸۲- ۲-۳-۲- بررسی جزئیات مطالعات مسیر آینده [۶۷و۶۸].....
- ۸۶- ۱-۲-۳-۲- تولید انرژی.....
- ۸۷- ۱-۱-۲-۳-۲- انرژی خورشیدی.....
- ۸۹- ۲-۱-۲-۳-۲- انرژی باد [۶۹].....
- ۹۱- ۲-۲-۳-۲- انتقال انرژی [۶۷و۶۸].....
- ۹۵- ۴-۲-۳-۲- نقش نانوفناوری در شبکه های هوشمند [۷۰].....
- ۹۶- ۳-۳-۲- آینده پژوهی نانو فناوری در حوزه سلول های خورشیدی.....
- ۹۶- ۱-۳-۳-۲- چالش های موجود در فناوری سلول های خورشیدی و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن ها.....
- ۹۷- ۲-۳-۳-۲- پر کاربردترین فناوری ها در سلول های خورشیدی.....
- ۹۹- ۳-۳-۳-۲- پیش بینی آینده فناوری های موجود.....
- ۱۰۳- ۴-۳-۲- آینده پژوهی نانو فناوری در حوزه مولدهای ترموالکتریک.....
- ۱۰۴- ۱-۴-۳-۲- چالش های موجود در فناوری مولدهای ترموالکتریک و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن ها.....
- ۱۰۵- ۲-۴-۳-۲- پر کاربردترین فناوری ها در مولدهای ترموالکتریک.....
- ۱۰۶- ۳-۴-۳-۲- پیش بینی آینده فناوری های موجود.....
- ۱۰۹- ۵-۳-۲- آینده پژوهی نانو فناوری در حوزه ابرخازن ها و باتری های قابل شارژ.....
- ۱۰۹- ۱-۵-۳-۲- چالش های موجود و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن ها.....
- ۱۱۰- ۲-۵-۳-۲- پر کاربردترین فناوری ها در ابرخازن ها و باتری های قابل شارژ.....
- ۱۱۰- ۳-۵-۳-۲- پیش بینی آینده فناوری های موجود.....
- ۱۱۵- ۶-۳-۲- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه پیل های سوختی.....



- ۱۱۵..... ۲-۴-۶-۱- چالش‌های موجود و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن‌ها.....
- ۱۱۸..... ۲-۳-۷- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه عایق کاری حرارتی و الکتریکی.....
- ۱۱۸..... ۲-۳-۷-۱- چالش‌های موجود در فناوری عایق کاری گرمایی و الکتریکی و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن‌ها.....
- ۱۱۹..... ۲-۳-۷-۲- پیش بینی آینده فناوری‌های موجود.....
- ۱۲۲..... ۲-۳-۸- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه تصفیه آب.....
- ۱۲۳..... ۲-۳-۸-۱- چالش‌های موجود و نقش نانوفناوری در حل آن‌ها.....
- ۱۲۳..... ۲-۳-۸-۲- پیش بینی آینده فناوری‌های موجود.....
- ۱۲۵..... نتیجه گیری.....
- ۱۲۷..... فهرست مراجع.....

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۲): شیب حرارتی در ضخامت پوشش سد حرارتی [۴۷] ..... ۷
- شکل (۲-۲): نمونه‌هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها [۵۲] ..... ۱۳
- شکل (۳-۲): فیلتراسیون NF/RO در سیستم VSEP برای تصفیه آب بویلر [۳۸] ..... ۲۴
- شکل (۴-۲): ساختار شماتیک محفظه احتراق کاتالیستی [۴۲] ..... ۲۷
- شکل (۵-۲): روند انتقال بار در سلول‌های خورشیدی بر پایه  $TiO_2$  ..... ۳۴
- شکل (۶-۲): دیگرام شماتیک نحوه عملکرد سلول‌های خورشیدی نانو ساختار  $TiO_2$  [۲۰] ..... ۳۴
- شکل (۷-۲): نحوه انتقال الکترون در ساختار نانولوله‌های کربنی [۲۴] ..... ۳۷
- شکل (۸-۲): نمایی از یک پیل سوختی [۲۶] ..... ۳۹
- شکل (۹-۲): نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل های سوختی SOFC [۲۷] ..... ۴۰
- شکل (۱۰-۲): فولرین  $C_{60}$  [۳۰] ..... ۴۳
- شکل (۱۱-۲): نانولوله تک دیواره [۳۱] ..... ۴۴
- شکل (۱۲-۲): نانو لوله چند دیواره [۳۲] ..... ۴۴
- شکل (۱۳-۲): تصویری از نانوسیم‌ها [۲۷] ..... ۴۹
- شکل (۱۴-۲): فرآیند شارژ و دشارژ یک باتری لیتیومی [۲۸] ..... ۵۱
- شکل (۱۵-۲): الکتروود باتری لیتیومی با چگالی توان و چگالی انرژی بالا [۳۶] ..... ۵۲
- شکل (۱۶-۲): وریستورهای اکسید روی ولتاژ بالا [۵۶] ..... ۵۶
- شکل (۱۷-۲): مدل ریزساختاری وریستورهای اکسید روی و الکتروودها ..... ۵۷
- شکل (۱۸-۲): مقطع برق‌گیر الکتریکی شامل قرص های وریستور اکسید روی و پوشش سرامیکی [۵۷] ..... ۵۸
- شکل (۲۰-۲): قرص برق‌گیر اکسید روی نانو ساختار [۵۸] ..... ۶۰
- شکل (۲۱-۲): ساختار کریستالی YBCO ..... ۶۳
- شکل (۲۲-۲): موارد کاربردی نانسولیت ها [۵۵] ..... ۶۶
- شکل (۲۳-۲): لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار [۶۳] ..... ۶۷

- شکل (۲-۲۴): عملکرد شیشه‌های Low-E [۶۴] ..... ۶۸
- شکل (۲-۲۵): سیستم کنونی تولید و انتقال توان الکتریکی [۶۷] ..... ۸۴
- شکل (۲-۲۶): سیستم تولید و انتقال توان الکتریکی در آینده [۶۷] ..... ۸۵
- شکل (۲-۲۷): تولید برق از منابع تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ [۶۷] ..... ۸۷
- شکل (۲-۲۸): روند رشد سلول‌های خورشیدی تا سال ۲۰۵۰ [۶۷] ..... ۸۸
- شکل (۲-۲۹): میزان تولید و مصرف الکتریسیته خورشیدی در سال ۲۰۵۰ در نقاط مختلف دنیا ..... ۸۹
- شکل (۲-۳۰): تولید برق از انرژی باد تا سال ۲۰۵۰ [۶۹] ..... ۹۰
- شکل (۲-۳۱): تولید الکتریسیته از انرژی باد تا سال ۲۰۵۰ در نقاط مختلف دنیا [۶۹] ..... ۹۰
- شکل (۲-۳۲): ساختار یک شبکه هوشمند [۶۸] ..... ۹۲
- شکل (۲-۳۳): روند استفاده از خودروهای سبک و پاک تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک سوخت مصرفی [۶۸] ..... ۹۴
- شکل (۲-۳۴): میزان کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن تا سال ۲۰۵۰، با پیاده‌سازی طرح‌های خودروی الکتریکی [۶۸] ..... ۹۴
- شکل (۲-۳۵): تحول آفرین‌ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری‌های موجود [۶۶] ..... ۹۶
- شکل (۲-۳۶): بیشترین مواد بکار رفته در دسته سلول‌های خورشیدی [۶۶] ..... ۹۸
- شکل (۲-۳۷): تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه در حوزه سلول‌های خورشیدی [۶۶] ..... ۹۸
- شکل (۲-۳۸): مناسب‌ترین نوع از فناوری نانو در حوزه سلول‌های خورشیدی [۶۶] ..... ۹۹
- شکل (۲-۳۹): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶] ..... ۱۰۳
- شکل (۲-۴۰): تحول آفرین‌ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری‌های موجود [۶۶] ..... ۱۰۵
- شکل (۲-۴۱): پرکاربردترین فناوری‌ها در حوزه مولدهای ترموالکتریک [۶۶] ..... ۱۰۶
- شکل (۲-۴۲): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶] ..... ۱۰۹
- شکل (۲-۴۳): تحول آفرین‌ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری‌های موجود [۶۶] ..... ۱۱۰

شکل (۲-۴۴): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

۱۱۵.....

شکل (۲-۴۵): تحول آفرین‌ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری‌های موجود [۶۶].....

شکل (۲-۴۶): تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه [۶۶].....

شکل (۲-۴۷): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

۱۲۲.....

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): موضوعات کلان اولویت دار نانو ..... ۲
- جدول (۲-۲): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور تولید ..... ۷۱
- جدول (۳-۲): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور انتقال و توزیع ..... ۷۴
- جدول (۴-۲): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور مدیریت مصرف ..... ۷۶
- جدول (۵-۲): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه تولید ..... ۷۷
- جدول (۶-۲): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه انتقال و توزیع ..... ۷۸
- جدول (۷-۲): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه مصرف ..... ۷۹

## ۲-۱- مقدمه

در رابطه با کاربردهای نانوفناوری در صنعت برق و تعیین عناوین کلیدی اولویت‌دار، جستجویی گسترده در منابع مطالعاتی شامل کتب، مجلات، مقالات و پایگاه‌های اینترنتی مختلف اعم از علمی و تجاری صورت گرفت و مستندات مربوطه مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گرفت. در این راستا هم چنین اطلاعات مربوط به نقشه راه نانوفناوری در کمیسیون اروپا در بخش انرژی (NRM)، پروژه‌های وزارت انرژی آمریکا (DOE)، اهداف و فعالیت‌های ستادهای نانوفناوری در آمریکا، روسیه، چین، ژاپن و کشورهای اروپایی، پروژه‌های فعال در زمینه کاربرد نانوفناوری و برق مراکز تحقیقاتی نانو در کشورهای مختلف بویژه توسعه کاربردی نانوفناوری در مرکز تحقیقات برق-الکترونیک (Eprri) جمع‌آوری و مورد مطالعه و الگوبرداری قرار گرفت. در این بخش از گزارش به خلاصه‌ای از مهم‌ترین اطلاعات استخراج شده، اشاره می‌گردد.

## ۲-۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو

حدود یک دهه از عزم کشور برای توسعه و پیشرفت علم و فناوری نانو می‌گذرد و آمار مربوطه نشان از اختصاص دو درصد از بازار جهانی تا افق ۱۴۰۴ می‌دهند. بر این اساس اولویت‌های فناوری در دوره زمانی پیش روی ما در سند بر اساس معیارهای کلی زیر می‌تواند در نظر گرفته شود:

- اولویت‌های کلان علم و فناوری کشور
- نیازها و معضلات و مزیت‌های کشور
- فرصت‌های خوش آتیه در فناوری نانو

لذا ۵ حوزه کاربردی بعنوان اولویت‌های فناوری نانو بر اساس تدوین برنامه سند راهبرد نانو طبق جدول (۲-۱) انتخاب شده اند [۴۳]. پیگیری الزامات توسعه فناوری نانو در کشور نیاز به ایجاد تمرکز در تصمیم‌گیری و ایجاد هماهنگی میان تمامی نهادها و دستگاه‌های فعال در این حوزه دارد. بر اساس تجربیات کسب شده در فرایند برنامه‌ریزی توسعه فناوری نانو در کشور و مقتضیات توسعه آن، بهبود مداوم برنامه راهبردی مورد توجه قرار گرفته است. ارزیابی برنامه‌ها و فعالیت‌های اجرایی و بررسی ساز و کارهای سیاست‌گذاری فناوری و نوآوری محملی را برای این امر فراهم آورده است و در قالب اسناد تکمیلی به روز می‌شود.

## جدول (۱-۲): موضوعات کلان اولویت دار نانو

نمونه‌هایی از فناوری‌های مشترک	نمونه‌هایی از زیر شاخه‌ها	موضوعات کلان اولویت‌دار
- نانو فیلتر - نانو کاتالیست - نانو کامپوزیت - پوشش دهی نانویی (رنگ و...) - نانوذرات - نانوبیو - نانوسنسور	- صرفه جویی انرژی - پیل‌های خورشیدی - تبدیلات سوخت‌های فسیلی - بهبود کیفیت پیل‌های شیمیایی	انرژی
	- داروهای جدید - کیت‌های تشخیصی	سلامت
	- تصفیه آب - نمک‌زدایی	محیط زیست و آب
	- تصفیه پساب - مقابله با خوردگی - استحکام ساختمان و زیر بنا	مواد
		سازه‌ها

ماهیت فرارشته‌ای فناوری نانو به عنوان توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با دقت اتم و مولکول، موجب تعریف کاربردهای بسیاری در عرصه‌های مختلف علمی و صنعتی شده است. نانوفناوری کاربردهای بسیاری در حوزه‌های دارو، غذا، بهداشت، درمان بیماری‌ها، محیط‌زیست، انرژی، الکترونیک، رایانه، اطلاعات، مواد، ساخت، تولید، هوافضا، بیوتکنولوژی، کشاورزی، امنیت ملی و دفاع دارد. این فناوری بر تمام فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد و دیر یا زود باید شاهد محصولات آنها بود. در بخش مواد نیز پروژه‌هایی در حال اجراست که موادی با وزن بسیار کم و خواص مناسب، تولید می‌کنند. این مواد در ساختمان، خودرو، هواپیما و دیگر ملزومات زندگی انسان‌ها کاربرد دارند. بنابراین، نانوفناوری عرصه‌ای وسیع از زندگی انسان‌ها را در برخواهد گرفت و نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. نانوفناوری به لحاظ دفاعی هم فرصت است و هم تهدید، این فناوری کاربردهای زیاد در امور نظامی دارد. بخش دفاعی کشورهای مختلف به تحقیق و توسعه نانوفناوری، گرایش دارند. این کاربردها از لباس‌های محافظ تا پرنده‌های بسیار کوچک، تجهیزات اطلاعاتی و بسیاری موارد دیگر است و هم‌اکنون با حمایت وزارتخانه‌های دفاع کشورهای نظیر: آمریکا، ژاپن و دیگر کشورهای اروپایی به صورت پروژه‌های تحقیقاتی در حال انجام است. این فناوری از این جهت برای کشورها تهدید محسوب می‌شود، اما برای کشورهایی که با استفاده از روند موجود، جایگاهی را در آینده امنیت جهانی برای خود در نظر بگیرند، فرصت خواهد بود. با توجه به تنوع کاربردهای نانوفناوری، در آینده رقابت بین‌المللی کشورها نقش مؤثر دارد.

با توجه به رشد و توسعه پرشتاب فناوری نانو استفاده و بکارگیری این فناوری در صنایع مختلف از جمله برق و انرژی اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. کارشناسان و مدیران عرصه فناوری نانو بر این باورند که استفاده از این فناوری در صنایع مختلف باعث افزایش رقابت‌پذیری آنها شده و اگر صاحبان صنایع به فناوری نانو توجه نکنند به مرور زمان قدرت رقابت خود را از دست می‌دهند.

با توجه به بررسی‌های انجام شده در زمینه شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در این بخش به معرفی مهم‌ترین کاربردهای این فناوری در صنعت برق و انرژی در سه محور تولید، انتقال و مدیریت مصرف پرداخته شده است. بر این اساس جداولی (جداول ۲-۲ الی ۴-۲) تدوین شده‌اند که بتوانند در برگزیده خلاصه‌ای از اطلاعات کاربردی در محور مورد نظر باشد. در واقع در این جداول سعی شده است با شناسایی اجزاء مختلف تجهیزات مورد استفاده در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع و مصرف که نانوفناوری می‌تواند به گونه‌ای مؤثر بر بهبود خواص، ارتقاء عملکرد، افزایش طول عمر، کوچک‌سازی ادوات مورد نظر و یا استفاده از قطعات یا مواد نانو ساختار و همچنین استفاده از افزودنی‌هایی که بتواند موجبات بهبود خواص یا عملکرد تجهیز یا هدفی را در صنعت برق فراهم آورد، اهمیت کاربرد این فناوری و موارد استفاده از آن را مشخص نمود. همچنین برای رفع نیازمندیها و حل مشکلات موجود در صنعت برق در بخش‌های مختلف نیز می‌توان از نانوفناوری بهره گرفت بگونه‌ای که اهداف مورد نظر از نظر دستیابی به صنعتی پایا و توسعه یافته طی سال‌های آینده بتواند به بهترین نحو تأمین شود. از اینرو در جداول ذیل ضمن معرفی اجزاء مورد استفاده در تجهیزات مورد نظر در دو بخش ساخت اعم از قطعه یا سنتز مواد و همچنین بکارگیری نانوفناوری به صورت استفاده به عنوان یک تجهیز یا بهره‌مندی از افزودنی‌های بر پایه نانو یا پوشش‌دهی بر روی محصولات مورد استفاده در صنعت برق، کاربردهای فعلی یا محتمل در آینده برای نانو فناوری تعریف شده است. تهیه این جداول به صورت ماتریسی تعریف شده و می‌تواند با مروری کلی بر کاربردهای نانو در بخش‌های مختلف صنعت برق، راهنمای خوبی برای تهیه و تکمیل درخت فناوری نانو در صنعت برق که در مراحل بعدی طرح مذکور مورد نظر است، محسوب شود. ضمن اینکه می‌تواند به عنوان مبنای مناسبی برای اولویت‌بندی موضوعی در مراحل بعدی که به تدوین پروژه‌های اجرایی اختصاص دارد، مطرح باشد. در تهیه این جدول سعی شده است ضمن انجام مطالعات میدانی، از نظرات خبرگان و متخصصین در هر حوزه اطلاعات مورد نظر به دست آمده و به صورت جمع‌بندی کلی ارایه گردد.

در جدول ذکر شده کاربردها به تفکیک در حوزه تولید، انتقال و توزیع و مصرف بیان شده است. حوزه تولید شامل تجهیزات نیروگاه‌های گازی، بخاری، سیکل ترکیبی، آبی و انرژی‌های تجدیدپذیر است. در زیر توضیح اجمالی جدول پتانسیل استفاده از



فناوری نانو ارائه شده است و در هر بخش کاربردهای این فناوری که مصداق عینی یافته‌اند شرح داده شده‌اند. لازم به توضیح است با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، رنگ‌بندی خانه‌های جداول در سه رنگ زرد، نارنجی و سبز به ترتیب مربوط به مواردی است که مراحل ابتدایی خود را در بخش تحقیقات در سطح جهانی، مراحل میانی و بعضاً انتهای تحقیقات و توسعه و تکمیل شده و به مرحله تجاری رسیده را نشان می‌دهند.

## ۲-۲-۱- تولید انرژی

### ۲-۲-۱-۱- نیروگاه گازی

تجهیزات موجود در این نیروگاه‌ها شامل توربین، کمپرسور، محفظه احتراق، سیستم سوخت و ژنراتور می‌باشد. فناوری نانو پتانسیل استفاده در قسمت‌های مختلف این تجهیزات، در ساخت قطعه، پوشش و به صورت مواد افزودنی را داراست.

#### - پره توربین

قطعات زیادی در نیروگاه تحت تنش‌های بالا است، استفاده از موادی با استحکام بالا می‌تواند هزینه‌های تولید و نگهداری و در نتیجه هزینه‌های تولید انرژی را کاهش دهد. از جمله این قطعات، قطعات متحرک توربین و ژنراتور، محورهای دوران است. در مورد مواد فلزی، فناوری نانو با استفاده از نانو ساختار کردن فلزات حجیم توانسته است مواد فلزی جدید با خواص بهینه‌تر تولید کند. از جمله این موارد استفاده از روش نانو ساختار کردن فلزات به وسیله تغییر شکل پلاستیکی شدید و عملیات حرارتی بعد از آن می‌باشد که منجر به بالا رفتن شدید استحکام می‌شود. از دیگر کاربردها، استفاده از نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی است که جهت نیل به استحکام بالا و یا خواص حرارتی خوب ساخته می‌شود. از جمله این موارد پره توربین است. شرکت *Metallicum* اولین شرکت در دنیا است که روی توسعه و تجاری‌سازی آلیاژها و فولادهای نانو ساختار متمرکز شده است. دیدگاه شرکت این است که کارکردی فوق‌العاده از فلزات نرم و آلیاژی که تحت فرآیند مورد استفاده این شرکت قرار می‌گیرند و به مواد فلزی پلی کریستال نانو ساختاری (با اندازه دانه‌های بسیار ریز) تبدیل می‌شوند را ارائه دهد. شرکت *NanoSteels* در آمریکا نیز شرکت دیگری است که در تولید فولادهای نانو ساختار فعالیت دارد. عمده فعالیت این شرکت، تولید محصولات فلزی با ساختار نانومتری است که قابل استفاده به صورت تجاری باشند. این شرکت ورقه‌های فولادی مختلف با ساختار نانو تهیه می‌کند. همچنین در زمینه پوشش‌های نانو ساختار بر روی این فولادها دیگر محصولات فلزی فعالیت دارد. علاوه بر این، این شرکت موفق به ساخت آلیاژی موسوم به *Super Hard Steel* شده است که تفاوت چشم‌گیری از لحاظ خواص استحکامی و مقاومت

فیزیکی با آلیاژهای مرسوم دارد Nanomat نیز نام مجموعه‌ای آلمانی از انستیتوهای تحقیقاتی است که روی سنتز و تولید سرامیک‌ها و فلزات نانو ساختار فعالیت می‌کند. مؤسسه‌ای که با هم در قالب این نام همکاری دارند کاملاً علمی بوده و از لحاظ فناوری در سطح بالایی قرار دارند. این مسئله با جایزه‌های زیادی (از جمله نوبل) که دریافت کرده‌اند قابل اثبات است ANI و SIIT دو مرکز در زمینه نانو فناوری آلیاژ آلومینیوم جدیدی را با استفاده از نانو تیوب‌های کربنی توسعه داده‌اند که هدایت حرارتی ۴-۵ برابر بیشتر از هدایت حرارتی آلومینیوم بدون CNT دارد SIIT یک سازمان در زمینه نانوفناوری است که توسط دولت ژاپن به طور کامل حمایت می‌شود.

پره توربین در توربین‌های گازی باید از دمای بالا و برخورد مستقیم با گازهای احتراق حفظ شود و با به کارگیری پوشش محافظ، ضمن ایجاد یک سد حرارتی از تسریع خوردگی نیز جلوگیری کرد. باتوسعه فناوری نانو می‌توان از نانو پوشش‌های سد حرارتی در پره توربین گازی استفاده کرد. از جمله این پوشش‌ها که برای مهندسی قدرت و برای کارکرد بهتر توربین‌ها طراحی می‌شود پوشش‌های سد حرارتی یا TBC هستند.

فناوری نانو با ایجاد پوشش‌های سد حرارتی نانومتری می‌تواند بر مشکلات پوشش‌های متداول فائق آید و ضمن ایجاد پوششی مستحکم، پره را از شرایط دمای بسیار بالا و گاز احتراق که به شدت خورنده است، محافظت کند. این پوشش‌ها به دلیل اینکه به صورت لایه نازک هستند، باعث ایجاد تنش‌های پسماند بسیار کمتری در پوشش شده و با مصرف کمتر مواد، هم هزینه‌ها را کاهش می‌دهند و هم استحکام مکانیکی و مقاومت به رشد ترک بالاتری دارند. شرکت آمریکایی GE از نانو پوشش‌های فوق در ساخت پره توربین گازی استفاده کرده است شرکت آمریکایی Inframat اقدام به تولید نانو پوشش‌های متخلخل سرامیکی مقاومت حرارتی IBC کرده است [۶۵].

### – پوشش‌های سد حرارتی نانو ساختار

بازدهی موتورهای توربین‌های گازی با افزایش دمای کاری آنها شدیداً افزایش می‌یابد اما برای افزایش دمای کاری این موتورها اجزای موتور به ویژه قسمت‌های داغ آن باید خصوصیات مکانیکی خود را در دماهای بالا حفظ کنند. برای رسیدن به این هدف، آلیاژهای بسیاری ساخته و استفاده شده اند اما بهترین نوع سوپر آلیاژها، خواص مکانیکی خود را در دماهای ۸۰۰ تا ۸۵۰°C از دست می‌دهد. همچنین اجزای موتور توربین باید در مقابل اکسیداسیون در دماهای بالا و حملات خوردگی داغ مقاوم باشند. بنابراین برای افزایش دمای کاری موتور توربین از پوشش‌های سد حرارتی به منظور ایزوله کردن حرارتی اجزای

داغ، استفاده میشود [۳۸]. از جمله این اجزا می توان به پره های متحرک توربین<sup>۱</sup>، محفظه های احتراق<sup>۲</sup>، پره های ثابت ردیف اول اشاره کرد.

پوششهای TBC از سه بخش عمده تشکیل می شوند [۴۵]

یک لایه سرامیکی که معمولاً از جنس 7wt% YSZ (زیرکونیای پایدار شده با ایتریا) است که به آن پوشش بالایی گفته می شود.

یک لایه پوشش فلزی که بین پوشش سرامیکی بالایی و فلز پایه قرار می گیرد و جنس آن غالباً از آلیاژ Pt-MCrAlY یا Aluminide است و به آن پوشش پیوند گفته می شود.

یک لایه پیوندی آلومینایز شده بین پوشش پیوندی و فلزی پایه (شکل ۲-۱۴)

از آنجاییکه دما در نواحی داغ موتور توربین می تواند به  $2000^{\circ}\text{C}$  نیز برسد، پوششهای سد حرارتی سدی بین گازهای داغ موتور و بخشهای فلزی که در آن دما دچار زوال می شوند ایجاد می کنند. لایه سرامیکی (پوشش بالایی) فلز را ایزوله می کند و باعث می شود که اولاً، با بالاتر رفتن دمای کاری، بازدهی موتور افزایش یابد، دمای اجزای فلزی پایین تر بیاید و در نتیجه زوال، دیرتر صورت بگیرد، احتیاج کمتری به خنک کننده باشد و احتمال زوال حرارتی کم شود، که اینها در مجموع منجر به بهبود کارایی، بازدهی بیشتر و طول عمر بیشتر اجزای موتور توربین می شود. تأثیر حضور لایه های مختلف پوشش سد حرارتی در شکل (۲-۱) به وضوح مشاهده می شود.

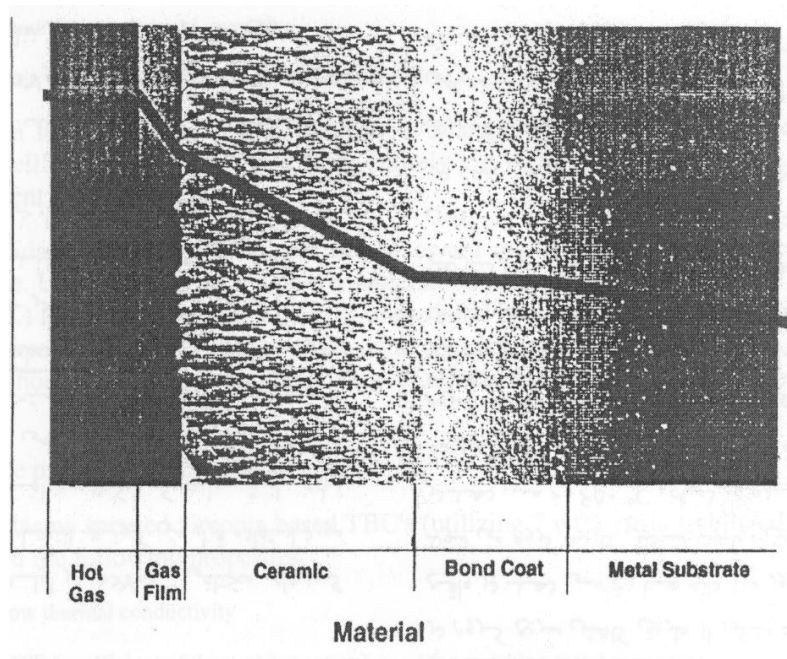
در شکل زیر، نحوه تعدیل دمای جزء پایه فلزی، مشاهده می شود. پوشش سد، از گاز داغ داخل محفظه، تشعشع دریافت می کند که دمایی در حدود  $2000^{\circ}\text{C}$  دارد. اما یک لایه نازک گاز خنک تر ( $1200^{\circ}\text{C}$ ) نزدیک سطح سرامیکی وجود دارد که خودش عامل افت حرارتی است و همانطور که ملاحظه می شود شیب حرارتی ایجاد شده در ضخامت لایه پوشش سرامیکی باعث می شود که دمای فلز پایه به نسبت گاز داغ محفظه، بسیار پایین تر باشد [۴۸].

از مهمترین خواص TBC ها میتوان به هدایت حرارتی کم و افزایش شیب حرارتی بین محفظه و فلز پایه، اشاره کرد. YSZ بکار رفته برای این پوششها تا دمایی حدود  $1150^{\circ}\text{C}$  مقاومت بسیار خوبی در مقابل شوک حرارتی و خستگی حرارتی دارد. این

1- Turbine Blades

2- Combustor Cans

پوشش غالباً به روشهای پاشش پلاسمایی و EB-PVD<sup>۱</sup>، لایه نشانی می‌شوند. همچنین برای کاربردهایی مثل نوک پرها که باید خواص سایشی خوبی نیز داشته باشند، از روش پاشش HVOF<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. لایه پوشش پیوندی، که از جنس  $M\text{CrAlY}$  (  $M = \text{Co, Ni}$  یا  $\text{Co/Ni}$  ) است در پره‌های ردیف اول و دوم توربین و پره‌های ثابت هادی نازل<sup>۳</sup> به عنوان روکش های مقاوم به خوردگی و لایه پیوندی در ساختار TBC به کار می‌روند.



شکل (۱-۲): شیب حرارتی در ضخامت پوشش سد حرارتی [۴۷]

اگر چه طی دو دهه اخیر، TBC ها در موتورهای توربین، به شدت در حال رشد و توسعه‌اند، زوال ناگهانی TBC ها، در سیکل‌های حرارتی، هنوز مشکل مهمی محسوب می‌شود که شدیداً عمر قطعه پوشش داده شده را کم می‌کند. بنا بر عقیده محققین، مهمترین پارامترها در بهبود و کارایی پوشش های TBC عبارتند از:

- افزایش نفوذ پذیری

- افزایش چقرمگی

1 - Electron Beam Physical Vapor Deposition

2 - High Velocity Oxyfuel Spraying

3 - Nozzle Guide Vanes

- افزایش استحکام و سختی

- کاهش هدایت حرارتی

- افزایش ضریب انبساط حرارتی (CTE)

- افزایش مقاومت به اکسیداسیون و خوردگی داغ

که با ریز کردن ابعاد ذرات و کریستالها در پوششهای نانو، دستیابی به شرایط فوق مهیا می شود.

پوششهای پایه زیرکونیا به دلیل هدایت حرارتی کم و ضریب انبساط حرارتی بالا در TBC ها بطور گسترده ای بکار می روند، اما اخیراً موضوع مهم، تحقیق در باب زیرکونیای نانو ساختار و تأثیر آن بر پوششهای حاصل از پاشش حرارتی است. بنا بر گزارشهای مختلف، YSZ نانو ساختار میتواند موجب بهبود کارایی TBC ها شود، چون به شدت هدایت حرارتی را کم می کند و ضریب انبساط حرارتی را بالا می برد.

از میان روشهای ذکر شده، برای لایه نشانی نانو پوششهای بکار رفته در تجهیزات نیروگاهی، بخصوص پوششهای مقاوم به سایش و پوششهای سدحرارتی، بیشتر از روش پاشش پلاسما و EBPVD استفاده می شود.

این دو روش (PVD و پاشش پلاسما)، خود به شکل های گوناگونی انجام میشوند. به عنوان مثال لایه نشانی به روش مگنترون و لایه نشانی فیزیکی در فاز بخار به کمک پرتوهای یونی (EB-PVD)، دو روش از لایه نشانی فاز بخار (PVD) هستند و از میان روشهای مختلف برای پاشش پلاسما نیز می توان به APS<sup>۱</sup>، VPS<sup>۲</sup>، SPPS<sup>۳</sup>، SCP<sup>۴</sup> اشاره کرد [۴۹].

#### - نانو پوشش های مقاوم به سایش در موتور و دیگر قطعات متحرک نیروگاه

مواد و پوشش ها با ساختار نانو به واسطه کاهش اندازه، قابلیت اصلاح خواص فیزیکی و مکانیکی را دارا می باشند. استفاده از مواد با ساختار نانو مزایای مختلفی دارد در فلزات با کاهش اندازه دانه، به سختی و استحکام بالاتری می توان دست یافت در سرامیک ها به علت کاهش مقدار عیوب و افزایش آزادسازی تنش در مرز دانه ها، سختی و تافنس بالاتری به دست می آید همچنین در نتیجه افزایش مرزهای دانه نفوذپذیری و ضریب انبساط حرارتی (CTE) افزایش، هدایت حرارتی و مدول یانگ

1- Air Plasma Spraying

2- Vacuum Plasma Spraying

3- Solution Precursor Plasma Spraying

4- Spray Conversion Processing

کاهش می یابد. در نتیجه این ویژگی ها، مواد نانو ساختار می توانند در پوشش های سد حرارتی کاربرد داشته باشند. پوشش های سد حرارتی به صورت وسیع در توربین های گازی برای عایق کردن قطعات توربین، از گاز داغ استفاده می شود. وقتی یک قطره در توربین بخار به سطح پره برخورد کند فشار بسیار زیاد ناگهانی در مدت زمان کوتاهی تولید می شود. موج فشار باعث تغییر شکل پلاستیک مواد می شود. تکرار این تغییر شکل پلاستیک باعث افزایش تنش داخلی شده و بعد از مدت زمان معینی، تمرکز تنش در بعضی از سطوح افزایش می یابد و از استحکام کشش ماده بالاتر می رود و آن گاه ترک شکل می گیرد. همچنین بخش ها و قطعات زیادی در نیروگاه های فسیلی و آبی و هسته ای یاتاقان ها، محورهای چرخش را نام برد. انتخاب پوشش های مناسب که نیازهای قطعه را جهت کارکرد بهینه برآورده سازند در این قطعات ضروری به نظر می رسد. امروزه دامنه جدیدی از پوشش ها با ساختار نانومتری توسعه یافته است که می توان خواص مهندسی ویژه ای را در لایه های سطحی به وجود آورد که در روش های کلاسیک مقدور نیست. با تغییر ساختار میکروسکوپی پوشش ها و ایجاد نانو ذرات می توان مقاومت سایشی پوشش ها را افزایش داد. از جمله مزایای مواد نانومتری به خصوص به صورت نانو ساختار عبارت از افزایش کیفیت خواص پوشش، افزایش طول عمر سرویس پوشش، سازگاری بیشتر با محیط زیست، مقاومت به سایش، اکسیداسیون و خوردگی به همراه مقاومت خوب به رشد ترک و شوک حرارتی است. شرکت سوئیسی PannonPLATIT در این عرصه فعال است. شرکت آمریکایی Inframaat نیز در این عرصه فعال است [۵و۶].

### – کاربرد مواد مغناطیسی نانو ساختار در ژنراتور نیروگاه و الکتروموتورها و دیگر قطعات الکتریکی

مهم ترین بخش یک ژنراتور نیروگاهی مگنت آن است. همچنین در یک نیروگاه جهت سیلان هوا و آب و روغن و خنک کننده ها الکتروموتورهای زیادی در بخش های مختلف نیروگاه نصب شده است. در هر نیروگاه، تعداد زیادی از پمپ های فراهم کننده آب سرویس در قسمت دستگاه اصلی و قسمتی از سیستم های کمکی، به عنوان مثال دستگاه تصفیه آب، وجود دارند. مگنت های متداول بخشی از انرژی را به صورت نیروی اصطکاکی چرخش حوزه های مغناطیسی هدر داده و به صورت گرما آن را آزاد می کنند. در سال های اخیر پدیده های جدیدی در نانو ساختارهای مغناطیسی کشف شده است که سریعاً نیز به کاربردهای تکنولوژیکی رسیده است. کاربردهای متنوع این نوع مواد بسیار گسترده است. فناوری نانو توانسته است با تولید نانومگنت های تحول شگرفی در جهت کاهش یا حذف اتلاف انرژی در این ماشین ها ایجاد کند. از این رو با استفاده از نانومگنت ها در ژنراتور و الکتروموتورها می توان ضمن ایجاد نیروی الکتریکی بیشتر، هزینه تولید برق را کاهش داد و از اتلاف

آن کاست. شرکت MAGNETEC GmbH در سال ۱۹۸۴ در آلمان آغاز به کار کرده است و هم اکنون پیشرو در توسعه و تولید هسته‌های مغناطیسی ساخته شده از آلیاژهای مغناطیسی نرم است. از جمله فعالیت‌های این شرکت، تولید محصولاتی با استفاده از آلیاژهای نانو کریستالی است. به عنوان مثال مغناطیس با نام تجاری MAGNEPERM و NANOPERM محصول این شرکت هستند NANOPERM آلیاژ پایه آهنی است که سریع سرد شده است و ریزساختاری بسیار ریز با دانه‌هایی در حد ۱۰ نانومتر دارد. این ریزساختار باعث بروز خواص مغناطیسی نرم فوق‌العاده‌ای می‌شود که با فرایندهای آتیل و اعمال میدان مغناطیسی خارجی در محدوده وسیعی قابل تغییر و کنترل است.

VACUUMSCHMELZE GmbH & CO یک شرکت آلمانی پیشرو در تولید مواد پیشرفته مغناطیسی در جهان است. این شرکت کار خود را در سال ۱۹۱۴ با تولید آلیاژهای مهندسی با ذوب تحت خلاء آغاز کرده است و با ادامه کار خود امروزه محصولات مغناطیسی متنوعی را از جمله نانومگنت‌ها جهت مصارف جهانی تولید می‌کند. Finemet Business Development Office بخشی از شرکت ژاپنی Hitachi Metals است که کار تجارت مگنت‌های نرم را در این شرکت به عهده دارد. تمرکز شرکت هیتاچی متالز روی مگنت‌های نرم باعث توسعه این بخش از شرکت از نظر تجاری شده است. این بخش از شرکت وظیفه تولید قطعات الکترونیکی قدرت، محصولات کاهش نویز و غیره را با استفاده از مواد مغناطیسی نرم نانو کریستالی Finemet به عهده دارد. Finemet اولین ماده مغناطیسی نرم نانو کریستالی در جهان است که توسط شرکت هیتاچی متالز توسعه داده شده است. این ماده توسط سرد کردن سریع آلیاژی متشکل از آهن، سیلیسیم و بور به همراه مقادیر کم مس و نئیبیم به دست می‌آید. با به کارگیری عملیات حرارتی در دماهای بالاتر از دمای تبلور مجدد این آلیاژ، نانو کریستال‌هایی در حد ۱۰ نانومتر تشکیل می‌دهد [۷-۵].

در طول چند سال گذشته، افزایش تمایل به مطالعه در زمینه مواد نانو ساختار و پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های ساخت و تغییر خواص باعث شده است که در زمینه کاربردهای مغناطیسی نیز، روش‌های ساخت و تغییر خواص به کمک نانو فناوری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شوند که به کمک این مطالعات و پیشرفتهای کاربردهای این مواد و راندمان آنها، افزایش چشمگیری یافته است.

خواص بهینه مغناطیس‌های نانو ساختار عبارتند از:

- استحکام مکانیکی بالا

- نفوذپذیری و مغناطش بالا

- اتلاف هسته بسیار کم
  - عدم تغییر خواص در اثر اعمال عملیات مکانیکی، ارتعاشات و ...
  - اتلاف انرژی بسیار کم در فرکانسهای بالا
  - تغییر شکل کمتر مغناطیسی
  - پایداری دمایی بسیار عالی و اثر Aging کم
  - خواص فرکانسی بسیار خوب
  - کنترل حلقه هیستریزیس B-H در حین آنیل کردن
  - محدوده نفوذپذیری متفاوت
  - کاهش بسیار هموار نفوذپذیری با افزایش فرکانس
  - دمای کارکرد بالاتر
  - تغییر دمایی کم نفوذپذیری و مغناطش اشباع و تغییر ابعادی در اثر مغناطیس
- یکی از کاربردهای عمده مواد مغناطیسی، استفاده از آنها در هسته ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی می‌باشد. در این راستا فریت‌های مغناطیسی مختلفی از جمله نانوپودرهای Fe-Si-B به همراه ذرات ریز Nb و Cu، Fe-Zr-B، Fe-Co-B معرفی شده‌اند که در مقایسه با بهترین آلیاژهای آمورف رفتار بسیار بهتری را در فرکانسهای بالا با حداقل تلفات نشان می‌دهند و برای استفاده در ترانسفورماتورها بسیار جالب توجه هستند.
- بهبود خواص مغناطیسی، کاهش تلفات با قابلیت کوچک شدن ترانسفورماتور از جمله مهم‌ترین مزایای استفاده از نانوپودرهای مربوطه می‌باشد [۴۹].
- اولین دسته این مواد آلیاژهای Fe-Si-B دارای ذرات ریز Nb و Cu هستند. در این آلیاژ با سریع سرد کردن یک فاز آمورف ایجاد می‌شود که به محلول Fe-Si با ساختار کریستالی bcc دانه‌هایی به ابعاد ۱۰ nm استحاله می‌شود این اتفاق، حین عملیات حرارتی در دماهایی بالا تر از دمای کریستاله شدن، واقع می‌شود حضور ذرات کم Cu سرعت هسته گذاری فاز bcc را تسریع می‌کند و Nb، رشد دانه را به تعویق می‌اندازد.



در ساختار آمورف نظم ذرات ماده به نوعی به هم می‌ریزد و در نتیجه آن پدیده‌های خاصی در ماده رخ می‌دهد. به‌طور مثال ماده نرم‌مغناطیس‌تر می‌شود، هدایت الکتریکی آن هم بیشتر شده و تلفات فوکو کاهش می‌یابد. استفاده از ورقه‌های آمورف در ترانسفورماتورها منجر به کاهش تلفات قابل توجهی می‌گردد.

علی‌رغم خواص بسیار خوب مواد نانو ساختار، به نسبت آلیاژهای آمورف پایه آهن، حد اشباع کمتری دارند چون میزان Fe برای آمورف شدن کمتر است و ذرات Cu و Nb نیز حضور دارند.

برای غلبه بر این مشکل از ماده نانو کریستال دیگری یعنی Fe-Zr-B استفاده می‌شود مقدار Fe این آلیاژ به نسبت آلیاژ قبلی بیشتر است ( ۸۳-۸۹% atm در مقایسه با ۷۴% atm ) و مقدار اندوکسیون اشباع مغناطیسی بیشتری دارند (  $1/6 - 1/7T$  ) ~ [۵۰].

برخی از محققین نیز موفق به ساخت نانو پودرهای پایه Fe (Co)-B با ابعاد ۷-۲۰ nm شدند و نشان دادند که ناهمسانگردی آنها تا دو برابر بیشتر از نمونه‌های حجیم است.

البته لازم بذکر است پسماند زدایی<sup>۱</sup> (HC) در مواد فرومغناطیس نرم شدیداً به ابعاد دانه (d) بستگی دارد.

<sup>۱</sup> Coereivity

حد بحرانی اندازه ( $d_c$ ) حدود  $40 \text{ nm}$  است که نزدیک به ضخامت دیواره حوزه مغناطیسی است. برای  $d > d_c$ ،  $H_c$  با کاهش ابعاد دانه، افزایش می یابد که مربوط به افزایش ناهمسانگردی مغناطو کریستال است. در مقادیر کمتر از  $d_c$ ،  $H_c$  خیلی سریع با کاهش ابعاد دانه، کاهش می یابد. در این محدوده به پیشنهاد Hertz،  $H_c$  با توان ششم ابعاد دانه ( $H_c \approx d^6$ )، متناسب است [۴۴]. این کاهش تا رسیدن  $H_c$  به  $1 \text{ A/m}$  ادامه می یابد. ریز کردن بیشتر دانه ( $d < d_c$ ) باعث حذف اثر ناهمسانگردی مغناطو کریستال می شود. در این ابعاد دانه، میانگین اثر مغناطش روی دانه هایی با جهات کریستالی تصادفی باعث کاهش  $H_c$  می شود. چنین رفتار مغناطیسی شبیه وابستگی رفتار مکانیکی به ابعاد دانه است. در واقع اندازه دانه اثر مشابهی روی حرکت دیواره های حوزه مغناطیسی و نابجایی ها به ترتیب، تحت میدانهای مغناطیسی و تنش دارد.

در شکل (۲-۲) نمونه هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها ارایه شده است.



شکل (۲-۲): نمونه هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها [۵۲]

#### – مولد های ترموالکتریک [۲۱]

ترموالکتریسته در واقع عبارتست از: تبدیل گرما به الکتریسته یا بالعکس. دو معیاری که لازم است در مواد ترموالکتریک مدنظر قرار گیرند عبارتند از: هدایت حرارتی و الکتریکی و کارآمدترین مواد برای این منظور موادی هستند که هدایت الکتریکی بالا و هدایت حرارتی پائین داشته باشند. این به معنای وجود گرادیان دمایی می باشد.

پدیده ترموالکتریسته با کمیت بدون بعد  $ZT$  نشان داده می شود که در آن  $T$ ، دمای کار و  $Z$  متناسب با مربع ضریب سیبک ( $S$ )، هدایت الکتریکی ( $\delta$ ) و معکوس هدایت حرارتی ( $K$ ) می باشد.

به عبارت دیگر، یک ماده ترموالکتریک خوب باید دارای ضریب سیبک بالایی باشد تا بتواند ولتاژ لازم را تولید نماید و هم چنین هدایت الکتریکی بالایی داشته باشد تا اتلاف حرارتی برگشت ناپذیر (گرمای ژول) را کاهش دهد و هدایت حرارتی (K) پایین داشته باشد تا اتلاف حرارتی در محل اتصالات ترموکوپل را کاهش دهد. در حال حاضر بهترین مواد مناسب این کار دارای ZT تقریباً یک هستند که باعث محدودیت کاربرد آنها می شود.

یک ابزار ترموالکتریسیته پایه از تعدادی ترموکوپل تشکیل شده که بین ۲ صفحه سرامیکی رسانای گرما ولی عایق از لحاظ الکتریکی ساندویچ شده است. این ترموکوپل ها شامل ۲ نیمه هادی هستند که بطور موازی در یک نقطه و بطور سری در نقطه دیگر به هم متصل شده اند. مهم ترین مانع گسترش استفاده از ابزارهای ترموالکتریسیته، بازدهی پایین آنها است که محققین با توسعه لایه های نانو ساختار BiTe (تلورید آنتیمون) به بازدهی دو برابر بیشتر از مواد ترموالکتریک قبلی دست یافته اند. به همین علت نام این مواد را ابر شبکه ها نامیده اند. انواع مختلف مواد نانو ساختار در ترموالکتریک ها که عمدتاً در راستای کاهش هدایت حرارتی است، عبارتند از :

- مواد نانو کریستالی (مانند BiTe ، SbTe)
- چاه های کوانتومی ( شامل لایه های فوق العاده نازک از مواد نیمه هادی )
- ابر شبکه ها (ساختاری متشکل از چندین لایه متناوب از فیلم های بسیار نازک به ضخامت چند نانومتر از مواد مختلف )
- نانوسیم ها و نانو ذرات

#### مواد نانو کریستالی

این مواد شبکه های کاملاً تعریف شده ای با دانه های بسیار کوچک دارند که می تواند به کاهش الکتریکی حرارتی کمک کند آنها معمولاً به صورت فیلم های نازک به ضخامت تا ۱ میکرون، رسوب داده می شوند. نمونه هایی از این مواد عبارتند از تلورید بیسموت (SbTe) و تلورید آنتیمون (BiTe).

#### چاه های کوانتومی

این مواد به صورت لایه های فوق العاده از مواد نیمه رسانای دارای شکاف باند که بین مواد دیگر با شکاف باند بزرگ تر ساندویچ شده اند تشکیل شده است. این ساختارها بار الکتریکی را به طور مؤثری به دو بعد محدود می کنند.

#### ابرنشکه ها

این ساختارها از چندین لایه متناوب از فیلم های بسیار نازک به پهنای چند نانومتر از مواد مختلف تشکیل شده اند. این مواد بدون آنکه الکتریکی الکتریکی را تحت تاثیر قرار دهند باعث کاهش الکتریکی حرارتی می شوند. محققان موسسه تحقیقاتی تریانگل آمریکا پیشگام تعیین و توسعه این مواد بوده اند

### نانو سیمها و نانوذرات

نانو سیمها و نانو ذرات به ترتیب دارای ۲ یا ۳ بعد نانو مقیاس هستند و به همین دلیل این ساختارها می توانند مقادیر افزایش یافته ای از ZT را در لایه ها ایجاد کرده و علاوه بر این کاربردهای بالقوه ای هم در میکرو کولرها و میکرو زراتورها داشته باشند.

از نظر متخصصان اعتبار علمی و آثار علمی منتشره در صدر معیارهای تصمیم گیری برای راه اندازی فعالیتهای تحقیق و توسعه باشد. در عین حال با فرض ناکارآمدی نسبی ابزارهای جا افتاده ترموالکتریک و اینکه راه برطرف شدن این مشکل توسعه ساختارها و مواد جدید است، آنگاه اینکه اغلب فعالیتهای تحقیق و توسعه جاری در سطح علوم بنیادی انجام شود، دور از انتظار نخواهد بود.

در عین حال انتظار می رود فناوری نانو طی ده سال آینده از طریق توسعه مواد با k پایین تر و در نتیجه ZT بالاتر که نهایتاً به بهبود بازدهی منجر خواهد شد، نقش مهم و فزاینده ای در ترموالکتریسیته داشته باشد [۷۵].

فعالیت های تحقیق و توسعه ای محققین در این زمینه شامل کاربرد در بهبود مصرف سوخت و استفاده از حرارتی است که طی فرآیند احتراق تلف می شود ولی می توان از آن برای تولید برق و هم چنین تأمین الکتریسیته مورد نیاز بسیاری از سیستم های الکتریکی بهره گرفت. در این راستا هر یک از موارد ذیل بعنوان محورهای تحقیق و توسعه در زمینه مواد ترموالکتریک مطرح می باشند :

- تحقیق و توسعه در زمینه بهره گیری از آلیاژهای بیسموت، آنتیموان و سلنید تلوریم برای خنک سازی
- بهره گیری از آلیاژهای تلورید سرب برای مولدهای دما متوسط و آلیاژ سیلیکون ژرمانیم برای مولدهای دما بالا
- تحقیق و بررسی در زمینه تبدیل گرمای حاصل از احتراق مواد سوختی در اتاق احتراق نیروگاهها به برق
- تحقیق و بررسی راجع به روشهای بهبود بازدهی ترموالکتریسیته با استفاده از مواد نانو ساختار
- بهره گیری از نانوسیمها در افزایش بازدهی مولد های الکتریک
- تحقیق و مطالعه بر روی تأثیر استفاده از نانو ذرات بر انتقال گرما

- انجام تحقیقات کاربردی در مورد بهره‌گیری از مواد جدید نانو ساختار برای افزایش بازدهی مولدهای ترموالکتریک در

#### صنعت برق

زمینه‌های تحقیقاتی مذکور در سطح جهان حاکی از اهمیت کاربرد این مواد در صنعت برق و تأثیر استفاده از مواد نانو ساختار در راستای افزایش راندمان این مولدها و نتایج مثبت سازنده کاربرد نانوفناوری در این مولدها می‌باشد.

#### – افزایش راندمان سوخت کوره‌ها با استفاده از نانو افزودنی‌هایی از قبیل اکسید سریم

برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌گی، مواد افزودنی نانو ذرات در سوخت‌های بنزینی و دیزلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزودنی‌های سوخت در واقع نقش کاتالیستی دارند. یکی از این افزودنی‌ها اکسیدهایی هستند که نقش ذخیره اکسیژن را دارند. کاتالیستی که به سوخت اضافه می‌شود باید اکسیداسیون کامل هیدروکربن را باعث شود و گازهای خروجی کمتر و با آلاینده‌گی کمتر تولید کند. در مورد نحوه سوختن سوخت‌ها (خصوصاً سوخت‌های مایع) نانوفناوری می‌تواند با ورود نانوافزودنی‌ها به هر چه بهتر سوختن آنها کمک کند. به دلیل اینکه افزودنی باید خاصیت کاتالیستی اعمال کند نانو شدن ذرات آن می‌تواند راندمان آن را به شدت افزایش دهد. پیش‌بینی می‌شود با تحقیقات پایه و کاربردی در زمینه نانوتکنولوژی سوخت و زمینه‌های وابسته به آن، بتوان به نتایجی شایان توجه دست یافت.

با مطالعه عناصر پایه (مانند نانو ذرات، فولرین‌ها، اکسید سریم و...) و به کمک نانوتکنولوژی، می‌توان سوخت‌های جدیدی را با اندازه کمتر از ۳ نانومتر و با قابلیت استفاده گسترده تولید کرد که با استفاده از آنها ۱۰ تا ۳۰ درصد در مصرف سوخت صرفه جویی می‌شود و تولید آلاینده‌ها ۵۰ تا ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. در ضمن قدرت موتور را ۱۰ تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهد و صدای موتور را نیز کم می‌کند. در این بین مواد فولرین و اکسید سریم فعلاً به عنوان مواد افزودنی کاهش دهنده مصرف سوخت شناخته شده‌اند و به مطالعه بیش‌تری نیاز دارند.

نانوماکس، یکی از محصولات هلندی در حوزه نانوتکنولوژی، یک افزودنی سوخت چند منظوره است که به صورت مایع بوده و سازگار با گازوئیل و برخی دیگر از سوخت‌ها است. سوخت‌های گازوئیلی که به آنها نانوماکس افزوده می‌شود می‌توانند تا حد زیادی اقتصاد سوخت را بهبود بخشد، تولید نیرو را افزایش داده و تقریباً تولید تمام محصولات مضر سوخت را کاهش دهد. نانوماکس توسط سازمان ملل به عنوان مؤثرترین و اقتصادی‌ترین افزودنی سوخت شناخته شده است. همچنین این شرکت توسط Forbes به عنوان بهترین شرکت حافظ محیط زیست شناخته شده است. کمپانی‌های H2OIL و Petrochina یک کارخانه

افزودنی سوخت با استفاده از فناوری نانو در تیانجین چین احداث کرده‌اند. این شرکت‌ها که سابقه طولانی در تولید افزودنی سوخت دارند ادعا می‌کنند که محصول جدید آنها به نام Nano ghost از دیگر مدل‌های متداول نانوتکنولوژی ۱۰۰۰ بار قوی‌تر است و قادر به تولید تمیزترین و کارآمدترین محصول سوخت گازوئیل و دیزل در جهان است Petrochina بزرگ‌ترین کمپانی شیمیایی در حوزه نفت در چین و H2OIL شرکت تحقیق و توسعه در کالیفرنیا و پیشروی تولید نانوافزودنی‌های سوخت در دنیاست. افزودنی سوخت گازوئیل به نام Envirox به وسیله شرکت (Oxonica شرکتی از دانشگاه آکسفورد) تولید و توسعه یافته است. این افزودنی از ذرات ریز اکسید سریم با نام سریا تشکیل شده که به عنوان کاتالیست در واکنش احتراق با هوا عمل می‌کند. اکسید سریم به عنوان نوعی ذخیره اکسیژن عمل می‌کند. این ماده، اکسیژن را آزاد می‌کند تا منوکسید کربن و دیگر هیدروکربن‌ها را اکسید کند. نتیجه آن کار، سوخت تمیزتر به همراه فایده تبدیل سوخت بیش‌تر به دی‌اکسید کربن است. همچنین کربن و دود کمتری تولید، و دود و مواد احتراق خروجی نیز تمیزتر خواهند بود. محصول نانو افزودنی سوخت شرکت چینی Beijing china yuantong - ltd نیز توسط انستیتو مواد متخلخل و مکانیک سیالات آکادمی علوم چین، آزمایشگاه نوترون در دانشکده فیزیک هسته‌ای، انستیتو انرژی اتمی چین و انستیتو ملی استاندارد و فناوری ایالات متحده، آزمایش و تأیید شده است. این محصول آلودگی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد و تولید نیرو را تا ۱۰ الی ۳۰ درصد (در موتورها) افزایش می‌دهد [۵].

#### – کیت‌های مغناطیسی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت مشعل‌ها

به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت مشعل‌های مورد استفاده در صنعت، می‌توان کیت‌های مغناطیسی سر راه این مشعل‌ها قرار داد. عبور سوخت پلیمری از یک میدان مغناطیسی قوی بین ۱۰ تا ۴۰ درصد (بسته به فناوری مشعل) صرفه‌جویی در سوخت مشعل را در پی دارد [۵۳].

#### – عایق‌های حرارتی نانو برای محفظه‌های احتراق

در یک نیروگاه فسیلی حداکثر حرارت تولیدی در محفظه احتراق باید صرف تولید انرژی شده و از اتلاف آن جلوگیری کرد. جهت جلوگیری از اتلاف حرارت از مواد عایق در اطراف محفظه احتراق و لوله‌های انتقال حرارت استفاده می‌شود. نانوکامپوزیت‌های آبروژل خواص اصلی آبروژل‌ها را داشته و در عین حال خواص مکانیکی و پایداری شیمیایی لازم برای مصارف خاص صنعتی را نیز دارا هستند. این کامپوزیت‌ها عایق‌های بسیار خوب حرارت هستند. این مواد نانوساختار به خاطر

مناسب بودن آن‌ها برای کاربرد در پانل‌های عایق و بلوک‌های نسوز در نیروگاه در محفظه احتراق و سایر قسمت‌هایی که نیاز به جلوگیری از اتلاف حرارت دارند قابل استفاده است. همچنین مواد نسوزی که از ذرات نانومتری تولید می‌شوند می‌توانند خاصیت ضد آتش بودن را به میزان بالاتر و توأم با استحکام مکانیکی داشته باشند. شرکت آمریکایی GE از نانوکامپوزیت‌های فوق در ساخت قطعات توربین گازی استفاده کرده است [۵۸].

## ۲-۲-۱-۲- نیروگاه بخار

تجهیزات موجود در این نیروگاه‌ها شامل توربین، بویلر، ژنراتور، سیستم تصفیه آب، سیستم پایش و سیستم دودکش می‌باشد. فناوری نانو پتانسیل استفاده در قسمت‌های مختلف این تجهیزات، در ساخت قطعه، پوشش و به صورت مواد افزودنی را داراست.

### - پره توربین بخار

در توربین بخار پره‌های کم‌فشار نسبت به پره‌های پرفشار و فشار متوسط بیشتر در معرض تخریب ناشی از سایش و خوردگی هستند. پوشش‌های مختلفی برای جلوگیری از تخریب این پره‌ها بر روی آن‌ها اعمال می‌شود. برخی از پوشش‌های متداول مورد استفاده در این پره‌ها شامل پوشش‌های تک لایه TiN، CrN، ZrN، TiAlN و پوشش‌های چند لایه Cr/CrN، Ti/TiN و سوپر شبکه CrN/NbN هستند.

در سال‌های اخیر پوشش‌های نانوکامپوزیت (به خصوص TiN نانوکریستالین در زمینه آمورف Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> یا نانوکامپوزیت TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) توسط چندین گروه تحقیقاتی در دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است. این پوشش‌ها در آزمون‌های آزمایشگاهی بسیار سخت هستند و مقاومت به سایش بسیار خوبی را از خود نشان می‌دهند. موسسه تحقیقاتی EPRI در حال تحقیق بر روی نانوپوشش‌های مقاوم به سایش با استفاده از روش اعمال PEMS (Plasma Enhanced Magnetron Sputter) می‌باشد [۹].

### - تولید نانو فیلتراسیون آب ورودی و فاضلاب نیروگاهی

برای به حداقل رساندن خطر خوردگی لوله‌های دیگ بخار و رسوب‌های زیاد باقیمانده در سطح لوله‌ها و برای تهیه بخار لازم، می‌بایستی میزان رسوب در آب ورودی نیروگاه کنترل شود. این کنترل معمولاً توسط روش‌های، نصب واحد تصفیه مایعات به طور جزئی و یا کامل برای به حداقل رساندن ناخالصی‌های خورنده موجود در آب ورودی، در صورت لزوم، تصفیه آب

ورودی برای کنترل کردن رسوب ذرات معلق نامحلول و پایین بردن میزان آن‌ها. آب خروجی نیروگاه که حاوی مواد خطرناک برای محیط‌زیست است نیز باید تصفیه و سپس رها شود.

با ورود نانوفیلترهای ارزان به بازار، به جای فرآیند پرهزینه تصفیه آب‌های صنعتی می‌توان از نانو فیلتراسیون به عنوان جایگزینی برای بخشی از مراحل تصفیه آب استفاده کرد. نانو فیلتر به معنای فیلتری است که اندازه حفرات یا سوراخ‌های آن در حد و اندازه‌های نانومتری است. این در حالی است که بسیاری از موادی که در آب وجود دارند، حتی مواد آلی و نیز باکتری‌ها و ویروس‌ها اندازه‌های بزرگتر از اندازه سوراخ‌های نانومتری یک نانوفیلتر دارند. پس می‌توان با نانو فیلترها این مواد را بدون افزودن مواد شیمیایی از آب حذف کرد. این غشاءهای نانومتری می‌توانند باردار بوده و توانایی حذف یون‌ها را نیز دارا باشند. با در دسترس قرار گرفتن این فیلترها در نتیجه توسعه فرایندهای ساخت، می‌توان از طریق کاهش مواد شیمیایی مصرفی در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی کرد.

شرکت هلندی norit غشاءهای نانوفیلتراسیون و اولترافیلتراسیونی به نام  $x - flow$  تولید می‌کند که قادر به تصفیه خوراک ورودی با ناخالصی‌های تا  $200 \text{ mg/l}$  این غشاءها طوری ساخته شده‌اند که توزیع آب را در همه سطح غشاء تضمین می‌کند و نیز امکان شستشو در جهت  $Back - wash$  را نیز دارا است.

شرکت Argonide از تولیدکنندگان این نوع فیلترها در آمریکا است. نام تجاری فیلتر تولیدی این شرکت نانو سرام است. این فیلتر قادر به فیلتراسیون کوچک‌ترین ذرات بوده و کارایی آن به خاطر الیاف نانومتری آلومینا می‌باشد که در ساختمان آن به کار رفته است. این فیلترها قادر به فیلتر کردن  $99.99\%$  /  $99\%$  از ویروس‌ها و باکتری‌ها و میکروب‌ها از آب، با شدت جریان حدود  $200$  برابر سریع‌تر از غشاءهای مرسوم، است [۵۸].

## فناوری‌های مورد استفاده در تصفیه آب عبارتند از:

### نانو ذرات

نانوذرات دارای دو ویژگی کلیدی هستند که استفاده از آنها را به عنوان جاذب جذاب می‌سازد. آنها دارای نواحی سطحی بسیار وسیعتری از ذرات توده هستند. همچنین نانوذرات می‌توانند با گروه‌های شیمیایی مختلف برای افزایش میل به حذف ترکیبات هدف ترکیب شوند. نانوذرات مانند نانو لوله‌های کربنی چند جداره، به منظور توسعه جاذب‌های با ظرفیت بالا و انتخابی برای



یونهای فلزی و آنیونها مورد استفاده قرار می‌گیرند. جذب یون های فلزی توسط نانولوله های کربنی چند جداره ۳ تا ۴ برابر بیشتر از جاذب های متداول مورد استفاده در تصفیه آب (کربن فعال پودری و کربن فعال دانه ای) هستند. نانوذرات دارای پتانسیل بسیار زیادی به عنوان کاتالیست و فیلتر فعال ردوکس برای تصفیه آب می باشند و این به دلیل نواحی سطحی وسیع ، اندازه ، خواص نوری ، الکترونیک و کاتالیستی وابسته به شکل آنها است. در طول دهه گذشته، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ( $TiO_2$ ) به عنوان کاتالیست های نوری برای تصفیه آب ظهور کرده اند. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم دارای تنوع بسیار زیادی می باشند و می توانند به عنوان کاتالیست های اکسیدکننده و احیاء کننده برای آلاینده های آلی و معدنی مورد استفاده قرار گیرند. با افزودن نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم به آب های آلوده و در حضور نور ماوراء بنفش ، حذف کربن آلی به شدت افزایش می یابد.

نانومواد فرصت های بی بدیلی برای توسعه بیوسایدهای بدون کلر (Chlorine-Free Biocide) فراهم می‌آوردند. [۴۲]. بررسی واکنش نانوذرات با باکتری‌ها توسط میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ، میکروسکوپ انتقال الکترونی (TEM) و میکروسکوپ لیزری کانونی ، تغییرات قابل توجهی را در تمامیت غشای سلولی نشان می‌دهند که منجر به مرگ باکتری ها در اکثر موارد می گردد.

از آنجا که نقره یک ظرفیتی  $Ag(I)$  و ترکیبات نقره به عنوان ترکیبات ضد میکروبی در فرآورده های مختلف بیوپزشکی مورد استفاده قرار می گیرند، محقق بسیاری استفاده از نانوذرات نقره را به عنوان بیوساید مورد بررسی قرار داده اند [۸۲-۷۸].

### غشاء های نانوساختاری و واکنشی

فرآیندهای غشاء نظیر اولترافیلتراسیون ، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس در حال ظهور به عنوان مولفه های کلیدی تصفیه آب پیشرفته و فن آوری های شیرین نمودن آب هستند. نانومواد در حال ایجاد فرصت های نوینی برای توسعه کارآمد تر و مقرون به صرفه تر غشاء های نانوساختاری و واکنشی برای تصفیه و شیرین نمودن آب هستند.

غشاء های نانوفیلتراسیون معمولاً از یک لایه بسیار نازک و یک لایه محافظ تشکیل شده اند. لایه نازک و متراکم عمل جداسازی را انجام می دهد و لایه محافظ باعث حفاظت غشا در مقابل فشار سیستم می شود. ضخامت لایه نازک و مقدار تخلخل آن مقدار شار عبوری را کنترل می کند. غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً در دو نوع باردار و غیر باردار موجودند. توان

رقابت فرآیند نانوفیلتراسیون در برابر دیگر فرآیندها وقتی بارزتر می‌شود که از غشاهای نانوفیلتراسیون باردار در این فرآیند استفاده شود.

جنس غشاهای غیر باردار معمولاً از پلیمرهایی نظیر استات سلولز و پلی آمید می‌باشد. جنس غشاهای باردار به نوع بار (مثبت، منفی و دو قطبی) بستگی دارد [۸۳].

### – نانو فیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه (سیستم دودکش)

یکی از معضلات همیشگی نیروگاه‌های سوخت فسیلی مسئله آلودگی هوا در آن‌هاست. به همین دلیل این نوع نیروگاه‌ها محیط زیست اطراف را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین این آلودگی با جریان باد جابجا شده و باعث باران‌های اسیدی می‌شود. بنابر این کنترل احتراق در درجه اول و پس از آن تصفیه دود خروجی از ملزومات یک نیروگاه مدرن در جهت حفظ محیط‌زیست است. با استفاده از نانو فیلترها می‌توان دود را تصفیه کرد و دود با آلودگی کمتری را وارد هوا کرد. بدین ترتیب مسئله آلودگی هوا در نیروگاه‌ها برای همیشه حل خواهد شد. همچنین می‌توان با استفاده از نانو ذراتی که خاصیت کاتالیست‌دارند مواد مضر دود را به مواد بی‌خطر تبدیل کرد و علاوه بر این می‌توان هوای ورودی به توربین را نیز فیلتر کرد. سیستم‌های تصفیه هوا با استفاده از ذرات نانومتری فوتوکاتالیست است. این سیستم‌ها دارای مواد چند منظوره‌ای هستند که باعث تصفیه هوا شده و برای حذف آلاینده‌هایی چون منوکسیدکربن، بنزول، میکروب‌ها، غبار و... مفید هستند. کنترل گازهای آلاینده خروجی و دیگر گازهای مورد استفاده به وسیله نانو سنسورها در نیروگاه‌های فسیلی آنچه که باید صورت گیرد، احتراق است. احتراق مخلوط شدن ماده سوختنی و اکسیژن هواست که باید به نسبت معین صورت گیرد و سپس واکنش سوختن رخ دهد [۱۱].

### – فیلترهای نانوساختار [۳۷، ۳۸ و ۴۰]

نانوفیلتراسیون فرآیند نوینی است که به علت کارایی در اختلاف فشار نسبتاً پایین، بازیابی خوب و میزان دفع مناسب جایگاه ویژه‌ای را در زمینه جداسازی به خود اختصاص داده است.

در زمینه تصفیه آب و پساب به دلیل استفاده از غشاهای باردار می‌توان از این روش بهره گرفت. این فرآیند جایگزین مناسبی برای فرآیندهای اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، تبادل یونی و آهک‌زدایی به شمار می‌رود.

نانوفیلتراسیون فرآیند غشایی جدیدی است که خواص جداسازی آن بین فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون می‌باشد. در اولترافیلتراسیون ذراتی از  $0/1$  تا  $0/01$  میلی متر قابل جدا شدن هستند، در حالیکه در نانوفیلتراسیون ذراتی با اندازه‌های  $0/1$  تا  $0/001$  میلی‌متر قابل جدا شدن هستند.

خالص سازی با این فرآیند نیاز به مواد شیمیایی نداشته و از نظر اقتصادی به صرفه است. پساب تولیدی فشرده و غلیظ بوده ، لذا هزینه حمل و نقل و دفع آن کمتر است. سیستم به تجهیزاتی به نام CIP مجهز است که به کمک آن غشاهای بطور خودکار تمیزکاری می‌شوند.

در این فرآیند تصفیه بوسیله اعمال اختلاف فشاری در دو سمت یک غشاء ، صورت می‌پذیرد و مولکولهای کوچک مورد نظر ورودی به غشاء از آن عبور می‌نمایند و جداسازی مولکولهای بزرگتر (روغن، گریس، سختی، ویروس، باکتری، ...) صورت می‌گیرد. به علت عمل نمودن در فشار پایین و بازیابی بیشتر ، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در این فرآیند خیلی پایین تر از فرآیندهای مشابه است. همچنین هزینه پمپ، لوله و مخزن در فشار پایین کاهش چشمگیری داشته ، لذا سرمایه‌گذاری کمتری نیاز دارد.

غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً از یک لایه بسیار نازک و یک لایه محافظ تشکیل شده‌اند. لایه نازک و متراکم عمل جداسازی را انجام می‌دهد و لایه محافظ باعث حفاظت غشا در مقابل فشار سیستم می‌شود. ضخامت لایه نازک و مقدار تخلخل آن مقدار شار عبوری را کنترل می‌کند. غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً در دو نوع باردار و غیر

باردار موجودند. توان رقابت فرآیند نانوفیلتراسیون در برابر دیگر فرآیندها وقتی بارزتر می‌شود که از غشاهای نانوفیلتراسیون باردار در این فرآیند استفاده شود.

جنس غشاهای غیر باردار معمولاً از پلیمرهایی نظیر استات سلولز و پلی آمید می‌باشد. جنس غشاهای باردار به نوع بار (مثبت، منفی و دو قطبی) بستگی دارد.

در صنعت بویلرهای تولید کننده بخار بمنظور حصول اطمینان از بهره‌برداری مناسب از سیستم تولید بخار، آب تغذیه با خلوص بالا مورد نیاز است. آب تغذیه با خلوص بالا موجب کاهش میزان مصرف مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش دفعات بلودان<sup>۱</sup> (کاهش دفعات بلودان تا فاکتور ۱۰) مورد نیاز می‌شود. کاهش دفعات بلودان همچنین موجب کاهش مصرف سوخت خواهد شد.

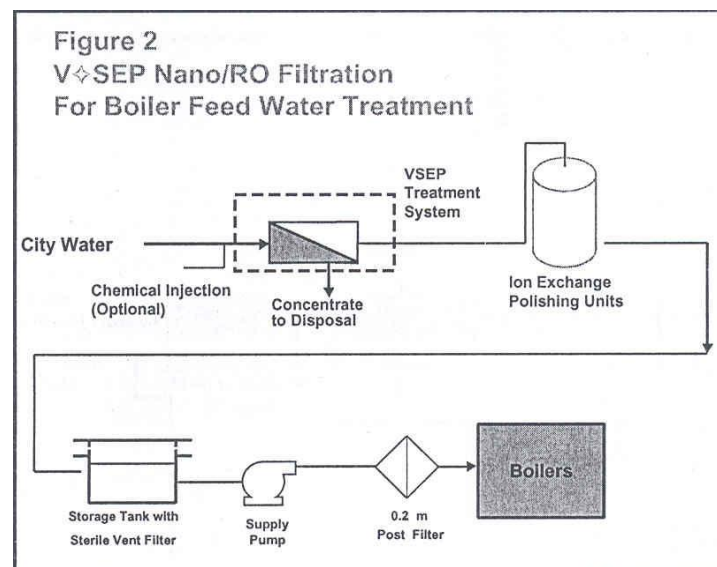
در این میان کاهش ناخالصی‌های موجود در آب تغذیه بویلر سبب کاهش تشکیل رسوب و تقلیل میزان ته نشینی مواد در سطوح انتقال حرارت خواهد گردید. بعلاوه پایین بودن میزان ناخالصی‌های آب سرعت خوردگی در بویلر را نیز کاهش می‌دهد. هنگامی که بویلرها برای به گردش در آوردن توربین بخار بکار روند خلوص بالای آب تغذیه در کاهش سایش پره‌های توربین نقش خواهد داشت. استفاده از اسمز معکوس در سیستم پالایش و خالص سازی آب تغذیه موجب کاهش دفعات احیاء رزینهای تبادل یونی و در نتیجه کاهش استفاده از مواد شیمیایی می‌شود. یک سیستم کامل تصفیه آب که شامل اسمز معکوس و تعویض یونی است، نوعاً موجب کاهش هزینه‌ها در مقایسه با سیستمی است که از اسمز معکوس استفاده نمی‌کند. ولی استفاده از سیستمهای اسمز معکوس متداول نیاز ضروری به استفاده از واحدهای پیش تصفیه آب دارند که خود پر هزینه می‌باشند. رسوبات سیلیکاتها و مواد کلئیدی کارایی بویلر را کاهش داده و موجب خرابی ناپهنگام توربینها می‌شود. اولترافیلتراسیون می‌تواند سیلیس‌های کلئیدی و آهن و آلومینیوم غیر محلول را به میزان بیش از ۹۹ درصد جداسازی نماید. همچنین کاهش ذرات جامدات معلق و کربن آلی کل، کارایی بویلر و توربین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ولی در استفاده از فناوری‌های غشایی متداول مشکلات اساسی در خصوص گرفتگی غشاهای توسط مواد غیر محلول و قابل ته نشینی بروز می‌نماید. برای تصفیه آب تغذیه بویلر، بسته به موارد نیاز آن، تعدادی از فرایندها را می‌توان بکار برد که عبارتند از: تصفیه شیمیایی/کاربرد آهک، فیلتراسیون دابل، جذب توسط کربن، غشاهای اسمز معکوس و پالایش نهایی به کمک رزینهای تبادل یونی. پساب قابل توجهی از عملیات مذکور تولید می‌گردد که می‌تواند شامل کربن مصرف شده و مواد شیمیایی مصرفی برای عملیات احیای رزینهای تبادل یونی باشند.

پیشرفتهای فناوریکی و فنی در سیستمهای فیلتراسیون غشایی این امکان را برای بویلرهای صنعتی و نیروگاهی فراهم نموده است که آب تغذیه بویلر را به منظور افزایش کارایی سیستم تصفیه نمایند. "فرآیند افزایش برش ارتعاشی"<sup>۱</sup> یا VSEP این امکان را فراهم می‌کند که جریان آب گذر کرده از فیلتر یا پساب باقیمانده با مشکلات ته نشینی و رسوبی که معمولاً در غشاهای متداول مشاهده می‌شود روبرو نشوند. سیستم غشایی VSEP میزان TDS، TSS، رنگ، سیلیس و سختی جریان عبور کرده از غشاء را که ناشی از آب شهر، آب چاه و آبهای رودخانه یا آبهای سطحی می‌باشند را کاهش می‌دهد، لذا هزینه تصفیه را به حداقل می‌رساند. در سیستم تصفیه VSEP برای تصفیه آب عبور کرده از غشاء و به منظور تولید یک جریان

<sup>1</sup> - Vibratory Shear Enhanced Process

مناسب برای شرایط آب تغذیه بویلر شامل غلظت جامدات معلق و محلول، سیلیس و سختی، از مدولهای غشاء اولترافیلتراسیون یا نانوفیلتراسیون/اسمز معکوس استفاده به عمل می‌آید. پس از تصفیه نهایی با رزینهای تبادل یونی، می‌توان محصول تولیدی را بعنوان آب تغذیه بویلر بکار برد. بطور خلاصه سیستم تصفیه VSEP را می‌توان برای تصفیه آب تغذیه بویلر به همراه یک پالایش نهایی کوچک توسط رزینهای تبادل یونی بکار برد. روش VSEP موجب حذف نیاز به پیش تصفیه می‌گردد و می‌تواند بطور قابل توجهی میزان مصرف مواد شیمیایی را برای احیاء رزینها کاهش دهد که در نتیجه آن هزینه‌ها کاهش می‌یابد. در شکل (۲-۳) یک سیستم تصفیه VSEP نشان داده شده است.

VSEP یک سیستم غشایی می‌باشد که مزایای زیادی نسبت به سیستمهای قدیمی مثل سیستم افزودن مواد شیمیایی/ سیستمهای کلاریفایر دارد. برای بویلرهای صنعتی و نیروگاهی، می‌توان سیستمهای غشاء VSEP را بجای فناوری غشایی جریان متقاطع قدیمی که با مشکل مسدود شدن غشاء، روبرو بودند بکار برد. VSEP یک جایگزین مناسب برای روشهای فیلتراسیون قدیمی است.



شکل (۲-۳): فیلتراسیون NF/RO در سیستم VSEP برای تصفیه آب بویلر [۳۸]

فناوری جداسازی VSEP بگونه موفقیت آمیزی برای بسیاری از فرآیندهای صنعتی تأمین شده است. تلاش برای رساندن بویلرهای صنعتی و نیروگاهی همانند صنایع تولید همزمان<sup>۱</sup> برای رسیدن به محدوده کارایی مناسب و رعایت مقررات زیست محیطی با استفاده از فیلتراسیون غشایی به همراه VSEP صورت می‌پذیرد. پیشرفت و گسترش در جهت تهیه آب مورد نیاز بویلرهای صنعتی و نیروگاهی به همراه کاربرد مواد جدیدی برای غشاها و فناوری VSEP، این امکان را فراهم می‌آورد که جریانهای بسیار آلوده و سخت را با نتایجی موفقیت آمیز و اقتصادی تصفیه نماید [۳۸].

چنانچه اختلاط سوخت و هوا به هر دلیلی از حالت استاندارد خارج شود، سوخت ناقص می‌سوزد و باعث مصرف بیشتر انرژی و سوخت و کاهش انرژی تولید می‌شود. راه کنترل و اطلاع از نحوه سوختن، آزمایش و آنالیز گازهای خروجی احتراق است. با اندازه‌گیری گازهای مختلف در گاز خروجی می‌توان به شرایط احتراق پی‌برد و تمهیدات لازم برای احتراق کامل را تدارک دید. کنترل گازهای خروجی توسط سنسورها صورت می‌گیرد. هر چه سنسور دقیق‌تر باشد و بتواند به صورت دائم اطلاعات کافی و دقیق و البته واقعی در اختیار اپراتور قرار دهد نظارت و تصمیم‌گیری اپراتور صحیح‌تر بوده و باعث افزایش راندمان می‌شود. علاوه بر هوا و دود، کنترل آب و دیگر مواد سیال موجود در نیروگاه، فشار مخازن تحت فشار، نیروی اعمالی به قطعات حساس تحت تنش نیز به‌کنترل هر چه بیشتر جنبه‌های مختلف نیروگاه و کاهش خسارات احتمالی کمک می‌کند. براینیل به این هدف باید از نانوسنسورهای حساس استفاده کرد. با استفاده از نانوفناوری می‌توان سنسورهای گازی بسیار دقیق‌تر و با قابلیت پاسخ سریع تولید کرد. با استفاده از ذرات نانومتری در سنسورهای بخش نیروگاهی و به طور کلی با نانو ساختار کردن این سنسورها می‌توان به کنترل دقیق‌تر جنبه‌های مختلف نیروگاه دست یافت. مثلاً با استفاده از نانو سنسورهای تنش بر روی قطعات حساس می‌توان از بروز حوادث جلوگیری کرده و قبل از شکست یک قطعه از وضعیت تنشی آن مطلع شد. مزایای این سنسورهای گاز، دقت فوق‌العاده به دلیل استفاده از مواد نانومتری، مقاومت به سایش، عمر طولانی، واقعی بودن مقادیر نشان داده شده و قیمت کم است [۱۲].

#### – کاتالیست‌های نانو ساختار مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی

نیروگاه‌های حرارتی از جمله صنایعی هستند که بیش از یک سوم سوخت تولیدی در جهان را مصرف می‌کنند و آلاینده‌های دفع شده در اثر احتراق این سوخته‌های فسیلی چه به صورت دود و چه به صورت پساب، اثر مهمی بر محیط زیست بر جا می‌

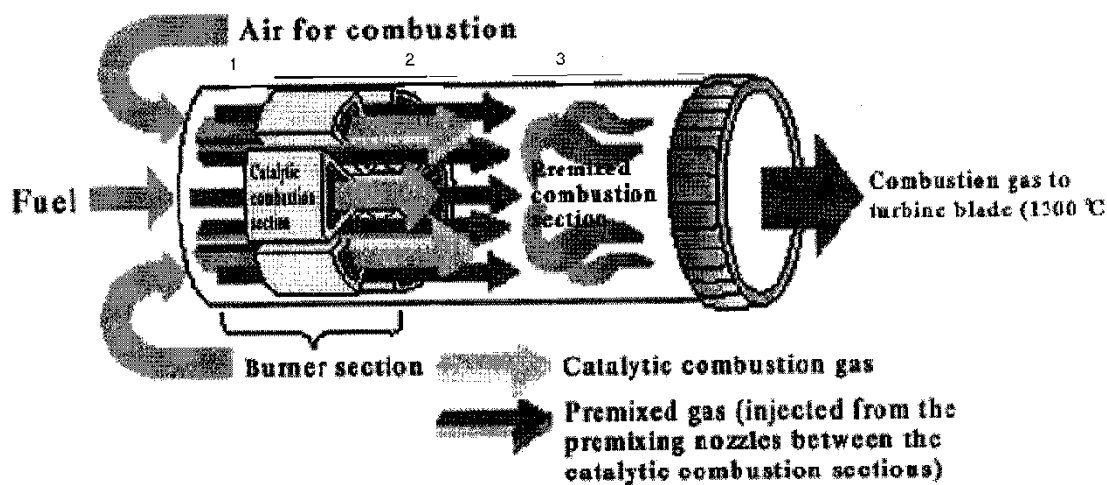
گذارند. از مهمترین گازهای آلاینده خروجی از دود کش نیروگاهها، ترکیبات اکسید ازت ( $\text{NO}_x$ ) ها هستند که اثرات نامطلوبی بر محیط زیست، سلامت انسانها و منابع آبی می گذارند. این آلاینده عامل مهم بیماریهای تنفسی و کاهش دهنده مقاومت بدن در برابر بیماریهای عفونی است. همچنین ترکیبات اکسیدازت علاوه بر اینکه از مهمترین عوامل سوراخ کننده لایه ازن هستند، می توانند با اکسیژن هوا، واکنش داده، در بارانهای اسیدی، اسید نیتریک بسازند [۳۳]. دیگر آلاینده های مهم نیروگاهی، گازهای متان و بعضی از آلکانها (مثل اتان، پروپان و بوتان) هستند. تأثیر شدید متان در پدیده گلخانه ای شدن (بیشتر از ۱۰ برابر  $\text{CO}_2$ )، کنترل میزان متان خروجی از نیروگاههای گازی و صنایع نفتی را بسیار ضروری می سازد. در میان راههای متفاوت کاهش این آلاینده ها، یکی از راهها، استفاده از کاتالیست ها و عوامل احیا کننده برای تبدیل و تجزیه این آلاینده هاست. استفاده از کاتالیست در احتراق متان در توربین های گازی، علاوه بر تجزیه ترکیبات  $\text{NO}_x$ ، باعث کمتر شدن دمای کاری توربین (در مقایسه با توربینهای گاز سوز معمولی) و کم شدن میزان  $\text{NO}_x$  خروجی (به لحاظ ترمودینامیکی) می شود و این مسئله در وضعیت کنونی کشور که اکثر نیروگاهها در حال گاز سوز شدن هستند، از اهمیت بسزایی برخوردار است [۳۴]. همچنین علاوه بر متان، آلکانها و ترکیبات  $\text{NO}_x$  می توان از ترکیبات  $\text{SO}_x$ ،  $\text{CO}_2$  و  $\text{CO}$  نیز به عنوان آلاینده هایی مهم، نام برد، که برخی از این ترکیبات مثل  $\text{SO}_3$  علاوه بر مساله آلوده کنندگی محیط، عامل کاهش راندمان نیروگاه و از بین رفتن بخش مهمی از انرژی هستند. در اینجا نیز استفاده از کاتالیست ها از مهمترین گزینه های پیش رو برای بازگرداندن راندمان، به راندمانی بالاست.

در یک سیستم احتراق معمولی، سوخت و هوای فشرده با یکدیگر مخلوط می شوند و با شعله می سوزند و گازهای داغ منبسط شده، توربین را به حرکت در می آورند. دمای این گاز هنگام ورود به توربین به ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد می رسد، اما در حوالی شعله، به ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد می رسد که باعث تشکیل ترکیبات  $\text{NO}_x$  می شود، ولی محفظه احتراق کاتالیستی، بدون شعله است و در آن، سوخت و هوا قبل از رفتن به روی کاتالیست، کاملاً با یکدیگر مخلوط می شوند: (ناحیه ۱ شکل ۲-۲)

(۴)

گاز حاصل، سپس وارد ناحیه احتراق کاتالیستی می شود (ناحیه ۲) و از روی سطح کاتالیستها در ناحیه احتراق، عبور می کنند (ساختار هندسی این کاتالیست ها، در بخش بعد آمده است) این کاتالیست ها، باعث می شوند که دمای احتراق، کم شود (تا حدود  $1000^\circ\text{C}$ ) و دمای بالایی در حد  $1800^\circ\text{C}$  (بخاطر نبودن شعله مستقیم) نیز وجود نداشته باشد و ترکیبات  $\text{NO}_x$  ایجاد شده به حداقل، برسند. سپس در ناحیه ۳، گاز عبور کرده از روی کاتالیست با گاز Premixed (که از نازل هایی که در

بین بخشهای احتراق کاتالیستی تعبیه شده اند می ریزد)، مخلوط می شود و برای رسیدن به دمای مورد نیاز، می سوزند. دمای گازهای خروجی از محفظه احتراق به  $1100-1500^{\circ}\text{C}$  می رسد. در برخی مواقع، اگر دمای گاز و رودی خیلی کم باشد برای فعال کردن کاتالیست، در محفظه های احتراق کاتالیستی، از یک پیش سوزنده (Pre - Burner) و یا یک تزریق کننده سوخت استفاده می شود [۴۳].



شکل (۲-۴): ساختار شماتیک محفظه احتراق کاتالیستی [۴۲]

امروزه با توسعه روشهای نوین ساخت مواد، به ویژه روشهای ساخت مواد در ابعاد نانومتر، زمینه های بکارگیری این مواد، گسترش قابل توجهی یافته اند. از جمله زمینه های مورد توجه برای به کارگیری مواد نانو ساختار، کاتالیست های به کار رفته در محفظه احتراق توربین های گاز سوز نیروگاههاست. تحقیقات پژوهشگران بالاتفاق، خبر از بهبود قابل توجه خواص کاتالیستی با ریزتر شدن ابعاد ذرات کاتالیستها، می دهد.

کاتالیست های احتراق معمولاً از دو بخش تشکیل می شوند. بخش فعال ذرات کاتالیستی و یک بخش حامل (Support/Substrate). بسته به نوع ذرات فعال، کاتالیست ها به انواع زیر تقسیم می شوند [۴۴]:

کاتالیست های نانو ساختار فلزات نجیب از جمله Au, Rh, Pt, Pd

کاتالیست های نانو ساختار اکسیدهای فلزات انتقالی از جمله Cr, Mn, Co, Cu

کاتالیست های پروسکایت های نانو ساختار مانند  $\text{LaMnO}_3/\text{MgO}$



کاتالیست‌های زیرکونیایی تقویت شده با فلزات انتقالی مثل Mn

کاتالیست‌های پایه هگزآلومیناتی از جمله هگزآلومینات باریم نانوساختار جایگزین شده با Mn و Cu

### – نانوسنسورها (سیستم پایش)

نانو سنسور ها یکی از این تکنولوژی های مدرن هستند که قادر به شناسایی و ارائه پاسخ به محرک های فیزیکی در مقیاس یک نانومتر می باشند. سنسورها از نوع نانوتیوب های تک لایه ای، به ضخامت یک نانومتر توانایی جذب مولکول های گازی سمی را دارند، آن ها همچنین قادرند به شناسایی تعدادی از مولکول های گازی مهلک در محیط پردازند. این در حالی است که هشدار دهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی گازهای نشتی می شوند. محققان مدعی هستند که این سنسورها برای شناسایی به هنگام گازهای بیو شیمیایی جنگ، آلاینده های هوا و حتی ملکول های آلی در فضا کاربرد خواهند داشت. نانو سنسورهای ریزی نیز وجود دارند که از ذرات بسیار ریز سیکلون ساخته شده اند. با اختراع اولین نمونه های غبار هوشمند، استفاده از این نانو سنسور ها برای کاربردهای علمی محقق شد. هدف اصلی از ساخت غبارهای هوشمند تولید مجموعه ای از سنسورهای پیشرفته به صورت نانو رایانه های بسیار سبک است. این نانو سنسورها به راحتی ساعت ها در هوا معلق می ماند و می توانند از طریق بی سیم موجود در خود اطلاعات جمع آوری شده را به یک پایگاه مرکزی ارسال کنند. سرعت انتقال اطلاعات در نمونه های اولیه حدود یک کیلو بایت در ثانیه است [۱۰].

### – سنسورهای اولتراسونیک نیروگاهی با استفاده از مواد پیزوالکتریک نانوساختار [۵۴]

از جمله سنسورهای پرمصرف در صنعت برق، سنسورهای هستند که از فن آوری اولتراسونیک برای اندازه گیری های مربوطه استفاده می کنند. از این قبیل می توان به جریان سنج های اولتراسونیک و سطح سنج های اولتراسونیک اشاره کرد. در هر دوی موارد اشاره شده، ابتدا یک مبدل پیزوالکتریک یک موج فراصوتی تولید می کند که بسته به کاربرد، در محیط مایع یا گاز حرکت کرده و از طریق انعکاس یا عبور به همان مبدل یا مبدل دیگری که وظیفه دریافت موج را برعهده دارد، می رسد. موج عبوری یا انعکاسی در این قسمت مجدداً به سیگنال تبدیل شده و برای پردازش به قسمت الکترونیکی سنسور فرستاده می شود.

شایان ذکر است که برای کاربردهای جریان سنجی و سطح سنجی از روش های گوناگونی می توان استفاده کرد که در این کاربردها با افزایش قیمت، دقت نیز افزایش می یابد. در این بین فن آوری اولتراسونیک از نظر قیمت در محدوده میانی و از نظر دقت در سطح بالایی قرار دارد. از این رو کاربرد گسترده ای در نیروگاهها دارد. این در حالی است که با توجه به کارکرد مناسب

قطعات پیزوالکتریک و مجموعه سنسورهای اولتراسونیک، استفاده از این تجهیزات رو به گسترش بوده و در طرح توسعه و اتوماسیون نیروگاههای قدیمی نیز قرار دارد.

از دیگر کاربردهای سنسورهای اولتراسونیک کنترل تجهیزات غیر قابل دسترسی و یا تجهیزاتی که نزدیک شدن به آنها خطرناک است و همچنین در مواردی که آزمایشهای غیرمخرب مورد نیاز است، استفاده می‌شود. بعنوان مثال می‌توان به استفاده از این وسایل در ارزیابی جوش لوله‌های نیروگاهها، بدون نیاز به متوقف کردن فعالیت واحد مربوطه اشاره کرد.

ورود فناوری نانو به عرصه پیزوالکتریکها با گسترش استفاده از لایه‌های نازک پیزوالکتریک و کاربرد آن به عنوان جزئی از سیستم‌های سنسور یکپارچه همراه بوده است. کاربرد نانو فناوری در ساخت سنسورها نیز بسیار گسترده است که مزیت آن در ریز بودن، دقت بالا، کاهش اتلاف و نویز، عدم نیاز به تخریب قطعه برای جایگذاری سنسور، قابلیت پردازش و آنالیز و امکان بررسی پارامترهای فیزیکی به صورت نقطه به نقطه و بازرسی دقیق است.

در این میان استفاده از سرامیک‌های پیزوالکتریک PZT به عنوان قلب سنسورهای اولتراسونیک در صنعت نیروگاهی مطرح است که با تهیه نانوپودر آنها امکان ساخت قطعات پیزوالکتریک با خواص مطلوب تر و پارامترهای دی‌الکتریک، پیزوالکتریک و حتی خواص فیزیکی بهتر و کنترل شده تر به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین کاربردهای نانوفناوری در صنعت برق و مبنای کار بسیاری از تحقیقات دانشگاهی مطرح آمریکا وجود دارد.

## ۲-۲-۱-۳- نیروگاه آبی

تجهیزات موجود در این نیروگاهها شامل سد، توربین و کانال انتقال آب به توربین می‌باشد. از فناوری نانو در قسمت‌های مختلف این تجهیزات، در ساخت قطعه، پوشش و به صورت مواد افزودنی می‌توان بهره برد.

کانال انتقال آب به توربین بتنی است و دارای صفحات فلزی می‌باشد. در تاسیسات بتنی برای افزایش مقاومت بتن مواد مختلفی مثل سیلیس و نانوذرات رس با استفاده از نانوفناوری در شرایط مختلف آب و هوایی با درجات مختلفی از آلودگی پیشنهاد شده‌اند.

جهت جلوگیری از خوردگی پره‌های توربین و صفحات فلزی کانال انتقال آب نیز، نانوفناوری قابلیت استفاده در پوشش‌دهی این تجهیزات به منظور افزایش طول عمر را داراست.

## ۲-۲-۱-۴- انرژی تجدیدپذیر

### سلول‌های خورشیدی نانو ساختار

انرژی خورشیدی از جمله منابع انرژی پاک و پربازده است. کشور ما به لحاظ موقعیت جغرافیایی خود که بر روی کمربند خورشیدی جهان قرار گرفته، از جمله مناطق بسیار مستعد برای بهره‌گیری از این انرژی است.

یکی از موانع اصلی در استفاده از فناوری‌های سلول خورشیدی هزینه تولید آن‌ها نسبت به بازدهی تبدیل انرژی است که در حال حاضر بسیار بیشتر از روش‌های موجود (نظیر سوخت‌های فسیلی) می‌باشد. اگرچه فناوری نانو در حال حاضر در بیشتر سلول‌های خورشیدی به کار نمی‌رود، اما بیشتر متخصصان بر این باورند که این فناوری می‌تواند این مشکل را برطرف نموده و این امر تحول آفرینترین خواص نانوذرات در سلول‌های خورشیدی به شمار می‌آید، که در این صورت هم بازدهی سلول‌های خورشیدی افزایش یافته و هم هزینه تولید آن‌ها کاهش می‌یابد. اجزای سلول خورشیدی که فناوری نانو در آن قابلیت کاربرد دارد شامل سلول (در ساخت قطعه و پوشش سلول)، اینورتر (ساخت قطعه)، فریم (ساخت قطعه) و رنگ (پوشش و افزودنی‌های رنگ) می‌باشد. نانوذرات بر پایه اکسید تیتانیوم، نانولوله‌های کربنی، فولرین‌ها، لایه‌های نانوبلوری نیمه هادی و نقاط کوانتومی از جمله موادی هستند که در سلول‌های خورشیدی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۵ و ۷].

انرژی خورشیدی از جمله منابع انرژی پاک و پربازده است. کشور ما به لحاظ موقعیت جغرافیایی خود که بر روی کمربند خورشیدی جهان قرار گرفته، از جمله مناطق بسیار مستعد برای بهره‌گیری از این انرژی است.

میزان تابش متوسط روزانه خورشید به  $5-6 \text{ kw/m}^2$  می‌رسد و متوسط تعداد ساعات آفتابی از ۲۸۰۰ ساعت در سال بیشتر است. این در حالی است که در شهرهایی نظیر یزد ساعات آفتابی به ۳۲۰۰ ساعت نیز می‌رسد. یکی از موارد قالب توجه تحقیقاتی، بهره‌گیری از سطح پتانسیل انرژی خورشیدی به‌عنوان یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر در ذخیره‌سازی و تبدیل انرژی الکتریکی است. بخصوص که در حل مسائل زیست محیطی و کاهش آلودگی هوا در مقایسه با انرژی‌های فسیلی سهم بسزایی را نیز دارا می‌باشد.

در این راستا با بهره‌گیری از سلول‌های خورشیدی فوتوولتائیک، می‌توان انرژی خورشید را مستقیماً به برق تبدیل نمود. در این سلول‌ها نور خورشید به یک صفحه نیمه‌هادی دو لایه برخورد می‌کند و یک اختلاف پتانسیل بین لایه‌ها ایجاد می‌شود. این ولتاژ می‌تواند در یک مدار خارجی، جریان ایجاد کند و کار انجام دهد. البته لازم به ذکر است علیرغم بالابودن سرمایه‌گذاری

اولیه راه‌اندازی سیستم‌های تبدیل انرژی خورشیدی به برق، به دلیل مزایای فوق‌العاده بهره‌گیری از این انرژی از جمله کاهش آلودگی محیط زیست و پیشرفت‌های روزافزون در بکارگیری فناوریهای نوین در سطح جهانی پیش بینی شده است، طی ۱۵-۱۰ سال آینده بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه باشد. از جمله اینکه با بهره‌گیری از نانوفناوری، می‌توان موجبات افزایش بازدهی (به میزان ۵۰٪) و کاهش هزینه‌ها را فراهم آورد.

بسیاری از محققین براین باورند که این فناوری می‌تواند مشکل هزینه تولید بالای سلول‌های خورشیدی را برطرف نماید و این امر از جمله تحول‌آفرین‌ترین خواص نانو ذرات در سلول‌های خورشیدی به‌شمار می‌آید.

درآمد جهانی حاصل از سلول‌های خورشیدی بین ۳-۴ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. در حال حاضر پیشگامان ساخت سلول‌های خورشیدی در جهان عبارتند از: شرکت‌های Sharp، Kyocero، Bpsolar، Shell Solar، و Dyesol که بیش از ۵۰٪ سهم بازار جهانی را در دست دارند [۱۹ و ۲۰].

به نظر متخصصان، طی ۱۰ سال آینده چاش‌های عمده نانوفناوری در توسعه سلول‌های خورشیدی شامل موارد زیر خواهد بود:

کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی روش تولید و محصول نهایی

افزایش طول عمر و قابل اعتماد بودن محصول

رسیدن به دو هدف افزایش بازدهی و کاهش هزینه نیازمند استمرار توسعه خواص پذیرش نور و انتقال بار مواد و روشهای تولید آنها می‌باشد.

برای ماکزیمم کردن بازدهی به موادی نیاز است که بتوانند مقدار بیشتری از پرتو نور را جذب و به الکتریسته تبدیل نمایند. انواع مختلف سلول‌های خورشیدی و مواد مورد نیاز در فناوری این پیل‌ها در دست توسعه اند که عبارتند از [۲۱]:

۱- سلول‌های خورشیدی سیلیکونی کریستالی

این سلول‌ها به سه دسته تک کریستال، پلی کریستال و آمورف تقسیم‌بندی می‌شوند و از جمله رایج‌ترین نوع سلول‌های خورشیدی هستند که برای ساخت آنها از سیلیکون استفاده شده است.

نوع تک کریستال به لحاظ تاریخی مرسوم‌ترین نوع برای تهیه سلول‌های خورشیدی است و از جمله کارآمدترین و گران‌ترین نوع به حساب می‌آیند. سلول‌های خورشیدی تک کریستال از طریق ورقه کردن هسته تک کریستال در حدود  $1400^{\circ}\text{C}$  رشد داده شده سیلیکون تهیه می‌شوند. راندمان انواع آزمایشگاهی آنها ۲۵٪ و انواع صنعتی ۱۵٪ می‌باشد. سلول‌های تک کریستال سیلیکون بین ۲۵-۲۰ سال پایدار بوده و مشکل آنها در گران بودن روش تولید آنها است.

سلول های پلی کریستال حاصل ریخته گری سیلیکون هستند که در آن سیلیکون مذاب داخل یک قالب، ریخته گری شده و سپس به صورت ویفر نهایی برش زده می شود. این سلول ها از سلول های تک کریستال ارزان تر هستند، اما به علت بی نظمی های موجود در شبکه کریستالی و نواقصی که در اثر ریخته گری در ساختار آنها ایجاد می شود، راندمان پایین تری دارند. نمونه های آزمایشگاهی راندمانی در حدود ۱۸٪ و مدل های تجاری راندمانی ۱۳٪ دارند. در سیلیکون کریستال، بیشتر بصورت تصادفی و بی نظم قرار گرفته، ساختار کریستالی مشخصی نداشته و به تدریج با قرار گرفتن در برابر نور، کیفیت اولیه خود را از دست می دهد که البته به کمک هیدروژن می توان این اثر را کاهش داد.

سیلیکون آمورف در واقع یکی از ویفرهای ساخته شده به وسیله فناوری فیلم لایه نازک است که سیلیکون از یک گاز فعال مثل سیلان ( $\text{SiH}_4$ ) بر روی یک پایه شیشه ای لایه نشانی میشود. راندمان آنها پایین و در حدود ۷-۵٪ می باشد و تهیه آن ارزان است. سیلیکون آمورف خصوصیات بسیار متفاوتی را نسبت به نوع کریستالی دارد و می تواند نور مرئی را نیز به جریان الکتریسته تبدیل کند. هم چنین نسبت به سیلیکون کریستالی نیز نور بیشتری را جذب می کند. بعنوان مثال از این محصول می توان در ماشین حساب های نوری استفاده کرد.

## ۲- سلول های خورشیدی با فیلم های نازک

همانطور که از نام آنها مشخص است اصول کار در این سلول ها مبتنی بر لایه نازکی از نیمه هادی است که بر روی یک سطح نشانداده شده باشد. استفاده از این روش از لحاظ هزینه به صرفه تر و تولید آنها نیز بسیار ارزان تر است. این نوع پوشش ها را می توان در زیر لایه های مختلف بسیاری از جمله زیر لایه های انعطاف پذیر به کار برد و نیز در جایی که مصرف برق آن کم است و یا در جایی که بتوان نواحی بزرگی را با این صفحات (بعنوان مثال صفحات ساختمانی یکپارچه) پوشش داد. معمول ترین مواد فتوالکتریک که از آنها در تولید سلول های خورشیدی فیلم نازک استفاده می شوند عبارتند از: CIGAS ( $\text{CuInGaAs}$ ) و تلورید کادمیم ( $\text{CdTe}$ )، که نوع اول حاوی مقادیری از سولفات کادمیم و اکسید روی نیز هستند و با ارایه راندمان ۱۹٪ و امکان تولید ارزان، علیرغم مشکل سمی بودن شدید، برای یک سری کاربردهای خاص تولید می شوند. ترکیب نوع دوم بطور معمول در بازار یافت نمی شود، اما به دلیل ارزان بودن از پتانسیل خوبی برای تبدیل شدن به یک محصول تجاری برخوردار است. مشکل این ماده، غیر منطقی بودن تولید انبوه آن و خطرناک بودن کادمیم برای محیط زیست است. اما به دلیل راندمان نسبتاً خوب ساختار نانومتری آن مورد توجه دیپارتمان انرژی آمریکا واقع شده و تولید می شوند.

سلول های خورشیدی با فیلم نازک بطور مجتمعی در کنار هم ۶٪ سهم بازار را در سال ۲۰۰۳ به خود اختصاص داده بودند.

## ۳- سلول های Gratzel [۲۲ و ۲۳]

این سلول ها که به نام مخترشان (مایکل گریتزل) مشهورند، شامل لایه های نازکی از نانو ذرات  $TiO_2$  که مولکول های آلی رنگی روی آن قرار گرفته و به داخل آن جذب می شوند و یک الکترولیت آبی یا شبه ژلی می باشند. فرآیند انرژی در این سلول ها مشابه فرآیندی است که در گیاهان هنگام فتوسنتز رخ می دهد.

بدین ترتیب که الکترونها توسط مولکولهای رنگی انتقال پیدا می کنند و همانند روش فتوسنتز، مولکولهای مختلف رنگی طول موج های متفاوتی از نور را جذب می کنند. اساس کار این سلول ها بر پایه مکانیزم فوتو- الکتروشیمیایی می باشد. همانطور که می دانیم مواد زمانی رنگی هستند که قادر به جذب منفرد انرژی بصورت نور (خورشید) در منطقه قابل رؤیت طیف باشند. ماده رنگزا در گیاهان (کلروفیل) همین کار را انجام می دهد. با این تفاوت که مانند یک کارخانه شیمیایی عمل کرده و انرژی (نور) به اضافه آب و  $CO_2$  را به انرژی شیمیایی (قند) تبدیل می کند. در این فناوری، یک ماده رنگزای حساس به نور<sup>۱</sup> که روی  $TiO_2$  نانو کریستالی با خصلت نیمه هادی قرار گرفته است،  $TiO_2$  علاوه بر اینکه ماده ای باثبات است، از لحاظ اکولوژیکی هم مسأله ای ایجاد نمی کند. ضمن آنکه ذرات این اکسید که در ابعاد نانو می باشند نسبت سطح به حجم بسیار بالایی دارند و این باعث می شود که ماده رنگزا حساس به نور<sup>۲</sup> به بهترین وجه ممکن انرژی نوری را جذب کند.

Dye به عنوان یک جذب کننده انرژی، به باندهای نیمه هادی الکترون منتقل می کند. بدین ترتیب خود به خاطر وجود یک الکترون کمتر دارای بار + می شود. این ماده رنگزای مثبت شده اکنون یک الکترون از مدار خارجی و از طریق الکترولیت دریافت کرده و به حالت عادی باز می گردد. بدین ترتیب واکنش فتو الکتروشیمیایی توسط این سلول خورشیدی که حاوی الکترولیت مایع اکسایش-کاهش و نیمه هادی  $TiO_2$  است، در اینجا صورت می گیرد.

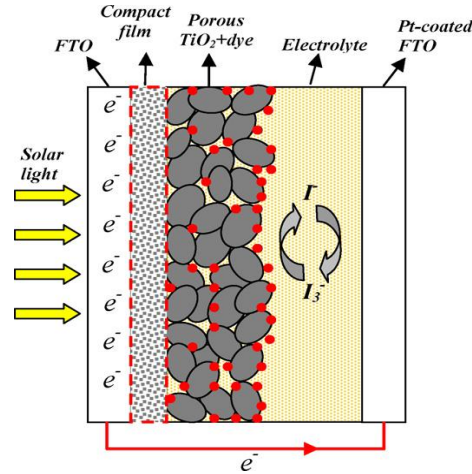
نقش الکترولیت، مانند نقش فلز در سلول های معمولی، جابجایی الکترونها است. راندمان این سلول ها در حدود ۱۰٪ بوده و فناوری تولید آنها با ساختار نانو از نظر هزینه تولید مناسب است و علیرغم سطح پایین راندمان، از پتانسیل لازم برای پیشرفت برخوردار می باشد. در شکل (۲-۵) روند انتقال بار در این سلول ها نشان داده شده است.

در شکل (۲-۶) دیاگرام شماتیک نحوه عملکرد سلول های خورشیدی نانو ساختار  $TiO_2$  نشان داده شده است.

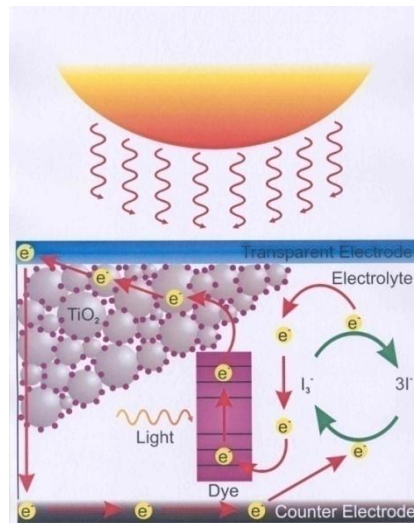
1- Dye Sensitized Material

2- Dye Sensitized Solar Cell

در منابع علمی از این سلول ها با عنوان نانوسل<sup>۱</sup> و سلول های آلی فتوولتائیک<sup>۲</sup> نیز نام برده شده است.



شکل (۲-۵): روند انتقال بار در سلول های خورشیدی بر پایه  $TiO_2$



شکل (۲-۶): دیاگرام شماتیک نحوه عملکرد سلولهای خورشیدی نانو ساختار  $TiO_2$  [۲۰]

- 1- Nano Cell
- 2- Organic PV

#### ۴- سلول‌های پلیمری

پلیمرهای نیمه‌هادی عمدتاً مولکولهای آلی نظیر پلی فنیلن و نیلین می‌باشند که ساختاری مشابه با سیلیکون ایجاد می‌کنند. لایه‌های بسیار نازکی از این مولکولها در ساخت اینگونه سلول‌ها به کار می‌روند. تولید آنها ارزان بوده، اما بازدهی آنها پایین بوده و به رطوبت هوا نیز حساس می‌باشند.

#### ۵- نقاط کوانتومی<sup>۱</sup>

این نقاط کریستالهای نیمه هادی در مقیاس نانومتری با طیف های جذبی و نشری متفاوت هستند که به اندازه ذرات آنها بستگی دارد. به دلیل کوچکی این ذرات، بازدهی انرژی آنها بیشتر بوده و می‌توانند به ازای هر فوتون تا سه الکترون تولید کنند. این درحالی است که فناوری سیلیکون موجود به ازاء هر فوتون تنها یک الکترون ایجاد می‌شود. هم چنین این نقاط کوانتومی را می‌توان در شبکه های مختلف و به صورت فیلم‌های لایه نازک به کار برد. بدین ترتیب با استفاده از ذراتی با اندازه‌های مختلف در لایه‌های روی هم انباشته می‌توان موجبات جذب محدوده وسیع‌تری از طیف نوری را فراهم آورد. ماکزیمم راندمان نظری یک سلول خورشیدی با نقاط کوانتومی می‌تواند تا ۸۶/۵٪ نیز برسد.

#### ۶- چاه‌های کوانتومی<sup>۲</sup>

این چاه‌های کوانتومی در لایه‌های بسیار نازکی در مواد نیمه‌هادی با شکاف باند<sup>۳</sup> کم بین مواد دیگری با شکاف باند بیشتر ساندویچ شده‌اند، شکل می‌گیرند. این لایه‌ها هم‌چنین امکان جذب مقدار بیشتری از نور را فراهم می‌کنند.

#### ۷- سلول‌های خورشیدی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی [۲۴ و ۲۵]

دلیل استفاده از نانولوله‌های کربنی در طراحی و ساخت نسل جدید صفحات خورشیدی آن است که بتوان راندمان تولید انرژی الکتریکی را بطرز قابل توجهی افزایش داد. براین اساس محققان دانشگاه کورنل با توجه به نواقص موجود در فناوری فعلی تولید سلول‌های خورشیدی، تلاش گسترده‌ای برای استفاده از نانولوله‌های کربنی در ساختار این صفحات آغاز کرده اند. با

1- Quantum Dots

2- Quantum Wells

3- Band Gap

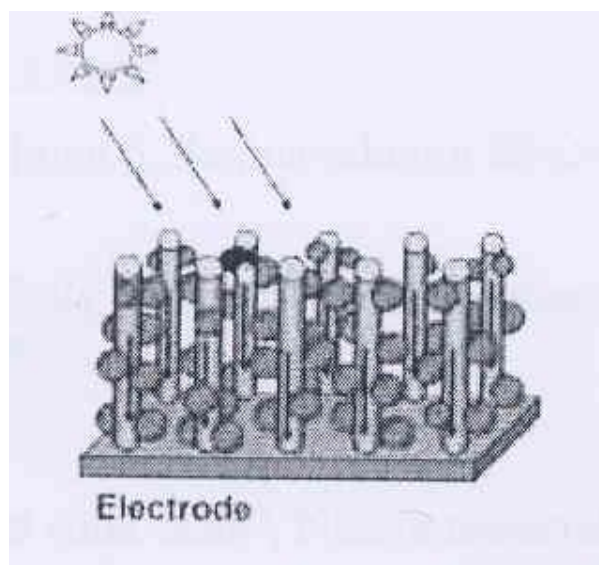


وجودیکه سیلیکون بعنوان ماده ارزشمندی که از آن برای ساخت صفحات خورشیدی استفاده می شود، اما گران قیمت بودن آن و پایین بودن نسبی راندمان تولید انرژی الکتریکی از جمله موانعی است که باعث شده استفاده از نانولوله‌های کربنی در حل مشکلات مربوطه، در ساخت سلول‌های خورشیدی مطرح شوند. نانولوله‌های کربنی ساختارهای خود سامانی هستند که از صفحات اتمی کربن شش ضلعی که به شکل استوانه‌هایی قرار گرفته اند، ساخته می‌شوند. نانولوله‌ها به عنوان مدل‌هایی از دانش نانو و شاخه‌های مرتبط با آن توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. این علاقه ویژه به نانولوله‌ها از ساختار و ویژگی‌های بی‌نظیر آنها مانند اندازه بسیار کوچک، حالت نیمه‌هادی آنها بر حسب شکل هندسی‌شان و برخورداری از خواص منحصر بفردشان نشأت می‌گیرد. علاوه بر این مورفولوژی خاص این مواد و در دسترس بودن سطوح داخلی و خارجی آنها برای افزودن عوامل شیمیایی و اصلاح این سطوح، کاربردهای جدیدی را برای این مواد از جمله استفاده از آنها در سلول‌های خورشیدی فراهم آورده است. در این راستا نانولوله‌های کربنی تک دیواره به عنوان بهترین گزینه برای استفاده که سلول‌های خورشیدی شناخته شده‌اند که در مقایسه با سایر سلول‌های خورشیدی از مزایای قابل توجهی برخوردارند. دلیل استفاده از نانولوله‌های کربنی آن است که این ماده قابلیت چشمگیری در جذب انرژی فوتون نوری دارد که این خود ارتباط مستقیم با تولید حجم بالاتری از انرژی الکتریکی دارد. ایده استفاده از نانولوله‌های کربنی الهام گرفته از کار یک دیود ساده بود که جریان را تنها در یک جهت عبور می‌دهد، با این تفاوت که بتوان چیزی مشابه دیود ساخت تا از آن بتوان نور را تاباند. بر این اساس محققان با تاباندن پرتوهای لیزر بر روی نقاط مختلف نانولوله‌ها به این موضوع پی بردند که انرژی فوتون تابیده با جریان عبوری رابطه مستقیم دارد.

در واقع ساختار استوانه‌ای باریک نانولوله‌های کربنی باعث فشرده شدن مرتب الکترون‌ها در هریک از آنها می‌شود. الکترون‌هایی که در طول نانولوله‌ها حرکت می‌کنند، باعث تحریک شدن الکترونی جدید برای ادامه جریان می‌شوند. هم چنین لازم بذکر است که الکترون‌ها با استفاده از انرژی اضافی که نور به آنها می‌دهد، الکترونی جدید را به جریان می‌اندازند. به زبان ساده می‌توان گفت که در نانولوله‌های کربنی، الکترون‌ها در جریان هستند و این امکان را دارند که الکترون‌های بیشتری را تولید کنند که البته این صرفاً به واسطه انرژی است که از پرتوهای خورشیدی دریافت می‌کنند. در شکل (۲-۷) نحوه انتقال الکترون در ساختار نانولوله‌های کربنی بصورت شماتیک نشان داده شده است.

از دیگر مزایای این سیستم آن است که در این صفحات تقریباً گرمای زائدی تولید نمی‌شود که برای خنک کردن سیستم نیاز به استفاده از سیستم‌های خنک کننده باشد. نتیجه آن صرفه جویی قابل توجه در مصرف و اتلاف انرژی است. البته استفاده از

این فناوری هنوز تجاری نشده و توسعه آن مستلزم توسعه سایر فناوری‌های مرتبط است و در حال حاضر در مراحل تحقیقاتی و آزمایشگاهی است. اما نتایج بررسی‌ها، خبر از ایجاد تحولی عظیم را در ساخت سلول‌های خورشیدی می‌دهد. علاوه بر اینکه استفاده از این نوع سلول‌های خورشیدی هیچ محدودیتی را نیز شامل نمی‌شود و در طیف گسترده‌ای از موارد نیز می‌تواند به کار رود و مستلزم تلاش بزرگ و بین‌المللی می‌باشد.



شکل (۲-۷): نحوه انتقال الکترون در ساختار نانولوله‌های کربنی [۲۴]

### -انرژی باد

استفاده از انرژی باد در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است و منجر به گسترش چالش‌های مربوط به ظرفیت تحمل بار مکانیکی مواد و قطعات شده است. استفاده از فناوری نانو می‌تواند راه‌حل مناسبی برای این منظور باشد. استفاده از نانوذرات در ساخت پره توربین بادی می‌تواند منجر به افزایش استحکام و خواص مکانیکی و افزایش طول عمر قطعه شود [۱۳].

### -پیل سوختی

یکی از مهمترین پیشرفت‌های صورت گرفته از حیث بالا بردن راندمان تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست، ساخت و پیشرفت تکنولوژیکی پیل‌های سوختی است.

از فناوری نانو در ساخت اجزاء مختلف پیل‌های سوختی شامل الکترودها، الکترولیت و ذخیره‌سازی هیدروژن به سبب آرایه مزایایی از جمله افزایش عمر مفید پیل‌ها و راندمان تولید انرژی الکتریکی می‌توان استفاده کرد. از این فناوری در ساخت قطعه و پوشش الکتروود و ساخت الکترولیت و افزودنی‌های کاتالیستی می‌توان بهره برد. در آندها و کاتدهای سرمتی با ابعاد دانه‌ای در حد نانومتر ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این حالت مقاومت در سطح مشترک الکتروود- الکترولیت نسبت به الکترودهای معمولی کمتر شده و در نتیجه هدایت الکترونی و خواص سطحی الکترودها بهبود می‌یابد. از طرف دیگر استفاده از الکترودهای نانو ساختار باعث می‌شود که اکسیداسیون رسوب‌های کربنی تشدید و بالتبع از میزان رسوب‌گذاری کربن بر روی الکترودها در حین کار کاسته شود.

از جمله اهداف تحقیقات مربوط به الکترولیت‌ها، کاهش دمای کاری و ابعاد پیل‌ها بوده است. با توجه به کافی نبودن هدایت YSZ در دماهای پایین، موادی نظیر  $CeO_2$  تقویت شده با عناصر و ترکیبات مختلف از قبیل ساماریم، گادولینیم، ایتریم و ایتیریا مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که کنترل ابعاد مرزهای حاصل از حضور ذرات تقویت کننده در ابعاد نانومتر تأثیر زیادی بر روی هدایت یونی و انرژی اکتیواسیون دارد، اما افزایش حضور ذرات تقویت کننده تا حد معینی موجب افزایش هدایت یونی و کاهش انرژی اکتیواسیون می‌شود. از جمله مواد دیگری که بعنوان الکترولیت پیشنهاد شده است اکسید گادولینیم سریم (CGO) می‌باشد.

لازم بذکر است پیل‌های سوختی SOFC معمولاً به تنهایی استفاده نمی‌شوند، بلکه اجزاء دیگری نیز به آن اضافه می‌شوند که عملکرد پیل را تسهیل و بهینه کنند. از جمله این اجزاء ذخیره‌سازی هیدروژن بعنوان سوخت این پیل‌ها است. یکی دیگر از کاربرد های نانوفناوری در زمینه فن آوری ذخیره سازی هیدروژن است که شامل استفاده از نانولوله های کربنی تک دیواره می‌شود. از دیگر موارد کاربردی نانولوله‌های کربنی می‌توان به استفاده از آنها بعنوان حامی<sup>۱</sup> برای کاتالیست های مورد استفاده در کاتد پیل‌های سوختی مستقیم متانول<sup>۲</sup> (DMFC) به دلیل فعالیت بالاتر واکنش احیای اکسیژن، هدایت الکتریکی بالاتر و کارکرد بهتر این پیل‌ها می‌باشد [۵ و ۱۲].

1- Support

2- Direct Methanol Fuel Cells

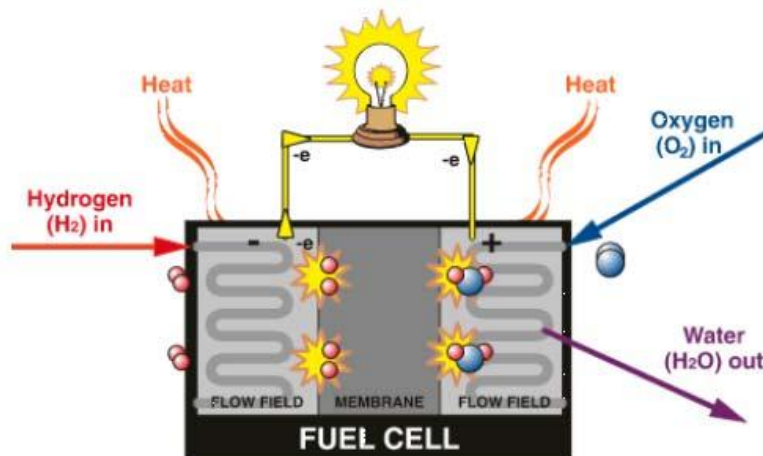
پیل سوختی منبعی برای تولید انرژی است که مانند یک باتری کار می‌کند، با این تفاوت که با هیدروژن و اکسیژن (هوا) تغذیه شده است و بصورت مداوم برق تولید می‌کند. در پیل سوختی در اثر بهم رسیدن هیدروژن و اکسیژن، برق، آب و حرارت ایجاد می‌شود.

یک پیل سوختی شامل یک آند و یک کاتد است که توسط الکترولیت از یکدیگر جدا شده‌اند [۲۶].

در شکل (۸-۲) نمایی از یک پیل سوختی ارائه شده است.

سوخت و خوراک پیل سوختی که همان گاز هیدروژن است به آند داده می‌شود که از طریق یک واکنش شیمیایی، الکترونیهای خود را از دست داده و به یون هیدروژن و الکترون تبدیل می‌گردد. الکترونها خود را از راه مدار و یونهای هیدروژن بواسطه الکترولیت خود را به کاتد می‌رسانند. الکترون‌های وارد مدار شده جریان الکتریکی را برقرار می‌کنند و یونهای هیدروژن مهاجرت کرده در کاتد با الکترون و اکسیژن یکی شده و تبدیل به آب می‌شوند. مقدار برق تولید شده متناسب با تعداد واحدهای پیل سوختی است که بر روی هم انباشته و تشکیل یک بسته پیل سوختی را داده‌اند.

پیل‌های سوختی با توجه به کاربرد مورد نظر انواع مختلفی دارند که در این میان در صنعت برق، پیل سوختی دما بالا برای مصارف نیروگاهی مطرح می‌باشد و عمدتاً از پیل‌های  $\text{SOFC}^{(۱)}$  (اکسید جامد) در این رابطه استفاده می‌گردد.

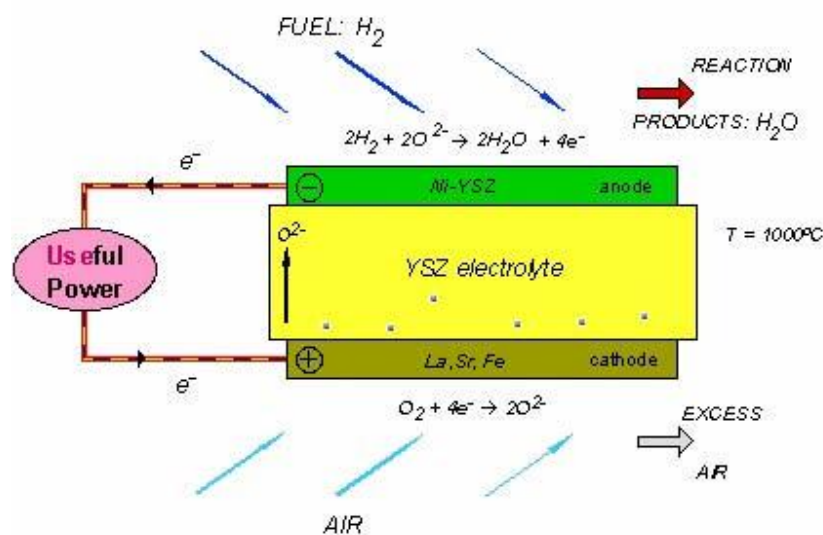


شکل (۸-۲): نمایی از یک پیل سوختی [۲۶]

از مزایای پیل های SOFC نسبت به انواع دیگر پیل های سوختی، می توان به واسطه دارا بودن ماکزیمم راندمان، قابلیت کار با انواع گسترده ای از سوخت ها از جمله گاز طبیعی و هیدروژن، تشعشعات صوتی کم، بالا بودن دمای کاری و قابلیت بازیابی حرارت دفع شده و استفاده در نیروگاه های سیکل ترکیبی و اطمینان از عدم نشر آلودگی های مخرب محیط زیست اشاره کرد [۲۷].

علاوه بر مزایای ذکر شده، تولید و گسترش استفاده از این پیل ها می تواند برای ایران نیز منافع بسیار بیشتر از سایر کشورها داشته باشد. زیرا از این فناوری علاوه بر دستاوردهای زیست محیطی و استراتژیک می توان برای ایجاد و گسترش شبکه تولید انرژی غیر متمرکز و پراکنده نیز استفاده کرد و انرژی مورد نیاز صنایع، شهرها و روستاها را در جای جای کشور تأمین نمود. لذا در درازمدت در هزینه گسترش و نگهداری شبکه توزیع برق در کشور نیز صرفه جویی قابل ملاحظه ای نیز صورت خواهد پذیرفت. روند کاملاً رو به رشد تحقیقات در این زمینه که مرهون افزایش توجه به مقوله منابع پاک تأمین انرژی با ایجاد آلاینده های بسیار کم است، نوید پیشرفت و شکوفایی قابل توجهی را در این زمینه می دهد.

اجزای پیل های سوختی SOFC در شکل (۹-۲) به طور شماتیک نشان داده شده اند.



شکل (۹-۲): نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل های سوختی SOFC [۲۷]

کاتد معمولاً شامل ترکیبی از مگنتیت لاتانیم ( $\text{LaMnO}_3$ ) تقویت شده با عناصر قلیایی خاکی همچون استرانسیم و آند از مواد سرمتی نظیر Ni/YSZ ساخته می‌شود. هم چنین با توجه به اینکه الکترولیت از جمله کلیدی‌ترین و حساس‌ترین اجزاء این پیل‌ها می‌باشد که دمای کاری پیل را نیز مشخص می‌کند، لازم است تنها به یونهای مجاز اجازه حرکت از آند به کاتد را بدهد. در این رابطه معمولاً از مواد اکسیدی نظیر زیرکونیای پایدار شده با ایتریا (YSZ) که عملکرد خوبی را نیز ارائه داده است، بعنوان الکترولیت استفاده می‌شود.

اما از فناوری نانو در ساخت اجزاء مختلف پیل‌های سوختی شامل الکترودها و الکترولیت به سبب ارائه مزایایی از جمله افزایش عمر مفید پیل‌ها و راندمان تولید انرژی الکتریکی نیز می‌توان استفاده کرد. در پیل‌های سوختی برای انجام واکنشها لازم است الکترودها بسیار متخلخل با قابلیت نفوذ دهندگی بالای گاز (هوا و سوخت) باشند، رطوبت جذب نکرده و در عین حال طول عمرشان زیاد باشد. از این رو به سبب بالا بودن نسبت سطح به حجم ذرات نانو و توانایی بسیار زیاد در ایجاد و ساختارهای متخلخل به این مواد توجه زیادی شده است.

در این رابطه آندها و کاتدهای سرمتی با ابعاد دانه‌ای در حد نانومتر ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این حالت مقاومت در سطح مشترک الکترودها-الکترولیت نسبت به الکترودهای معمولی کمتر شده و در نتیجه هدایت الکترونی و خواص سطحی الکترودها بهبود می‌یابد. از طرف دیگر استفاده از الکترودهای نانو ساختار باعث می‌شود که اکسیداسیون رسوبهای کربنی تشدید و بالتبع از میزان رسوب‌گذاری کربن بر روی الکترودها در حین کار کاسته شود. از جمله اهداف تحقیقات مربوط به الکترولیت‌ها، کاهش دمای کاری و ابعاد پیل‌ها بوده است. با توجه به کافی نبودن هدایت YSZ در دماهای پایین، موادی نظیر  $\text{CeO}_2$  تقویت شده با عناصر و ترکیبات مختلف از قبیل ساماریم، گادولینیم، ایتریا و ایتریا مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که کنترل ابعاد مرزهای حاصل از حضور ذرات تقویت کننده در ابعاد نانومتر تأثیر زیادی بر روی هدایت یونی و انرژی اکتیواسیون دارد، اما افزایش حضور ذرات تقویت کننده تا حد معینی موجب افزایش هدایت یونی و کاهش انرژی اکتیواسیون می‌شود. از جمله مواد دیگری که بعنوان الکترولیت پیشنهاد شده است اکسید گادولینیم سریم (CGO) می‌باشد.

این ماده در دماهای میانی هدایت یونی بسیار خوبی در مقایسه خوبی در مقایسه با YSZ دارد، اما مشکل عمده آن احیاء شدن در دماهای بالا و فشار اکسیژن کم و آلوده شدن آن است. مشکل دیگر سینتر شدن است چرا که برای چگال شدن<sup>۱</sup> بایستی در دماهای بالا قرار گیرد که این مسأله باعث رشد دانه می شود. با ادامه مطالعات در پی یافتن الکترولیت نانو ساختار مناسب، استفاده از الکترولیت های نانوساختار کامپوزیتی پایه سریا پیشنهاد گردید که باعث افزایش توان، کاهش دمای کاری و افزایش راندمان پیل های SOFC می شود.

این مواد با اختلاط سریای نانوساختار تقویت کاتیونی شده با نمکهای مختلفی مثل کلریدها و کربناتها یا با اکسیدهای دو عنصر نادر خاکی پایه سریا ساخته می شوند. در این الکترولیت ها فاز نانوساختار سریای تقویت شده، هدایت یون اکسیژن بالایی دارد. درحالی که فاز نمک، هدایت پروتونی خوبی دارد که در دماهای پایین تر واکنش الکتروکاتالیز/ الکترولیت را افزایش داده و در نتیجه سرعت تبادل جریان را تغییر داده و منجر به خروجی بالاتری می شود.

نتیجه تحقیقات نشان داده است که رفتار الکترولیت های کامپوزیتی نانوساختار از الکترولیت های برپایه سریای تقویت شده YSZ بهتر می باشد.

لازم بذکر است پیل های سوختی SOFC معمولاً به تنهایی استفاده نمی شوند، بلکه اجزاء دیگری نیز به آن اضافه می شوند که عملکرد پیل را تسهیل و بهینه کنند. از جمله این اجزاء ذخیره سازی هیدروژن بعنوان سوخت این پیل ها است. یکی دیگر از کاربرد های نانوفناوری در زمینه فن آوری ذخیره سازی هیدروژن است که شامل استفاده از نانولوله های کربنی تک دیواره می شود.

از دیگر موارد کاربردی نانولوله های کربنی می توان به استفاده از آنها بعنوان حامی<sup>۲</sup> برای کاتالیست های مورد استفاده در کاتد پیل های سوختی مستقیم متانول<sup>۳</sup> (DMFC) به دلیل فعالیت بالاتر واکنش احیای اکسیژن، هدایت الکتریکی بالاتر و کارکرد بهتر این پیل ها می باشد [۲۱ و ۲۲].

لذا با توجه به اهمیت نانولوله های کربنی و آرایه کاربردهای بی نظیر در صنعت برق در ادامه به توضیح راجع به آنها پرداخته می شود.

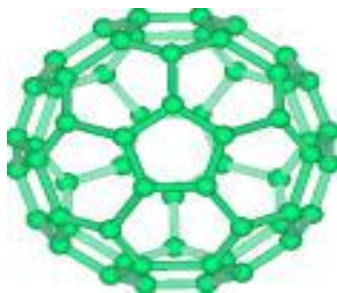
1- Dense

1- Support

2- Direct Methanol Fuel Cells

### – نانولوله‌های کربنی [۳۰، ۳۱، ۳۲]

نانولوله‌های کربنی، لوله‌های کاملاً مستقیم با قطری در حدود نانومتر و ویژگی‌های نزدیک به الیاف ایده‌آل گرافیت هستند. این نانولوله‌ها از صفحات کربن به ضخامت نانومتر و به شکل استوانه‌های توخالی ساخته شده‌اند. الماس و گرافیت دو شکل شناخته شده کربن و شکل‌های جدید کربن، نانولوله‌ها و فولرین هستند. فولرین یک مولکول بسته با اتمهای کربن سه وجهی کروی یا تقریباً کروی است. بهترین مثال شناخته شده C60 می‌باشد که شامل دوازده حلقه پنج وجهی و بیست حلقه شش وجهی است. (مطابق شکل (۲-۱۰))



شکل (۲-۱۰): فولرین C60 [۳۰]

خواص منحصر بفرد نانولوله‌های کربنی از نظر مکانیکی و الکتریکی باعث شده است کاربردهای وسیعی را به خود اختصاص دهند.

نانولوله‌ها به دودسته تک دیواره (SWNT)<sup>۱</sup> و چند دیواره (MWNT)<sup>۲</sup> تقسیم بندی می‌شوند. نانولوله‌های تک دیواره برحسب آرایش اتمهای کربنی مقطع لوله، به ۳ دسته مهم Armchair و Chiral که خاصیت فلزی دارند و ZigZag که خاصیت نیمه هادی دارد، تقسیم می‌شوند.

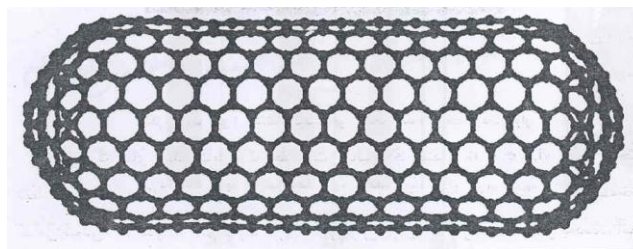
نانولوله‌های کربنی تک دیواره فقط از کربن و یک ساختار ساده شامل ورق ای از شش ضلعی‌های منظم تشکیل شده‌اند. در شکل (۲-۱۱) تصویری از نانولوله‌های کربنی تک دیواره ارائه شده است.

1- Single Wall Nano Tube

2- Multi Wall Nano Tube

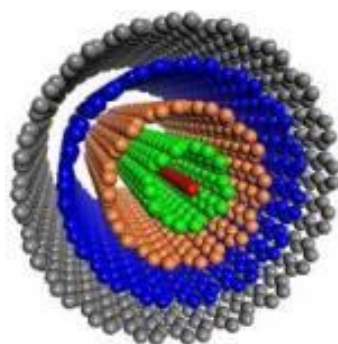


نانولوله‌های کربنی چند دیواره از لوله‌های تودرتوی هم محور تشکیل شده اند. قطر آنها معمولاً در محدوده ۱۰-۲۰nm فاصله بین لوله ها  $3/4A^\circ$  (کمی بیشتر از فاصله بین لایه‌ها در گرافیت) می‌باشد. در شکل (۲-۱۲) تصویری از نانولوله های کربنی چند دیواره نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۱): نانولوله تک دیواره [۳۱]

در مقایسه این دو نوع نانولوله می‌توان گفت نانولوله‌های تک دیواره، استوانه‌های بدون درزی هستند که از لوله شدن ورقه گرافیتی بوجود آمده‌اند که بواسطه قطر بسیار کوچک (تا حد  $0/7nm$ ) و طول نسبتاً زیادی (تا حد میکرومتر) آنها را میتوان بصورت سیم های یک بعدی توخالی در نظر گرفت.



شکل (۲-۱۲): نانو لوله چند دیواره [۳۲]

نتیجه برخی از تحقیقات نشان داده است که نانولوله های تک دیواره می‌توانند هادی یا نیمه‌هادی باشند که البته هدایت الکتریکی آنها بستگی به هندسه دقیق اتمهای کربن دارد. البته تولید آنها دارای هزینه بالایی است و تولید به همراه پایدار کردن خواص آنها درحین فرآوری پلیمر - نانولوله مشکل می باشد. برعکس آسان تر بودن روش تولید و تجاری بودن نانولوله های کربن چند دیواره باعث شده که پیشرفتهای زیادی در این زمینه وجود داشته باشد. اما از جمله معایب آنها نسبت به نوع

تک دیواره، استحکام کمتر آنها به دلیل ضعیف بودن پیوندهای صفحات داخلی می‌باشد. اما از آنجائیکه در حال حاضر کاربردهای نانولوله‌ها در تقویت پلیمرها باعث بهبود خواص حرارتی و الکتریکی می‌شود تا بهبود خواص مکانیکی، کاربرد آنها بسیار بیشتر است. لذا دلیل قیمت کمتر و تجاری شدن آنها به این دلایل است.

نانولوله‌های کربنی چند دیواره توسط برخورد قوس الکتریکی بین الکترودهای گرافیت در فشار حدود ۵۰۰torr از هلیوم تهیه می‌شوند. علاوه بر این روش این نانولوله‌ها همچنین می‌توانند بوسیله الکترولیز نمکهای هالید ذوب شده با الکترودهای کربن تحت اتمسفر آرگن نیز تهیه شوند.

روش‌های سنتز نانولوله‌های کربنی تک دیواره متنوع بوده و می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- تخلیه قوس الکتریکی<sup>۱</sup>

۲- تبخیر لیزری<sup>۲</sup>

۳- رسوب گذاری شیمیایی - حرارتی بخار<sup>۳</sup>

۴- رسوب گذاری شیمیایی - پلاسمایی بخار<sup>۴</sup>

۵- رسوب گذاری شیمیایی مایکرو ویو بخار<sup>۵</sup>

۶- سنتز الکتروشیمیایی<sup>۶</sup>

از میان روشهای مذکور سه مورد اول از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشند. وجود یک سری خواص ویژه نانولوله های کربنی، آنها را به انتخاب ایده‌آلی برای بسیاری از کاربردها تبدیل کرده است. از جمله این خواص می‌توان به هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار خوب، وزن کم، پایداری شیمیایی بالا، چگالی سطحی بسیار بالا، قابلیت تولید ولتاژ و ذخیره سازی انرژی، استحکام و مقاومت کششی بالا، ممان مغناطیسی بالا و داشتن خاصیت ابررسانایی اشاره کرد.

1- Arc Discharge

2- Laser Vaporization

1- Thermal Chemical Vapor Deposition

2- Plasma CVD

3- Microwave CVD

4- Electrochemical Synthesis

بر این اساس کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی بسیاری برای آنها می‌توان متصور شد که برخی از آنها عبارتند از: ترانزیستورها، نمایشگرهای گسیل میدانی، حافظه‌ها، استحکام دهی کامپوزیت‌ها، ذخیره‌سازی هیدروژن برای پیل‌های سوختی، افزایش ظرفیت باتری‌ها، افزایش راندمان سلول‌های خورشیدی، رنگ‌های رسانا، فیلترهای هوشمند جاذب آلاینده‌ها و نانوسیم‌های مقاوم.

## ۲-۲-۲- شبکه انتقال و توزیع

شبکه‌های انتقال و توزیع شامل دو بخش پست و خط می‌باشد. یک پست روی هم رفته دارای تجهیزات سویچ، سیستم‌های حفاظت (پناه)، کنترل و همچنین یک یا چند ترانسفورماتور است. در پست‌های بزرگ از مدارشکن‌ها یا دژنکتور برای برش هرگونه اضافه جریان برخاسته از اتصال کوتاه یا اضافه بار بهره برده می‌شود. در پست‌های کوچکتر می‌توان از سکسیونر یا فیوز برای محافظت از مدارهای منشعب بهره گیرند. پست‌ها (معمولاً) دارای ژنراتور نیستند اگرچه نیروگاه‌ها شاید در نزدیکی خود پست داشته باشند. از دیگر موارد موجود در یک پست الکتریکی می‌توان تجهیزات نگهدارنده پایان خط، تابلوی فشار قوی، تابلوی فشار ضعیف، برقگیر، سیستم کنترل، تجهیزات مخابراتی و سیستم‌های اندازه‌گیری و مانیتورینگ، هادی‌ها و عایق‌ها (مقره‌ها و ایزولاتورها) را نام برد. همچنین ممکن است از تجهیزات دیگری مانند خازن‌های اصلاح ضریب توان یا تنظیم کننده ولتاژ نیز در پست استفاده شود.

فناوری نانو قابلیت کاربرد در ساخت قطعات این تجهیزات را دارد؛ همچنین در پوشش‌های هادی‌ها، مقره‌ها، برقگیر و کابل‌ها می‌تواند به کار گرفته شود. به عنوان مثال امروزه دستیابی به ریزساختار هموژن در مقیاس نانومتر و تأثیر نانو ساختار سازی بر خواص الکتریکی قرص‌های برقگیر موضوع تحقیقات جدید در این زمینه است. لازم بذکر است با استفاده از نانوفناوری امکان دستیابی به ۳۰٪ افزایش در خواص الکتریکی منتج وجود دارد. از دیگر مزایای استفاده از نانوفناوری در ساخت قرص‌های برق‌گیر اکسید روی می‌توان به کاهش ستون کیسینگ، کاهش جریان نشتی، زمان پاسخگویی سریع و کاهش مصرف انرژی درپروسه ساخت اشاره کرد.

خط نیز شامل دو بخش انتقال و توزیع است؛ بخش انتقال به دو بخش تجهیزات هوایی و زمینی تقسیم می‌شوند. تجهیزات هوایی شامل هادی‌های آلومینیمی و فولادی، مقره‌ها، پراک‌آلات، کلمپ‌ها، اتصال‌دهنده‌ها و هادی‌های هوایی (کابل‌های بدون

روکش، کابل‌های روکش‌دار، هادی‌های خودنگهدار و مسی) است و بخش تجهیزات زمینی شامل تیرهای بتنی و دکل‌ها می‌باشد.

بخش توزیع نیز به دو بخش تجهیزات هوایی و زمینی تقسیم می‌شوند. تجهیزات هوایی شامل هادی‌های هوایی (کابل‌های بدون روکش، کابل‌های روکش‌دار، هادی‌های خودنگهدار و کابل‌های زمینی)، پراق‌آلات و مقره‌ها است و بخش زمینی از دکل‌های بین جاده‌ها و پایه‌های کامپوزیتی، بتنی و فلزی تشکیل شده است.

در ساخت قطعات این تجهیزات، روکش‌های مقره‌ها، اتصال‌دهنده‌ها، هادی‌های هوایی روکش‌دار، کابل‌های زمینی، پایه‌های کامپوزیتی و بتنی و همچنین به عنوان افزودنی در ساخت تیرهای بتنی، پایه‌های کامپوزیتی و بتنی می‌توان از پتانسیل‌های فناوری نانو بهره برد.

روش‌ها و مواد مختلفی با استفاده از نانوفناوری برای رفع مشکلات مربوط به بتن و افزایش کارایی و دوام آنها در شرایط مختلف آب و هوایی با درجات مختلفی از آلودگی پیشنهاد شده‌اند. بعنوان مثال در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروف‌ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پراکندگی بتن ایفاء می‌کند. براین اساس میکروسیلیس با قطری در حدود ۱mm - ۰/۱ و دارا بودن ۹۰٪ اکسید سیلیس در ترکیب خود معمولاً به منظور افزایش عملکرد مواد سیمانی موجود در بتن در این صنعت به کار می‌رود. در این راستا محصول دیگری که نانوسیلیس نام دارد متشکل از ذراتی که شکل گلوله‌ای با قطر کمتر از ۱۰۰nm دارند، خواص و عملکرد بسیار بهتری را نشان می‌دهد که می‌توانند به دو صورت خشک پودری یا محلول معلق در مایع به ترکیب بتن اضافه شده و مورد استفاده قرار گیرند.

از دیگر مواد نانو ساختار مورد استفاده در بتن می‌توان به نانو ذرات رس که در ملات‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، اشاره کرد. تأثیر استفاده از این مواد بر روی ویژگی‌هایی کلیدی مرتبط با فرسایش بتن، مانند ممانعت از انتقال یونهای کلر، مقاومت در برابر CO<sub>2</sub>، پخش بخار آب، جذب آب و عمق نفوذ هدایت می‌شوند. بهره‌گیری از نانو ذرات اکسید تیتانیوم نیز برای بهبود ویژگی‌های بتن در نما بعنوان پوشش بازتاب‌کننده می‌تواند باشد. علاوه براین بواسطه واکنش‌های فوتوکاتالیستی این نانو ذرات قادر به تجزیه آلاینده‌ها از سطح بتن خواهند بود [۱۴].

## -نانوسیم‌ها [۳۳ و ۳۴]

معمولاً سیم به ساختاری گفته می‌شود که در جهت طولی گسترش داده شده باشد و در دو جهت دیگر بسیار محدود شده باشد. نانوسیم‌ها مانند نانو الیاف دارای ساختار تک بعدی می‌باشند. یکی از خواص اساسی و اصلی آنها، رسانایی الکتریکی می‌باشد. با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو انتهای این ساختارها و درامتداد طولی‌شان انتقال بار الکتریکی اتفاق می‌افتد.

از ویژگیهای نانوسیم‌ها می‌توان به نسبت بالای طول به قطر اشاره کرد. ( $L \gg D$ )

نانوسیم‌ها انواع مختلفی دارند که در این میان می‌توان به انواع فلزی، آلی و سیلیکونی اشاره کرد.

نانوسیم‌های فلزی بخاطر خصوصیات منحصر به فردشان، کاربردهای زیادی را به خصوص در قطعات الکترونیکی و کامپیوتری به خود اختصاص داده‌اند. در نانوسیم‌های آلی همانطور که از نام‌شان برمی‌آید، از ترکیبات آلی در ساخت نانوسیم بهره گرفته شده است. ویژگی بارز این سیم‌ها به رسانایی و هدایت حرارتی آنها مربوط می‌شود که به ساختار مونومرها و طرز آرایش آنها بستگی دارد. در این میان می‌توان به ترکیباتی چون الیگو فنیلین و نیلین اشاره کرد. نانوسیم‌های سیلیکونی به دلیل ماهیت غیر سمی خود بیشتر در عرصه پزشکی و تشخیص بیماریها کاربرد دارند.

با کوچکتر شدن سیستم‌های الکترونی و نوری به سمت مقیاس نانو، تولید نانوسیم‌ها جهت اتصال اجزاء آنها به یکدیگر امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. در مطالعات اخیر نشان داده شده است که نانوسیم‌های نیمه هادی اجزای بسیار مناسبی برای اتصال نانو سیستم‌های الکترونیکی و نوری هستند.

اجزاء برخی از این دستگاه‌ها نظیر ترانزیستورهای اثر میدانی<sup>۱</sup> (FET)، ترانزیستورهای دوقطبی، دیوارهای ساطع کننده نور<sup>۲</sup> (LED)، معکوس کننده‌ها<sup>۳</sup> و گیت‌های منطقی<sup>۴</sup> به وسیله نانوسیم‌های نیمه هادی مونتاژ می‌شوند. لازم بذکر است دانشمندان موفق شده‌اند نانوسیم‌های انعطاف پذیر و طولی را تولید کنند که طول‌های متغیری از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته که بواسطه افزایش سطح مؤثر بخاطر نازک و طولی بودنشان می‌توانند در طراحی سنسورهای بسیار حساس با پاسخ‌دهی سریع بکار روند.

1- Field effect Transistor

2- Light Emitted Diode

3- Inverters

4- Logic Gate

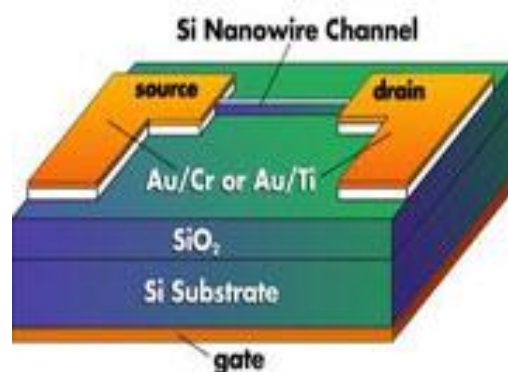
این نانوسیم‌ها هم‌چنین توانایی تولید اشعه ماوراءبنفش را نیز دارا می‌باشند. بدین ترتیب که نور می‌تواند از یک سر وارد نانو سیم شده و از انتهای سیم شروع به تابیدن کند. نانو سیم‌ها بدون هیچ اتلافی این نور را بطور مؤثری می‌توانند عبور دهند. این فناوری در تشخیص بیماریها مؤثر عمل نماید. بدین ترتیب که نور با برخورد به عامل بیماری زا یا ماده سمی می‌تواند شروع به تابیدن کند و سیستم هشدار دهنده بسیار سریعی را ایجاد نماید که بتواند بیماری را سریعتر از هر آزمایشی تشخیص دهد. حتی این نانو سیم‌ها را میتوان به درون ظریف‌ترین رگ‌های بدن فرستاد.

تولید نانوسیم‌های مغناطیسی نیز می‌تواند منجر به ساخت نوع جدیدی از حافظه‌های مغناطیسی شود که ظرفیت ذخیره سازی اطلاعات آن بسیار بالا باشد. نانوسیم‌هایی که از مواد نیمه هادی ساخته شده‌اند، ولی نمی‌توانند کاربردهای زیادی را در دستگاههایی نظیر نوک روبشگر میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی داشته باشند.

لازم بذکر است در ساخت نانوسیم‌های مقاوم می‌توان از نانولوله‌های کربنی نیز بهره گرفت.

آنچه برای تولید این نانوسیم‌ها ذکر شده شامل استفاده از یک قالب آلومینیایی با حفره‌های نانومتری می‌شود که مس یا طلا را با فرآیند رسوب دهی داخل این حفره‌ها می‌نشانند و سپس مجموعه را درون کوره‌ای که غنی از ترکیبات کربنی است قرار می‌دهند. وقتی کوره به دمای بالا رسید، اتمهای کربن در راستای دیواره قالب قرار گرفته و بدین ترتیب نانولوله‌های کربنی مستقیماً بالای نانوسیم‌های فلزی شروع به رشد می‌کند.

بدین ترتیب عمل اتصال بین نانولوله‌ها و نانوسیم‌ها و کنترل آن را در طول چند صد میکرون می‌توان به دقت انجام داد. لذا نانوسیم‌های مقاوم با ساختار هیبریدی ساخته شده از نانولوله‌های کربنی و مس یا طلا را میتوان تولید کرد. در شکل (۲-۱۳) تصویری از نانو سیم‌ها ارائه شده است.



شکل (۲-۱۳): تصویری از نانوسیم‌ها [۲۷]

## -نانو باطری‌ها [۳۵ و ۳۶]

از جمله کاربردهای نانو مواد در باطری‌ها می‌باشد واز آنجائیکه باطریهای یونی لیتیومی بعنوان یکی از ادوات ذخیره سازی انرژی مطرح هستند، بهره گیری از نانو مواد به دلیل دارا بودن مساحت سطح و تخلخل بالا برای استفاده در این باطریها مناسب و مورد توجه می باشند .

استفاده از نانو مواد کامپوزیتی در صورتیکه شامل مسیره‌های رسانای الکتریکی باشند، با کاهش مقاومت داخلی باطریهای یون لیتیومی میتوانند باعث افزایش ظرفیت ویژه باطری در جریانهای شارژ و دشارژ شوند. باطریهای قابل شارژ یون لیتیومی شامل الکتروود + بعنوان کاتد، یک الکتروود- بعنوان آند و الکتروولیت حاوی یون لیتیم هستند. از جمله موادی که بعنوان کاتد کاربرد دارند می توان به  $\text{LiCoO}_2$  و گرافیت بعنوان آند که هر دو سری پذیرنده یون لیتیم هستند، اشاره کرد.

در طی فرآیند شارژ، یونهای لیتیم از کاتد خارج شده و به طور همزمان به داخل آند (گرافیت) وارد می شوند و با کوپل شدن با الکترونها، خنثایی بار کل را حفظ می کنند.

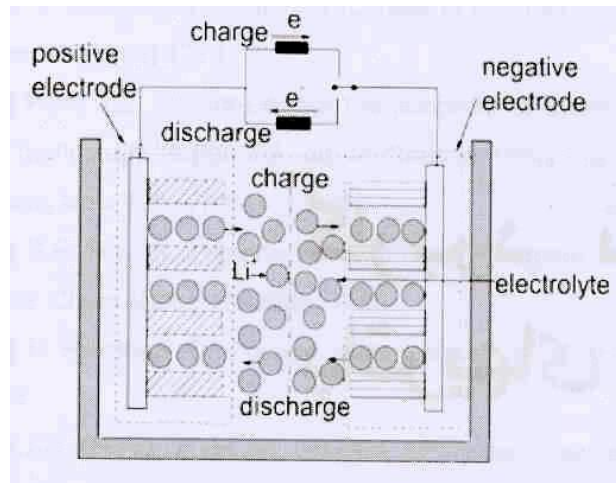
در طی فرآیند شارژ بطور عکس، یونهای لیتیم از آند خارج شده و به کاتد وارد می شوند.

این فرآیند ورود و خروج الکتروشیمیایی واکنش ردوکس<sup>۱</sup> ( اکسایش - احیاء) در فاز جامد است که شامل انتقال بار الکترو شیمیایی همراه با ورود یا خروج یونهای لیتیم متحرک به ساختمان (یا از ساختمان) یک پذیرنده جامد رسانا یونی و الکترونی است.

ترکیب اصلی ساختار الکتروودها بعد از ورود یا خروج یونهای لیتیم حفظ شده و تغییر پیدا نمی کنند.

در شکل (۲-۱۴) فرآیند شارژ و دشارژ برای یک باطری لیتیومی بطور شماتیک نشان داده شده است .

<sup>۱</sup>- Redox



شکل (۲-۱۴) فرآیند شارژ و دشارژ یک باتری لیتیومی [۲۸]

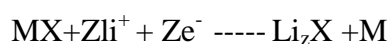
آنچه در ذخیره سازی انرژی توسط باتری ها حائز اهمیت است، چگالی انرژی ویژه (Wh/kg) و چگالی توان ویژه (W/kg) است که با استفاده از الکترودهای نانو ساختار دستیابی به مقادیر بالایی از آنها میسر است. مزایای بارز الکترودهای نانو ساختار عبارتند از:

- امکان انجام برخی واکنشهای جدید با الکترودهای نانو ساختار درحالی که انجام این واکنشها با مواد دیگر امکانپذیر نیست.

- سطح تماس بالای الکترودها با الکترولیت

- طول مسیر کوتاه برای انتقالات یون لیتیوم و الکترونها

در این راستا نانو ذرات تعدادی از اکسیدها، سولفیدها، فلورئیدها و نیتريد های فلزات واسطه می توانند بعنوان آند در باتریهای لیتیومی کارایی مناسبی را ارائه دهند. نتایج تحقیقات و مطالعات نشان داده است که الکترودهای ساخته شده از نانو ذرات اکسیدهای فلزات واسطه قادر به تامین ظرفیت ویژه بالا در حد  $700 \text{mAh/g}$  در بیش از حد چرخه شارژ و دشارژ هستند. واکنش بین ترکیبات فلزات واسطه و لیتیوم منجر به تشکیل نانو ذرات فلزی لحاظ شده در زمینه ماتریس  $\text{Li}_z\text{X}$  می شود. X می تواند O، S، F، یا N باشد. واکنش ترکیبات فلزات واسطه با لیتیوم در طی شارژ و دشارژ شامل تشکیل و تجزیه  $\text{Li}_z\text{X}$  همراه با کاهش اکسایش نانو ذرات فلزی است. این فرآیند می تواند به صورت واکنش زیر نوشته شود:

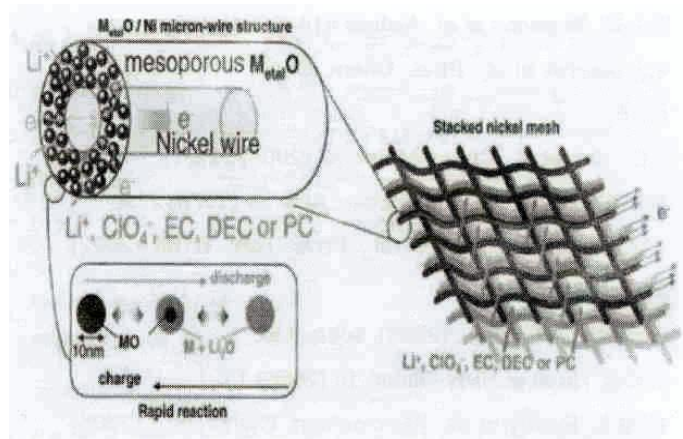


در اینجا M نشان دهنده فلز واسطه مانند Cu، Ni، Co، Fe و ... است.



تحقیقات و مطالعات زیادی درخصوص انتخاب ترکیبات مناسب با هدف افزایش چگالی ظرفیت ذخیره سازی انرژی و هم‌چنین پایداری چرخه‌ای خوب در طی شارژ و دشارژ در حال انجام است. هم‌چنین روشهای جدیدی نیز برای سنتز مواد نانو ساختار از قبیل  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ،  $\text{NiO}$  بر روی بستری از نیکل فلزی انجام گرفته که نتایج آنها حاکی از تشکیل مواد نانو ساختار و دستیابی به ظرفیت های ویژه بالا بوده است. بعنوان مثال در شکل (۲-۱۵) الکتروود باطری لیتیومی با چگالی توان و چگالی انرژی بالا را نشان می دهد.

هم‌چنین مشخص شده است نانوسیم‌های رسانا و نانولوله‌ها به‌عنوان پوشش برای انتقالات الکترونی بسیار مناسب هستند. در راستای افزایش ظرفیت باطری ها در ذخیره سازی انرژی، بهره گیری از مواد نانو ساختار، سنتز الکترودهای نانو کریستالی، استفاده از الکترودهای نانو کامپوزیت و ... همگی از جمله مهم ترین زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با نانو باطری‌های به حساب می آیند.



شکل (۲-۱۵): الکتروود باطری لیتیومی با چگالی توان و چگالی انرژی بالا [۳۶]

## -ابرخازن‌ها

خازن‌ها انرژی الکتریکی را بجای انرژی شیمیایی که در باتریها ذخیره می شد ذخیره می کنند و لذا می توانند توانی به مراتب بیش از باتریها داشته باشند. در عین حال این خازن‌ها چگالی انرژی پایینی داشته و لذا تنها می توانند بسته‌های پر انرژی کوتاهی دریافت و سپس خالی شوند؛ اما ابرخازن‌ها توانسته اند با دارا بودن ترکیبی از مزیت خازن‌ها و قابلیت ذخیره انرژی زیاد باتری‌ها، این مشکل را رفع کرده و آینده ی نوید بخشی برای ابزارهای پر مصرف به ارمغان می آورند.

ابرخازن‌ها بر خلاف خازن‌های معمولی از حجم کوچکی از الکترولیت استفاده می‌کند، بطوریکه این الکترولیت برای ذخیره سازی بار با سطح هر الکتروود برهم کنش داشته باشد. اصلی ترین عامل در تعیین چگالی بار و ماکزیمم توان خروجی، سطح هر الکتروود تشکیل دهنده خازن می باشد. ابرخازن‌ها از مواد نانو ساختار برای افزایش قابل توجه این سطح (مثلاً تا ۱۰۰۰ متر مربع بازا هر گرم کربن) استفاده می‌کنند. از آنجا که در خازن هیچ فرآیند الکتروشیمیایی وجود ندارد، ابرخازن‌ها دوام بیشتری نسبت به باتریهای قابل شارژ دارند و مجازاً می‌توان گفت که طول عمر نامحدودی دارند. نوعاً یک ابرخازن در عرض چند ثانیه در مقایسه با زمان شارژ باتری‌ها، که دقیقه‌ها یا ساعت‌ها به طول می‌انجامد، از بار پر می‌شود [۴،۲ و ۵].

در حال حاضر چندین صفحه الکتروود مختلف وجود دارد که هم در باتری‌های قابل شارژ و هم در ابرخازن‌ها در دست آزمایش اند که توصیفی از آنها در زیر می‌آید:

### نانو لوله های کربنی

سطح بزرگ و حفره‌ای بودن نانولوله های کربنی باعث می‌شود که آنها بتوانند مقدار بسیار بیشتری لیتیوم را نسبت به میله های گرافیتی معمول در خود جای دهند و بنابراین از چگالی توان بالقوه بیشتری هم برخوردار خواهند بود. در ابرخازن‌ها افزایش این سطح منجر به افزایش پیوسته ظرفیت می‌شود.

### آئروژل‌ها

این مواد، شبکه‌هایی با تخلخل بالا و معمولاً از ذرات کربن هستند که البته می‌توانند از جنس سیلیکون هم انتخاب شوند. ساختار این مواد بگونه ای است که می‌توانند تا ۹۹/۸٪ هوا بوده، سطح وسیعی داشته و مواد دیگری را هم در خود جای دهند.

### نانوکامپوزیت‌ها

این مواد شامل دو یا چند ماده متفاوت می‌باشند که کارکردهای متفاوتی از قبیل الکتریکی، زیرلایه ای داشته و نیز سطح بالایی هم دارند. مواد مختلف و ترکیب آنها هم اکنون برای ایجاد صفحاتی محکم برای باتریهای یون لیتیوم در دست توسعه اند. بعنوان مثال، نانوذرات اکسید فلزی بدلیل داشتن سطح بالا برای جادهی لیتیوم و الکتریکی الکتریکی عالی، در کاتد این باتری‌ها بکار می‌روند.

### مواد نانو بلوری

این مواد ساختار دقیق و تعریف شده ای دارند. ساختار آنها حفره ای بوده و سطح بالایی هم دارد که این هر دو از معیارهای اساسی برای الکتروود ابرخازن ها می باشد [۶۶].

#### -مقره‌های پرسلانی با لعاب نانو ساختار [۵۵]

مقره‌های پرسلانی که بصورت وسیعی در خطوط انتقال و توزیع نیرو استفاده می شوند تحت تنش های الکتریکی و محیطی قرار می گیرند. افت خواص و شکست آنها که معمولاً ناشی از آلودگی می باشد، مشکلات زیادی را در بسیاری از نقاط خصوصاً در نواحی با آلودگی زیاد به همراه دارد. در مناطق آلوده و مرطوب، ایجاد جریان نشست و تشکیل قوس باند خشک معمولاً منجر به ازبین رفتن مقره ها می گردد. توقف جریان، خارج شدن خطوط از مدار و از کار افتادن خط در این وضعیت بروز کرده که سبب ایجاد خسارت و صدمات اقتصادی زیادی می شود. یکی از راه حل های مناسب جهت جلوگیری از این امر اعمال لعاب نانو ساختار با ویژگی خود تمیز شونده و آبگریز است. این پوشش علاوه بر این ویژگیها، چسبندگی بسیار خوبی با سطح در مقره ها ایجاد می کند. زیرا ذرات نانومتری دارای انرژی اکتیواسیون بالایی می باشند.

هم چنین با وجود چنین لعابی در صورت نشست آلودگی بر سطح مقره ها در اثر برخورد نور خورشید این آلودگی به خودی خود تجزیه شده و با اولین بارندگی می تواند بطور خودکار شسته شود. البته قابل ذکر است تجزیه شدن آلودگی بدون حضور رطوبت نیز صورت می گیرد و به مرور زمان سطح از حضور آلودگی پاک شده واز سطح مقره کنده می شود. هم چنین در صورت استفاده لعاب های نانو ساختار نیاز به شستشوی مقره ها در فصول مختلف سال مرتفع شده، ضمن اینکه مشکلات تجزیه جزئی و قطع برق نیز ازبین می رود. شایان ذکر است با بهره گیری از نانوفناوری، نسبت تأثیر قیمت مواد اولیه در قیمت نهایی محصولات نسبت به گذشته بسیار کاهش یافته است و این روند نزولی همچنان ادامه دارد.

#### -قرص برق گیر با استفاده از نانو پودر ترکیبی اکسید روی [۵۶، ۵۷ و ۵۸]

در صنعت برق ترانس ها تجهیزاتی هستند که برای تبدیل ولتاژ بکار می روند و دسته ای از آنها که ولتاژ را نسبت به ولتاژ اولیه افزایش می دهند، ترانس های افزایش دهنده و دسته ای که ولتاژ را نسبت به ولتاژ اولیه کاهش می دهند به ترانس های کاهش دهنده معروف هستند. از آنجایی که ترانس ها یکی از گران ترین تجهیزات در بخش انتقال و توزیع هستند و از طرفی به تغییرات ولتاژ بسیار حساس بوده و افزایش ولتاژهای ناگهانی در خطوط انتقال سبب تخریب آنها می شود، لذا حفاظت از تخریب آنها در اثر افزایش

ولتاژهای ناگهانی ناشی از صاعقه و دیگر مواردی که می‌تواند در خطوط به وجود آید، امری ضروری می‌باشد. برای حفاظت ترانس‌ها نیاز به تجهیزاتی است که در حالت عادی و بهره‌برداری بصورت عایق عمل کرده و اجازه عبور ولتاژ بهره‌برداری را به ترانس بدهد و در مواقع غیر عادی که اضافه‌ولتاژی به خط انتقال برق داده می‌شود. بصورت یک هادی اتصال به زمین عمل کرده و اضافه‌ولتاژ اعمالی را از خود عبور دهد و به زمین هدایت کند و مجدداً پس از برقراری شرایط عادی به حالت اولیه باز گردد. نام این تجهیز می‌باشد که علاوه بر کاربرد بالا، می‌تواند از مدارهای الکتریکی در برابر ولتاژهای مازاد ناخواسته محافظت نماید.

وریستورها، ابزار سرامیکی الکتریکی هستند که تغییر ولتاژ را با استفاده از هدایت قوی ولتاژ شکست (Vc) محدود می‌کنند. هر وریستور از تعدادی قرص برق‌گیر تشکیل شده است. روند تهیه، اندازه کریستال‌ها و یکنواخت بودن ریزساختار و استفاده از افزودنی‌های مناسب از جمله عوامل مهم برای تولید بهتر قرص‌های محسوب می‌شود. از جمله عناصر افزونی می‌توان به اکسیدهای بیسموت، منگنز، کروم، نیکل و کبالت اشاره کرد. قرص‌های برق‌گیر با ریزساختار غیریکنواخت می‌توانند دلیل عریض شدن زیاد مشخصه جریان/ولتاژ باشند و این امر سبب از بین رفتن خواص وریستوری در طول کارکرد آن می‌شود. برق‌گیرهای مورد مصرف در صنعت برق دارای انواع مختلفی هستند که از آن جمله می‌توان به فاصله‌های هوایی، برق‌گیرهای کاربرد سیلیسیم و اشاره نمود.

برق‌گیرهای اکسید فلزی بعنوان نوع مدرن برق‌گیر مطرح هستند که دارای بلوک‌هایی با مقاومت الکتریکی غیرخطی و از جنس اکسید فلزات می‌باشند. این بلوک‌ها به MOV (Metal Oxide Varistor) مشهورند و به این علت که حدود ۹۵ درصد از مواد این بلوک‌ها را اکسید روی تشکیل می‌دهد به آنها ZnO نیز گفته می‌شود. اصول هدایت این نوع برق‌گیر بر اساس اثر وریستوری می‌باشد که از سینتر شدن اکسید روی با دیگر اکسیدهای فلزی حاصل می‌شود. دانه‌های اکسید روی به عنوان هادی عمل نموده در حالیکه اکسیدهای فلزی دیگر عایق خوبی نیستند. محل اتصال هر دو دانه اکسید روی در ناحیه‌ای به ضخامت ۱ نانومتر تشکیل یک میکرو وریستور را می‌دهد. هر میکرو وریستور دقیقاً با یک دیود زینر قابل مقایسه می‌باشد که ولتاژ شکست آن حدود ۳/۵ ولت می‌باشد [۶-۷]. در مجموع عملکرد هر بلوک وریستور اکسید فلزی حاصل عملکرد میکرو وریستورهای سری و موازی می‌باشد لذا نتایج زیر با توجه به اندازه و حجم یک بلوک وریستور قابل طرح کردن است:

ولتاژ هر میکرو وریستور مستقل از قطر هر دانه اکسید روی و حدود ۳/۵ ولت است.

یک بلوک اکسید روی با یک ارتفاع مشخص در صورت داشتن دانه‌های ریزتر ولتاژ شکست بالاتری خواهد داشت.

دو برابر کردن ارتفاع بلوک موجب دو برابر شدن سطح حفاظتی می گردد زیرا تعداد میکرو وریستورهای سری شده دو برابر شده است.

دو برابر کردن سطح مقطع بلوک موجب دو برابر شدن قابلیت عبور موج ضربه میگردد زیرا تعداد میکرو وریستورهای موازی شده یا تعداد مسیرهای موازی شده جریان دو برابر شده است.

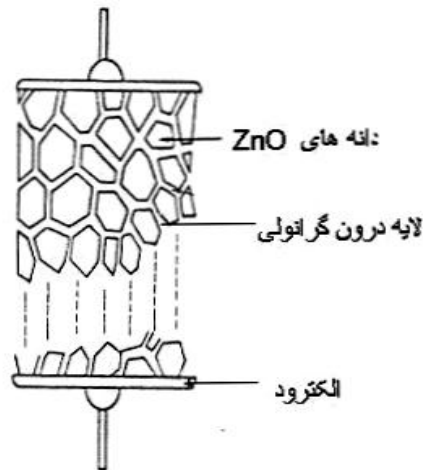
دو برابر شدن حجم بلوک موجب تقریباً دو برابر شدن قابلیت جذب انرژی می گردد زیرا تعداد جذب کننده های انرژی دو برابر شده است.

به طور کلی می توان عنوان نمود که وریستورهای اکسید روی قطعات سرامیکی هستند که توانایی حفاظت از مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی متناوب را در برابر ولتاژهای مازاد، که به طور ناخواسته توسط منبع ولتاژ وارد مدار می گردند، را دارا می باشند. دسته ای از آنها که برای حفاظت مدارهای ولتاژ بالا به کار می روند به وریستورهای ولتاژ بالا و گروهی که برای مدارهای ولتاژ پایین مانند مدارهای الکترونیک طراحی می شوند به وریستورهای ولتاژ پایین معروفند. شکل (۲-۱۶)، نمونه ای از انواع وریستورهای ولتاژ بالا را نشان می دهد.



شکل(۲-۱۶): وریستورهای اکسید روی ولتاژ بالا [۵۶]

وریستورهای سرامیکی اکسید روی خواص ولتاژ - جریان غیرخطی وسیعی را نشان می دهند و به عنوان محافظی در برابر عبور ولتاژ حین عبور از وسایل الکترونیکی محسوب می شوند. این وریستورها بوسیله سینترینگ میکروکریستال های اکسید روی به همراه برخی افزودنی ها مثل  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,... به دست می آیند. بزرگی قطر این وریستورها برای عبور دادن جریان های زیاد در مدارهای قدرت و بزرگی ضخامت، برای افزایش ولتاژ مشخصه (معروف به ولتاژ شکست) آنهاست زیرا مشخص شده که ولتاژ شکست این وریستورها وابسته به تعداد متوسط دانه های مابین دو الکتروود فلزی موازی است که در سطوح فوقانی و تحتانی قطعه (شکل (۲-۱۷))، قرار می گیرند. همچنین نشان داده شده است که در یک وریستور هر دانه اکسید روی خود به تنهایی یک وریستور است.



شکل (۲-۱۷): مدل ریزساختاری وریستورهای اکسید روی و الکتروودها

یکی از ویژگی های مهم و قابل توجه وریستورهای اکسید روی تغییر رفتار آنها از یک مقاومت بسیار بالا به یک هادی در مدت چند نانو ثانیه می باشد که نشانگر سرعت پاسخگویی فوق العاده آنها در برابر یک محرک خارجی است و به دلیل همین ویژگی ها این سرامیک الکتریکی در طبقه بندی مواد، در دسته مواد هوشمند قرار می گیرد. به طور کلی می توان عنوان نمود که برقگیرها باید قادر به حفاظت تجهیزات برقی در مقابل تخریب در اثر صاعقه باشند. از طرف دیگر نایستی در اثر بروز اشکالاتی در شبکه (مثل کلیدزنی یا اتصال فاز با زمین و یا ...) بی جا عمل نموده یا صدمه ببینند.

شکل (۲-۱۸) یک برق‌گیر الکتریکی را نشان می‌دهد که متشکل از چندین قرص وریتور است. این وسیله توانایی حذف تنش‌های ولتاژ را در محدوده یک ولتاژ خاص که معمولاً از مرتبه چند ده کیلوولت یا بالاتر است، دارا می‌باشد. واضح است که ولتاژ کار یک برق‌گیر متناسب با تعداد قرص وریتورهایی است که در آن به کار می‌رود بنابراین دیده می‌شود که جهت حصول یک ولتاژ خاص از قطعاتی با ارتفاع مختلف در یک برق‌گیر استفاده می‌شود. ارتفاع یک برق‌گیر می‌تواند تا چندین متر برسد.



شکل (۲-۱۸): مقطع برق‌گیر الکتریکی شامل قرص‌های وریتور اکسید روی و پوشش سرامیکی [۵۷]

مهمترین ویژگی وریتورهای اکسید روی رفتار مقاومتی آن می‌باشد بطوری که در دامنه‌های جریانی مختلف رفتار متفاوتی را از خود ارائه می‌دهد. همانگونه که در شکل (۲-۱۹) ملاحظه می‌گردد، اساساً این رفتار متغیر را می‌توان به سه ناحیه تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از:

الف- ناحیه خطی با چگالی جریان کم

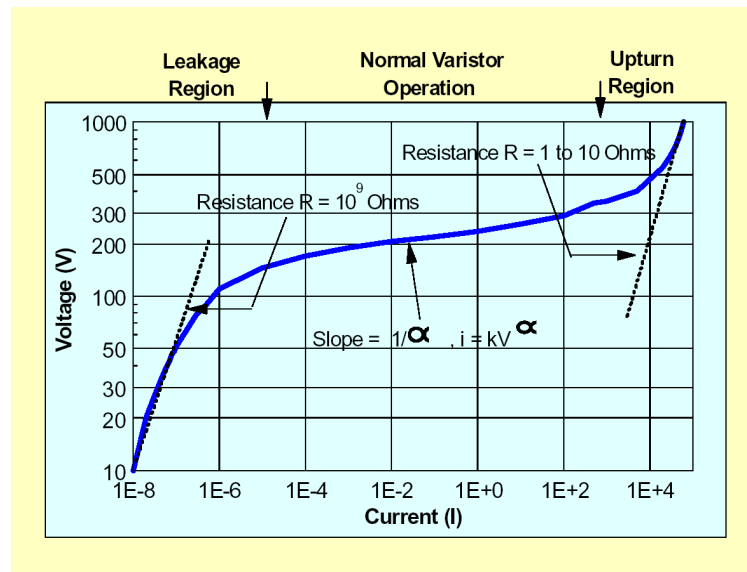
ب- ناحیه غیر خطی با چگالی جریان متوسط

ج- ناحیه صعود با چگالی جریان بالا

از آنجائیکه مقاومت برق‌گیر و ولتاژ شکست آن به شدت به ریزساختار وابسته است، لذا اندازه دانه، مرزدانه و هموژنیته ریزساختار بر روی خواص الکتریکی وریتور مؤثر بوده و از مهم‌ترین پارامترها در ساخت قطعه محسوب می‌شوند. در این راستا با

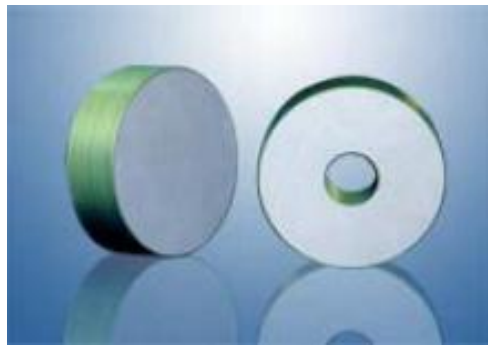
بهره‌گیری از نانوفناوری، علاوه بر موارد مذکور دما و زمان زنتیرینگ نیز می‌تواند کاهش یابد و خواص فیزیکی، مکانیکی و الکتریکی بهتری به دست آید.

امروزه دستیابی به ریزساختار هموژن در مقیاس نانومتر و تأثیر نانساختارسازی بر خواص الکتریکی قرص‌های برقگیر موضوع تحقیقات جدید در این زمینه است. لازم بذکر است با استفاده از نانوفناوری امکان دستیابی به ۳۰٪ افزایش در خواص الکتریکی منتج وجود دارد. از دیگر مزایای استفاده از نانوفناوری در ساخت قرص‌های برقگیر اکسید روی می‌توان به کاهش ستون کیسینگ، کاهش جریان نشتی، زمان پاسخگویی سریع و کاهش مصرف انرژی در پروسه ساخت اشاره کرد. در شکل (۲-۲۰) تصویری از قرص برقگیر نانساختار ارایه شده است. لازم به ذکر است این قرص ساخته شده حاصل کار پروژه‌ای بوده است که در گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو به انجام رسیده است.



شکل (۲-۱۹): منحنی I-V یک ورستور اکسید روی تحت یک میدان وسیع از نظر چگالی جریان و میدان ولتاژی [۵۷]





شکل (۲-۲۰): قرص برق‌گیر اکسید روی نانو ساختار [۵۸]

نتایج نشان داده است به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی و شیمیایی مطلوب نانو ذرات، استفاده از آنها در قرص‌های برق‌گیر باعث بهبود خواص الکتریکی آنها می‌شود. روش‌های متفاوتی برای تولید نانو ذرات اکسید روی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های رسوب‌دهی شیمیایی، Spray Pyrolysis, RF-Sputtering اشاره کرد.

#### – سازه‌های بتنی مقاوم بر پایه نانو مواد [۵۵ و ۵۹]

روش‌ها و مواد مختلفی با استفاده از نانوفناوری برای رفع مشکلات مربوط به بتن و افزایش کارایی و دوام آنها در شرایط مختلف آب و هوایی با درجات مختلفی از آلودگی پیشنهاد شده‌اند.

بعنوان مثال در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروف‌ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پراکندگی بتن ایفاء می‌کند. براین اساس میکروسیلیس با قطری در حدود ۱mm - ۰/۱ و دارا بودن ۹۰٪ اکسید سیلیس در ترکیب خود معمولاً به منظور افزایش عملکرد مواد سیمانی موجود در بتن در این صنعت به کار می‌رود. در این راستا محصول دیگری که نانوسیلیس نام دارد متشکل از ذراتی که شکل گلوله‌ای با قطر کمتر از ۱۰۰nm دارند، خواص و عملکرد بسیار بهتری را نشان می‌دهد که می‌توانند به دو صورت خشک پودری یا محلول معلق در مایع به ترکیب بتن اضافه شده و مورد استفاده قرار گیرند.

آزمایشات نشان داده‌اند واکنش نانو سیلیس کلئیدی با هیدروکسید کلسیم در مقایسه با واکنش میکروسیلیس سریع‌تر انجام می‌شود و در صورت استفاده از مقدار کمی از این مواد، همان تأثیر مقدار بسیار بالای میکروسیلیس را دارا می‌باشد.

با استفاده از نانو سیلیس می‌توان میزان تراکم ذرات را در بتن افزایش داده که این مسأله به نوبه خود به افزایش چگالی ساختار تشکیل دهنده بتن و در نتیجه بهبود خواص مکانیکی منجر می‌شود.

افزودن نانو سیلیس به مواد بر مبنای سیمان هم‌چنین موجب کنترل تجزیه شیمیایی ناشی از C-H-S (کلسیم - سیلیکات - هیدرات) که در اثر نشست کلسیم آب رخ می‌دهد، می‌شود و هم‌علاوه بر این از نفوذ آب به داخل بتن ممانعت به عمل می‌آورد که در هر دو صورت، دوام بتن افزایش می‌یابد.

در حال حاضر طرح کاربرد نانو سیلیس و تأثیر آن بر خواص بتن در بسیاری از کشورهای جهان در حال مطالعه و بررسی می‌باشد.

روش دیگر استفاده از نانولوله‌های کربنی است. نانولوله‌ها بعنوان نسل جدیدی از نانو کامپوزیت‌های چند منظوره می‌توانند بعنوان الیاف مسلح کننده در بتن بکار برده شوند. بطور کلی استفاده از نانو ذرات از جمله نانولوله‌های کربنی در بتن، هرچند که در واکنش‌های هیدراتاسیون شرکت نکنند، به دلیل نقشی که به لحاظ فیزیکی در پرکردن حفره‌های بسیار کوچک خمیر سیمان دارند، می‌توانند تأثیر مناسبی در بهبود ریزساختار و در نتیجه خواص مقاومتی و دوامی بتن داشته باشند.

در حال حاضر تحقیقات گسترده‌ای در خصوص کاربردهای نانولوله‌های کربنی به صورت تک دیواره یا چند دیواره در حال انجام است و با توجه به خواص بی‌نظیر این مواد، در صورت افزودن ۱-۵٪ وزنی از آنها به ماتریس بتن خواص نمونه‌ها بطور قابل توجهی بهبود می‌یابد.

از دیگر مواد نانو ساختار مورد استفاده در بتن می‌توان به نانو ذرات رس که در ملات‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، اشاره کرد. تأثیر استفاده از این مواد بر روی ویژگی‌هایی کلیدی مرتبط با فرسایش بتن، مانند ممانعت از انتقال یون‌های کلر، مقاومت در برابر CO<sub>2</sub>، پخش بخار آب، جذب آب و عمق نفوذ هدایت می‌شوند. نوعی حلال متشکل از رزین اپوکسی با وزن مولکولی پایین و نانو ذرات رس نتایج بسیار خوبی را در این رابطه می‌تواند ارائه دهد.

از جمله افزودنی‌های دیگر به بتن می‌توان به نانو ذرات اکسید آهن (هماتیت) اشاره کرد که در صورت اضافه کردن آنها به ماتریس بتن، علاوه بر افزایش مقاومت بتن، پایش سطوح تنش بتن از طریق اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی برشی امکانپذیر می‌باشد.

بهره‌گیری از نانو ذرات اکسید تیتانیوم نیز برای بهبود ویژگی‌های بتن در نما بعنوان پوشش بازتاب کننده می‌تواند باشد. علاوه بر این بواسطه واکنش‌های فوتوکاتالیستی این نانو ذرات قادر به تجزیه آلاینده‌ها از سطح بتن

خواهند بود. لازم بذکر است بهره‌گیری از ذرات سیمان در ابعاد نانومتر نیز موجب تسریع در سفت شدن آن شده لذا واکنش‌پذیری اولیه آن ده برابر بیشتر از سیمان‌هایی است که به روش معمولی تهیه شده‌اند. البته استفاده از این

سیمان در عایق کاری و نوسازی کاربردهایی که نیاز چندانی به استحکام در برابر فشردگی ندارند، مناسب است. زیرا به دلیل تخلخل زیاد پایداری کمتری نسبت به سیمان‌های معمولی دارد.

#### – کابل‌های ابر رسانای نانوساختار [۶۰ و ۶۱]

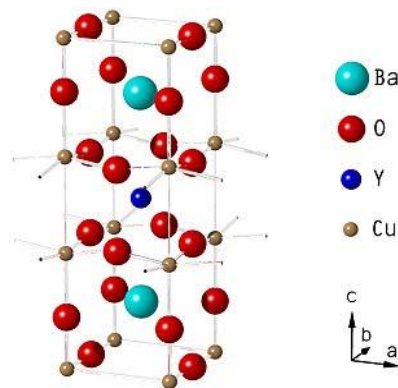
پدیده ابررسانایی به از بین رفتن مقاومت الکتریکی مواد در دمای معین معروف به دمای گذار بحرانی (TC)، اطلاق می‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های این مواد می‌توان به انتقال نیرو تا ۵ برابر بیشتر، ممانعت از اتلاف انرژی، افزایش راندمان انتقال و کاهش چشمگیر در مصرف برق اشاره نمود. بنابراین ویژگی‌ها، ابررساناها کاربردهای متعددی را در صنایع مختلف به خصوص صنعت برق به وجود آورده‌اند که کنترل‌کننده‌های جریان، ذخیره‌سازهای انرژی، موتورها و کابل‌های انتقال برق از آن جمله هستند. بطور کلی مواد دارای خاصیت ابررسانایی را به سه گروه اصلی می‌توان تقسیم بندی نمود. گروه اول شامل فلزات خالص، گروه دوم آلیاژها و گروه سوم سرامیک‌ها می‌باشند.

سرامیک‌های ابررسانای دما بالا که تاکنون جنبه تجاری پیدا کرده‌اند در دو گروه نسل اول (1G) و نسل دوم (2G) طبقه بندی می‌شوند. نسل اول شامل سیم‌های برپایه BiSSCO و نسل دوم شامل ابررسانا‌های پوشش داده شده برپایه YBCO می‌باشند.

از میان روش‌های مختلف شامل روش‌های حالت جامد و محلول که برای سنتز پودرهای ابر رسانا به کار می‌رود، موارد زیر می‌توانند برای تهیه پودرهای نانومتری مورد استفاده قرار گیرند:

سل – ژل، احتراقی محلول، پایروفوریک، پلاسما

هم‌چنین نتایج تحقیقات گسترده‌ای که در زمینه تهیه نانو پودرهای ابر رسانا به انجام رسیده است، نشان می‌دهد که ابررساناهای بر پایه پودرهای YBCO از خواص بسیار بهتری در مقایسه با نوع BiSSCO بهره‌مند هستند. این بدان معناست که نانوساختارسازی در ابر رساناهای YBCO باعث بهبود ویژگی‌های ابررسانایی می‌شود. از جمله این مزایا می‌توان به دستیابی به جریان بحرانی و دانسیته جریان بالاتر، انعطاف‌پذیری بیشتر، استحکام کششی بالاتر و پوشش مناسب‌تر در مقایسه با انواع معمولی اشاره کرد. در شکل (۲-۲۱) ساختار کریستالی YBCO نشان داده شده است.



شکل (۲-۲۱): ساختار کریستالی YBCO

#### عایق‌های الکتریکی نانو ساختار [۶۶]

استفاده از عایق‌های الکتریکی مختلف در کنار رعایت اصول ایمنی در برق‌رسانی مانند زمین کردن و وجود چاه earth بخصوص در خطوط ولتاژ بالا از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این راستا عایق الکتریکی نانو ساختار به‌خوبی از تجهیزات محافظت کرده و از برق‌گرفتگی جلوگیری به‌عمل می‌آورند، حتی اگر در معرض آب قرار داشته باشند. با استفاده از این عایق‌ها می‌توان از همه انواع آهن، قسمتهای الکتریکی و الکترونیکی تجهیزات و ماشین‌آلات و موتورهای بسیار حساس در برابر هر نوع رطوبت با قابلیت ماندگاری تأثیر مثبت استفاده در محدوده دمایی  $130^{\circ}\text{C} - (-25)$  به‌خوبی محافظت نمود. این محصول به دوشکل روغنی و غیر روغنی وجود دارد و از مهم‌ترین ویژگیهای آن ارایه مقاومت الکتریکی سطحی در حد ترا اهم می‌باشد. با استفاده از محلول‌های عایق الکتریکی نانو ساختار صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی وجود دارد.

#### ۲-۲-۳- حوزه مصرف

فناوری نانو در دو بخش تجهیزات برقی و مدیریت مصرف قابلیت کاربرد دارد. در حال حاضر از فناوری نانو در ساخت عایق‌های الکتریکی، پوشش‌های عایق حرارتی، پوشش‌های فوتوکاتالیست، تصفیه‌کننده‌های هوا، روانکارها و روانسازها و پوشش‌های ضدلک و ضدآب و ضد روغن استفاده می‌شود.

عایق‌های حرارتی نانو ساختار با نام تجاری نانسولیت، ماده جدیدی از فناوری نانو می‌باشد که محافظ و عایق حرارتی مناسبی در مقابل هر سه نوع انتقال گرما شامل تشعشع، جابجایی و همرفتی است. این پوشش‌ها، با خواص منحصر بفرد خود، از اتلاف

انرژی جلوگیری می‌کنند و با صرف هزینه مناسب می‌توان از آنها بعنوان جایگزین‌های مناسب عایق‌های سرد و گرم موجود و پوشش‌های ضد خوردگی استفاده کرد.

از جمله مزایای استفاده از نانوفناوری قابلیت حذف یا کاهش آلاینده‌های هوا برشمرده شده است. یکی از مواد کاربردی، بهره‌گیری از پوشش‌های فوتوکاتالیست جهت رفع آلودگی هوا و جاذب بوهای نامطبوع و ایجاد خواص آنتی باکتریال است. از جمله نمونه کاربردهای نانو فوتوکاتالیست‌ها می‌توان بر روی سطح لامپ‌های روشنایی کم مصرف نام برد که با فعالیت کاتالیستی خود بوهای نامطبوع و آلودگی‌های محیطی را تجزیه کرده و ضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا می‌برند. این لامپ‌ها بخصوص برای نصب در محیط‌های سر بسته و فاقد تهویه هوا می‌توانند بکار گرفته شوند.

استفاده از نانو ذرات در ایجاد پوشش‌هایی با عملکرد متفاوت، حتی صنعت شیشه را نیز دستخوش تحول کرده است. در این راستا می‌توان با استفاده از پوشش‌های نانو ساختار بروی شیشه‌ها آن را در خاصیت عایقی و کنترل تبادل حرارتی بهینه کرد که در این صورت نقش آنها در کاهش مصرف انرژی خواهد بود.

با استفاده از سیستم‌های تصفیه هوا و بهره‌گیری از ذرات نانومتری فوتوکاتالیست و نانوفیلترها می‌توان باعث تصفیه هوا شده و باعث حذف آلاینده‌های مختلف شامل میکروب‌ها، گرد و غبار و گازهای مضر شد.

با استفاده از روانکارهای نانو ساختار می‌توان ضمن ارایه کارکرد بهتر قطعات، از فرسودگی زودرس آنها جلوگیری کرد و هزینه‌های تولید را کاهش داد. نانو ذرات به دلیل اندازه کوچک خود می‌توانند فواصل میکروسکوپی بین سطوح درگیر را پر کنند و باعث کاهش اصطکاک شوند. از جمله این روانکارها می‌توان به نانوذرات الماس اشاره کرد.

از مهم‌ترین نتایج نانوفناوری در روان‌سازها، بهره‌گیری از فناوری سرمت<sup>۱</sup> با قابلیت بازسازی سطوح سائیده شده قطعات مختلف مربوط به پمپ‌ها، کمپرسورها و الکتروموتورها حین کار می‌باشد. عملکرد این روان‌سازها بصورت ژل‌های ترمیم‌کننده بدین ترتیب است که ابتدا محصولات ناشی از سائیدگی یا خراشیدگی سطح و سایر آلودگی‌ها در اثر واکنش‌های اکسایش - کاهش ترکیبات موجود در افزودنی بطور خودکار از منافذ ریز سطح تمیز می‌شوند.

عایق الکتریکی نانو ساختار به خوبی از تجهیزات محافظت کرده و از برق گرفتگی جلوگیری به عمل می‌آورند، حتی اگر در معرض آب قرار داشته باشند. با استفاده از محلول‌های عایق الکتریکی نانو ساختار صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی وجود دارد.

از جمله کاربردهای نانوفناوری مسلح کردن انواع منسوجات و انواع لباس کار در برابر آب و لکه‌گریزی با استفاده از ذرات سیلیکات و نقره می‌باشد [۵].

در ادامه به ارایه عناوین اولویت دار کلیدی در حوزه‌های مختلف اشاره می‌شود که در واقع در برگیرنده عناوین کاربردی نانوفناوری در هر حوزه می‌باشد که در جداول (۲-۵) الی (۲-۷) پرداخته می‌شود و پس از آن به ارایه توضیحات فنی در خصوص معرفی و نحوه عملکرد مهم‌ترین عناوین پرداخته می‌شود.

### – پوشش‌های عایق حرارتی نانو ساختار ( نانسولیت ها ) [۶۲]

عایق‌های حرارتی نانو ساختار با نام تجاری نانسولیت، ماده جدیدی از فناوری نانو می‌باشد که محافظ و عایق حرارتی مناسبی در مقابل هر سه نوع انتقال گرما شامل تشعشع، جابجایی و همرفتی است.

این پوشش‌ها، انقلابی در صنعت عایق کاری و محافظت از خوردگی پدید آورده و با خواص منحصر بفرد خود، از اتلاف انرژی جلوگیری می‌کنند و با صرف هزینه مناسب می‌توان از آنها بعنوان جایگزین‌های مناسب عایق‌های سرد و گرم موجود و پوشش‌های ضد خوردگی استفاده کرد.

پدیده نانوفناوری در ارتباط با تغییر خصوصیات مولکولی مواد در جهت ارتقاء کیفی آنها به کار برده می‌شود. در واقع با بکارگیری روشهایی می‌توان فواصل بین مولکولها یا اتمهای مواد را کاهش داده و با حفظ خصوصیت آنها، خواص جدیدی از جمله سختی، عایقی و شفافیت را ایجاد نمود.

از این پوشش‌های عایق می‌توان به راحتی استفاده کرد و به منظور اعمال بر روی سطوح فلزی و غیر فلزی از قلم‌مو یا اسپری استفاده نمود. از جمله کاربرد های آن می‌توان به مصارف خانگی و صنعتی اشاره کرد. لذا با صرف هزینه نسبتاً پایین می‌توان به کمک این پوشش‌ها به میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی ممانعت به عمل آورد. صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا ۲۰٪ برای مصارف صنعتی و تا ۴۲٪ برای مصارف خانگی اعلام شده است. بطور کلی مزایای زیر را می‌توان درمورد این پوشش‌ها برشمرد :

غیر سمی بودن، چسبندگی عالی بر روی انواع محصولات از جمله فولاد، آلومینیوم، PVC، چوب و بتن، تحمل دمای بالا (تا ۲۰۰°C)، خاصیت عایق کاری تا ۳۹ برابر پشم شیشه، مناسب برای مصارف خانگی و صنعتی اعم از دیوارها، سقف‌ها، لوله‌ها، مخازن و تجهیزات نیروگاهی، قابلیت پوشش دهی هر گالن برای  $16/5 - 14 \text{ m}^2$ .

در شکل (۲-۲۲) به موارد کاربردی این محصول اشاره شده است.



شکل (۲-۲۲): موارد کاربردی نانسولیت ها [۵۵]

### - لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار [۶۳]

از جمله مزایای استفاده از نانوفناوری قابلیت حذف یا کاهش آلایندهای هوا برشمرده شده است. یکی از مواد کاربردی، بهره‌گیری از پوشش‌های فوتوکاتالیست جهت رفع آلودگی هوا و جاذب بوهای نامطبوع و ایجاد خواص آنتی باکتریال است. کلمه فوتو به معنای نور و کاتالیست به عنوان موادی با قابلیت سرعت بخشیدن به انجام واکنشهای شیمیایی تشکیل شده است. فوتوکاتالیست‌ها موادی هستند که انرژی را از طول موج خاصی از نور دریافت کرده و باعث انجام واکنشی می‌شوند.

در طبیعت خاصیت فوتوکاتالیستی در دوماده  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  یافت می شود که امروزه از  $\text{TiO}_2$  به دلیل در دسترس بودن، غیر سمی بودن و قیمت پایین تر کاربرد بیشتری پیدا کرده است.

لازم بذکر است اکسیژن های  $\text{TiO}_2$  بعنوان یکی از فوتوکاتالیست های رایج، با رطوبت موجود در هوا واکنش داده و بدین ترتیب بواسطه واکنش بین اکسیژن و آب، رادیکالهای OH آزاد شده و باعث تجزیه آلودگیهای موجود در هوا از جمله  $\text{NO}_x$  شده و آنها را به ترکیبات  $\text{HNO}_x$  بی ضرر تبدیل می کنند. از جمله نمونه کاربردهای نانو فوتو کاتالیستها می توان بر روی سطح لامپ های روشنایی کم مصرف نام برد که با فعالیت کاتالیستی خود بوهای نامطبوع و آلودگیهای محیطی را تجزیه کرده و ضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا می برند. این لامپ ها بخصوص برای نصب در محیطهای سر بسته و فاقد تهویه هوا می توانند بکار گرفته شوند. در شکل (۲-۲۳) نمونه ای از این محصول ارایه شده است.



شکل (۲-۲۳): لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار [۶۳]

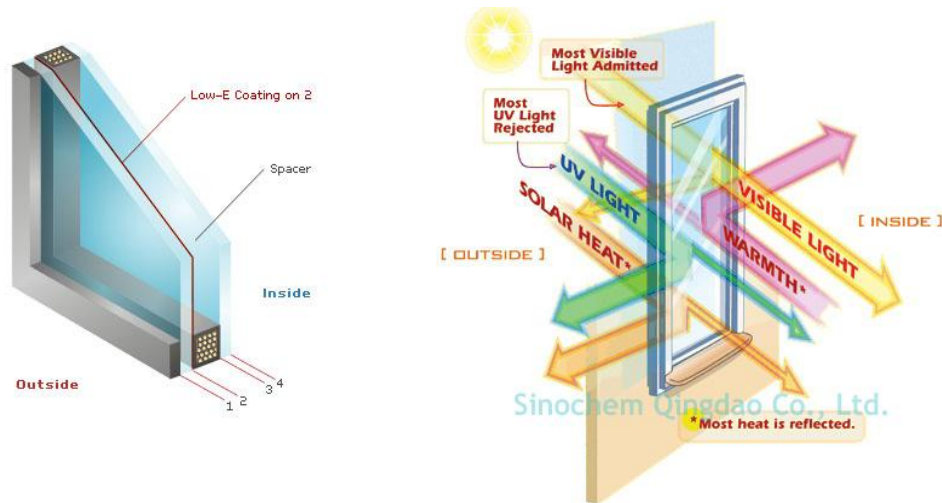
### –شیشه های عایق حرارتی با پوشش نانو ساختار (Low-E) [۶۵]

استفاده از نانو ذرات در ایجاد پوشش هایی با عملکرد متفاوت، حتی صنعت شیشه را نیز دستخوش تحول کرده است. در این راستا می توان با استفاده از پوشش های نانو ساختار بروی شیشه ها آن را در خاصیت عایقی و کنترل تبادل حرارتی بهینه کرد که در این صورت نقش آنها در کاهش مصرف انرژی خواهد بود.

پوشش نانو ساختار در شیشه هایی که با نام Low-E شهرت دارند، اجازه عبور بخش مرئی طیف نور خورشید را داده، اما طیف حرارتی شامل امواج مادون قرمز و امواج مضر از جمله اشعه ماوراء بنفش را منعکس و فیلتر می کند. این شیشه ها انتقال



حرارت ناشی از اختلاف حرارت تابشی را تحت کنترل در می آورند. بدین ترتیب با استفاده از این شیشه ها می توان به میزان ۴۰٪ در مصرف انرژی صرفه جویی کرد. این شیشه ها همچنین قابلیت استفاده در ساختمان های مسکونی، اداری و تجاری را دارند. عملکرد این شیشه ها مانند عایق های حرارتی شفاف است. علاوه بر این، این شیشه ها قابلیت توسعه تولید انواع شیشه های ضد خش و خود تمیز شونده را نیز دارا می باشند که این کار با اعمال پوششی از لایه نازکی از  $TiO_2$  می تواند انجام گیرد. در شکل (۲-۲۴) عملکرد این شیشه ها نشان داده شده است.



شکل (۲-۲۴): عملکرد شیشه های Low-E [۶۴]

### روانکارهای نانو ساختار [۵۶]

روانکار ماده ای است که با قرار گرفتن بین دو سطح، باعث پایین آمدن نیروی مقاومت در برابر حرکت یا نیروی اصطکاک بین آنها و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای شروع و ادامه حرکت نسبی سطوح می گردد. چنانچه بتوان بطور مطلق از تماس سطوح دارای حرکتی نسبی با یکدیگر جلوگیری نمود، در این صورت امکان از میان برداشتن اصطکاک و سائیدگی وجود دارد. بنابراین وظیفه اصلی یک روانکار از بین بردن اصطکاک و سائیدگی است.

با استفاده از روانکارهای نانو ساختار می‌توان ضمن ارایه کارکرد بهتر قطعات، از فرسودگی زودرس آنها جلوگیری کرد و هزینه های تولید را کاهش داد.

نانو ذرات به دلیل اندازه کوچک خود می‌توانند فواصل میکروسکوپی بین سطوح درگیر را پر کنند و باعث کاهش اصطکاک شوند. از جمله این روانکارها می‌توان به نانوذرات الماس اشاره کرد. نانو الماس توزیع شده در روانکار، لایه نازکی بر روی سطح تماس ایجاد می‌نماید. با اضافه کردن پودر نانو الماس به مقدار ۰/۵ درصد وزنی در روغن های روانکار، می‌توان ضریب اصطکاک سطوح درگیر را کاهش داد. نانو ذرات الماسی ذراتی کروی شکل و فوق العاده سخت می باشند که در سطوح درگیر حرکت چرخشی پیدا می کنند. لذا استفاده از این روانکارها کاهش اتلاف انرژی را در پی خواهد داشت.

#### – روان سازه‌های نانو ساختار ترمیم کننده سطوح سائیده [۶۶]

از مهم‌ترین نتایج نانوفناوری در روان سازه‌ها، بهره‌گیری از فناوری سرمت<sup>۱</sup> با قابلیت بازسازی سطوح سائیده شده قطعات مختلف مربوط به پمپ ها، کمپرسورها و الکتروموتورها حین کار می‌باشد. عملکرد این روان سازه‌ها بصورت ژل‌های ترمیم‌کننده بدین ترتیب است که ابتدا محصولات ناشی از سائیدگی یا خراشیدگی سطح و سایر آلودگی‌ها در اثر واکنشهای اکسایش - کاهش ترکیبات موجود در افزودنی بطور خودکار از منافذ ریز سطح تمیز می‌شوند. بعد از تمیز شدن سطح، لایه فلز - سرامیک تشکیل شده و سپس این لایه تشکیل شده در اثر اصطکاک بر روی کل سطوح پراکنده می‌شود که این عمل به اندازه سطح تماس و باری که بر سیستم اعمال می‌شود، بستگی دارد. در طول تشکیل لایه فلز - سرامیک، دما در ناحیه اصطکاک کاهش می‌یابد و در نتیجه آهنگ افزایش ضخامت لایه کاهش می‌یابد تا زمانی که بطور کامل متوقف شود. به این ترتیب تشکیل لایه محافظ با خصوصیات مناسب بصورت خودکار صورت می‌گیرد. استفاده از این روانسازها، کاهش مصرف سوخت، افزایش راندمان موتور، بهبود سیستم‌های نگهداری و تعمیرات نیروگاهی و افزایش عمر قطعات تحت سایش را در پی خواهد داشت.

#### – تصفیه کننده هوا [۶۵]

با استفاده از سیستم های تصفیه هوا و بهره‌گیری از ذرات نانومتری فوتوکاتالیست و نانوفیلترها می‌توان باعث تصفیه هوا شده و باعث حذف آلاینده های مختلف شامل میکروب ها، گرد و غبار و گازهای مضر شد. این سیستم‌های تصفیه هوا با ایجاد هوایی پاک و سالم و کاهش غلظت گازهای آلاینده می‌توانند هم به منظور تهویه ساختمان‌ها بکار روند و هم می‌توانند کاربرد های

<sup>۱</sup>- Cermet

نیروگاهی داشته باشند که بواسطه دارا بودن خاصیت کاتالیستی، مواد مضر دود را به مواد بی خطر تبدیل کنند و علاوه بر آن می‌توانند باعث فیلتر هوای ورودی به توربین شوند.

#### –نانو پوشش‌های ضد آب، ضد لک و ضد روغن [۶۶]

از جمله کاربردهای نانوفناوری مسلح کردن انواع منسوجات و انواع لباس کار در برابر آب و لکه‌گریزی می‌باشد. براین اساس با استفاده از نانوذرات سیلیکات می‌توان خاصیت آب‌گریزی در سطح را ایجاد کرد. از دیگر مواد قابل استفاده که می‌تواند خاصیت آنتی باکتریال به منسوجات بدهد استفاده از نانو ذرات نقره است که با ایجاد خاصیت ضد باکتریایی می‌تواند از رشد انواع باکتری بر روی پارچه ممانعت به عمل آورده و خاصیت ضد تعرق و ضدبو را فراهم آورد. استفاده از این ویژگی نیز برای کاربرد به‌عنوان لباس کار می‌تواند مورد استفاده زیادی در صنایع مختلف و از جمله صنعت برق داشته باشد.

جدول (۲-۲): شناسایی حوزه‌های فناوریانه نانو در محور تولید

به کارگیری نانوفناوری			ساخت		اجزاء	تجهیزات		به کارگیری نانوفناوری			ساخت		اجزاء	تجهیزات			
تجهیزات	مواد و افزودنی‌ها	پوشش دهی	مواد	قطعه				تجهیزات	مواد و افزودنی‌ها	پوشش دهی	مواد	قطعه				تجهیزات	مواد و افزودنی‌ها
		✓	✓		پره	توربین			✓	✓		پره	توربین				
			✓		نازل				✓	✓		نازل					
			✓		شرود سیگمنت				✓			شرود سیگمنت					
			✓		یاتاقان			✓				یاتاقان					
				✓	فیلتر	کمپرسور				✓		فیلتر	کمپرسور				
			✓		پره				✓			پره					
			✓		پوشش پره				✓			پوشش پره					
			✓	✓	آجر نسوز	محفظه احتراق			✓	✓		آجر نسوز	محفظه احتراق				
		✓	✓		پوشش			✓	✓			پوشش					
			✓		لاینر				✓			لاینر					
			✓		Transition Piece				✓			Transition Piece					
	✓		✓		-	سیستم سوخت		✓	✓		-	سیستم سوخت					
				✓	هسته	ژنراتور				✓		هسته	ژنراتور				
		✓				توربین بخار			✓				توربین				
		✓	✓	✓	لوله‌ها و پایپ‌ها	بویلر		✓	✓	✓		لوله	بویلر				
		✓	✓		پیش گرم کن			✓				هیتر					
				✓	هسته	ژنراتور				✓		هسته	ژنراتور				
	✓				سیال خنک کن	سیستم تصفیه		✓			سیال خنک کن	سیستم تصفیه					

نیروگاه سیکل ترکیبی

نیروگاه گازی

نیروگاه بخاری

			✓	✓	فیلترها	آب			✓	✓	✓	فیلترها	آب
	✓				مواد بازدارنده			✓				مواد بازدارنده	
✓				✓	سنسور هیدروژن	سنسورها	✓				✓	سنسور هیدروژن	سنسورها
✓				✓	سنسور اکسیژن		✓				✓	سنسور اکسیژن	
							✓				✓	سنسور دما	
							✓				✓	سنسور فشار	
							✓				✓	سنسور دبی	
							✓				✓	سنسور ارتعاش	
							✓				✓	سنسور خوردگی	
							✓				✓	آنالیز گاز (محصولات احتراق)	
				✓	آنالیز دود						✓	آنالیز دود	
		✓		✓			سیستم دودکش			✓		✓	

به کارگیری نانوفناوری			ساخت		اجزاء	نوع	انرژی تجدیدپذیر	به کارگیری نانوفناوری			ساخت		اجزاء	تجهیزات	پروژه آب آبی		
تجهیزات	مواد و افزودنی‌ها	پوشش دهی	مواد	قطعه				تجهیزات	مواد و افزودنی‌ها	پوشش دهی	مواد	قطعه				تجهیزات	تجهیزات
		✓	✓	✓	سلول	خورشیدی				✓	✓	✓	بتن	سد			
			✓	✓	اینوتر							✓					رنگ
				✓	فریم							✓	✓				کانال
	✓	✓	✓		رنگ				✓	✓	✓	✓	✓	✓		بتن	کانال انتقال آب به توربین
	✓	✓		✓	شیشه‌های رسانا							✓	✓	✓		صفحات فلزی	
			✓	✓	پره توربین	بادی					✓	✓		حفاظت			
			✓	✓	الکتروود	پیل سوختی					✓	✓		پوشش		توربین	
			✓	✓	الکتروولیت												سنسورها
	✓	✓			کاتالیست												
✓				✓		مولدهای مکانیکی			✓	✓			✓				

جدول (۲-۳): شناسایی حوزه‌های فناوریانه نانو در محور انتقال و توزیع

به کارگیری نانوفناوری		ساخت		اجزاء	تجهیزات				به کارگیری نانوفناوری		ساخت		اجزاء	تجهیزات			
		افزودنی‌ها	پوشش‌دهی						مواد	قطعه	افزودنی‌ها	پوشش‌دهی					
		✓	✓	آلومینیوم	هادی‌ها	انتقال	فنا		✓	✓	✓	شیشه	هادی‌ها	توسعه			
		✓	✓	فولاد				صفحات مسی									
	✓	✓	✓	-	مقره‌ها				✓		ایزولاتور	عایق‌ها					
		✓	✓	-	یراق‌آلات				✓	✓	مقره						
		✓	✓	-	کلمپ‌ها					✓	✓	ترانسفورماتور					
	✓	✓	✓	-	اتصال‌دهنده‌ها					✓	✓	دژنکتور	کلیدها				
		✓		-	دکل					✓	✓	سکسیونر					
✓		✓	✓	-	تیر بتنی					✓	✓	جریان	وسایل اندازه‌گیری و مانیتورینگ				
		✓	✓	کابل (بدون روکش) AS	هادی‌های هوایی					✓	✓	ولتاژ					
	✓	✓	✓	روکش دار XLPE						✓	✓	رله	حفاظتی				
		✓	✓	خودنگهدار						✓	✓	برقگیر					
		✓	✓	مسی							✓		بانک خازن				
	✓	✓	✓	-		مقره‌ها			✓	✓	باتری‌ها						

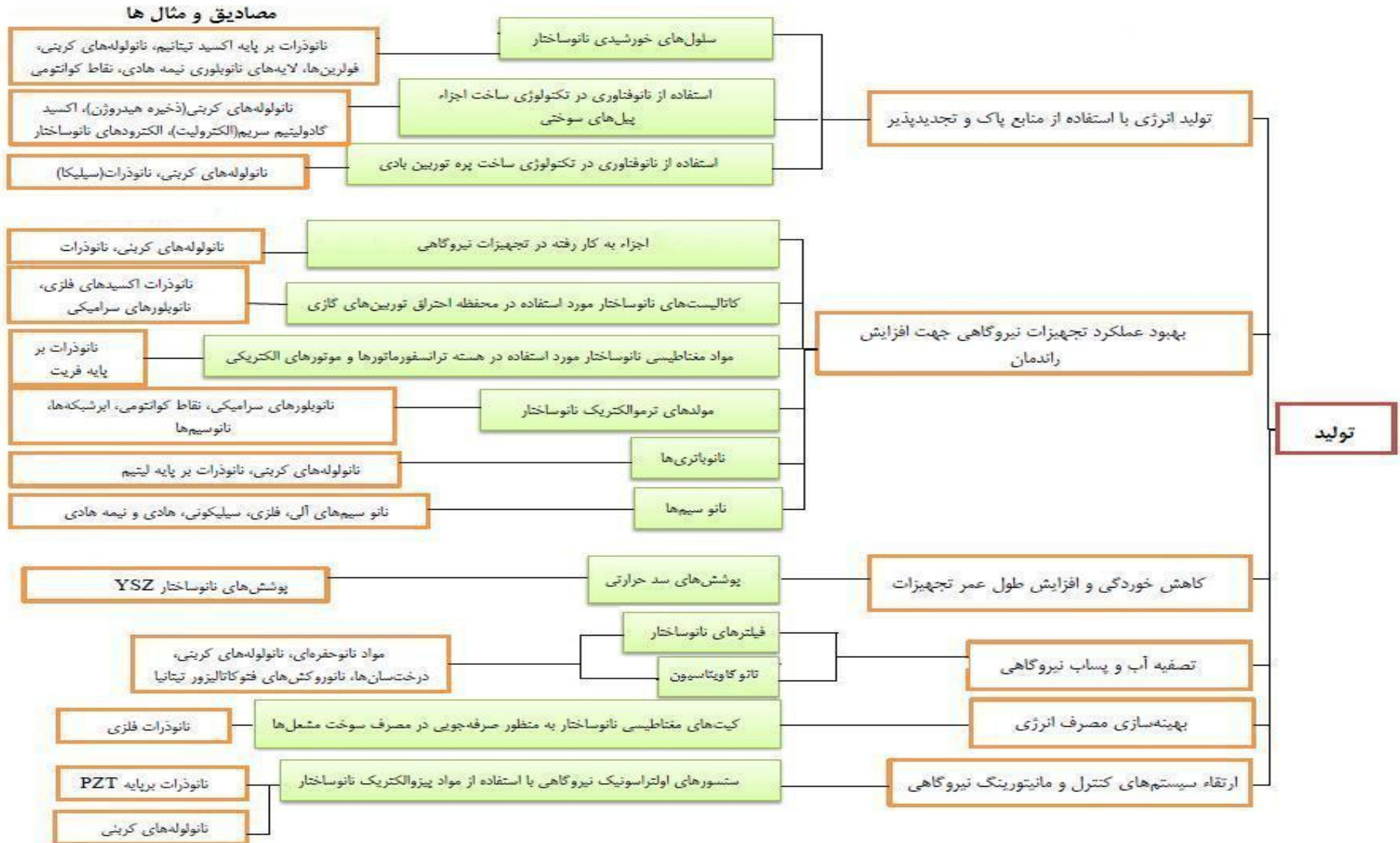




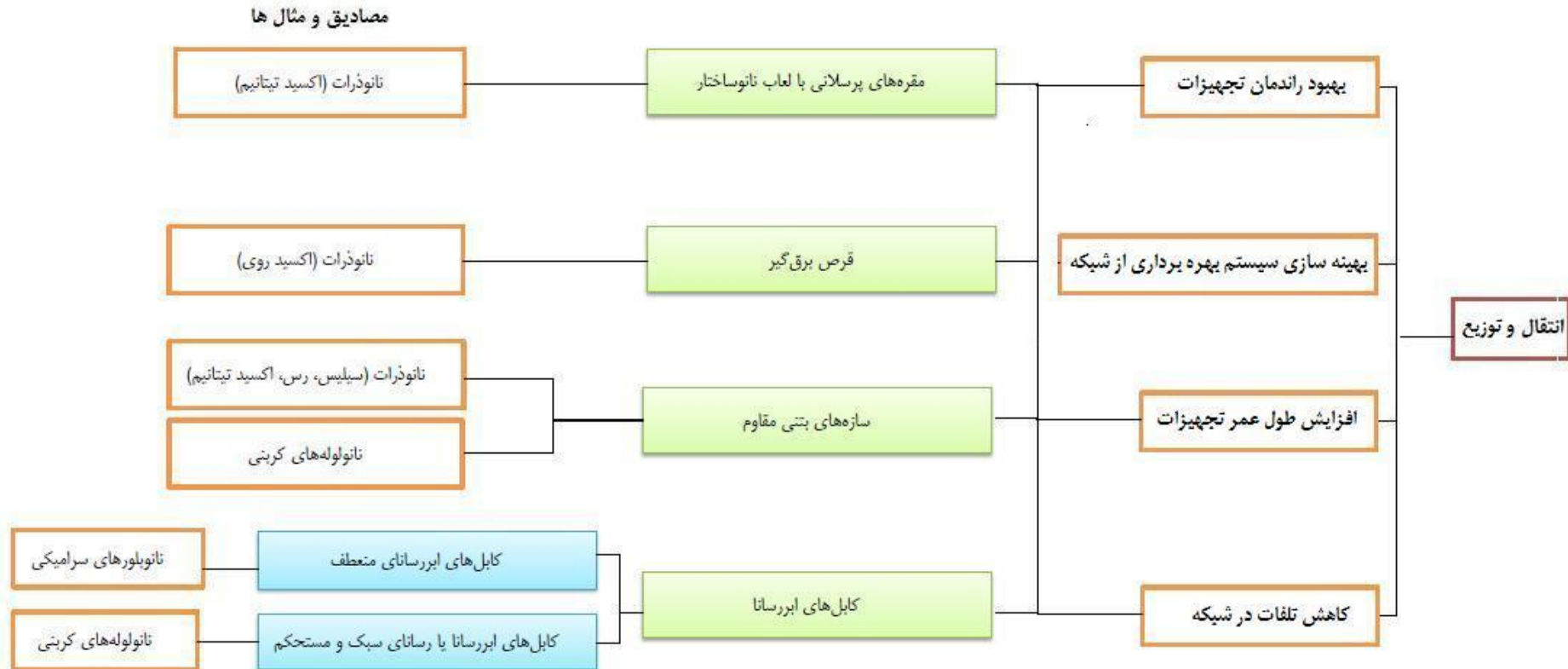
جدول (۲-۴): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور مدیریت مصرف

به کارگیری نانوفناوری		ساخت		اجزاء	تجهیزات	نور
افزودنی‌ها	پوشش‌دهی	مواد	قطعه			
	✓		✓	عایق	تجهیزات برقی	
	✓			لامپ		
✓	✓		✓	پوشش		
		✓	✓	دیودهای نوری		
			✓	تصفیه کننده		
✓	✓	✓	✓	کاهش مصرف	مدیریت مصرف	
	✓	✓	✓	کاهش تلفات		

جدول (۲-۵): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه تولید



جدول (۲-۶) : عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه انتقال و توزیع



جدول (۲-۷) : عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه مصرف



## ۲-۳- آینده پژوهی فناوری نانو

از نظر لغوی آینده پژوهی، دانش و معرفتی است که دید سیاست گذاران را نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده باز می‌کند و از طریق کاهش ابهام‌ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه را افزایش می‌دهد. در مطالعات آینده پژوهی، در مورد حوزه‌های فناورانه شناسایی شده با نگاهی به آینده صحبت می‌شود. در این مؤلفه به تحلیل سناریوهای پیش رو در توسعه فناوری، روندهای ظهور و گسترش فناوری‌های جدید و جایگزین و سایر فعالیت‌های مرتبط با جایگاه فناوری در آینده پرداخته می‌شود. آینده پژوهی به کاسته شدن از عدم قطعیت پیش روی توسعه در آینده کمک کرده و تصمیمات پایتیری را برای سیاست گزاران به ارمغان می‌آورد [۱]. مهمترین هدف آینده پژوهی و عامل محرکه اجرای آن، تعیین اولویت‌ها به معنای انتخاب آگاهانه بین فعالیت‌ها و ترجیح دادن فعالیت مهمتر به کم اهمیت تر باشد. در حال حاضر جوامع صنعتی و علمی تشخیص داده‌اند که تصمیم‌های دشوار حتما باید بر مبنای اولویت‌های تحقیق ملی گرفته شوند و برنامه ریزی استراتژیک و تعیین اولویت اجتناب ناپذیر است.

آنچه در ارتباط با آینده پژوهی که برای نانوفناوری به عنوان یکی از فناوری‌های نوین در سطح جهانی در نظر گرفته می‌شود بهره مندی از آن در ساخت محصول یا فرآیندهایی است که بتواند از سهم بالایی برای رسیدن به بازار و تجاری سازی برخوردار باشد. لذا تصمیم‌گیری در خصوص دستیابی به نرخ بالایی از موفقیت بایستی با توجه به اولویت‌بندی موضوعی در حوزه کاربرد صورت گیرد. بنابراین با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در این زمینه تدوین نقشه راه برای پابرجاترین سناریو تدوین خواهد شد.

این در حالی است که برخی از کاربردهای اشاره شده در بخش قبلی گزارش به صورت محصولات تجاری وارد بازار شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هم‌چنین آمارهای جهانی نشان می‌دهد که درصد بالایی از فناوری‌های پیشرفته نیز به دلیل افزایش زمان رسیدن به بازار و کاهش نرخ موفقیت باه بازار راه پیدا نکرده و توان رقابتی را برای ورود و بقا در بازار را از دست می‌دهد. لذا لازم است آینده پژوهی در مورد فناوری‌هایی که احتمال بهره‌گیری از آنها در راستای افزایش نرخ موفقیت تجاری‌سازی و موفقیت در حوزه توسعه فناورانه علمی پژوهشی دارند، انجام گیرد.

با بهره‌گیری از مطالعات تطبیقی کشورهای دیگر و روند انجام پژوهش‌ها در صنعت برق و انرژی، از جمله اطلاعات مربوط به نقشه راه آژانس بین‌المللی انرژی و نقشه راه نانوفناوری در کمیسیون اروپا در بخش انرژی (NRM)، پروژه‌های وزارت انرژی آمریکا (DOE)، اهداف و فعالیت‌های ستادهای نانوفناوری در آمریکا، روسیه، چین، ژاپن و کشورهای اروپایی، در این بخش ابتدا به شرح مختصر نقشه راه آژانس بین‌المللی انرژی تا سال ۲۰۵۰، و سپس به معرفی و آینده‌پژوهی مهم‌ترین کاربردهای این فناوری با توجه به رویکردهای جهانی در حوزه برق و انرژی پرداخته شده است.

### ۲-۳-۱- تصویر آینده انرژی تا سال ۲۰۵۰ [۶۷]

پیشرفت روزافزون تکنولوژی و نیز رشد فزاینده جمعیت، موضوع انرژی و آینده آن را به مسئله‌ای مهم و قابل توجه برای انسان تبدیل کرد. با شناخت این موضوع، انسان به فکر مقابله با آن و جلوگیری از نتایج وخیم آن افتاد مطالعات ره‌نگاری برای مفهوم انرژی، آغاز شد. کشور آمریکا از نخستین کشورهایی بود که در این زمینه فعالیت خود را آغاز کرد. مؤسسه تحقیقات برق آمریکا، (EPRI) نسخه اولیه مطالعات مسیر آینده را در سال ۱۹۹۹ منتشر کرد این نسخه بر ۵ اصل کلی استوار بود:

۱. تقویت زیر ساخت های لازم برای تحویل مطلوب تر انرژی الکتریکی

۲. توانمند ساختن جامعه دیجیتال

۳. افزایش بهره وری و توانمندی اقتصادی

۴. حل مشکلات انرژی محیط زیست

۵. مدیریت چالش توسعه پایدار جهانی

بر طبق گزارش این سازمان، صنعت برق باید به گونه‌ای پیش رود که همواره ۳ هدف عمده را برآورده سازد:

برق هوشمند : طراحی و توسعه و استقرار سیستم برق هوشمند در آینده

انرژی پاک : توسعه شتابان استراتژی فناوری های پاک برای کاهش آلودگی هوا و مواجهه با تغییرات آب و

هوایی برق برای همه : توسعه سیاست ها و ابزارها برای تضمین برق رسانی جهانی و همگانی در راستای این اهداف، نتایج پیش

بینی شده برای مسیر آینده صنعت برق نیز به قرار زیر است:

بهبود قابلیت اطمینان سیستم قدرت : با توسعه زیرساخت ها، بهبود سیستم های نرم افزاری و سخت

افزایی و پیش بینی خطاهای احتمالی، می‌توان در جهت بهبود قابلیت اطمینان پیش رفت

افزایش بهره‌وری نیروی کار: زیرساخت بهبود یافته برق و فناوری‌های جدید در برق، برای مصرف‌کنندگان نهایی، توانایی بالقوه‌ای را برای بهبود کارایی فرآیندها و افزایش بهره‌وری نیروی کار خواهد داشت. سیستم برق بهبود یافته، منجر به استفاده سریع‌تر و متداول‌تر از فناوری‌های دیجیتال با بهره‌وری بالا می‌گردد

کاهش گازهای گلخانه‌ای: در مسیر آینده فناوری برق، باید هزینه‌ها و مخارج نگرش‌های مختلف در جهت حل موضوعات زیست‌محیطی کاملاً مشخص باشد. زغال سنگ و گاز (به همراه فناوری جداسازی کربن)، نیروگاه‌های بادی، خورشیدی و هسته‌ای تجدیدپذیر، منابع مهم انرژی در ۵۰ سال آینده خواهند بود. استفاده از این فناوری‌ها، انتشار کربن در طول قرن بیست و یکم را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.

### ۲-۳-۲- بررسی جزئیات مطالعات مسیر آینده [۶۷و۶۸]

طی سال‌های اخیر، کشورهای مختلفی در سرتاسر دنیا، مطالعات خود را برای تعیین مسیر و نقشه راه انرژی، گسترش دادند. از اولین مرحله پیدایش انرژی یعنی استخراج آن از منبع تا آخرین مرحله یعنی مصرف آن به هر شکلی، در یک مصرف‌کننده، نیازمند مطالعه و بررسی بود. مطالعاتی که در زمینه استفاده از منابع انرژی گوناگون در تولید برق تا سال ۲۰۰۹ در کشور آمریکا انجام شد نشان می‌دهد که نقش انرژی‌های نو بسیار کم‌رنگ‌تر از انرژی‌های فسیلی است. طی همین تحقیق، نقش هر یک از منابع انرژی در تولید گازهای گلخانه‌ای و به طور خاص گاز دی‌اکسید کربن نیز مورد بررسی قرار گرفته است. سهم عمده تولید گاز دی‌اکسید کربن مربوط به نفت خام و زغال سنگ است. اما از همین مقدار انرژی که برای تولید برق، از منابع مختلف به بخش تولید تحویل داده می‌شود، بخش عمده‌ای به صورت تلفات حرارتی هدر می‌رود. معمولاً نیروگاه‌های تولید انرژی الکتریکی، در داخل خود نیروگاه نیز مصرف‌کننده‌هایی را چه به صورت مسکونی و اداری و چه به صورت صنعتی، تغذیه می‌کنند. از این رو بخشی از برق تولیدی نیز صرف این مصرف‌کننده‌ها می‌شود. آنچه که به صورت خالص به دست مصرف‌کننده اصلی چرخه انرژی می‌رسد، تقریباً، از یک سوم انرژی تولیدی نیز کمتر خواهد بود. بخشی از این اتلاف انرژی در خطوط انتقال رخ می‌دهد که نشان از عدم کارایی مناسب تجهیزات این بخش دارد.

زغال سنگ سوخت اصلی برای تولید برق در اروپا می باشد. امروزه به دلیل استفاده بیش از حد این سوخت، خطرات زیست محیطی فراوانی، کره زمین را تهدید می کند. زغال سنگ و به طور کل سوخت های فسیلی، نقش اصلی تولید گازهای گلخانه ای را بر عهده دارند. علم به این مطلب، کشورهای اروپایی را بر آن داشت تا برای حفاظت زیستی سال های آینده، تکنولوژی های تولید برق از منابع جدید و پاک را توسعه دهند. در همین راستا، فناوری های خورشیدی، بادی، هسته ای و... پیاده سازی شد و پیشرفت آن ها با سرعت زیادی در این کشورها ادامه دارد.

طی گزارشی از سوی آژانس بین المللی انرژی<sup>۴۴</sup> پیش بینی می گردد خطوط انتقال و شبکه های توزیع در بیست سال آینده، از ویژگی های زیر برخوردار باشند:

قابلیت اطمینان بالا، عملکرد گسترده و بهنگام سیستم های اندازه گیری، کنترل و حفاظت

افزایش ظرفیت شبکه انتقال و کاهش گرفتگی خطوط<sup>۴۵</sup>

کاهش بار پیک

پیش بینی تمهیداتی برای کاهش تداوم قطعی برق

بهبود پایداری شبکه

افزایش ظرفیت بهره برداری شبکه OTC<sup>۴۶</sup>

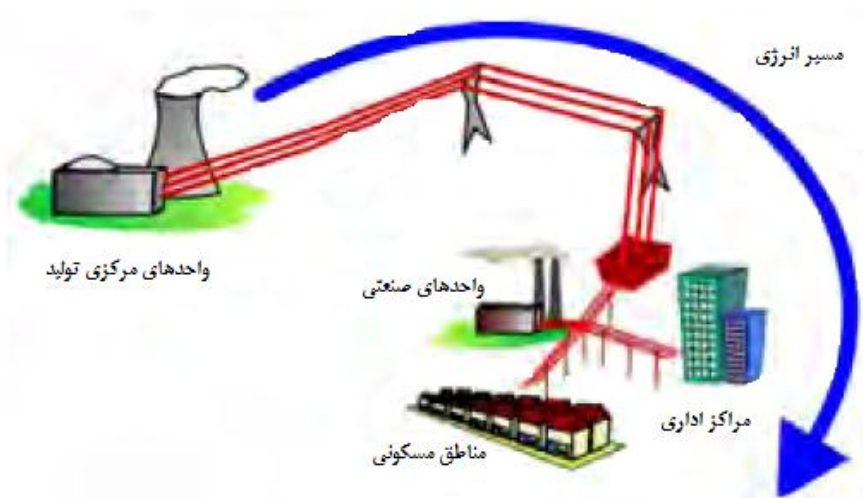
با گسترش تکنولوژی تولید و پیشرفت یک شبکه قدرت، ادوات و امکانات لازم برای انتقال انرژی نیز مستلزم تغییر و توسعه هستند. شکل (۲-۲۵) و شکل (۲-۲۶)، به ترتیب شبکه قدرت کنونی و نمایی از شبکه قدرت پیش بینی شده در سال ۲۰۵۰ را نشان می دهند.

1- International Energy Agency

2- Congestion

3- Operational Transmission Capability





شکل (۲-۲۵): سیستم کنونی تولید و انتقال توان الکتریکی [۶۷]



شکل (۲-۲۶): سیستم تولید و انتقال توان الکتریکی در آینده [۶۷]

پیش بینی ها نشان می دهد که حامل های انرژی و شبکه های تولیدکننده آن، در آینده، عملکرد متفاوتی خواهند داشت. منابع انرژی توزیع شده نظیر خورشید، باد، زیست توده، هسته ای و... تا سال ۲۰۱۰ تنها ۱۵٪ از کل انرژی الکتریسیته مورد نیاز اروپا را تأمین کرده اند. یکی از دلایل کوچک بودن این رقم، تلفات زیاد و راندمان کم شبکه های انتقال انرژی می باشد. استفاده از تکنولوژی های تبدیل انرژی در مقیاس کوچک شامل: میکرو توربین های سرعت بالا، پیل های سوختی، ادوات الکترونیک قدرت و در نهایت فناوری های ذخیره سازی انرژی، اصلی ترین تغییرات ساختار تولید و انتقال توان الکتریکی در آینده خواهند بود.

با مقایسه سیستم قدرت کنونی و سیستم قدرتی که در آینده شکل خواهد گرفت، در می یابیم که تجهیزات انتقال باید از قابلیت اطمینان، حفاظت، امنیت و انعطاف پذیری بالایی برخوردار باشند. تکنولوژی هایی که با تکیه بر آنها، سیستم انتقال و توزیع، موفق به دست یابی به موارد فوق می گردد عبارتند از:

سیستم کنترل کننده گسترده بهنگام WACS<sup>۴۷</sup>، سیستم اندازه‌گیری گسترده WAMS، فناوری‌های نوین مخابراتی و ارتباطی، تخمین حالت شبکه انتقال، نرم افزارهایی برای بهبود عملکرد سیستم، ابزار اتوماتیک و آنلاین برای پیش‌بینی میزان بار و تولید، استفاده از ادوات الکترونیک قدرت با راندمان بالا و تلفات کم، تکنیک های نوظهور در عرصه ذخیره سازی انرژی، تعمیرات گرم خطوط انتقال و پست های فشار قوی، تکنولوژی های پیشرفته تعمیر، نگهداری و عیب یابی، ابزارهای اتوماتیک برای کنترل و بهره برداری شبکه و فناوری‌های مخابراتی بی‌سیم.

نتایج تحقیقات، این مطلب را مشخص کرد که هر سه مرحله تولید، انتقال و مصرف یک گونه از انرژی، باید هدفمند گردد و حتی روش های جدیدی برای بهبود راندمان، طراحی و پیاده سازی شوند.

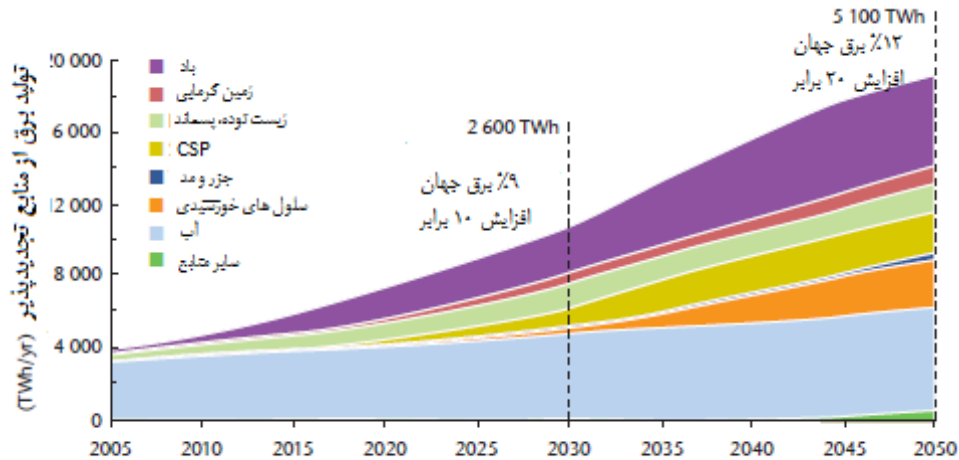
## ۲-۳-۱- تولید انرژی

مسائل مورد بحث در موضوع تولید انرژی عبارتند از: منشأ تولید انرژی، فناوری تولید و استخراج انرژی و در نهایت ظرفیت استفاده از یک منبع انرژی خاص. پیش‌تر، در بیشتر کشورهای دنیا، تولید انرژی الکتریکی از منابع فسیلی محدود، تجدید ناپذیر و تا حدی ناپاک بود.

در کشورهای اروپایی به دلیل وجود منابع طبیعی ذغال سنگ و در کشورهایی نظیر کشور ما، به علت تکیه بر منابع زیرزمینی گاز، مطالعه بر روی روش های نوین تولید انرژی، به طور جدی دنبال نشده بود. اکنون با علم به این که روزی این منابع به پایان خواهند رسید، ضرورت مطالعه در بخش انرژی های نو بیش از پیش نمایان شده است. انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی حاصل از شکافت هسته برخی عناصر، منابعی هستند که آینده جدیدی را برای مدیریت انرژی دنیا، نوید می دهند.

1- Wide Area Control System

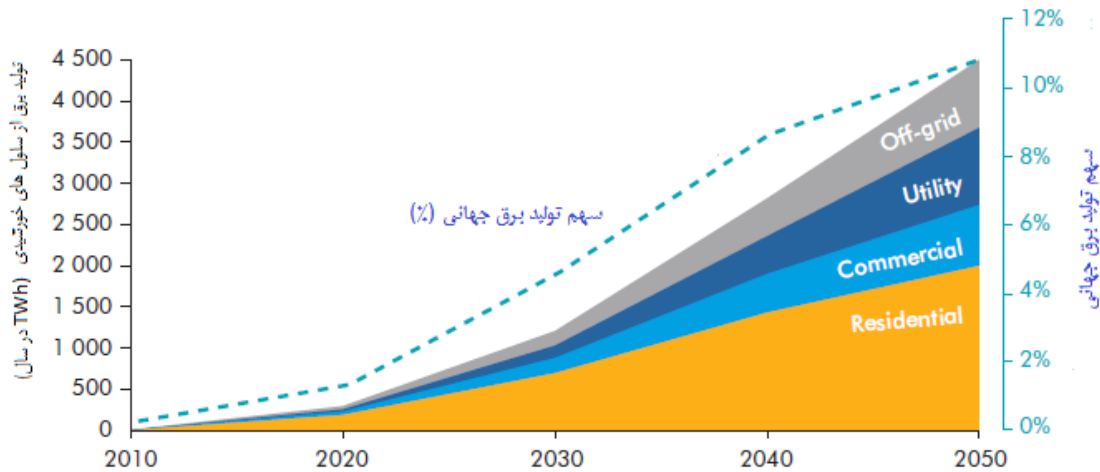
2- Wide Area Monitoring System



شکل (۲-۲۷): تولید برق از منابع تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ [۶۷]

## ۲-۳-۱-۱-۱-انرژی خورشیدی

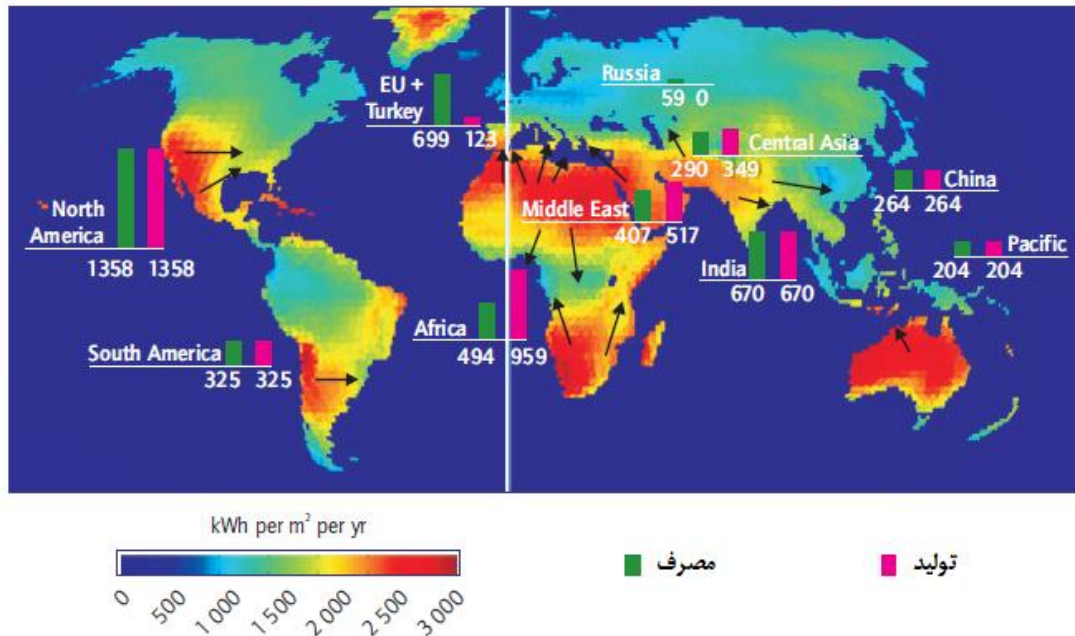
تولید انرژی از منبع نامحدود و پاک خورشید، از مهم ترین موضوعات مورد بحث در نقشه راه انرژی است. بسیاری از کشورهای دنیا، با افزایش بازدهی تولید در این بخش و کاهش هزینه های اولیه، الکتریسیته خورشیدی را جایگزین الکتریسیته فسیلی کرده و صنعت برق خود را تا حد زیادی از وابستگی به منابع فسیلی، رها ساخته اند. طبق تحقیقات آژانس بین المللی انرژی، تولید انرژی الکتریکی از منابع خورشیدی روندی به صورت شکل (۲-۲۸) خواهد داشت.



شکل (۲-۲۸): روند رشد سلول‌های خورشیدی تا سال ۲۰۵۰ [۶۷]

امروزه نیز در بسیاری از کشورها، سهم تولیدی قابل توجهی از انرژی برق، متعلق به انرژی خورشیدی است. از نقطه نظر جغرافیایی و زمین‌شناختی، موقعیت کشورهای مختلف دنیا بر آینده صنعت برق خورشیدی آن‌ها تأثیر مستقیم خواهد داشت. برخی کشورها نظیر اتحادیه اروپا و یا کشورهای قاره اقیانوسیه، از انرژی خورشیدی بهره کمتری می‌برند، از این رو، سرمایه‌گذاری‌های خود را بر روی گونه‌های دیگر انرژی که پتانسیل کافی برای بهره‌برداری از آن‌ها را دارا هستند، متمرکز می‌کنند. اما در مقابل، کشورهای قاره آفریقا و خاور میانه، از این نظر برتری دارند. فناوری تولید برق خورشیدی شاید در مقایسه با سایر فناوری‌های تولید، مکانیزم ساده و راندمان بالایی داشته باشد. از همین رو پیاده‌سازی در مناطق مستعد، بازگشت سرمایه اولیه را سرعت می‌بخشد.

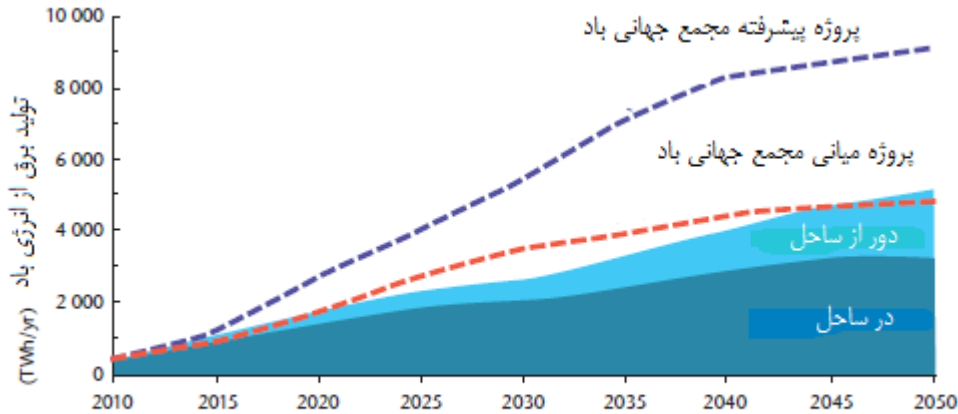
شکل (۲-۲۹)، نقشه پیش‌بینی شده سازمان بین‌المللی انرژی را در سال ۲۰۵۰ برای انرژی الکتریسیته خورشیدی نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲۹): میزان تولید و مصرف الکتریسیته خورشیدی در سال ۲۰۵۰ در نقاط مختلف دنیا

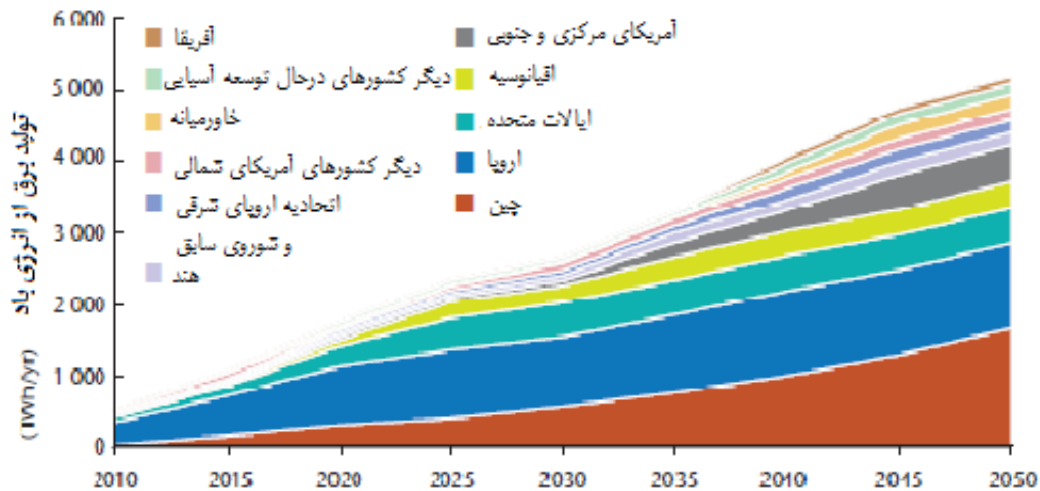
## ۲-۳-۲-۱-۲-انرژی باد [۶۹]

صورت دیگری از انرژی که با هزینه تبدیل کم، قابلیت دسترسی نسبتاً بالا و راندمان قابل قبول، برای تولید الکتریسیته کاربرد دارد، انرژی باد است. فلات ها، سواحل دریا و مراکز اقیانوس ها، از جمله مناطق مستعد برای استفاده از این مکانیزم تولید انرژی برق هستند. هزینه اولیه نسبتاً کم، (در مقایسه با نیروگاه های سوخت فسیلی)، استفاده از منبع انرژی پاک و نامحدود، امکان پیاده سازی در بیشتر مناطقی که شاید برای ساخت سایر اشکال تولید، مناسب نباشند (نظیر وسط اقیانوس ها و یا دامنه کوه ها) و در نهایت امکان ذخیره سازی تولید مازاد بر مصرف انرژی، الکتریسیته مبتنی بر باد را یکی از مهم ترین اهداف چشم انداز انرژی، قرار داده است. طبق گزارش انجمن جهانی انرژی باد، روند رو به رشد استفاده از این انرژی در تولید برق تا سال ۲۰۵۰ در اروپا، طبق شکل (۲-۳۰)، پیش بینی شده است.



شکل (۲-۳): تولید برق از انرژی باد تا سال ۲۰۵۰ [۶۹]

پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی برای کشورهای مختلف، پیرامون استفاده از انرژی باد در تولید برق، تا سال ۲۰۵۰ نیز به صورت شکل (۲-۳) خواهد بود.



شکل (۲-۳): تولید الکتریسیته از انرژی باد تا سال ۲۰۵۰ در نقاط مختلف دنیا [۶۹]

## ۲-۳-۲-۲- انتقال انرژی [۶۸۶۷]

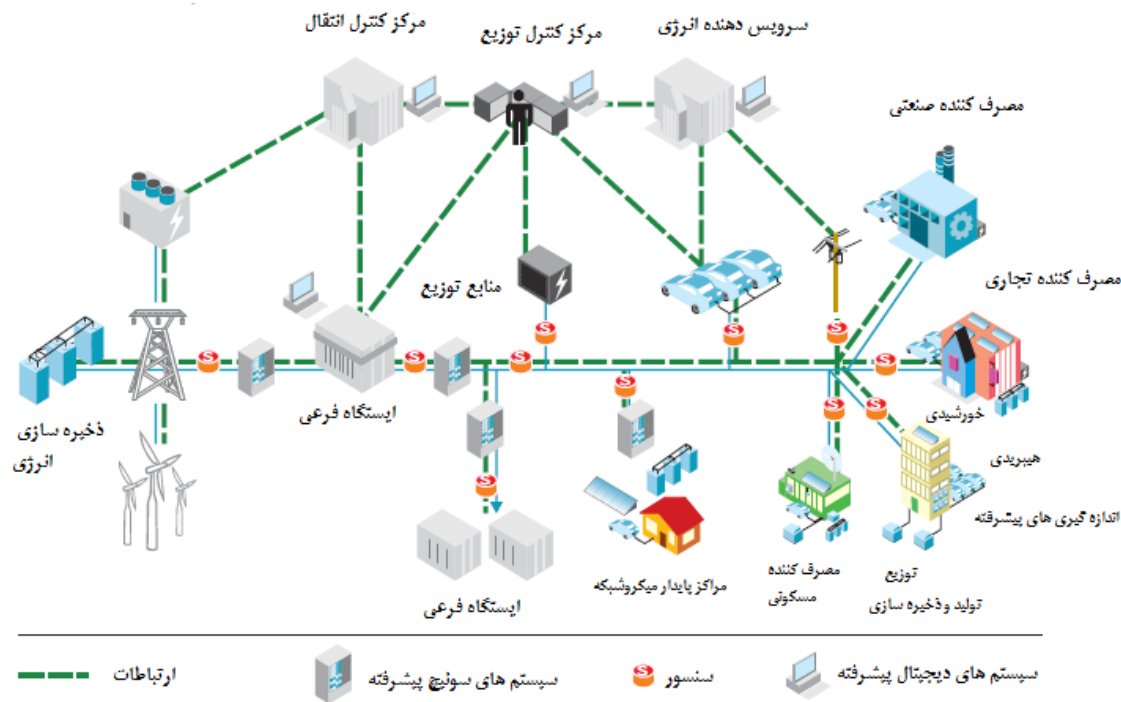
علاوه بر فرآیند تولید انرژی که در مورد روش های نوین و بهینه آن در بخش قبل صحبت شد، فناوری های انتقال این انرژی و تحویل آن به مصرف کننده نیز مستلزم ساز و کار پیچیده و دقیقی می باشد. مطالعات نشان می دهد که سهم عمده ای از انرژی تولیدی از منابع، به دلیل ناکارآمدی تکنولوژی انتقال، تلف می شود و تنها درصد کمی از آن، به صورت خالص و مفید به دست مصرف کننده می رسد.

با پیشرفت تکنولوژی های نوین ارتباطی - مخابراتی، گسترش مفهوم هوشمندسازی شبکه، فناوری تولید پراکنده راه حل های جدیدی برای بهبود کارایی سیستم قدرت مطرح شد. پیاده سازی و اجرای سیستم های هوشمند در شبکه های توزیع، نتایج زیر را در بر خواهد داشت:

کاهش مصرف مشترکین در زمان پیک مصرف، مدیریت بار و انرژی، کاهش تلفات غیر فنی شبکه، برآورد تلفات فنی شبکه، آگاه سازی مشترکین و راهنمایی آن ها در جهت مصرف بهینه انرژی، ایجاد یک بستر مخابراتی ایمن برای تبادل اطلاعات، برآورد کیفیت توان تحویلی به مشترک، امکان پیاده سازی طرح تعرفه شناور به منظور بهینه سازی مصرف مشترکین در ساعات مختلف شبانه روز، پیش بینی مصرف بار مشترکین و اتخاذ تصمیم های مناسب، اعمال قانون برای مشترکین بد حساب با تکنیک های از راه دور، پیاده سازی بستر سخت افزاری و نرم افزاری مناسب جهت پیاده سازی اهداف بازار برق از قبیل پیش خرید، خرده فروشی و عمده فروشی و توزیع مطلوب انرژی الکتریکی و....

روند رو به رشد کشورهای مختلف در بهره گیری از شبکه هوشمند، نشان می دهد که این ایده، در مواجهه با چالش های آینده انرژی، مفید خواهد بود. پیاده سازی یک شبکه هوشمند، مطابق شکل (۲-۳۲)، می تواند تا سال ۲۰۳۰، ۶۰ تا ۲۱۱ میلیون تن در سال، انتشار گاز دی اکسید کربن را کاهش دهد.





شکل (۲-۳۲): ساختار یک شبکه هوشمند [۶۸]

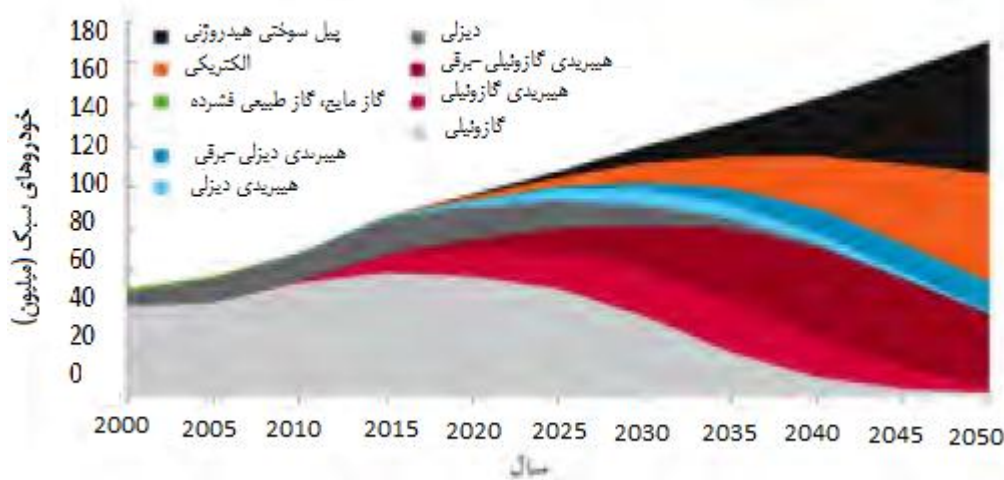
- طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، کاهش گازهای آلاینده با تکیه بر سیستم هوشمند، ناشی از دو عامل می‌باشد که عبارتند از:
- ۱- کاهش مستقیم: شامل صرفه جویی انرژی ناشی از مدیریت پیک مصرف، اعمال فرمان های مستمر بر بارهای خدماتی، شتاب در توسعه برنامه های مؤثر انرژی، کاهش تلفات خطوط انتقال و فیدبک مستقیم از مصرف انرژی
  - ۲- کاهش غیر مستقیم: شامل توسعه فناوری خودروهای الکتریکی و هیبریدی و تسهیل در استفاده از آنها

### ۲-۳-۲-۳- مصرف انرژی

تا به اینجا، مسیر پیش روی انرژی را از دیدگاه تولید و انتقال، مورد بررسی قرار دادیم. مرحله نهایی و در واقع هدف یک چرخه انرژی، مصرف آن است. مصرف بهینه و منطقی انرژی، می تواند صرفه جویی های اقتصادی، افزایش بازدهی تولید، مشکلات زیست محیطی کمتر و در نهایت آینده روشن تری را برای بخش انرژی، رقم بزند.

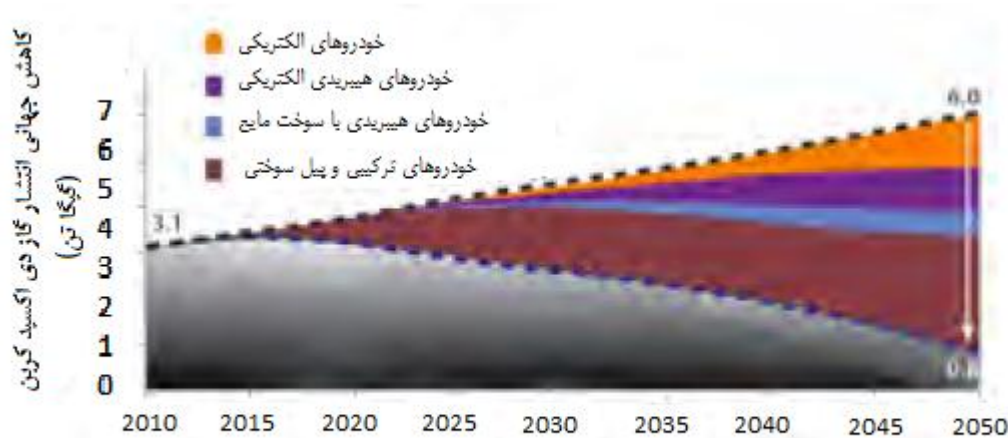
تجهیزات الکترونیکی در مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی که مصرف کننده عمده انرژی برق هستند، اگر به لحاظ میزان مصرف، تحت کنترل نباشند و از استانداردهای مصرف تبعیت نکنند، برای آینده انرژی، مشکل ساز خواهند بود. در بسیاری از کشورها از جمله کشور ما، طی چند سال اخیر، نظارت های مستمری بر تولیدات کارخانه ای الکترونیکی، صورت گرفته است و استانداردهایی برای میزان مصرف یک تجهیز، در نظر گرفته شده است. از طرفی اعمال طرح های مجاب کننده کارخانجات تولیدی، برای افزایش بازدهی تولیدات خود، از لحاظ مصرف انرژی، گامی در جهت هدفمند سازی مصرف انرژی است. مفاهیم نوظهور در عرصه تکنولوژی برای ذخیره سازی انرژی و افق های پیش روی آن، گسترش فناوری های دیجیتال در اندازه گیری و ثبت میزان مصرف، توسعه طرح های تولید پراکنده و ترغیب بخش خصوصی برای قدم نهادن در این عرصه، از راه کارهای مؤثر در بخش مصرف کننده می باشد. بسیاری از کشورهای دنیا، توسعه تکنولوژی خودروهای الکتریکی را به عنوان ابزاری برای مصرف کننده در جهت مدیریت انرژی، در دستور کار خود قرار داده اند. استفاده از وسایل نقلیه در خطوط حمل و نقل عمومی و صنعتی، گزینه ای مناسب و قابل قبول در جهت کاهش آلاینده های زیست محیطی می باشد. کاربرد فناوری های نو در استفاده از خودروهای الکتریکی و یا پیل هیدروژنی، که در حال حاضر نیز در برخی کشورهای توسعه یافته، شکل اجرایی به خود گرفته است، چالش انرژی های پاک را لااقل در بحث حمل و نقل محدود ساخته است.

آژانس بین المللی انرژی میزان استفاده از خودروهای سبک و پاک را تا سال ۲۰۵۰ به صورت شکل (۲-۳۳) پیش بینی کرده است.



شکل (۲-۳۳): روند استفاده از خودروهای سبک و پاک تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک سوخت مصرفی [۶۸]

میزان کاهش گازهای آلاینده به خصوص دی اکسید کربن، با به کار گیری خودروهای الکتریکی تا سال ۲۰۵۰ نیز به صورت شکل (۲-۳۴) است.



شکل (۲-۳۴): میزان کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن تا سال ۲۰۵۰، با پیاده سازی طرح های خودروی الکتریکی [۶۸]

اعمال طرح های هدفمندسازی انرژی در بخش مصرف و ارائه خدمات تشویقی برای به کارگیری این فناوری ها ، مصرف کننده آینده انرژی را چه در مراکز مسکونی، چه تجاری و چه صنعتی، به عنوان یک مشارکت کننده مؤثر در مدیریت انرژی معرفی می کند. آینده دنیا از دیدگاه انرژی، محیط زیست ، فناوری های تولید، انتقال و مصرف و پیشرفت تکنولوژی های مرتبط، موضوعی است که در چند سال اخیر مورد توجه مؤسسات، سازمان ها و دولت ها قرار گرفته است. هر کدام از موضوعات مطرح شده تاکنون، با توجه به ظرفیت های موجود و با نگرش به محدودیت های علمی و عملی، برآوردی است که پیش بینی می شود بشر تا ۴۰ سال آینده به آن دست یابد. در این مسیر، تغییرات و حوادث احتمالی، کمبودهای طبیعی، رقابت های سیاسی و منطقه ای و... هر کدام می تواند بر روند توسعه مورد انتظار، تأثیر بگذارد.

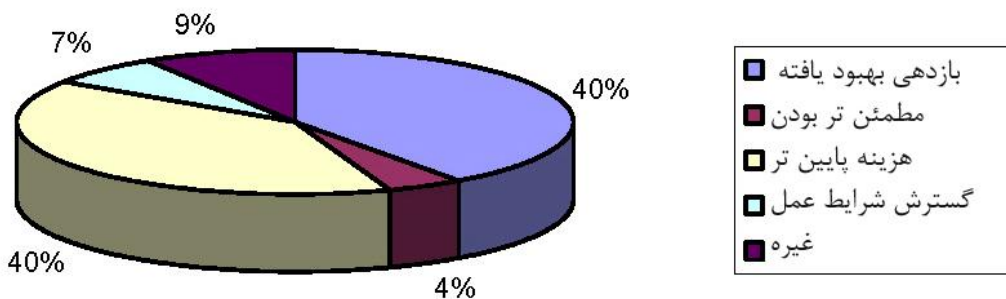
## ۲-۳-۲-۴- نقش نانوفناوری در شبکه های هوشمند [۷۰]

شبکه برق هوشمند تغییر آینده در روش ها و استراتژی های تولید و مصرف انرژی الکتریکی و تعامل بین تمام اجزای شبکه برق است. سرعت موفقیت شبکه هوشمند برق همگام با رشد سریع فن آوری های مرتبط پیش می رود. یکی از مشخصه های اصلی شبکه هوشمند گسترش منابع انرژی تجدیدپذیر و تولید توزیع شده (distributed generations) در شبکه است. علم نانو یک روند در بهبود و تغییر ویژگی های مواد، رفتار، و هزینه است. استفاده از فناوری نانو در تولید انرژی الکتریکی و ذخیره سازی در مراحل اولیه تحقیق و توسعه است. بر اساس بررسی های انجام شده و مطالعات صورت گرفته در زمینه اسناد چشم انداز و نقشه راه نانوفناوری در بخش انرژی در کشورهای مختلف و اهمیت به کارگیری نانوفناوری در حوزه انرژی های تجدیدپذیر و شبکه های هوشمند در این بخش به مروری بر پیشرفت های اخیر و مورد انتظار در شبکه برق هوشمند در زمینه اکتشافات فناوری نانو، به خصوص شرح کاربردها و مزایای فناوری نانو در سلول های فتوولتائیک، پیل های سوختی، مولدهای ترموالکتریک، باتری های ذخیره انرژی و ابرخازن ها، عایق های حرارتی، توربین های بادی، و حسگرهای هوشمند می پردازد. استفاده از فناوری نانو در لوازم الکترونیکی شبکه هوشمند برق نیز معرفی شده است. این مرور کلی یک طرح کلی امیدوار کننده برای شبکه های هوشمند آینده است.

## ۲-۳-۳- آینده پژوهی نانو فناوری در حوزه سلول های خورشیدی

### ۲-۳-۳-۱- چالش های موجود در فناوری سلول های خورشیدی و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن ها

یکی از موانع اصلی در استفاده از فناوری های سلول خورشیدی هزینه تولید آنها نسبت به بازدهی تبدیل انرژی است که در حال حاضر بسیار بیشتر از روش های موجود (نظیر سوخته های فسیلی) می باشد. اگر چه فناوری نانو در حال حاضر در بیشتر سلول های خورشیدی به کار نمی رود، اما بیشتر متخصصان بر این باورند که این فناوری می تواند این مشکل را برطرف نموده و این امر تحول آفرین ترین خواص نانوذرات در سلول های خورشیدی به شمار می آید، که در این صورت هم بازدهی سلول های خورشیدی افزایش



یافته و هم هزینه تولید آنها کاهش می یابد [۱۹].

### شکل (۲-۳۵): تحول آفرین ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری های موجود [۶۶]

به نظر متخصصان نانوذرات در مجموع به گزینه های جدید توسعه و بهبودهایی منجر می شوند که انجام آنها با فناوری های موجود

امکان پذیر نیست (شکل ۲-۳۵). این فناوری روشهایی را برای افزایش بازدهی و کاهش هزینه ارائه می کند که عبارتند از:

توسعه فیلم های نازک

استفاده از نانوذرات (و بنابراین افزایش سطح)

تعیین و توسعه مواد جدید با خواص جدید

در واقع یکی از انگیزه‌های اصلی در راه اندازی فعالیت های جدید تحقیق و توسعه، هزینه پایین محصولات آینده است که تا حدی توضیح دهنده اهمیت بیشتر اعتبار علمی نسبت به کوتاه بودن زمان رسیدن به بازار، بلوغ کالا و ورود به بازار باشد. این فناوری هنوز در تحقیق و توسعه پایه که بیشتر فعالیت ها در آن متمرکز است قرار دارد.

برخی کاربردهای نانوفناوری در حوزه سلول‌های خورشیدی:

سلول های خورشیدی نقاط کوانتومی

اصلاح شکاف باندی با کنترل اندازه نانوذرات

بازدهی های بیشتر در فناوری های گوناگون

سلول های خورشیدی نانو کامپوزیتی (آلی)

سلول هایی با دسته های دوتایی از فیلم های نازک متشکل از سیلیکون های بی شکل و نانوبلوری

فوتوندهای نانو بلوری دمایی

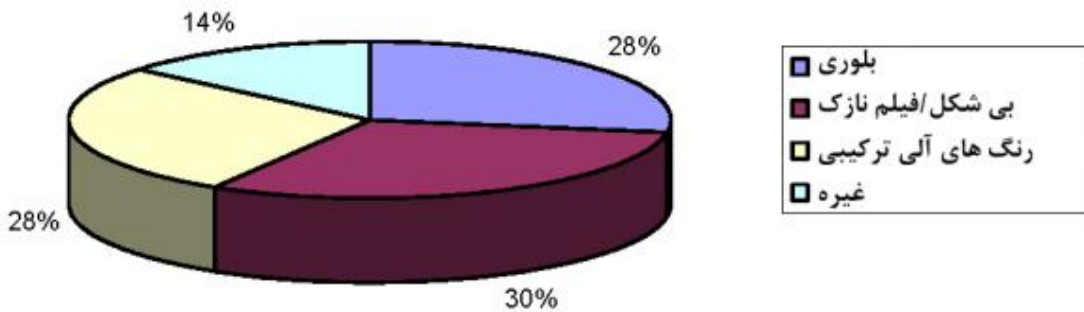
بهبود نوری از طریق طراحی نانوذرات [۷۱و۵]

## ۲-۳-۳-۲- پر کاربردترین فناوری‌ها در سلول‌های خورشیدی

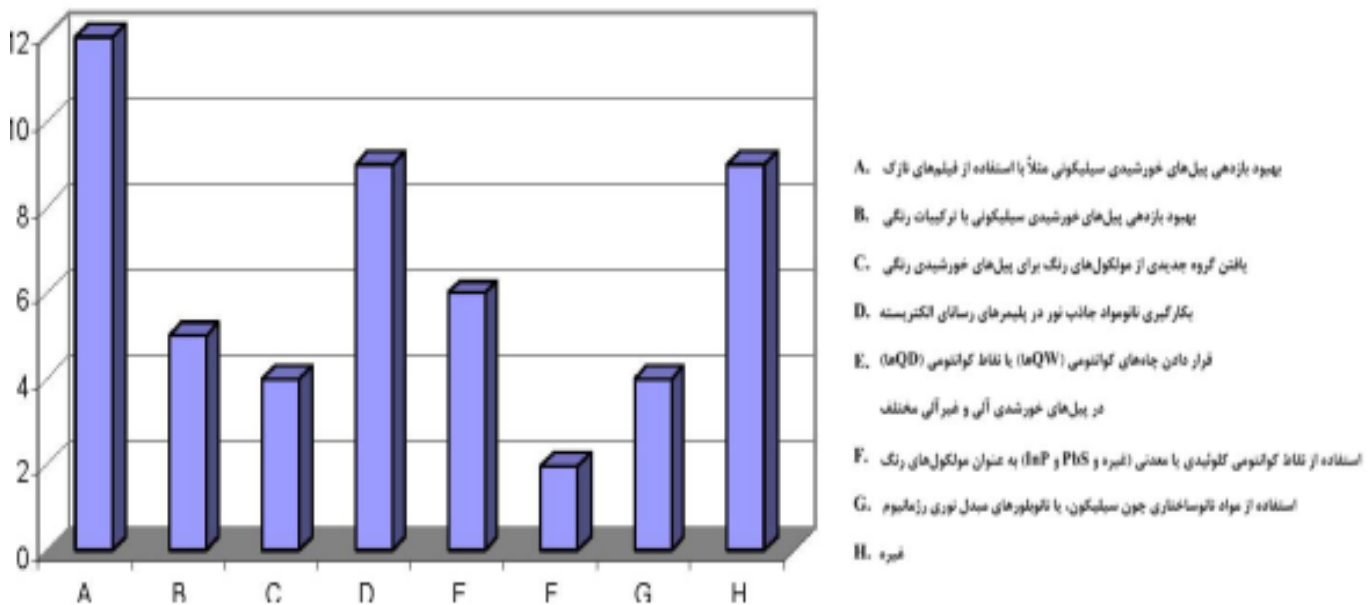
فیلم ها، لایه ها و سطوح نازک بیشترین فناوری مورد استفاده در کاربردهای تحقیق و توسعه هستند و پس از آن مواد نانوبلوری و نانوذرات قرار دارند. برخی از متخصصان بر این باورند که هنوز برای پیش بینی اینکه چه فناوری‌هایی بیشترین تاثیر را در تولید سلول های خورشیدی دارند زود است، ولی در عین حال کسانی که در این باره اظهار نظر کردند پیش بینی می کنند که این سه فناوری پیشگام باشند.

بیشتر متخصصان فعالیتهای تحقیق و توسعه خود را در چند حوزه متمرکز کرده اند که از جمله مهم ترین آنها می توان فیلم های نازک و به دنبال آن سلول های هیبریدی و پلیمری را برشمرد. برخی از این فعالیت های معین شامل بهبود بازدهی سلول های خورشیدی پلیمری آلی، ایجاد اتصالات مختلف به وسیله الکتروپلیمریزاسیون، استفاده از مواد نانو ساختاری در آرایش سه بعدی، پلیمرهای نانو ساختاری به دام اندازنده نور، پلیمرهای رساننده یون، لایه های واکنشی مسدود کننده در سلول های خورشیدی آلی و

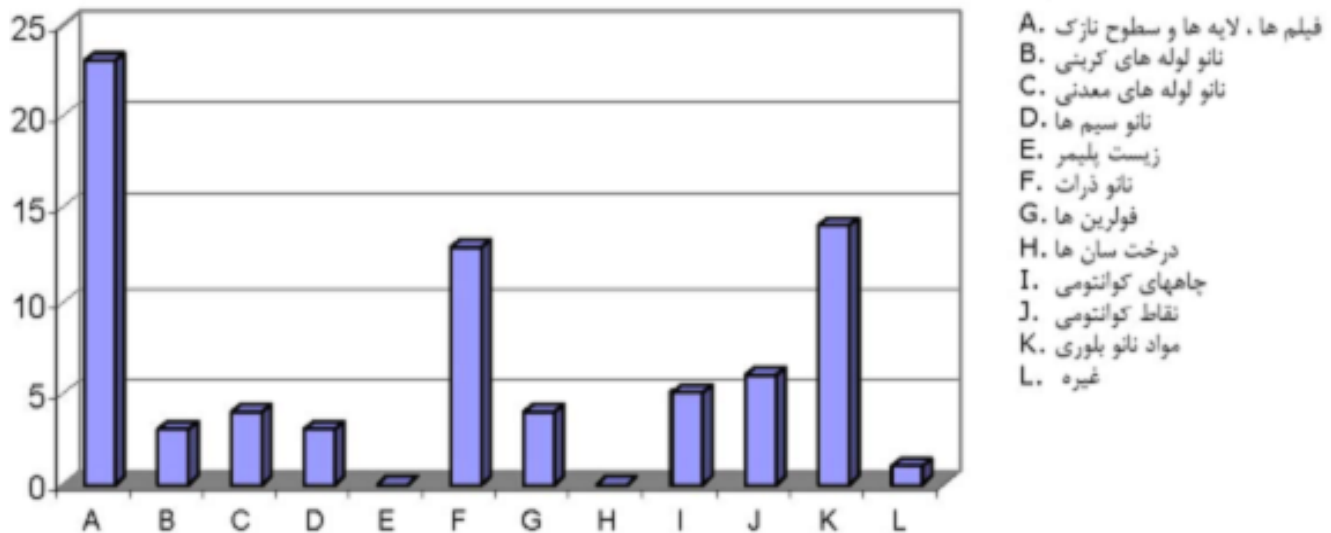
بهبود بازدهی سلول‌های پلیمری چند تایی (ترکیبی) می‌باشند. بیشترین موادی که در فناوری سلول‌های خورشیدی به کار می‌روند در شکل (۲-۳۶) و نسبت تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه در شکل (۲-۳۷) و مناسب‌ترین نوع از فناوری نانو در حوزه سلول‌های خورشیدی در شکل (۲-۳۸) مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۳۶): بیشترین مواد بکار رفته در دسته سلول‌های خورشیدی [۶۶]



شکل (۲-۳۷): تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه در حوزه سلول‌های خورشیدی [۶۶]



شکل (۲-۳۸): مناسب‌ترین نوع از فناوری نانو در حوزه سلول‌های خورشیدی [۶۶]

### ۲-۳-۳-۳- پیش‌بینی آینده فناوری‌های موجود

تعیین مشخصات، طراحی و تولید ماده مرحله مهمی از حوزه تحقیق بنیادی را برای این آینده قابل پیش‌بینی تشکیل می‌دهد که طی آن هدف اصلی کارایی بیشتر و بهبود پایداری سلول‌های فوتوولتائیک پر بازده است. انتظار می‌رود کاربرد این مواد جدید در ماژول‌ها و سلول‌های چاپی از طی چندین سال آینده عملی شود. موضوعاتی که به تولید این مواد مربوط می‌شوند عبارتند از تهیه مواد اولیه، کاهش قیمت‌ها و اطمینان از پایداری آنها در برابر محیط. محققان، فیلم‌های نازک را اولین کاربردهایی از این دست می‌دانند که به ثمر می‌رسد. در عین حال سلول‌های رنگی و الکترونیکی را هم بعنوان محصولاتی که انتظار می‌رود به زودی وارد بازار شوند به شمار می‌آورند. در این بین احتمالاً سلول‌های خورشیدی که از نقاط کوانتومی، فولرین‌ها و نانولوله‌های کربنی استفاده می‌کنند فاصله بیشتری تا تجاری شدن داشته باشند. نکته مهمی که به تمام تحقیق و توسعه‌های مربوط به سلول‌های خورشیدی نانوذره‌ای مربوط می‌شود، اطمینان از بازدهی مناسب انتقال بار در آنهاست که این به معنای آن است که الکترونیکی این سلول‌ها



باید به موازات پذیرنده های فوتونی توسعه یابد و یا در مورد نقاط کوانتومی که در یک شبکه قرار داده می شوند، ذرات به اندازه کافی نزدیک به هم قرارداده شود تا از تماس الکترونی موثر اطمینان حاصل شود.

یکی از جالب توجه ترین کاربردها در این زمینه، چاپ (یا همان رسوبدهی فیلم نازک) سلول های خورشیدی روی یک زیر لایه انعطاف پذیر (پلیمری) است. اما در عین حال بهترین روشهای انجام چنین تولید مجددی شامل فرآیندهای دما بالا می باشند که می تواند به تخریب زیر لایه پلیمری منجر شود. فناوری های جایگزین دیگر هم از قبیل رسوب دهی شیمیایی بخار (CVD) که در دماهای پایین تر انجام می شود هم دارای معایبی همچون ساختار بلوری متغیر، استوکیومتری ترکیبات اجزاء، و آلودگی لایه های حاصل است. روشهای جدید شامل مولکولهای پیش ساز با نسبت صحیح از اجزای تشکیل دهنده آن است که محققان آن را توسعه داده اند؛ البته این روش تنها به ترکیبات محدودی از ماده مربوط می شوند.

روشهای جایگزین دیگر دما پایین برای MOCVD (آنگونه که در سلول های خورشیدی چند اتصالی V-III بکار می رفت) از قبیل اسپری CVD با ایجاد کنترل روی پارامترهای چندگانه نظیر اندازه قطره، قطبش حلال، و شدت جریان لازم برای رسیدن به فیلم های نازک مختلف، راه حلی را برای رفع این مشکل ارائه می کند، اما در عین حال این روش نیز همچنان در مراحل اولیه توسعه خود بوده و برای استفاده در روشهای تولید انبوه آماده نیست.

شاید سلول های الکترونی و رنگی (حداقل در حال حاضر) نتوانند با سلول های خورشیدی چند اتصالی از لحاظ بازدهی رقابت کنند، اما در عین حال این مواد فوایدی بدنبال داشته و اجرای فرایند تولید آنها ارزان تر و ساده تر است (بعنوان مثال این سلول ها تا ۶۰٪ در سلول های سیلیکونی باعث صرفه جویی می شوند). همچنین کاربرد این مواد در زیر لایه های انعطاف پذیر راحت تر است. انگیزه اصلی در این کار، بهبود مقاومت این سلول ها در برابر شرایط محیطی چون تغییرات دما و رطوبت و غیره می باشد، که در نهایت به جایگزین کردن مایعات آلی با الکترولیت های جامد از قبیل پلیمرهای رسانا و مایعات یونی و نیز بهبود مسدود کننده ها منجر شده و ما را از تاثیر ناپذیری آنها از شرایط محیطی مطمئن می کند. دیگر فعالیت های تحقیق و توسعه شامل تعیین و توسعه مولکولهای رنگ جدید می باشد تا امکان استفاده از بخش بیشتری از طیف نوری فراهم شود.

سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی، هنوز تا رسیدن به کاربردهای تجاری فاصله زیادی دارند. در عین حال همانگونه که قبلاً هم بیان شد، این سلول ها بیشترین بازدهی نظری را در جذب طول موجهای معین نور دارند. مزیت دیگر این سلول ها امکان قرار دادن

آنها در زیر لایه های مختلف است؛ لذا بعنوان مثال از آنها در زیر لایه های پلیمری رسانای الکتروسیسته، سل ژل ها و یا مایعات یونی برای تهیه سلول های خورشیدی قابل انعطاف و یا در شبکه های صلب استفاده خواهد شد.

درباره هزینه قابل قبول بازاری این محصول که حاصل پیشرفتهای بعمل آمده در فناوری نانو می باشد اغلب متخصصان بر این باورند که با توجه به جا افتاده بودن فناوری سلول های خورشیدی، این هزینه ها به حد متوسط و معتدلی خواهد رسید. در عین حال برخی از متخصصان تصور می کنند که در برخی شرایط، روشهای عادی و مرسوم نمی توانند پیشرفتهای لازم را بدنبال داشته باشند و لذا در مقایسه با فواید و مزایای بیشماری که این فناوری به همراه دارد می توان هزینه های مربوطه را نادیده انگاشت.

به نظر متخصصان، طی ده سال آینده چالش های عمده فناوری نانو در توسعه سلول های خورشیدی شامل موارد زیر خواهد بود:

- کاهش هزینه ها و افزایش بازدهی روش تولید و محصول نهایی

- افزایش طول عمر و قابل اعتماد بودن محصول

در حال حاضر، اثر فناوری نانو در سلول های خورشیدی از دید متخصصان هنوز در مرحله تحقیق پایه قرار دارد. با توجه به وجود موادی که استفاده از آن باعث کاهش هزینه های ساخت و نیز کاربردهای جدید می شود، اما بازدهی آنها کمتر است، در آینده نزدیک، بررسی افزایش بازدهی و همزمان با آن کاهش هزینه ها بعنوان رشته تحقیق و توسعه مجزایی توسعه خواهد یافت. برای ماکزیمم کردن بازدهی به موادی نیاز داریم که بتوانند مقدار بیشتری از پرتو نور فرودی را جذب و به الکتروسیسته تبدیل نماید. بعبارت دیگر انجام این کار نیازمند مجموعه ای از پذیرنده های نوری با شکاف های بانندی و یا طیفهای جذبی مختلف می باشد. نقاط کوانتومی همانگونه که قبلاً هم بیان شد گزینه های مناسبی برای این منظور هستند. همچنین می توان از رنگ های جدید و لایه های چندگانه ای از مواد نانوبلوری فوق العاده نازک با شکاف های بانندی که با ترکیبات تشکیل دهنده تعریف می شوند استفاده نمود. در عین حال چگونگی استفاده از این مواد داخل سلول خود یک چالش به شمار می آید. لذا هر کدام از پذیرنده های فوتون می توانند بطور موثری از فوتون ورودی برای تبدیل آن به انرژی الکتریکی استفاده نمایند. انجام این کار نه تنها محتاج آن است که تمام این پذیرنده های فوتونی در معرض طیف مربوطه نوری - به همراه ملاحظات بعدی که در تولید چند لایه ای وجود دارد - قرار گیرند، بلکه باید انتقال بار موثری از پذیرنده فوتونی به الکتروود انجام شود و این یک زمینه تجربی فعال است که طی آن ساختار شبکه ای (بهینه سازی فاصله بین پذیرنده های فوتونی نانوذره ای یعنی همان تماس الکترونی آنها و اطمینان از پراکندگی یکنواخت نانوذرات)

مورد بررسی قرار گرفته و از ساختارهای فیزیکی انتقال بار نظیر نانوسیمها و CNT که نانوذرات می توانند روی آن جذب شوند و الکترولیت های بهبود یافته که نه تنها کارآمد بوده بلکه در برابر تغییر شرایط محیطی هم مقاوم می باشد، استفاده می شود.

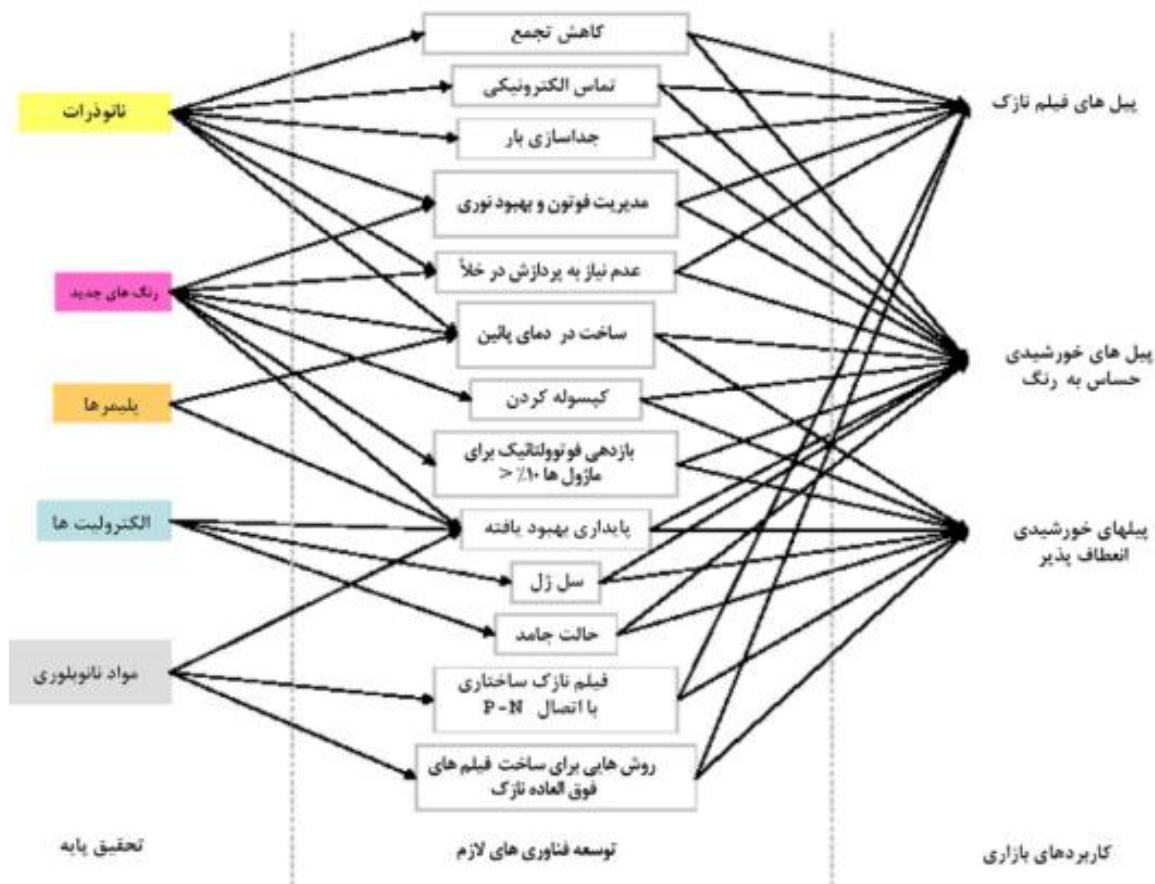
برای آنکه سلول های خورشیدی نهایی بدست آمده بازدهی خوبی داشته و طول عمر آنها هم به گونه ای باشد که تولید آن مقرون به صرفه باشد، هر کدام از این بخشها باید در اتصال با دیگر بخشها بهینه شوند. بالاخره آنکه روشهای بکار رفته برای توسعه هر مولفه و ساماندهی آن بصورت سلول های مجتمع باید به راحتی قابلیت تولید انبوه داشته باشد.

در زمینه سلول های خورشیدی فیلم های نازک نوید بخش تر بوده و طی چند سال آینده عمده توجه دانشمندان در این بخش صرف تحقیقات کاربردی و پایه خواهد شد؛ به طوری که انتظار می رود اولین کاربرد از این نوع تا چند سال آینده به ثمر برسد. انتظار می رود بلافاصله پس از کاربرد فیلم های نازک، سلول های خورشیدی رنگی و سلول های نانوبلوری به همراه دیگر فناوری ها شامل نقاط کوانتومی، فولرین ها و نانولوله های کربنی پدیدار شوند که البته به نظر نمی رسد طی چند سال آینده کاربرد آنها عملی گردد.

این کاربردها در بخشهای مختلفی از سلول های خورشیدی ارزان و فراگیر در کاربردهای کم مصرف تا کاربردهای پرمصرف تر مناسب با نیازهای محلی انرژی را در بر می گیرند. لذا این فناوری، افزایش بازدهی سلول های سیلیکونی تک بلوری از طریق بکارگیری فیلم های نازک یا مواد جدید، تا کاهش هزینه ها و افزایش مقاومت و دوام فیلم های نازک انعطاف پذیر و سلول های خورشیدی مبتنی بر رنگ آلی را در بر می گیرد. یکی از موانع موجود برای استفاده از این فناوری یافتن منبع تامین این نانوذرات و دیگر نانومواد مورد نیاز در کاربردهای مربوط به سلول های خورشیدی است. در حال حاضر اغلب نانوذرات مورد استفاده توسط متخصصان در کاربردهای تحقیق و توسعه بطور داخلی و یا از طریق همکاران دیگر یا سازمانهای تحقیقاتی عمومی تامین می شود و تنها ۲۱٪ آن را تهیه کنندگان صنعتی تامین می کنند. این کار در صورتی که لازم باشد مواد خام قبل از تحقیق و توسعه به تولید انبوه برسد موانع خاص خود را خواهد داشت. لذا برای رفع این مشکل همکاری نزدیکتر صنعت و بخش تحقیقات می تواند راهگشا باشد، به این ترتیب که شرکای صنعتی تولید مواد خام مورد نیاز را عهده دار گردند. همچنین در صورتیکه بخواهیم معیار دیگری که متخصصان بر اهمیت آن تاکید کرده اند را در نظر بگیریم، این همکاری ضرورت بیشتری می یابد. مصرف کنندگان تنها در صورتی از فناوری سلول های خورشیدی استقبال می کنند که افزایش هزینه ها در مقایسه با فناوری های موجود نسبتاً پایین باشد. لذا برای محقق شدن تولید انبوه و مقرون به صرفه لازم است بخش های مختلف این فناوری از همان ابتدا کارها را با مشارکت بخش

صنعتی انجام دهند. برای رسیدن به مواد فوتولتائیک کارآمدتر و توسعه آنها بصورت زمینه های مستحکم و مقرون به صرفه لازم است تا سرمایه گذاری بیشتری در پروژه های شرکتی کوچکتر و با حداکثر تنوع صورت پذیرد [۶۶ و ۷۴].

توصیه هایی برای بخشهای مشخص همراه با توسعه های لازم در فناوری آنها در شکل (۲-۳۹) خلاصه شده است:



شکل (۲-۳۹): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

### ۲-۳-۴- آینده پژوهی نانو فناوری در حوزه مولدهای ترموالکتریک

ترموالکتریسیته عبارت است از تبدیل گرما به الکتریسیته و بالعکس که آن را اثر "پلتیر-سیبک" هم می نامند. نیمه رساناها موثرترین مواد ترموالکتریکی هستند. این خاصیت آنها تا حد زیادی به ماده بکار رفته در آنها که الکتریکی الکتریکی بالا و در عین

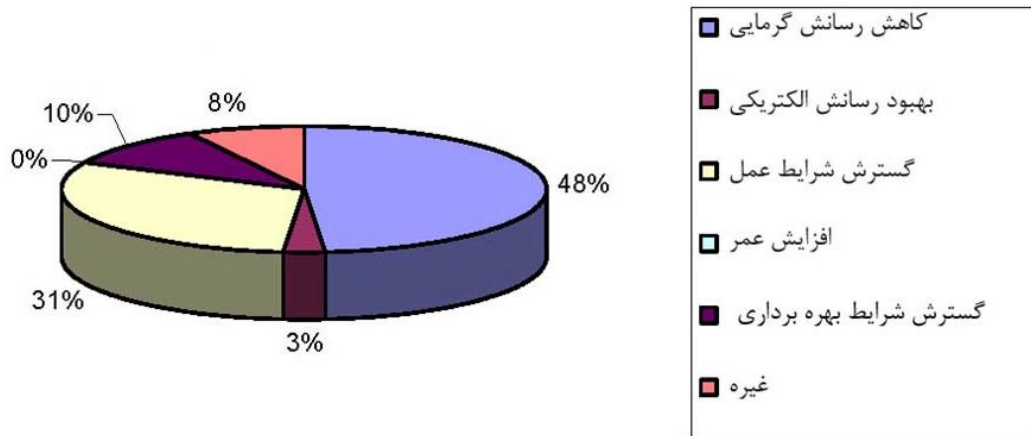
حال هدایت حرارتی کمی دارد، مربوط می شود. این رابطه در شکل ضریب بهره ترموالکتریکی یا مقدار  $ZT$  خلاصه می شود.  $ZT$  بهترین مواد کنونی موجود در بازار تقریباً ۱ است. بنا بر اصل ترموالکتریسیته اگر دو ماده غیر مشابه را به یکدیگر از دو نقطه مجزا متصل کنیم (ترموکوپل)، آن گاه با گرم کردن یکی از نقاط اتصال، در محل دیگر الکتریسیته تولید می شود. مواد ترموالکتریک، سال ها است که مورد استفاده قرار می گیرند. در عین حال اگر چه این مواد بدلیل نداشتن بخش های متحرک قابل اطمینان هستند، اما بازدهی آنها نسبتاً کم است.

### ۲-۳-۴-۱ - چالش های موجود در فناوری مولدهای ترموالکتریک و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن ها

مهم ترین مانع گسترش استفاده از ابزارهای ترموالکتریسیته بازدهی پایین آنهاست (یعنی مقدار پایین  $ZT$ ). در عین حال در سال ۲۰۰۲ هنگامی که مثلث تحقیقاتی کارولینای شمالی از توسعه لایه های نانو ساختار تلورید بیسموت ( $BiTe$ ) و تلورید آنتیموان ( $SbTe$ ) که بازدهی آنها دو برابر مواد ترموالکتریک قبلی بود خبر دادند، تمام این شرایط تغییر کرد. لایه های بسیار نازک (کوچکتر از ۵ نانومتر) از این ابرشبهه ها ارتعاشات اتمی و در نتیجه جریان گرما را محدود کرده ولی در عین حال هیچ تاثیری بر جریان الکترون ها نداشتند ( $ZT$  افزایش می یافت) همچنین به دلیل وجود این امیدانس حرارتی نانوسیم ها و نانوذرات از ارزش  $ZT$  بالایی برخوردار می شوند. مقدار بالقوه  $ZT$  فیلم های نازک نانو ساختار، نانوسیمها و نانوذرات، از لحاظ نظری، ۳ یا ۴ و حتی بالاتر است. وجود چنین ظرفیتی باعث شده تا اغلب متخصصانی که به سوالات ما پاسخ داده اند به این باور برسند که فناوری نانو می تواند فناوری های موجود و جایگزین را بهبود بخشد که این کار از طریق کاهش الکتریکی گرمایی و افزایش توان ترموالکتریسیته و در نهایت دستیابی به مقادیر بالاتر  $ZT$  امکان پذیر است. تعدادی از مواد مختلف از جمله ترکیبات جدید چون اسکوترودیت ها و کلاترات ها که هر دو از خانواده مولکول های قفس ماندی هستند که ماده دوم را احاطه می کنند به دلیل خواص ترموالکتریکی که دارند، در دست توسعه اند.

مواد مذکور برحسب خواص ترموالکتریک خود در دماهای محیطی مختلف می توانند کاربردهای بالقوه گسترده ای داشته باشند که از سیستم های خنک کننده دمایی تا تولید برق دمابالا را شامل می شود. برای توسعه این مواد وجود ابزارهایی برای تعیین دقیق خواص ترموالکتریک آنها در مقیاس نانو ضروری است تا به این ترتیب بتوان از ایجاد ترموکوپل با بازدهی مناسب بین مواد نانو ساختار مختلف مطمئن شد. کاربردهایی که انتظار می رود با این روش طی ۱۰ سال آینده به بازار برسند، عبارتند از: تولید الکتریسیته

از گرمای آگزوز ماشین ها و میکروخنک کننده های پربازده جهت پردازنده های رایانه ای در شکل (۲-۴۰) تحول آفرین ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری های موجود نشان داده شده است [۶۶].

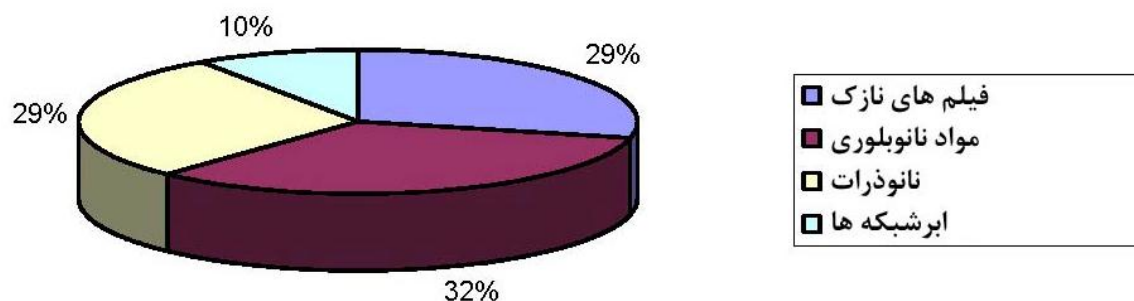


شکل (۲-۴۰): تحول آفرین ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری های موجود [۶۶]

### ۲-۳-۴-۲- پر کاربردترین فناوری ها در مولدهای ترموالکتریک

سطوح، لایه ها و فیلم های نازک و مواد نانوبلوری و به دنبال آن نانوذرات همگی بیشترین انواع فناوری های نانو هستند که متخصصان بطور گسترده ای از آن در کارهای ترموالکتریکی خود استفاده می نمایند. دسته ی دیگر از این فناوری ها شامل ابرشبکه ها و نانو کامپوزیت هاست.

۴ دسته از فناوری های نانو موفق شده اند که به کاربردهای بازاری ترموالکتریسته برسند. (شکل ۲-۴۱)



### شکل (۲-۴۱): پرکاربردترین فناوری‌ها در حوزه مولدهای ترموالکتریک [۶۶]

موضوع مشترک بین تمامی عناوین مهم تحقیق و توسعه طی ۱۰ سال آینده توسعه مواد جدید است. این کار شامل فیلم های نازک، نانوذرات، مواد نانوبلوری، نانوسیمها و ابرشبکه‌هاست. اما هم چنین دسته های معینی از مواد چون اسکوترودیت‌ها و کلاترات‌ها را هم در برمی گیرد که هر دو شکل‌های قفس مانندی از ماده ای هستند که ماده دیگر را احاطه نموده است. همان گونه که قبلاً هم بیان شد تمرکز این کار بر پایین آوردن الکتریکی حرارتی و در نتیجه بهبود بازدهی ترموالکتریکی است. درعین حال تحقیقات در زمینه مواد جدیدی که متوجه کاربردهای سرمایشی هستند نیز در نظر گرفته شده است. با تغییر مقادیر  $Zt$  لازم است بسیاری از انواع مختلف مواد توسعه یابد؛ به طوری که برخی از این مواد تناسب بیشتری در کاربردهای سردخانه‌ای داشته باشند. (یعنی مقادیر  $Zt$  بالاتر در دمای اتاق). انواع دیگر از این کاربردها برای مولدهای دما متوسط نظیر موتور ماشین ها می باشد و بقیه برای تولید برق در دمای بالا مناسب خواهند بود. مثال هایی از این مواد شامل آلیاژهای بسیموت آنتیموان و سلنید تلوریم برای خنک سازی، آلیاژهای تلورید سرب برای مولدهای دما متوسط و اسکوترودیت ها و آلیاژهای سیلیکون ژرمانیم برای مولدهای دما بالا می باشند. تا زمانی که محصولات تجاری را در نظر بگیریم، اولین کاربردها از این موارد احتمالاً در وسایل نقلیه (تبدیل گرمای اگزوز آنها به الکتریسیته) و در میکروالکترونیک (خنک کننده پردازشگرها) طی چند سال آینده به نتیجه می رسند. درباره افزایش حداکثر هزینه مورد قبول بازار که ناشی از مزایای حاصل از مواد جدید می باشد متخصصان ایده‌های متفاوتی دارند برخی بر این باورند که بازار تنها می تواند افزایش متوسط یا نسبتاً کمی را تحمل کند، درحالی که به نظر برخی دیگر افزایش بسیار زیاد هم قابل تحمل می باشد و بقیه هم بر این باور هستند که از آن جا که هیچ روش مرسوم و مرسوم وجود ندارد می توان از این افزایش قیمت ها در مقایسه با فواید بی شماری که به همراه می آورند صرف نظر نمود [۵، ۶۶].

### ۲-۳-۴-۳- پیش بینی آینده فناوری‌های موجود

بسیاری از متخصصان بر این باورند که یافته های جدید و توسعه ها زودتر از آن چه پیش بینی می شد پدید آمده اند. این به معنای آن است که این بخش از تحقیقات انرژی سریع تر از بخشهای دیگری چون انرژی خورشیدی در حال توسعه است. این امر به نوبه خود همراهی با این توسعه ها، رقابت با دیگر گروه ها و بنابراین استفاده از کاربردهای جدید را مشکل تر می کند. علاوه بر این، در بخش

ترموالکتریسیته نسبت به دیگر بخش‌های انرژی تعداد بیشتری از متخصصان در دسترسی به زیر ساخت‌ها مشکل داشته و قیمت تجهیزات مورد نیاز آنها در حال افزایش بوده و این دو امر می‌تواند باعث کندی رشد تحقیق و توسعه گردد.

فناوری نانو نقش مهمی را در کاربردهای ترموالکتریسیته خواهد داشت و البته کلید این توسعه کنترل نمودن ابعاد مواد جدید به منظور اطمینان از اینکه الکتریکی حرارتی کاهش یافته و درعین حال همزمان با آن توان حرارتی ثابت مانده و یا به طور ایده آل افزایش می‌یابد، می‌باشد. در حال حاضر، برای دستیابی به این اهداف کار اصلی تعریف و توسعه مواد جدید بویژه موادی با مقادیر ZT بالا می‌باشد که در این صورت پایداری این مواد افزایش یافته و البته به تبع آن هزینه‌های تولید هم کاهش می‌یابد. انتظار می‌رود این تحقیق در سال‌های آینده در ساخت ابزارها به کار رود، که اولین کاربردهای آن در مورد تولید انرژی از گرمای هدر رفته در وسایل نقلیه طی ۱۰ سال آینده به نتیجه می‌رسد.

دیگر کاربردها از قبیل پایدار نمودن دما و خنک سازی ابزارهای الکترونیکی و ارتباطات راه دور به عنوان بازارهای اولیه برای استفاده از این گرمای هدر رفته می‌باشند. لذا امکان توسعه ابزارهای سریع تر و پرتوان تر فراهم می‌شود. انتظار می‌رود انواع جدید این مواد شامل فیلم‌های نازک، مواد نانو بلوری، نانوذرات، نانو سیم‌ها و هم‌چنین ابرشبکه‌ها باشند، که انتظار می‌رود این ابرشبکه‌ها با وجود فیلم‌های نازک و مواد نانوبلوری اولین دسته از کاربردها باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود این فهرست، طولانی است و تعداد زیادی از ترکیبات وجود دارند که می‌توانند توسعه یافته و در این زمینه و کاربردهای متعدد بالقوه دیگر به کار روند. به عنوان مثال برخی مواد گزینه‌های بهتری برای تولید الکتریسیته هستند چرا که مقادیر ZT آنها تنها در دماهای بالاتر، بالا می‌باشد. درحالی‌که دیگر مواد برای خنک سازی مناسب ترند (مقادیر ZT بالا در دمای اتاق). یکی از ملاحظات مهم در این زمینه ساخت توده مواد نانو ساختار و به ویژه کاربرد آنها در فیلم‌های نازک است. در حال حاضر مواد با بالاترین مقادیر ترموالکتریسیته در مقیاس آزمایشگاهی تولید می‌شوند و حتی در این سطح هم تفاوت‌هایی در ساختار آنها وجود دارد (به عنوان مثال اندازه دانه‌ها و حتی پراکندگی آنها و...) حذف این تغییرات برای تولید انبوه مولدهای ترموالکتریسیته ضروری است.

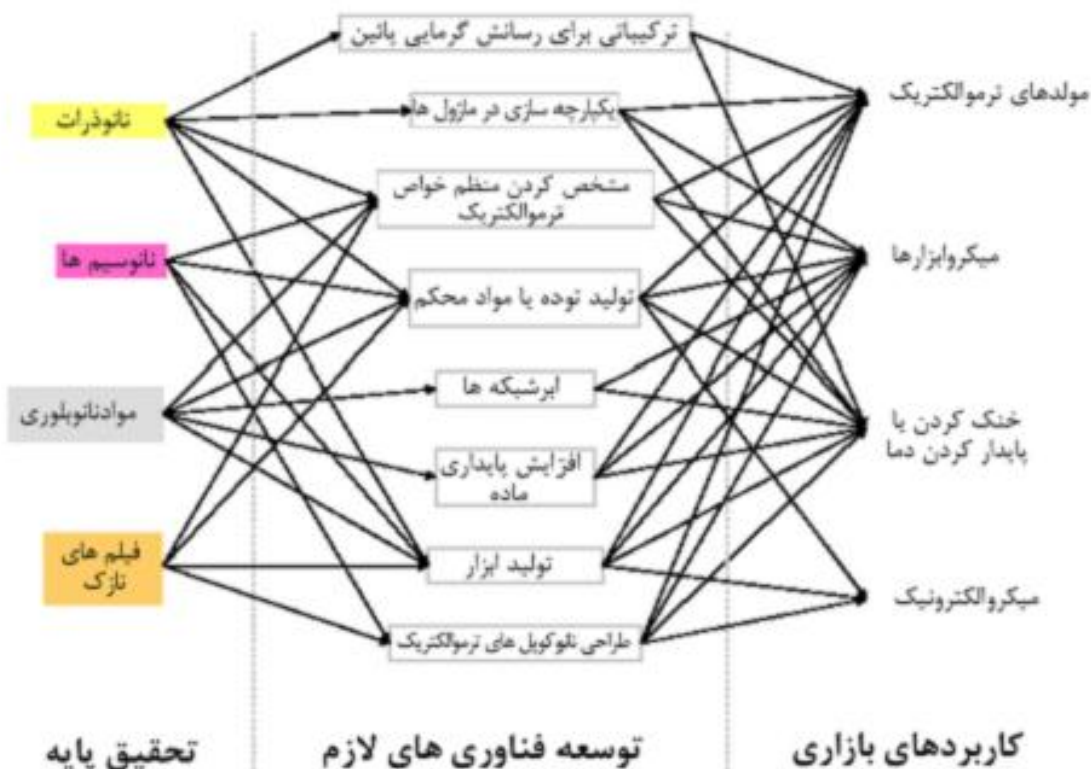
به این منظور ابزارهایی لازم است تا خواص فیزیکی مواد جدید، هم خواص ساختاری و هم خواص ترموالکتریکی را به دقت اندازه‌گیری نمایند. علاوه بر این، به روش‌های محکم و مقرون به صرفه‌ای برای تولید انبوه این مواد به طوری که قابل استفاده در ابزارهای ترموالکتریسیته باشند، احتیاج داریم. یک روش ممکن در تولید نانوپودرهایی با اندازه ذره‌های سازگار، استفاده از روش



Equal (Channel Angular Extrusion) گرم است و برای دیگر مواد روش های پردازش متفاوت دیگری لازم است . به عنوان مثال مواد چاه کوانتومی را می توان به شیوه اپیتاکسی پرتو مولکولی یا در تولید انبوه به طور مناسب تر با استفاده از روش پاشش مگنترون که امکان رسوب دهی چند لایه ها را فراهم می کند تولید نمود و نیز نانوسیم های برخی از مواد چون آلیاژهای BiTe را می توان با استفاده از قالب های آلومینیومی ساخت . هم اکنون ابزارهای جدید برای آنالیز مواد در دست توسعه است که شامل SThEM (میکروسکوپ ترموالکترونیک پیمایشی) می باشد، که از میکروسکوپ های تونل زنی پیمایشی اصلاح شده برای اندازه گیری اختلاف های ولتاژ القایی ترموالکتریسیته با دقت نانومتری استفاده می کند . به عنوان مثال وجود چنین ابزارهایی در تأیید ترموکوپل های نانومقیاس در محل اتصال لایه های فوق العاده نازک ضروری است .

از آنجا که این بازار با تعداد کم کالاهای خود هنوز در مراحل اولیه بوده و به دلیل آنکه این مواد جدید نقش هایی دوگانه دارند (مثلاً قطعات خنک کننده PC ها، که ضمن تامین نیروی الکتریکی فن ها به فرآیند خنک کنندگی هم کمک می کنند) انتظار می رود هزینه نسبی قابل قبول این فناوری های جدید بر خلاف سلول های خورشیدی بالا باشد [۶۶، ۷۴].

توصیه هایی برای بخشهای مشخص همراه با توسعه های لازم در فناوری آنها در شکل (۲-۴۲) خلاصه شده است:



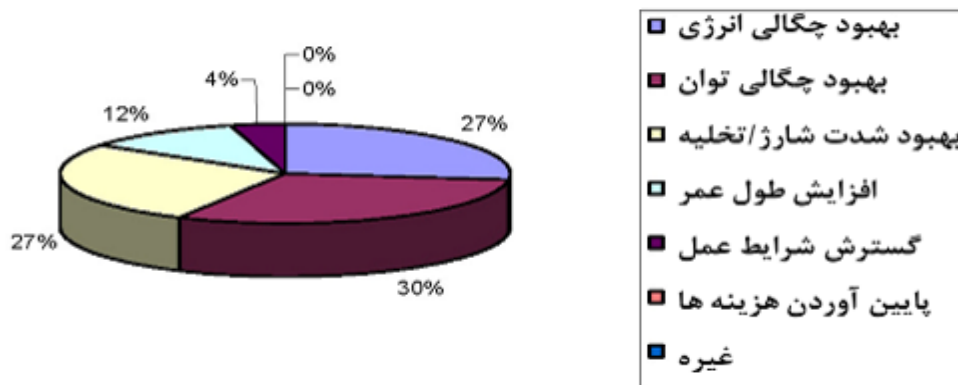
شکل (۲-۴۲): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

### ۲-۳-۵- آینده‌پژوهی نانو فناوری در حوزه ابرخازن ها و باتری های قابل شارژ

این ابزارها منابع قابل حمل انرژی به شمار می آیند که می توان آنها را مجدداً با اتصال به یک منبع الکتریسیته پر نمود. لذا آنها در کنار سلول های خورشیدی و مولدهای بادی، مجموعه کاملی از منابع انرژی تجدیدپذیر را تشکیل داده و راه حلی در تامین انرژی به شمار می آیند؛ بطوریکه هنگام روز با قرار گرفتن در معرض منابع طبیعی، انرژی لازم را ذخیره و هنگام شب یا وقتی که بادی نمی وزد، از آن استفاده می شود.

### ۲-۳-۵-۱- چالش های موجود و نقش نانوفناوری در کمک به حل آنها

ابزارهای قابل حملی چون تلفن همراه، PDA ها و لپ تاپ ها همچنان کاربردهای گسترده تری یافته و انرژی بیشتری را هم می طلبند. منابع انرژی قابل حمل فعلی (عمدتاً باتریهای قابل شارژ) اگر چه تا حدی این نیاز را برآورده می سازند، اما همچنان معایبی چون قابلیت محدود ذخیره انرژی و توان ماکزیمم خروجی داشته و شدت شارژ/تخلیه آنها نیز کند است. آنچه فناوری های موجود را محدود می کند مواد مورد نیاز آنها نیست، بلکه سطح فعال است؛ بعنوان مثال، آنگونه که تخمین زده می شود تنها ۲۵٪ حجم باتریهای قابل شارژ بطور فعال مورد استفاده قرار می گیرد. لذا اگر توانایی نانوذرات در بهبود چگالی انرژی، چگالی توان و شدت شارژ/تخلیه بعنوان تحول آفرین ترین خاصیت نانوذرات مورد استفاده در باتریهای قابل شارژ و تحقیق و توسعه ابرخازن ها، درمقایسه با فناوری های موجود و جایگزین، قلمداد شود تعجبی نخواهد داشت. تحول آفرین ترین خواص نانو مواد در شکل (۲-۴۳) نشان داده شده است.



### شکل (۲-۴۳): تحول آفرین ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری‌های موجود [۶۶]

یکی از انگیزه های اصلی در راه اندازی فعالیت های تحقیق و توسعه، ورودی معین بازار و بدنبال آن هزینه‌های تخمینی پائین کالاها و اعتبار علمی می باشد.

بیشتر متخصصان بر این باور بودند که حداقل به طور متوسط می توان احتمال داد که فناوری نانو تا ۱۰ سال آینده نقش مهمی در تولید باتری های قابل شارژ و ابرخازن ها داشته باشد.

در حال حاضر با توجه به آنکه مراحل اولیه یکپارچه سازی مواد فعال جا افتاده با صفحات و فناوری های جدید در حال انجام است، توجه نسبتاً کمتری به کاهش هزینه های تولید می شود. درعین حال طی ده سال آینده، عمده ترین چالش های فناوری نانو در زمینه توسعه باتریهای قابل شارژ و ابرخازن ها عبارت خواهد بود از:

گذر از فرآیندهای آزمایشگاهی و رسیدن به تولید انبوه

اطمینان از پایداری و ایمنی مواد

اطمینان از عملکرد مواد

پائین آوردن هزینه ها

و بطور خاص، یکپارچه سازی نانوذرات داخل زیر لایه ها [۶۶]

### ۲-۳-۵-۲- پرکاربردترین فناوری‌ها در ابرخازن ها و باتری‌های قابل شارژ

نانوذرات بیشترین موادی هستند که بیشتر متخصصان از آن برای کاربردهای تحقیق و توسعه خود استفاده می کردند و بدنبال آن مواد نانوبلوری و فیلم های نازک چنین وضعیتی دارند. نانو کامپوزیت ها و نانوذرات بعنوان بهترین گزینه ها و پس از آن فیلم های نازک، نانولوله های کربنی و نانوسیم ها هستند.

### ۲-۳-۵-۳- پیش بینی آینده فناوری‌های موجود

چندسالی است که معلوم شده فناوری نانو راه حل هایی را برای بسیاری از موضوعات مرتبط با توسعه باتری های قابل شارژ و ابرخازن ها فراهم کرده و بیشتر این تحقیقات هم اکنون در مراحل پیشرفته تری نسبت به وضعیت R&D دیگر بخشهای انرژی قرار

دارد. در نتیجه انتظار می رود فناوری نانو تا سال آینده نقش مهمی در بازار باتری‌های قابل شارژ و ابرخازن‌ها داشته باشد. همچنین انتظار می رود که باتوجه به بهبود قابل توجه عملکرد حاصل از فناوری نانو در این بخش، بازارهای مربوطه پذیرای افزایش نسبتاً بالای هزینه‌های این بخش باشند. این تاثیر بخشهای مختلفی از جمله بهبود چگالی انرژی، بهبود چگالی توان و بهبود شدت شارژ/تخلیه را در برخواهد داشت. به این منظور انتظار می رود که تمرکز تحقیق و توسعه در زمینه توسعه الکتروود و بخشی از آن هم متوجه الکتروولیت‌ها باشد. کاربردهایی که از این بخش متصورند، عبارتند از: باتری‌هایی با شدت شارژ/تخلیه بالاتر و ابرخازنهای پر انرژی.

فاز نهایی توسعه هنگامی است که تولید به تعداد قابل توجهی رسیده باشد و تحقیقات مرحله ای متمرکز در بهبود محصولات شود. همچنین موادی که در این روش به کار می روند، باید از استحکام کافی برای تحمل حجم زیادی از تغییر مربوط به مهاجرت یونهای لیتیوم برخوردار باشند، تا دچار ترک و شکاف نشوند. به این منظور لازم است تا مواد کاتدی و آندی مختلفی فراهم گشته و برهم کنش این مواد با الکتروولیت‌ها و یون‌های لیتیوم نیز بطور کامل و طی چرخه‌های شارژ و تخلیه متعدد مورد بررسی قرار گیرد. موادی که به این منظور و برای استفاده در کاتد باید مورد تحقیق قرار گیرند عبارتند از: اکسیدهای فلزاتی از قبیل وانادیم، منگنز و کبالت و فسفات‌های آهن، کبالت، و منگنز. مواد آندی مورد بررسی نیز شامل این موارد خواهد بود: آلیاژهای فلزی (تیتانیوم، مولیبدن و تنگستن) و آلیاژهای کربن دار. در مسیر تحقیقات به روشهای قراردعی نیز برمی خوریم که مواد بعنوان مثال مجموعه ای از نانوذرات به الکتروودها اضافه می شوند. در این روش می توان از مواد گوناگونی که ساخت آنها ارزان بوده و قبلاً بصورت ارزان فروخته می شد، استفاده نمود. اگر چه که با استفاده از روش های قراردعی شدت چرخه شارژ - تخلیه و توان خروجی باتری افزایش می‌یابد، اما در عین حال چگالی انرژی تغییری نکرده و حداکثر در حد یک الکترون یا یون لیتیوم به ازاء هر اتم الکتروودی سه بعدی خواهد بود. پیشرفت‌هایی که اخیراً انجام شده نشان داده که برای رفع این مشکل می توان مواد الکتروودی را طی اولین چرخه شارژ، بصورت نانو ساختارهای در جا در آورد. به این فرآیند "تبدیل" گفته می شود. با این روش بدون نیاز به استفاده از نانوذرات آزاد، نانوکامپوزیتی متراکم بوجود می آید. البته این تحقیق هنوز در مراحل اولیه بوده، اما می توان مواد الکتروودی پرانرژی تر را به این ترتیب فراهم نمود. این کار از طریق افزایش خروجی الکترون هر اتم الکتروود از تقریباً ۰/۶ تا ۲ یا حتی بیشتر انجام می شود.

هم اکنون باتری‌های NEXELION سونی از این تبدیل‌های درونی موضعی برای ایجاد آندهای نانوکامپوزیتی قلعی استفاده می‌کنند.

همچنین در روند پیشرفت‌های مربوط به مواد الکترودی و ساخت باتری‌ها، برهم کنش آنها با الکترولیت‌ها نیز باید در نظر گرفته شود. همانگونه که در بالا بیان شد، در صورت عدم استفاده از باتری‌های قابل شارژ، این باتری‌ها بطور خود بخود تخلیه می‌شوند. این تخلیه ناشی از واکنش‌های احیای بین الکترولیت و سطح الکتروود که بامساحت سطح تماس متناسب است می‌باشد. در این بین وضعیت نانوذرات آزاد هم تحت تاثیر گروه‌های سطحی پدید آمده در فرایند ساخت قرار می‌گیرد.

در حال حاضر حوزه تمرکز بسیاری از فعالیتهای تحقیقی دانشمندان صرف بررسی رابطه افزایش توان خروجی با چرخه‌های سریعتر شارژ-تخلیه و افزایش تخلیه خودبخودی باتری و در نتیجه عمر کوتاهتر پوسته می‌شود. این تحقیقات شامل موارد زیر است. توسعه مواد الکترودی جدید دارای زوج احیا - اکسایش در محدوده‌های مربوط به پایداری الکترولیت؛ کاربرد روکشهایی برای نانوذرات الکترودی با قابلیت گذردهی یونهای لیتیوم و جلوگیری از تماس مستقیم الکترولیت و الکتروودها؛ توسعه الکترولیت‌های بهبود یافته با پایداری ترمودینامیکی بیشتر بطوریکه در معرض واکنش‌های احیای سطح الکتروودها قرار نداشته باشد. به این منظور دانشمندان انواع جدیدی از پلیمرهای رسانا، نمک‌ها و مایعات یونی قابل استفاده در الکترولیت‌ها را مورد بررسی قرار داده و به نتیجه جالب توجهی دست یافتند و آن تشکیل الکتروودهای نانوکامپوزیتی طی روشهای تبدیل بود. همچنین گروههای سطحی در این روش موجب تسریع واکنش‌های الکترولیتی و پایداری بیشتری شوند. برای الکتروود باتریها لازم است تا مواد مختلفی برای آند و کاتد توسعه یافته و علاوه بر آن برهم کنش آن با یونهای لیتیومی بطور کامل و در چرخه‌های متعدد شارژ/تخلیه مورد بررسی قرار گیرد، تا از پایداری طولانی مدت آن مطمئن شویم. برای کاتد این مواد عبارتند از: اکسیدهای فلزات واسطه نظیر وانادیم و فسفات آهن. برای آند این مواد عبارتند از: مواد کربنی و آلیاژهای فلزی نظیر تیتانیوم، مولیبدیم و تنگستن. هدف محققان اطمینان از جایگیری بالای لیتیوم و مهاجرت سریع چگالی انرژی بالا و شدت‌های بالای شارژ/تخلیه می‌باشد که این کار با کنترل میزان نانو تخلخل مواد انجام می‌شود. همچنین لازم است تا این مواد بتوانند بدون ترک برداشتن با تغییرات حجمی ناشی از مهاجرت زیاد یونهای لیتیوم سازگاری یابند. همچنین در این راستا اثری که مواد نانو ساختار بر الکترولیت‌ها دارند، باید مورد توجه قرار گیرد. به این منظور باید ماده الکترودی و الکترولیت‌ها را به گونه‌ای توسعه داد که در برابر تنش‌های اکسیدی موجود در باتری‌های قابل شارژ که طی چرخه شارژ -

تخلیه پدید می آید مقاوم باشند. به این منظور محققان در حال تحقیق روی پلیمرهای رسانای جدیدی هستند که می توانند بجای این الکترولیت ها بکار روند. موضوع مورد توجه در ابرخازن ها ساخت الکترودهای دارای نانوحفره هایی با اندازه های مختلف است تا بتوانند آنیون ها و کاتیونهای الکترولیتی را بهتر در خود جای دهند و در نتیجه موجب افزایش توان و چگالی انرژی شوند. در این راستا هم نانولوله های کربنی و هم مواد متخلخل نانوبلوری مورد بررسی قرار گرفته و فرآیندهایی برای تنظیم اندازه این حفره ها توسعه یافته است. در نهایت، این روشها به متخصصانی از رشته های مختلف چون علم سطح و مواد، شیمی آلی و شیمی پلیمر، کاتالیزورها و مدل سازی های نظری نیاز دارد. دانشمندان همواره بر این نکته تاکید داشته اند که برای یکپارچه سازی تکامل راهبردهای جدید، تمام این فعالیت ها باید بطور هماهنگ صورت گیرد. باتوجه به تقاضاهای موجود برای منابع انرژی قابل حمل، متخصصان پیش بینی می کنند که بازار ابرخازن ها و باتر یهای قابل شارژ پذیرای میزان افزایش متوسط تا بالای هزینه ها که در نتیجه پیشرفتهای فناوری نانو ایجاد می شود، باشند.

درواقع برخی از متخصصان براین عقیده هستند که از آنجا که هیچ روش معمولی برای بهبود وضعیت خازنها و باتری های قابل شارژ وجود ندارد، می توان از هزینه های این پیشرفت درمقابل منافع بی شماری که به همراه دارند، صرف نظر نمود.

برای توسعه های مربوط به الکترودهای قابل شارژ لازم است تا چند عامل در نظر گرفته شود که عبارتند از:

افزایش سطح (نانو تخلخل) برای جای دهی هر چه بیشتر لیتیوم و در نتیجه ایجاد چگالی توان بالاتر

توسعه موادی که بتوانند حجم زیادی از تغییرات ناشی از مهاجرت لیتیوم بین الکترودها را تحمل نمایند.

استفاده از مواد سازگارتر با محیط زیست برای کاند (موادی چون آهن و منگنز که ارزان تر نیز هستند).

کاهش واکنش پذیری الکترودها با استفاده از لیتیوم (مشکلی که بویژه در برخی مواد وجود داشته و منجر به کاهش تا ۵۰٪ ظرفیت پس از اولین چرخه شارژ /تخلیه می شود).

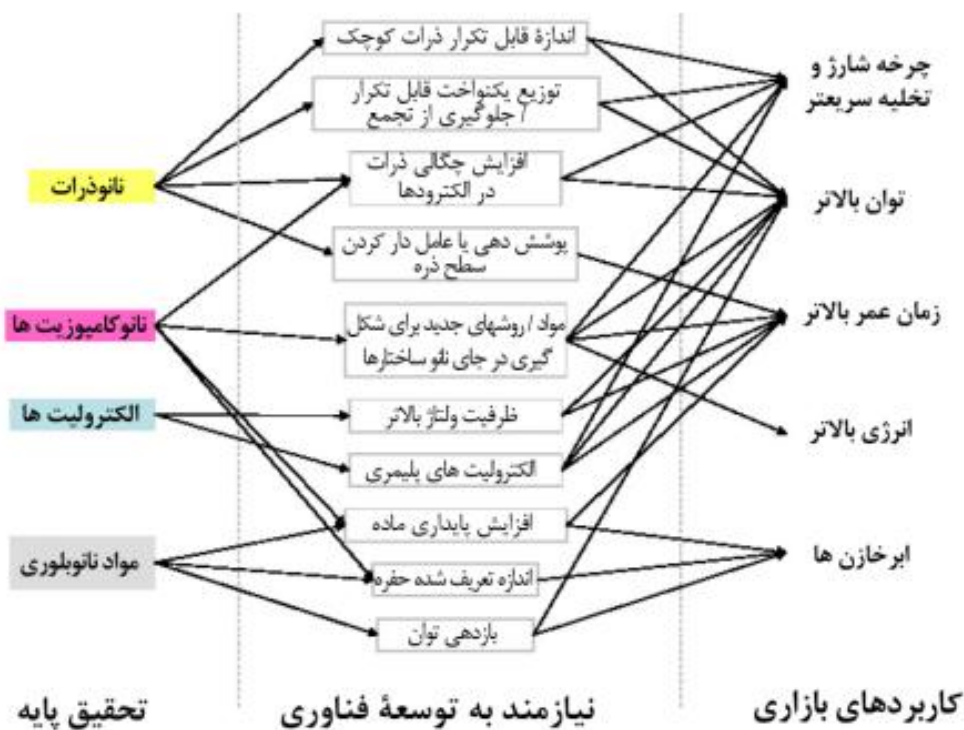
اطمینان از توزیع یکنواخت نانوذرات داخل کاتد ها و پیشگیری از جمع شدن آنها و اطمینان از ماکزیمم بودن الکتریکی

اطمینان از خاصیت منظم بلوری (مواد چند بلوری با گذشت زمان استحکام کمتری در چرخه شارژ - تخلیه خواهند داشت).

درنظر داشتن تمامی موارد فوق و بکار بردن آنها در فرآیندهای صنعتی تولید.

توسعه الکترولیت باید همزمان با این تحقیق پیش برود تا از استحکام و ایمنی باتریهای نهایی بدست آمده اطمینان داشته باشیم.

برای ابرخازن ها، به دلایل زیر باید تخلخل الکتروود را کنترل نمود: برای ماکزیمم کردن برهم کنش الکتروولیت و در نتیجه چگالی بار و نیز اطمینان از اینکه کاتیون ها و آنیون ها برهم کنش موثری با الکتروودها دارند که این امر مستلزم ساخت ماده یکسانی برای هر دو الکتروود اما با حفره هایی با اندازه متفاوت می باشد. این کار حتی می تواند با استفاده از الکتروولیت های آلی که ولتاژ خروجی را ماکزیمم می کنند به موضوعی مهمتر تبدیل شود، چرا که این آنیون ها و کاتیون ها می توانند اندازه های بسیار متفاوتی داشته باشند. به هر حال با تحلیل پاسخ های همین تعداد محدود از متخصصان ملاحظه می شود که در این بخش تعداد بیشتری از آنها در مقایسه با بخشهای سلول خورشیدی و ترموالکتریسیته نانوذرات مورد نیاز خود را از منابع صنعتی تهیه می کنند و البته در عین حال آنها غالباً در این کار با مشکل مواج هاند. از آنجا که بیشتر تهیه کنندگان برای متخصصان شناخته شده اند و همه آنها غیر از یک نفر از نانوذرات استفاده می کنند، این امر می تواند محدودیتهای جدی را برای تحقیق و توسعه داشته باشد. توسعه علم پایه به کاربرد در نمودار (۲-۴۴) خلاصه شده است [۷۴،۶۶].



## باتری های قابل شارژ

شکل (۲-۴۴): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری‌های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

### ۲-۳-۶- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه پیل‌های سوختی

امروزه تولید و توزیع انرژی بر تمام بخش‌های اقتصادی جهانی، تأثیر به‌سزایی دارد و رشد صنعتی شدن هر جامعه، مستلزم تولید انرژی با راندمان بالاست. یکی از مهمترین پیشرفت‌های صورت گرفته از حیث بالا بردن راندمان تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست، ساخت و پیشرفت تکنولوژیکی پیل‌های سوختی است. یک پیل سوختی منبعی برای تولید انرژی است که مانند یک باتری قابل شارژ مداوم کار می‌کند و می‌تواند انرژی الکتریکی را با میزان اتلاف بسیار کمی تولید کند. در این پیل‌ها هیدروژن وارد آند و هوا وارد کاتد شده و محصول واکنش آب است. تحقیقات اخیر بیشتر بر طراحی سلول‌های سوختی که از الکترولیت‌های جامد استفاده می‌کنند (مانند پیل‌های سوختی غشای الکترولیت پلیمری (PEMFC) و سلول‌های سوختی اکسید جامد (SOFC)) نسبت به سلول‌هایی که از الکترولیت مایع یا نمک مذاب استفاده می‌کنند (پیل سوختی آلکالین (AFC)، سلول سوختی اسید فسفوریک (PAFC) یا پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)) متمرکز شده است زیرا دارای مشکلاتی از جمله خوردگی هستند [۷۶، ۵].

### ۲-۴-۶-۱- چالش‌های موجود و نقش نانوفناوری در کمک به حل آن‌ها

پیل‌های سوختی در حال حاضر محصولات تجاری برای کاربردهای خاص هستند. چالش موجود در این زمینه گسترش بیشتر این فناوری با کاهش قیمت و افزایش قابلیت اطمینان است. جهت بهینه‌سازی ساختار پیل‌های SOFC نانوفناوری می‌تواند سهم به‌سزایی داشته باشد. به سبب بالا بودن نسبت سطح به حجم ذرات نانو و توانایی بسیار زیاد در ساخت ساختارهای بسیار متخلخل با کمک این فناوری، توجه زیادی در این زمینه به مواد نانوساختار معطوف شده است [۶۶، ۵].

### ۲-۳-۶-۲- پیش‌بینی آینده فناوری‌های موجود

نانو فناوری نقش مؤثرتری در اثربخشی پیل‌های سوختی SOFC در دمای متوسط ( $300-450^{\circ}\text{C}$ ) ایفا خواهد کرد و همچنین کاتالیست بهتر، هم برای الکتورها و هم برای تشکیل مجدد هیدروکربن و الکترولیت‌هایی با هدایت بالاتر مورد نیاز خواهد بود.



در پیل‌های PEMFC کاهش قیمت و افزایش قابلیت اطمینان برای به کارگیری گسترده آن جهت تولید الکتریسیته، حیاتی است. همچنین اخیراً گزارش شده است که Pt در دماهای کاری بالاتر (۱۲۰-۱۰۰ °C) ناپایدار است و این در حالی است که چندین سال است که دماهای کاری بالاتر مورد توجه قرار گرفته است. اگر شرایط کاری حاکم بر پیل‌های دمای بالای PEMFC، پایداری کاتالیست از جنس پلاتین را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین ساخت هدایت کننده‌های پروتون دیگری که نیاز به هیدراتاسیون توسط آب نداشته باشند (پلیمری یا غیر آلی) از نظر استراتژیک ممکن است مهمتر شوند. این تحقیقات هنوز در مرحله تحقیقات آزمایشگاهی است.

به نظر می‌رسد که طی ۱۰ سال آینده و به یقین طی ۲۰ سال آینده، پیل‌های SOFC برای تولید برق به صورت ساکن، مورد استفاده قرار گیرند و بتوانند با قیمتی قابل رقابت با ژنراتورهای فسیلی برق تولید کنند.

در حال حاضر در زمینه توانایی این پیل‌ها در دمای متوسط خلأ وجود دارد. اما با نتایجی که از تحقیقات SOFC های دمای بالا به دست آمده است، دستیابی به این هدف طی ۲۰ سال آینده، محتمل به نظر می‌رسد. طی چندین سال آینده پیل‌های سوختی قابل حمل PEMFC، برای کاربردهای میکروالکترونیک و وسایل نقلیه با سوخت PEMFC از راه خواهند رسید. اما هر دو کاربرد، کالاهای خاصی هستند که مشتری دستمزد آن را پرداخت خواهد کرد. اما این اطمینان وجود ندارد که کاهش قیمت و افزایش قابلیت اطمینان به اندازه کافی صورت گیرد تا بتواند به صورت گسترده در کاربردهای دیگر استفاده شود. همچنین باید بدانیم که برای بهره‌گیری از مزایای کامل زیست محیطی PEMFC، ابتدا نیاز به زیرساخت‌های تولید انرژی هیدروژنی با قابلیت تولید هیدروژن بدون تولید گازهای گلخانه‌ای داریم و بنای چنین زیرساخت‌هایی به زمانی بیشتر از ۲۰ سال نیاز دارد.

کاتالیست‌ها به صورت مستقیم یا غیر مستقیم، بر تمامی صنایعی که با تغییرات شیمیایی سر و کار دارند، تأثیرگذار است. این مواد برای تکمیل و کنترل دامنه وسیعی از واکنش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی نقش حیاتی دارند و موجب افزایش سرعت واکنش‌هایی می‌شوند که در نبود آن‌ها بسیار کند صورت می‌گیرد. این کاتالیست‌ها در چندین زمینه به طور مستقیم در صنعت برق به کار می‌روند. از جمله الکترودهای پیل سوختی، بازساخت هیدروکربن‌ها، احتراق کاتالیستی و زدودن آلودگی‌های حاصل از احتراق (مانند سولفور).

مهمترین عامل تأثیرگذار بر بهبود خواص کاتالیستی، افزایش نسبت سطح به حجم، با ریزتر شدن ذرات است. هر چه میزان نسبت سطح به حجم بیشتر شود، تعداد اتم‌هایی که تعداد همسایه‌های آن به اندازه عدد همسایگی داخل حجم آن ماده نیست و در گوشه‌ها و لبه جسم بیشتر می‌شود و این باعث می‌شود که (به دلیل بالاتر رفتن سطوح انرژی این اتم‌ها) تعداد نقاط فعال از لحاظ کاتالیستی، روی جسم افزایش یابد. رفتار فیزیکی و شیمیایی این مواد چیزی مابین تک اتم و نمونه حجیم است. با افزایش این نسبت میزان تماس گاز عبوری با ذرات کاتالیست نیز بیشتر می‌شود و این باعث می‌شود که راندمان کاتالیزه کردن گاز، از سوی کاتالیست افزایش یابد. از جمله پارامترهای مؤثر بر بهبود خواص کاتالیستی، تغییر ساختار کریستالی این ذرات با کوچکتر شدن، در ابعاد نانومتر است.

سوخت پیل PEMFC، هیدروژن است. وسیله نقلیه‌ای که با پیل PEMFC کار می‌کند یا نیاز به روشی برای ذخیره هیدروژن دارد (که خود چالش‌هایی را به دنبال دارد) و یا باید دارای سیستمی برای تبدیل سوخت‌های هیدروکربنی (مانند بنزین) به هیدروژن باشد. کاتالیست‌های بهتر برای واکنش WGS، می‌تواند منجر به طراحی پردازشگر سوخت سیار شود. ایجاد اقتصاد بر پایه هیدروژن نیازمند توانایی تولید هیدروژن بدون تولید  $CO_2$  است. شکاف فوتوکاتالیستی آب روش کاملاً پاک برای تولید هیدروژن است و بنابراین هدفی است که به دنبال آن هستیم. بر خلاف سلول‌های خورشیدی فوتوولتائیک، شکاف فوتوکاتالیستی آب، انرژی خورشیدی را به انرژی شیمیایی قابل ذخیره تبدیل می‌کند. این ویژگی، قابلیت برجسته‌ای است زیرا بسیاری از فناوری‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند سلول‌های خورشیدی) به علت عدم توانایی در ذخیره انرژی برای مصارف بعدی (مانند شب)، با مشکل مواجه هستند.

مدتی است که کاتالیست‌های هتروژن در سطح نانو، به علت افزایش در محل‌های فعال و سرعت واکنش ناشی از افزایش سطح و نیاز به کاهش مقدار (قیمت) ماده کاتالیست، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. بهبود تولید و به کارگیری نانوساختارها می‌تواند به بهبود عملکرد کاتالیست‌ها منجر شود. بهبود کاتالیست‌های شکاف آب (WGS) از این قاعده مستثنی نخواهد بود.

پیشرفت‌ها در آینده ادامه پیدا خواهد کرد و دانشمندان از کشف ناگهانی کاتالیست‌های جدید به سمت ساخت کاتالیست‌های جدید در حال حرکت هستند اما دانش بسیار بیشتری در ارتباط با ماهیت محل‌های کاتالیستی و کنترل محیط آن و بهبود پایداری آن لازم است.

مشخص نخواهد بود که آیا اصول حاکم بر فعالیت کاتالیستی نانوذرات طلا را می‌توان به طور گسترده اعمال کرده و به کار برد. مانع موجود بر سر راه فرآیند بادوام برای شکاف فوتوکاتالیستی آب، عدم وجود یک کاندیدای بادوام در حال حاضر است [ ۷۴،۶۶].

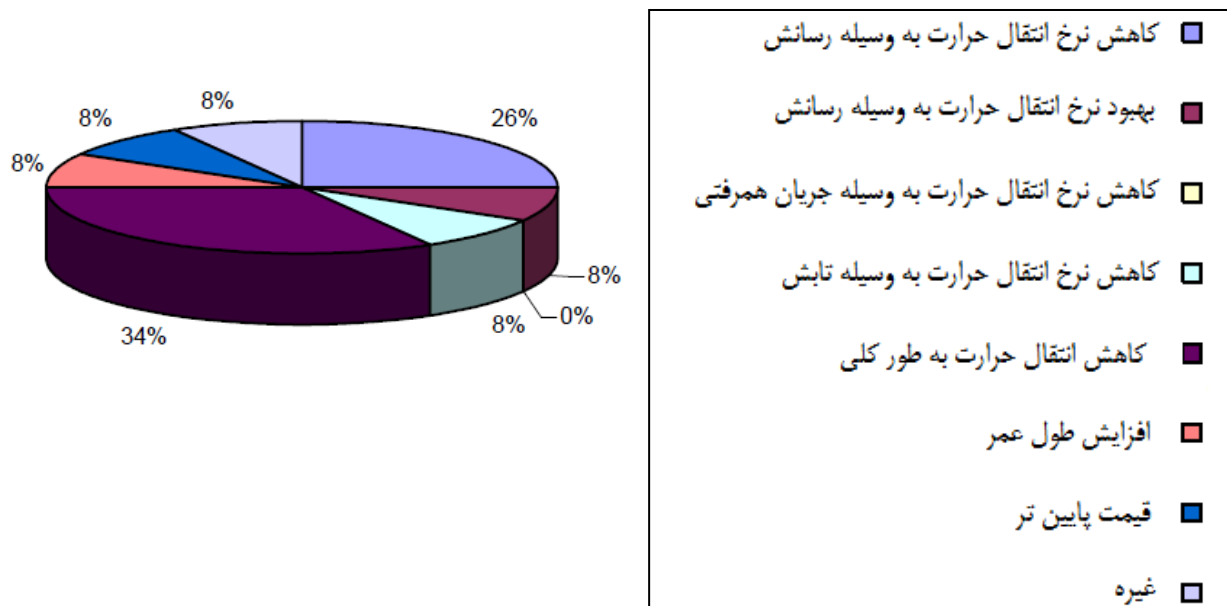
## ۲-۳-۷- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه عایق کاری حرارتی و الکتریکی

از مواد عایق برای ثابت نگه داشتن دما در یک فضای بسته مانند خانه یا یک ظرف (گرم تر و یا سردتر از محیط اطراف) استفاده می‌شود و انجام این کار می‌تواند به حفاظت از محیط زیست از طریق کاهش  $CO_2$  و  $NO_x$  و دیگر گازهای گلخانه‌ای کمک نماید. روزانه مقادیر زیادی از انرژی در صنعت و خانه‌های مسکونی بدلیل عایق بندی ضعیف هدر می‌رود. پیشرفتهای به عمل آمده در این زمینه می‌تواند موجب کاهش هزینه‌ها و نیز مصرف کمتر انرژی گردد. اساس عایق بندی حرارتی ایجاد مقاومت قابل توجه در برابر جریان گرما با استفاده از مواد عایق می‌باشد. به این منظور ماده عایق باید بتواند شدت انتقال گرما به روشهای الکتریکی، همرفت و تابش یا هر ترکیب دیگری از این سه مکانیسم را کاهش دهد. مواد عایق را می‌توان در هر شکل، اندازه و سطحی بکار برد. دو روش اساسی برای انجام این کار وجود دارد: استفاده از مواد متخلخل که بتوانند هوا یا گازهای دیگر را به دام اندازند (موادی چون فایبرگلاس و یا پشم شیشه) و یا بکاربردن پوششی که گرما را منعکس کند چنین پوشش‌هایی را می‌توان روی لعاب‌ها استفاده نمود که در ضمن می‌توانند نسبت به نور هم شفاف باشند [۶۶].

## ۲-۳-۷-۱- چالش‌های موجود در فناوری عایق کاری گرمایی و الکتریکی و نقش نانوفناوری در کمک به حل

### آن‌ها

فناوری‌های عایق بندی مرسوم، توده‌ای بوده و یا سنگین است و لذا حتی در صورت دارا بودن بازدهی عایق کاری بالا، جوابگوی برخی کاربردهای ویژه نیستند، بطوریکه در بخش پوشش‌هایی برای لعاب‌ها هیچ فناوری سنتی موثری برای ایجاد عایق کاری موثری که بتواند شفاف هم باشد وجود ندارد. از سوی دیگر فناوری نانو راه‌حلی را برای این مسئله یافته است و به نظر متخصصان، این کار عمدتاً با کاهش شدت گرمای انتقال یافته (با مکانیزم‌های مختلف) انجام می‌پذیرد. به نظر تنها یکی از متخصصان مورد پرسش، قیمت پایین‌تر و به گفته دیگری افزایش طول عمر از تحولات اساسی این بخش می‌باشد. خاصیت توصیف شده دیگر، جذب انتخابی و بهبود دوام این عایق‌ها بود (شکل ۲-۴۵) [۶۶].



شکل (۲-۴۵): تحول آفرین ترین خواص نانومواد در مقایسه با فناوری های موجود [۶۶]

## ۲-۳-۷-۲- پیش بینی آینده فناوری های موجود

فازنهایی توسعه وقتی است که تولید به تعداد قابل ملاحظه ای رسیده و تحقیق متمرکز در بهبود مرحله ای محصول باشد. این نتایج نشان می دهد که بیشتر متخصصان انتظار دارند که طی نه سال آینده، تحقیق درباره نانوذرات و فیلم نازک به مرحله توسعه کاربردها برسد.

این حوزه های کاربردی شامل مواد ابرسخت و روکش های تبدیل پذیر لعابها می باشد. بعنوان مثال هم اکنون محصولات بازاری متعددی وجود دارند که از اکسید تنگستن بعنوان ماده الکتروکرومیک استفاده می کنند و ولتاژ لازم برای آنها هم از طریق الکترودهای شفاف اکسید قلع ایندیم (ITO) تامین می شود. درعین حال، این مواد گران هستند، لذا فعالیتهای تحقیق و توسعه بدنبال توسعه مواد ارزانتر جایگزین نظیر اکسید روی می باشند. با استفاده

از تنگستن قلیایی نانو ساختار، زمان واکنش الکتروود را می توان به میزان قابل توجهی کاهش داد و به این ترتیب امکان تاریک کردن پوشش ها در عرض چند میلی ثانیه در مقایسه با زمان چند دقیقه ای که در سیستمهای معمول وجود داشت، فراهم می شود.

همچنین سیستمهای مبتنی بر رنگ هم وجود دارند که می توان با متصل کردن آنها به نانوذرات دی اکسید تیتانیوم یا قرار دادن آنها در شبکه های پلیمری، آنها را بصورت فیلم های نازکی روی لعاب ها بکار برد. در هر دو مورد ترکیب رنگ هنگامیکه در معرض نور قرار بگیرد ویا وقتی از لحاظ الکتریکی فعال شود تغییر کرده و باعث تیرگی پنجره می شود. در این کاربردها نانوحفره ای بودن شبکه زیرین باید بدقت کنترل شود، تا بتواند رنگ را در هر دو حالت در خود جای دهد.

آئروژل ها بعنوان یکی از بهترین مواد عایق و کارآمدترین آنها شناخته می شوند، ولی باتوجه به آنکه مساله قیمت یک معضل اساسی به شمار می آید، استفاده فراگیر از این مواد تاکنون عملی نشده است. درعین حال افزایش هزینه های بخش انرژی اخیراً باعث جلب توجه دانشمندان به این مواد و کاربردشان در خطوط انتقال گاز طبیعی و پوشش های لعابی شده است. علاوه براین محققان اخیراً به توسعه کامپوزیت های آئروژل، شامل پلیمرها و کربن سیاه توجه کرده اند. استفاده از این مواد می تواند هزینه کل مواد را کاهش داده و در ضمن خواص حرارتی را حفظ و یا افزایش دهد. مواد دیگری که توجه محققان را جلب نموده، عبارتند از: نانولوله های کربنی و کامپوزیتهای پلیمری.

به نظر متخصصان طی ده سال آینده عمده ترین چالش های فناوری نانو در زمینه تحقیق و توسعه مربوط به عایق کاری و

الکتریکی حرارتی عبارت خواهند بود از:

پایدارسازی سیستم های الکتروکرومیک

آماده سازی پنجره های فوتوالکتروکرومیک

توزیع منظم و یکنواخت نانوذرات در شبکه های زیری

تولید انبوه نانوذرات معین به شکلهای خاص مثلاً برای روکشهای انعکاسی

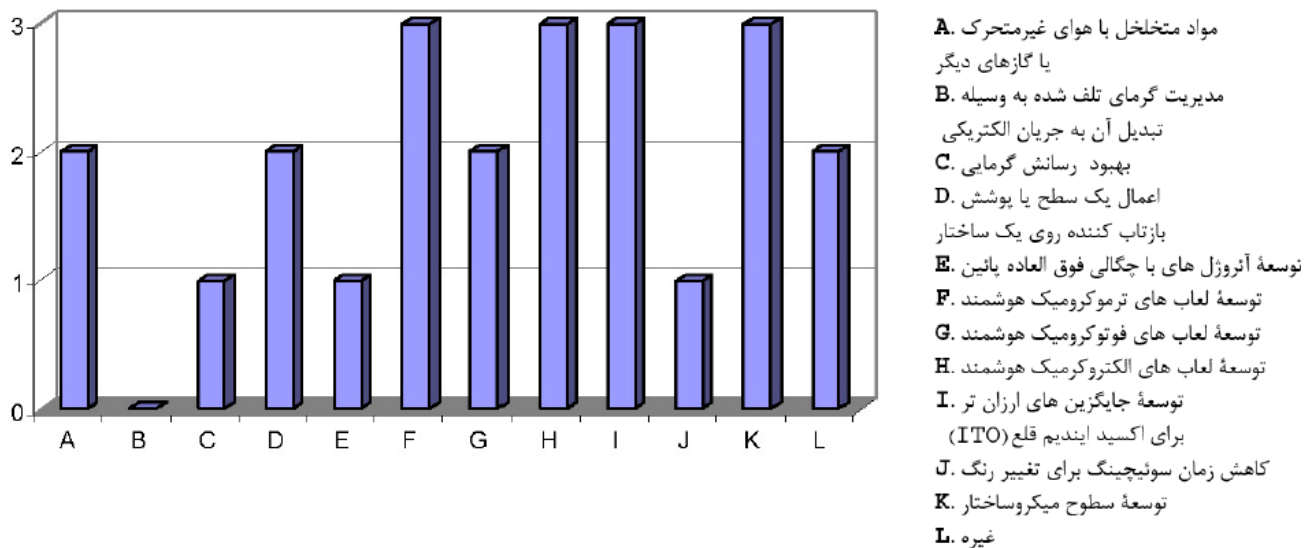
کاهش دادن هزینه آئروژل ها

کنترل نانو تخلخل (این امر در پایدار کردن رنگهای مورد استفاده در ترکیبات مختلف اهمیت دارد)

توسعه لعاب های هوشمند با قابلیت پاسخ به محیط اطراف

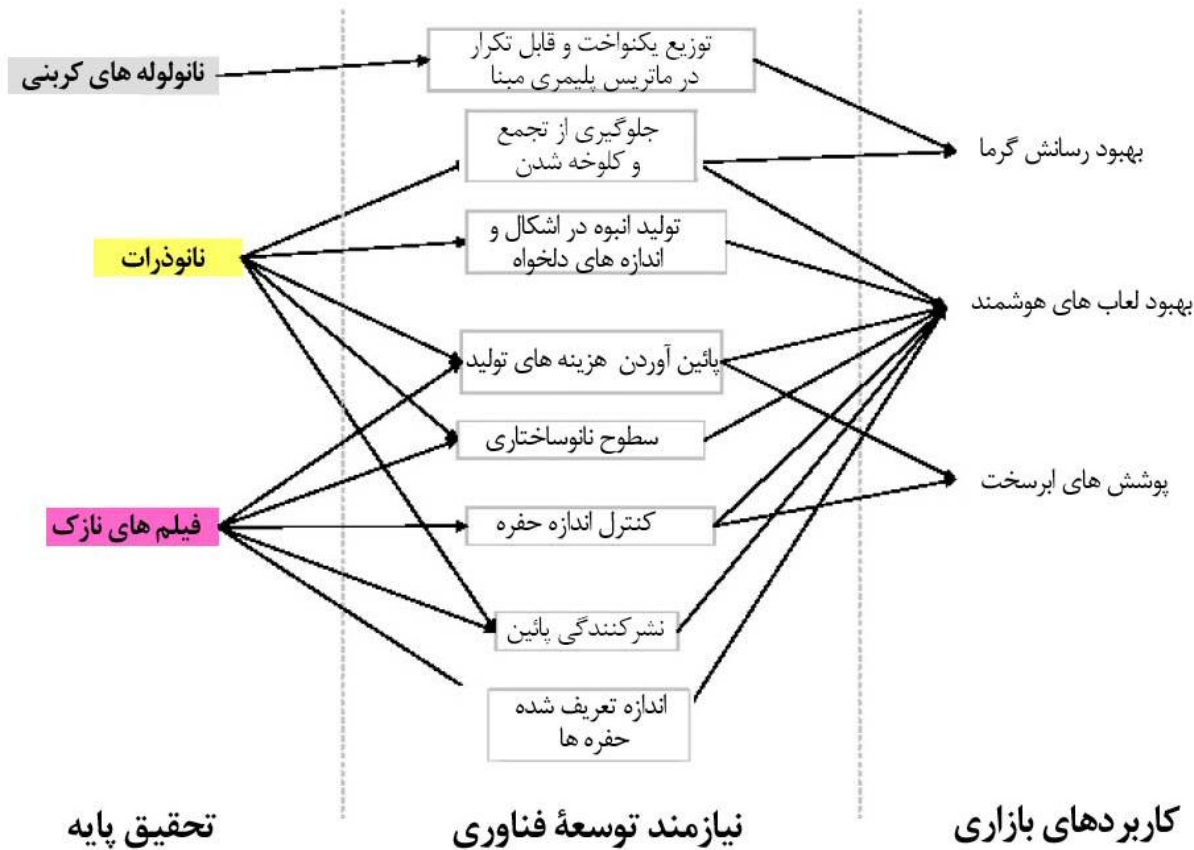
توسعه مواد ابرسخت برای روکشهای عایق گرما

در حال حاضر بیشتر فعالیت های تحقیق و توسعه در فاز کاربردی به چالش های عمده فوق اختصاص دارد و پیش بینی می شود در دهه آینده بجای تعریف مواد جدید به توسعه بیشتر مواد روکشی، پایدارسازی و تولید انبوه آنها اختصاص یابد. انتظاری رود طی دهه آینده فیلم های نازک و نانوذرات بیشتری نقش را در کاربردهای مربوط به عایق کاری حرارتی و الکتریکی داشته باشند. تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه در شکل (۲-۴۶) نشان داده شده است.



شکل (۲-۴۶): تمرکز مطالعات تحقیق و توسعه [۶۶]

در شکل (۲-۴۷) حوزه های تحقیقاتی کاربردهای نهایی آنها و توسعه فناوری لازم برای انجام آن نشان داده شده است [۶۶].



شکل (۲-۴۷): تحقیقات پایه در دست انجام همراه با توسعه فناوری های لازم برای دستیابی به کاربردهای دلخواه [۶۶]

### ۲-۳-۸- آینده پژوهی نانوفناوری در حوزه تصفیه آب

نانوفیلتراسیون فرآیند نوینی است که به علت کارایی در اختلاف فشار نسبتاً پایین، بازیابی خوب و میزان دفع مناسب جایگاه ویژه ای را در زمینه جداسازی به خود اختصاص داده است.

در زمینه تصفیه آب و پساب به دلیل استفاده از غشاهای باردار می توان از این روش بهره گرفت. این فرآیند جایگزین مناسبی برای فرآیندهای اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، تبادل یونی و آهک زدایی به شمار می رود.

نانوفیلتراسیون فرآیند غشایی جدیدی است که خواص جداسازی آن بین فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون می‌باشد. در اولترافیلتراسیون ذراتی از  $0/1$  تا  $0/01$  میلی متر قابل جدا شدن هستند، در حالیکه در نانوفیلتراسیون ذراتی با اندازه‌های  $0/1$  تا  $0/001$  میلی متر قابل جدا شدن هستند.

### ۲-۳-۸-۱- چالش‌های موجود و نقش نانوفناوری در حل آن‌ها

آب سالم برای سلامتی انسان ضروری است و همچنین یک ماده خام حیاتی در بسیاری از صنایع کلیدی نظیر الکترونیک، دارو و مواد غذایی محسوب می‌شود. جهان با چالش‌های زیادی در افزایش تقاضا برای آب سالم به عنوان منابع موجود آب شیرین روبرو است که با توجه به موارد ذیل در حال کاهش می‌باشد (الف) گسترش وقوع خشکسالی، (ب) افزایش رشد جمعیت، (ج) تشدید و بهبود مقررات بهداشتی و سرانجام (د) افزایش رشد مصرف آب [۶۶]. نانومواد دارای چندین ویژگی فیزیکوشیمیایی کلیدی هستند که آنها را بویژه به عنوان فیلترهای جداکننده برای تصفیه آب جذاب می‌سازد. آنها دارای سطح بسیار وسیعتری از ذرات توده هستند. همچنین نانومواد می‌توانند با گروه‌های شیمیایی مختلف برای افزایش میل به یک ترکیب مشخص ترکیب شوند. همچنین آنها می‌توانند به عنوان لیگاند‌های با قابلیت انتخاب بالا، ظرفیت بالا و قابل بازیافت برای یونهای فلزی سمی، رادیونوکلوئیدها، املاح/آنیونهای آلی و معدنی در محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرند [۶۷،۶۸]. همچنین نانومواد فرصت‌های بی‌بدیلی برای توسعه کاتالیست‌ها و فیلترهای فعال ردوکس برای تصفیه موثرتر آب ارائه می‌دهند زیرا دارای نواحی سطحی وسیع‌تر، اندازه، خواص نوری، الکتربیکی و کاتالیستی وابسته به شکل هستند [۶۹،۷۰]. از نانومواد به عنوان بیوساید‌های بدون کلر از طریق ترکیب با گروه‌های شیمیایی استفاده می‌شود که به صورت انتخابی ترکیبات بیوشیمیایی کلیدی، باکتری‌ها و ویروس‌های داخل آب را مورد هدف قرار می‌دهند [۷۱]. تصور بر این است که هر چه پیشرفت‌های بیشتری در تولید نانو مواد مقرون به صرفه‌تر و سازگارتر با محیط زیست حاصل شود، از این نانو مواد می‌توان به عنوان اجزاء کلیدی سیستم‌های تصفیه آب صنعتی و عمومی استفاده نمود.

### ۲-۳-۸-۲- پیش‌بینی آینده فناوری‌های موجود

مشکل اصلی در استفاده از فناوری نانو برای تصفیه آب، در دسترس بودن تامین کنندگانی است که بتوانند مقادیر فراوانی از نانومواد با قیمت مناسب را تامین نمایند.



ادغام نانومواد با سیستم های تصفیه آب موجود از دیگر چالشهای کلیدی است. فرآیندهای غشاء نظیر اسمز معکوس ، نانوفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون در حال تبدیل شدن به فن آوری های تصفیه آب " استاندارد " برای خدمات عمومی و صنعتی هستند زیرا آنها انعطاف پذیر، مقیاس پذیر و مدولار بوده و بهره برداری و نگهداری از آنها نسبتاً آسان است. با این حال به تحقیقات آزمایشگاهی و آزمایش در مقیاس پیلوت مورد نیاز خواهد بود تا بتوان غشاء های نانو ساختاری جدید و واکنشی را با سیستم های تصفیه آب موجود ادغام نمود.

محققان بر این باورند که نانوجاذب های (نانوکریستال های معدنی ، نانوذرات کربن دار و زئولیتها) ، نانوذرات فعال ردوکس (آهن صفر ظرفیتی و دوظرفیتی) و نانوذرات فعال زیستی (دی اکسید منیزیم و نقره) می توانند به آسانی با تصفیه خانه های آب موجود ادغام شوند. اما چالش بزرگ ، توسعه فیلتر های جداکننده و واکنشی قابل قبول تر، مقرون به صرفه تر و سازگارتر با محیط زیست است که می تواند در راکتورهای با بستر چیدمان شده (Packed-Bed Reactors) کامپوزیتی تعبیه شوند و برای تصفیه آب های آلوده به مخلوطی از یونهای فلزی ، املاح آلی و باکتری ها مورد استفاده قرار گیرند.

توسعه غشاهای هوشمند با سطوح مقاوم به بیوفیلم (Biofilm) و سنسورها و یا محرک های تعبیه شده که می توانند به صورت خودکار عملکرد غشاء را تنظیم نمایند تا سال ۲۰۲۰ گزینه منتخب و هدف کلیدی بلند مدت برای شیرین نمودن و تصفیه آب خواهند بود که نقشه راه آن توسط دفتر آبادانی و آزمایشگاه ملی ایالات متحده تهیه شده است. پیش بینی ها حاکی از این است که نانو مواد اجزای کلیدی چنین غشاء هایی خواهند شد. توسعه نانوذرات  $TiO_2$  فعال شده با نور مرئی می تواند تاثیر قابل توجهی در تامین آب داشته باشد.

افزودن کنترل شده این نانوذرات در داخل آب های سطحی در معرض نور خورشید می تواند کربن آلی آزاد شده از طریق تخریب فتوشیمیایی اکسیدان را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. در کوتاه مدت، همچنین پیش بینی می گردد که نانومواد در حل مشکلات ناشی از تصفیه آب کمک خواهند کرد که شامل موارد ذیل می باشند : شیرین نمودن آب شور ، بازیابی یونهای فلزی با ارزش و سمی از غشاء که در کاهش درجه شوری موثر می باشد ، توسعه بیوسایدهای بدون کلر و تصفیه آب آلوده به آلاینده های سمی مانند پرکلرات ، مواد و ترکیبات دارویی نظیر ترکیبات مختل کننده فعالیت غدد درون ریز [۸۴،۸۵].

## نتیجه گیری

تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری روشی انعطاف پذیر است که به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف برای برنامه‌ریزی راهبردی و دراز مدت به کار می‌رود. این رویکرد در برنامه‌ریزی، وسیله‌ای ساختار یافته برای کشف و برقراری ارتباط بین بازارها، محصولات و فناوری‌های در حال توسعه در طول زمان می‌باشد.

نانوفناوری از جمله فناوری‌های نو و مطرح در دنیاست که روندی کلیدی و تأثیرگذار در علم و صنعت دارد و به عنوان اولویت اول تحقیقات و انتقال تکنولوژی از بخش تحقیقات به صنعت با قابلیت متحول ساختن تمام دستاوردهای گذشته بشر و همگرایی رشته‌های علمی و تخصص‌های مختلف، در برنامه توسعه بسیاری از کشورهای مطرح در دنیا قرار گرفته است.

بسیاری از محققان و صاحب‌نظران بر این عقیده‌اند که متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث مقیاس نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت و شکوفایی بسیاری از فناوری‌های مهم بدون بهره‌گیری از نانوفناوری دچار اختلال خواهند شد. در مجموع این فناوری شامل سه مرحله طراحی مهندسی ساختارها در سطح اتم، ترکیب این ساختارها و تبدیل آنها به مواد جدید با ساختار نانو با خصوصیات ویژه و ترکیب اینگونه مواد و تبدیل آنها به ابزارهای سودمند می‌باشد.

یکی از حوزه‌هایی که نانوفناوری می‌تواند نقش مهمی در آن ایفاء نماید صنعت برق و انرژی است که صرف بودجه در جهت تحقیق و توسعه در این بخش، در صورت هدفمند بودن، در بازه‌های زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری گردد.

در راستای تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه این فناوری در صنعت برق و انرژی سعی بر این است تا بتوان با در اختیار گزاردن چهارچوبی مشخص در اختیار مدیریت، توان اجرای برنامه‌ها و امکان برخورد بهینه با تغییرات را میسر ساخت و با در نظر گرفتن اولویت‌های توسعه در کشور، جهت‌گیری مناسبی را برای تعریف و اجرای پروژه‌های کاربردی در این زمینه داشت.

با توجه به تعاریف ارائه شده در زمینه تدوین مبانی سند، به منظور ارایه تصویری مناسب از اجزای مؤثر در توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی، داشتن نگاهی سیستمی به مسأله و تعیین حدود و مرزهای آن ضروری است.

با توجه به اینکه افق زمانی سند نانو، به صورت ۲۰ ساله برای بازه زمانی ۱۴۰۴-۱۳۸۴ در کشور در نظر گرفته شده است، لازم است تدوین سند نانو در صنعت برق و انرژی منطبق بر ۱۰ سال دوم دوران چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و و همزمان با برنامه‌های توسعه چهارم و پنجم در نظر گرفته شود.

در زمینه شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو به معرفی مهم‌ترین کاربردهای این فناوری در صنعت برق و انرژی در سه محور تولید، انتقال و مدیریت مصرف پرداخته شد که عبارتند از: سلول‌های خورشیدی نانو ساختار، پیل‌های سوختی، نانولوله‌های کربنی، نانوسیم‌ها، نانوباطری‌ها، مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار، فیلترهای نانو ساختار، کاتالیست‌های نانو ساختار مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی، پوشش‌های سد حرارتی نانو ساختار، مواد مغناطیسی نانو ساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی، کیت‌های مغناطیسی نانو ساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت مشعل‌ها، سنسورهای اولتراسونیک نیروگاهی با استفاده از مواد پیزوالکتریک نانو ساختار، مقره‌های پر سلانی با لعاب نانو ساختار، قرص برق‌گیر با استفاده از نانو پودر ترکیبی اکسید روی، سازه‌های بتنی مقاوم بر پایه نانو مواد، کابل‌های ابر رسانای نانو ساختار، پوشش‌های عایق حرارتی نانو ساختار (نانوسولیت‌ها)، لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار، شیشه‌های عایق حرارتی با پوشش نانو ساختار (Low-E)، تصفیه‌کننده‌های هوا، روانکارهای نانو ساختار، روان‌سازهای نانو ساختار ترمیم‌کننده سطوح سائیده، عایق‌های الکتریکی نانو ساختار، نانوپوشش‌های ضد آب، ضد لک و ضد روغن

در مطالعات آینده پژوهی حوزه‌های کاربردی شناسایی شده فناوری نانو، به تحلیل سناریوهای پیش رو در توسعه فناوری، روندهای ظهور و گسترش فناوری‌های جدید و جایگزین و سایر فعالیت‌های مرتبط با جایگاه این فناوری در آینده پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه آینده پژوهی بایستی به کاسته شدن از عدم قطعیت پیش روی توسعه در آینده کمک کرده و تصمیمات پایاتری را برای سیاست‌گذاران به ارمغان آورد، بررسی‌های انجام شده در زمینه آینده پژوهی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی در کشورهای دیگر و روند انجام پژوهش‌ها، به معرفی و آینده‌پژوهی مهم‌ترین کاربردهای این فناوری در حوزه سلول‌های خورشیدی، پیل‌های سوختی، مولدهای ترموالکتریک، باتری‌های قابل شارژ و ابرخازن‌ها، عایق‌های حرارتی و الکتریکی و فیلترها پرداخته شد.

## فهرست مراجع

- ۱- "روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق" پژوهشگاه نیرو، اردیبهشت ۱۳۹۳
- ۲- گزارش "چشم‌انداز ایران در افق ۱۴۰۴"، گروه برنامه‌ریزی و راهبردی، وزارت نیرو، خرداد ۱۳۸۸
- ۳- گزارش "سند تکمیلی راهبرد آینده: راهبرد ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۳-۱۳۸۴"، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۴
- ۴- گزارش "سند راهبرد ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو در ایران"، سند تکمیلی دوم، ۱۳۸۹-۱۳۸۷، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ریاست جمهوری، خرداد ۱۳۸۷
- ۵- "نانوتکنولوژی در مواد و کاربردها در صنعت برق"، گزارش گروه مواد غیر فلزی، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۲
6. [www.nanowerk.com](http://www.nanowerk.com)
- 7- [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de), ebook: Wolfgang Lunther, "Nanotechnology Applications in the Energy Sector", Vol. of the Series Aktionslinie Hessen Nanotech of the Hessen Ministry of Economy, Transport, Urban & Regional Development, HA Hessen Agentur GmbH, Aug. 2008.
- 8- [www.forefightsight.org](http://www.forefightsight.org), "Applications of Nanotechnology"
- 9- Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants Proceedings from the Sixth International Conference, August 31-September 3, 2010, Santa Fe, New Mexico, USA, Volume 1022300 of EPRI: Electric Power Research Institut, ASM International, 2011.
- ۱۰- همایونی، ر. ۱۳۸۵. تهیه ریز لایه های کیتوسانی جهت تصفیه آلاینده های زیست محیطی، اولین کنفرانس فناوری نانو در محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 11- Jefri, S. 2009. Stability in Nano Fluids. International Conference on Micro and Nano Technologies, ICMNT06. Algeria.
- ۱۲- قاسمعلی، ه. ۱۳۸۷. ذخیره سازی هیدروژن در نانو لوله های کربنی. اولین همایش منطقه ای فناوری های نوین زیستی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان.
- 13- Application of nano-technology in the energy sector, Hessen Ministry of Economy, Transport, Urban and Regional Development, [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

- 14- <http://fa.wikipedia.org/>
- 15- [www.rosnano.ru](http://www.rosnano.ru), The Russian Corporation of Nanotechnologies (RUSNANO)
- 16- [www.strategyr.com/](http://www.strategyr.com/) Nanomaterials\_Markets\_Report
- 17- [www.nano-atu.ir/](http://www.nano-atu.ir/) Nanotechnology Management
- 18- [www.nano.gov](http://www.nano.gov), NNI Strategic Plan, "The National Nanotechnology Initiative, Strategic Plan", prepared by Subcommittee on Nanoscale, Engineering & Technology, National Science & Technology Council, Dec. 2007.
- 19- [www.rwe.com](http://www.rwe.com), RWE Group, World Energy Report 2005.
- 20- [www.dyesol.com](http://www.dyesol.com)
- 21- Nano Road Map Projects (NRM), "Road Maps of Nanotechnology in Energy", The Institute of Nanotechnology, Sep. 2006.
- 22- S. Anandan, "Recent Improvement and Arising Challenges in Dye-Sensitized Solar Cells", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 91, pp. 843-846, 2007.
- 23- C. Longo, M. De Paoli, "Dye- Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials", J. Braz. Chem. Soc., Vol. 14, No. 6, pp. 889-901, 2003.
- 24- A. Bard, "Encyclopedia of Electrochemistry, Vol. 6, Semiconductor Electrodes and Photoelectrochemistry", John Wiley & Sons, 2003.
- 25- [www.Sciencedaily.com](http://www.Sciencedaily.com), Successful Solar Cells by Carbon Nanotubes.
- 26- [www.princeton.edu](http://www.princeton.edu), Specific Types of Fuel Cell.
- 27- S.C. Singhal, K. Kendall, "High Temperature Solid Oxide fuel Cells, Elsevier, 2003.
- 28- S.M. Haile, "Fuel cell materials and components", Acta Materialia, Vol. 51, pp. 5981-6000, 2003.
- 29- Jim Young Park, Heesung Yoon, Eric D. Wachsman, "Fabrication and Characterization of High-Conductivity Bilayer Electrolytes for Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells", Journal of the American Ceramic Society, Vol. 88, pp. 2402-2408, 2005.
- 30- Peter J. F. Harris, "Carbon Nanotubes and Related Structures, New Materials for 21. Century", CambridgeUniversity Press, 1999.
- 31- Massoud Rostam Abadi, Sandeep Angihotri, Mark. J. Rood, "Energy and Environmental Applications of Carbon Nanotubes", Proceeding of the First Conference on Nanotechnology, the Next Industrial Revolution, Vol.1, pp. 317-328, 2002.

- 32- Valentin N. Popov, " Carbon Nanotubes: Properties and Application", Materials Science and Engineering R. 43, pp. 61–102, 2004.
- 33- [www.iritn.com](http://www.iritn.com)
- 34- [www.tebyan.net/Science\\_technology/nanotechnology](http://www.tebyan.net/Science_technology/nanotechnology)
- 35- [www.icers.org](http://www.icers.org)
- 36- [www.A123Systems.com](http://www.A123Systems.com)
- 37- S. P. Nunes, K. V. Peinemann, "Membrane Technology in the Chemical Industry", Willey, VCH, 2001.
- 38- [www.vsep.com](http://www.vsep.com), "Boiler Feed Water Treatment for Industrial Boiler & Power Plants".
- 39- [www.epri.com](http://www.epri.com), Nanofiltration, Applications, Power Plants, Projects.
- 40- Choudhary et. Al., "Catalysts for Combustion of Methane and Lower Alkanes" Applied Catalysis , A, General, 234, pp.1-23, 2002.
- 41- [www.acs.ohio-state.edu](http://www.acs.ohio-state.edu).
- 42- [www.criepi.denken.or.jp](http://www.criepi.denken.or.jp)
- 43- Forzatti , " Status and Perspective of Catalytic Combustion for Gas Turbines" Catalysts Today , 83, pp. 3-18, 2003.
- 44- [www.sri.com](http://www.sri.com)
- 45- [www.ucei.org](http://www.ucei.org), Tang et.al, " Improvement in Oxidation Behaviour of Nanostructured CoNiCr AlY Bond Coating ”.
- 46- [www.rpi.edu](http://www.rpi.edu)
- 47- P.G.Klemens , M.Gell, "Thermal Conductivity of Thermal Barrier Coatings", Mat. Sci. & Eng., Vol. 245, pp. 143-149,1998.
- 48- [www.epri.com](http://www.epri.com), Technical Report: Program on Technology Innovation Nanotechnology Opportunities for the Electric Utility Enterprise, 2005.
- 49- [www.onrifo.navy.nil](http://www.onrifo.navy.nil), " Nanostructured Magnetic Materials", Office of Naval Research, International Field Office, 2001.
- 50- Carl C. Koch, "Nanostructured Materials, Chapter 9: Magnetic Properties of Nanocrystalline Materials", William Andrew Publishing, pp. 355-395, 2002.

51- Ramanujan, " Nanostructured Electronic and Magnetie Materials", Sadhana, Vol. 28, Parts 1-2, pp. 81-96, Apr.2003.

52- [www.wtec.org](http://www.wtec.org)

53- [www.itan.ir](http://www.itan.ir)

54- [www.wilcoxon.com](http://www.wilcoxon.com), Wilcoxon Research Inc., "Sensor selection guide".

۵۵- مهدی دینی، "کاربرد فناوری نانو در رفع نیازهای اساسی کشور"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت فناوری، صفحات ۲۰-۹، ۱۳۸۵.

56- M. Leda, Y. Suzuoki, M. Nakayawa, "Electrical Properties of ZnO/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Two Layer Composites", IEEE Transactions on Electrical Insulation, 25 [3]: 25-32, 1990.

57- Shichimiya, S.; Yamaguchi, M.; Furuse, N.; Kobayashi, M.; Ishibe, S., "Development of Advanced Arresters for GIS with New Zinc-Oxide Element", IEEE Transaction on Power Delivery, 13[2]: 125-29, 1998.

۵۸- نسترن ریاحی نوری، رسول صراف ماموری، علی مهدیخانی، "ساخت برقگیر با استفاده از قرص اکسید روی نانوساختار و نصب در شبکه توزیع"، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، ۲۷-۲۵ آبان ماه ۱۳۸۸، تهران - ایران.

59- [www.bpdanesh.com](http://www.bpdanesh.com)

60- [www.supercable.com](http://www.supercable.com)

61- IEEE Transaction on applied superconductivity, Vol. 17, No.2, June 2007.

62- [www.Nansulate.com](http://www.Nansulate.com)

63- [www.nanoshop.ir](http://www.nanoshop.ir)

64- [www.ican\\_nano.com/product/nanocoatings](http://www.ican_nano.com/product/nanocoatings)

65- [www.nanopac.org](http://www.nanopac.org)

۶۶- علی عباسی، "نقشه راه فناوری نانو اروپا"، گزارش ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، <http://www.nano.ir>

۶۷- مصطفی عیددانی، میلاد صمدی شادلو، احسان داودی، حسن ایضی، تکتم شریفیان، چشم انداز صنعت برق و استراتژی های جدید در بهره گیری از این صنعت، بیست و ششمین کنفرانس بینالمللی برق، ۲۰۱۱، تهران، ایران

68- "Energy Technology Perspectives: scenarios & strategies to 2050", International Energy Agency, 2010

- 69-"Technology Roadmap: Wind Energy", International Energy Agency, 2009
- 70- Hany A. Abdelsalam a Almoataz Y. Abdelaziz, A Brief Overview of Nanotechnology Applications in Smart Power Grid, Electric Power Components and Systems, 42(3-4):306-314, 2014.
- ۷۱- علی عباسی، "روندهای فناوری نانو تا سال ۲۰۲۰ (بخشی از گزارش مؤسسه RAND در پیش‌بینی آینده فناوری‌های پیشرفته)، گزارش ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، تابستان ۱۳۷۸، <http://www.nano.ir>
- 72- Goetzberger, Adolf, Joachim Luther, and Gerhard Willeke. "Solar cells: past, present, future." Solar energy materials and solar cells.vol. 74 .pp.1-11, 2002.
- 73- Green, M. A. "Recent developments in photovoltaics." Solar energy ,vol. 76 , pp. 3-8, 2004.
- 74- Program for technology innovation: Nanotechnology opportunities for the electric utility enterprise. EPRI, Palo Alto, CA: 2005. 1012933.
- 75- Chen, Li-Dong, Zhen Xiong, and Sheng-Qiang Bai. "Recent progress of thermoelectric nano-composites." Journal of Inorganic Materials, Vol. 25, pp. 561-568, 2010
- 76- Mehta, Viral, and Joyce Smith Cooper. "Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing." Journal of Power Sources,Vol. 114.1,pp. 32-53, 2003
- 77- Weber W.J. Jr., Distributed optimal technology networks: A concept and strategy for potable water sustainability.Water Sci. Technol. Vol.46(6-7), pp. 241-246, 2002.
- 78- Li Y.-H., J. Ding, Z.K. Luan, Z.C. Di, Y.F. Zhu, CL Xu, D.H. Wu & B.Q. Wei, Competitive adsorption of Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions from aqueous solutions by multiwalled carbon nanotubes. Carbon, Vol. 41(14), pp.2787-2792, 2003.
- 79- Qi L. & Z. Xu, Lead sorption from aqueous solutions on chitosan nanoparticles. Colloid. Surf. A. Vol. 251(1-3),pp. 183-190, 2004.
- 80- Obare S.O. & G.J. Meyer, Nanostructured materials for environmental remediation of organic contaminants in water. J. Environ. Sci. Health A. Vol. 39(10), pp. 2549-2582, 2004.
- 81- Adesina A.A., Industrial exploitation of photocatalysis progress, perspectives and prospects. Catal. Surv. Asia, Vol. 8(4), pp.265-273, 2004.
- 82- Sondi I. & B. Salopek-Sondi, Silver nanoparticles as antimicrobial agent: A case study on E-coli as a model for Gram-negative bacteria. J. Coll. Interf. Sci. Vol. 275(1), pp. 177-182, 2004.



83- Vander Bruggen B., L. Lejon & C. Vandecasteele, Reuse, treatment, and discharge of the concentrate of pressuredriven membrane processes. Environ. Sci. Technol. Vol. 37(17), pp. 3733–3738, 2003.

84- US Bureau of Reclamation and Sandia National Laboratories, 2003. Desalination and water purification technology roadmap-a report of the executive committee

85- Freedonia Group, Inc., 2005. Nanomaterials – market size, market share, market leaders, demand forecast, sales, company profiles, market research, industry trends. Study: 1887.

<http://www.freedoniagroup.com/Nanomaterials>.

## فهرست مطالب

فصل اول - تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق.....	۶
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۳
۱-۲-۱- تعریف چشم‌انداز.....	۳
۲-۲-۱- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب.....	۴
۳-۲-۱- ضرورت تدوین چشم‌انداز.....	۵
۴-۲-۱- انواع چشم‌اندازها.....	۶
۵-۲-۱- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز.....	۸
۶-۲-۱- فرآیند تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق.....	۱۰
۱-۶-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی.....	۱۲
۲-۶-۲-۱- نتایج حاصل از ارزیابی دیدگاه خبرگان.....	۱۶
۳-۱- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز.....	۱۸
فصل دوم- تدوین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق.....	۲۲
۱-۲- مقدمه.....	۲۳
۲-۲- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق.....	۲۳
۱-۲-۲- حوزه‌های اهداف تعیین شده.....	۲۴
۲-۲-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی، هوشمندی فناوری.....	۲۵
۳-۲-۲- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی.....	۲۶
۴-۲-۲- تدوین و نهایی‌سازی اهداف کلان.....	۲۷
۵-۲-۲- دریافت بازخورد.....	۲۷
۳-۲- فرآیند تدوین اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق.....	۲۸

- ۲-۳-۱- نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم انداز سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۲۹
- ۲-۳-۲- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی مربوط به توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۲۹
- ۲-۳-۱- چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ ..... ۳۰
- ۲-۳-۲- سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی ..... ۳۱
- ۲-۳-۳- سیاست های کلی نظام در بخش انرژی ..... ۳۱
- ۲-۳-۴- قانون هدفمندی یارانه ها ..... ۳۱
- ۲-۳-۵- نقشه جامع علمی کشور ..... ۳۱
- ۲-۳-۶- سند چشم انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو ..... ۳۲
- ۲-۳-۷- سند راهبرد ملی توسعه علوم و فناوری انرژی های تجدیدپذیر ..... ۳۲
- ۲-۳-۸- راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو ..... ۳۲
- ۲-۳-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه پذیری ..... ۳۲
- ۲-۳-۴- نتایج حاصل از نظرات خبرگان ..... ۳۳
- ۲-۴- اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۴
- فصل سوم- تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۵
- ۳-۱- مقدمه ..... ۳۶
- ۳-۲- رویکرد توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۶
- ۳-۳- عوامل موثر در اشاعه فناوری ..... ۴۳
- ۳-۴- فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۹
- فصل چهارم- تدوین سیاست های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۵۲
- ۴-۱- مقدمه ..... ۵۳
- ۴-۲- مفهوم سیاست های کلان توسعه فناوری ..... ۵۳
- ۴-۳- فرایند تدوین سیاست های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۵۴



نتیجه گیری ..... ۶۰

فهرست مراجع ..... ۶۱

### فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ..... ۷
- شکل (۲-۱): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ..... ۱۰
- شکل (۳-۱): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ..... ۱۱
- شکل (۴-۱): نحوه ارتباط تم‌های چشم‌انداز ..... ۱۸
- شکل (۱-۲): ویژگی‌های اهداف کلان ..... ۲۷
- شکل (۲-۲) نحوه تعیین اهداف کلان ..... ۲۸
- شکل (۳-۲): نحوه استخراج اهداف کلان ..... ۳۶
- شکل (۱-۳) ماتریس تصمیم‌گیری درباره رویکرد توسعه فناوری ..... ۴۰
- شکل (۲-۳): منحنی S شکل اشاعه فناوری ..... ۴۵
- شکل (۳-۳): فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۵۰
- شکل (۱-۴): چارچوب تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۵۵
- شکل (۲-۴): نحوه استخراج محورهای سیاست‌های کلان ..... ۵۸

## فهرست جداول

- جدول (۱-۱): عناوین اسناد بالادستی مورد بررسی ..... ۱۲
- جدول (۲-۱): ویژگی های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم انداز ..... ۱۳
- جدول (۳-۱): توضیح عبارات کلیدی بیانیه چشم انداز ..... ۲۰
- جدول (۱-۲): عناوین اسناد بالادستی بررسی شده برای تدوین اهداف کلان ..... ۳۰
- جدول (۱-۳): مشخصات اصلی رویکردهای مأموریت گرا و اشاعه گرا ..... ۳۹
- جدول (۲-۳): جمع بندی و دسته بندی عوامل مؤثر در اشاعه فناوری ..... ۴۶

## فصل اول

تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۱-۱- مقدمه

به طور کلی، چشم‌انداز<sup>۱</sup>، بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی سازمان را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب که کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس، در تدوین سند، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است. با توجه موارد ذکر شده، می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی دارد؛ نخست، از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری می‌کند؛ و دوم اینکه، همواره امید را برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته طبقه‌بندی می‌شود؛ آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

**آینده‌های ممکن:** شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

**آینده‌های محتمل:** آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

**آینده‌های مطلوب:** آنچه مطلوب‌ترین و مساعدترین رویداد آینده به شمار می‌رود.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق می‌باشد. بیانیه چشم‌انداز باید مبتنی بر مطالعات پیشین (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین گردد. در این راستا، با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی آن می‌باشد، در ابتدا چارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس، به تجزیه و تحلیل بیانیه چشم‌انداز در کشورهای مختلف، اسناد بالادستی مرتبط و نظرات خبرگان پرداخته می‌شود. در آخر، بیانیه اولیه چشم‌انداز تدوین خواهد شد و برای نهایی‌سازی در اختیار خبرگان قرار خواهد گرفت.



## ۱-۲- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی توسعه فناوری، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مبانی سند توسعه فناوری و شناسایی حوزه‌های فناوری و تحولات آتی آن می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های کلان، فرابخشی و بخشی دارای یک هدف واحد و آن رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

در این بخش از گزارش به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس در این بخش ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی شده است.

### ۱-۲-۱- تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصویری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل ارائه می‌شود [۱]:

۱- آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب

۲- بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد

۳- هنر دیدن نادیدنی‌ها

۴- چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد، با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.

۵- چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد.

۶- چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود.

۷- چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

۸- چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل ذینفعان به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

۹- چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داوری‌های مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است، لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

۱۰- چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی سازمان و ذینفعان آن قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگاری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

۱۱- چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت، که متناسب با مبانی ارزشی ذینفعان تعیین می‌گردد.

#### ۱-۲-۲- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی‌های مختلفی برای چشم‌انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم‌ترین ویژگی چشم‌انداز مطلوب بیان شده است. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آن‌ها باشد عبارتند از [۱]:

۱- قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر

۲- برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید) بوده و با توجه به استراتژی‌های تعیین شده تبیین گردد.

۳- جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا

۴- دارای افق زمانی معین

۵- بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد

- ۶- برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- ۷- پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمان‌ها نیز باشد)
- ۸- اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای توجه ذینفعان
- ۹- دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان
- ۱۰- تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
- ۱۱- تداوم‌بخش به برنامه‌ریزی و اجرا آن‌ها
- ۱۲- نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها

### ۱-۲-۳- ضرورت تدوین چشم‌انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در مجموعه ذینفعان مدنظر تقویت می‌شود.

علائم نیاز به چشم‌انداز عبارتند از:

- ↪ وجود شواهدی مبنی بر اختلال و عدم شفافیت نسبت به هدف
- ↪ عدم شفافیت آینده
- ↪ ظهور رقبای جدید
- ↪ عدم انطباق روند توسعه با روندهای کلان ملی و بین‌المللی
- ↪ ناهماهنگی بین ذینفعان
- ↪ تنوع و تعدد ذینفعان مرتبط با مسئله توسعه
- ↪ پیچیدگی‌های روند و ماهیت توسعه
- ↪ ضعف در منابع کلان مورد نیاز
- ↪ عدم تخصیص صحیح اولویت‌ها

↪ ضعف یا فقدان نهادهای تخصصی مرتبط با موضوع

لازم به یادآوری است که بروز این علائم احتمالاً دارای یکی از معانی زیر خواهد بود:

↪ بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.

↪ بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی درک نشده است.

↪ بخش و یا کل چشم‌انداز فعلی برای افراد ترغیب‌کننده و الهام‌بخش نیست.

لذا باید جهت‌دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز

اهمیت خواهد شد.

#### ۱-۲-۴- انواع چشم‌اندازها

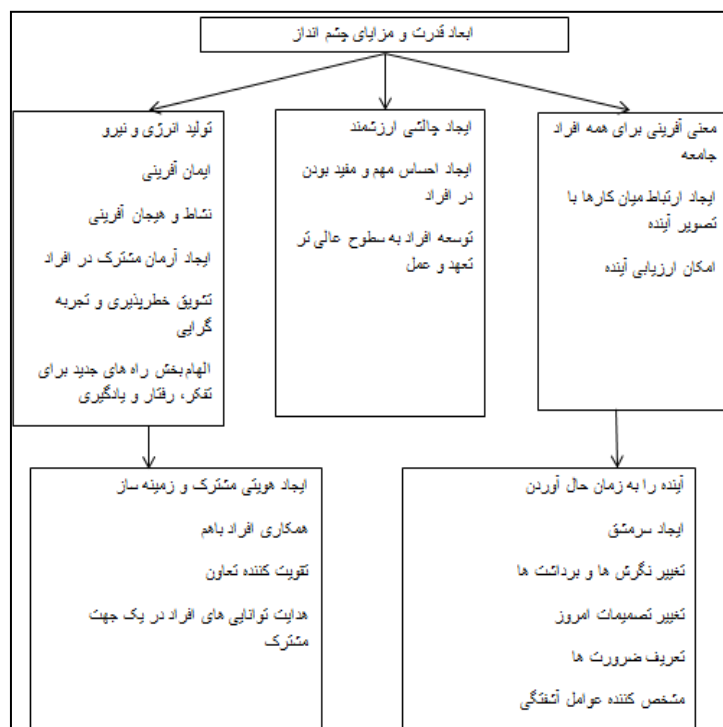
هر بیانیه چشم‌انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

↪ صحنه و یا مرزهای رقابتی

↪ مزیت رقابتی

↪ قابلیت رقابتی یا شایستگی‌های محوری.

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در نمودار شکل (۱-۲) ارائه شده است.



### شکل (۱-۱): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌ای کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود [۱]:

#### چشم‌انداز کمی

چشم‌اندازی است که در آن شاخص‌های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص‌ها عدد گذاری می‌شوند. چشم‌اندازهای کمی می‌توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم‌انداز) و یا از نوع درصدی (درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

#### چشم‌انداز کیفی

بر خلاف چشم‌انداز کمی، در این چشم‌انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می‌شود. این نوع چشم‌انداز، شاخص‌های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان یا بخش به کار می‌برند.

#### چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور، سازمان یا بخش بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است کشور یا سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین رقبای جایگاه سوم را دارا باشد.

#### چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است.

البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این رو چشم‌انداز در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود.

پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد، از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

### ۱-۲-۵- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است، از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرایند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز در ادامه ارائه شده است.

#### روش ۵ چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

#### روش استیوارت

توماس استیوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

↪ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)

↪ کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)

↪ مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)

↪ صنعت

#### روش برت نی‌نوس

برت نی‌نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر

می‌باشد:

↪ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت

↪ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)

↪ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی

### ↪ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

#### روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرایند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

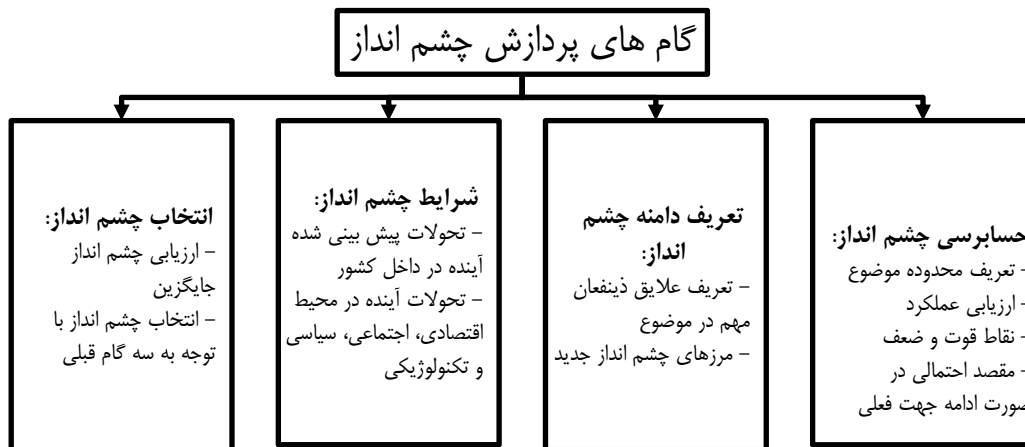
- ۱- انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
- ۲- تدارک جلسه آشنایی مختصری برای تمام افراد گروه مرکزی
- ۳- تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضا و گروه‌های مرتبط
- ۴- مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند.
- ۵- جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه
- ۶- خلاصه کردن نتایج
- ۷- آماده‌سازی و ارسال کتاب داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

#### روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می‌باشند:

- ↪ گام اول: جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات بنیادین
- ↪ گام دوم: طوفان ذهنی
- ↪ گام سوم: حذف اضافات
- ↪ گام چهارم: تدوین سند اولیه
- ↪ گام پنجم: تصحیح بیانیه
- ↪ گام ششم: آزمون معیارها
- ↪ گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح
- ↪ گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

این در حالی است که چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه شده در شکل (۲-۱) پردازش و ارائه شود. در شکل (۲-۱) زیر گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



شکل (۲-۱): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

### ۱-۲-۶- فرآیند تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش پیشنهادی ترکیبی برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان‌طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

☞ رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

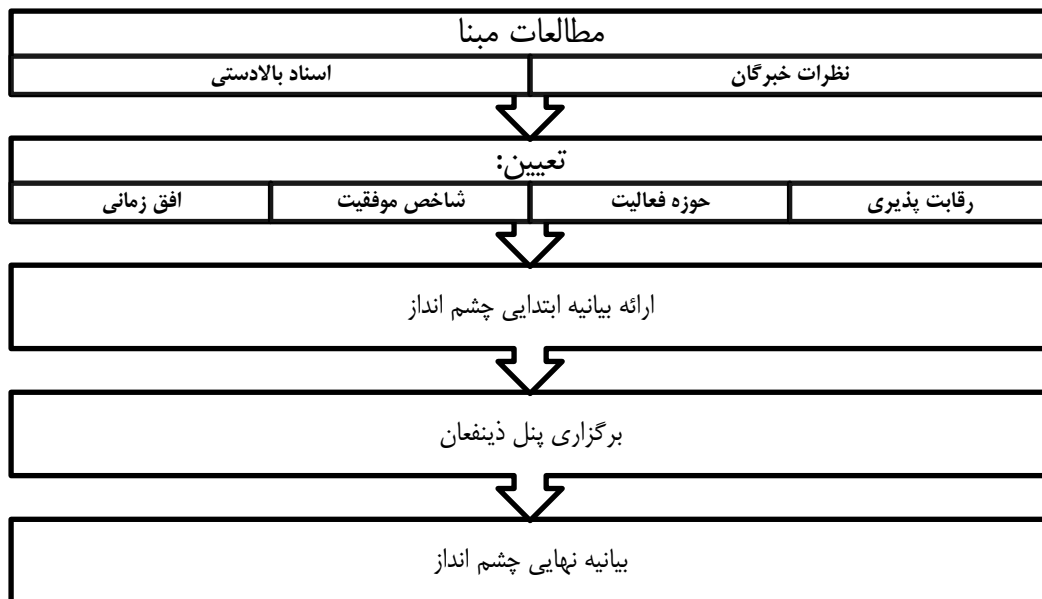
☞ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز را محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیربخش‌های اصلی آن چیست؟

☞ اگر زیربخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی چشم‌انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می‌توان گفت که روش (متدلوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر است. برای تدوین

چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل (۳-۱) عمل می‌شود.





شکل (۱-۳): مدل اجرایی خلق چشم انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های تدوین چشم‌انداز به شرح زیر است:

در مرحله اول به بررسی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان و صنعت و یا سیستم مدنظر به دست می‌آید. در مرحله دوم باید ویژگی‌های اساسی ذکر شده در یک بیانیه اولیه مطلوب لحاظ شود. در مرحله سوم، با توجه به مطالعات انجام شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی فوق‌الذکر (از جمله رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟ چگونه آرمان اصلی بیان شده را محقق خواهیم کرد؟) پاسخ دهد. در مرحله چهارم که در شکل (۲-۳) از آن تحت عنوان برگزاری پنل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام مقامات اصلی سازمان باشد نهایی و تدوین می‌شود. لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز

بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود. بر اساس کلیت اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی اسناد بالادستی مرتبط با حوزه فناوری نانو و صنعت برق و و نظرات خبرگان پرداخته می‌شود.

### ۱-۲-۶-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با فناوری نانو و صنعت برق بررسی شده‌اند که فهرست این اسناد در جدول (۱-۱) ارائه شده است. بخشی از اسناد بررسی شده به سیاست‌های کلی کشور در زمینه فناوری اشاره کرده‌اند، برخی از آن‌ها مرتبط با صنعت برق هستند و یکی از اسناد به طور خاص به موضوع فناوری نانو پرداخته است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، با توجه به پتانسیل‌های موجود در بکارگیری فناوری نانو در صنعت برق، ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز پیشنهادی را می‌توان برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی می‌توانند در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول (۱-۲) ارائه شده‌اند.

جدول (۱-۱): عناوین اسناد بالادستی مورد بررسی

ردیف	سند	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ [۲]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۸۲
۲	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو [۳]	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۳	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی [۴]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۹۲
۴	سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی [۵]	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۷۹
۵	نقشه جامع علمی کشور [۶]	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۸۹
۶	راهبرد ده ساله فناوری نانو [۷]	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	۱۳۸۴
۷	سند جامع انرژی‌های تجدیدپذیر	ستاد اجرای نقشه علمی کشور	۱۳۹۲

ویژگی‌های مرتبط قابل استخراج از اسناد فوق در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

## جدول (۱-۲): ویژگی‌های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

ردیف	سند	بخش	موارد و ویژگی‌های قابل استخراج
	در چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴، ویژگی‌های جامعه ایرانی در این سال ارائه شده است، که با توجه به برخی از ویژگی‌ها می‌توان اهداف ذخیره‌سازی را تعیین نمود	برخوردار از دانش پیشرفته	بومی‌سازی دانش فنی و کاربرد فناوری نانو در صنعت برق ۱۴۰۴
		متکی بر تولید ملی	تربیت نیروی انسانی متخصص و بومی‌سازی کامل تولید و بکارگیری فناوری نانو ۱۴۰۴
		بهره‌مند از محیط زیست مطلوب	توجه به محیط زیست
۲	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۵ بند۱: بهره‌گیری از فناوری‌های جدید	بهره‌گیری از فناوری‌های نانو در تولید و توزیع و مدیریت مصرف برق و انرژی
		راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۵ بند۳: بهبود شاخص‌های کیفیت و کاهش قیمت تمام‌شده خدمات صنعت آب و برق	افزایش کیفیت و کاهش هزینه برق با بکارگیری فناوری نانو در صنعت برق و انرژی
		راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۷ بند ۲: افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها	افزایش بهره‌وری تولید برق با بکارگیری فناوری نانو در صنعت برق
		راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۷ بند۴: ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر	توجه به محیط زیست و افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با به کارگیری فناوری نانو
		راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۷ بند۵: سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق	
	راهبردهای وزارت نیرو قسمت ۱۰ بند ۷: شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی	راهبرد های بخش برق و انرژی بند ۵: شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست	بومی‌سازی بکارگیری فناوری‌های نانو در صنعت برق و انرژی
			بکارگیری فناوری نانو در تولید برق با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تنوع بخشی به منابع انرژی

ردیف	سند	بخش	موارد و ویژگی‌های قابل استخراج
		راهبرد های بخش برق و انرژی قسمت ۱۵ بند ۴: تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری های تولید برق	
۳	سند جامع توسعه انرژی های تجدیدپذیر کشور	اهداف بلندمدت و شاخص های کلان: افزایش سهم منابع جدید و پایدار انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور در حوزه برق، حرارت و سوخت بهره مندی از انرژی های تجدیدپذیر به میزان حداقل ۱۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب شده	<u>بکارگیری فناوری نانو در تولید برق با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و تنوع بخشی به منابع انرژی</u>
۴	سیاست های کلی نظام در بخش انرژی	<ul style="list-style-type: none"> <li>ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر با اولویت انرژی های آبی</li> </ul>	<u>توجه به محیط زیست و ایجاد تنوع در منابع تولید برق با استفاده از فناوری نانو</u>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی های نو و ایجاد نیروگاه ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل های سوختی و زمین گرمایی در کشور</li> </ul>	<u>به کارگیری فناوری نانو در تولید برق با استفاده از منابع تجدیدپذیر</u>

ردیف	سند	بخش	موارد و ویژگی‌های قابل استخراج
۵	سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی و ارتقاء شاخص‌های عدالت اجتماعی.	<u>افزایش بهره‌وری تولید و بهینه‌سازی مصرف برق با به کارگیری فناوری نانو</u>
		مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با برنامه‌ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت‌پذیری در تولید	<u>افزایش کیفیت محصولات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق با بکارگیری فناوری نانو</u>
		افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (بر اساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده‌های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی از منابع	<u>افزایش تولید و سهم صادرات برق با بهره‌مندی از فناوری نانو در تولید برق</u>
		مقابله با ضربه‌پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز از طریق: افزایش صادرات برق	<u>افزایش تولید و صادرات برق با بکارگیری فناوری نانو در تولید برق</u>
۶	نقشه جامع علمی کشور	بخش ۲-۲ سند: اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور	توسعه فناوری نانو در صنعت برق متناسب با الویت‌ها و نیازها و مزیت‌های این صنعت
۷	راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو	هدف ۱: دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو	<u>افزایش تولید و سهم صادرات برق با بهره‌مندی از فناوری نانو در تولید برق</u>

سند	بخش	موارد و ویژگی‌های قابل استخراج
	هدف ۲: ایجاد زمینه مناسب برای بهره‌مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم	به کارگیری فناوری نانو برای افزایش تولید برق، کاهش هزینه‌ها

## ۱-۲-۶-۲- نتایج حاصل از ارزیابی دیدگاه خبرگان

اطلاعات این بخش از دو دسته بررسی انجام شده از نظرات خبرگان بدست آمده است. بخش اول اطلاعات حاصل از نظرات خبرگان و متخصصان در جلسه شرکت برق منطقه ای خراسان است. اسامی افراد حاضر در این جلسه به شرح ذیل است:

- شرکت برق منطقه‌ای خراسان

- جناب آقای مهندس دیده‌ور

- جناب آقای مهندس دلسوز

- جناب آقای مهندس کامل

- جناب آقای مهندس رجبی مشهدی

- جناب آقای مهندس آتشین

- جناب آقای دکتر علمی

- جناب آقای مهندس علی‌آبادی

- شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان

- جناب آقای مهندس جعفری

- جناب آقای مهندس صفایی

- جناب آقای مهندس گل‌زاده

- جناب آقای مهندس کهوری

- جناب آقای مهندس باقری
- جناب آقای مهندس عبداللهی
- سرکار خانم مهندس تورنگ
- شرکت برق منطقه‌ای کرمان
- سرکار خانم مهندس محمدی
- سرکار خانم مهندس اکبری

در این حوزه باید توجه داشت که دیدگاه‌های نخبگان و کارشناسان داخلی با توجه به شناخت مطلوب ایشان از وضعیت فعلی حوزه تولید انرژی، بسیار حائز اهمیت و اساسی است. در این جلسه خبرگان محترم حوزه های زیر را مد نظر داشتند:

- کاهش تلفات
- افزایش طول عمر و دوام (کاهش خوردگی)
- افزایش راندمان تولید و بهبود عملکرد تجهیزات
- کاهش آلودگی محیط زیست
- افزایش ظرفیت انتقال
- بهینه سازی مصرف انرژی
- ارتقای سیستم های کنترل و پایش نیروگاهی

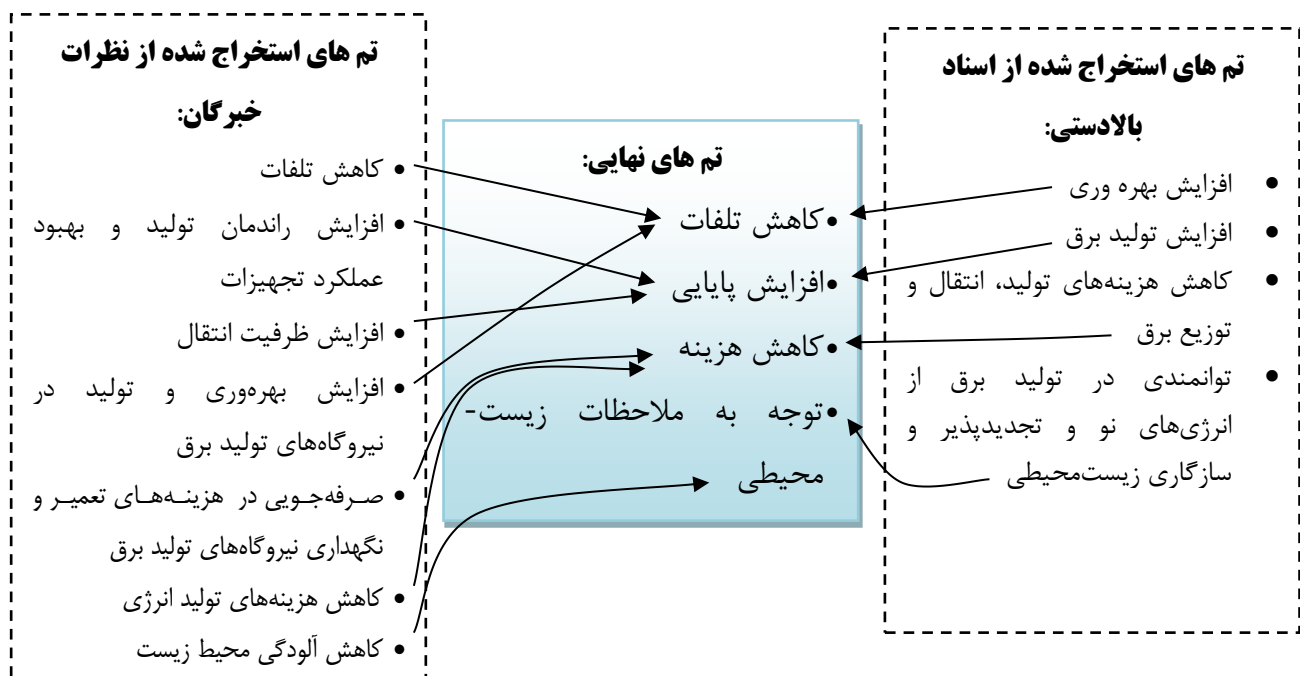
دسته دوم اطلاعات مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای اعم از نشریات، مقالات، مصاحبه‌ها، سخنرانی‌ها و سایر نقل قول‌های منتشر شده، و همچنین بر مبنای صحبت‌های اخیر و نقطه نظرات کلان مسئولین و کارشناسان تخصصی حوزه مورد بحث از جمله وزیر محترم نیرو، مدیرعامل محترم شرکت توانیر، مدیر عامل محترم شرکت مپنا، مدیران عامل برق منطقه‌ای استان‌های کردستان، سمنان و زنجان و سایر صاحب نظران، عمده نظرات خبرگان و کارشناسان در موارد زیر خلاصه میشود:

- افزایش بهره‌وری و تولید در نیروگاه‌های تولید برق
- افزایش نرخ تولید و بهبود صادرات برق به کشورهای منطقه
- انتقال و ارتقاء دانش فنی نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید برق

- صرفه‌جویی در هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های تولید برق
- کاهش هزینه‌های تولید انرژی

### ۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان، ویژگی‌های مهم در تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص شده است. این ویژگی‌ها و نحوه ارتباط آن‌ها در شکل (۱-۴) آمده است.



شکل (۱-۴): نحوه ارتباط تم‌های چشم‌انداز

با توجه به انتخاب رویکرد توسعه اشاعه‌گرا برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق، تصمیم گرفته شد عناصر با اهمیت در اشاعه فناوری وارد بیانیه چشم‌انداز شود. بر این اساس سه عنصر آگاهی، ایجاد شبکه روابط و همچنین پذیرش و به‌کارگیری فناوری از سوی استفاده‌کنندگان از فناوری (صنعت برق) نیز در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شدند. با جمع‌بندی تم‌های چشم‌اندازی و وارد کردن عناصر مهم رویکرد اشاعه‌گرا، بیانیه چشم‌انداز زیر تهیه شد.



در راستای کاهش تلفات، هزینه و آلاینده‌های زیست‌محیطی و نیز افزایش توان تولید برق از منابع متعارف و تجدیدپذیر؛

در افق ۱۴۰۴، صنعت برق ایران با آگاهی کامل از کاربردها و مزایای فناوری نانو و با ایجاد همگرایی و همسویی در میان کلیه ذینفعان، توانمندی به‌کارگیری این فناوری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف را خواهد داشت.

پس از تهیه بیانیه چشم‌انداز، این بیانیه در جلسه ای با حضور اعضای کمیته راهبری، رئیس پژوهشکده شیمی و مواد، و مدیر گروه ارائه شد. اسامی افراد حاضر در این جلسه به شرح ذیل است:

- جناب آقای مهندس ژام

- جناب آقای دکتر صراف

- جناب آقای دکتر فریدی مجیدی

- جناب آقای دکتر عبدی

- سرکار خانم دکتر ریاحی

پس از بررسی اولیه محتوای بیانیه در ابتدا اعضای کمیته راهبری پیشنهاد کردند که موضوعاتی نظیر افزایش بازده نیروگاه، کاهش هزینه‌های تولید، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات، کاهش مصرف برق و کاهش تلفات به این بیانیه اضافه شود. سپس تیم مشاور توضیحاتی درباره نحوه ارتباط موضوعات مورد نظر خبرگان و تم‌های چشم‌اندازی در نظر گرفته شده ارائه کرد. بر اساس این توضیحات توافق شد که موضوعات مورد نظر خبرگان در بخش اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق وارد شود. علاوه بر این، اعضای کمیته راهبری پیشنهاد کردند که در صورت امکان شاخص کمی برای موضوع به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق تعیین شود. پس از بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد امکان تعریف این شاخص برای به‌کارگیری این فناوری در سطح صنعت برق وجود ندارد. در نهایت با توافق اعضای کمیته راهبری بیانیه ارائه شده فوق به عنوان بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته شد.

به منظور تبیین هرچه بیشتر عبارات کلیدی به کار رفته در بیانیه چشم‌انداز، توضیحات مربوط به این عبارات در جدول (۱-۳)

(۳) ارائه شده است.

## جدول (۱-۳): توضیح عبارات کلیدی بیانیه چشم‌انداز

عبارت	توضیحات
کم تلفات	منظور کاهش تلفات در کل شبکه برق اعم از تلفات بخش تولید نیروگاهی، شبکه انتقال و توزیع برق است.
پایا	مفهوم پایایی بیانگر سطح احتمال تأمین بار مشترکین در چارچوب استانداردهای مرتبط و به میزان مورد تقاضا است. این سطح با استفاده از شاخص‌هایی نظیر تعداد دفعات، مدت و دامنه آثار نامطلوب در تأمین نیاز مصرف‌کنندگان بیان می‌شود.
کم هزینه	منظور کاهش هزینه‌های شبکه برق اعم از هزینه‌های تولید، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات است.
ملاحظات زیست‌محیطی	منظور از ملاحظات زیست‌محیطی توجه به رفع مسائل زیست‌محیطی شبکه برق و نیز افزایش تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر با به کارگیری فناوری نانو است.
آگاهی	آگاهی یکی از عوامل مهم در اشاعه یک فناوری است. در اینجا منظور آگاهی کلیه ذینفعان از مزایای به کارگیری فناوری نانو در سطح صنعت برق است.
همگرایی و همسویی	عامل مهم دیگر در اشاعه یک فناوری ایجاد شبکه‌های همکاری است. منظور از عبارت همگرایی و همسویی تشکیل شبکه‌های همکاری علمی، فنی و تجاری بین کلیه ذینفعان در صنعت برق است.
توانمندی به-کارگیری	این عبارت به این مفهوم اشاره می‌کند که بازیگران و ذینفعان صنعت برق پس از آگاهی از مزایا و کاربردها و به صورت همگرا و همسو و با تکیه بر نیروی انسانی متخصص، در جهت دستیابی به دانش فنی به کارگیری فناوری نانو و تجاری‌سازی آن در بخش‌های مختلف تولید، انتقال و توزیع، و مصرف تلاش می‌کنند.

## فصل دوم

تدوین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۲-۱- مقدمه

در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شده و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در توسعه فناوری نانو در صنعت برق تعیین شده‌اند. اهداف در برنامه‌های توسعه یک فناوری بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند، که این اهداف از طریق 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 تأثیرگذار هستند.

## ۲-۲- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه، در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟". با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را 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. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف هم‌راستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسایل و مشکلات موجود در مسیر توسعه نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان‌کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و

ویژگی‌های این اهداف باید تعیین شود. به منظور تعیین کردن حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری هدف، به بررسی مدل‌های هدف-گذاری پرداخته شده است.

#### ۲-۲-۱- 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:

#### حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون، ۱۹۹۶) [۸]

- ↳ منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- ↳ منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- ↳ منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- ↳ منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)

#### حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون (۲۰۰۴) [۹]

- ↳ توجه به مشتری
- ↳ نوآوری
- ↳ بهره‌وری
- ↳ توجه به بخش مالی
- ↳ منابع انسانی
- ↳ لحاظ کردن محیط خارجی

#### حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس [۱۰]

- ↪ بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- ↪ نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- ↪ بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- ↪ منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- ↪ منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- ↪ مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- ↪ منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

#### حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی [۱۱]

- ↪ سودآوری
  - ↪ بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
  - ↪ موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
  - ↪ پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
  - ↪ روابط کارکنان
  - ↪ رهبری فناوریانه
  - ↪ مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)
- با در نظر داشتن مدل‌های هدف‌گذاری بنگاهی و نیز با کسب بینش از مطالعات موردی صورت پذیرفته، می‌توان به معرفی گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی زیر می‌تواند برای تدوین اهداف کلان مورد استفاده قرار گیرد:

#### ۲-۲-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی، هوشمندی فناوری

در ابتدا می‌توان از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه صنعت استفاده کرد. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناوری (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده)، تأکید

بر مولفه‌های موجود در چشم‌انداز، و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

### ۲-۲-۳- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف پردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

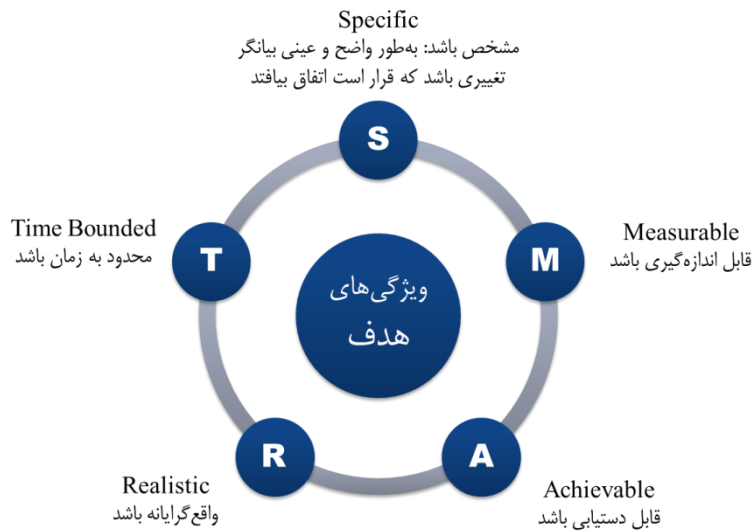
حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد.

اهداف تدوین شده در یک سند ملی باید دارای ویژگی‌های ضروری نیز باشند. این ویژگی‌ها در ادبیات با نام SMART

Goals مطرح می‌شود. این ویژگی‌ها عبارتند از (شکل ۲-۱):

- مشخص باشد<sup>۱</sup> (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد)،
- قابل اندازه‌گیری باشد<sup>۲</sup>،
- قابل دستیابی باشد<sup>۳</sup>،
- واقع‌گرایانه باشد<sup>۴</sup>، و
- محدود به زمان باشد<sup>۵</sup>.

1- Specific  
2- Measurable  
3- Achievable  
4- Realistic  
5- Time Bound



شکل (۲-۱): ویژگی‌های اهداف کلان

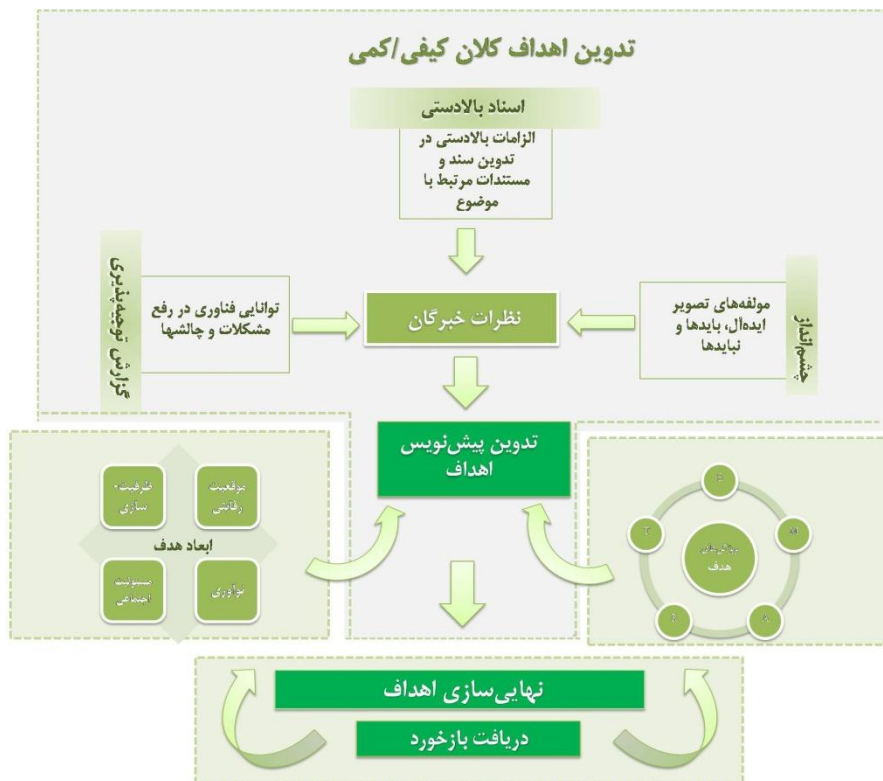
#### ۲-۲-۴- تدوین و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

#### ۲-۲-۵- دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهمترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود. مراحل تدوین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق به طور خلاصه در شکل (۲-۲) به صورت گرافیکی ارائه شده است.





شکل (۲-۲) نحوه تعیین اهداف کلان [۱]

### ۲-۳- فرایند تدوین اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در بخش قبلی به مرور ادبیات و مطالعه تعاریف و مفاهیم مرتبط با اهداف پرداخته شد. نتیجه مرور ادبیات و مطالعات انجام گرفته در بخش‌های قبلی این فصل ارائه شده است. اهم این مباحث عبارت بودند از تعریف اهداف، رابطه چشم‌انداز با اهداف، ویژگی‌های اهداف، حوزه‌های اهداف بلندمدت و که به صورت مفصل ارائه شد.

مراحل کلی تدوین اهداف کلان برای توسعه فناوری‌ها به طور خلاصه در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. مطابق فرایند ذکر شده، در این گزارش به منظور تعیین اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارتند از:

- ۱- چشم‌انداز تدوین شده برای سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ۲- گزارش اسناد بالادستی مربوط به توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ۳- گزارش توجیه‌پذیری استفاده از فناوری نانو در صنعت برق

## ۴- نظرات خبرگان

اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق کشور باید در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر توسعه این فناوری در صنعت برق باشد و از سوی دیگر باید به الزامات بالادستی موجود توجه داشته باشد. همچنین می‌توان با استفاده از گزارش توجیه‌پذیری توسعه فناوری نانو در صنعت برق محورهای مورد نظر برای تدوین اهداف کلان را استخراج کرد. در اینجا لازم است تفاوت بین شاخص‌های چشم‌انداز و اهداف بیان شود. شاخص‌های چشم‌انداز از یکسری عوامل کلی تشکیل شده‌اند که بازه زمانی آن بلند مدت است، در حالی که اهداف بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارا هستند.

در نهایت با اخذ نظرات خبرگان حوزه فناوری نانو و صنعت برق به بررسی اطلاعات حاصل از این منابع یاد شده پرداخته و پیش‌نویس اهداف سند مورد بحث تعیین می‌گردد. در نهایت پس از نهایی‌سازی اهداف و تعیین بازخوردها، اهداف کلان توسعه فناوری مشخص می‌شود. در ادامه نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف برای تدوین اهداف ارائه شده است.

## ۲-۳-۱- نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در بیانیه چشم‌انداز سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق، زمینه‌های کاهش تلفات، افزایش پایداری شبکه و کاهش هزینه و توجه به ملاحظات زیست‌محیطی به عنوان زمینه‌های اصلی مطرح شده است. بر این اساس می‌توان اهداف زیر را از بیانیه چشم‌انداز استخراج کرد:

- کاهش هزینه‌های ساخت مواد، قطعات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق
- افزایش بازده نیروگاه‌های گازی، بخاری و آبی با بهره‌گیری از قطعات و مواد مبتنی بر فناوری نانو
- کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات تأسیسات صنعت برق
- ارتقای سهم تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر
- کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی

## ۲-۳-۲- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی مربوط به توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار اسناد بالادستی مختلفی در رابطه با توسعه فناوری نانو در صنعت برق بررسی شده‌اند. تعدادی از این اسناد جزء اسناد بالادستی عمومی هستند که به طور غیر مستقیم به این موضوع اشاره کرده‌اند و تعدادی دیگر مربوط به حوزه برق و فناوری نانو هستند. فهرست این اسناد در جدول (۱-۲) ارائه شده است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به فناوری نانو در صنعت برق اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، اهداف قابل استنتاج از این قوانین مشخص شده‌اند.

### جدول (۱-۲): عناوین اسناد بالادستی بررسی شده برای تدوین اهداف کلان

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	مقام معظم رهبری	۱۳۸۲
۲	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی	مقام معظم رهبری	۱۳۹۲
۳	سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۷۹
۴	قانون هدفمندی یارانه‌ها	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۸
۵	نقشه جامع علمی کشور	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۸۹
۶	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۷	راهبرد ده ساله فناوری نانو	ریاست جمهوری	۱۳۸۴
۸	سند جامع انرژی‌های تجدیدپذیر	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۹۳

### ۱-۲-۳-۲- چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴

در چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴، ویژگی‌های جامعه ایرانی در این سال ارائه شده است، که با توجه به برخی از ویژگی‌ها می‌توان اهداف ذخیره‌سازی تعیین نمود که در ادامه به ویژگی و هدف برداشتی از آن اشاره شده است.

- برخوردار از دانش پیشرفته

هدف قابل استنتاج: دستیابی به دانش بومی طراحی و ساخت تجهیزات و قطعات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق

- متکی بر تولید ملی

هدف قابل استنتاج: بومی سازی تولید تجهیزات و قطعات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق

- بهره‌مند از محیط زیست مطلوب

هدف قابل استنتاج: کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در صنعت برق با به کارگیری فناوری نانو

## ۲-۲-۳-۲- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی:

- پیشتازی اقتصاد دانش بنیان، پیاده‌سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقاء جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش بنیان در منطقه.

هدف قابل استنتاج: به کارگیری فناوری نانو در ساخت تجهیزات و محصولات صنعت برق

## ۲-۳-۲-۳- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی

- سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی" مصوب مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۳ در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۳ توسط مقام معظم رهبری تایید و ابلاغ گردیده است.
- ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی.

هدف قابل استنتاج: افزایش سهم تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر با به کارگیری فناوری نانو

## ۲-۳-۲-۴- قانون هدفمندی یارانه‌ها:

- تلفات شبکه انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به ۱۴٪ کاهش یابد.

هدف قابل استنتاج: کاهش تلفات در شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع برق

## ۲-۳-۲-۵- نقشه جامع علمی کشور

- دستیابی به توسعه علوم و فناوری‌های نوین و نافع، متناسب با اولویت‌ها و نیازها و مزیت‌های کشور و انتشار و به کارگیری آنها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی

هدف قابل استنتاج: کسب توانمندی‌های فناورانه در طراحی و ساخت مواد، قطعات و تجهیزات مبتنی بر نانو

### ۲-۳-۲-۶- سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو:

در بخش هفتم راهبردهای این سند به راهبردهای صنعت برق و انرژی اشاره شده است. راهبردهای مرتبط و اهداف قابل استنتاج از آن‌ها در ادامه ارائه شده است:

- توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آن‌ها
- هدف قابل استنتاج: افزایش بازده تولید، انتقال و توزیع برق با استفاده از فناوری نانو
- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها
- هدف قابل استنتاج: افزایش بازده نیروگاه‌های گازی، بخار و آبی با به‌کارگیری فناوری نانو
- کاهش تلفات در شبکه‌های برق در جهت نیل به سطح بهینه
- هدف قابل استنتاج: کاهش تلفات در شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع با به‌کارگیری فناوری نانو
- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
- هدف قابل استنتاج: ارتقاء سهم تولید برق از منابع تجدیدپذیر با استفاده از فناوری نانو

### ۲-۳-۲-۷- سند راهبرد ملی توسعه علوم و فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر

- افزایش سهم منابع جدید و پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور در حوزه برق، حرارت و سوخت
- هدف قابل استنتاج: ارتقاء سهم تولید برق از منابع تجدیدپذیر با استفاده از فناوری نانو

### ۲-۳-۲-۸- راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو

- دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو
- هدف قابل استنتاج: دستیابی صنعت برق به سهم مناسب از صادرات محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو

### ۲-۳-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری

یکی از پارامترهای مهم در تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مختلف، توانایی و پتانسیل بکارگیری فناوری در زمینه‌های مختلف است، که با فعال‌سازی و شکوفاسازی پتانسیل‌های فناوری در حوزه‌های مختلف می‌توان به نتایج مناسبی

دست یافت. گزارش توجیه‌پذیری یک منبع مناسب برای تعیین اهداف برای آینده می‌باشد. اهداف استنباط شده از این گزارش عبارتند از [۱۲]:

- ۱) کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی
- ۲) کاهش هزینه‌ها
- ۳) افزایش بازده تولید
- ۴) افزایش کیفیت مواد، قطعات و تجهیزات

#### ۲-۳-۴- نتایج حاصل از نظرات خبرگان

نظرات خبرگان در مورد محورهای اهداف کلان توسعه فناوری از دو روش به دست آمده است. بخش اول این نتایج حاصل نظرات خبرگان در جلسه شرکت برق منطقه ای خراسان است (اسامی این افراد در بخش ۱-۲-۶-۲ ارائه شده است). در این حوزه باید توجه داشت که دیدگاه‌های نخبگان و کارشناسان داخلی با توجه به شناخت مطلوب ایشان از وضعیت فعلی حوزه تولید انرژی، بسیار حائز اهمیت و اساسی است. محورهای مورد نظر خبرگان برای اهداف توسعه نانو به شرح ذیل است:

- کاهش تلفات
- افزایش طول عمر و دوام (کاهش خوردگی)
- افزایش راندمان تولید و بهبود عملکرد تجهیزات
- کاهش آلودگی محیط زیست
- افزایش ظرفیت انتقال
- بهینه سازی مصرف انرژی
- ارتقای سیستم های کنترل و پایش نیروگاهی

بخش دوم نتایج حاصل بررسی کتابخانه‌ای اعم از نشریات، مقالات، مصاحبه‌ها، سخنرانی‌ها و سایر نقل قول‌های منتشر شده، و همچنین صحبت‌های اخیر و نقطه نظرات کلان مسئولین و کارشناسان تخصصی از جمله وزیر محترم نیرو، مدیرعامل

محترم شرکت توانیر، مدیر عامل محترم شرکت مپنا، مدیران عامل شرکت‌های برق منطقه‌ای استان‌های کردستان، سمنان و زنجان است. محورهای به دست آمده عبارتند از:

- افزایش بهره‌وری و تولید در نیروگاه‌های تولید برق
- افزایش نرخ تولید و بهبود صادرات برق به کشورهای منطقه
- انتقال و ارتقاء دانش فنی نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های تولید برق
- صرفه‌جویی در هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های تولید برق
- کاهش هزینه‌های تولید انرژی

## ۲-۴- اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با جمع بندی نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم انداز، اسناد بالادستی، گزارش توجیه پذیری و نظرات خبرگان محورهای اهداف کلان سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق استخراج شد. نحوه استخراج محورهای اهداف در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. همچنین بر اساس برآوردهای تیم فنی پروژه (مبتنی بر آمار صنعت برق، اسناد سایر کشورها و...) شاخص‌های کمی برای برخی از اهداف تعیین شد. سپس این محورها در جلسه کمیته راهبری سند ارائه شد. در این جلسه هر یک از اهداف به ترتیب مطرح شد و پس از تأیید خود هدف، شاخص کمی مربوط به آن با توجه به مستندات موجود و بر اساس بحث و بررسی جمعی تعیین شد. در پایان، هدف «کاهش هزینه‌های ساخت قطعات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق» از فهرست اهداف حذف شد. دلیل حذف این هدف این بود که اکثریت اعضای کمیته راهبری معتقد بودند به کارگیری فناوری نانو برای ساخت قطعات و تجهیزات لزوماً به کاهش هزینه منجر نمی‌شود و حتی در برخی موارد باعث افزایش چندبرابری هزینه ساخت می‌شود.

پس از بحث و بررسی درباره این اهداف در جلسه کمیسیون فنی، مقرر شد هدف «افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به کارگیری قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در سطح صنعت برق» به فهرست اهداف اضافه شود. در نهایت ۹ هدف به عنوان اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص شدند. این اهداف عبارتند از:

(۱) افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به کارگیری قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در سطح صنعت

(۲) کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی به میزان حداقل ۳۰٪

(۳) افزایش بازده نیروگاه‌ها با بهره‌گیری از مواد و قطعات مبتنی بر فناوری نانو

(۴) کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات و تأسیسات صنعت برق

(۵) ارتقای سهم تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر

(۶) ارتقای کیفیت تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق از طریق بهبود خواص و افزایش طول عمر مواد و قطعات با به-

کارگیری فناوری نانو

(۷) بهینه‌سازی مصرف برق با به‌کارگیری محصولات مبتنی بر فناوری نانو

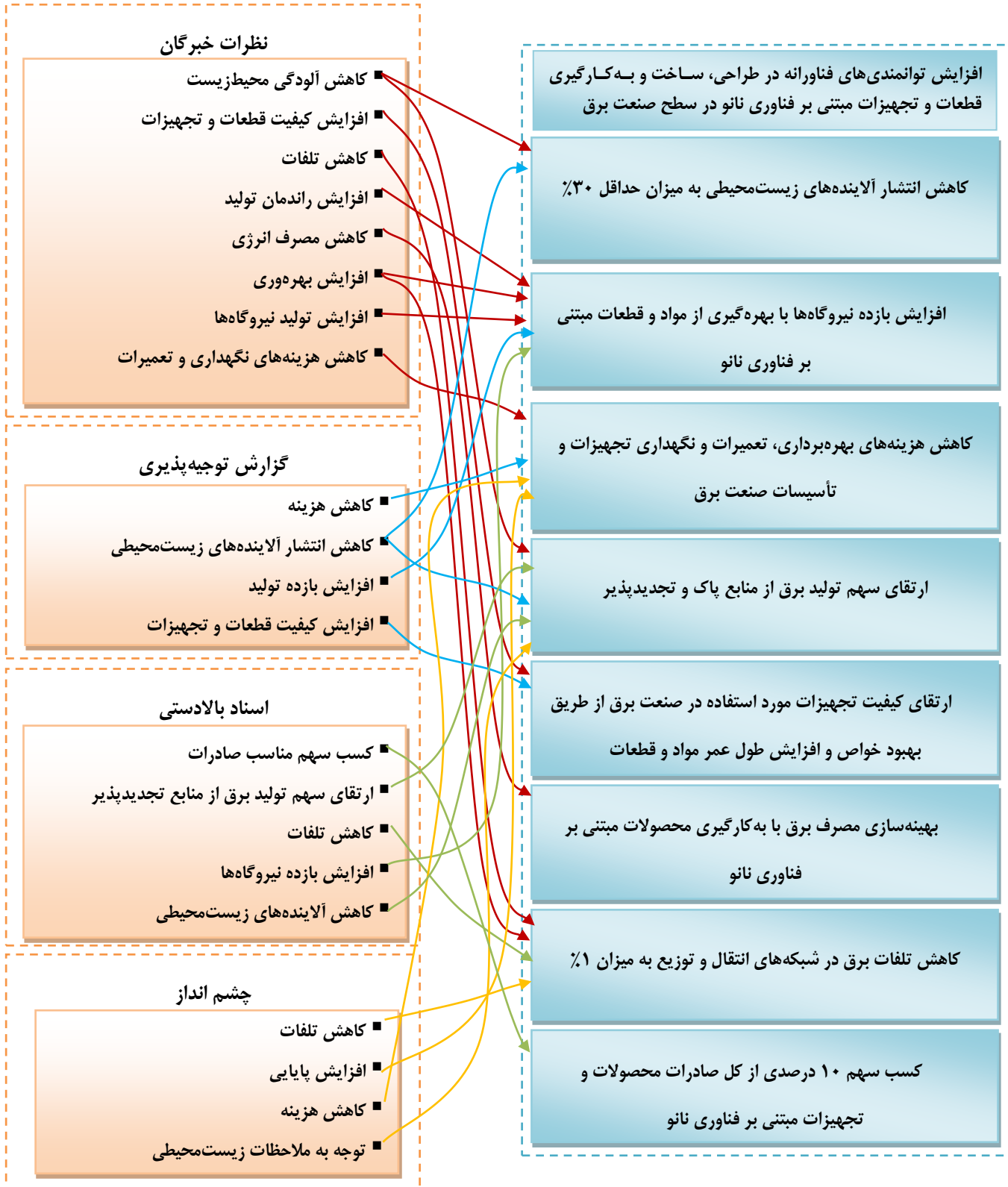
(۸) کاهش تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع به میزان ۱٪

(۹) کسب سهم ۱۰ درصدی از کل صادرات محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو

البته لازم به ذکر است افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به‌کارگیری قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو را می‌توان به کلیه پارامترهای ذکر شده ارتباط داد.



اهداف کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق



شکل (۲-۳): نحوه استخراج اهداف کلان

## فصل سوم

تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق

### ۳-۱- مقدمه

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تدوین راهبردهای توسعه فناوری پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند [۱]. در این بخش ابتدا درباره مبانی نظری سیاست‌گذاری توسعه فناوری بحث می‌شود. سپس رویکرد توسعه فناوری نانو در صنعت برق تعیین می‌شود. در ادامه بر اساس ادبیات موجود و مطالعات انجام شده عوامل موثر در اشاعه فناوری نانو در صنعت برق ارائه می‌شود. در انتها راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود.

### ۳-۲- رویکرد توسعه فناوری نانو در صنعت برق

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر نوع نگارش اسناد در کشورهای مختلف (یا بعضاً در فناوری‌های مختلف یک کشور) تاثیر می‌گذارد، نوع رویکرد آن‌ها نسبت به موضوع توسعه فناوری است. رویکرد توسعه مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌های کلان است که بر کلیه برنامه‌ها و اهداف تعیین شده اثر می‌گذارد. یکی از معروف‌ترین تقسیم‌بندی‌های انجام شده برای سیاست‌های توسعه فناوری، تقسیم‌بندی ارگاس<sup>۱</sup> [۱۳] از سیاست‌های مأموریت‌گرا<sup>۲</sup> یا اشاعه‌گرا<sup>۳</sup> است. طبق تعریف او ویژگی‌های رویکرد مأموریت‌گرا عبارتند از تمرکزگرایی و حمایت از تعداد کمی از فناوری‌ها و بنگاه‌های بزرگ‌تر. در حالی که در رویکرد اشاعه‌گرا اقدامات سیاست‌گذاری در جهت افزایش ظرفیت نوآوری اقتصاد از طریق تمرکز بر زیرساخت علمی، انتقال فناوری و همکاری است. در طبقه‌بندی او فناوری و نوآوری تقریباً در تمام کشورهای صنعتی به دلیل ملاحظات حاکمیت ملی و رقابت‌پذیری بین-المللی رواج پیدا می‌کند. از سوی دیگر، اقدامات سیاست‌گذاری فناوری به دلیل آگاهی از «نقایص» بازار و عدم قطعیت نسبت به فرایندهای نوآوری تدوین می‌شود [۱۴].

1- Ergas

2- Mission-oriented

3- Diffusion-oriented

نگاه ماموریت‌گرا ناظر بر متولی بودن دولت در توسعه فناوری است و نگاه اشاعه‌گرا بر نقش دولت در آماده‌سازی بسترها تاکید می‌کند. رویکرد یک کشور به‌طور عام در زمینه توسعه فناوری‌ها را نمی‌توان به‌طور قطعی مشخص نمود، فقط می‌توان در این حد بیان نمود که این رویکرد برآیندی از نگاه دولت‌ها در زمینه‌های فناورانه مختلف قلمداد می‌شود. بر حسب اینکه نگاه یک کشور به مقوله توسعه فناوری ماموریت‌گرا باشد یا اشاعه‌گرا، رویکرد آن کشور نسبت به مقوله سندنویسی در آن زمینه فناوری متفاوت خواهد بود. در کشورهایی که رویکرد ماموریت‌گرا را در بعضی حوزه‌های فناورانه برگزیده‌اند، از آنجا که دولت خود را متولی اصلی توسعه فناوری قرار می‌دهد، تمایل به طراحی سندی وجود دارد که مشخص‌کننده‌ی کلیه اهداف، راهبردها، سیاست‌ها، اقدام‌ها، زمان‌بندی، و اجراکنندگان آن‌ها باشد. در طرف مقابل، کشورهایی که توسعه یک فناوری را به‌صورت اشاعه‌گرا در نظر می‌گیرند، بر اسنادی تکیه می‌کنند که تنها کلیت و رویکرد اصلی فرایند توسعه را مشخص کرده باشند و تا حد امکان از انجام اقدامات مستقیم پرهیز کرده و بر تنظیم سیاست‌ها تکیه زنند.

طبق نظر چیانگ [۱۵]، پس از جنگ جهانی دوم کشورهایی مثل آمریکا، انگلیس و فرانسه رویکرد مأموریت‌گرا را انتخاب کردند. هدف این رویکرد ایجاد فناوری‌های جدید و تلاش برای آغاز برنامه‌های بزرگ توسعه دانش و فناوری است. بر این اساس، لازم است تا گستره‌ای محدود از فناوری‌هایی که در مراحل ابتدایی چرخه عمر خود هستند برای توسعه برگزیده شوند. انجام نوآوری‌های بنیادین و نوآوری‌های محصول لازمی تامین ایده‌ال ترسیم شده در این رویکرد است. این نوآوری‌ها غالباً توسط واحدهای تحقیق و توسعه دولتی به انجام می‌رسد و بنگاه‌های خصوصی از مشارکت در توسعه آن به‌دلیل ریسک بالا خودداری می‌کنند. برگزیدن این رویکرد با اهداف اولیه کلان و غیرقابل حذف ملی، مانند تامین امنیت ملی و تقویت صنایع دفاعی صورت می‌گیرد. اما این هدف اولیه می‌تواند منجر به ایجاد زایش‌های اثرگذار دیگری در سایر صنایع و فناوری‌ها گردد<sup>۱</sup> [۱۶]. این زایش‌ها توجیه‌کننده هزینه‌های بالای دولتی در انجام تحقیق و توسعه‌های بنیادین می‌باشند [۱۵]. از مجموع این ویژگی‌های مطرح شده، نیروهای پیشران در این رویکرد حمایت مالی دولتی، فشار فناوری، و امید به زایش‌های<sup>۲</sup> فناوری در حوزه‌های کاربردی دیگر است. از آنجا که رویکرد ماموریت‌گرا بر فناوری‌های کلیدی تمرکز می‌نماید، اولویت‌بندی یکی

۱- مانند گسترش فناوری IC در صنعت کامپیوتر ایالات متحده که ناشی از توسعه صنایع نظامی بود.

مهمترین ضروریات توسعه فناوری با این رویکرد است. سطح شبکه‌سازی در این رویکرد نیز مانند رویکرد تحقیق‌محور تنها محدود به همکاری میان موسسات و مراکز تحقیقاتی دانشگاهی دولتی بر سر اولویت‌های تعیین شده است.

کشورهایی مانند آلمان، سوئد، سوئیس، و ژاپن پس از جنگ جهانی دوم رویکرد اشاعه‌گرا را دنبال کردند. این کشورها به دلیل ضعف توانمندی فناوریانه پس از درگیری در جنگ به دنبال توسعه درون‌زا و پایه‌ای فناوری‌ها نرفتند [۱۵]. آن‌ها با انتقال و پیروی فناوریانه از کشورهای پیشرو، مانند آمریکا، از یک طرف زمینه فراهم آوردن قابلیت‌های لازم صنعتی شدن را تامین نموده، و از طرف دیگر در بازارهای فناوری ایجاد شده در دنیا مشارکت و بهره‌برداری نمودند. با توجه به تجربه این کشورها در شرایط ضعف توانمندی‌های فناوریانه، رویکرد اشاعه‌گرا را می‌توان به این صورت توصیف نمود: این رویکرد بر اکتساب، انتشار، و پراکندن فناوری در محیط صنعت تمرکز دارد. به عبارت دیگر این رویکرد به انتقال و اشاعه‌ی دانش چگونگی<sup>۱</sup> فناوری‌ها در سطح صنعت می‌پردازد. بنابراین در این حالت، ضرورتی به اولویت‌بندی میان حوزه‌های فناوریانه نمی‌باشد. همچنین به‌منظور ایجاد جذابیت بیشتر در فناوری‌های تولیدی خود، با انجام نوآوری‌های تدریجی و نوآوری‌های فرایند، به بهبود ویژگی‌های کیفی فناوری و کاستن از هزینه‌ی فرایند تولید پرداخته می‌شود. با توجه به ایجاد نوآوری‌های تدریجی و فرایند، می‌توان اظهار نمود که فناوری‌های مورد تاکید، بیشتر فناوری‌های قرار گرفته در مراحل انتهایی چرخه عمر و بالغ هستند. در این رویکرد، دولت‌ها به دنبال یافتن بازارهای گوشه‌ای<sup>۲</sup> هستند که با ورود به آن‌ها، هم بر توانمندی‌های فناوریانه خود بیافزایند و هم از مزایای اقتصادی حاصل از آن استفاده کنند. بنابراین، نیروی کشش بازار، یکی از مهمترین نیروهای پیشران این رویکرد است. علاوه بر آن، امید به پیشرو بودن در فناوری‌های پیشرفته آینده با استفاده از توانمندی‌های کسب شده، نیروی پیشران دیگر این رویکرد است. در این حالت، نیاز به حمایت دولتی در توسعه فناوری نمی‌باشد. از مجموع ویژگی‌های ذکر شده تاکنون می‌توان به این نتیجه رسید که برگزیدن رویکرد اشاعه‌محور ضرورت پیرو بودن در توسعه فناوری را به وجود می‌آورد. اما این پیروی به معنی عقب‌ماندگی فناوریانه نیست، بلکه صحبت از یک پیروی هوشمندانه<sup>۳</sup> است. در پیروی هوشمندانه، برخورداری از هزینه‌ها و ریسک پایین سرمایه‌گذاری (که از طریق تقلید دانش توسعه داده شده حاصل می‌شود) به عنوان یک هدف ابتدایی قلمداد می‌-

1- Know-how

2- Niche markets

3- Smart follower

گردد. این هدف سنگ بنایی برای اکتساب تجارب و مزایای اقتصادی در رقابت بر سر سایر فناوری‌های پیشرفته و پیشسازی تحقیقات پایه در آینده نزدیک است. مفهوم شبکه‌سازی در این حالت معنای گسترده‌تری نسبت به رویکردهای قبلی پیدا می‌کند. همکاری فناورانه میان کشورها به منظور انتقال فناوری از یک طرف، و همکاری میان اجزای صنعت به منظور بسترسازی برای توسعه و اشاعه فناوری از طرف دیگر، مظاهر شبکه‌سازی در رویکرد اشاعه‌گرا هستند. در ساختار نظام نوآوری این رویکرد نیز به دلیل نزدیک بودن فناوری به بازار، بنگاه‌های بزرگ<sup>۱</sup> و هاب‌های اشاعه فناوری دولتی نقش اصلی را برعهده دارند. مشخصات اصلی رویکردهای مأموریت‌گرا و اشاعه‌گرا در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

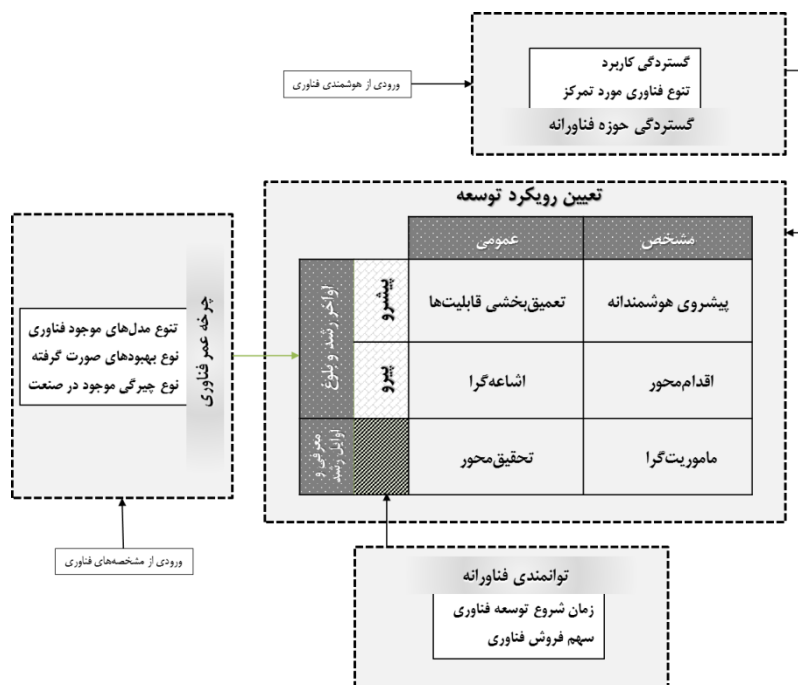
جدول (۳-۱): مشخصات اصلی رویکردهای مأموریت‌گرا و اشاعه‌گرا [۱۶]

مشخصات اصلی	مأموریت‌گرا	اشاعه‌گرا
هدف	تمرکز بر توسعه یک یا چند حوزه کاربرد یک فناوری بر اساس اولویت‌بندی آن‌ها	آماده‌سازی بستر مورد نیاز برای توسعه کلیه حوزه‌های کاربرد فناوری بدون انجام اولویت‌بندی
ابزارهای سیاستی	برنامه‌های مأموریت‌گرا نظیر حمایت از تحقیق و توسعه در یک یا چند حوزه خاص از فناوری، ارائه تسهیلات مالی به یک یا چند حوزه خاص از فناوری	مکانیزم‌های اکتساب، اشاعه و به‌کارگیری فناوری نظیر حمایت از تحقیق و توسعه در حوزه‌های کاربردی مختلف فناوری، ایجاد زیرساخت فنی مشترک، ایجاد شبکه‌های همکاری و ...
دستاورد احتمالی	نوآوری‌های بنیادی	نوآوری‌های تدریجی
الگوی نوآوری	عمدتاً نوآوری‌های محصول	عمدتاً نوآوری‌های فرایند
چرخه عمر فناوری	معرفی و اوایل رشد	رشد و بلوغ

بر اساس جدول فوق، در رویکرد اشاعه‌گرا نقش دولت اساساً یک نقش حمایتی است. این حمایت به شکل پشتیبانی از انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه، رفع مشکلات فنی و قانونی و حمایت‌های مالی صورت می‌گیرد. با گذشت زمان، دولت

قابلیت‌های فنی صنعتی را پیش می‌برد. به لحاظ الگوی نوآوری، رویکرد اشاعه‌گرا از نوآوری تدریجی در گستره‌ای وسیع پشتیبانی می‌کند. علاوه بر این از دیدگاه صنایع یا بنگاه‌های مورد حمایت، این رویکرد بیشتر بر نوآوری فرایند تمرکز دارد تا نوآوری محصول زیرا برای آن که اشاعه اتفاق بیفتد فناوری مورد نظر باید به ورودی محصولات متنوع بنگاه‌ها تبدیل شود. از طرف دیگر در رویکرد مأموریت‌گرا نقش دولت رهبری صنعت است و با استفاده از برنامه‌های مأموریت‌گرا به دنبال پیش‌بردن مرز فناوری است. این نوآوری‌ها عموماً جزء نوآوری‌های بنیادی هستند و در مراحل اولیه چرخه عمر یک فناوری صورت می‌گیرند.

در این سند برای تعیین رویکرد توسعه از چارچوب ارائه شده در شکل (۳-۱) استفاده می‌شود. در این مدل برای انتخاب رویکرد توسعه از سه متغیر چرخه عمر فناوری، گستردگی حوزه فناورانه و توانمندی ملی فناوری استفاده می‌شود [۱]. بر اساس وضعیت این متغیرها ماتریس تصمیم‌گیری برای انتخاب رویکرد توسعه تشکیل می‌شود و در نهایت رویکرد مناسب توسعه فناوری نانو در صنعت برق تعیین می‌گردد.



شکل (۳-۱) ماتریس تصمیم‌گیری درباره رویکرد توسعه فناوری [۱]

در ادامه وضعیت این متغیرها برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود:

- **چرخه عمر فناوری نانو:** چرخه عمر فناوری مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. جایگاه هر فناوری را می‌توان به صورت کیفی و با توجه به تنوع مدل‌های موجود فناوری، نوع بهبودهای صورت گرفته و نوع چیرگی موجود در صنعت تعیین کرد. این ورودی از گزارش مرحله اول تدوین این سند با عنوان «گزارش تدوین مبانی توسعه فناوری نانو در صنعت برق» استخراج می‌شود.

بر اساس این گزارش، درحال حاضر طیف وسیعی از شرکت‌ها در حدود ۹۰۰ شرکت، برای تولید محصولات خاص مبتنی بر این فناوری تاسیس شده‌اند. سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگی مانند موتورولا، هیتاچی، میتسوبیشی، آی‌بی‌ام، جنرال الکتریک، و زیمنس در راستای تحقیقات در زمینه نانو تلاش دارند تا جایگاه مطمئنی را برای آینده اقتصاد خود در بازار عظیم یک هزار میلیارد دلاری تخمین زده شده جهانی جهت محصولات نانو فناوری طی سال ۲۰۱۵ تعیین نمایند. در سال ۲۰۰۹ دولت‌های کشورهای مختلف دنیا به تنهایی نزدیک به ۱۰ میلیارد دلار در زمینه تحقیق و توسعه فناوری نانو سرمایه‌گذاری کرده‌اند. با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در این زمینه و صنعتی‌سازی می‌توان گفت که فناوری نانو در اواخر مرحله رشد و ابتدای مرحله بلوغ خود قرار دارد.

- **گسترده‌گی حوزه فناوری نانو:** با توجه به این که هدف این سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق است در اینجا باید گستره کاربرد فناوری نانو را در صنعت برق مورد بررسی قرار داد. گستردگی حوزه فناورانه به معین یا نامعین بودن موضوع مورد مطالعه‌ی در سند راهبردی اشاره می‌کند. منظور از یک حوزه‌ی فناورانه ترکیب‌های فناوری-کاربردی است که در آن وجود دارد. بنابراین گسترده بودن حوزه‌ی فناورانه به معنی درنظر داشتن کاربردهای متفاوت برای یک فناوری و یا وجود انواع مختلفی از فناوری به عنوان موضوع مطالعه است. این ورودی نیز از گزارش مرحله دوم این سند با عنوان «هوشمندی فناوری نانو در صنعت برق» قابل استخراج است. بر اساس مطالب مطرح شده در این گزارش، فناوری نانو در کلیه بخش‌های صنعت برق اعم از تولید (شامل نانوذرات، نانو لوله‌های کربنی، نانو بلورهای سرامیکی، نانوسیم‌ها، پوشش‌های نانو ساختار، مواد نانو حفره‌ای، نانو روکش‌ها)، انتقال و توزیع (شامل نانوذرات، نانو لوله‌های کربنی، نانو بلورهای سرامیکی) و مصرف (شامل نانو



پلیمرها، سیلیکون‌های نانوحفره‌ای، نقاط کوانتومی، نانو روکش‌ها، آنروژل‌ها، نانوکامپوزیت‌های پلیمری، نانوذرات، نانو لوله‌های کربنی) کاربرد دارد. بنابراین می‌توان گفت که این فناوری در صنعت برق دارای گستره کاربرد وسیع و عمومی است.

- **توانمندی ملی فناوری:** توانمندی فناورانه عبارت است از کلیه قابلیت‌های لازم برای انجام فعالیت‌های مرتبط با تولید. هدف از ارزیابی توانمندی فناورانه، تشخیص پیشگام یا پیرو بودن کشور در آن حوزه فناورانه است. با توجه به نظر پورتر درباره پیشگامی و دنباله‌روی فناوری، ارزیابی پیشرو یا پیرو بودن یک کشور در فناوری‌ها، با دو معیار تعریف می‌گردد. اولین معیار، زمان توسعه فناوری و دومین معیار میزان سهم کشور از فروش فناوری است [۱]. مطالعات مربوط به توسعه فناوری نانو در ایران در سال ۱۳۸۰ آغاز شد. از نظر سابقه انجام پروژه‌های نانو در صنعت برق نیز می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- کاربردهای نانوفناوری در صنعت برق، شاخه شیمی و مواد، ۱۳۸۲

- سنتز نانوپودر اکسید روی و افزودنی‌ها در ساخت برق‌گیرهای ZnO، ۱۳۸۵

- برنامه ریزی راهبردی تحقیقات برق منطقه ای گیلان (بخش نانوفناوری)، ۱۳۸۷

- شناسایی و رده‌بندی تجهیزات قابل جایگزینی با استفاده از نانوفناوری در تولید، انتقال و مصرف برق، ۱۳۸۹

- تعیین فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق و انرژی در حوزه شیمی و مواد (بخش نانوفناوری)، ۱۳۸۹

- تهیه طرح تجهیز آزمایشگاه نانوفناوری، ۱۳۹۰

- طراحی و ساخت نمونه سلول خورشیدی نانو ساختار لایه نازک، ۱۳۹۱.

مشاهده می‌شود که پروژه‌های انجام شده در صنعت برق بیشتر در حوزه مطالعات اولیه و نیازسنجی است. بنابراین هرچند فاصله ورود ایران به حوزه فناوری نانو با کشورهای پیشرفته در مقایسه با سایر فناوری‌های پیشرفته کمتر است اما به لحاظ زمان ورود به این حوزه و خصوصاً به کارگیری فناوری نانو در صنعت برق عقب‌تر از سایر کشورهای پیشرفته است.

در مورد معیار دوم یعنی سهم فروش فناوری نانو، اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سهم ایران در بازار ۱۰۰۰ میلیارد دلاری فناوری نانو در جهان ناچیز است. هرچند که بر اساس آمار سایت استت نانو<sup>۱</sup> ایران به لحاظ تعداد مقالات و تعداد ارجاع-

ها جایگاه نسبتاً مناسبی دارد (رتبه ۱۸) اما به لحاظ تجاری سازی محصولات و صادرات آنها وضعیت مطلوبی ندارد. بنابراین با توجه به این دو معیار می توان گفت در حال حاضر ایران در حوزه فناوری نانو نقش «پیرو» را ایفا می کند. با در نظر گرفتن وضعیت سه متغیر فوق در ماتریس تصمیم گیری (یعنی قرار گرفتن فناوری نانو در مرحله اواخر رشد و اوایل بلوغ، گستره وسیع کاربرد فناوری نانو در حوزه های مختلف صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع، و مصرف، و همچنین وضعیت کشور به لحاظ پیشگامی یا پیشرو بودن در فناوری نانو) مشخص می شود که رویکرد مناسب برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق رویکرد اشاعه گرا است. بنابراین به منظور تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق به اولویت بندی حوزه های فناورانه پرداخته نمی شود و راهبردها با توجه به عوامل مؤثر بر اشاعه فناوری در کل صنعت برق تدوین می شود. در بخش بعدی، با بررسی ادبیات موجود و مطالعات موردی انجام شده به بررسی عوامل مؤثر در اشاعه یک فناوری خواهیم پرداخت.

### ۳-۳- عوامل مؤثر در اشاعه فناوری

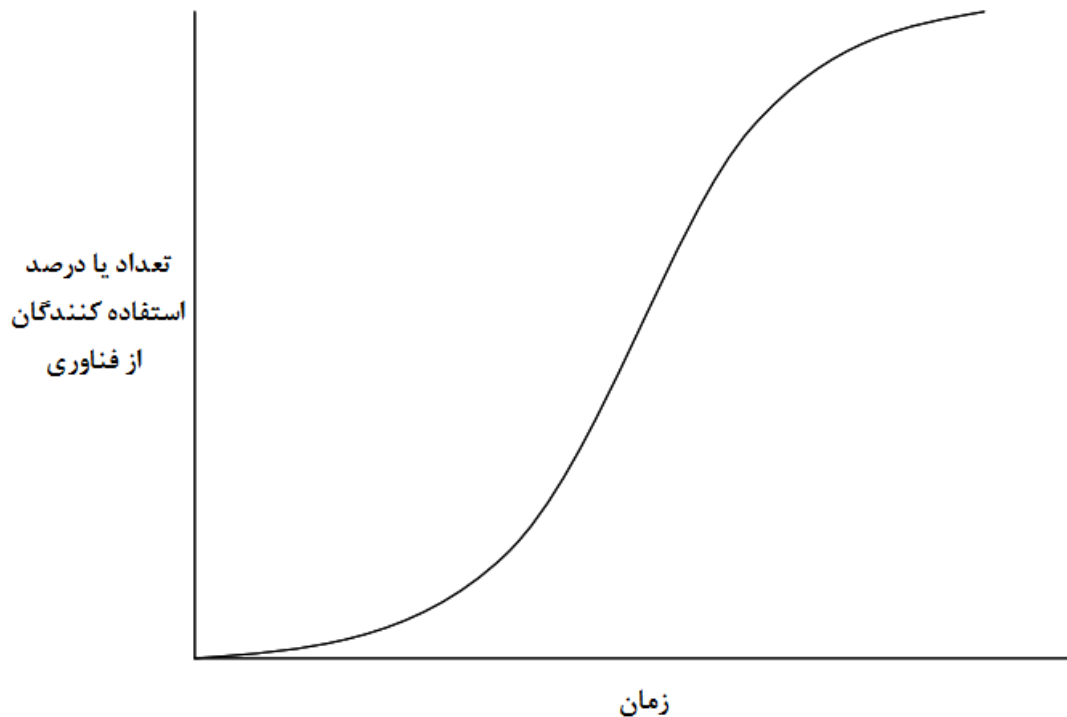
اشاعه فناوری فرایندی است که در آن در طی زمان تعداد بنگاه های استفاده کننده یا صاحب یک فناوری (اشاعه بین بنگاهی) و کاربرد فناوری از سوی بنگاه (اشاعه درون بنگاهی) افزایش می یابد [۱۷]. در تعریفی دیگر راجرز [۱۸] اشاعه نوآوری را این گونه تعریف می کند: «فرایندی که از آن نوآوری از طریق مسیرهای خاصی در طول زمان بین اعضای نظام اجتماعی پخش می شود». تا کنون چارچوب مدونی برای سیاست های اشاعه فناوری در منابع مربوطه ارائه نشده است اما در برخی از منابع و مطالعات موردی به سیاست های اشاعه فناوری اشاره شده است. در اینجا با بررسی این منابع و مطالعات به دسته بندی این راهبردها و سیاست ها خواهیم پرداخت.

هان و یو [۱۹] نشان می دهند که سیاست ایجاد و اشاعه فناوری ماهیتی دوره ای دارد زیرا تغییر فناوری را باید به صورت کلی در نظر گرفت نه به صورت بخش های مجزای اختراع، نوآوری و اشاعه. طبق نظر آنها مسائل سیاست گذاری در حوزه فناوری حائز اهمیت است زیرا بازار فناوری ناقص است. استونمن و دیدرن [۱۷] سه دلیل اصلی شکست بازار را اطلاعات ناقص، قدرت بازار و آثار جانبی ذکر می کنند. عدم تقارن اطلاعات اولین دلیل شکست بازار است. برای کاهش اشتباه در انتظارات از فناوری، مداخله سیاست گذاری تا جایی مطلوب است که «منفعت نهایی تأمین اطلاعات با هزینه نهایی آن مداخله برابر باشد». دومین دلیل شکست بازار ساختار بازار است اما در منابع موجود مشخص نشده است که کدام ساختار بازار به بهترین

شکل باعث اشاعه فناوری می‌شوند. در نهایت، آثار خارجی سومین دلیل شکست بازار هستند. در صورتی که پذیرای فناوری از سوی یک بنگاه تأثیری منفی بر تمام بنگاه‌های دیگر داشته باشد آثار جانبی منفی رخ می‌دهد.

به دلیل وجود همین شکست‌های بازار است که نقش دولت اهمیت می‌یابد. دولت یکی از تسهیلگران مهم در فرایند نوآوری و اشاعه آن است و می‌تواند از طریق اعمال سیاست‌های مناسب به اشاعه فناوری کمک کند. مون و برت اشنایدر [۲۰] ابزارهای سیاستی مورد استفاده دولت‌ها برای اشاعه فناوری را به سه گروه اصلی تقسیم می‌کنند: سیاست‌های عرضه‌محور، تقاضا محور و غیر مستقیم (محیط‌محور). دولت با تأمین سرمایه، منابع انسانی و زیرساخت فنی به پیشبرد سیاست نوآوری عرضه‌محور می‌پردازد. از طریق خرید دولتی سیاست نوآوری تقاضا محور را اجرا می‌کند و از طریق سیاست‌های مقرراتی و مالیاتی می‌تواند به طور غیر مستقیم نوآوری را ترویج کند. همچنین مون و برت اشنایدر [۲۰] از منظری دیگر، دولت را به عنوان اشاعه‌دهنده نوآوری در نظر می‌گیرند و معتقدند دولت‌ها به تشویق اشاعه نوآوری از طریق مکانیزم‌های مختلفی نظیر مشاوره، استفاده مشترک از تجهیزات تخصصی، توزیع اطلاعات، صدور مجوز و ایجاد روابط فناورانه و مالی با پذیرندگان احتمالی فناوری روی آورده‌اند. آن‌ها چهار عامل جریان اطلاعاتی، جریان مالی و پیوندهای مالی، تأمین و تبادل پرسنل، و تسهیلات قانونی و مقرراتی را به عنوان عوامل مؤثر در اشاعه فناوری نام می‌برند.

علاوه بر این، رویکردهای مختلفی برای بررسی فرایند اشاعه فناوری و عوامل مؤثر بر آن ارائه شده است. یکی از این رویکردها در مدل‌های اپیدمیک<sup>۱</sup> دیده می‌شود ([۲۱]، [۲۲]، [۲۳]). این مدل‌ها اشاعه را نتیجه گسترش اطلاعات می‌دانند. نتیجه اصلی این مدل این است که وقتی تعداد کاربران یک محصول یا نوآوری جدید در مقابل زمان ترسیم شود منحنی S شکل اشاعه به وجود می‌آید (طبق شکل (۳-۱)). بر اساس این رویکرد، مدل کلی اشاعه به فراوانی ارتباط بین کاربران بالقوه و واقعی بستگی دارد. جریان اطلاعاتی میان این گروه‌ها به صورت فراگیر بر نرخ اشاعه فناوری تأثیر می‌گذارد [۲۴].



شکل (۲-۳): منحنی S شکل اشاعه فناوری

در این مدل‌ها بر نقش اطلاعات تأکید می‌شود، برای مثال از طریق تبلیغ دهان به دهان در میان کاربران بالقوه. همان طور که گروسکی [۲۵] بیان می‌کند بر اساس این نظریات، یادگیری، انتظارات و عدم قطعیت مربوط به هزینه‌های دانش هستند. البته اگر انتقال دانش پرهزینه باشد عواملی که اطلاعات کمی دارند درباره منافع فناوری جدید نامطمئن خواهند شد. بر خلاف رویکرد اپیدمی، مدل‌های پروبیت<sup>۱</sup> [۲۶] معتقدند که مشخصات بنگاه‌ها مسیر اشاعه فناوری را مشخص می‌کند. این مدل‌ها معتقدند که استفاده کنندگان دارای ویژگی‌های متفاوتی نظیر اندازه بنگاه هستند که بر سودآور بودن پذیرش فناوری جدید تأثیر می‌گذارد. این ویژگی‌ها می‌توانند بر هزینه‌های پذیرش سایر کاربران نیز تأثیر بگذارند. بنگاه‌ها با کاهش هزینه‌های اکتساب از فناوری جدید استفاده می‌کنند؛ تصور می‌شود این هزینه‌ها به مرور زمان کاهش پیدا کنند. گروسکی [۲۵] هزینه‌های

مؤثر بر پذیرش فناوری جدید در مدل‌های پروبیت را به هزینه‌های جستجو، هزینه‌های تغییر و هزینه‌های فرصت تقسیم می‌کند. او همچنین از وجود زیرساخت فنی نظیر استانداردهای فناوری به عنوان یکی از عوامل مهم در اشاعه فناوری نام می‌برد. در مطالعه‌ای دیگر، رامر [۲۸] بیان می‌کند که عدم قطعیت درباره آینده فناوری، عدم تقارن اطلاعات درباره مزایای احتمالی ناشی از کاربرد عملی فناوری، هزینه‌های بالای ناشی از آغاز فرایندهای جدید (از جمله تغییرات سازمانی لازم) و ناسازگاری با فناوری‌های قبلی (به دلیل نیاز به وجود زیرساخت فنی) جزء موانع اشاعه یک فناوری هستند.

سوریناش و همکاران [۳۰] با تقسیم‌بندی مدل‌های اشاعه فناوری به بررسی عوامل مؤثر در اشاعه فناوری پرداخته‌اند. آن‌ها معتقدند که از دیدگاه تقاضا، احتمالاً عوامل مختلفی بر توانایی آگاهی از فناوری‌های جدید و توانایی استفاده از آن‌ها و انطباق-پذیری با آن‌ها و نیز بازده مورد انتظار از پذیرش فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد از جمله سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه، نوآوری سازمانی و اندازه و مشخصات بازار آن. همچنین در سمت عرضه، چندین عامل مهم برای اشاعه نوآوری وجود دارد از جمله تحقیق و توسعه و نوآوری عرضه‌کننده و ابزارهای مالی عرضه‌کننده.

جمع‌بندی مولفه‌های مؤثر و دسته‌بندی آن‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳-۲): جمع‌بندی و دسته‌بندی عوامل مؤثر در اشاعه فناوری

دسته عوامل	مجموع	مولفه
آگاهی و اطلاعات	استونمن و دیدرن [۱۷]	عدم تقارن اطلاعات
	مون و برت اشنایدر [۲۰]	جریان اطلاعاتی
	مدل‌های اپیدمیک ([۲۱]، [۲۲]، [۲۳])	گسترش اطلاعات
	رامر [۳۰]	عدم قطعیت درباره آینده فناوری و عدم تقارن اطلاعات درباره مزایای احتمالی ناشی از کاربرد عملی فناوری
تجاری	استونمن و دیدرن [۱۷]	ساختار بازار
	سوریناش و همکاران [۳۰]	اندازه و مشخصات بازار
مالی	گروسکی [۲۵]	هزینه‌های جستجو، تغییر و فرصت
	رامر [۳۰]	هزینه‌های بالای ناشی از آغاز فرایندهای جدید
	مون و برت اشنایدر [۲۰]	جریان مالی
تحقیق و توسعه	مون و برت اشنایدر [۲۰]	تأمین و تبادل پرسنل
	سوریناش و همکاران [۳۰]	سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه

دسته عوامل	مرجع	مولفه
زیرساخت فنی و قانونی	مون و برت اشنايدر [۲۰]	تسهيلات قانونی و مقرراتی
	رامر [۳۰]	ناسازگاری با فناوری‌های قبلی (به دلیل نیاز به وجود زیرساخت فنی)
	گروسکی [۲۵]	وجود زیرساخت فنی

بر اساس مطالب فوق و جمع‌بندی آن‌ها می‌توان مولفه‌های مهم اشاعه فناوری را در پنج دسته عوامل اطلاعات و آگاهی، مالی، تجاری، زیرساخت فنی و قانونی، و تحقیق و توسعه قرار داد. نبود هر یک از این عوامل مانع از اشاعه فناوری جدید در یک کشور یا یک صنعت می‌گردد. در ادامه هر یک از این عوامل و انواع سیاست‌های موجود اشاعه‌گرا برای تحقق این عوامل توضیح داده می‌شود.

#### ۱- اطلاعات و آگاهی:

همان طور که در مدل‌های اپیدمیک و در مقالات استونمن و دیدرن [۱۷] و مون و برت اشنايدر [۲۰] اشاره شده است کمبود آگاهی و اطلاعات درباره فناوری جدید و عدم قطعیت درباره آینده آن یکی از عوامل مهم در اشاعه یک فناوری جدید یا نوآوری است. در منابع موجود سیاست‌های مختلفی برای تحقق این عامل ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به پروژه-های راه‌اندازی نمایشی<sup>۱</sup> (پایلوت)، برگزاری نمایشگاه‌ها، برنامه‌های بازدید و الگوبرداری، پایش تحولات فناوری، اطلاع‌رسانی از طریق مجلات و بولتن‌ها و ارائه خدمات آموزشی و مشاوره‌ای رایگان به عرضه‌کنندگان و متقاضیان فناوری اشاره کرد (براون و همکاران [۲۷]؛ استونمن و دیدرن [۱۷]؛ رامر [۲۸]) این سیاست‌ها را می‌توان به دو دسته سیاست‌های ترویجی و آگاهی‌بخشی تقسیم کرد.

#### ۲- مالی:

دومین عامل مؤثر در اشاعه یک فناوری جدید، عامل مالی است که با هزینه‌های تغییر ساختار، هزینه‌های آموزش نیروی انسانی، هزینه اکتساب دانش و... ارتباط دارد. بنابراین دولت‌ها برای کمک به اشاعه فناوری در سمت عرضه و در سمت تقاضای فناوری باید هزینه‌های مذکور را کاهش دهند. این کار از طریق سیاست‌های تشویقی و حمایتی قابل اجرا است. سیاست‌های

مالی تشویقی آن دسته از سیاست‌ها هستند که از طریق ارائه یارانه، اعطای معافیت‌های مالیاتی و کاهش تعرفه به تشویق اشاعه فناوری جدید در سمت عرضه و تقاضا می‌پردازند. سیاست ارائه وام‌های کم‌بهره، کمک‌های مالی بلاعوض، تضمین وام‌ها و سرمایه‌گذاری خطرپذیر جزء سیاست‌های مالی حمایتی قرار می‌گیرند (مون و برت اشنایدر [۲۰]؛ رامر [۲۸]؛ صوفی و قاضی‌نوری [۲۹]).

### ۳- تجاری:

عوامل تجاری و مؤلفه‌های مرتبط با بازار نیز در اشاعه نوآوری حائز اهمیت هستند. اساساً یکی از اهداف اصلی سیاست‌های اشاعه‌گرا تجاری‌سازی فناوری و ایجاد بازار آن در کشور یا صنعت است. از جمله سیاست‌های مورد استفاده دولت‌ها برای این کار می‌توان به خوشه‌سازی صنعتی، ایجاد اتحادیه‌ها و انجمن‌ها، خرید تضمینی محصولات فناورانه، حمایت از کسب و کارهای نوپا، حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و انحصار شکنی اشاره کرد (رامر [۲۸]؛ استونمن و دیدرن [۱۷]). در مجموع سیاست‌های تجاری را می‌توان به دو دسته سیاست‌های رفع شکست بازار و شبکه‌سازی تجاری تقسیم کرد.

### ۴- زیرساخت فنی و قانونی:

در اینجا عوامل مرتبط با زیرساخت به عواملی اشاره دارد که خارج از محیط فعالیت عرضه کنندگان و متقاضیان فناوری هستند اما بر اشاعه فناوری در میان آن‌ها تأثیر دارند. مواردی نظیر قوانین و مقررات، استانداردهای فنی، استانداردهای عملکرد و ... جزء این عوامل قرار می‌گیرند. از جمله سیاست‌های مورد استفاده دولت‌ها برای فراهم کردن زیرساخت فنی و قانونی مورد نیاز برای اشاعه فناوری عبارتند از: استانداردگذاری فنی، ایجاد آزمایشگاه‌های مشترک تست و بررسی، حذف مقررات دست و پاگیر و تدوین قوانین، دستورالعمل‌ها و آیین نامه‌های مورد نیاز. این سیاست‌ها را می‌توان در به دو دسته سیاست‌های مرتبط با زیرساخت فنی و سیاست‌های مرتبط با زیرساخت قانونی تقسیم کرد.

### ۵- تحقیق و توسعه:

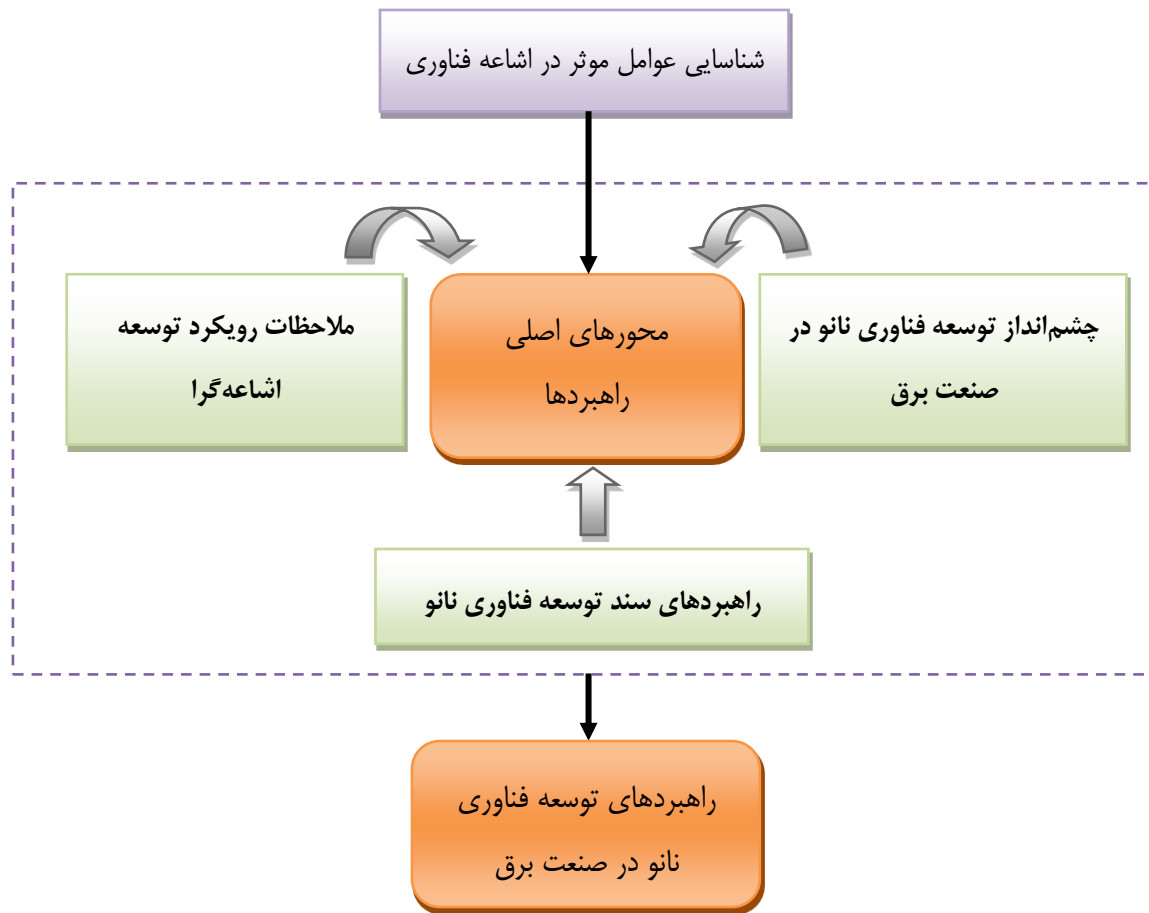
تحقیق و توسعه یکی از مهم‌ترین عواملی است که در منابع مربوط به اشاعه فناوری مورد بررسی قرار گرفته است. در سمت پذیرندگان فناوری جدید، تحقیق و توسعه دانش مورد نیاز برای پایش و ارزیابی فناوری‌های جدید و انطباق با آن‌ها را ایجاد می‌کند (استونمن و دیدرن [۱۷]؛ سوریناش و همکاران [۳۰]). در سمت عرضه‌کنندگان فناوری، توانایی بنگاه‌ها برای

بهبود فناوری خود و ارائه محصولات مکمل بسیار مهم است. همچنین آن‌ها برای کاهش هزینه‌ها باید به نوآوری دست بزنند. به همین دلایل، تحقیق و توسعه و ظرفیت نوآوری برای عرضه‌کنندگان فناوری جدید حائز اهمیت است (سوریناش و همکاران [۳۰]). در منابع موجود سیاست‌های مختلفی برای پیشبرد تحقیق و توسعه پیشنهاد و به کار گرفته شده است. تعدادی از این سیاست‌ها عبارتند از: حمایت از انتشار پایان‌نامه‌ها، مقالات و کتاب‌ها، ایجاد مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری، برگزاری کنفرانس‌ها، حمایت از ثبت اختراعات، کمک به جذب نیروهای متخصص در صنعت و مراکز پژوهشی، تبادل نیروی انسانی بین مراکز پژوهشی و صنعت، اعزام متخصصین به خارج از کشور، جذب نیروهای متخصص خارج از کشور، ایجاد مراکز پژوهشی مشترک، پشتیبانی از مشارکت با شرکت‌ها و مراکز پژوهشی بین‌المللی، ایجاد تشکل‌ها و انجمن‌های علمی. سیاست‌های مربوط به افزایش تحقیق و توسعه را می‌توان به سه دسته سیاست‌های توسعه و انتشار دانش، منابع انسانی و شبکه‌سازی علمی تقسیم کرد.

### ۳-۴- فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق

به منظور تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق، از چارچوب مشخص شده در شکل (۳-۲) استفاده شد. همان‌طور که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است در گام اول، عوامل موثر در اشاعه فناوری بر اساس مطالعه ادبیات مرتبط موجود شناسایی می‌شود. این عوامل (که در بخش قبلی شناسایی شد) مبنای تعیین حوزه‌های اصلی راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق هستند. در گام بعدی ملاحظات رویکرد توسعه اشاعه‌گرا، راهبردهای سند توسعه فناوری نانو و چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته می‌شود. در نهایت، با توجه به حوزه‌های اصلی تعیین شده و در نظر گرفتن ملاحظات مذکور، راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق تدوین می‌شود.





شکل (۳-۳): فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق

بر اساس عوامل موثر شناسایی شده در بخش قبلی، ۵ محور اطلاعات و آگاهی، مالی، تجاری، زیرساخت فنی و قانونی و تحقیق و توسعه به عنوان محوره‌های مورد نظر برای تدوین راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته شد. در گام بعدی، ملاحظات رویکرد توسعه اشاعه‌گرا، سند راهبردهای توسعه فناوری نانو و چشم‌انداز تهیه شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق مورد توجه قرار گرفت.

- دسته اول ملاحظات مربوط به رویکرد توسعه است. در رویکرد توسعه اشاعه‌گرا اولویت‌بندی انجام نمی‌شود و هدف اشاعه فناوری در میان طیف گسترده‌ای از کاربران فناوری است بنابراین در راهبردها به کاربرد یا گروه خاصی از کاربران اشاره نمی‌شود. از طرف دیگر در این رویکرد توسعه به موضوع هاب‌های انتشار اشاره می‌شود. منظور ایجاد شبکه بین بازیگران توسعه فناوری در زمینه‌های علمی و یا تجاری است.

- دومین دسته از ملاحظات در نظر گرفته شده مربوط به راهبردهای تدوین شده برای توسعه فناوری نانو است. این سند به عنوان مرتبطترین سند بالادستی طرح توسعه فناوری نانو در صنعت برق محسوب می‌شود. از طرف دیگر، رویکرد توسعه در نظر گرفته شده در این سند رویکرد توسعه اشاعه‌گرا است. بنابراین در نظر گرفتن محورهای راهبرد این سند می‌تواند به تدقیق راهبردهای تدوین شده کمک کند. ملاحظات مربوط به این سند عبارتند از:

- تأکید بر نقش بخش خصوصی
- برقراری نظام استانداردسازی و ایجاد بستر حقوقی
- ترویج و اطلاع‌رسانی عمومی فناوری نانو
- گسترش بازار داخلی
- توسعه منابع انسانی
- شبکه‌سازی میان عناصر فعال و نهادهای موجود
- تسهیل جریان مالی قابل اعتماد
- پشتیبانی دائمی از پژوهش‌های کاربردی

- آخرین دسته از ملاحظات در نظر گرفته شده مربوط به بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق است. در این بیانیه به دو عامل زیر اشاره شده است:

- ایجاد آگاهی از کاربردها و مزایای فناوری نانو در میان ذینفعان صنعت برق
- ایجاد همگرایی و همسویی در بین ذینفعان صنعت برق

با توجه به محورهای استخراج شده برای تدوین راهبردها و نیز با در نظر گرفتن ملاحظات مذکور ۵ راهبرد زیر برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته شده است:

- ۱- پیشبرد فعالیت‌های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندی‌های فناورانه و تربیت نیروی انسانی متخصص
- ۲- آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی در مورد کاربردها و مزایای فناوری نانو در صنعت برق

۳- فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق با تدوین قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردها و

نیز ایجاد زیرساخت‌های فنی عمومی

۴- تأمین و تسهیل منابع مالی مورد نیاز و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۵- کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاری سازی و افزایش

همکاری‌های تجاری

همان‌طور که در صفحات قبل اشاره شد ملاحظات حاصل از بررسی چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق (شامل

آگاهی و همگرایی و همسویی) در راهبردهای ۱ و ۳ در نظر گرفته شده است.

در خصوص ارتباط بین راهبردهای تدوین شده و اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق، از یک سو به دلیل انتخاب

رویکرد اشاعه‌گرا و به تبع آن عدم اولویت‌بندی در مورد فناوری یا کاربردهای آن راهبردها دارای ماهیتی غیر فنی هستند. از

سوی دیگر، اهداف کلان در نظر گرفته شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق ماهیتی فنی دارند. به همین دلیل می‌توان

گفت که تمامی راهبردهای مشخص شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق به عنوان بستری برای تحقق تمامی اهداف

فنی شناسایی شده عمل می‌کنند. به عبارت دیگر با تحقق آگاهی ذینفعان، تأمین منابع مالی، توسعه بازار محصولات و شبکه-

سازی تجاری، ایجاد زیرساخت قانونی و فنی، و افزایش فعالیت‌های تحقیق و توسعه بستری فراهم می‌شود تا استفاده از فناوری

نانو در بخش‌های مختلف شبکه برق (اعم از تولید، انتقال و توزیع، و مصرف) اشاعه پیدا کند و کاربردهای مختلف این فناوری

باعث کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، افزایش بازده نیروگاه‌ها، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری،

افزایش تولید برق پاک و تجدیدپذیر، کاهش مصرف برق، کاهش تلفات و افزایش صادرات محصولات مبتنی بر نانو در صنعت

برق گردد.

**فصل چهارم**  
**تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق**

#### ۴-۱- مقدمه

در گام چهارم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق، سیاست‌های کلان این سند تدوین می‌شود. سیاست کلان چارچوبی است که کیفیت رسیدن به هدف را تعریف می‌کند. این چارچوب دربرگیرنده‌ی ملاحظات لازم در طراحی و اجرای راهبردهای توسعه است [۱]. در این بخش ابتدا درباره مفهوم سیاست‌های کلان بحث می‌شود. سپس فرایند تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود. در انتها فهرست سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق ارائه می‌شود.

#### ۴-۲- مفهوم سیاست‌های کلان توسعه فناوری

برای سیاست یا خط‌مشی تعاریف متعددی ارائه شده است. در اینجا به‌عنوان نمونه به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

- سیاست عبارت است از تصمیم بسیط و از پیش گرفته شده‌ای که برای هدایت یا جایگزینی تصمیم‌گیری‌های تکراری در مدیریت بکار برده می‌شود.
- سیاست نوعی تصمیم است؛ تصمیمی اولیه، کلی، بنیادی و فراگیر که پس از جمع‌بندی افکار و تصمیمات فراوان دیگر اتخاذ می‌شود. سیاست یک تصمیم عام است و در عین حال با تصمیمات جزئی رابطه همپوشانی دارد. این دو باید مؤید یکدیگر باشند. به عبارت دیگر، باید در طول و نه در عرض یکدیگر باشند.
- سیاست، قاعده کلی اجرای عملیات است و به مدیریت ویژگی عملی داده، آن را از حوزه نظری و ذهنی به حوزه عملیاتی وارد می‌کند.
- سیاست، قانون انتخاب یا گزینش راه و سپس اتخاذ تصمیم است.
- سیاست، حاصل و نتیجه مطالعات و تصمیم‌های مدیران عالی سازمان و جامعه برای تخصیص منابع و امکانات با آینده‌نگری‌های معقول است.

با در نظر داشتن این تعاریف موجود در ادبیات، سیاست‌های کلان را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

سیاست‌های کلان سیاست‌هایی هستند که با داشتن رویکردی تنظیم‌گرا، به دنبال بهبود شرایط کلان اقتصادی اجتماعی بدون توجه به ملاحظات فناورانه خاص است. این سیاست‌ها دارای اثرگذاری بر کلیه حوزه‌ها و بخش‌های نظام توسعه فناوری

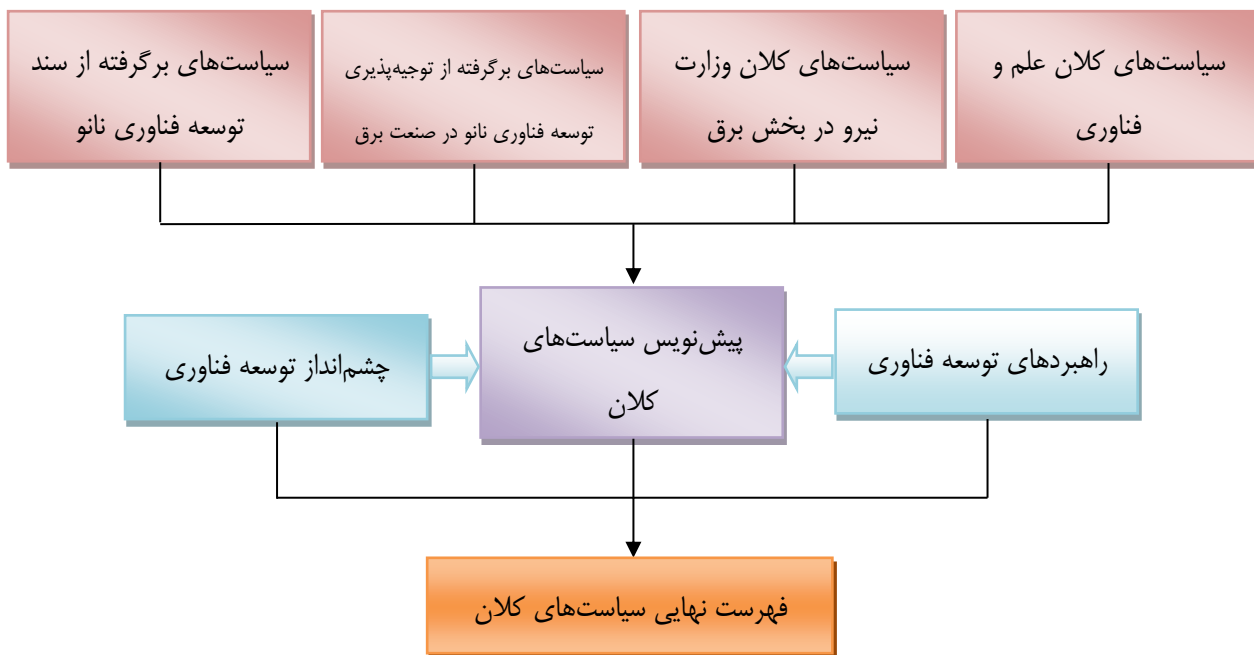
بوده و به فراهم‌آوری بسترهای لازم جهت پیاده‌سازی، انسجام و کارایی راهبردهای فناوری اتخاذ شده کمک می‌کند. نتیجه این حمایت، تسهیل توسعه فناوری است.

سیاست‌های کلان مفهومی نزدیک به راهبردها است. راهبرد، راه رسیدن به اهداف تعیین شده است. این راه در حقیقت منتخبی از گزینه‌های جایگزین است. عملکرد یک راهبرد با میزان محقق شدن هدف مذکور سنجیده می‌شود. در طرف مقابل، سیاست چارچوبی است که کیفیت رسیدن به هدف را تعریف می‌کند. این چارچوب دربرگیرنده ملاحظات لازم در طراحی و اجرای راهبردهای توسعه است. این ملاحظات مشتمل بر اهداف کلان تعیین شده از یک طرف و اصول تدوین سیاست از طرف دیگر است. سیاست‌های کلان با ارائه راهنماهای کلی بر مبنای این ملاحظات، (۱) به یکپارچگی و رفع تناقضات راهبردها در مسیر دستیابی به اهداف کمک می‌کند، (۲) مسیر اجرای راهبردها را تسهیل می‌کند، (۳) به‌عنوان یک راهنما در جهت‌دهی به راهبردها نقش ایفا می‌کند.

#### ۴-۳- فرایند تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در این بخش ابتدا فرایند تدوین سیاست‌های کلان این سند توضیح داده می‌شود. سپس با بررسی ورودی‌های مورد نیاز سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق تعیین می‌شود.

چارچوب تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.



شکل (۴-۱): چارچوب تدوین سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق

همان طور که در شکل (۴-۱) نشان داده شده است با استفاده از ورودی‌های سیاست‌های کلان علم و فناوری، سیاست‌های کلان صنعت برق، سیاست‌های برگرفته از توجه‌پذیری توسعه فناوری نانو در صنعت برق و سیاست‌های برگرفته از سند توسعه فناوری نانو پیش‌نویس سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص می‌شود سپس با توجه به چشم‌انداز و راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق، فهرست نهایی سیاست‌های کلان این سند تعیین می‌گردد. در ادامه نتایج حاصل از بررسی این ورودی‌ها ارائه شده است.

### - سیاست‌های کلان علم و فناوری

این سیاست‌ها که در سال ۱۳۹۳ از سوی مقام معظم رهبری ابلاغ شد شامل ۶ بند اصلی است. بندهای مرتبط با توسعه

فناوری نانو در صنعت برق عبارتند از:

(۱) بند ۵: ایجاد تحول در ارتباط میان نظام آموزش عالی، تحقیقات و فناوری با سایر بخش‌ها

(۲) بند ۶: گسترش همکاری و تعامل فعال، سازنده و الهام بخش در حوزه علم و فناوری با سایر کشورها و مراکز علمی و فنی معتبر منطقه‌ای و جهانی بویژه جهان اسلام همراه با تحکیم استقلال کشور

### – سیاست‌های کلان وزارت نیرو در بخش برق

سیاست‌های کلان وزارت نیرو در بخش برق به طور مشخص اعلام نشده است اما بر اساس جدیدترین اظهارنظرهای وزیرمخترم نیرو، سیاست‌های کلی این وزارتخانه در بخش برق و انرژی به شرح ذیل است [۳۲]:

- (۱) حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه تولید انرژی و برنامه‌ریزی در مورد منابع جدید
- (۲) توجه جدی به صرفه‌جویی و استفاده بهینه از انرژی

### – سیاست‌های برگرفته از دلایل توجیه‌پذیری

بر اساس دلایل توجیه‌پذیری که در ابتدای گزارش مرحله اول این سند با عنوان «مبانی توسعه فناوری نانو در صنعت برق» ارائه شده است مهم‌ترین بُعد توجیه‌پذیری توسعه فناوری نانو در صنعت برق بُعد زیست‌محیطی و است. این موضوع در اکثر برنامه توسعه فناوری نانو در سراسر دنیا نیز دیده می‌شود. برای مثال در بُعد زیست‌محیطی به موضوع اهمیت تولید برق از منابع تجدیدپذیر و پاک و نیز کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی با به‌کارگیری فناوری نانو اشاره شده است. بنابراین می‌توان گفت که موضوع محیط‌زیست باید به عنوان یکی از سیاست‌های کلان در این سند در نظر گرفته شود.

### – سیاست‌های برگرفته از سند راهبردی توسعه فناوری نانو

در سند توسعه فناوری نانو با عنوان «راهبرد آینده نانو»، سیاست‌های کلی حاکم بر توسعه فناوری نانو تحت سه عنوان سیاست‌های راهبری، سیاست‌های راهبردی و سیاست‌های اقتصادی و اجتماعی مطرح شده است. این سیاست‌ها به شرح ذیل هستند:

(۱) سیاست‌های راهبری:

- تمرکز در راهبری فعالیت‌ها در عین عدم تمرکز



- پاسخگویی و التزام همه دستگاههای ذیربط به اجرای برنامه
- روان سازی جریان فعالیتهای اداری مورد نیاز برای سطوح مختلف برنامه
- تفکیک میان سازمان های سیاست گذار و مجری فعالیتهای برنامه
- ارزیابی و اصلاح مداوم برنامه های ملی و دستگاهی در زمینه فناوری نانو
- تداوم فعالیتهای برنامه در حین بروز تحولات سیاسی و اجتماعی

### (۲) سیاست های راهبردی:

- تکمیل چرخه فعالیتها از علم تا تجارت
- محوریت نیروی انسانی به عنوان عامل اصلی ایجاد مزیت در این فناوری
- حداکثر بهره گیری از امکانات نهادهای موجود کشور
- شبکه سازی میان نهادها و متخصصان ذیربط برای ایجاد هم افزایی
- تأکید بر اولویت گذاری در همه سطوح با توجه به محدودیت منابع

### (۳) سیاست های اقتصادی و اجتماعی:

- اتخاذ رویکرد جهان گرایی و تعامل بین المللی
- شفافیت در برنامه ها و فعالیتهای مرتبط
- نقش محوری بخش خصوصی در فرایند اجرای برنامه
- کاهش هزینه تعامل میان دست اندرکاران حوزه های مختلف فناوری نانو
- اصلاح کارکرد بازارهای محصولات و عوامل تولید
- رعایت ارزش ها و اصول اخلاقی و ملاحظات زیست محیطی در اجرای برنامه

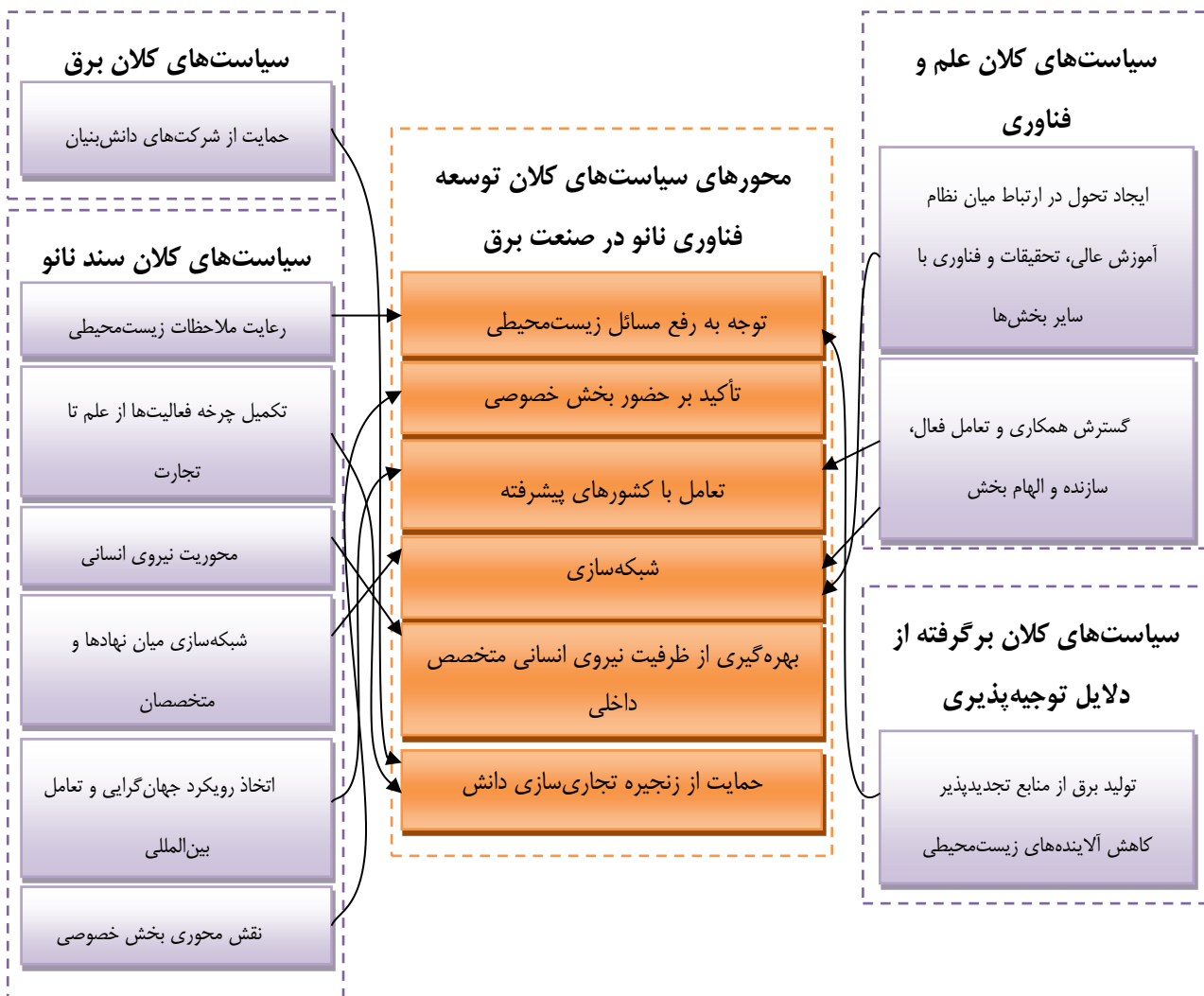
بر اساس ورودی هایی که ذکر شد می توان محور سیاست های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق را مشخص کرد. این

محورها عبارتند از:

- توجه به رفع مسائل زیست محیطی
- تأکید بر حضور بخش خصوصی

- تعامل با کشورهای پیشرفته
- شبکه‌سازی
- بهره‌گیری از ظرفیت نیروی انسانی متخصص داخلی
- حمایت از زنجیره تجاری‌سازی دانش

نحوه استخراج محورهای سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۴-۲): نحوه استخراج محورهای سیاست‌های کلان

با در نظر گرفتن ملاحظات مطرح شده در چشم‌انداز و راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق شامل ملاحظات آگاهی‌بخشی، شبکه‌سازی علمی و تجاری فهرست نهایی سیاست‌های کلان توسعه فناوری نانو در صنعت برق به شرح ذیل است:

- ۱- اولویت‌دهی به فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- ۲- تمرکز ویژه بر فعالیت‌های ترویجی و آگاهی‌بخشی
- ۳- توجه جدی به رفع مسائل زیست‌محیطی شبکه برق در به‌کارگیری فناوری نانو
- ۴- بهره‌گیری حداکثری از ظرفیت نیروی انسانی متخصص در کشور
- ۵- اتخاذ رویکرد تعامل با کشورهای پیشرو در زمینه تبادل دانش و منابع انسانی
- ۶- تأکید بر شبکه‌سازی تجاری و علمی میان بازیگران
- ۷- تأکید بر تکمیل زنجیره تجاری‌سازی دانش
- ۸- حمایت از حضور بخش خصوصی

## نتیجه گیری

در مرحله سوم از طرح «تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق» به تدوین ارکان جهت ساز پرداخته شد. ارکان جهت ساز شامل چشم انداز، اهداف، راهبردها و سیاست های کلان توسعه نانو فناوری در صنعت برق است. با تدوین این ارکان خطوط هدایت کننده ای به دست می آید که می تواند بر روی تمامی تصمیمات و برنامه های آتی تاثیر گذار باشد.

در بخش اول گزارش بر اساس نظر خبرگان و بررسی اسناد بالادستی بیانیه چشم انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق تهیه شد. این بیانیه چشم انداز راهنمای اصلی اجرای سند است. در بخش دوم گزارش، با در نظر گرفتن چهار ورودی نظر خبرگان، گزارش توجیه پذیری توسعه فناوری نانو در صنعت برق، اسناد بالادستی مرتبط و نیز بیانیه چشم انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق، ۹ هدف اصلی به عنوان اهداف کلان این طرح در نظر گرفته شد. این اهداف مجموعه مقاصد بلند مدت برای تحقق چشم انداز شناخته می شوند.

پس از تعیین چشم انداز و اهداف کلان سند باید راه تحقق این ارکان مشخص شود. راهبردها راه رسیدن به اهداف و در نهایت تحقق چشم انداز هستند. با توجه به انتخاب رویکرد اشاعه گرا برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق، برای تدوین راهبردهای این سند ابتدا عوامل مؤثر در اشاعه فناوری بر اساس منابع موجود شناسایی شد و سپس با در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به رویکرد اشاعه گرا، بیانیه چشم انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق، و راهبردهای سند توسعه فناوری نانو در کشور ۵ راهبرد اصلی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق تدوین شد.

در بخش آخر گزارش مرحله سوم، سیاست های کلان سند ارائه شد. سیاست های کلان می تواند به عنوان دستور راهنمای تفکر و تصمیم گیری پیرامون راهبردها، به انتخاب صحیح جهت گیری های راهبردی کمک نماید. به منظور تعیین سیاست های کلان ابتدا محورهای اصلی سیاست ها بر اساس ۴ ورودی سیاست های کلان وزارت نیرو، سیاست های کلان علم و فناوری، سیاست های کلان سند نانو و سیاست های برآمده از گزارش توجیه پذیری شناسایی شد. سپس با در نظر گرفتن ملاحظات چشم انداز و راهبردهای سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۸ سیاست به عنوان سیاست های کلان این سند در نظر گرفته شد.

## فهرست مراجع

- [۱]. روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [2]. <http://www.dolat.ir/PDF/20years.pdf>
- [3]. <http://www.moe.gov.ir>
- [4]. [www.research.pmo.ir/](http://www.research.pmo.ir/)
- [5]. <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/99709>
- [6]. [http://www.isacmsrt.ir/files/site1/pages/naghshe\\_jame\\_elmi.pdf](http://www.isacmsrt.ir/files/site1/pages/naghshe_jame_elmi.pdf)
- [7]. [irannano.org/filereader.php?p1=main\\_c703770fd1db90fd13e888f6eb1d5768.pdf&p2=static\\_page&p3=1&p4=1](http://irannano.org/filereader.php?p1=main_c703770fd1db90fd13e888f6eb1d5768.pdf&p2=static_page&p3=1&p4=1)
- [8]. Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced scorecard: translating strategy into action, 1996, Harvard Business Press.
- [9]. [Pearce](#), J.A, [Robinson](#), R.B, Strategic management: formulation, implementation, and control, 1997, Irwin/McGraw-Hill.
- [۱۰]. علی احمدی، علیرضا، تاج‌الدین، ایرج، فتح‌اله، مهدی، (۱۳۸۲)، نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک، تهران: تولید دانش.
- [۱۱]. اعرابی، سید محمد، (۱۳۸۵)، دستنامه برنامه ریزی استراتژیک، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- [۱۲]. گزارش «تدوین مبانی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق».
- [13]. d Ergas, H., 1987. The importance of technology policy. In: Dasgupta, P., Stoneman, P. (Eds.), Economic Policy and Techno-logical Performance. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- [14]. Cantner, U., Pyka, A., 2001. Classifying technology policy from an evolutionary perspective. Res. Pol. 30, 759-775.
- [15]. Chiang, J.T., 1991a. From mission-oriented' to diffusion-oriented paradigm: the new trend of US industrial technology policy. Technovation 11, 339-356.

- [16]. Chiang, J.T., 1998. High-technology targeting: its modes' strategies and paradigms. *Technology in Society* 20, 1-23.
- [17]. Stoneman P, Diederer P (1994), *Technology diffusion and public policy*, The economic journal, Vol 104, No 425, 918-930.
- [18]. ROGERS E.M. (1995), *Diffusion of innovations*, Free Press, New York.
- [19]. Hahn Y.H, Yu P.I (1997), *Towards a new technology policy: the integration of generation and diffusion*, *Technovation*, Vol 19, No 3, 177-186.
- [20]. Moon M.J, Bretschneider S (1997), *Can state government affect Innovation and its diffusion?: An extended communication model and empirical test*, *Technological forecasting and social change*, Vol 54, No 1, 55-77.
- [21]. Griliches Z. (1957) "Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change", *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, pp. 501-522.
- [22]. Mansfield E. (1961), "Technical change and the rate of imitation", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 741-766.
- [23]. Bass F. (1969), "A new product growth model for product diffusion", *Management Science*, vol. 15, n. 5, pp. 215-227.
- [24]. Bocquet R., Brossard O., Sabatier M. (2007), "Complementarities in organizational design and the diffusion of information technologies: An empirical analysis", *Research Policy*, vol. 36, n. 3, pp. 367-386.
- [25]. Gerosky P.A (2000), *Models of technology diffusion*, *Research Policy*, Vol 29, 603-625.
- [26]. Karshenas M., Stoneman P.L. (1993), "Rank, stock, order, and epidemic effects in the diffusion of new process technologies: An empirical model", *The RAND Journal of Economics*, pp. 503-528.
- [27]. Brown, M. A., and Berry, L. and Goel, R., *Guidelines for Successfully Transferring Government-sponsored Innovations*, *Research Policy* 20(2), 121-143 (1990).
- [28]. Rammer (2009), *Innovation and Technology Policy In the Context of Technical Cooperation*.
- [29]. Soofi A.S, Ghazinoori S (2012), *Science and Innovations in Iran: Development, Progress and Challenges*. Palgrave Macmillan.

- [30]. Surinach J, Autant-Bernard C, Manca F, Massard N and Moreno R (2009), The Diffusion/Adoption of Innovation in the Internal Marke.
- [31]. Ahrens, J., 2002. Governance and the implementation of technology policy in less developed countries. *Econ. Innovation New Tech.* 11, 441-476.
- [32]. [Available Online] <http://www.irna.ir/fa/News/81449874>

## پیوست ۱- پرسشنامه ارزیابی چشم انداز

## صاحب نظر ارجمند

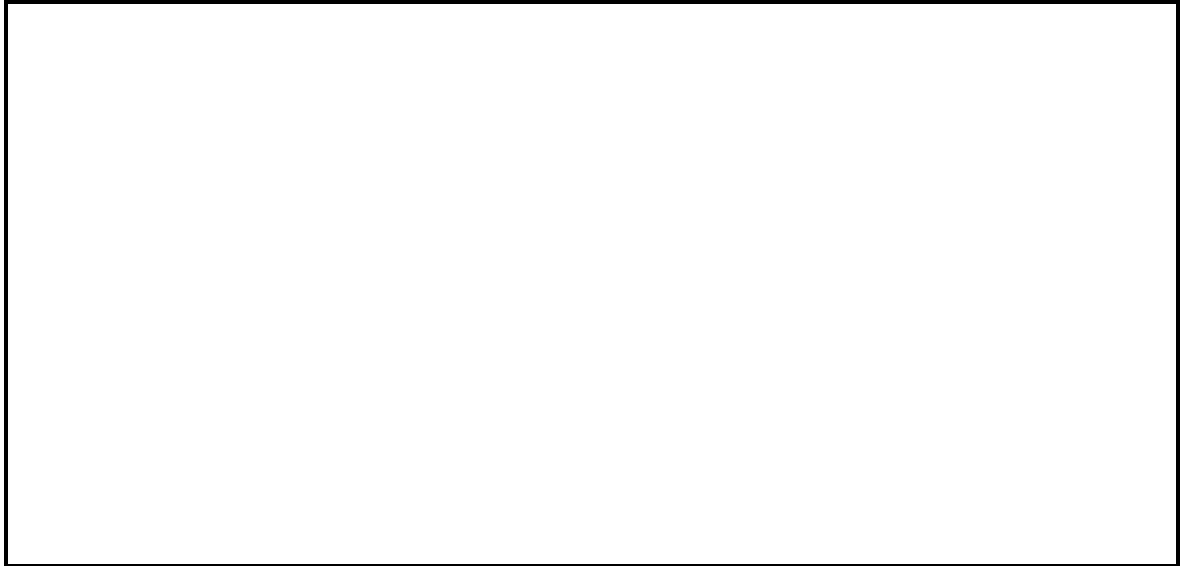
احتراما، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق، چشم انداز مربوط به این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه گزارش تدوین چشم انداز، نظر خود را در مورد بیانیه چشم انداز در فرم پیوست منعکس نمایید.

نظر شما در تایید، رد و یا ارتقای عبارت	زمینه‌های (تم‌ها) چشم‌انداز تفصیلی
	افزایش پایایی
	کاهش تلفات
	کاهش هزینه‌ها
	توجه به ملاحظات زیست‌محیطی



در صورتی که زمینه‌های دیگری را مد نظر دارید که در بیانیه چشم انداز منعکس نشده است، در این بخش یادداشت

بفرمایید.



در این قسمت، اگر از نظر شما بیانیه چشم انداز آینده مطلوب برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق را به طور کامل

منعکس نمی کند، آینده مطلوب مورد نظر خود را توصیف کنید.



لطفاً بیانیه چشم انداز را مطالعه کرده و جدول ذیل را در مورد آن تکمیل نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
قابل دستیابی در زمان مورد نظر (۱۰ سال)						
قابل اندازه گیری						
جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا						
بلندپروازانه و منحصر به فرد						
برانگیزاننده						
پیوند دهنده حال و آینده (یعنی در عین واقع‌گرایانه بودن، با آرمان‌ها نیز مطابقت دارد)						
توجه‌برانگیز برای جلب توجه ذینفعان (و فعالین این حوزه) و اطمینان بخش						
حس مالکیت و تعلق را در فعالین این حوزه ایجاد می‌کند						
در برنامه‌ریزی و اجرا تداوم ایجاد می‌کند						
نشان دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از فرصت‌ها						
کوتاه و به خاطر ماندنی						

## پیوست ۲- پرسشنامه ارزیابی اهداف

صاحب‌نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق، اهداف مربوط به این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه خلاصه گزارش تدوین اهداف، نظر خود را در مورد اهداف در فرم زیر منعکس نمایید.

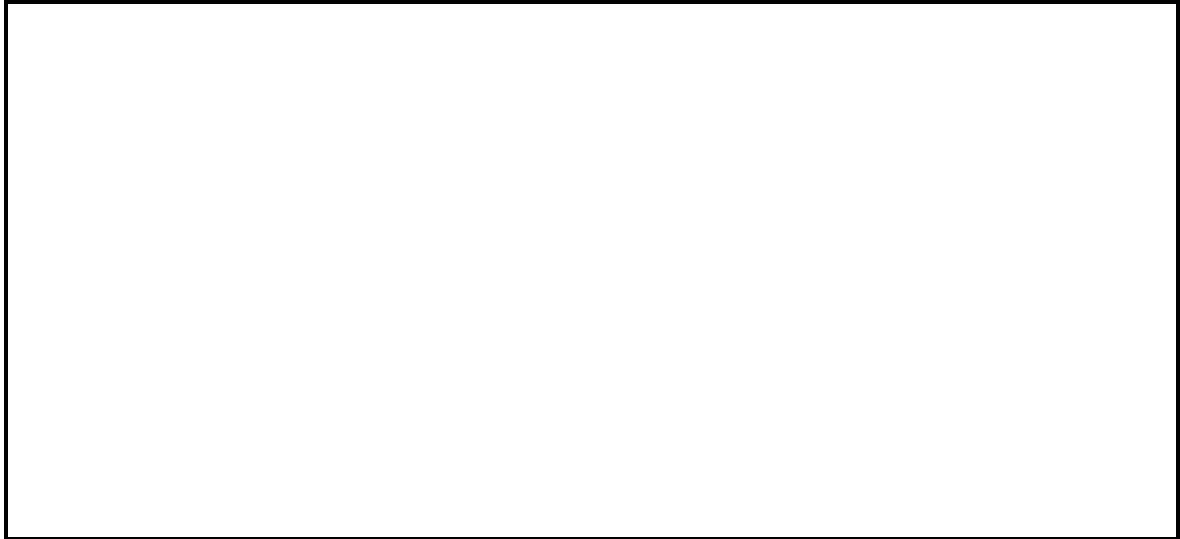
لطفاً اهداف را مطالعه کرده و جدول ذیل را در مورد آن پر نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
مشخص بودن						
قابل اندازه‌گیری بودن						
قابل دستیابی بودن						
واقع‌گرایانه بودن						
محدود به زمان بودن						

در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، اهداف توسعه فناوری را به طور کامل منعکس نمی‌کند، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با اسناد بالادستی هم‌راستا نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت

بفرمایید.



در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق هم‌راستا

نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.



## فهرست مطالب

فصل اول - چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲
۱-۱- مقدمه .....	۲
۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه .....	۳
۳-۱- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه .....	۱۴
۱-۳-۱- بازیگران .....	۱۴
۲-۳-۱- نهادها .....	۱۵
۳-۳-۱- زیرساخت .....	۱۷
۴-۳-۱- روابط و شبکه‌ها .....	۱۷
فصل دوم - فرایند تدوین اقدامات سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۱۹
۱-۲- مقدمه .....	۲۰
۲-۲- تدوین اقدامات غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲۱
۱-۲-۲- شناسایی چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲۲
۱-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد توسعه دانش .....	۲۴
۲-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد انتشار دانش .....	۲۵
۳-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد تأمین منابع .....	۲۶
۴-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم .....	۲۸
۵-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی .....	۲۹
۶-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی .....	۳۰
۷-۱-۲-۲- چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار .....	۳۱
۲-۲-۲- ملاحظات مربوط به راهبردهای سند .....	۳۵



۳۶	۲-۳- اقدامات غیرفنی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....
۴۱	۲-۴- تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....
۴۴	نتیجه گیری .....
۴۵	فهرست مراجع .....

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی ..... ۱۱
- شکل (۱-۲): نحوه تدوین اقدامات غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۲۰
- شکل (۲-۲): فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۲۱
- شکل (۳-۲): ارتباط حوزه های کاربرد اولویت‌دار فناوری نانو با محورهای اصلی اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۳

## فهرست جداول

- جدول (۱-۱): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ..... ۱۹
- جدول (۱-۲): نمونه سؤالات در نظر گرفته شده برای هر یک از کارکردها ..... ۲۴
- جدول (۲-۲): چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک ابعاد کارکردی و ساختاری ..... ۳۲
- جدول (۳-۲): نحوه ارتباط هر یک از اقدامات غیرفنی با چالش‌های شناسایی شده ..... ۳۹



**فصل اول**  
**چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری نانو**  
**در صنعت برق**

## ۱-۱- مقدمه

مبنای تدوین این اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز [۲] نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان<sup>۱</sup> که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک تکنولوژی یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه خردنگر<sup>۲</sup> از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر<sup>۳</sup> نظام نوآوری نادیده گرفته شده است. تمرکز بر فعالیتهای کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایزکننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق کرده است تا آن را به‌عنوان پدیده‌ای در نظر بگیرند که در طول زمان رشد پیدا می‌کند.

1- Agents

2- Micro oriented

3- Macro oriented

## ۱-۲- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه فناورانه به‌ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها می‌توانند از طریق فعالیت‌های گوناگون محقق شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید محقق گردد. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. در نتیجه چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

از آنجایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده چارچوبی برای تحلیل فرایندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلف به تعریف کارکردهای نظام نوآوری پرداخته‌اند.

اولین بار جانسون در سال ۲۰۰۱ شش کارکرد را پیشنهاد نمود. در سال ۲۰۰۷ هکرت این ۶ کارکرد را به صورت عملیاتی تست کرد و در نهایت ۷ کارکرد زیر را پیشنهاد نمود:

- فناوری‌های کارآفرینی
- توسعه دانش
- انتشار دانش
- جهت‌دهی به سیستم
- شکل‌دهی به بازار
- تأمین و تسهیل منابع
- مقبولیت بخشی

در سال ۲۰۰۸ برگگ نیز ۷ کارکرد را با تغییراتی بسیار کوچک نسبت به کارکردهای معرفی شده توسط هکرت پیشنهاد نمود که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود [۳].

## ● فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرایندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

به‌طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید. در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به‌طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد؛ درحالی که در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به‌طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، از یک سو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با تکنولوژی همراه است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت‌پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی تکنولوژی
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی تکنولوژی

◎ تأسیس شرکت‌های نوپا

◎ ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه تکنولوژی

• ارائه محصولات و خدمات جدید در زمینه تکنولوژی

• فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن تکنولوژی

◎ برگزاری نمایشگاه تکنولوژی

◎ انجام پروژه‌های نمایشی

### ● توسعه دانش

کارکرد توسعه دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توان در فرایند یادگیری<sup>۱</sup> قرار داد. بدیهی است که این کارکرد در قلب فرایند نوآوری و در نتیجه در قلب یک نظام نوآوری جای دارد. بنابراین، تحقق این کارکرد پیش‌نیاز توسعه نظام نوآوری فناورانه تلقی می‌گردد و جزء کارکردهایی است که می‌بایست پیش از کارکردهای دیگر محقق گردد. این یادگیری در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی تکنولوژی نوظهور وجود دارد. از این منظر (موضوع مورد تمرکز) می‌توان کارکرد خلق دانش را به دو دسته تقسیم کرد: خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی.

این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخ داده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو<sup>۲</sup> (یادگیری کتابخانه‌ای) و یادگیری در حین انجام کار<sup>۳</sup>، یادگیری در حین تعامل<sup>۴</sup> و یادگیری در حین استفاده<sup>۵</sup> می‌باشد. البته می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل در صورت وقوع به شکل‌های زیر در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد: تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود

۱- برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.

2- Learning by searching

3- Learning by doing

4- Learning by interacting

5- Learning by using

ندارد؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد.

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارت است از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شد. از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره تکنولوژی
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی تکنولوژی
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی تکنولوژی در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت<sup>۱</sup>)
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ<sup>۲</sup>)

1- Pilot

2- Prototype

## انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم<sup>۱</sup> و به اشتراک‌گذاری<sup>۲</sup> دانش<sup>۳</sup> و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک<sup>۴</sup>. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع تکنولوژی
- تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

1- Dissemination

2--Sharing

۳- همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

4- Joint venture

## جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با تکنولوژی، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم<sup>۱</sup> و سطوح کلان<sup>۲</sup> و خرد سیستم<sup>۳</sup>. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه تکنولوژی انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به‌علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منابع، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد. می‌توان فعالیت‌های انجام شده مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی<sup>۴</sup>، شناختی<sup>۵</sup> و هنجاری<sup>۶</sup>. درحقیقت، فعالیت‌های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه تکنولوژی منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به‌معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از تکنولوژی‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از تکنولوژی‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

4- Regulative

5- Cognitive

6- Normative



جدیدی مطرح می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخداد‌های اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و به‌طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به‌سوی گزینه‌های خاص شود. نمونه‌های از رخداد‌های مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده تکنولوژی
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی
- قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
- تدوین استانداردها

### ● شکل دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوظهور پدید آورد. در واقع می‌بایست با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی نوظهور با سایر تکنولوژی‌ها محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعالیت‌ها و هدف میان‌مدت آن‌ها در طول دوره تکامل تکنولوژی نوظهور متغیر است. به بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آن‌ها برای توسعه استفاده از آن در بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

درحقیقت، یک تکنولوژی نوظهور در مسیر رشد و توسعه خود نیازمند دستیابی به قابلیت‌هایی است که به واسطه آن‌ها بتواند در بازار نفوذ کرده و به‌سوی بلوغ خود حرکت نماید. شکل‌گیری بازار هر تکنولوژی نوظهور با پیدایش سه قابلیت، قابلیت‌های فنی<sup>۱</sup>، قابلیت‌های اقتصادی<sup>۲</sup> و قابلیت‌های بازار<sup>۳</sup> در آن تکنولوژی همراه خواهد بود. به‌عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار تکنولوژی در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در تکنولوژی ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ تکنولوژی در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود تکنولوژی به بازار است روشن گردد:

- قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به‌عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و درنهایت تکنولوژی از قابلیت اطمینان<sup>۴</sup> بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت درمورد یک تکنولوژی مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بُعد تولیدی و چه از بُعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.

- قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها از لحاظ اقتصادی به‌صرفه تلقی می‌گردد. تکنولوژی که از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه-فایده<sup>۵</sup> در مورد تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی فایده بر هزینه) به‌همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به‌صرفه بوده، خروجی تولیدی از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به‌طور قطع زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این

1- Technological Potential

2- Economical Potential

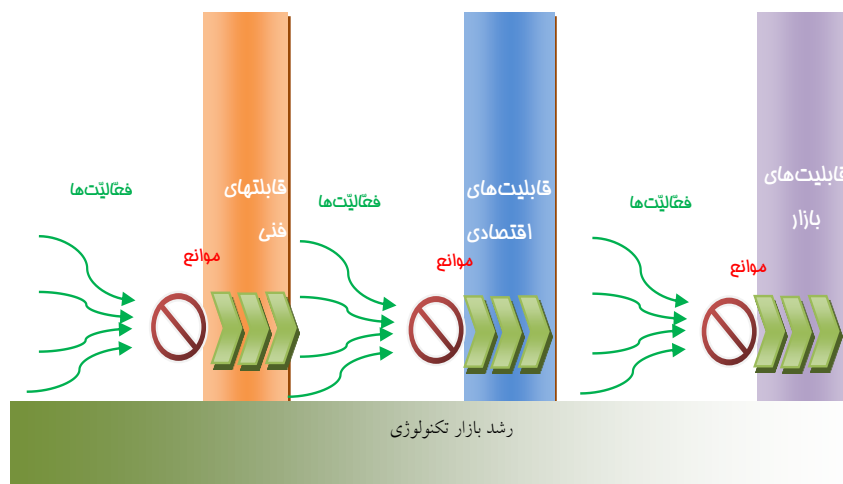
3- Market Potential

4- Reliability

5- Cost Benefit Analysis

قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

• قابلیت بازار در یک تکنولوژی به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، تکنولوژی توانایی رقابت با سایر گزینه‌های موجود در بازار را داشته، با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و در نهایت قادر خواهد بود در کنار امکان‌پذیری فنی و اقتصادی، در بازار با موفقیت توسعه پیدا کند. زمانی که یک تکنولوژی بتواند به این قابلیت دست پیدا نماید، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس با این تکنولوژی به صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.



شکل (۱-۱): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجا تقاضا برای تکنولوژی در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ درحالی‌که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقدام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف تکنولوژی

### ● بسیج منابع

مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه نظام نوآوری در راستای تحقق کارکرد بسیج منابع قرار می‌گیرند. دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت تکنولوژی، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک تکنولوژی نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
  - منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
  - منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
  - منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل موردنیاز برای توسعه تکنولوژی
- این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور
- در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی مورد نظر

### مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان محقق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی نوظهور، بر این لختی<sup>۱</sup> موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف‌نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی امر سهلی نمی‌باشد. در اینجا وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل کردن انتشار دانش میان بازیگران، به هم‌گرا ساختن آنان نیز کمک می‌کند. بنابراین از یک سو بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند. از سوی دیگر به علت آن که توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به‌عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های

۱- نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از تکنولوژی موردنظر در رسانه‌ها

### ۱-۳- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران<sup>۱</sup>، نهادها<sup>۲</sup>، فناوری‌ها<sup>۳</sup> و روابط و شبکه‌ها<sup>۴</sup>.

#### ۱-۳-۱- بازیگران

دسته بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است.

1- Actors

2- Institution

3- Technology

4 Network

تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو<sup>۱</sup> را دارند و سایر بازیگران، پیرو<sup>۲</sup> هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست. با در نظر گرفتن وضعیت فعلی نظام نوآوری که تفاوت میان تولیدکنندگان و کاربران همواره در حال محو شدن است، تقسیم بندی بازیگران برحسب نقش آن‌ها در نظام نوآوری چندان مفید نخواهد بود. لذا در این مطالعه برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، مؤسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل (سازمان‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

### ۱-۳-۲- نهادها

نهادها در نظام نوآوری فناورانه دو نوع هستند: نهادهای رسمی و نهادهای غیر رسمی [۲]. نهادهای رسمی قواعدی مدون شده هستند و توسط افراد ذیصلاح ملزم به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و

1- Enactor

2- Selector

هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند، درحالی‌که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست [۳].

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی<sup>۱</sup> (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسأله هستند [۲]، [۶]. همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

برای یک نظام نوآوری تکنولوژیکی که در مرحله سازندگی<sup>۲</sup> است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور ناسازگار هستند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه حمایت از فناوری نوظهور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به‌جهتی، تنها علت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر<sup>۳</sup> مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای برهم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید، تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع شدن توسط سیاست‌های حاکمیتی و حتی راهبردهای کسب و کار، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر آن، حضور، مهارت‌ها و اشتیاق پیشروان و پیروان، تنها می‌تواند به صورت غیرمستقیم از طریق ساختار نهادی نوآوری فناورانه تحت تأثیر قرار گیرد. این ساختار از طریق برنامه‌ای حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین ماهیت ساختار فناورانه از دایره‌ی اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به ویژه حاکمیت، خارج است.

1- Heuristic

2- Formative

3- Risk-taking



### ۱-۳-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به نظر می‌رسد. در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلاینده‌گی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، در صورت تشخیص یک فناوری به عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن دست به توقف آن بزند.

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور، راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

### ۱-۳-۴- روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

#### روابط:

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد.

برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی<sup>۱</sup>) یا تقویت کنند (همگرایی). از این طریق نهادها می‌توانند به یک جنبه فناورانه سود (زیان) رسانند و بالعکس. برای مثال یک بخشنامه برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

### شبکه‌ها:

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی<sup>۲</sup>، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده شکلی از همکاری هستند که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرند [۲]. شبکه‌ها همچنین بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق ناهمگون، تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقی می‌گردد که توسعه فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب<sup>۳</sup> مفهومی و عملی دانش است.

1- Misalignment

2- Industry association

3- Recombination

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان یکی از عناصر ساختاری سیستم مشکل است. در بعضی از مقالات ادبیات برای توصیف ارتباط و روابط همکاری میان بازیگران از عبارت "شبکه" استفاده شده است ولی یک "شبکه" می‌تواند به عنوان یک شکل بزرگتر بازیگران سازمانی در نظر گرفته شود. با این وجود تعاملات محدود به اتفاق افتادن در درون شبکه‌ها نیست. در مراحل اولیه توسعه یک سیستم شبکه‌هایی وجود ندارد ولی تعاملات دو طرفه میان بازیگران اتفاق می‌افتد. پس تمرکز اصلی در این مطالعه بر "روابط" است که در دو سطح شبکه‌ها و تماس‌های فردی می‌تواند مورد تحلیل واقع شود.

جدول (۱-۱) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جامعه مدنی</li> <li>• شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی</li> <li>• دولت</li> <li>• سازمان‌های مردم نهاد</li> <li>• بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ مؤسسات مالی، نهادهای واسطه‌ای، مشاورین</li> </ul>
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها</li> <li>• نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...</li> </ul>
تعاملات	<ul style="list-style-type: none"> <li>• در سطح شبکه</li> <li>• در سطح ارتباطات فردی</li> </ul>
زیرساخت‌ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ...</li> <li>• دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی</li> </ul>

## فصل دوم

فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری نانو در صنعت برق

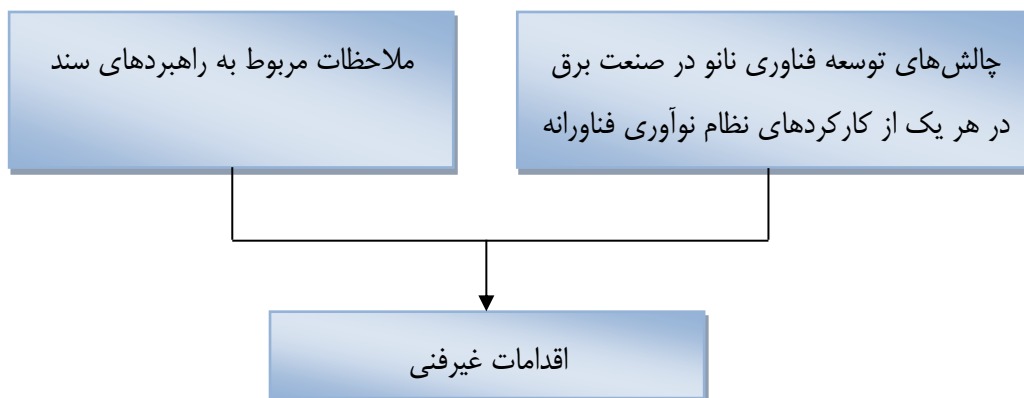
## ۲-۱- مقدمه

اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند [۱]. این اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. در این بخش اقدامات به دو دسته اقدامات غیر فنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شوند. نحوه تدوین این دو دسته اقدامات به ترتیب در شکل‌های (۱-۲) و (۲-۲) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است تدوین اقدامات غیرفنی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق مبتنی بر دو ورودی است:

(۱) چالش‌های موجود بر سر راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق: این چالش‌ها از طریق انجام مصاحبه با خبرگان آشنا با این حوزه استخراج می‌شود. با توجه به گستردگی حوزه کاربرد فناوری نانو در بخش‌های مختلف صنعت برق تصمیم گرفته شد تا هر ۷ کارکرد نظام نوآوری فناورانه شامل توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، مشروعیت‌بخشی و جهت‌دهی به سیستم برای شناسایی چالش‌ها در نظر گرفته شود. در مرحله بعدی چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شوند و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص می‌گردد.

(۲) ملاحظات مربوط به راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق: ورودی دیگر برای تدوین اقدامات غیرفنی، ۵ راهبردی است که در مرحله سوم این سند تعیین شده است.

پس از استخراج و جمع‌بندی چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق، اقدامات پیشنهادی در جهت رفع چالش‌ها و با در نظر گرفتن هر یک از راهبردها ارائه می‌شود.



شکل (۱-۲): نحوه تدوین اقدامات غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

مطابق شکل (۲-۲) در فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ابتدا با توجه به اهداف کلان تعیین شده در مرحله سوم این پروژه، محورهای اصلی اهداف مشخص می‌شود. در مرحله بعدی حوزه‌های کاربرد اولویت‌دار فناوری نانو برای تحقق اهداف در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف شناسایی می‌شود. این کار طبق نظر جمعی خبرگان و بر اساس میزان توانایی هر یک از حوزه‌های کاربرد فناوری نانو برای تحقق محورهای هدف در نظر گرفته شده و امکان توسعه آن حوزه کاربرد انجام می‌شود. سپس برای هر یک از حوزه‌های کاربرد اولویت‌دار شناسایی شده اقدام فنی مورد نیاز در نظر گرفته می‌شود.



شکل (۲-۲): فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۲-۲- تدوین اقدامات غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در این بخش مراحل تدوین اقدامات غیرفنی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود. در ادامه ابتدا چالش‌های موجود بر سر راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق از دیدگاه خبرگان شناسایی می‌شود. سپس ملاحظات مربوط به

راهبردهای سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود. در نهایت براساس این چالش‌ها و نیز با توجه به راهبردهای این سند، اقدامات غیرفنی ارائه می‌شود.

## ۲-۲-۱- شناسایی چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق

همان طور که در ابتدای این گزارش اشاره شد یکی از ورودی‌های تدوین اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه نظام نوآوری فناوری نانو در صنعت برق، چالش‌های شناسایی شده در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه فناوری نانو در صنعت برق شناسایی می‌شود. این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۹ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه نانو و برق استخراج شده است. اسامی این افراد به شرح ذیل است:

- جناب آقای مهندس ژام (پژوهشگاه نیرو)
- سرکار خانم دکتر ریاحی (پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای دکتر صراف مأموری (دانشگاه تربیت مدرس)
- جناب آقای دکتر عبدی (دانشگاه تهران)
- جناب آقای مهندس فلاح (پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای مهندس دیده‌ور (مشاور مدیرعامل شرکت برق منطقه‌ای استان خراسان)
- جناب آقای مهندس صالحی (پژوهشگاه نیرو)
- سرکار خانم مهندس دلیریان (پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای مهندس شریف‌یزدی (شرکت برق منطقه‌ای یزد)

با توجه به نامأنوس بودن برخی از مفاهیم برای خبرگان پاسخ‌دهنده تصمیم گرفته شد سوالاتی برای هر یک از ۷ کارکرد نظام نوآوری فناورانه در نظر گرفته شود تا هم معنای هر یک از کارکردها برای پاسخ‌دهندگان روشن شود و هم از کلی‌گویی در پاسخ‌ها جلوگیری شود. فهرست این نمونه سوالات در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

در این فرایند کلیه چالش‌های مورد نظر خبرگان استخراج شد و پس از پالایش و حذف موارد تکراری، فهرست نهایی چالش‌ها تهیه شد. در ادامه به بررسی چالش‌های شناسایی شده می‌پردازیم.

ردیف	کارکرد	نمونه سوالات
۱	توسعه دانش	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا تعداد بازیگران فعال توسعه دانش مانند دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و ... کافی است؟</li> <li>• میزان فعالیت‌های پژوهشی، ثبت اختراعات، ارائه مقالات چه قدر است؟</li> <li>• آیا فعالیت‌های تحقیقاتی متناسب با نیازها انجام می‌شود؟</li> <li>• آیا بین بازیگران توسعه دانش ارتباط و همکاری وجود دارد؟</li> <li>• وضعیت نهادهای سخت (مانند قوانین و دستورالعمل‌ها) و نهادهای نرم (مانند هنجارها و باورها) را در این زمینه چگونه ارزیابی می‌کنید؟</li> <li>• وضعیت زیرساخت‌های تحقیقاتی مورد نیاز را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</li> </ul>
۲	انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> <li>• وضعیت برگزاری کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی چگونه است؟</li> <li>• وضعیت برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی چگونه است؟</li> <li>• آیا تبادل دانشجو یا نیروی متخصص بین دانشگاه‌ها یا دانشگاه و صنعت انجام می‌شود؟</li> <li>• مکانیزم تسهیم دانش چگونه است؟ (نشریات و ...)</li> </ul>
۳	تأمین منابع	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا منابع مالی کافی برای انجام فعالیت‌های تحقیقاتی یا کارآفرینی وجود دارد؟</li> <li>• میزان منابع مالی دولتی چه قدر است؟</li> <li>• آیا دسترسی به منابع مالی به سهولت امکان‌پذیر است؟</li> <li>• آیا نیروی انسانی متخصص به تعداد کافی وجود دارد؟</li> <li>• کیفیت علمی منابع انسانی چگونه است؟</li> <li>• وضعیت دسترسی به مواد و تجهیزات مورد نیاز چگونه است؟</li> </ul>
۴	جهت‌دهی به سیستم	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا سیاست‌های دولت در جهت حمایت از توسعه فناوری نانو در صنعت برق است؟</li> <li>• آیا منابع مالی و انسانی در جهت حمایت از توسعه فناوری نانو در صنعت برق تخصیص داده می‌شود؟</li> <li>• آیا قوانین و دستورالعمل‌های لازم برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها در این زمینه وجود دارد؟</li> <li>• آیا استانداردهای مورد نیاز (فنی، زیست‌محیطی و ...) وجود دارد؟</li> </ul>
۵	مشروعیت‌بخشی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا اطلاعات و آگاهی کافی درباره مزایا و کاربردهای نانو در سطح صنعت برق وجود دارد؟</li> <li>• آیا این صنعت در برابر ورود فناوری نانو مقاومت می‌کند؟ چرا؟</li> <li>• آیا فعالیت‌های ترویجی و آگاهسازی انجام می‌شود؟</li> </ul>
۶	فعالیت‌های کارآفرینی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان کافی است؟</li> <li>• نرخ ورود کارآفرینان و شرکت‌های نوپا به این عرصه را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</li> <li>• آیا بخش خصوصی تمایلی به سرمایه‌گذاری در این حوزه دارد؟</li> <li>• زنجیره تجاری‌سازی دانش را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</li> </ul>
۷	شکل‌دهی به بازار	<ul style="list-style-type: none"> <li>• آیا بازاری برای محصولات نانویی در سطح صنعت برق وجود دارد؟ اندازه آن چه قدر است؟</li> </ul>



• آیا ورود به بازار آسان است؟		
• وضعیت رقابت را چگونه ارزیابی می‌کنید؟		

جدول (۱-۲): نمونه سؤالات در نظر گرفته شده برای هر یک از کارکردها

## ۲-۲-۱-۱- چالش‌های کارکرد توسعه دانش

چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌تواند منجر به مانع در فرایند یادگیری شود. این چالش‌ها ممکن است در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان رخ دهد. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع تکنولوژی محور، عدم توسعه دانش آن صنعت است. در کشورهای توسعه یافته، این موضوع به دلیل رقابت تنگاتنگ شرکت‌های مختلف حل می‌شود. در واقع رقابت اصلی بنگاه‌های اقتصادی بر سر نوآوری است و این موضوع منجر به سرمایه‌گذاری بنگاه‌های مختلف در توسعه دانش می‌شود و دانش توسعه می‌یابد. ولی در کشورهای در حال توسعه عمدتاً، بنگاه‌هایی با توانایی رقابت‌پذیری بالا وجود نداشته و عملاً توسعه دانش به صورت درون‌زا رخ نمی‌دهد و می‌بایست به صورت برون‌زا یا انتقال دانش و فناوری، رخ دهد. لذا در اینجا نیاز به مداخله دولت و ایجاد جهت‌گیری وجود دارد.

چالش‌های شناسایی شده در زمینه توسعه دانش عبارتند از:

(۱) میزان پایین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده: عمده فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در خصوص کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق محدود به پژوهشگاه نیرو و تعداد معدودی از دانشگاه‌ها در کشور بوده است. از طرف دیگر به دلیل نیاز به منابع مالی و فنی بخش کمی از دانشجویان، استادان و پژوهشگران وارد این حوزه شده‌اند. دلیل دیگر پایین بودن میزان فعالیت‌های تحقیقاتی در این حوزه عدم وجود تقاضای کافی و نوپا بودن حوزه فناوری نانو است.

(۲) عدم تناسب فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده با نیازهای صنعت برق: بسیاری از پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده در این زمینه مبتنی بر نیازهای موجود در سطح صنعت برق نیست. از دلایل آن می‌توان به عدم نیازسنجی دقیق و عدم شناسایی توانمندی‌های موجود در کشور اشاره کرد.

- ۳) عدم ارتباط کافی و مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در زمینه انجام فعالیت‌های پژوهشی: همان طور که اشاره شد تعداد بازیگران فعال در تحقیق و توسعه کاربردهای نانو در صنعت برق محدود است. اما ارتباط مناسبی بین همین تعداد از بازیگران نیز وجود ندارد و پروژه‌های مشترک تحقیقاتی یا تبادل نیروی متخصص کمتر در میان آن‌ها دیده می‌شود.
- ۴) نبود امکانات تست پایلوت محصولات: یکی از زیرساخت‌های مهم مورد نیاز در تجاری‌سازی محصولات مبتنی بر نانو وجود امکانات تست پایلوت محصولات به منظور استفاده در شبکه برق است که در حال حاضر چنین امکانی در کشور وجود ندارد.
- ۵) غیر کاربردی بودن تحقیقات انجام شده: به دلیل رویکرد مقاله‌محور پژوهشگران و عدم نیازسنجی دقیق بخش عمده تحقیقات انجام شده در زمینه کاربردهای نانو در صنعت برق در سطح آزمایشگاهی و غیر کاربردی است.
- ۶) انگیزه پایین پژوهشگران حوزه نانو برای فعالیت در حوزه برق: یکی از دلایل وجود این چالش نبود محرک‌های مالی برای ورود پژوهشگران به این عرصه است. دلیل دیگر نوپا بودن موضوع کاربردهای فناوری نانو در حوزه برق است. از سوی دیگر همان طور که پیشتر اشاره شد تقاضای کافی برای انجام این تحقیقات در سطح صنعت برق وجود ندارد.
- ۷) محدود شدن فعالیت‌های تحقیقاتی نظیر پایان‌نامه‌ها به موضوعات خاص: علاوه بر مشکل میزان پایین فعالیت‌های تحقیقاتی در این حوزه می‌توان به چالش محدود شدن زمینه‌های تحقیقاتی به چند زمینه خاص نظیر سلول‌های خورشیدی اشاره کرد. دلیل این امر احتمالاً وجود انگیزه‌های مختلف از جمله حمایت‌های مالی و فنی در آن حوزه‌های خاص بوده است که باید مورد توجه قرار بگیرد.
- ۸) وجود رویکردهای متفاوت با نیازها در میان مراکز تحقیقاتی: یکی از مشکلات مهم در زمینه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزه کاربردهای نانو در صنعت برق وجود هنجارها و باورهایی است که معمولاً تناسبی با نیازهای کنونی صنعت برق ندارد. برای مثال، رویکرد اصلی مراکز تحقیقاتی به سمت سنتز مواد است در حالی که ممکن است رویکرد به کارگیری فناوری نانو در محصولات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق بتواند بسیاری از مشکلات فعلی را مرتفع کند.

## ۲-۲-۱-۲- چالش‌های کارکرد انتشار دانش

چالش‌های این کارکرد در اثر نامناسب بودن شبکه‌ها و روابط ایجاد می‌شود که بخشی از آن متأثر از ماهیت شبکه‌ها است. در واقع یکی از موارد دیگری که منجر به عدم توسعه یک نظام فناورانه خاص یا یک صنعت دانش‌محور می‌شود، عدم انتشار

صحیح اطلاعات و یا دانش میان بازیگران مختلف آن حوزه است. اگر دانش میان تعداد بسیاری از نقش آفرینان یک حوزه منتشر شود و در عین حال حقوق مالکیت معنوی و فکری رعایت شود، می‌توان شاهد بروز یک نوع رقابت سالم میان بنگاه‌های اقتصادی بود که می‌تواند منجر به توسعه شود. در غیر این صورت بعضاً دولت‌ها می‌توانند با دخالت‌های هوشمندانه از بروز این چنین چالش‌هایی جلوگیری نمایند. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

(۱) تعداد کم کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده: برگزاری کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌ها یکی از ابزارهای مهم برای اشاعه و انتشار دانش فناوری نانو در میان ذینفعان صنعت برق است اما تا کنون تنها ۲ کنفرانس تخصصی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ برگزار شده است که در کنار این کنفرانس، نمایشگاهی جانبی به ارائه آخرین دستاوردهای پژوهشی در این حوزه می‌پردازد. اما تسهیم و انتشار دانش مربوط به فناوری نانو در میان فعالان صنعت برق نیازمند برگزاری همایش‌ها، نمایشگاه‌ها و دوره‌های آموزشی بیشتر در طول هر سال است.

(۲) میزان پایین تبادل نیروی متخصص بین دانشگاه و صنعت: تبادل نیروهای متخصص بین مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های فعال در عرصه صنعت برق می‌تواند به انتشار یافته‌های حاصل از پژوهش‌ها و نیز تجاری‌سازی دانش به دست آمده کمک کند. اما در حال حاضر به دلایلی از جمله کمبود تقاضا، عدم الزام و عدم ارتباط مناسب بین دانشگاه و صنعت میزان تبادل نیروی متخصص پایین است.

(۳) عدم آگاهی درباره آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای پژوهشی و صنعتی: یکی از چالش‌های موجود در مورد کارکرد انتشار دانش عدم آگاهی از وضعیت توانمندی‌ها و دستاوردهای مرتبط با محصولات مبتنی بر نانو و همچنین نیازهای شبکه برق است. این اطلاع‌رسانی می‌تواند از طریق ابزارهایی چون نشریه تخصصی و یا وبسایت اطلاع‌رسانی صورت بگیرد.

(۴) نبود انجمن علمی تخصصی مرتبط با فناوری نانو در سطح صنعت برق: تا کنون انجمن علمی متشکل از پژوهشگران فناوری نانو در حوزه برق تشکیل نشده است. وجود این انجمن می‌تواند به تقویت شبکه‌های همکاری، مشروعیت بخشی به فعالیت‌ها، به اشتراک گذاری دانش و در نهایت اشاعه هرچه بیشتر فناوری نانو در سطح صنعت برق کمک کند.

## ۲-۱-۳-۲- چالش‌های کارکرد تأمین منابع

یکی دیگر از انواع چالش‌های سیستمی که منجر به عدم توسعه نظام یک صنعت می‌شود، عدم تخصیص بهینه منابع اعم از منابع مالی، انسانی یا تجهیزاتی به دلایل مختلف است. در واقع همین عدم تخصیص بهینه منابع منجر به ایجاد موانعی در

حوزه‌های مختلف توسعه دانشی و یا مدیریتی می‌شود که دولت می‌تواند با اتخاذ سیاست‌هایی در جهت رفع این موانع برآید و از بروز چنین چالشی در سیستم جلوگیری نماید.

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. چالش‌های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

(۱) بالا بودن هزینه اولیه ساخت محصولات مبتنی بر نانو: اگرچه فناوری نانو در بسیاری از موارد و با گذشت زمان هزینه ساخت محصولات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق را کاهش می‌دهد اما هزینه اولیه ساخت محصولات مبتنی بر نانو بالا است. به همین دلیل شرکت‌ها یا مراکز تحقیقاتی در آغاز فعالیت ساخت این نوع محصولات با مانع مواجه می‌شوند.

(۲) عدم تخصیص بودجه به توسعه فناوری نانو در صنعت برق: علیرغم مزایا و کاربردهای گسترده فناوری نانو در سطح صنعت برق و نیز حمایت‌های اعلام شده از سوی وزارت نیرو، در حال حاضر بودجه خاصی برای توسعه این فناوری در نظر گرفته نشده است. این چالش می‌تواند مانع از پیشبرد اقدامات اثربخش و در نهایت عدم تحقق هدف توسعه فناوری نانو در صنعت برق شود.

(۳) کمبود اعتبارات تحقیقاتی تخصیص داده شده به دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی: همان طور که پیشتر اشاره شد یکی از موانع اصلی دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی برای ورود به فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه کاربردهای نانو در صنعت برق کمبود منابع مالی است. با توجه به حجم محدود اعتبارات تحقیقاتی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین نوپا بودن فناوری نانو احتمالاً منابع محدود مالی در اختیار دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کمتر در مسیر فعالیت‌های پژوهشی در حوزه نانو به کار گرفته می‌شود.

(۴) استفاده نادرست از منابع مالی تخصیص داده شده: علاوه بر چالش کمبود منابع مالی مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه، درصد قابل توجهی از منابع مالی و تسهیلات دریافت شده صرف فعالیت‌های مرتبط با توسعه فناوری نانو در صنعت برق نمی‌شود. از دلایل این امر می‌توان به نبود نظارت کافی بر اعطای این منابع و مشخص نبودن ساز و کارهای تخصیص منابع مالی در این حوزه اشاره کرد.

- (۵) دشواری در مبادلات پولی: یکی از چالش‌های پیش روی بازیگران توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشکل نقل و انتقال پول به منظور خرید مواد، قطعات و تجهیزات مورد نیاز، پرداخت دستمزد کارشناسان خارجی و ... است.
- (۶) دشواری دسترسی به منابع مالی: یکی دیگر از چالش‌های تأمین منابع مالی کمبود بنگاه‌های مالی و صندوق‌های ارائه تسهیلات و نیز تشریفات اداری است. به همین دلیل مدت لازم زمان به منظور دریافت منابع مالی برای شرکت‌ها و پژوهشگران این حوزه افزایش می‌یابد.
- (۷) بهره بالای تسهیلات بانکی اعطا شده: به دلیل کمبود منابع مالی صندوق‌ها و بنگاه‌های ارائه‌دهنده تسهیلات توسعه فناوری، بسیاری از شرکت‌ها و پژوهشگران مجبور به استفاده از تسهیلات بانکی با بهره بالا هستند که می‌توان این موضوع را به عنوان یکی از موانع فعالیت در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفت.
- (۸) کمبود متخصص آشنا به هر دو زمینه نانو و برق: متخصصان فناوری نانو و نیز متخصصان صنعت برق به تعداد کافی در کشور وجود دارد اما تعداد افراد متخصص در هر دو زمینه بسیار کم است. از جمله دلایل این امر می‌توان به نوپا بودن موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق و نبود تقاضا اشاره کرد.
- (۹) جذب ناکافی نیروی متخصص نانو در بدنه صنعت برق: یکی از چالش‌های دیگر در کارکرد تأمین منابع عدم ورود تعداد کافی از متخصصان نانو به بدنه صنعت برق است. بسیاری از شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی به دلیل عدم نیاز (ناشی از نوپا بودن فناوری در سطح صنعت برق و میزان کم تقاضا) از پذیرش نیروی متخصص نانو خودداری می‌کنند.
- (۱۰) مشکل در تأمین بخشی از مواد و تجهیزات مورد نیاز: هرچند تأمین بخش عمده مواد و تجهیزات مورد نیاز برای طراحی و ساخت محصولات مبتنی بر نانو بدون مشکل انجام می‌شود اما برخی از مواد و تجهیزات به دلیل کاربردهای دوگانه به راحتی قابل تأمین نیستند.

## ۲-۲-۱-۴- چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم، اشاره به فعالیتهایی دارد که به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیتهای بازیگران موجود در نظام فناوری منجر می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می‌تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند. چالش‌های این

کارکرد در ارتباط با وجود چشم‌انداز توسعه فناوری، انتظارات، تعهد، هنجارها، قوانین و مقررات، استانداردها تعریف می‌شود. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

(۱) نبود استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز در مورد کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق؛ وجود استانداردها و دستورالعمل‌ها می‌تواند به توسعه نظام نوآوری فناوری کمک کند. بسیاری از پژوهشگران و سازندگان فعال در زمینه فناوری نانو به دلیل نبود یک استاندارد جامع فنی، زیست‌محیطی و بهداشتی برای طراحی، ساخت و به‌کارگیری محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق با مشکل مواجه هستند. تدوین این استانداردها و دستورالعمل‌ها می‌تواند به جهت‌دهی فعالیت‌ها کمک کند.

(۲) عدم پایش مستمر توانمندی‌ها و نیازها؛ سیاست‌گذاری کلان در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق نیازمند شناخت مستمر وضعیت توانمندی‌ها و نیازهای موجود در کشور است. در حال حاضر چنین اقدامی صورت نمی‌گیرد. هرچند به تازگی شبکه نانو در صنعت برق تشکیل شده است که می‌تواند عهده‌دار این وظیفه در سطح کشور باشد.

(۳) عدم حمایت کافی از سوی سیاست‌گذاران و نهادهای بالادستی در وزارت نیرو: هرچند در سال‌های اخیر موضوع فناوری نانو بیشتر مورد توجه قرار گرفته است اما توسعه همه‌جانبه این فناوری در سطح صنعتی مانند صنعت برق نیازمند حمایت‌های مادی و معنوی گسترده از سوی سیاست‌گذاران و نهادهای بالادستی در وزارت نیرو است. بنابر نظر فعالان این عرصه در حال حاضر عزم چندانی برای این امر وجود ندارد.

(۴) عدم مدیریت یکپارچه فعالیت‌ها؛ یکی از چالش‌های مهم در این زمینه عدم مدیریت یکپارچه فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق کشور از جمله فعالیت‌های تحقیقاتی است. این موضوع باعث شده است تا جهت‌گیری‌ها، فرایندها و ساز و کارهای انجام فعالیت‌ها مشخص نباشد.

## ۲-۲-۱-۵- چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی

یکی از مهم‌ترین عناصر رویکرد توسعه اشاعه‌گرا موضوع مشروعیت‌بخشی به فناوری و ایجاد آگاهی در مورد آن است. کارکرد مشروعیت‌بخشی به فعالیت‌هایی اشاره دارد که در جهت از بین بردن لختی و مقاومت موجود در برابر ظهور فناوری جدید انجام

می‌شود. به عبارت دیگر بازیگران موجود در دولت، صنعت، دانشگاه‌ها و ... باید نسبت به پذیرش فناوری نوظهور متقاعد شوند.

چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

(۱) عدم آگاهی کافی ذینفعان صنعت برق از کاربردها و مزایای فناوری نانو: یکی از چالش‌های جدی در این زمینه عدم آگاهی کافی فعالان صنعت برق از فناوری نانو است. از دلایل این امر می‌توان به نوپا بودن فناوری نانو و عدم انجام فعالیت‌های ترویجی و آگاه‌سازی اشاره کرد.

(۲) تعداد محدود موارد به کارگیری پایلوت محصولات مبتنی بر نانو در سطح شبکه برق: به کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در سطح شبکه برق می‌تواند به افزایش آگاهی و اشاعه فناوری نانو در صنعت برق کمک کند. اما به دلایلی از جمله ریسک بالای به کارگیری تجهیزات جدید در بخش عمده‌ای از شبکه برق و نیز هزینه بالای تست‌های پایلوت به کارگیری آزمایشی محصولات مبتنی بر نانو با مشکل مواجه می‌کند.

(۳) عدم ریسک‌پذیری مدیران شبکه برق برای به کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو: همان‌طور که اشاره شد به دلیل اهمیت بالای شبکه برق و ریسک بالای به کارگیری آزمایشی محصولات جدید، ورود محصولات جدید مبتنی بر نانو به سطح شبکه برق با مشکلات زیادی مواجه است. مدیران شبکه برق نیز به دلیل عدم به کارگیری پایلوت این محصولات و تجهیزات تمایلی به پذیرش آن‌ها ندارند.

(۴) مقاومت شرکت‌های تولیدکننده در صنعت برق در برابر ورود فناوری نانو: چالش دیگر در این حوزه این است که بخش زیادی از شرکت‌های تولیدکننده فعال در صنعت برق ورود فناوری نانو به این حوزه را تهدیدی جدی تلقی می‌کنند و در برابر آن مقاومت می‌کنند.

## ۲-۲-۱-۶- چالش‌های کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی

کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی نقطه جدایی نظام نوآوری فناورانه از یک سیستم تحقیق و توسعه است. نقش کارآفرینان تبدیل دانش حاصل از پژوهش به محصولی فناورانه است. مثال‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد، ساخت نمونه‌های اولیه از فناوری با هدف فروش یا نمایش آن و برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی از آن است. تحقق این کارکرد وابسته به انجام فعالیت‌هایی در جهت تشویق کارآفرینان برای ورود به عرصه فناوری جدید، افزایش سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، تکمیل زنجیره تجاری‌سازی دانش و ... است. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

(۱) نرخ پایین ورود شرکت‌های نوپا: با وجود آن که شرکت‌های دانش‌بنیان متعددی در کاربردهای مختلف فناوری نانو وارد شده‌اند اما نرخ ورود آن‌ها به عرصه کاربردهای این فناوری در صنعت برق چندان قابل توجه نیست. اصلی‌ترین دلیل این امر نبود تقاضای کافی برای محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق است.

(۲) عدم اطمینان سرمایه‌گذار بخش خصوصی نسبت به بازگشت سرمایه: یکی از عوامل موثر دیگر در عدم ورود کارآفرینان یا سرمایه‌گذاران بخش خصوصی عدم اطمینان آن‌ها از آینده سرمایه‌گذاری در این حوزه است.

(۳) مشخص نبودن ساز و کار تجاری‌سازی دانش فنی: این چالش به این موضوع اشاره دارد که زنجیره تجاری‌سازی دانش طراحی و ساخت محصولات مبتنی بر نانو برای به‌کارگیری در سطح شبکه برق چندان مشخص نیست. برای مثال متولی خاصی نظیر پارک‌های علم فناوری و مراکز رشد در ارتباط با این موضوع وجود ندارد یا فرایند حمایت از ایده‌های کاربردی مشخص نیست.

## ۲-۱-۲-۷- چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار

کارکرد شکل‌گیری بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه امتیازاتی منجر به ایجا تقاضا برای فناوری می‌گردد. فعالیت‌هایی نظیر ایجاد مزیت رقابتی، کاهش هزینه‌های استفاده از فناوری، وضع آیین-نامه‌ها و قواعد تنظیم‌کننده بازار در مورد فناوری، معافیت‌های مالیاتی بر فناوری، اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری می‌تواند به تحقق این کارکرد کمک کند. چالش‌های شناسایی شده برای این کارکرد عبارتند از:

- (۱) طولانی بودن فرایند تأیید محصولات مبتنی بر نانو: فرایند تست محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو و تأیید آن به دلیل وجود تشریفات اداری بالا و کمبود امکانات تست فرایندی طولانی است.
- (۲) نبود عرضه و تقاضای کافی محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق: به دلیل نوپا بودن موضوع فناوری نانو در سطح صنعت برق و عدم آگاهی کافی ذینفعان این صنعت از کاربردها و مزایای این فناوری تا کنون عرضه و تقاضای کافی در مورد محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق وجود نداشته است.
- (۳) دشواری سازگار کردن محصول مبتنی بر نانو با کل سیستم موجود در شبکه برق: بسیاری از محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو که طراحی و ساخته می‌شود به دلیل نبود استانداردهای فنی، زیست‌محیطی یا بهداشتی مرتبط با این حوزه با مشکل سازگاری یافتن با کل شبکه مواجه می‌شوند.



۴) ناتوانی سازندگان محصولات مبتنی بر نانو برای ورود به مناقصات: یکی از چالش‌های سازندگان محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو ورود به مناقصات برگزار شده در سطح وزارت نیرو است. فرایندهای دست و پاگیر برای کسب تأییدیه و عدم پذیرش تست‌های سازنده از جمله این موانع هستند.

جدول (۲-۲) خلاصه تمامی چالش‌های شناسایی را به تفکیک ابعاد کارکردی و ساختاری نشان می‌دهد.

## جدول (۲-۲): چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک ابعاد کارکردی و ساختاری

کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت
توسعه و انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان پایین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده</li> <li>• عدم تناسب فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده با نیازهای صنعت برق</li> <li>• غیر کاربردی بودن تحقیقات انجام شده</li> <li>• محدود شدن فعالیت‌های تحقیقاتی نظیر پایان‌نامه‌ها به موضوعات خاص</li> <li>• تعداد کم کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده</li> <li>• عدم اطلاع‌رسانی درباره آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای پژوهشی و صنعتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم ارتباط کافی و مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در زمینه انجام فعالیت‌های پژوهشی</li> <li>• میزان پایین تبادل نیروی متخصص بین دانشگاه و صنعت</li> <li>• نبود انجمن تخصصی مرتبط با فناوری نانو در سطح صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• انگیزه پایین پژوهشگران حوزه نانو برای فعالیت در حوزه برق</li> <li>• وجود رویکردهای متفاوت با نیازها در میان مراکز تحقیقاتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود امکانات تست پایلوت محصولات مبتنی بر نانو در سطح شبکه برق</li> </ul>

جدول (۲-۲): چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک ابعاد کارکردی و ساختاری

تأمین منابع	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کمبود اعتبارات تحقیقاتی تخصیص داده شده به دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی</li> <li>• بهره بالای تسهیلات بانکی اعطا شده</li> <li>• کمبود متخصص آشنا به هر دو زمینه نانو و برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دشواری در مبادلات پولی</li> <li>• جذب ناکافی نیروی متخصص نانو در بدنه صنعت برق</li> <li>• مشکل در تأمین بخشی از مواد و تجهیزات مورد نیاز</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم تخصیص ردیف بودجه به توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>• دشواری دسترسی به منابع مالی</li> <li>• استفاده نادرست از منابع مالی تخصیص داده شده</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بالا بودن هزینه اولیه ساخت محصولات مبتنی بر نانو</li> </ul>
سیستم جهت‌دهی به	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم پایش مستمر توانمندی‌ها و نیازها</li> <li>• عدم حمایت کافی از سوی سیاست‌گذاران و نهادهای بالادستی در وزارت نیرو</li> <li>• عدم مدیریت یکپارچه فعالیت‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز در مورد کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>		
کارآفرینی فعالیت‌های	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نرخ پایین ورود شرکت‌های نوپا</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم اطمینان سرمایه‌گذار بخش خصوصی نسبت به بازگشت سرمایه</li> <li>• مشخص نبودن ساز و کار تجاری-سازای دانش فنی</li> </ul>	

## جدول (۲-۲): چالش‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک ابعاد کارکردی و ساختاری

<ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد محدود موارد به کارگیری</li> <li>پایلوت محصولات مبتنی بر نانو</li> <li>در سطح شبکه برق</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم آگاهی کافی ذینفعان صنعت برق از کاربردها و مزایای فناوری نانو</li> <li>عدم ریسک‌پذیری مدیران شبکه برق برای به کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو</li> <li>مقاومت شرکت‌های تولیدکننده در صنعت برق در برابر ورود فناوری نانو</li> </ul>	مشروعیت بخشی
<ul style="list-style-type: none"> <li>دشواری سازگار کردن محصول مبتنی بر نانو با کل سیستم موجود در شبکه برق</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>طولانی بودن فرایند تأیید محصولات مبتنی بر نانو</li> <li>نبود عرضه و تقاضای کافی محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق</li> <li>ناتوانی سازندگان محصولات مبتنی بر نانو برای ورود به مناقصات</li> </ul>	شکل دهی به بازار

## ۲-۲-۲- ملاحظات مربوط به راهبردهای سند

همان گونه که اشاره شد در تدوین اقدامات غیرفنی ملاحظات مربوط به ۵ راهبرد تدوین شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته می‌شود. راهبردهای تدوین شده برای این سند و ملاحظات مربوطه به آن‌ها عبارتند از:

۱- پیشبرد فعالیت‌های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندی‌های فناورانه و تربیت نیروی انسانی متخصص: یکی از عوامل مهم در اشاعه فناوری نانو در سطح صنعت برق افزایش فعالیت‌های تحقیق و توسعه از طریق ایجاد زیرساخت تحقیقاتی، تشویق فعالیت‌های پژوهشی و تربیت و جذب متخصصان فناوری نانو در صنعت بر است. بر اساس این راهبرد، اقدامات باید در راستای رفع چالش‌های خلق و انتشار دانش و تأمین منابع (نیروی انسانی) باشد.

۲- فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق با تدوین قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردها و نیز ایجاد زیرساخت‌های فنی عمومی: اقدامات مربوط به این راهبرد باید مشکلات مربوط به زیرساخت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق را رفع کند. این مشکلات می‌تواند در حوزه قانونی (شامل استانداردها، دستورالعمل‌ها و ...) و در حوزه فنی (شامل زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) باشد.

۳- آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی در مورد کاربردها و مزایای فناوری نانو در صنعت برق: همان طور که پیشتر در مرحله سوم اشاره شد یکی از عناصر اصلی رویکرد توسعه اشاعه‌گرا ایجاد آگاهی و اطلاع‌رسانی در مورد اهمیت و منافع فناوری نانو در بین کاربران این فناوری در سطح صنعت برق است. اقدامات ذیل این راهبرد چالش‌هایی نظیر عدم شناخت فناوری، مقاومت صنعت برق در برابر فناوری نانو و ... را رفع می‌کنند.

۴- تأمین و تسهیل منابع مالی مورد نیاز و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری نانو در صنعت برق: منابع مالی یکی از مهم‌ترین عوامل اشاعه و توسعه یک فناوری در سطح یک بنگاه، یک صنعت و یا یک کشور است. اقدامات مربوط به این راهبرد در راستای رفع چالش‌های مربوط به تأمین و جذب منابع مالی جهت رفع چالش‌های خلق و توسعه دانش، تأمین منابع، فعالیت‌های کارآفرینی، جهت‌دهی به سیستم، شکل‌دهی به بازار و مشروعیت‌بخشی تدوین می‌شود.

۵- کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاری‌سازی و افزایش همکاری‌های تجاری: این راهبرد با رفع موانع تجاری‌سازی و ایجاد شبکه‌های تجاری مختلف به دنبال توسعه بازار محصولات

و تجهیزات نانویی در صنعت برق است. اقدامات مربوط به این راهبرد در جهت رفع چالش‌های شکل‌دهی به بازار و فعالیت‌های کارآفرینی تدوین می‌شود.

## ۲-۳- اقدامات غیرفنی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در این بخش اقدامات لازم در جهت رفع چالش‌های موجود بر سر راه توسعه نظام نوآوری فناوری نانو در صنعت برق با در نظر گرفتن ملاحظات راهبردهای سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مرحله سوم پروژه) ارائه شده است. به منظور تدوین این اقدامات ابتدا راهکارهای مدنظر اعضای کمیته راهبری برای رفع چالش‌ها دریافت شد و میزان انطباق آن راهکارها با راهبردهای سند بررسی شد و موارد غیر مرتبط حذف شد. سپس با جمع‌بندی این راهکارها اقدامات مربوط به هر یک از راهبردها تدوین شد و فهرست نهایی اقدامات غیرفنی تهیه شد.

### • اقدامات مربوط به راهبرد ۱: پیشبرد فعالیت‌های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندی‌های

#### فناورانه و تربیت نیروی انسانی متخصص

- ۱) تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ۲) حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO
- ۳) برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- ۴) تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ۵) ایجاد وب‌سایت اطلاع‌رسانی در مورد آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- ۶) حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ۷) انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی و صنعتی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- ۸) تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق

۹) اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و

توانمندی به کارگیری فناوری نانو

۱۰) ایجاد یک گرایش بین رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو

۱۱) پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق

۱۲) تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت

برق

### • اقدامات مربوط به راهبرد ۲: فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت

برق با تدوین قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردها و نیز ایجاد زیرساخت‌های فنی عمومی

۱) ایجاد آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق

۲) کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق

۳) حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت

برق

۴) تدوین آیین‌نامه همکاری صنعت برق و دانشگاه در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۵) راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق

### • اقدامات مربوط به راهبرد ۳: آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی در مورد کاربردها و مزایای فناوری نانو در صنعت

برق

۱) برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق

۲) اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی

قابل استفاده در صنعت برق

۳) به کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق

۴) ارائه خدمات مشاوره‌ای رایگان یا ارزان قیمت به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات و تجهیزات نانویی در

صنعت برق

۵) انتشار بولتن جهت آگاهسازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو

• اقدامات مربوط به راهبرد ۴: تأمین و تسهیل منابع مالی مورد نیاز و تشویق بخش خصوصی به سرمایه

### گذاری در توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۱) اعطای تسهیلات کم‌بهره به صاحبان ایده و شرکت‌های فعال در زمینه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق

۲) رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو

۳) تخصیص گزین تحقیقاتی برای انجام پژوهش‌های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۴) تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق

• اقدامات مربوط به راهبرد ۵: کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با

### تأکید بر رفع موانع تجاری سازی و افزایش همکاری‌های تجاری

۱) حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد

۲) خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و

توزیع، و مصرف برق

۳) حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق

۴) تدوین آیین‌نامه تسهیل تجاری سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق

۵) تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق

۶) تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی

۷) تشویق شرکت‌های فعال در سطح صنعت برق برای تولید محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو از طریق ارائه یارانه

تولید، پرداخت بخشی از سود تسهیلات و تضمین وام



۸) حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی فعال در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل

استفاده در صنعت برق

۹) ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق

۱۰) تدوین دستورالعمل‌های به‌کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق

جدول (۲-۳) نحوه ارتباط اقدامات غیرفنی با چالش‌های شناسایی شده را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳): نحوه ارتباط هر یک از اقدامات غیرفنی با چالش‌های شناسایی شده

اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• میزان پایین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده</li> <li>• عدم تناسب فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده با نیازهای صنعت برق</li> <li>• غیر کاربردی بودن تحقیقات انجام شده</li> <li>• محدود شدن فعالیت‌های تحقیقاتی نظیر پایان‌نامه‌ها به موضوعات خاص</li> <li>• انگیزه پایین پژوهشگران حوزه نانو برای فعالیت در حوزه برق</li> <li>• وجود رویکردهای متفاوت با نیازها در میان مراکز تحقیقاتی</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ تدوین آیین‌نامه همکاری صنعت برق و مراکز پژوهشی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم ارتباط کافی و مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در زمینه انجام فعالیت‌های پژوهشی</li> <li>• میزان پایین تبادل نیروی متخصص بین دانشگاه و صنعت</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تعداد کم کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ایجاد وب‌سایت اطلاع‌رسانی در مورد آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم اطلاع‌رسانی درباره آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای پژوهشی و صنعتی</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ایجاد آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود امکانات تست پایلوت محصولات مبتنی بر نانو در سطح شبکه برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود انجمن تخصصی مرتبط با فناوری نانو در سطح صنعت برق</li> </ul>

اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ اعطای تسهیلات کم‌بهره به صاحبان ایده و شرکت‌های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بهره بالای تسهیلات بانکی اعطا شده</li> <li>• بالا بودن هزینه اولیه ساخت محصولات مبتنی بر نانو</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تخصیص گرنت تحقیقاتی برای انجام پژوهش‌های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کمبود اعتبارات تحقیقاتی تخصیص داده شده به دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ رایزنی و پیگیری جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم تخصیص ردیف بودجه به توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دشواری در مبادلات پولی</li> <li>• دشواری دسترسی به منابع مالی</li> <li>• استفاده نادرست از منابع مالی تخصیص داده شده</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق</li> <li>✓ ایجاد یک گرایش بین رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو</li> <li>✓ اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کمبود متخصص آشنا به هر دو زمینه نانو و برق</li> <li>• جذب ناکافی نیروی متخصص نانو در بدنه صنعت برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مشکل در تأمین بخشی از مواد و تجهیزات مورد نیاز</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم پایش مستمر توانمندی‌ها و نیازها</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>✓ تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم حمایت کافی از سوی سیاست‌گذاران و نهادهای بالادستی در وزارت نیرو</li> <li>• عدم مدیریت یکپارچه فعالیت‌ها</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تدوین دستورالعمل‌های به‌کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود استانداردها و دستورالعمل‌های مورد نیاز در مورد کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> <li>• دشواری سازگار کردن محصول مبتنی بر نانو با کل سیستم موجود در شبکه برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد</li> <li>✓ حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نرخ پایین ورود شرکت‌های نوپا</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم اطمینان سرمایه‌گذار بخش خصوصی نسبت به بازگشت سرمایه</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تدوین آیین‌نامه تسهیل تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مشخص نبودن ساز و کار تجاری‌سازی دانش فنی</li> </ul>

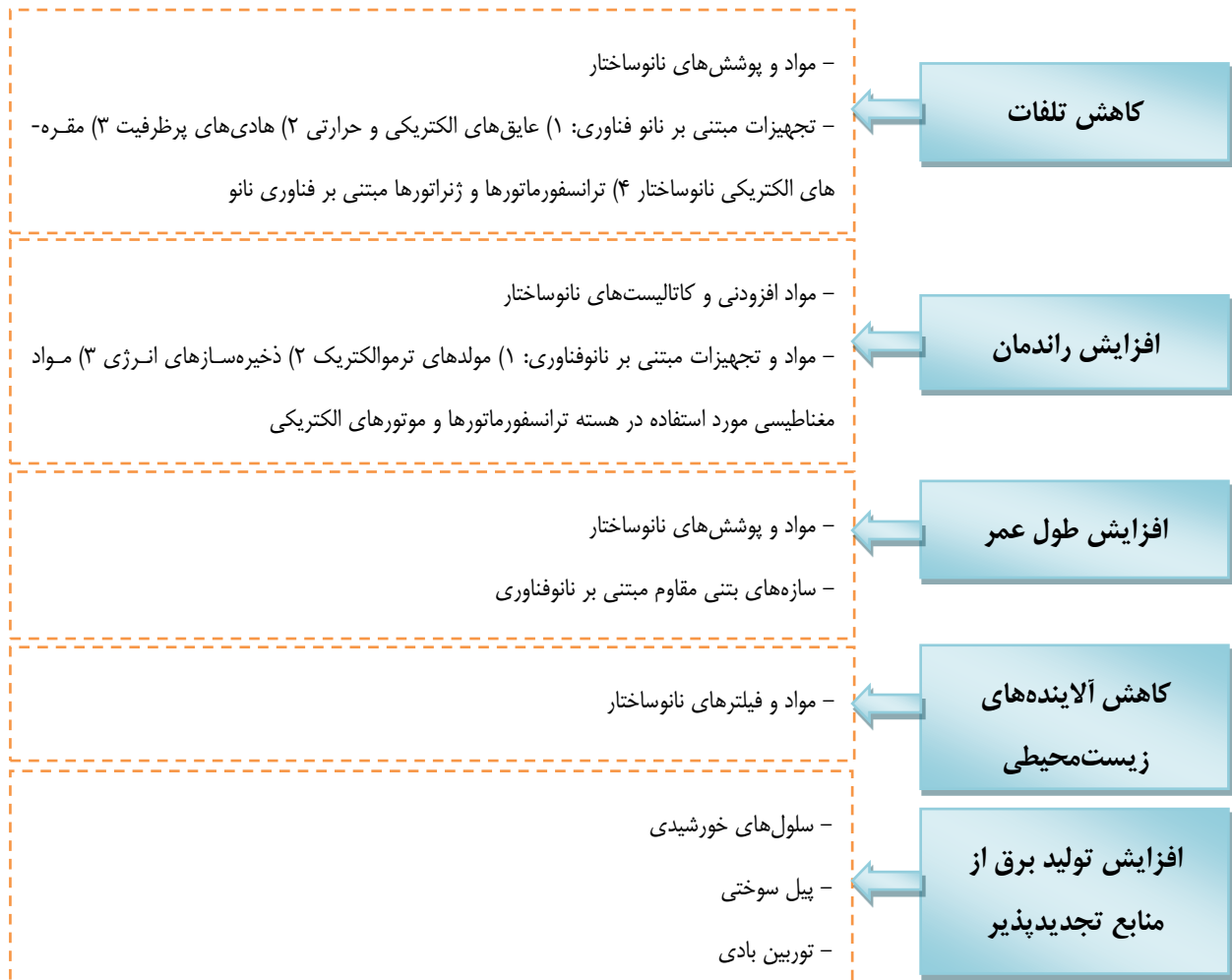
اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> <li>✓ اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> <li>✓ انتشار بولتن جهت آگاه‌سازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم آگاهی کافی ذینفعان صنعت برق از کاربردها و مزایای فناوری نانو</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ به‌کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق</li> <li>✓ ارائه خدمات مشاوره‌ای رایگان یا ارزان‌قیمت به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات و تجهیزات نانویی در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• عدم ریسک‌پذیری مدیران شبکه برق برای به‌کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو</li> <li>• مقاومت شرکت‌های تولیدکننده در صنعت برق در برابر ورود فناوری نانو</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• طولانی بودن فرایند تأیید محصولات مبتنی بر نانو</li> <li>• تعداد محدود موارد به‌کارگیری پایلوت محصولات مبتنی بر نانو در سطح شبکه برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تشویق شرکت‌های فعال در سطح صنعت برق برای تولید محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو</li> <li>✓ حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• نبود عرضه و تقاضای کافی محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ناتوانی سازندگان محصولات مبتنی بر نانو برای ورود به مناقصات</li> </ul>

## ۲-۴- تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

همانطور که در آغاز فصل دوم اشاره شد به منظور تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ابتدا براساس اهداف کلان تعیین شده در مرحله سوم این سند، محورهای اصلی اهداف مشخص شد. این محورها عبارتند از: کاهش تلفات، افزایش راندمان نیروگاه‌ها، افزایش طول عمر تجهیزات، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، افزایش تولید برق از منابع تجدیدپذیر. سپس حوزه‌های کاربرد با اولویت فناوری نانو در ارتباط با هر یک از این محورها شناسایی شد. برای این کار در جلسه‌ای با حضور اعضای کمیته راهبری شامل آقایان مهندس ژام، دکتر صراف، دکتر فریدی، دکتر عبدی و خانم دکتر ریاحی ابتدا کلیه حوزه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق در نظر گرفته شد سپس بر اساس میزان توانایی هر یک از حوزه‌های کاربرد برای تحقق محورهای اهداف و نیز امکان‌پذیری توسعه آن حوزه کاربرد در داخل کشور، حوزه‌های کاربرد اولویت‌دار فناوری نانو در صنعت برق مشخص شد. ارتباط این حوزه‌ها با محورهای اهداف در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.

پس از شناسایی این حوزه‌های کاربرد، بر اساس نظر خبرگان ۱۲ اقدام فنی مورد نیاز تدوین شد. این اقدامات عبارتند از:

- ۱) تسلط به دانش فنی ساخت هادی‌های پر ظرفیت نانو ساختار
- ۲) تسلط به دانش فنی ساخت مقره‌های الکتریکی نانو ساختار
- ۳) تسلط به دانش فنی ساخت قطعات نانو ساختار مورد استفاده در ترانسفورماتورها و ژنراتورها
- ۴) تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سازه‌های شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو مبتنی بر نانوفناوری
- ۵) تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت ذخیره‌سازهای برق مبتنی بر فناوری نانو
- ۶) تسلط به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی بر پایه نانوفناوری
- ۷) تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار
- ۸) تسلط به دانش فنی ساخت مواد افزودنی و کاتالیست‌های نانو ساختار
- ۹) تسلط به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار
- ۱۰) تسلط به دانش فنی ساخت فیلترهای نانو ساختار
- ۱۱) تسلط به دانش فنی ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانوفناوری
- ۱۲) توسعه دانش فنی طراحی و ساخت پیل‌های سوختی و ادوات تولید هیدروژن بر پایه نانوفناوری



شکل (۲-۳): ارتباط حوزه‌های کاربرد اولویت‌دار فناوری نانو با محورهای اصلی اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## نتیجه گیری

در مرحله چهارم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق» به تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق پرداخته شد. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس نحوه تدوین اقدامات غیرفنی و فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده شد. برای تدوین اقدامات غیرفنی از دو ورودی چالش‌های موجود بر سر راه توسعه نظام نوآوری فناوری نانو در صنعت برق (در ۷ کارکرد TIS) و همچنین ملاحظات مربوط به راهبردهای توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مرحله سوم سند) استفاده شد. به منظور تدوین اقدامات فنی مورد نیاز ابتدا محورهای اصلی اهداف توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص شد و سپس حوزه‌های کاربرد اولویت‌دار فناوری نانو در هر یک از محورها بر اساس نظر خبرگان شناسایی شد. در انتها ۱۲ اقدام فنی بر اساس نظر جمعی خبرگان ارائه شد.

## فهرست مراجع

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

آذر ۱۳۹۲

- [2]. Carlsson, B. and Stankiewicz, R., "Evolutionary Economics," pp. 93–118, 1991.
- [3]. Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A., "Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis," *Research policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407–429, 2008.
- [4]. North, D. C., *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press, 1990.
- [5]. Schot, J., "Towards new forms of participatory technology development," *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 13, no. 1, pp. 39–52, 2001.
- [6]. Dosi, G., "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation," *Journal of economic literature*, pp. 1120–1171, 1988.

## فهرست مطالب

فصل اول - تدوین پروژه‌های اجرایی فناوری نانو در صنعت برق .....	۴
۱-۱- مقدمه .....	۲
۲-۱- شکستن اقدامات فنی به پروژه‌های اجرایی .....	۳
۱-۲-۱- مبنای شکستن اقدامات .....	۴
۲-۲-۱- ابزارهای شکستن اقدامات .....	۵
۳-۲-۱- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی .....	۸
۳-۱- فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۸
۴-۱- تخصیص منابع .....	۱۷
۱-۴-۱- زمان‌بندی .....	۱۷
فصل دوم - تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب) توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲۴
۱-۲- مقدمه .....	۲۵
۲-۲- نگاشت نهادی .....	۲۵
۱-۲-۲- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی .....	۲۶
۲-۲-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲۸
۳-۲-۲- تخصیص متولیان اقدامات .....	۳۳
فصل سوم - ترسیم نگاشت فناوری نانو در صنعت برق .....	۳۶
۱-۳- مقدمه .....	۳۹
۲-۳- ترسیم ره نگاشت .....	۳۹
نتیجه‌گیری .....	۴۹
فهرست مراجع .....	۵۰



### فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی ..... ۲
- شکل (۲-۱): نحوه شکستن اقدام X ..... ۳
- شکل (۱-۲): ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۲
- شکل (۱-۳): الگوی انجام اقدامات فنی و غیر فنی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۲
- شکل (۲-۳): نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۲
- شکل (۳-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک بازه های زمانی ..... ۴۳
- شکل (۴-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی پیشبرد فعالیت های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندیهای فناورانه و تربیت نیروی انسانی ..... ۴۴
- شکل (۵-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۵
- شکل (۶-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی آگاه سازی و اطلاعرسانی در مورد کاربردها و مزایای فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۶
- شکل (۷-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی تأمین و تسهیل منابع مالی مورد نیاز و تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری در توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۴۷
- شکل (۸-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاری سازی و افزایش همکاریهای تجاری ..... ۴۸

## فهرست جداول

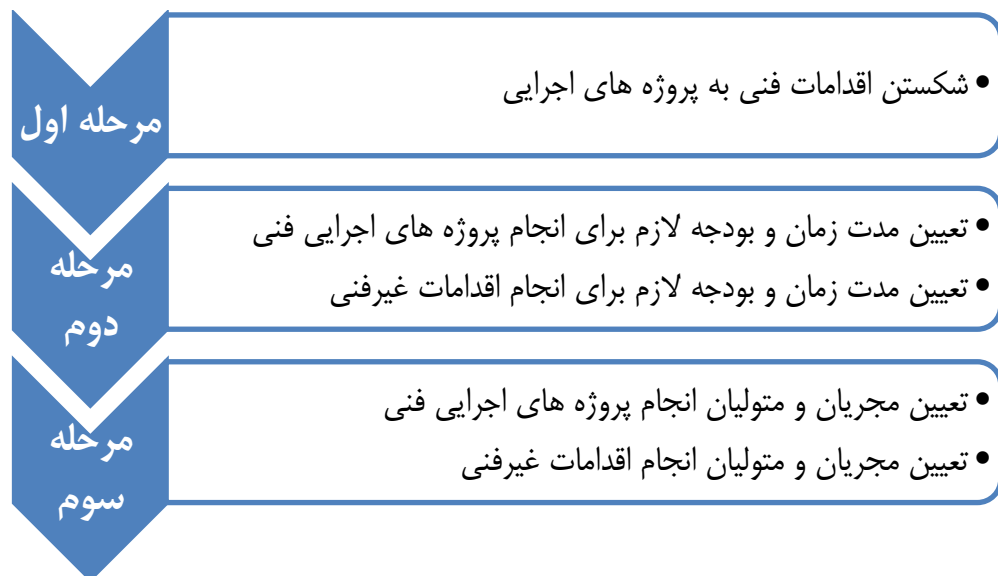
- جدول (۱-۱): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۹
- جدول (۲-۱): سطح آمادگی فناوری (TRL) ..... ۱۲
- جدول (۳-۱): سطح آمادگی فناوری (TRL) برای پروژه‌های تعریف شده در طرح کلان نانو ..... ۱۳
- جدول (۴-۱): زمان‌بندی اقدامات غیر فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۱۷
- جدول (۵-۱): زمان‌بندی پروژه‌های اجرایی مربوط به اقدامات فنی توسعه نانو در صنعت برق ..... ۱۹
- جدول (۱-۲): نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۰
- جدول (۲-۲): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ..... ۳۳

**فصل اول**  
**تدوین پروژه‌های اجرایی فناوری نانو در صنعت برق**

## ۱-۱- مقدمه

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه 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 سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق محقق شده است. فرایند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در مرحله ۴ بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها 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.

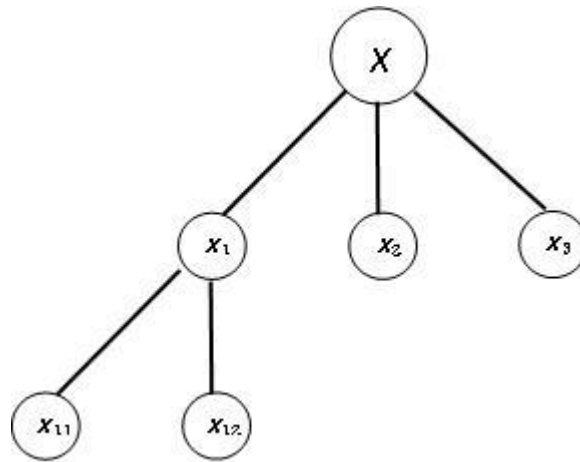
همانگونه که در گزارش مرحله چهارم این سند اشاره شد اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم شدند. در این بخش تنها اقدامات فنی تدوین شده به پروژه‌های اجرایی شکسته می‌شود و در مورد اقدامات غیرفنی، زمان، بودجه و متولی برای خود اقدامات غیرفنی در نظر گرفته خواهد شد.



شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی

## ۱-۲- شکستن اقدامات فنی به 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 (۱-۲) 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 (۱-۲): نحوه شکستن اقدام  $X$

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای عمل قرار می‌گیرد [۱]:

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.

### ۱-۲-۱- 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 اسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنای برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

۱ - توضیحات بیشتر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

2- Work-Breakdown-Structure

3- Geographical Base

4- 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.

### ۱-۲-۲-۱- ابزارهای شکستن اقدامات [۱]

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 فرایند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته‌است. چنین فرایندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند 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، فرایند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند - که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به‌کارگیری 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 به‌دست 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 همین‌رو 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 تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین‌رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار



می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری 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 پشتیبانی 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.

### ۱-۲-۳- 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 همین رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

### ۱-۳- فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

در این بخش، فهرست پروژه‌های اجرایی فنی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات فنی در نظر گرفته شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق می‌گردد. پس از بررسی ابزارهای گوناگون معرفی شده برای شکستن اقدامات، تصمیم گرفته شده که از ابزار تحلیل علی و معلولی برای شکستن اقدامات فنی استفاده شود. همان‌طور که پیشتر اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیر فنی تدوین شد. در ارتباط با اقدامات غیر فنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود و تعیین زمان، بودجه و متولیان مورد نیاز بر روی خود اقدامات غیر فنی انجام شود. اما در خصوص اقدامات فنی، با توجه به امکان شکستن اقدامات تصمیم بر این شد تا پروژه‌های اجرایی ذیل هر یک از اقدامات فنی تعریف شود. برای تدوین پروژه‌های اجرایی اقدامات فنی، ابتدا فهرستی از پروژه‌ها تهیه شد و در اختیار اعضای کمیته راهبری سند قرار گرفت. سپس در جلسه‌ای با حضور اعضای کمیته راهبری، فهرست نهایی پروژه‌های فنی مشخص شد. 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 و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

### جدول (۱-۱): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

اقدام ۱: دستیابی به دانش فنی ساخت هادی‌های پرفریت نانوساختار	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی ساخت هادی‌های پرفریت بر پایه نانولوله کربنی
۲	تدوین دانش فنی ساخت هسته کامپوزیتی نانوساختار هادی‌های هوایی
۳	تدوین دانش فنی ساخت روکش نانوساختار هادی‌های هوایی
۴	تدوین دانش فنی ساخت آلیاژ نانوساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی
اقدام ۲: دستیابی به دانش فنی ساخت مقره‌های الکتریکی نانوساختار	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت لعاب‌های ابر آگریز نانوساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسیلانی
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مقره‌های پرسیلانی
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های پرسیلانی
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های الکتریکی
اقدام ۳: دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و قطعات نانوساختار مورد استفاده در ترانسفورماتورها و ژنراتورها	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور
اقدام ۴: توسعه دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات و سازه‌های شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو مبتنی بر نانوفناوری	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار
۲	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در براق‌آلات
اقدام ۵: توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ذخیره‌سازهای برق مبتنی بر فناوری نانو	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر ۶۰ درجه سانتی‌گراد
۲	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی
۳	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن
۴	تدوین دانش فنی ساخت الکترولیت NaS بر پایه نانوفناوری
۵	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری
۶	تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری

۷	ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه صنعتی
<b>اقدام ۶: توسعه دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی بر پایه نانوفناوری</b>	
<b>ردیف</b>	<b>عنوان پروژه‌ها</b>
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار رنگدانه‌ای
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی
۴	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر
۶	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی
۷	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار کوانتومی
<b>اقدام ۷: توسعه دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار</b>	
<b>ردیف</b>	<b>عنوان پروژه‌ها</b>
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی جهت کاربرد در محدوده دمای اتاق تا $100^{\circ}\text{C}$
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانوساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb
<b>اقدام ۸: توسعه دانش فنی ساخت مواد افزودنی و کاتالیست‌های نانوساختار</b>	
<b>ردیف</b>	<b>عنوان پروژه‌ها</b>
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست محیطی
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها
۶	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها
۷	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سیکل آب و بخار بویلرهای بازیافت
۸	دستیابی به دانش فنی ساخت نانومولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان
۹	ساخت نانومولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان در مقیاس نیمه صنعتی
۱۰	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک کن
۱۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها
۱۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد
۱۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر
۱۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری
۱۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار حذف کننده $\text{O}_2$ در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری
۱۶	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها به منظور افزایش راندمان
۱۷	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت
۱۸	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه صنعتی
۱۹	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوفازی مخزن

اقدام ۹: توسعه دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار و فرآیند پوشش‌دهی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ نیروگاهی
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانو ساختار بر پایه YSZ
۳	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی
۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانو ساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور
۵	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار بر روی لوله‌های بویلرهای بازیافت
۶	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاه‌های بخاری
۷	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار مورد استفاده در ژانگسترم
۸	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار مورد استفاده در مخازن سوخت
۹	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانو ساختار بر روی لوله‌های بویلر HRSG
۱۰	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانو ساختار بر روی پره توربین بخار
۱۱	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانو ساختار بر روی پره توربین گاز
اقدام ۱۰: توسعه دانش فنی ساخت فیلترهای نانو ساختار	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی
۲	ساخت مواد نانو ساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی
۳	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی
۴	ساخت مواد نانو ساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی
۵	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی
۶	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانو ساختار بر پایه اکسید تیتانیم
۷	توسعه دانش فنی فرآیند نانوکاویتاسیون در تصفیه آب
۸	توسعه دانش فنی استفاده از فیلترهای نانو ساختار جهت حذف یا کاهش آلاینده‌های زیست محیطی
اقدام ۱۱: توسعه دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های نانو ساختار مورد استفاده در توربین بادی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی
۲	تدوین دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانو ساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی
۳	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا
۴	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله کربنی
۵	توسعه دانش فنی استفاده از کامپوزیتی‌های نانو ساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی
۶	توسعه دانش فنی ساخت و طراحی توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانو ساختار
اقدام ۱۲: توسعه دانش فنی طراحی و ساخت پیل‌های سوختی و ادوات تولید هیدروژن بر پایه نانوفناوری	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانو ساختار
۲	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانو ساختار
۳	تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانو ساختار

در ادامه لازم به ذکر است سطح آمادگی فناوری (TRL)<sup>۱</sup> شاخصی برای تعیین وضعیت و ارزیابی رشد و تکامل فناوری‌ها (مواد، اجزاء، ابزارها و ...) است. برای ارزیابی آمادگی فناوری ۹ سطح تعریف شده است که نمایانگر وضعیت بلوغ هر فناوری در طول چرخه توسعه آن است. این سطوح به همراه توضیحات مربوط به هر سطح در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول (۱-۲): سطح آمادگی فناوری (TRL)

توضیحات	سطح آمادگی فناوری
پایین‌ترین سطح آمادگی فناوری. تبدیل پژوهش‌های علمی به تحقیق و توسعه کاربردی در این سطح آغاز می‌شود. نمونه‌های آن عبارتند از مطالعات مربوط به ویژگی‌های اصلی یک فناوری.	۱) اصول اولیه مشاهده و گزارش شده اند.
پس از بررسی اصول اولیه، می‌توان کاربردهای عملی را شناسایی کرد. ممکن است شواهدی برای اثبات مفروضات به دست نیامده باشد. نمونه‌هایی از آن عبارتند از مطالعات تحلیلی.	۲) مفهوم فناوری و یا کاربرد آن فرموله شده است.
تحقیق و توسعه کاربردی آغاز شده است. این فعالیت‌ها شامل مطالعات تحلیلی و مطالعات آزمایشگاهی برای اعتبارسنجی فیزیکی و پیش‌بینی‌های تحلیلی بخش‌های مجزای فناوری است. نمونه‌های آن عبارتند از قطعاتی که هنوز ترکیب نشده‌اند و به صورت یک محصول در نیامده‌اند.	۳) اثبات تحلیلی یا تجربی کاربرد انجام شده است
اجزای فناورانه اصلی ترکیب می‌شوند تا عملکرد کلی آن‌ها بررسی شود. این ترکیب در مقایسه با محصول نهایی بازده نسبتاً پایینی دارد. ترکیب یک سخت‌افزار «مستقل» در آزمایشگاه نمونه‌ای از این فعالیت‌ها است.	۴) اجزاء و یا کلیت فناوری در محیط آزمایشگاهی ارزیابی شده است
بازدهی نمونه فناوری به شدت افزایش می‌یابد. اجزای فناورانه اصلی با عناصر جانبی واقعی ترکیب می‌شود تا امکان تست محصول در محیط شبیه‌سازی شده به وجود بیاید. ترکیب قطعات در آزمایشگاه نمونه‌ای از این فعالیت است.	۵) اجزاء و یا نمونه فناوری در محیط مخصوص به آن (محیط عملیاتی) ارزیابی شده است
مدل نمونه یا نمونه اولیه محصول در محیط عملیاتی به کار گرفته می‌شود. نمونه‌ای از آن تست نمونه اولیه در محیط آزمایشگاهی یا محیط عملیاتی شبیه‌سازی شده است.	۶) مدل سیستم و زیر سیستم یا نمونه اولیه در محیط مخصوص به آن به کار گرفته شده است
نمونه اولیه واقعی در محیط عملیاتی به کار گرفته می‌شود (برای مثال به کارگیری یک قطعه در هواپیما).	۷) نمونه اولیه سیستم در محیط عملیاتی به کار گرفته شده است
عملکرد فناوری در قالب شکل نهایی و در شرایط مورد انتظار تأیید می‌شود. در غالب موارد، این سطح از TRL نمایانگر اتمام توسعه سیستم واقعی است (برای مثال، تست و ارزیابی یک سیستم برای اطمینان از مناسب بودن مشخصات طراحی).	۸) سیستم واقعی تکمیل شده و در فرآیند آزمایش مورد تأیید قرار گرفته است
کاربرد واقعی فناوری در شکل نهایی خود و در شرایط واقعی. در این سطح، سیستم در شرایط واقعی	۹) سیستم واقعی مأموریت خود را در محیط

توضیحات	سطح آمادگی فناوری
و عملیاتی مأموریت خود را انجام می دهد.	واقعی با موفقیت انجام داده است

با توجه به سطوح تعریف شده در جدول فوق می توان نوع دانش فنی حاصل از پروژه های سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق را مشخص کرد. بر این اساس در جدول (۱-۳) سطح آمادگی فناوری (TRL) برای پروژه های مذکور به تفکیک با ذکر سطح تعریف شده طبق جدول (۱-۲) ارزیابی شده است.

جدول (۱-۳): سطح آمادگی فناوری (TRL) برای پروژه های تعریف شده در طرح کلان نانو

ردیف	عنوان پروژه	سطح آمادگی فناوری
۱	تدوین دانش فنی ساخت هادی‌های پرظرفیت بر پایه نانولوله کربنی	۳
۲	تدوین دانش فنی ساخت هسته کامپوزیتی نانوساختار هادی‌های هوایی	۳
۳	تدوین دانش فنی ساخت روکش نانوساختار هادی‌های هوایی	۷
۴	تدوین دانش فنی ساخت آلیاژ نانوساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی	۳
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت لعاب‌های ابر آبگریز نانوساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسلانی	۷
۶	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مقره‌های پرسلانی	۷
۷	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های پرسلانی	۶
۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های الکتریکی	۴
۹	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو	۳
۱۰	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور	۳
۱۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار	۵
۱۲	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی	۶
۱۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی	۴
۱۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی	۵
۱۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در یراق‌آلات	۵
۱۶	تدوین دانش فنی ساخت باطری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر $60^{\circ}\text{C}$	۳
۱۷	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی	۳
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن	۳
۱۹	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز NaS بر پایه نانوفناوری	۳
۲۰	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری	۳
۲۱	تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری	۳
۲۲	ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه‌صنعتی	۵
۲۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون	۵
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار رنگدانه‌ای	۵
۲۵	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی	۴
۲۶	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی	۵
۲۷	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر	۴
۲۸	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی	۵
۲۹	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار کوانتومی	۳



۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی	۳۰
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb	۳۱
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانو ساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی	۳۲
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانو ساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست‌محیطی	۳۳
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانو ساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها	۳۴
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو	۳۵
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها	۳۶
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها	۳۷
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار سیکل آب و بخار بویلرهای بازیافت	۳۸
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت نانومولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان	۳۹
۵	ساخت نانومولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان در مقیاس نیمه صنعتی	۴۰
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک‌کن	۴۱
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها	۴۲
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد	۴۳
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر	۴۴
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری	۴۵
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار حذف کننده O <sub>2</sub> در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری	۴۶
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانو ساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها به منظور افزایش راندمان	۴۷
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت	۴۸
۶	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه صنعتی	۴۹
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوقازی مخزن	۵۰
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ	۵۱

	نیروگاهی	
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ	۵۲
۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی	۵۳
۳	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور	۵۴
۳	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار بر روی لوله‌های بویلرهای بازیافت	۵۵
۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاههای بخاری	۵۶
۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در ژانگسترم	۵۷
۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در مخازن سوخت	۵۸
۳	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی لوله‌های بویلر HRSG	۵۹
۳	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانوساختار بر روی پره توربین بخار	۶۰
۴	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی پره توربین گاز	۶۱
۵	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی	۶۲
۶	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	۶۳
۵	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی	۶۴
۶	ساخت مواد نانوساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	۶۵
۴	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه نانولوله کربنی	۶۶
۴	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه اکسید تیتانیم	۶۷
۵	توسعه دانش فنی فرآیند نانوکاوتیاسیون در تصفیه آب	۶۸
۵	توسعه دانش فنی استفاده از فیلترهای نانوساختار جهت حذف یا کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	۶۹
۴	تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی	۷۰
۴	تدوین دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	۷۱
۴	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا	۷۲
۴	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله کربنی	۷۳
۴	توسعه دانش فنی استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	۷۴
۳	توسعه دانش فنی ساخت و طراحی توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار	۷۵
۴	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۷۶
۴	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۷۷
۴	تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۷۸
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های سوختی	۷۹

۴	تدوین دانش فنی ساخت اجزای پیل سوختی با ضخامت نانو جهت کاربرد در پیل‌های سوختی مینیاتوری	۸۰
۳	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار جهت ذخیره سازی هیدروژن	۸۱
۳	تدوین دانش فنی ساخت الکترو لایزرها نانو ساختار جهت تولید هیدروژن	۸۲

### ۱-۴- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی، تخصیص منابع به معنای تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به کارگیری 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

### ۱-۴-۱- زمان بندی

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 غیر فنی و پروژه‌های اجرایی مربوط به اقدامات فنی به ترتیب در جدول‌های (۱-۴) و (۱-۵) ارائه شده است.

جدول (۱-۴): زمان بندی اقدامات غیر فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۹۶	حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق	۱
۶	تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۲

مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۱۲	راه اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	۳
۱۲	ایجاد شبکه آزمایشگاهی مرجع نانو قابل استفاده در صنعت برق	۴
۹۶	حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین المللی نظیر EPO و USPTO	۵
۱۲۰	برگزاری کنفرانس های تخصصی در حوزه های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	۶
۶	تدوین آیین نامه همکاری صنعت برق و مراکز پژوهشی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۷
۶	تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۸
۳	ایجاد وبسایت اطلاع رسانی در مورد آخرین توانمندی ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	۹
۹۶	حمایت از ایجاد انجمن های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۱۰
۹۶	انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	۱۱
۹۶	اعطای تسهیلات کم بهره به صاحبان ایده و شرکت های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۱۲
۶	رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو	۱۳
۹۶	تخصیص گرنت تحقیقاتی برای انجام پژوهش های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۱۴
۶	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۱۵
۴۸	تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق	۱۶
۹	ایجاد گرایش بین رشته ای در حوزه های برق و نانو	۱۷
۴۸	اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و توانمندی به کارگیری فناوری نانو	۱۸
۹۶	کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۱۹
۲۴	تدوین دستورالعمل های به کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق	۲۰
۹۶	پایش و ارزیابی مستمر قابلیت ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق	۲۱
۶	ایجاد هماهنگی بین بخشی در میان کلیه سازمان ها و نهادهای ذینفع در مورد به کارگیری فناوری نانو در صنعت برق	۲۲
۶	تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت دهی به فعالیت های توسعه فناوری نانو در صنعت برق	۲۳
۹۶	حمایت از جذب شرکت های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد	۲۴

مدت زمان (ماه)	اقدامات	ردیف
۶۰	خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	۲۵
۶۰	حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	۲۶
۶	تدوین آیین‌نامه تسهیل تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۲۷
۱۲۰	برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۲۸
۲۴	اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۲۹
۲۴	به‌کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	۳۰
۶۰	ارائه خدمات مشاوره‌ای رایگان یا ارزان‌قیمت به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات و تجهیزات نانویی در سطح شبکه برق	۳۱
۲۴	انتشار بولتن جهت آگاه‌سازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو	۳۲
۶	تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق	۳۳
۶	تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی	۳۴
۶۰	تشویق شرکت‌های فعال در سطح صنعت برق برای تولید محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو از طریق ارائه یارانه تولید، پرداخت بخشی از سود تسهیلات و تضمین وام	۳۵
۶۰	حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۳۶

جدول (۱-۵): زمان‌بندی پروژه‌های اجرایی مربوط به اقدامات فنی توسعه نانو در صنعت برق

مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت هادی‌های پُرطرفیت بر پایه نانولوله کربنی	۱
۱۵	تدوین دانش فنی ساخت هسته کامپوزیتی نانو ساختار هادی‌های هوایی	۲
۱۵	تدوین دانش فنی ساخت روکش نانو ساختار هادی‌های هوایی	۳
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت آلیاژ نانو ساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی	۴
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت لعاب‌های ابر آبگریز نانو ساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسیلانی	۱

۱۲	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مفره‌های پرسیلانی	۲
۱۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مفره‌های پرسیلانی	۳
۱۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مفره‌های الکتریکی	۴
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو	۱
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور	۲
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار	۱
۳۰	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی	۲
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی	۳
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی	۴
۱۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در براق آلات	۵
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر ۶۰°C	۱
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی	۲
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن	۳
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز NaS بر پایه نانوفناوری	۴
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری	۵
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری	۶
۴۸	ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه صنعتی	۷
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون	۱
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار رنگدانه‌ای	۲
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی	۳
۴۰	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی	۴
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر	۵
۴۸	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی	۶
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار کوانتومی	۷
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی جهت	۱

ردیف	پروژه‌ها	مدت زمان (ماه)
	کاربرد در محدوده دمای اتاق تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد	
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانوساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb	۱۸
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی	۱۸
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست محیطی	۱۲
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها	۱۲
۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو	۱۲
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها	۱۲
۶	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها	۱۸
۷	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سیکل آب و بخار بویلرهای بازیافت	۱۲
۸	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان	۱۲
۹	ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان در مقیاس نیمه صنعتی	۳۰
۱۰	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک کن	۱۲
۱۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها	۱۵
۱۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد	۱۵
۱۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر	۱۵
۱۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری	۱۲
۱۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار حذف کننده O <sub>2</sub> در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخاری	۱۲
۱۶	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها به منظور افزایش راندمان	۱۲
۱۷	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت	۱۲
۱۸	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه صنعتی	۳۰
۱۹	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوفازی مخزن	۱۸

مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ نیروگاهی	۱
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ	۲
۱۵	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی	۳
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور	۴
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار بر روی لوله‌های بویلرهای بازیافت	۵
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاههای بخاری	۶
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در ژانگستر	۷
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در مخازن سوخت	۸
۱۴	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی لوله‌های بویلر HRSG	۹
۱۴	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانوساختار بر روی پره توربین بخار	۱۰
۲۴	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی پره توربین گاز	۱۱
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی	۱
۳۶	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	۲
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی	۳
۳۶	ساخت مواد نانوساختار غشاها و فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	۴
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه نانولوله کربنی	۵
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه اکسید تیتانیم	۶
۱۸	توسعه دانش فنی فرآیند نانوکاویتاسیون در تصفیه آب	۷
۱۲	توسعه دانش فنی استفاده از فیلترهای نانوساختار جهت حذف یا کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	۸
مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی	۱
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	۲
۱۴	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا	۳
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله	۴



مدت زمان (ماه)	پروژه‌ها	ردیف	کربنی
۱۸	توسعه دانش فنی استفاده از کامپوزیتهای نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	۵	
۲۴	توسعه دانش فنی ساخت و طراحی توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار	۶	
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۱	
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۲	
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	۳	
۱۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های سوختی	۴	
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت اجزای پیل سوختی با ضخامت نانو جهت کاربرد در پیل‌های سوختی مینیاتوری	۵	
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار جهت ذخیره سازی هیدروژن	۶	
۲۴	تدوین دانش فنی ساخت الکترولایزرهای نانوساختار جهت تولید هیدروژن	۷	

فصل دوم  
تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)  
توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۱-۲ - مقدمه

پس از تعیین زمان و بودجه لازم برای اجرایی شدن اقدامات و پروژه‌ها، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، متولیان و نهادهای همکار در اجرای اقدامات یا پروژه‌های تدوین شده برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق شناسایی خواهند شد. بدین منظور ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران مرتبط با حوزه توسعه فناوری نانو در صنعت برق 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 آورده شده، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان اقدامات و پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

## ۲-۲ - 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 فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند. در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای 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 فرایند نوآوری بدست می‌آید.

## ۲-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرایند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این 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 فرایند 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 فرایندی 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 می‌گیرند. 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. در مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

تسهیل‌گری در بعد فناوری

تسهیل‌گری منابع دانشی

تسهیل‌گری منابع مالی

تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج

تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تامین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و

مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه فناوری نانو فعالیت می‌کنند.

ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تامین محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو

فعالیت می‌کنند.

## ۲-۲-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت

نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ارائه می‌گردد.

## الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری نانو در صنعت برق

نهادهای اصلی مرتبط با توسعه فناوری نانو در صنعت برق از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه توسعه فناوری نانو در صنعت برق شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده 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- ستاد توسعه فناوری نانو (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- معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه (وزارت نیرو)
- ۱۵- معاونت برنامه‌ریزی توزیع (وزارت نیرو)
- ۱۶- معاونت برنامه‌ریزی تولید (وزارت نیرو)
- ۱۷- توانیر

۱۸- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

۱۹- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

۲۰- سازمان ملی استاندارد ایران

۲۱- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

۲۲- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)

۲۳- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)

۲۴- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)

۲۵- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

۲۶- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۲۷- شبکه فناوری نانو در صنعت برق (پژوهشگاه نیرو)

۲۸- دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی

۲۹- مراکز رشد

۳۰- شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری

۳۱- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق

### ب) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه توسعه فناوری نانو در صنعت برق تهیه کرد. همان گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

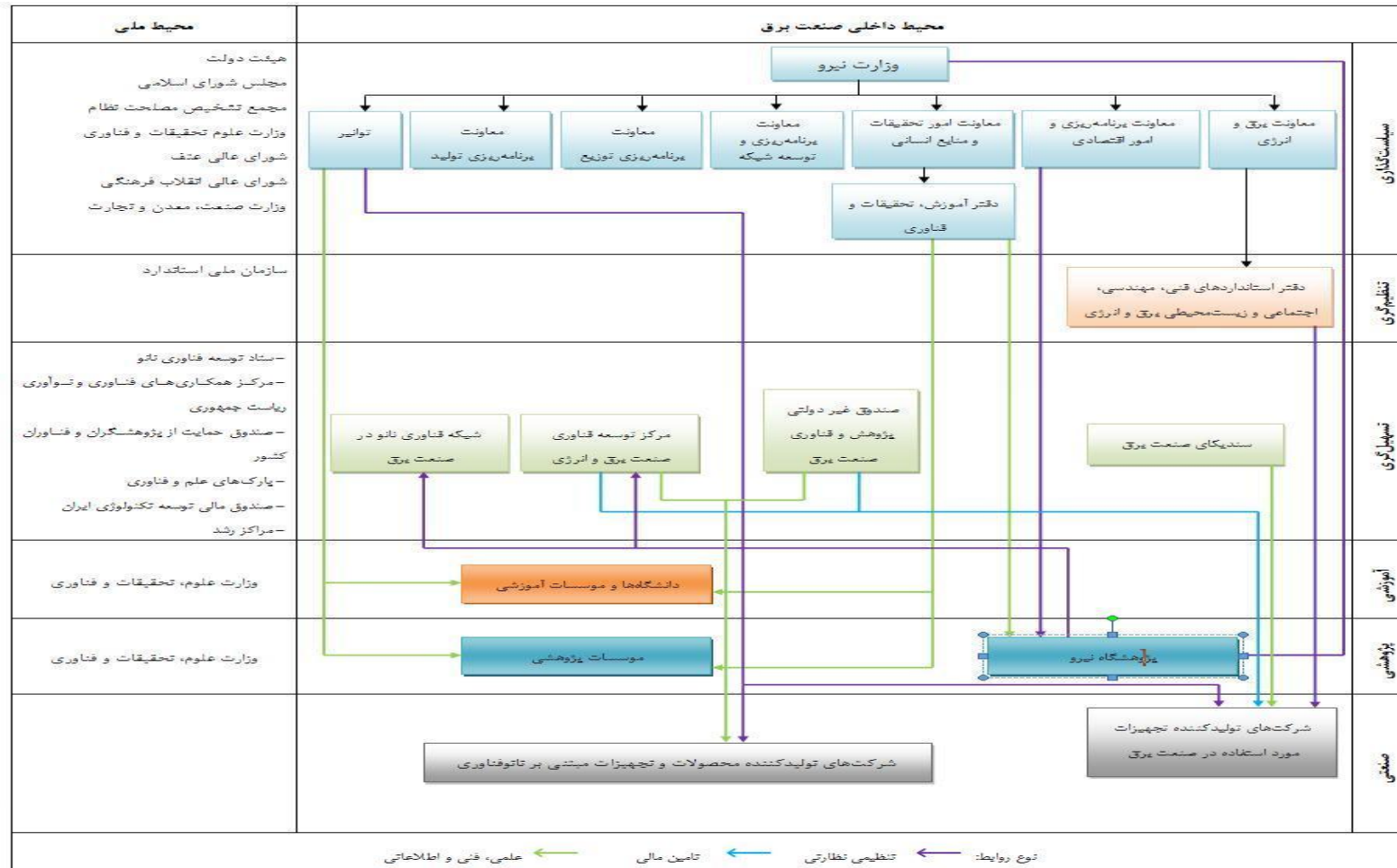
جدول (۱-۲): نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	هیئت وزیران
					*	مجمع تشخیص مصلحت نظام



ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاده
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	شورای عالی انقلاب فرهنگی
					*	شورای عالی عتف
					*	مجلس شورای اسلامی
					*	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
					*	وزارت صنعت، معدن و تجارت
					*	وزارت نیرو
			*			ستاد توسعه فناوری نانو (معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری)
			*			مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
					*	معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
					*	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی توزیع (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی تولید (وزارت نیرو)
					*	توانیر
				*		دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
					*	دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
				*		سازمان ملی استاندارد ایران
			*			صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
	*					پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
			*			مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
			*			پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
			*			صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
			*			صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				نهاد
			*			شبکه فناوری نانو در صنعت برق (پژوهشگاه نیرو)
	*	*				دانشگاه‌ها، موسسات آموزشی و پژوهشی
*						شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری
*						شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق
			*			مراکز رشد



شکل (۱-۲): ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۲-۲-۳- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می توان 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. جدول (۲-۲) متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیر فنی را نشان می دهد.

جدول (۲-۲): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

ردیف	اقدامات	متولیان
۱	حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری
۲	تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	- شبکه نانو در برق - ستاد توسعه فناوری نانو - دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری
۳	راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - پژوهشگاه نیرو
۴	ایجاد آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - پژوهشگاه نیرو - توانیر
۵	حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی نظیر USPTO و EPO	- شبکه نانو در صنعت برق
۶	برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی - توانیر - پژوهشگاه نیرو - دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی
۷	تدوین آیین‌نامه همکاری صنعت برق و مراکز پژوهشی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - معاونت برق و انرژی - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی - معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی - توانیر - پژوهشگاه نیرو - دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی

ردیف	اقدامات	متولیان
۸	تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری</li> <li>- وزارت صنعت، معدن و تجارت</li> <li>- وزارت نیرو</li> </ul>
۹	ایجاد وبسایت اطلاع‌رسانی در مورد آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> </ul>
۱۰	حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی</li> <li>- دفتر آموزش تحقیقات و فناوری</li> </ul>
۱۱	انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- پژوهشگاه نیرو</li> </ul>
۱۲	اعطای تسهیلات کم‌بهره به صاحبان ایده و شرکت‌های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی</li> <li>- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق</li> <li>- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور</li> <li>- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران</li> <li>- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری</li> </ul>
۱۳	رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی</li> </ul>
۱۴	تخصیص گرنت تحقیقاتی برای انجام پژوهش‌های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی</li> <li>- دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی</li> </ul>
۱۵	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی</li> </ul>
۱۶	تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی</li> <li>- شرکت‌های تولیدکننده</li> <li>- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی</li> </ul>
۱۷	ایجاد یک گرایش بین رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی</li> <li>- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری</li> </ul>

ردیف	اقدامات	متولیان
۱۸	اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و توانمندی به کارگیری فناوری نانو	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- توانیر</li> <li>- دفتر آموزش تحقیقات و فناوری</li> </ul>
۱۹	کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- وزارت صنعت، معدن و تجارت</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی</li> </ul>
۲۰	تدوین دستورالعمل‌های به کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- توانیر</li> <li>- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی</li> </ul>
۲۱	پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> </ul>
۲۲	ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به کارگیری فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع</li> </ul>
۲۳	تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پژوهشگاه نیرو</li> </ul>
۲۴	حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- مراکز رشد</li> <li>- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی</li> </ul>
۲۵	خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- توانیر</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی تولید</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی توزیع</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه</li> </ul>
۲۶	حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شبکه نانو در صنعت برق</li> <li>- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی</li> <li>- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق</li> <li>- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی</li> <li>- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور</li> <li>- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران</li> </ul>

ردیف	اقدامات	متولیان
۲۷	تدوین آیین‌نامه تسهیل تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۲۸	برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - پژوهشگاه نیرو
۲۹	اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - توانیر - معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی
۳۰	به‌کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	- شبکه نانو در صنعت برق - توانیر
۳۱	ارائه خدمات مشاوره‌ای رایگان یا ارزان‌قیمت به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات و تجهیزات نانویی در سطح شبکه برق	- شبکه نانو در صنعت برق - ستاد توسعه فناوری نانو
۳۲	انتشار بولتن جهت آگاهسازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو	- شبکه نانو در صنعت برق - دفتر آموزش تحقیقات و فناوری - توانیر
۳۳	تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق	- شبکه نانو در صنعت برق - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی - توانیر
۳۴	تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی	- شبکه نانو در صنعت برق - توانیر - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۳۵	تشویق شرکت‌های فعال در سطح صنعت برق برای تولید محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو از طریق ارائه یارانه تولید، پرداخت بخشی از سود تسهیلات و تضمین وام	- شبکه نانو در صنعت برق - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۳۶	حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	- شبکه نانو در صنعت برق - وزارت صنعت، معدن و تجارت - شرکت‌های تولیدکننده

با توجه به نوع پروژه‌های در نظر گرفته شده برای اقدامات فنی که به تدوین دانش فنی اختصاص دارند متولی انجام در

تمامی پروژه‌ها می‌تواند پژوهشگاه نیرو، توانیر، ستاد توسعه فناوری نانو، دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، شرکت‌های تولیدکننده

محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری و مراکز رشد باشند. در این رابطه مهم‌ترین وظایف پژوهشگاه نیرو را می‌توان موارد

ذیل بر شمرد:

- ایفای نقش مدیریت فناوری در زمینه فناوری نانو در صنعت برق،
- هماهنگی فعالیت بخش‌های مختلف صنعت برق، مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها در زمینه پروژه‌های تعریف شده
- مدیریت ارائه خدمات علمی، پژوهشی و آزمایشگاهی به صنعت برق در زمینه فناوری نانو در صنعت برق
- راه‌اندازی پایلوت‌های مورد نیاز صنعت برق در زمینه فناوری نانو در صنعت برق
- جهت‌دهی تحقیقات و توسعه مرکز در راستای نیازمندی‌های بازار
- تمرکز، سازماندهی و هم‌افزایی فعالیت‌های مرتبط با فناوری نانو در پژوهشگاه نیرو
- برنامه‌ریزی، تعریف و محوریت اجرای طرح‌ها و پروژه‌های کاربردی و توسعه‌ای
- مدیریت نظام‌مند حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان مرتبط با فناوری نانو در قالب مراکز رشد و پارک‌های علمی و فناوری و صندوق‌های مالی حمایت از پژوهش



فصل سوم  
ترسیم نگاشت فناوری نانو در صنعت برق

### ۳-۱- مقدمه

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین ره‌نگاشت است. ره‌نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده ره‌نگاشت 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 آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. 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 سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هرچند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه ره‌نگاشت 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.

### ۳-۲- ترسیم ره نگاشت

نظر به اهمیت تهیه ره‌نگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از ره‌نگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه ره‌نگاشت را بیان می‌کنیم.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق تر و کاربردی تر مفهوم ره نگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، ره نگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم ره نگاشت ارائه شده است:

الف) ره نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) ره نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) ره نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

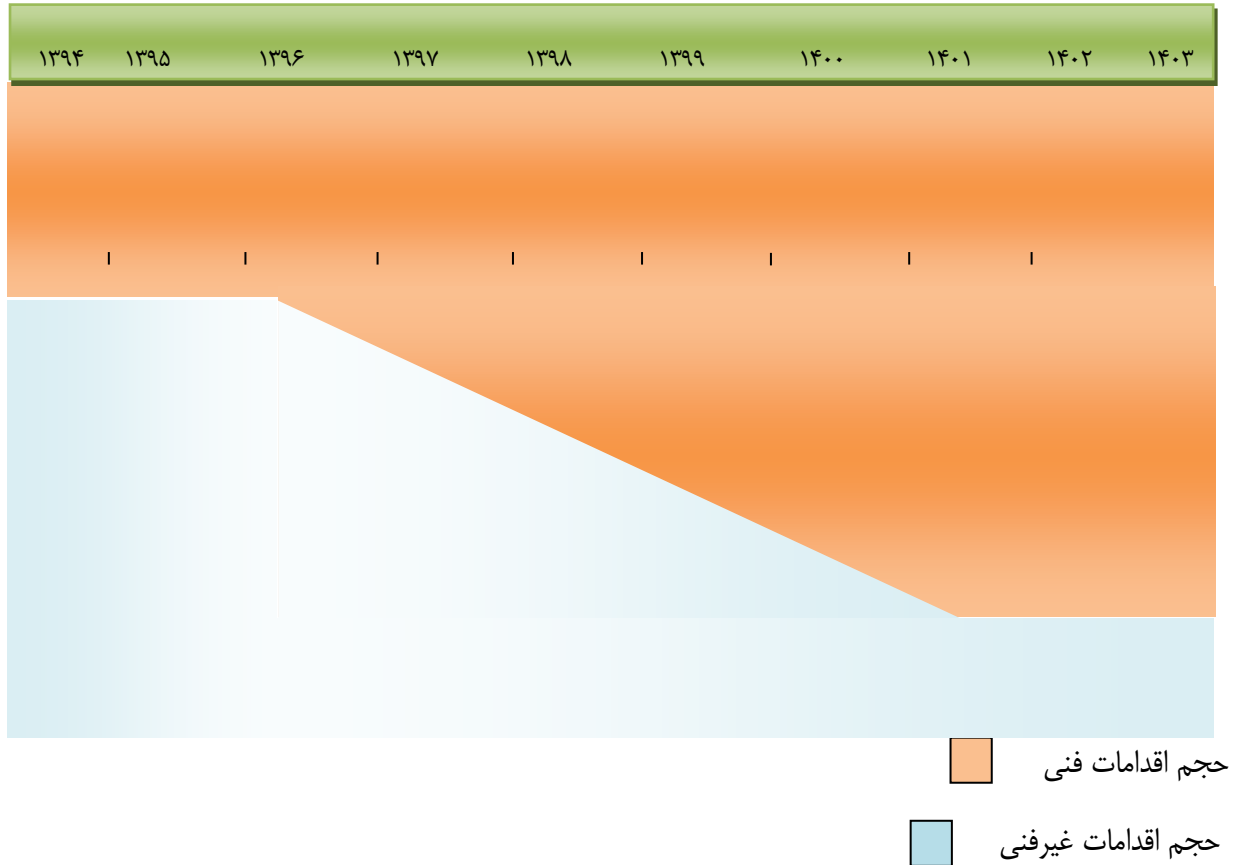
ه) ره نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، ره نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مولفه‌های یک ره نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره نگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که ره نگاشت 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 ره نگاشت، 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>۱</sup> موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

پیش از ترسیم نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق لازم است که الگوی توسعه این فناوری در صنعت برق را بر اساس رویکرد توسعه مورد نظر تعیین کنیم. همان گونه که در گزارش مرحله سوم این سند اشاره شد با توجه به گستردگی حوزه کاربرد فناوری نانو و وضعیت فعلی توسعه این فناوری، در ابتدا رویکرد اشاعه گرا مدنظر قرار می گیرد. فعالیت های ترویجی و آگاهی بخشی، ایجاد شبکه های همکاری و ایجاد زیرساخت مورد نیاز برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق از مؤلفه های اصلی این رویکرد هستند. در کنار این فعالیت ها و اقدامات، اجرای تعدادی از اقدامات فنی (تدوین دانش فنی) نیز آغاز می شود. در ادامه، به مرور زمان از حجم فعالیت های ترویجی و آگاهی بخشی و اقدامات غیرفنی کاسته می شود و سهم اقدامات فنی بیشتر می شود. الگوی انجام اقدامات فنی و غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود حجم اقدامات غیرفنی (قسمت آبی رنگ) در دو سال اول بیشتر است و به تدریج از حجم این اقدامات کاسته شده است و به حجم اقدامات فنی (قسمت نارنجی رنگ) افزوده شده است.



شکل (۳-۱): الگوی انجام اقدامات فنی و غیر فنی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، ره‌نگاشت توسعه فناوری نانو در صنعت برق در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این ره‌نگاشت شامل نقشه راه توسعه نظام توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه راه فعالیت‌های تحقیق و توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی) بوده و در شکل (۳-۲) و (۳-۳) نشان داده شده است. همچنین ره‌نگاشت‌های مربوط به اقدامات بر اساس راهبردهای سند در شکل‌های (۳-۴) الی (۳-۸) ارائه شده‌اند.



۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- توسعه دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی بر پایه نانوفناوری
- دستیابی به دانش فنی ساخت مقره‌های الکترونیکی نانوساختار
- توسعه دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار
- تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- ایجاد وبسایت اطلاع‌رسانی
- تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- تدوین این‌نامه همکاری همکاران صنعت برق و دانشگاه در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- به‌کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق
- انتشار بولتن جهت آگاهسازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو
- رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو
- تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق

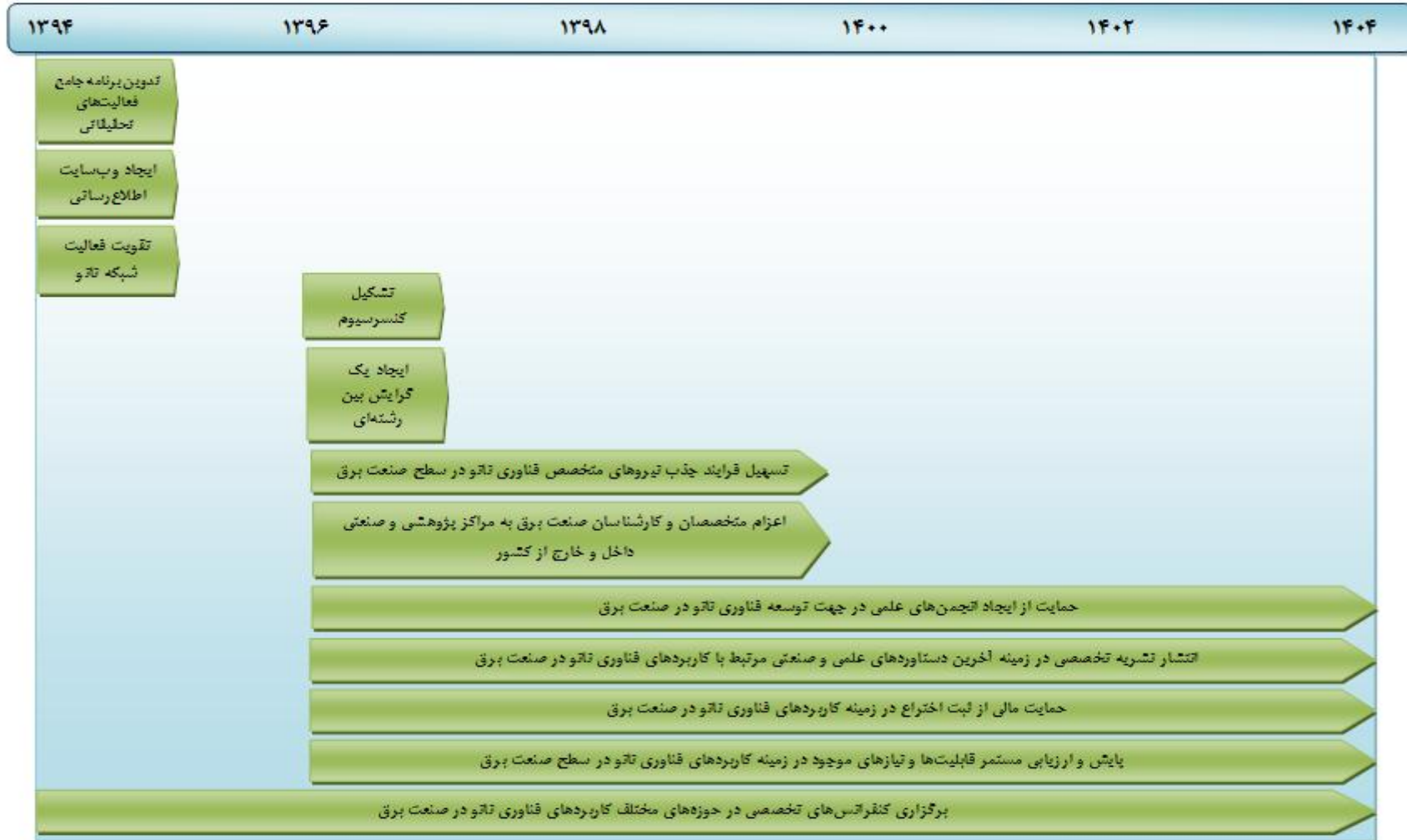
- توسعه دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار و فرایند پوشش‌دهی
- توسعه دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات و سازه‌های شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو مبتنی بر نانوفناوری
- توسعه دانش فنی ساخت مواد افزودنی و کاتالیست‌های نانوساختار
- توسعه دانش فنی طراحی و ساخت پیل‌های سوختی بر پایه نانوفناوری
- برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO
- تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- ایجاد آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق
- پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق
- ایجاد یک گرایش بین‌رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو
- تدوین این‌نامه تسهیل تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق
- انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی و صنعتی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق
- تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی
- حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد
- حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و توانمندی به‌کارگیری فناوری نانو

- دستیابی به دانش فنی ساخت هادی‌های برطرفیت نانوساختار
- دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و قطعات نانوساختار مورد استفاده در ترانسفورماتورها و ژنراتورها
- توسعه دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکترونیک نانو ساختار
- توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ذخیره‌سازهای برقی مبتنی بر فناوری نانو
- توسعه دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های نانوساختار مورد استفاده در توربین بادی
- برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق
- برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO
- حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق
- پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق
- حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکلهای صنعتی فعال در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق
- خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق
- انتشار نشریه تخصصی در زمینه آداب، دستاوردهای علمی و صنعتی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق

شکل (۳-۲): نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق

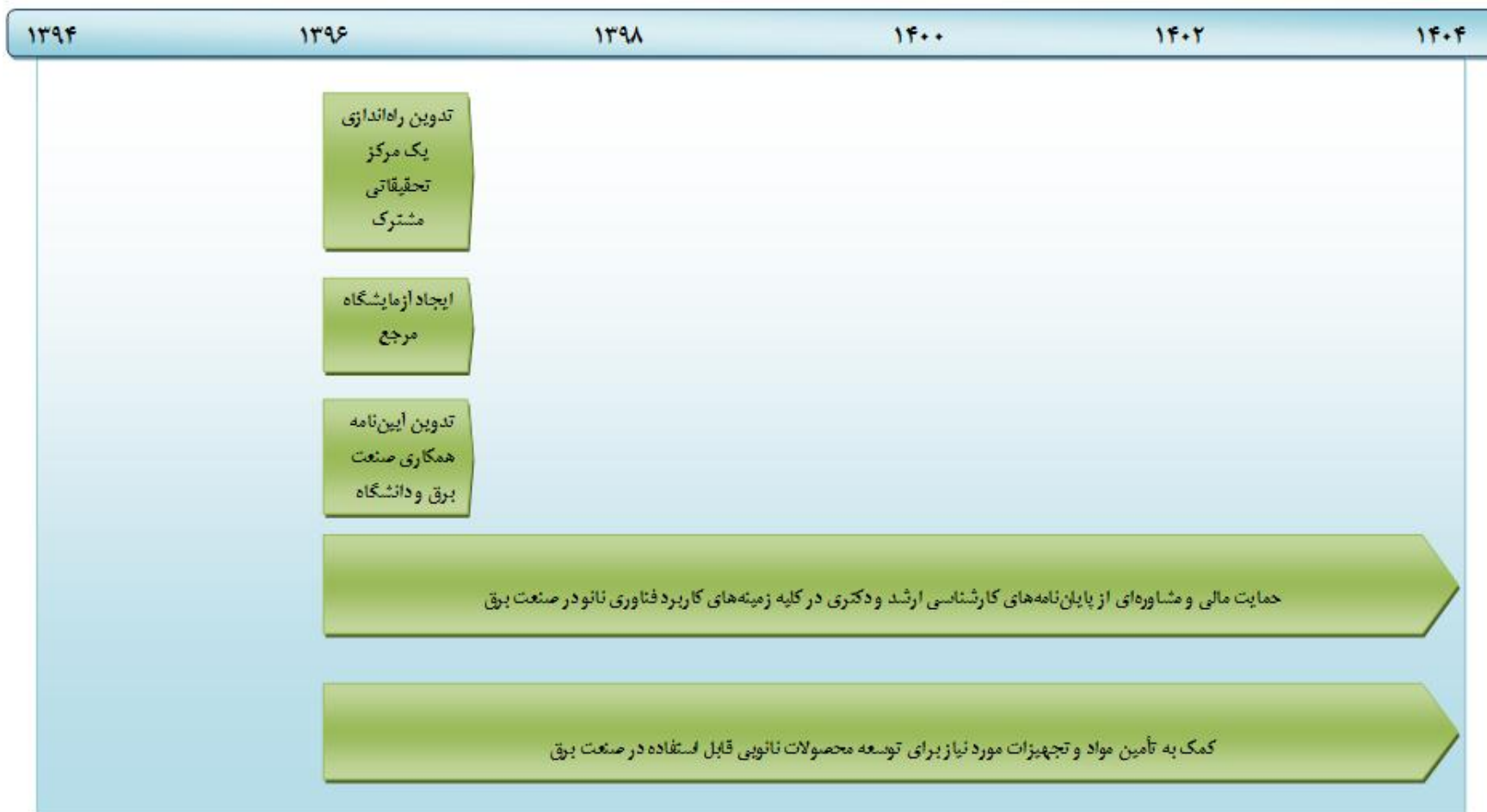


شکل (۳-۳): نقشه راه مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک بازه های زمانی

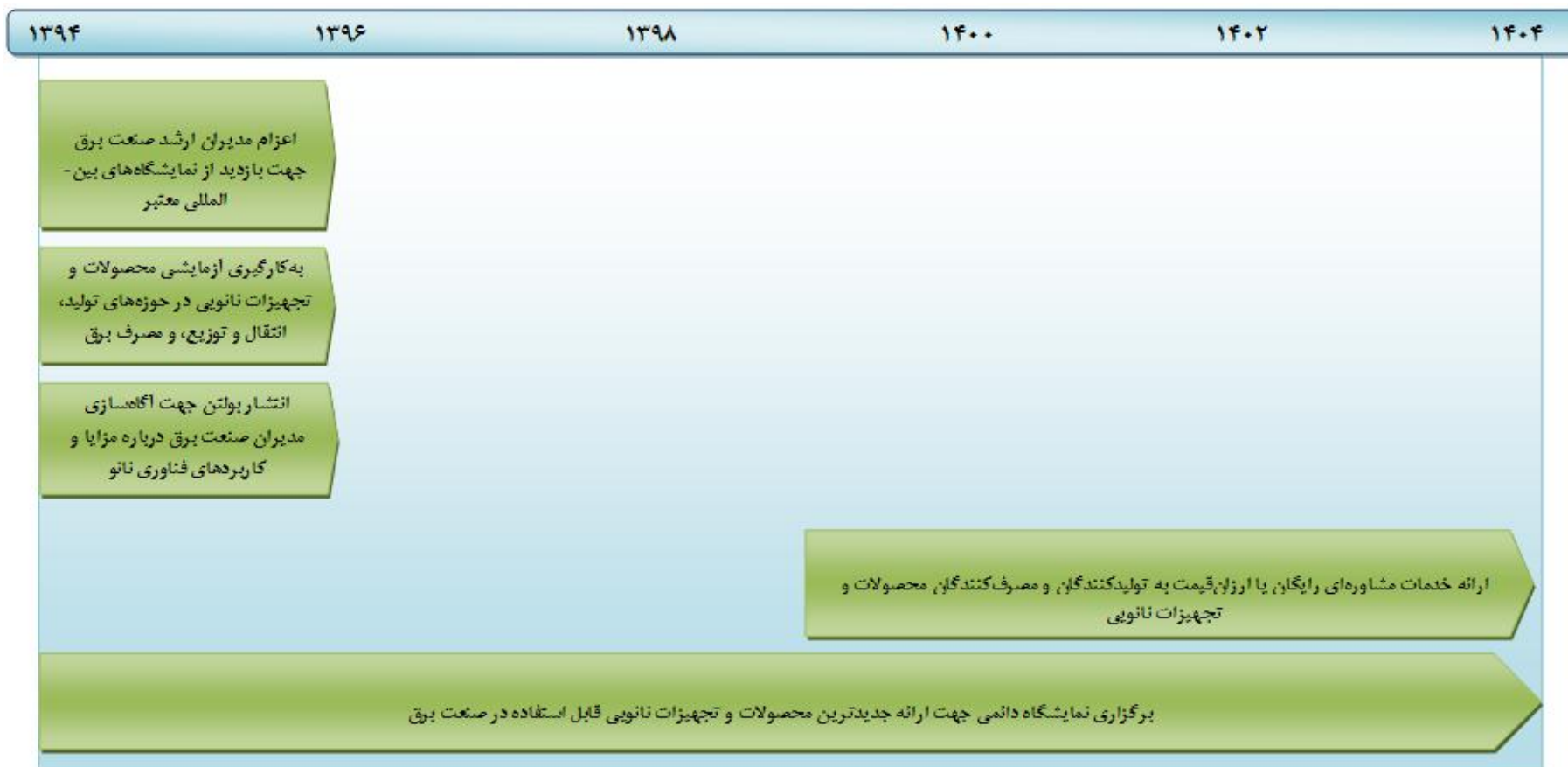


شکل (۳-۴): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی پیشبرد فعالیت‌های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندی‌های فناورانه و تربیت نیروی انسانی





شکل (۳-۵): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق



شکل (۳-۶): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی در مورد کاربردها و مزایای فناوری نانو در صنعت برق



شکل (۳-۷): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی تأمین و تسهیل منابع مالی مورد نیاز و تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری در توسعه فناوری نانو در صنعت

برق



شکل (۳-۸): نقشه راه مربوط به اقدامات غیرفنی کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاری سازی و

افزایش همکاری های تجاری

## نتیجه گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق»، 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 فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی سند توضیح داده شد. سپس پروژه‌های اجرایی قابل تعریف در ذیل اقدامات فنی استخراج شدند. پس از این مرحله زمان‌بندی مربوط به اقدامات غیرفنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی 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 فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات مشخص شدند. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری نانو در صنعت برق مشخص شد و نگاشت نهادی این سند ترسیم شد. در نهایت با توجه به زمان مورد نیاز تکمیل هر یک از اقدامات، ره‌نگاشت توسعه فناوری نانو در صنعت برق در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

## فهرست مراجع

۱- روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم، پژوهشگاه نیرو،

اردیبهشت ۱۳۹۳

## فهرست مطالب

فصل اول - فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۲
۱-۱- مقدمه .....	۳
۲-۱- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی .....	۳
۳-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق .....	۴
فصل دوم - تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و مکانیزم ارزیابی .....	۱۹
۱-۲- مقدمه .....	۲۰
۲-۲- ساختار نظارت و به‌روزرسانی .....	۲۰
۱-۲-۲- شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش .....	۲۱
۲-۲-۲- شرح وظایف کمیته تعامل با صنعت .....	۲۲
۳-۲-۲- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها .....	۲۲
۴-۲-۲- شرح وظایف کمیته فنی-بازرگانی .....	۲۳
۵-۲-۲- شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات .....	۲۳
۳-۲- مکانیزم عملکرد .....	۲۴
نتیجه‌گیری .....	۲۷
فهرست مراجع .....	۲۸

## فهرست جداول

- جدول (۱-۱): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۵
- جدول (۱-۲): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۵
- جدول (۱-۳): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۶
- جدول (۱-۴): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۹
- جدول (۱-۵): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی پروژه‌های فنی سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۱۰
- جدول (۲-۱): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۲۵
- جدول (۲-۲): زمان‌های ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۲۵
- جدول (۲-۳): نحوه تصمیم‌گیری درباره پیشرفت سند بر اساس میزان تحقق معیارها..... ۲۶
- جدول (۲-۴): معیار ارزیابی شاخص‌های کلان سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق..... ۲۶



## فصل اول

فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق

## ۱-۱- مقدمه

در واقع می‌توان گفت که هدف اصلی از انجام ارزیابی از برنامه اجرا شده تعیین میزان اثرگذاری و موفقیت برنامه در رسیدن به اهداف، تعیین اصلاحات و تغییرات مورد نیاز برای اجرای برنامه در مقیاس بزرگ و استفاده از تجربیات اجرایی برای برنامه‌های مشابه در آینده می‌باشد. در این مرحله از سند در ابتدا شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ارکان مختلف سند را مشخص کرده، تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را تعیین نمود. در ادامه به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از این رو در مرحله دوم شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها بررسی شده و پس از آن به جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده پرداخته شده است.

## ۱-۲- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

مرحله اول از ارزیابی سند شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بوده و قبل از اجرایی شدن سند راهبردی باید صورت پذیرد. در این مرحله به منظور ارزیابی ارکان مختلف سند (چشم‌انداز، اهداف و اقدامات) می‌باشد تعدادی شاخص تعریف می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آن‌ها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق و نحوه دستیابی به آن‌ها پرداخته شده است.

شاخص در واقع استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف است. شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی سند هستند که ناظر بر طبق آن‌ها میزان تحقق هر سطح را اندازه‌گیری و مشخص می‌نماید. از همین رو در تعیین شاخص‌ها باید به ابعاد مختلف سطوح راهبردی سند توجه داشت، به شکلی که پیشرفت امور براساس این شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات می‌باشد [۱]. در همین راستا باید شاخص‌های مشخص‌کننده ابعاد زیر باشند:

(الف) کمیت (چقدر)

(ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

لازم به ذکر است که در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف نظر می‌شود.

در تعریف شاخص‌ها باید ویژگی‌های زیر را در نظر گرفت:

(الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

(ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس کننده یک واقعیت (نه تصور ذهنی) بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القاء نماید.

(ج) قابل قبول بودن: باید امکان تغییرات شاخص به تحقق یا عدم تحقق مقصود وجود داشته باشد.

(د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص باید در دسترس باشد.

### ۱-۳- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف، اقدامات غیرفنی، پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی به ترتیب در جدول (۱-۱) تا (۱-۴) ارائه شده است.

جدول (۱-۱): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری

### نانو در صنعت برق

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	توانمندی به‌کارگیری فناوری نانو در حوزه‌های تولید، توزیع، انتقال و مصرف	دستیابی به دانش فنی ساخت و به‌کارگیری مواد، قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو برای استفاده در صنعت برق

جدول (۲-۱): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری نانو در

### صنعت برق

ردیف	هدف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به‌کارگیری قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در سطح صنعت برق	وضعیت دستیابی به دانش فنی ساخت قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در سطح صنعت برق	دستیابی به دانش فنی ساخت قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در سطح صنعت برق
۲	کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی به میزان حداقل ۳۰٪	کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی	کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی به میزان ۳۰٪
۳	افزایش بازده نیروگاه‌ها با بهره‌گیری از مواد و قطعات مبتنی بر فناوری نانو	بازده نیروگاه‌ها	افزایش بازده نیروگاه‌ها
۴	کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات و تأسیسات صنعت برق	هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات و تأسیسات	کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات و تأسیسات با بهره‌گیری از مواد، قطعات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو
۵	ارتقای سهم تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر	سهم منابع پاک و تجدیدپذیر	افزایش سهم تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر
۶	ارتقای کیفیت تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق از طریق بهبود خواص و افزایش طول عمر مواد و قطعات با به‌کارگیری فناوری نانو	کیفیت و طول عمر مواد، قطعات و تجهیزات	افزایش کیفیت تجهیزات مورد استفاده با بهبود خواص و افزایش طول عمر مواد و قطعات با به‌کارگیری فناوری نانو
۷	بهینه‌سازی مصرف برق با به‌کارگیری محصولات مبتنی بر فناوری نانو	مصرف برق	بهینه‌سازی مصرف برق با به‌کارگیری محصولات مبتنی بر فناوری نانو
۸	کاهش تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع به میزان ۱٪	میزان تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع	کاهش تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع به میزان ۱٪
۹	کسب سهم ۱۰ درصدی از کل صادرات محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو	میزان صادرات محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو	دستیابی به سهم ۱۰ درصد از صادرات محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو

جدول (۱-۳): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی

توسعه فناوری نانو در صنعت برق

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱	حمایت مالی و مشاوره‌ای از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری در کلیه زمینه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت برق	میزان کمک مالی به پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری	۱۶۵۰ میلیون ریال در سال
۲	تدوین برنامه جامع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت برنامه جامع تحقیقاتی	گزارش تدوین شده برنامه جامع تحقیقاتی
۳	راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت مرکز تحقیقاتی مشترک	راه‌اندازی یک مرکز تحقیقاتی مشترک
۴	ایجاد آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	وضعیت آزمایشگاه مرجع تست محصولات نانویی	راه‌اندازی یک آزمایشگاه مرجع
۵	حمایت مالی از ثبت اختراع در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز معتبر بین‌المللی نظیر USPTO و EPO	میزان حمایت مالی	۱۰۰۰ میلیون ریال در سال
۶	برگزاری کنفرانس‌های تخصصی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	میزان بودجه تخصیص یافته برای برگزاری کنفرانس	۱۸۰۰ میلیون ریال در سال
۷	تدوین آیین‌نامه همکاری صنعت برق و مراکز پژوهشی در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت آیین‌نامه همکاری	آیین‌نامه همکاری تدوین شده
۸	تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت کنسرسیوم توسعه فناوری نانو در صنعت برق	آغاز فعالیت کنسرسیوم
۹	ایجاد وبسایت اطلاع‌رسانی در مورد آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت وبسایت اطلاع‌رسانی	فعال شدن وبسایت
۱۰	حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	میزان حمایت مالی	۵۰۰ میلیون ریال در سال
۱۱	انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	تعداد شماره‌های نشریه	۴ شماره در سال
۱۲	اعطای تسهیلات کم‌بهره به صاحبان ایده و شرکت‌های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	میزان تسهیلات اعطایی	۱۰۰۰۰ میلیون ریال
۱۳	رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو	وضعیت اعتباری توسعه فناوری نانو در ردیف بودجه سالانه وزارت نیرو	-
۱۴	تخصیص گرنت تحقیقاتی برای انجام پژوهش‌ها	میزان گرنت اعطا شده	۱۵۰۰ میلیون ریال در سال

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
	های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق		
۱۵	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت دستورالعمل تأمین منابع مالی	دستورالعمل تدوین شده
۱۶	تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق	تعداد نیروهای متخصص جذب شده	۱۰ نفر در سال
۱۷	ایجاد یک گرایش بین رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو	وضعیت گرایش بین رشته‌ای	جذب دانشجو در گرایش جدید
۱۸	اعزام متخصصان و کارشناسان صنعت برق به مراکز پژوهشی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و توانمندی به‌کارگیری فناوری نانو	تعداد متخصصان اعزام شده	۱۰ نفر در سال
۱۹	کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	میزان زمان و هزینه مورد نیاز برای تأمین مواد و تجهیزات	کاهش میزان زمان و هزینه مورد نیاز
۲۰	تدوین دستورالعمل‌های به‌کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت دستورالعمل به‌کارگیری محصولات و تجهیزات	دستورالعمل تدوین شده
۲۱	پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق	تعداد گزارش‌های پایش و ارزیابی	تدوین گزارش هر ۶ ماه یکبار
۲۲	ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق	وضعیت دفتر هماهنگی میان سازمان‌ها و نهادهای ذینفع	راه‌اندازی دفتر
۲۳	تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق	میزان فعالیت‌های شبکه نانو در حوزه برق و انرژی (شامل تعداد جلسات منظم و تعداد گزارش‌های فعالیت)	-
۲۴	حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد	میزان حمایت مالی	۵۰۰۰ میلیون ریال در سال
۲۵	خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	ارزش ریالی محصولات نانویی خریداری شده	۱۰۰۰۰ میلیون ریال در سال
۲۶	حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر	۱۰۰۰۰ میلیون ریال در سال
۲۷	تدوین آیین‌نامه تسهیل تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	وضعیت آیین‌نامه تسهیل تجاری‌سازی	آیین‌نامه تدوین شده
۲۸	برگزاری نمایشگاه دائمی جهت ارائه جدیدترین	تعداد نمایشگاه دائمی	برگزاری ۱ نمایشگاه در سال

معیار ارزیابی	شاخص	اقدام غیرفنی	ردیف
		محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	
۳۰ نفر در سال	تعداد مدیران اعزام شده	اعزام مدیران ارشد صنعت برق جهت بازدید از نمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر در زمینه محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۲۹
این میزان با توجه به نظر مجری و بودجه تعیین شده مشخص خواهد شد	تعداد پروژه‌های پایلوت به‌کارگیری محصولات و تجهیزات نانویی	به‌کارگیری آزمایشی محصولات و تجهیزات نانویی در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	۳۰
۱۵۰۰ میلیون ریال در سال	میزان بودجه ارائه خدمات مشاوره‌ای	ارائه خدمات مشاوره‌ای رایگان یا ارزان‌قیمت به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات و تجهیزات نانویی در سطح شبکه برق	۳۱
۱۲ شماره در سال	تعداد بولتن‌های منتشر شده	انتشار بولتن جهت آگاه‌سازی مدیران صنعت برق درباره مزایا و کاربردهای فناوری نانو	۳۲
کاهش مدت زمان اخذ تأییدیه استفاده از محصولات	مدت زمان اخذ تأییدیه استفاده از محصولات	تسهیل فرایند اخذ تأییدیه استفاده از محصولات و تجهیزات نانویی در شبکه برق	۳۳
افزایش سهم شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی در مناقصات وزارت نیرو	سهم شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی در مناقصات وزارت نیرو	تسهیل فرایند شرکت در مناقصات وزارت نیرو برای شرکت‌های تولیدکننده محصولات و تجهیزات نانویی	۳۴
۲۰۰۰۰ میلیون ریال در سال	میزان بودجه تخصیص یافته	تشویق شرکت‌های فعال در سطح صنعت برق برای تولید محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو از طریق ارائه یارانه تولید، پرداخت بخشی از سود تسهیلات و تضمین وام	۳۵
۳۰۰ میلیون ریال در سال	میزان حمایت مالی	حمایت از ایجاد انجمن‌ها و تشکل‌های صنعتی در زمینه طراحی و ساخت محصولات و تجهیزات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	۳۶

جدول (۱-۴): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری نانو در صنعت

## برق

ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
۱	دستیابی به دانش فنی ساخت هادی‌های پُرظرفیت نانو ساختار	وضعیت هادی‌های پُرظرفیت در شبکه‌های انتقال و توزیع	طراحی و ساخت بخش‌های مختلف هادی‌های پُرظرفیت اعم از هسته، روکش و آلیاژ به کار رفته
۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مقره‌های الکتریکی نانو ساختار	وضعیت مقره‌های الکتریکی در شبکه‌های انتقال و توزیع	طراحی و ساخت مقره‌های الکتریکی اعم از بدنه، لعاب یا پوشش خودپالاینده
۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و قطعات نانو ساختار مورد استفاده در ترانسفورماتورها و ژنراتورها	وضعیت مواد و قطعات مورد استفاده در ترانسفورماتورها و ژنراتورها	طراحی و ساخت مواد مغناطیسی نانو ساختار مورد استفاده در هسته ژنراتورها و ترانسفورماتورها
۴	توسعه دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات و سازه‌های شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو نانو فناوری	وضعیت تجهیزات و سازه‌های شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو	ساخت مواد و پوشش‌های نانو ساختار مورد استفاده در سازه‌های بتنی، دکل‌های فلزی و تجهیزات مورد استفاده در خطوط انتقال و توزیع
۵	توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ذخیره‌سازهای برق مبتنی بر فناوری نانو	وضعیت ذخیره‌سازهای مورد استفاده در صنعت برق	طراحی و ساخت ذخیره‌سازها و باتری‌های مبتنی بر مواد نانو ساختار مورد استفاده در صنعت برق
۶	توسعه دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی بر پایه نانو فناوری	وضعیت سلول‌های خورشیدی مورد استفاده در صنعت برق	طراحی و ساخت سلول‌های خورشیدی نانو ساختار
۷	توسعه دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار	وضعیت ترموالکتریک‌های موجود در صنعت برق	طراحی و ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار
۸	توسعه دانش فنی ساخت مواد افزودنی و کاتالیست‌های نانو ساختار	وضعیت مواد افزودنی و کاتالیست‌های مورد استفاده در صنعت برق	ساخت مواد افزودنی و کاتالیست‌های نانو ساختار با هدف افزایش راندمان و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی
۹	توسعه دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار و فرآیند پوشش‌دهی	وضعیت استفاده و اعمال پوشش‌های مختلف به کار رفته در صنعت برق اعم از پوشش‌های دما بالا یا مقاوم در برابر خوردگی	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانو ساختار و فرآیند پوشش‌دهی مورد استفاده در صنعت برق
۱۰	توسعه دانش فنی ساخت فیلترهای نانو ساختار	وضعیت به کارگیری فیلترهای مورد استفاده در صنعت برق	ساخت فیلترهای نانو ساختار مورد استفاده در صنعت برق
۱۱	توسعه دانش فنی ساخت	وضعیت استفاده از کامپوزیت‌های مورد	دستیابی به دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های



ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
	کامپوزیت‌های نانوساختار مورد استفاده در توربین بادی	استفاده در توربین‌های بادی	نانوساختار مورد استفاده در توربین بادی
۱۲	توسعه دانش فنی طراحی و ساخت پیل‌های سوختی و ادوات تولید هیدروژن بر پایه نانوفناوری	وضعیت استفاده از پیل‌های سوختی و ادوات تولید هیدروژن	دستیابی به دانش فنی ساخت پیل‌های سوختی و ادوات تولید هیدروژن بر پایه نانوفناوری

جدول (۱-۵): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی پروژه‌های فنی سند راهبردی توسعه فناوری نانو در

### صنعت برق

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
۱	تدوین دانش فنی ساخت هادی‌های پرظرفیت بر پایه نانولوله کربنی	وضعیت طراحی و ساخت هادی‌های پرظرفیت بر پایه نانولوله کربنی	طراحی و ساخت هادی‌های پرظرفیت بر پایه نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲	تدوین دانش فنی ساخت هسته کامپوزیتی نانوساختار هادی‌های هوایی	وضعیت طراحی و ساخت هسته کامپوزیتی نانوساختار هادی‌های هوایی	طراحی و ساخت هسته کامپوزیتی نانوساختار هادی‌های هوایی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳	تدوین دانش فنی ساخت روکش نانوساختار هادی‌های هوایی	وضعیت طراحی و ساخت روکش نانوساختار هادی‌های هوایی	طراحی و ساخت روکش نانوساختار هادی‌های هوایی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴	تدوین دانش فنی ساخت آلیاژ نانوساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی	وضعیت طراحی و ساخت آلیاژ نانوساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی	وضعیت طراحی و ساخت آلیاژ نانوساختار مورد استفاده در هادی‌های هوایی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵	دستیابی به دانش فنی ساخت لعاب‌های ابرآبگریز نانوساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسلانی	وضعیت ساخت لعاب‌های ابر آبگریز نانوساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسلانی	ساخت لعاب‌های ابر آبگریز نانوساختار مورد استفاده در مقره‌های پرسلانی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مقره‌های پرسلانی	وضعیت ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مقره‌های پرسلانی	ساخت پوشش نانوساختار بر روی لعاب مقره‌های پرسلانی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های پرسلانی	وضعیت ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های پرسلانی	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های پرسلانی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های الکتریکی	وضعیت ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های الکتریکی	ساخت مواد کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده در بدنه مقره‌های الکتریکی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
۹	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو	وضعیت ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو	ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع نیرو و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۰	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور	وضعیت ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور	ساخت مواد مغناطیسی نانوساختار مورد استفاده در هسته ژنراتور و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۲	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت مواد و پوشش‌های مورد استفاده در سازه‌های بتنی نانوساختار در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی	ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دکل‌های فلزی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی	ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تیرهای سیمانی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در پیراق آلات	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در پیراق آلات	ساخت مواد و پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در پیراق آلات و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۶	تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر ۶۰°C	وضعیت ساخت باتری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر ۶۰°C	ساخت باتری‌های یون لیتیومی نانوساختار جهت کاربرد در دماهای زیر ۶۰°C و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۷	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی	وضعیت ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی	ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن	وضعیت ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن	ساخت مواد ذخیره ساز انرژی بر پایه گرافن و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۱۹	تدوین دانش فنی ساخت	وضعیت ساخت ذخیره ساز NaS بر پایه	ساخت ذخیره ساز NaS بر پایه نانوفناوری و تدوین

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	ذخیره ساز NaS بر پایه نانوفناوری	نانوفناوری	گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۰	تدوین دانش فنی ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری	وضعیت ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری	طراحی و ساخت ذخیره ساز ابررسانا بر پایه نانوفناوری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۱	تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری	وضعیت ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری	ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۲	ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت ابرخازن‌ها بر پایه نانوفناوری در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون	وضعیت ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون	ساخت مواد نانوساختار جهت افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۴	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های نانوساختار رنگدانه‌ای	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار رنگدانه‌ای	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار رنگدانه‌ای و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۵	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های نانوساختار پروسکایتی	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار پروسکایتی	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار پروسکایتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۶	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار پروسکایتی در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۷	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های نانوساختار انعطاف پذیر	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار انعطاف پذیر	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار انعطاف پذیر و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۸	ساخت سلول‌های خورشیدی نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار انعطاف پذیر در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۲۹	دستیابی به دانش فنی ساخت سلول‌های نانوساختار کوانتومی	وضعیت ساخت سلول‌های نانوساختار کوانتومی	طراحی و ساخت سلول‌های نانوساختار کوانتومی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۰	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی	وضعیت ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی	طراحی و ساخت مولدهای ترموالکتریک نانو ساختار بر پایه نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مولدهای ترموالکتریک	وضعیت ساخت مولدهای ترموالکتریک نانوساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb	طراحی و ساخت مولدهای ترموالکتریک نانوساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb و تدوین گزارش مربوطه

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	نانوساختار بر پایه آلیاژهای NbFeSb		براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۲	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی	وضعیت ساخت کاتالیست‌های نانوساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی	ساخت کاتالیست‌های نانوساختار سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۳	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست محیطی	وضعیت ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست محیطی	ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف آلاینده‌های زیست محیطی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۴	دستیابی به دانش فنی ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها	وضعیت ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها	ساخت کاتالیست‌های نانوساختار جهت حذف عناصر سنگین از پساب نیروگاه‌ها و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو	ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روغن‌های ترانسفورماتور شبکه توزیع نیرو و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۶	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها	ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۷	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها	وضعیت ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها	ساخت نانوذرات PZT مورد استفاده در سنسورهای پیزوالکتریک به کار رفته در نیروگاه‌ها و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۸	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سیکل آب و بخار بویلرهای باز یافت	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار سیکل آب و بخار بویلرهای باز یافت	ساخت مواد افزودنی نانوساختار سیکل آب و بخار بویلرهای باز یافت و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۳۹	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان	وضعیت ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان	ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۰	ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی	وضعیت ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی	ساخت نانوامولسیون‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی نیروگاهی به منظور افزایش راندمان در

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	نیروگاهی به منظور افزایش راندمان در مقیاس نیمه صنعتی	منظور افزایش راندمان در مقیاس نیمه صنعتی	مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۱	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک کن	وضعیت ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک کن	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در آب برج‌های خنک کن و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۲	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها	ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی داغ سوپر هیترها و ری هیترها و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۳	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد	ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی انتهای سرد و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۴	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر	ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور جلوگیری از خوردگی اکونومایزر و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۵	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری	ساخت مواد افزودنی نانوساختار ضد رسوب در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۶	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار حذف کننده O <sub>2</sub> در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار حذف کننده O <sub>2</sub> در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری	ساخت مواد افزودنی نانوساختار حذف کننده O <sub>2</sub> در کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاههای بخاری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۷	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاهها به منظور افزایش راندمان	وضعیت ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاهها به منظور افزایش راندمان	ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاهها به منظور افزایش راندمان و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۴۸	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت	وضعیت ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
۴۹	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه‌صنعتی	وضعیت ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه‌صنعتی	ساخت نانوسیالات مورد استفاده در روغن‌های انتقال حرارت در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۰	دستیابی به دانش فنی ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوفازی مخزن	وضعیت ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوفازی مخزن	ساخت نانوذرات مغناطیسی در تعیین خواص سیالات دوفازی مخزن و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۱	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ نیروگاهی	وضعیت ساخت پوشش‌های نانوساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ نیروگاهی	ساخت پوشش‌های نانوساختار جهت جلوگیری از اتلاف حرارتی در قطعات داغ نیروگاهی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۲	دستیابی به دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ	وضعیت ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ	ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۳	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی	وضعیت ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی	ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی داغ تجهیزات نیروگاهی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۴	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور	وضعیت ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور	ساخت پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار مورد استفاده بر روی پره‌های کمپرسور و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۵	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار بر روی لوله‌های بویلرهای باز یافت	وضعیت ساخت پوشش‌های نانوساختار بر روی لوله‌های بویلرهای باز یافت	ساخت پوشش‌های نانوساختار بر روی لوله‌های بویلرهای باز یافت و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۶	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاههای بخاری	وضعیت ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاههای بخاری	ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در دودکش نیروگاههای بخاری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۷	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در ژانگسترم	وضعیت ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در ژانگسترم	ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در ژانگسترم و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۸	تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در مخازن سوخت	وضعیت ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در مخازن سوخت	ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در مخازن سوخت و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۵۹	توسعه دانش فنی فرآیند	وضعیت فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد	فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی لوله‌های بویلر HRSG	نانوساختار بر روی لوله‌های بویلر HRSG	روی لوله‌های بویلر HRSG و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۰	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانوساختار بر روی پره توربین بخار	وضعیت فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانوساختار بر روی پره توربین بخار	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد کامپوزیتی نانوساختار بر روی پره توربین بخار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۱	توسعه دانش فنی فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی پره توربین گاز	وضعیت فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی پره توربین گاز	فرآیند پوشش‌دهی با استفاده از مواد نانوساختار بر روی پره توربین گاز و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۲	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی	وضعیت ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۳	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت مواد نانوساختار مورد استفاده در فیلترهای نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۴	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی	وضعیت ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی	ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۵	ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت مواد نانوساختار غشاهای فیلترهای مورد استفاده در تصفیه آب و پساب نیروگاهی در مقیاس نیمه صنعتی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۶	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه نانولوله کربنی	وضعیت ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه نانولوله کربنی	ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۷	تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه اکسید تیتانیوم	وضعیت ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه اکسید تیتانیوم	ساخت فیلترهای نانوساختار بر پایه اکسید تیتانیوم و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۸	توسعه دانش فنی فرآیند نانوکاویتاسیون در تصفیه آب	وضعیت فرآیند نانوکاویتاسیون در تصفیه آب	دستیابی به دانش فنی فرآیند نانوکاویتاسیون در تصفیه آب و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۶۹	توسعه دانش فنی استفاده از فیلترهای نانوساختار جهت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	وضعیت فیلترهای نانوساختار جهت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	توسعه دانش فنی استفاده از فیلترهای نانوساختار جهت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	حذف یا کاهش آلاینده‌های زیست محیطی		تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۰	تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی	وضعیت ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی	ساخت کامپوزیت پره توربین بادی با استفاده از نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۱	تدوین دانش فنی ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	وضعیت ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	ساخت مواد و پوشش‌های کامپوزیتی نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۲	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا	وضعیت ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا	ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانو سیلیکا و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۳	تدوین دانش فنی ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله کربنی	وضعیت ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله کربنی	ساخت لایه پیش‌آغشته کامپوزیت پره توربین بادی بر پایه استفاده از نانولوله کربنی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۴	توسعه دانش فنی استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	وضعیت استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی	توسعه دانش فنی استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف توربین بادی و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۵	توسعه دانش فنی ساخت و طراحی توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار	وضعیت طراحی و ساخت توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار	طراحی و ساخت توربین بادی با استفاده از کامپوزیت‌های نانوساختار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۶	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	وضعیت ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	ساخت مواد و لایه‌های آند بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۷	تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	وضعیت ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	ساخت مواد و لایه‌های کاتد بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۸	تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	وضعیت ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار	ساخت مواد الکترولیت بکار رفته در پیل‌های سوختی نانوساختار و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح
۷۹	دستیابی به دانش فنی ساخت مواد نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های	وضعیت ساخت مواد نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های	ساخت مواد نانوساختار بکاررفته در اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های سوختی و تدوین



معیار	شاخص	پروژه	ردیف
گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح	سوختی	اجزاء مختلف جهت افزایش بازدهی پیل‌های سوختی	
ساخت اجزای پیل سوختی با ضخامت نانو جهت کاربرد در پیل‌های سوختی مینیاتوری و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح	وضعیت ساخت اجزای پیل سوختی با ضخامت نانو جهت کاربرد در پیل‌های سوختی مینیاتوری	تدوین دانش فنی ساخت اجزای پیل سوختی با ضخامت نانو جهت کاربرد در پیل‌های سوختی مینیاتوری	۸۰
ساخت مواد نانو ساختار جهت ذخیره سازی هیدروژن و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح	وضعیت ساخت مواد نانو ساختار جهت ذخیره سازی هیدروژن	تدوین دانش فنی ساخت مواد نانو ساختار جهت ذخیره سازی هیدروژن	۸۱
ساخت الکترولایزرهای نانوساختار جهت تولید هیدروژن و تدوین گزارش مربوطه براساس شناسنامه تدوین شده طرح	وضعیت ساخت الکترولایزرهای نانوساختار جهت تولید هیدروژن	تدوین دانش فنی ساخت الکترولایزرهای نانوساختار جهت تولید هیدروژن	۸۲

**فصل دوم**  
**تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی**

## ۱-۲- مقدمه

همان طور در مقدمه اشاره شد، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و به‌روزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه فرایند ارزیابی، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ارائه شده است.

## ۲-۲- ساختار نظارت و به‌روزرسانی

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. مرکز توسعه فناوری نانو می‌تواند بر نحوه اجرای این سند نظارت داشته و بازنگری‌های لازم در سند را انجام داده و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه نماید. این مرکز 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 مرکز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

↔ سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری نانو در

صنعت برق

↔ 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

مرکز توسعه فناوری نانو در پژوهشگاه نیرو تشکیل شده و اعضای اصلی آن عبارت‌اند از:

- نماینده شرکت توانیر
- معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو
- معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو
- سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه فناوری نانو از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس مرکز
- سه نفر از نمایندگان صنعت
- دو نفر از نمایندگان سندیکای صنعت برق ایران در حوزه‌های مرتبط با حکم رئیس مرکز
- دبیر مرکز به انتخاب رئیس مرکز

جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده برای مرکز، لازم است کمیته‌های تخصصی در مرکز تشکیل گردد که هر کمیته وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر ستاد را بر عهده دارند. این کمیته‌ها عبارت‌اند از:

- کمیته آموزش و پژوهش
- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
- کمیته تعامل با صنعت
- کمیته فنی-بازرگانی
- کمیته حقوقی و مناقصات

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده است.

## ۲-۱-۲- شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش

- نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی ساخت مواد، قطعات و تجهیزات مختلف مبتنی بر نانوفناوری در صنعت برق
- پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه نانو فناوری در صنعت برق
- حمایت از برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی
- تدوین برنامه جامع جهت‌دهی به فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نظارت بر اجرای آن
- ایجاد ارتباط بین صنایع مرتبط، دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی مختلف فعال در حوزه نانوفناوری

- حمایت از انتشار نشریه‌های تخصصی در ارتباط با نانوفناوری
- تسهیل ارتباط با ستاد توسعه فناوری نانو و انجمن‌های بین‌المللی نانوفناوری جهت آگاهی از آخرین دستاوردهای این حوزه
- زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی

### ۲-۲-۲- شرح وظایف کمیته تعامل با صنعت

- شناسایی مشکلات دانشگاه‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه نانوفناوری در صنعت برق و کمک به رفع آن‌ها و موانع قانونی موجود
- نظارت بر پروژه‌های تدوین دانش فنی در طراحی و ساخت مواد، قطعات و تجهیزات مختلف مبتنی بر نانوفناوری در صنعت برق
- پیگیری و مدیریت انجام برنامه‌های اطلاع‌رسانی در رابطه با اهمیت نانوفناوری برای صنایع مرتبط
- پایش و ارزیابی مستمر توانمندی بازیگران فعال حوزه نانوفناوری در صنعت برق
- کمک به تأمین مواد، قطعات و تجهیزات مختلف در حوزه نانوفناوری در صنعت برق
- ارزیابی عملکرد دانشگاه‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه نانوفناوری در صنعت برق در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها
- ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌های و نظارت بر صحت انجام کار
- ایجاد سیستم یکپارچه‌ای از اطلاعات مورد نیاز مجریان طرح‌ها برای تسریع فرآیندهای طراحی و ساخت

### ۲-۲-۳- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها

- رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت ارائه تسهیلات گمرکی برای تبادل تجهیزات مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار افزایش سرمایه‌گذاری دولت به سرمایه‌گذاری در حوزه به‌کارگیری نانوفناوری در صنعت برق در مقیاس صنعتی

➤ ارتباط با وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به منظور افزایش حمایت از تحقیق و توسعه در زمینه فناوری نانو در صنعت برق

#### ۲-۲-۴- شرح وظایف کمیته فنی-بازرگانی

- شناسایی موانع به کارگیری فناوری نانو در صنعت برق و رفع موانع آنها
- حمایت از تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مواد، قطعات و تجهیزات مختلف مبتنی بر فناوری نانو
- حمایت از محققان داخلی برای انجام پروژهها در عرصه جهانی
- نظارت بر پروژههای تعریف استانداردها و دستورالعملها
- مشاوره و تأیید نهایی استانداردهای نانوفناوری و تدوین آنها برای استفاده در صنعت برق
- نظارت بر رعایت شدن استانداردها در اجرای پروژههای ساخت مواد، قطعات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری در صنعت برق

- ارزیابی محققین داخلی در حین و بعد از انجام پروژههای طراحی و ساخت
- ارزیابی کیفیت انجام مطالعات فنی-اقتصادی تعریف شده برای مواد، قطعات و تجهیزات مختلف

**تبصره ۱:** مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس مرکز برای کلیه دستگاههای مرتبط لازم الاجرا می باشد.

**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.

#### ۲-۲-۵- شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات

- تهیه و به روزرسانی بانک اطلاعاتی روزانه مناقصات در حوزه نانوفناوری در صنعت برق

➤ تهیه جداول اطلاعات مناقصات به صورت ماهانه و ارسال آن به اعضای انجمن با هدف اطلاع‌رسانی و شفاف‌سازی در

این حوزه

➤ تهیه قراردادهای مختلف برای انجام پروژه‌ها

➤ فعالیت در جهت اصلاح شرایط عمومی و خصوصی پیمان

➤ پیگیری موردی مشکلات و مسائل مربوط به مناقصات و پروژه‌هایی که از سوی اعضای محترم به این کمیته ارجاع داده

خواهد شد به منظور برطرف کردن نواقص احتمالی و یا احقاق حق از اعضا

➤ پیگیری و ایجاد جایگاه حقوقی مناسب برای انجمن از طریق ذیل

- درخواست و پیگیری از قوه قضاییه جهت پذیرش نیاز و به تبع آن آموزش و ایجاد مدرک کارشناس رسمی

دادگستری در صنعت انتقال برق کشور

- سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی و پیگیری جهت طرح مشکلات حقوقی مشابه و مشترک پیمان‌های جاری

شرکت‌های عضو با کارفرمای مشترک و یا کارفرماهای متفاوت

## ۲-۳- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، باید مکانیزمی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همانطور

که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز توسعه فناوری نانو در صنعت برق، نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل

مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده

می‌بایست جلسات منظم (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 مرکز موظف‌اند 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 مرکز موظف است فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه مرتبط با حوزه فناوری نانو در صنعت برق را رصد کند و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید.

با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد. وضعیت پیشرفت براساس میزان تحقق چند شاخص کلیدی مشخص می‌شود. این شاخص‌ها به همراه معیار ارزیابی و زمان ارزیابی هر یک از آن‌ها در جداول (۱-۲) و (۲-۲) نشان داده شده‌اند. در صورت تحقق کمتر از ۵۰٪ هر یک از شاخص‌ها براساس ارزیابی‌های ستاد راهبردی، سند بایستی مورد اصلاح و بازنگری قرار بگیرد.

#### جدول (۱-۲): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق

ردیف	شاخص	معیار
۱	وضعیت منابع مالی مورد نیاز	میزان تحقق اقدامات مربوط به تأمین منابع مالی مورد نیاز برای توسعه فناوری
۲	وضعیت اقدامات آگاه‌سازی	میزان تحقق اقدامات مربوط به ترویج و آگاه‌سازی
۳	وضعیت بستر قانونی و فنی	میزان تحقق اقدامات مربوط به ایجاد زیرساخت فنی و قانونی
۴	وضعیت فعالیت‌های تحقیقاتی و توسعه دانش فنی	میزان تحقق اقدامات فنی و غیر فنی مربوط به توسعه دانش فنی فناوری نانو در صنعت برق
۵	وضعیت بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق	میزان تحقق اقدامات مربوط به توسعه بازار و تجاری‌سازی محصولات مبتنی بر نانو در سطح صنعت برق

#### جدول (۲-۲): زمان‌های ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق

ردیف	شاخص	سال شروع ارزیابی
۱	وضعیت منابع مالی مورد نیاز	۱۳۹۵
۲	میزان فعالیت‌های آگاه‌سازی و ترویج	۱۳۹۶
۳	وضعیت زیرساخت قانونی و فنی	۱۳۹۷
۴	وضعیت فعالیت‌های تحقیقاتی و توسعه دانش فنی	۱۳۹۸
۵	وضعیت تجاری‌سازی محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق	۱۴۰۰

همچنین مرکز بر اساس میزان تحقق معیارهای مربوط به هر یک از شاخص‌ها در مورد اصلاح و بازنگری سند تصمیم‌گیری می‌کند. جدول (۳-۲) بر اساس میزان درصد تحقق معیارها نوع تصمیم‌گیری درباره ادامه پیشرفت سند را مشخص می‌کند.



کند. در جدول (۲-۴) نیز معیار ارزیابی شاخص‌های کلان سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ارایه شده است.

**جدول (۲-۳): نحوه تصمیم‌گیری درباره پیشرفت سند بر اساس میزان تحقق معیارها**

ردیف	میزان تحقق معیارها	نوع تصمیم
۱	کمتر از ۳۰ درصد	بازنگری سند
۲	بین ۳۰ تا ۷۰ درصد	ایجاد اصلاحات عمده در سند
۳	۷۰ تا ۹۰ درصد	ایجاد اصلاحات جزئی در سند
۴	بالتر از ۹۰ درصد	ادامه روند پیشرفت سند

**جدول (۲-۴): معیار ارزیابی شاخص‌های کلان سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق**

معیار ارزیابی	۳۰-۰ درصد	۷۰-۳۰ درصد	۹۰-۷۰ درصد	بالای ۹۰ درصد
اقدامات مورد نیاز برای بازنگری و یا تجدیدنظر در اجرای سند	تصمیم‌گیری درباره اجرای سند از سوی ستاد راهبری	بازنگری کلی	بازنگری جزئی	تأیید و ادامه اجرای سند

با توجه به این که وزن شاخص‌های ارزیابی یکسان نیست، وزن دهی شاخص‌ها بعد از اجرای طرح صورت می‌گیرد.

## نتیجه گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق" به تدوین برنامه ارزیابی و به روزرسانی این سند می پردازد. در این مرحله باید مشخص شود که چه افرادی در چه ساختاری و براساس چه شاخص ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص هایی در سطح کلان (چشم انداز و اهداف) و در سطح خرد (اقدامات غیرفنی و فنی) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. برای این کار اعضای اصلی مرکز ملی توسعه فناوری نانو در صنعت برق، کمیته های این مرکز شامل کمیته آموزش و پژوهش، کمیته تعامل با تولیدکنندگان، کمیته ارتباط با دولت، کمیته فنی و بازرگانی و کمیته استانداردها تعیین و وظایف هر یک از کمیته ها مشخص گردید. در نهایت تعیین شد که این مرکز در بازه های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند براساس شاخص های 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.

## فهرست مراجع

۱- روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فن‌آوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم، پژوهشگاه نیرو، آذر

۱۳۹۲

