NRI-ER-1195-PDNPN02--2-01-F

رصد علم و فناوری نانو در حوزه برق و انرژی



مدیر پروژه : حسین کوهانی

کارفرما: پژوهشگاه نیرو

(مرکز توسعه فناوری نانو در صنعت برق)

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

DOI: 10.30503/nripress.2020.260



DOI: 10.30503/nripress.2020.260

رصد علم و فناوری نانو در حوزه برق و انرژی

مدیر پروژه: حسین کوهانی

همکار/همکاران پروژه:

علی مهدیخانی

اشکان ذوالریاستین

فاطمه دبیر

مهرنوش هور

نازنین عبدی

مجری: نسترن ریاحی نوری

انتشارات پژوهشگاه نیرو

۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: *NRI-ER-1195-PDNPN02--2-01-F*

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. مرکز توسعه فناوری نانو

رصد علم و فناوری نانو در حوزه برق و انرژی/ حسین کوهانی کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۴۰۱.

۲۲۰ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. نام خانوادگی، نام، همکار/همکاران پروژه. علی مهدیخانی، اشکان ذوالریاستین، فاطمه دبیر، مهرنوش هور و نازنین عبدی ۲. نام خانوادگی، نام، مجری.نسترن ریاحی نوری ۳. نام سازمان، کارفرما. پژوهشگاه نیرو ۴. محور/ محورهای اصلی پروژه.نانو فناوری

انتشارات پژوهشگاه نیرو
مرکز توسعه فناوری نانو

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: **تهران،شهرک‌غرب،انتهای‌بلوارشهیددادمان،پژوهشگاه‌نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳**
تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱
نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶
وبگاه: *www.nri.ac.ir*
پست الکترونیک انتشارات: *publications@nri.ac.ir*

فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب حسین کوهانی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب و همکاران به شرح زیر است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

همکاران :

۱. علی مهدیخانی
۲. اشکان ذوالریاستین
۳. فاطمه دبیر
۴. مهرنوش هور
۵. نازنین عبدی

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

پیشگفتار:

بحث رصد علم، فناوری و نوآوری و سنجش و ارزیابی شاخص‌های آن، امروزه به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران حوزه علم، فناوری و نوآوری در جهان تبدیل شده است. بسیاری از سیاست‌گذاران به دنبال آن هستند تا با رصد دقیق و به دست آوردن داده‌های به روز و متقن در هریک از شاخص‌های علم، فناوری و نوآوری، سیاست‌گذاری‌های خود را تقویت نموده و یا به عبارت دیگر بتوانند سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد انجام دهند. علاوه‌براین، رصد علم، فناوری و نوآوری از مهم‌ترین ابزارهای آسیب‌شناسی و ارزیابی سیاست‌های قبلی و حال حاضر حوزه علم، فناوری و نوآوری است که سیاست‌گذاران را در جهت شناسایی معضلات، تعارضات و چندگانگی سیاست‌ها به طور جدی یاری می‌دهد.

رصد علم، فناوری و نوآوری با سایر حوزه‌ها نیز ارتباط تنگاتنگی دارد، به طور مثال بررسی و ارزیابی اقتصاد دانش بنیان که از مهم‌ترین اولویت‌های کشور است، همبستگی تنگاتنگی با رصد علم، فناوری و نوآوری دارد. علاوه‌براین امروزه نهادهای معتبر جهانی مانند اتحادیه اروپا، از رصد علم، فناوری و نوآوری برای تدوین سیاست‌های توسعه منطقه‌ای خود بهره می‌برند؛ در واقع سیاست‌های توسعه منطقه‌ای اتحادیه اروپا، امروزه بر پایه نوآوری بنیان نهاده می‌شود که یکی از مهم‌ترین روش‌های شناسایی قابلیت‌های هر منطقه، رصد وضعیت شاخص‌های علم، فناوری و نوآوری آن منطقه است.

اهمیت فراوان رصد علم، فناوری و نوآوری سبب شده است تا سازمان‌های مهم بین‌المللی همانند یونسکو، آنکتاد، سازمان جهانی مالکیت فکری و ... هر کدام با ورود به عرصه جمع‌آوری و انتشار داده‌های علم، فناوری و نوآوری، گام‌های مهمی جهت ارائه تصویر روشن از وضعیت علم، فناوری و نوآوری در کشورهای مختلف دنیا بردارند.

در کشور ایران نیز، سازمان‌ها و نهادهای مختلفی همانند مجمع تشخیص مصلحت نظام، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، شورای عالی انقلاب فرهنگی و ... هریک به تبع ماموریت‌ها و وظایف خود، توجه ویژه‌ای به رصد علم، فناوری و نوآوری دارند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: ۱۰

رصد دستاوردهای علمی و پژوهشی ۱۰

۱-۱- مقدمه ۱۱

۱-۲- رصد دستاوردهای علمی و پژوهش های دانشگاه ها و پژوهشکده ها در زمینه سه طرح نانو (طرحهای تولید، توزیع و انتقال) ۱۳

۱-۲-۱- چشم‌انداز صنعت برق و انرژی تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۱۶

۱-۲-۲- چشم‌انداز صنعت برق جهان ۱۷

۱-۲-۴- شبکه انتقال و توزیع ۸۹

۱-۲-۵- حوزه مصرف ۱۰۷

۱-۳- بررسی چرایی تمرکز بر روی این طرح ها در دنیا و بررسی زیرساخت های صنعتی کشورها، میزان منابع طبیعی، جهت گیری ها و رویکردهای صنعتی، علمی و پژوهشی (در زمینه هر سه طرح نانو) ۱۲۴

۱-۳-۱- آمریکا ۱۲۴

۱-۳-۲- ژاپن ۱۲۵

۱-۳-۳- کره ۱۲۶

۱-۳-۴- روسیه ۱۲۶

۱-۳-۵- کانادا ۱۲۶

۱-۳-۶- ایران ۱۲۷

فصل دوم: ۱۲۹

۲-۱- برون یابی مسیرهای پژوهشی توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی ۱۳۰

۲-۱-۲- نقش فناوری نانو در مسائل اقتصادی ۱۳۱

۲-۱-۳- نقش فناوری نانو در مسائل زیست محیطی و شرایط اقلیمی ۱۳۲

۲-۱-۴- نقش فناوری نانو در مسائل سیاسی و اجتماعی ۱۳۵

۲-۲- تحلیل تاثیر متقابل عوامل تاثیرگذار بر یکدیگر ۱۳۶

۲-۲-۱- بازیگران ۱۳۶

۲-۲-۲- نهادها ۱۳۷

۲-۲-۳- زیرساخت ۱۳۸
۲-۲-۴- روابط و شبکه‌ها ۱۳۸
۲-۲-۵- انواع نقش‌ها ۱۴۲
۲-۲-۶- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۴۴
۲-۲-۷- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود ۱۴۵
۲-۲-۸- تخصیص متولیان اقدامات ۱۴۹
فصل سوم: ۱۵۴
۳-۱- بررسی قابلیت های انسانی، ظرفیت ها و توانمندی های طبیعی کشور، سیاست گذارهای کلان کشور در حوزه صنعت و فناوری ۱۵۵
۳-۱-۲- مدل راهبردی رصد همه جانبه ۱۵۶
۳-۱-۳- برنامه ریزی و سیاست گذاری ۱۵۶
۳-۱-۴- مسایل اقتصادی ۱۵۷
۳-۱-۵- مباحث حقوقی مرتبط با فناوری نانو ۱۵۷
۳-۱-۶- بررسی مدل ها و ترسیم فضای فعالیت های مرتبط با رصد فناوری ۱۵۸
۳-۱-۷- توسعه فناوری نانو در صنعت برق کشور ۱۶۰
۳-۱-۸- سیاستهای حمایتی از صنایع نانو در برنامه چهارم توسعه ۱۶۳
۳-۲- نگاشت چشم انداز با توجه به سناریوهای پیش رو ۱۶۴
۳-۲- ترسیم ره نگاشت ۱۶۴
فصل چهارم: ۱۷۴
۴-۱-پیمودن گام های معکوس از آینده مطلوب تا تحقق خواسته ها ۱۷۵
۴-۱-۱- تعریف انتقال تکنولوژی ۱۷۶
۴-۱-۲- راهکارهای انتقال تکنولوژی ۱۷۷
۴-۱-۳- مهندسی معکوس ۱۷۷
۴-۲- بررسی چالش ها و راه های مقابله و تدوین سناریوهای نهایی در زمینه سه طرح نانو در حوزه برق و انرژی ۱۸۱
۴-۲-۱- مدل ارزیابی نیازمندیهای تکنولوژی ۱۸۱
۴-۲-۲- چالش های موجود ۱۸۱
۴-۲-۳- مدل ارزیابی سطوح توانمندی فناوری بخشی ۱۸۲
۴-۲-۴- محرک ها و شرایط نهادی ۱۸۳

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۴-۲-۵- سیاستها، اولویتها و راهبردهای نانوفناوری ۱۸۴
۴-۲-۶- آینده نگاری نانوفناوری ۱۸۴
۴-۲-۷- قطب بندی مراکز علمی ۱۸۵
۴-۲-۸- سرمایه گذاری در حوزه نانوفناوری ۱۸۵
۴-۲-۹- تقسیم بندی مراکز نوآوری و کارآفرینی نانو بر اساس حوزه های تخصصی آن ۱۹۵
۴-۲-۱۰- نقش حقوق در توسعه فناوری نانو ۱۹۶
۴-۲-۱۱- ریسک و مدیریت آن ۱۹۷
۴-۲-۱۲- تجاری سازی فناوری نانو ۱۹۷
۴-۲-۱۳- مدل های کسب و کار ۱۹۹
۴-۲-۱۴- جمع بندی راهبردهای پیشنهادی در حوزه نانوفناوری ۲۰۲
منابع و مراجع: ۲۰۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

شکل (۱-۱) : پیش‌بینی افزایش تقاضای برای تامین انرژی در بخش‌های مختلف به نقل از آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) ۱۴

شکل(۱-۲) : پیش‌بینی افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در تولید برق جهانی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به نقل از آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) ۱۵

شکل (۱-۳) : کشورهای جهان از لحاظ تولید علم در زمینه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت برق و انرژی ۱۸

شکل (۱-۴) : دانشگاه های جهان از نظر تعداد مقالات منتشره در زمینه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت برق و انرژی ۱۸

شکل (۱-۵) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی ۲۲

شکل (۱-۶) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی ۲۲

شکل (۱-۷) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی..... ۲۲

شکل (۱-۸) : کاربرد های مهم فناوری نانو در اجزای یک نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۲۴

شکل (۱-۹) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین..... ۲۶

شکل (۱-۱۰) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین ۲۶

شکل (۱-۱۱) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین..... ۲۷

شکل (۱-۱۲) : نمونه ای از پوشش های بکار رفته در توربین های گازی بر حسب دمای کاری ۲۸

شکل (۱-۱۳) : شیب حرارتی در ضخامت پوشش سد حرارتی [۴۷]..... ۳۰

شکل (۱-۱۵) : رده بندی دانشگاههای کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در TBC ها ۳۱

شکل (۱-۱۶) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در TBC ها..... ۳۱

شکل (۱-۱۷) : شماتیک تخریب سطحی پره های کمپرسور توربین گازی در اثر برخورد با ذرات ساینده ۳۳

شکل(۱-۱۸) : مقایسه عملکرد یک پره کمپرسور بدون پوشش با پره پوشش داده شد ه با نانوساختار نیترید تیتانیوم..... ۳۵

شکل(۱-۱۹) : نمونه‌هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها..... ۳۸

شکل (۱-۲۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس ها..... ۳۹

شکل (۱-۲۱) : رده بندی دانشگاههای کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس ها..... ۳۹

شکل (۱-۲۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس ها..... ۴۰

شکل (۱-۲۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریک ها..... ۴۳

شکل (۱-۲۴) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریکها ... ۴۴

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

شکل (۱-۲۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریکها..... ۴۴
شکل (۱-۲۶) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاه ها..... ۴۶
شکل (۱-۲۷) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاهها ۴۷
شکل (۱-۲۸) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاه ها ۴۷
شکل (۱-۲۹) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق ۴۸
شکل (۱-۳۰) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق ۴۸
شکل (۱-۳۱) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق..... ۴۹
شکل (۱-۳۲) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر هوای ورودی توربین..... ۵۰
شکل (۱-۳۳) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر هوای ورودی توربین..... ۵۱
شکل (۱-۳۴) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق..... ۵۴
شکل (۱-۳۵) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق..... ۵۴
شکل (۱-۳۶) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق..... ۵۴
شکل (۱-۳۷) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار ۵۵
شکل (۱-۳۸) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار ۵۶
شکل (۱-۳۹) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار... ۵۶
شکل (۱-۴۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی. ۶۴
شکل (۱-۴۱) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی ۶۵
شکل (۱-۴۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی ۶۵
شکل (۱-۴۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه..... ۶۷

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

شکل (۱-۴۴) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه ۶۷

شکل (۱-۴۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه ۶۸

شکل(۱-۴۶) : ساختار شماتیک محفظه احتراق کاتالیستی [۴۲]..... ۷۰

شکل (۱-۴۷) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه های آبی..... ۷۲

شکل (۱-۴۸) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه های آبی۷۲

شکل (۱-۴۹) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه های آبی . ۷۳

شکل (۱-۵۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژیهای تجدیدپذیر ۷۴

شکل (۱-۵۱) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژیهای تجدیدپذیر ۷۴

شکل (۱-۵۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژیهای تجدیدپذیر ۷۵

شکل (۱-۵۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول های خورشیدی ۸۱

شکل (۱-۵۴) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول های خورشیدی ۸۲

شکل (۱-۵۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول های خورشیدی ۸۲

شکل (۱-۵۶) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد ۸۳

شکل (۱-۵۷) : رده بندی دانشگاه های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد ۸۳

شکل (۱-۵۸) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد..... ۸۴

شکل (۱-۵۹): نمایی از یک پیل سوختی ۸۶

شکل (۱-۶۰) : نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل های سوختی SOFC..... ۸۷

شکل (۱-۶۱) : الکترود باطری لیتیمی با چگالی توان و چگالی انرژی بالا..... ۹۴

شکل (۱-۶۲) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره ها..... ۹۷

شکل (۱-۶۳) : رده بندی دانشگاههای کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره ها..... ۹۷

شکل (۱-۶۴) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره ها..... ۹۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

شکل(۱-۶۵): وریستورهای اکسید روی ولتاژ بالا ۱۰۰
شکل (۱-۶۶): مدل ریزساختاری وریستورهای اکسید روی و الکترودها ۱۰۱
شکل(۱-۶۷): مقطع برق‌گیر الکتریکی شامل قرص های وریستور اکسید روی و پوشش سرامیکی ۱۰۲
شکل (۱-۶۸) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن ۱۰۴
شکل (۱-۶۹) : رده بندی دانشگاههای کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن ۱۰۵
شکل (۱-۷۰) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن ۱۰۵
شکل (۱-۷۱) : ساختار کریستالیYBCO ۱۰۶
شکل (۱-۷۲) : موارد کاربردی نانسولیت ها ۱۱۰
شکل (۱-۷۳) : لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار ۱۱۱
شکل (۱-۷۴) : عملکرد شیشه‌های Low-E ۱۱۲
شکل (۲-۱) : سهم منابع انرژی مختلف در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۱۳۳
شکل (۲-۲) : برنامه توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر ۱۳۴
شکل (۲-۳) : ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۴۸
شکل (۳-۱): الگوی انجام اقدامات فنی و غیر فنی سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۶۶
شکل (۳-۲): نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۶۷
شکل (۳-۳): ره نگاشت مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک بازه های زمانی ۱۶۸
شکل (۳-۴): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی پیشبرد فعالیت های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندیهای فناورانه و تربیت نیروی انسانی ۱۶۹
شکل (۳-۵): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۷۰
شکل (۳-6): ره نگاشت 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 ۱۷۱
شکل (۳-7): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاریسازی و افزایش همکاریهای تجاری ۱۷۲
شکل (۴-۱) : فرآیند انتقال تکنولوژی ۱۷۶
شکل (۴-۲) : فرایند تولید محصول در روش مهندسی مستقیم ۱۷۹
شکل (۴-۳) : فرایند تولید محصول در روش مهندسی معکوس ۱۷۹

شکل (۴-۴) : زنجیره تامین کنندگان مالی ۱۹۴
شکل (۴-۵) : مدل ساده فرایند تجاری سازی فناوری نانو ۱۹۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) : موضوعات کلان اولویت دار نانو ۱۹
جدول (۱-۲): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور تولید ۱۱۵
جدول (۱-۳) : شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور انتقال و توزیع ۱۱۷
جدول (۱-۴) : شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور مدیریت مصرف ۱۱۹
جدول (۱-۵): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه تولید ۱۲۱
جدول (۱-۷) : عناوین کاربردی نانوفناوری درحوزه مصرف ۱۲۳
جدول (۲-۱) : ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۱۴۰
جدول (۲-۲) : نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۴۶
جدول (۲-۳) : متولیان اقدامات غیر فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق ۱۴۹
جدول (۴-۱) : وجوه تمایز بین مهندسی معکوس با مهندسی مستقیم ۱۷۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

فصل اول:

رصد دستاوردهای علمی و پژوهشی

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۱- مقدمه

امروزه فناوری نانو بعنوان موج چهارم انقلاب صنعتی و منشا تحولات فناورانه، در تمامی بخش‌ها و گرایش‌های علمی راه یافته و از جمله فناوری‌های نوینی است که با سرعت هر چه تمام‌تر در حال توسعه می‌باشد.

در ایران نیز با توجه به روند جهانی، توجه به فناوری نانو از ابتدای دهه ۱۳۸۰ شروع شد و در ادامه نیز در راستای توسعه آن، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌هایی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تدوین سند توسعه ده ساله فناوری نانو و مطرح شدن این فناوری بعنوان یکی از فناوری‌های اولویت‌دار در چشم‌انداز علم و فناوری کشور اشاره کرد. از جمله این سند ها میتوان به سند توسعه فناوری نانو در صنعت برق در پژوهشگاه نیرو اشاره نمود. اکنون پس از گذشت چندین سال از شروع سیاست‌گذاری در این حوزه و با توجه به اهمیت بالای توسعه فناوری نانو در بخش‌های مختلف، ضرورت درک صحیح از چالش‌ها و مشکلات حوزه فناوری نانو بمنظور تسهیل در فرآیند تجاری‌سازی محصولات مبتنی بر این فناوری و ارائه آن‌ها به بازار بیش از پیش احساس می‌شود.

مهم‌ترین گام در فرآیند تجاری‌سازی فناوری نانو، شناسایی محصولات جدید و فناوری‌های نوظهور عرضه شده و کسب آگاهی از روند توسعه فناوری است که تحت عنوان "رصد فناوری" به آن پرداخته می‌شود.

هدف از "رصد فناوری" پایش و تحت نظر داشتن فضای فناوری جهت شناسایی و معرفی فناوری‌های جدید یا تغییرات احتمالی در روند توسعه فناوری‌های کنونی است. با توجه به فاصله موجود بین کشورهای صاحب یک فناوری نوین با دیگر کشورها، این امکان برای کشورهای پذیرنده فناوری وجود دارد که با رصد همه‌جانبه تحولات و روند رشد فناوری، کاربردها و چالش‌های حاصل از این فرآیند با استفاده از ابزارهای گوناگون تحلیل و پیش‌بینی، نماهای نزدیک و دور فناوری مورد مطالعه را در کشور پذیرنده ترسیم نمایند.

موضوع بکارگیری فناوری نانو در صنعت برق بعنوان یکی از صنایع مادر، مورد توجه بسیاری از کشورها واقع شده و سرمایه‌گذاری‌های کلانی در این باره صورت گرفته است، چرا که این قابلیت و توانایی را دارد که بازده مصرف انرژی، تولید و ذخیره‌سازی آن را به میزان چشمگیری بهبود بخشد. در نتیجه یکی از حوزه‌هایی که فناوری نانو می‌تواند نقش مهمی در توسعه آن ایفا کند، حوزه برق و انرژی است که صرف بودجه در جهت تحقیق و توسعه در این حوزه در صورت هدفمند بودن، در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری گردد. اما برنامه‌ریزی بدون مطالعات آینده‌پژوهی و رصد فناوری، اتلاف انرژی و سرمایه را در پی خواهد داشت.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

در این راستا گزارش حاضر تحت عنوان "رصد توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی" بمنظور بررسی بازار جهانی فناوری نانو در حوزه برق و انرژی و تعیین پتانسیل‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های موجود در بهره‌گیری از فناوری نانو در این حوزه در دستور کار مرکز توسعه فناوری نانو پژوهشگاه نیرو قرار گرفت. در این گزارش در ابتدا به مطالعه و رصد علمی در زمینه فعالیت‌های صورت گرفته در سطح جهان و همچنین چشم‌انداز پیش‌رو در راستای تولید محصولات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق و انرژی پرداخته و در ادامه بر مبنای اطلاعات استخراج شده از طریق گزارشات معتبر، به بررسی و تحلیل توسعه بازار جهانی و رشد سرمایه‌گذاری‌های فعلی و پیش‌بینی شده پرداخته خواهد شد.

بطور کلی هدف گزارش حاضر را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- مروری بر ادبیات نانو در حوزه برق و انرژی
- تجزیه و تحلیل رویکرد کشورهای پیشرو در فناوری نانو در حوزه برق و انرژی
- تجزیه و تحلیل بازار جهانی فناوری نانو در حوزه برق و انرژی
- بررسی مسائل، چالش‌ها و راهکارهای مرتبط با فناوری نانو در حوزه برق و انرژی

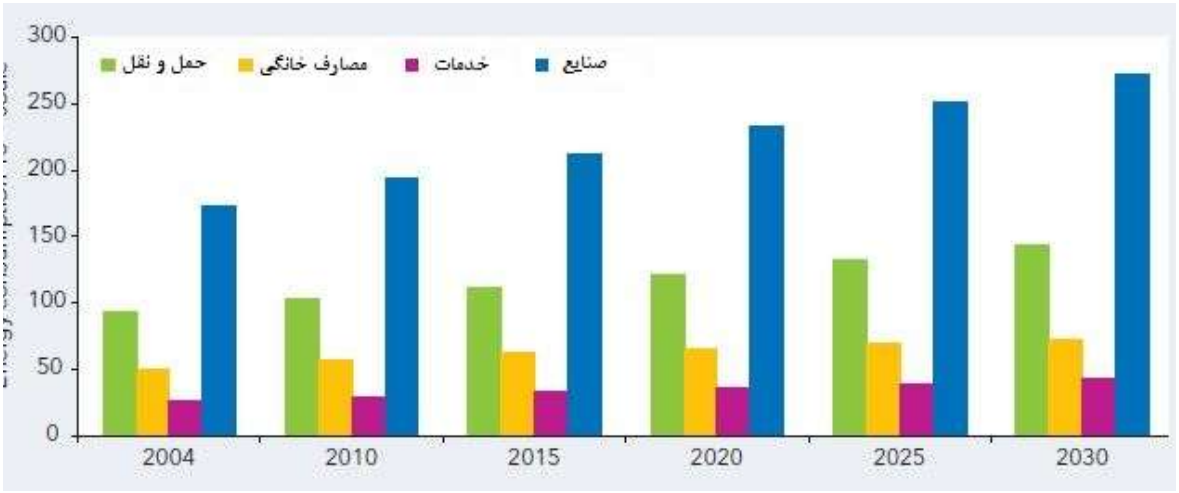
DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲- رصد دستاوردهای علمی و پژوهش‌های دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها در زمینه سه طرح نانو (طرح‌های تولید، توزیع و انتقال)

در تهیه این گزارش و بمنظور جستجوی جامع و کامل مطالب مربوط به کاربرد فناوری نانو در بخش صنعت برق و انرژی و همچنین رصد محصولات و روند انجام پژوهش‌ها در این حوزه، از گزارش‌های سالیانه، گزارش‌های تحلیلی، مجموعه مقالات کنفرانس‌ها، بانک‌های اطلاعاتی، نقشه راه آژانس بین‌المللی انرژی، پروژه‌های وزارت انرژی آمریکا (DOE) و همچنین فعالیت‌ها و دستاوردهای ستادهای نانوفناوری کشورهای پیشرفته همچون آمریکا، روسیه، چین، ژاپن و کشورهای اروپایی، بعنوان منابع اطلاعاتی استفاده شده است.

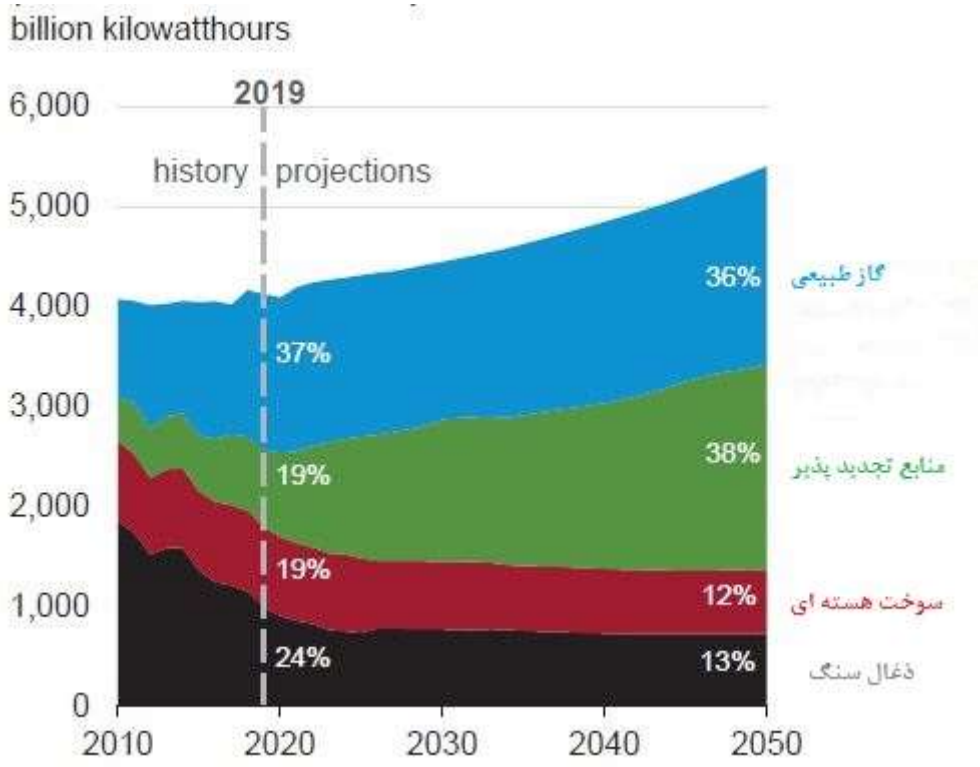
همچنین بمنظور ارائه اطلاعات آماری و اطلاعات آنالیزی از بازار محصولات مورد اشاره مبتنی بر فناوری نانو در حوزه برق و انرژی و تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی این بازار، از گزارش مرکز تحقیقات BCC Research ارائه شده در سال ۲۰۱۹ استفاده شده است. لازم بذکر است که مرکز تحقیقات BCC Research بعنوان مرکزی معتبر در زمینه ارائه ریپورتهای بازار در دنیا مطرح است که سالانه بیش از ۳۰۰ گزارش بازار منتشر می‌کند. این گزارش‌ها شامل ۵ سال پیش‌بینی بازار فناوری‌های جدید همراه با اطلاعات آماری از بازار و توسعه بین‌المللی در ارتباط با آن بازار است.

انرژی بعنوان موتور محرکه توسعه نقش قابل‌توجهی در پیشبرد رشد اقتصادی دارد. امروزه با پیشرفت صنایع در بخش‌های مختلف کشورها و همچنین گسترش روز افزون سبک زندگی مدرن، تقاضای جهانی برای تامین انرژی بطور مداوم در حال افزایش است و طبق پیش‌بینی‌های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) تا سال ۲۰۳۰ میلادی، نیاز جهانی برای تامین انرژی در بخش‌های گوناگون از جمله مصارف صنعتی، خانگی، خدماتی و ... سالانه بطور تقریبی ۱/۲ ٪ افزایش خواهد یافت (شکل(۱-۱). در این میان رشد تقاضا در کشورهای در حال توسعه بیشتر خواهد بود. در حال حاضر سهم عمده تامین انرژی در جهان از طریق روش‌های سنتی (سوخت‌های فسیلی) انجام می‌گیرد. این در حالی است که منابع این سوخت‌ها تجدیدناپذیر بوده و در دهه‌های آینده رو به اتمام خواهند رفت و قادر به تامین انرژی در دراز مدت نخواهند بود. ضمن اینکه تولید انرژی از طریق سوخت‌های فسیلی دارای تلفات انرژی بسیاری بوده و منبع مهم انتشار گازهای گلخانه‌ای و عامل اصلی تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی بشمار می‌رود. در نتیجه با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و افزایش روز افزون جمعیت و بدنبال آن افزایش نیاز بشر به انرژی جهت تامین نیازهای خود در این دنیای صنعتی، یافتن منابع انرژی پایدار، قابل اطمینان و زیست‌سازگار، چالش اصلی است که دانشمندان و محققان امروزه با آن روبرو هستند.



شکل (۱-۱) : پیش‌بینی افزایش تقاضای برای تامین انرژی در بخش‌های مختلف به نقل از آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)

بازیابی انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده و ...) نیازمند تغییرات اساسی در طراحی سیستم‌های تامین انرژی و تدوین برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و کلان در حوزه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای بهره‌وری انرژی است. بر این اساس طبق گزارشات آژانس بین‌المللی انرژی تا سال ۲۰۵۰ میلادی، سهم عمده تولید برق در جهان از طریق منابع تجدیدپذیر تامین خواهد شد (شکل(۱-۲).



شکل(۱-۲) : پیش‌بینی افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در تولید برق جهانی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به نقل از آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)

بنابراین بررسی و شناخت منابع تجدیدپذیر انرژی و استفاده از علوم و فناوری‌های نوین در بهره‌برداری از منابع، ارتقای ظرفیت تولید و در نهایت بهبود کیفیت زندگی مردم، از اهمیت بالایی برخوردار است. از نظر کارشناسان و متخصصین در خط مقدم این فناوری‌ها، فناوری نانو قرار گرفته است. ماهیت فرارشته‌ای فناوری نانو بعنوان توانمندی تولید مواد، ادوات و سیستم‌های جدید با دقت اتم و مولکول، موجب تعریف کاربردهای بسیاری در عرصه‌های مختلف علمی و صنعتی شده است.

یکی از بخش‌های مهمی که با استفاده از فناوری نانو امکان تامین نیازهای صنعت با خواص بهتر در کنار کاهش تلفات و هزینه‌ها وجود دارد، صنعت برق است. این خواص می‌تواند شامل خواص مکانیکی، شیمیایی، اپتیکی، حرارتی و الکتریکی باشد. به همین منظور در سال‌های اخیر تحقیقات و سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در کاربردهای فناوری نانو و استفاده از نانو مواد در حوزه برق و انرژی در کشورهای پیشرفته و پیشرو نظیر آمریکا، ژاپن، کشورهای اروپایی، استرالیا، کانادا، چین، کره و ... صورت گرفته است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که فناوری نانو پتانسیل‌های منحصربفردی برای پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه تامین انرژی دارد و در آینده‌ای نزدیک نقش کلیدی در تامین انرژی پایدار و پاک خواهد داشت که در ادامه این گزارش بصورت تفصیلی به آن پرداخته خواهد شد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۱- چشم‌انداز صنعت برق و انرژی تا سال ۲۰۵۰ میلادی

پیشرفت روزافزون تکنولوژی و نیز رشد فزاینده جمعیت، موضوع انرژی و آینده آن را به مسئله‌ای مهم و قابل‌توجه برای جامعه جهانی تبدیل کرده است. با شناخت از این موضوع، بشر به فکر مقابله با آن و جلوگیری از نتایج وخیم آن افتاد بطوریکه طی سال‌های اخیر کشورهای مختلفی در سرتاسر دنیا مطالعات و بررسی‌های خود را برای تعیین مسیر و نقشه‌راه انرژی گسترش دادند. آمریکا از نخستین کشورهایی بود که فعالیت خود را در این زمینه آغاز کرد.

صنعت برق جهان امروز با چالش‌های جدی مواجه است. جهان بسمت دیجیتال شدن پیش می‌رود و این مهم نیازمند برق بیشتر و البته با کیفیت بالاتر است. از طرفی انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر فعالیت‌های بشر، محیط‌زیست را به خطر انداخته است. همچنین با وجود گسترش روزافزون مصرف برق، هنوز بسیاری از مردم جهان به برق دسترسی ندارند یا دسترسی آن‌ها بسیار محدود است. در این راستا موسسه تحقیقات برق آمریکا (EPRI)، اولویت‌های صنعت برق جهان را در نیمه نخست قرن ۲۱ بر سه اصل زیر متمرکز می‌داند:

- تولید و توزیع برق با کیفیت برای پاسخ به نیازهای جامعه دیجیتال

- ترکیب بهینه سبد روش‌های تولید انرژی با بهره‌گیری از انرژی‌های پاک

- برق برای همه، با مصرف سرانه حداقل ۱۰۰۰ کیلووات ساعت تا سال ۲۰۵۰ میلادی.

در این پژوهش سعی شده است که به اولویت‌های صنعت برق در دو افق زمانی ۲۰۲۵ میلادی و ۲۰۵۰ میلادی پرداخته شود. چشم انداز ۲۰۲۵ صنعت برق جهان بر "حداکثر کردن ارزش افزوده برق" متمرکز است و چشم‌انداز ۲۰۵۰ نیز به موضوع "برق رسانی همگانی" می‌پردازد. تحقق این دو چشم‌انداز مستلزم تدوین نقشه‌راه است. به همین منظور بسیاری از کشورها نسبت به تدوین نقشه‌راه صنعت برق خود اقدام کرده‌اند. بطور کلی موضوعات استراتژیک صنعت برق جهان را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- هوشمندسازی شبکه
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود راندمان نیروگاه‌های موجود
- ترکیب بهینه سبد تولید

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

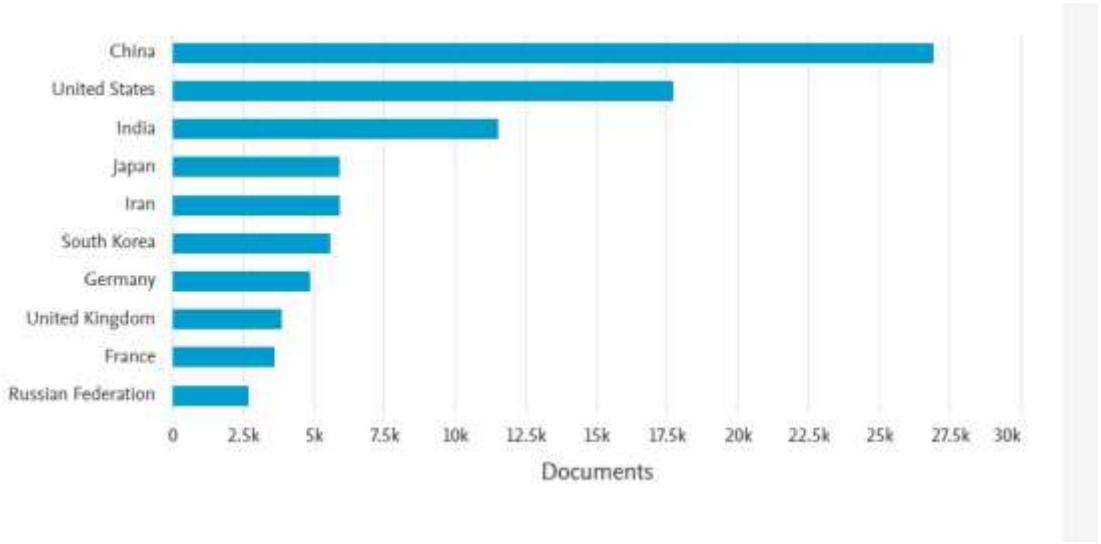
- مدیریت مصرف و بهبود بهره‌وری
- توسعه حمل و نقل بر پایه برق

۱-۲-۲- چشم‌انداز صنعت برق جهان

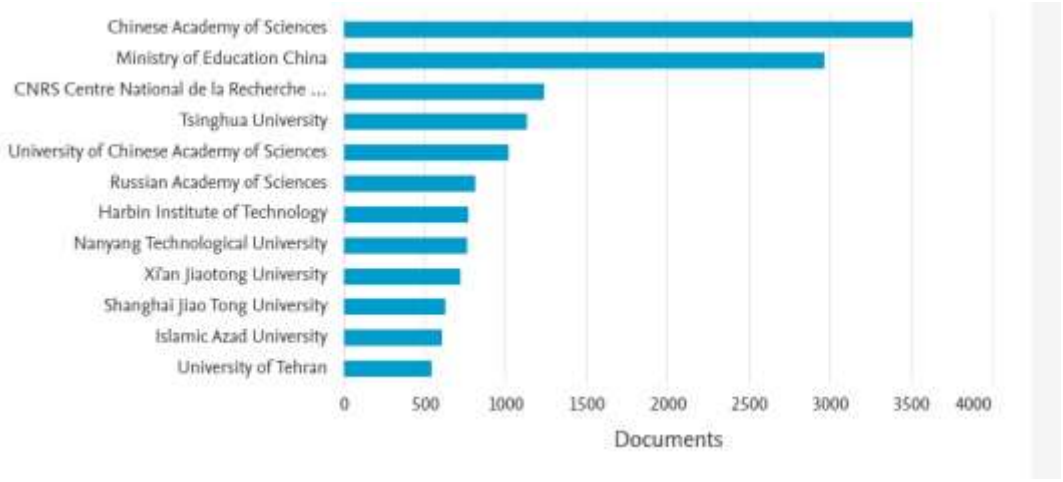
هدف اصلی در افق زمانی ۲۰۲۵، "حداکثر کردن ارزش افزوده برق" است. این چشم‌انداز بر سه محور «پاسخگویی به نیازهای جامعه دیجیتال»، «بهبود بهره‌وری» و «افزایش قابلیت اطمینان» استوار شده است. توجه به این سه عامل دستاوردهای بزرگی برای اقتصاد جهان خواهد داشت. پیش‌بینی‌ها حاکی است که تنها در کشور آمریکا با بهبود بهره‌وری حاصل از اجرای نقشه‌راه صنعت برق، حدود ۴۰۰۰ میلیارد دلار به تولید ناخالص داخلی آمریکا در سال ۲۰۲۵ افزوده خواهد شد.

هدف اصلی در افق زمانی ۲۰۵۰، "برق رسانی همگانی" است. با وجود توسعه روزافزون برق در ۱۰۰ سال گذشته، هنوز بسیاری از مردم جهان به برق دسترسی ندارند. اکنون بیش از ۴ میلیارد نفر از جمعیت جهان از نعمت برق محروم‌اند یا سرانه مصرف آن‌ها کمتر از ۱۰۰۰ کیلووات ساعت در سال است. این در حالی است که بررسی‌ها نشان می‌دهد که توسعه اقتصادی و مصرف برق با یکدیگر رابطه مستقیمی دارند و بدون دسترسی به برق نمی‌توان انتظار توسعه و افزایش سطح زندگی را داشت. از همین رو، مدیریت مصرف برق با هدف کاهش شدت مصرف برق و همچنین گسترش استفاده از برق از طریق انرژی‌های پاک بعنوان جایگزین سایر حامل‌های انرژی، مهم‌ترین مسائلی هستند که در افق زمانی ۲۰۵۰ دنبال می‌شوند. با تحقق چشم‌انداز ۲۰۵۰ انتظار می‌رود که بیش از ۲۱۰۰۰ میلیارد دلار به تولید ناخالص داخلی کشورهای جهان افزوده شود و سهم برق بعنوان حامل انرژی در کشورهای در حال توسعه با اجرای نقشه‌راه ۳ برابر حالت معمول بشود.

با بررسی سایت اسکوپوس مشخص می‌گردد تا سال ۲۰۲۲ بیش از ۱۰۰۰۰۰ مقاله معتبر علمی در زمینه کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت برق و انرژی در دنیا منتشر شده است که در این میان ایران با چاپ حدود ۶۰۰۰ مقاله معتبر علمی دارای رتبه پنجم از لحاظ تعداد مقالات منتشره می باشد، در بین ۱۵ دانشگاه و موسسه تحقیقاتی فعال در این زمینه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز و دانشگاه تهران نیز حضور دارند.[۱و۲]



شکل (۱-۳) : کشورهای جهان از لحاظ تولید علم در زمینه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت برق و انرژی



شکل (۱-۴) : دانشگاه‌های جهان از نظر تعداد مقالات منتشره در زمینه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت برق و انرژی

با بررسی عناوین مقالات منتشره سر فصل‌های مهمی محققین، دانشگاه‌ها و صنایع در جهان بر آنها تمرکز نموده‌اند را می‌توان در جدول زیر خلاصه نمود. 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 درکمیسیون 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

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

نانوفناوری در مرکز تحقیقات برق– الکتریک (Epri) جمع‌آوری و مورد مطالعه و الگوبرداری قرار گرفت. در این بخش از گزارش به خلاصه‌ای از مهم‌ترین اطلاعات استخراج شده، اشاره می‌گردد.

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:

– اولویت های 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 (۱–۱) انتخاب شده اند [۳و۴]. 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 برنامه ها و فعالیت‌های اجرایی و بررسی ساز و کارهای سیاست گذاری فناوری و نوآوری محملی را برای این امر فراهم آورده است و در قالب اسناد تکمیلی به روز می‌شود.

جدول (۱–۱) : موضوعات کلان اولویت دار نانو

موضوعات کلان اولویت‌دار	نمونه هایی از زیر شاخه‌ها	نمونه‌هایی از فناوری‌های مشترک
انرژی	– صرفه جویی انرژی – پیل‌های خورشیدی – تبدیلات سوخت‌های فسیلی – بهبود کیفیت پیل‌های شیمیایی	– نانو فیلتر – نانو کاتالیست – نانو کامپوزیت – پوشش دهی نانویی (رنگ و...) – نانوذرات – نانوبیو
سلامت	– داروهای جدید – کیت های تشخیصی	
محیط زیست وآب	– تصفیه آب	
مواد	–نمک‌زدایی	

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

	-تصفیه پساب	- نانوسنسور
سازه‌ها	-مقابله با خوردگی - استحکام ساختمان و زیر بنا	

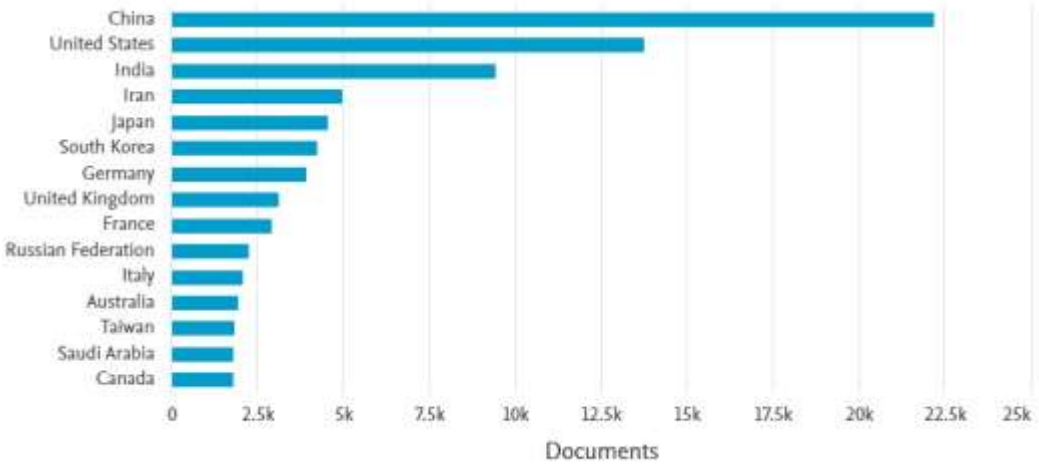
ماهیت فرارشته‌ای فناوری نانو به عنوان توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با دقت اتم و مولکول، موجب تعریف کاربردهای بسیاری در عرصه‌های مختلف علمی و صنعتی شده است. نانوفناوری کاربردهای بسیاری در حوزه‌های دارو، غذا، بهداشت، درمان بیماری‌ها، محیط‌زیست، انرژی، الکترونیک، رایانه، اطلاعات، مواد، ساخت، 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، نافناوری 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 کشورهایی نظیر: امریکا، 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.

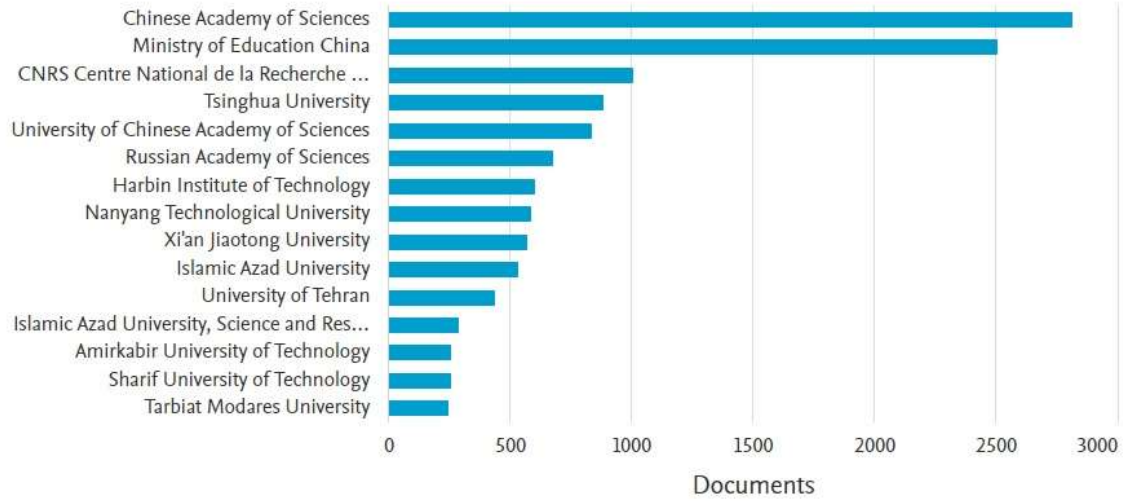
با توجه به بررسی‌های انجام شده در زمینه شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در این بخش به معرفی مهم‌ترین کاربردهای این فناوری در صنعت برق و انرژی در سه محور تولید، انتقال و مدیریت مصرف پرداخته شده است. بر این اساس جداولی تدوین شده‌اند که بتوانند در برگیرنده خلاصه‌ای از اطلاعات کاربردی در محور مورد نظر باشد. 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 نانوساختار 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.

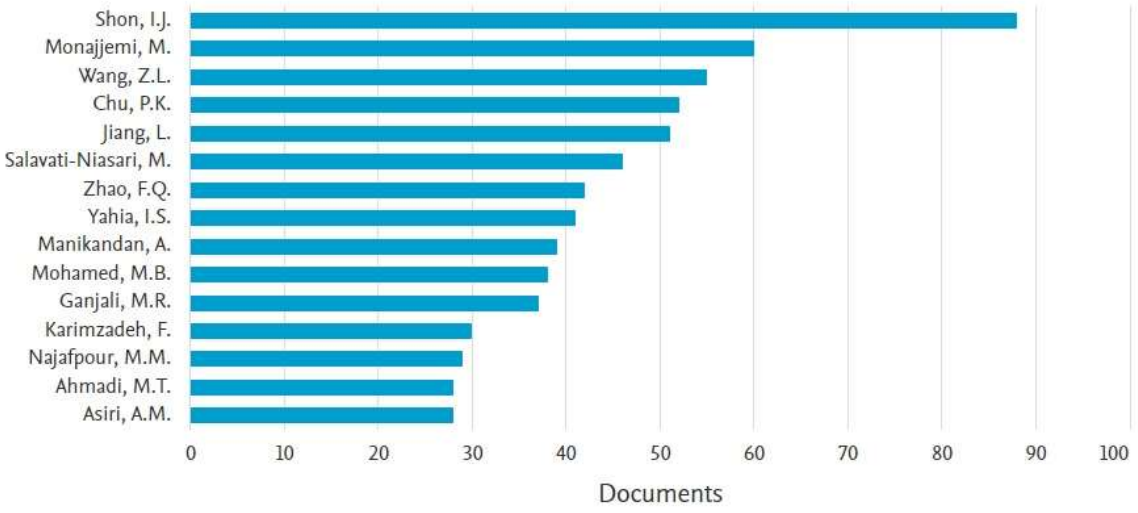
در جدول ذکر شده کاربردها به تفکیک در حوزه تولید، انتقال و توزیع و مصرف بیان شده است. حوزه تولید شامل تجهیزات نیروگاه‌های گازی، بخاری، سیکل ترکیبی، آبی و انرژی‌های تجدیدپذیر است. در زیر توضیح اجمالی جدول پتانسیل استفاده از فناوری نانو ارائه شده است و در هر بخش کاربردهای این فناوری که مصداق عینی یافته‌اند 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 بعضا انتهایی تحقیقات و توسعه و تکمیل شده و به مرحله تجاری رسیده را نشان می‌دهند.



شکل (۱-۵) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی



شکل (۱-۶) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی



شکل (۱-۷) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تولید انرژی

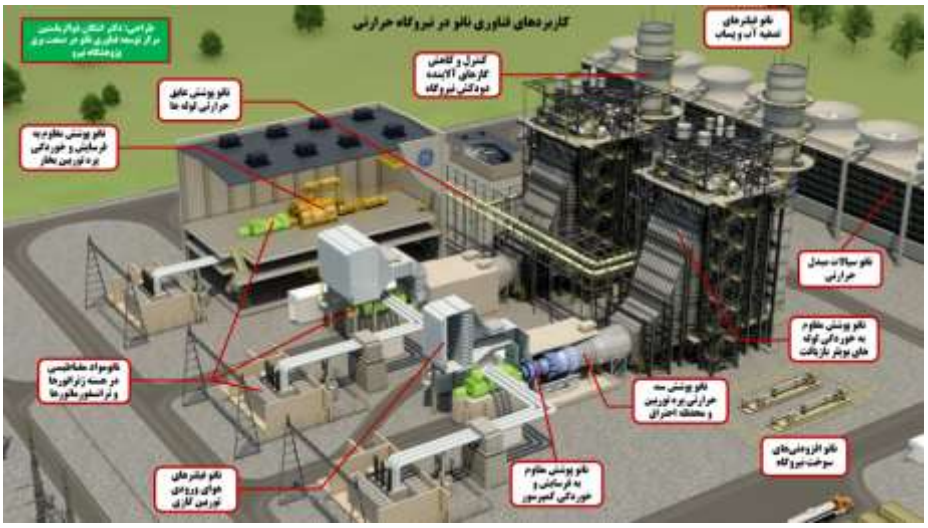
DOI: 10.30503/nripress.2020.260

انرژی همواره یکی از مهم‌ترین نیازهای اساسی بشر بوده است. با توجه به کاربردهای ویژه‌ی انرژی الکتریکی، این نوع از انرژی می‌تواند در بسیاری از زمینه‌ها به جای منابع انرژی مختلف به کار گرفته شود. هم‌چنین انرژی الکتریکی به عنوان یک منبع اصلی، به دلایل زیست محیطی و با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، در مقایسه با دیگر صورت‌های انرژی دارای برتری است. از سوی دیگر این نوع از انرژی، دارای کاربردهای اختصاصی است که شاید نتوان به جای آن از دیگر منابع انرژی استفاده نمود. اهمیت برق در تولید و اقتصاد کشور یکی از مولفه های اصلی توسعه به شمار می رود و همین دلیل باعث افزایش سرمایه‌گذاری در تولید برق شده‌است.

از جمله موارد حائز اهمیت در صنعت برق، استفاده از تجهیزات و ادوات جدید بر پایه کاهش تلفات و افزایش راندمان می‌باشد که شناسایی و توسعه دانش فنی جایگزینی آنها از مباحث مهم تحقیقاتی است. فناوری نانو از یک سو موجب ارتقا و بهینه‌سازی محصولات و فرآیندها و از سوی دیگر قابلیت های جدید و ویژه در مواد و قطعات را ایجاد می نماید که از این دو پتانسیل به خوبی می توان برای ارتقای عملکرد مواد و تجهیزات در صنعت برق بهره برد.

پتانسیل بسیار خوبی در صنعت برق برای بکارگیری فناوری نانو در همه حوزه های تولید، انتقال و توزیع و انرژی های تجدید پذیر وجود دارد که یکی از بخش های مهم که این پتانسیل به خوبی می تواند بکار گرفته شود، نیروگاه های حرارتی است. نیروگاه های حرارتی به سه صورت نیروگاه های گازی، بخار و سیکل ترکیبی دارای تجهیزات مختلفی هستند که با جایگزینی مواد متداول با نانو مواد یا اعمال نانوپوشش ها و یا بکارگیری نانوافزودنی ها در فرایندها می‌توان بهبود چشمگیری در راستای بهبود عملکرد آنها، کاهش تلفات و افزایش راندمان ایجاد نمود. ازجمله این تجهیزات می توان به پره های ثابت و متحرک توربین، کمپرسور، محفظه احتراق، سیستم سوخت و ژنراتور، بویلر، سیستم تصفیه آب و رودی و پساب خروجی، تصفیه وکنترل گاز های آلاینده خروجی، سیال خنک کننده، روغن های رونکار، فیلترهای هوای ورودی کپرسور، سیستم پایش و سیستم دودکش اشاره نمود که در شکل(۲-۱)، کاربرد های مهم فناوری نانو در اجزای یک نیروگاه سیکل ترکیبی نشان داده شده است.

از جمله کاربردهای مهم فناوری نانو در نیروگاه های حرارتی را می‌توان در سه حوزه نانو پوشش ها، نانو افزودنی ها و قطعات و اجزای نانوساختار دسته بندی نمود.



شکل (۱-۸) : کاربرد های مهم فناوری نانو در اجزای یک نیروگاه سیکل ترکیبی

۱-۲-۳- تولید

۱-۲-۳-۱- 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.

۱-۲-۳-۱-۱- 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

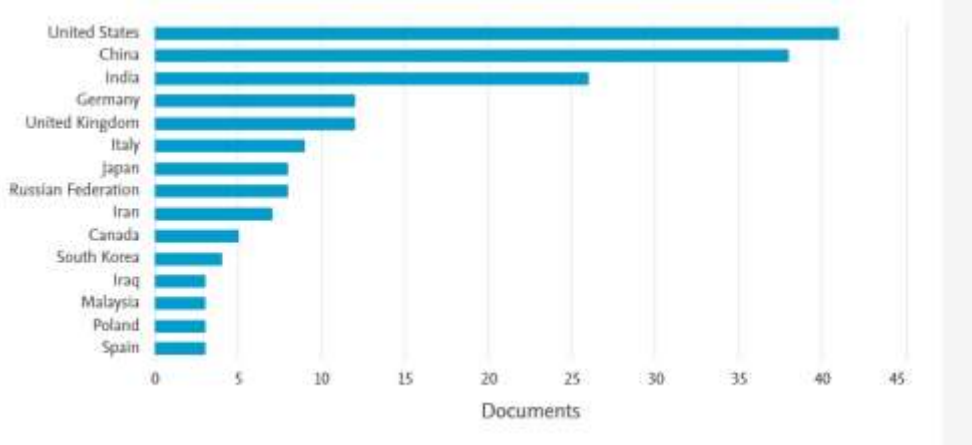
DOI: 10.30503/nripress.2020.260

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 دنیاست که روی توسعه و تجاری‌سازی آلیاژها و فولادهای نانو ساختار متمرکز شده است. دیدگاه شرکت این است که کارکردی فوق‌العاده از فلزات نرم و آلیاژهایی که تحت فرآیند مورد استفاده این شرکت قرار می‌گیرند و به مواد فلزی پلی کریستال نانوساختاری (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 محصولاتی 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 نانوساختار فعالیت می‌کند. مؤسساتی که با هم در قالب این نام همکاری دارند کاملا 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 ۵-۴ برابر بیشتر از هدایت حرارتی آلومینیوم بدونCNT دارد SIITیک سازمان در زمینه نانوفناوری است که توسط دولت ژاپن به طور کامل حمایت می‌شود.

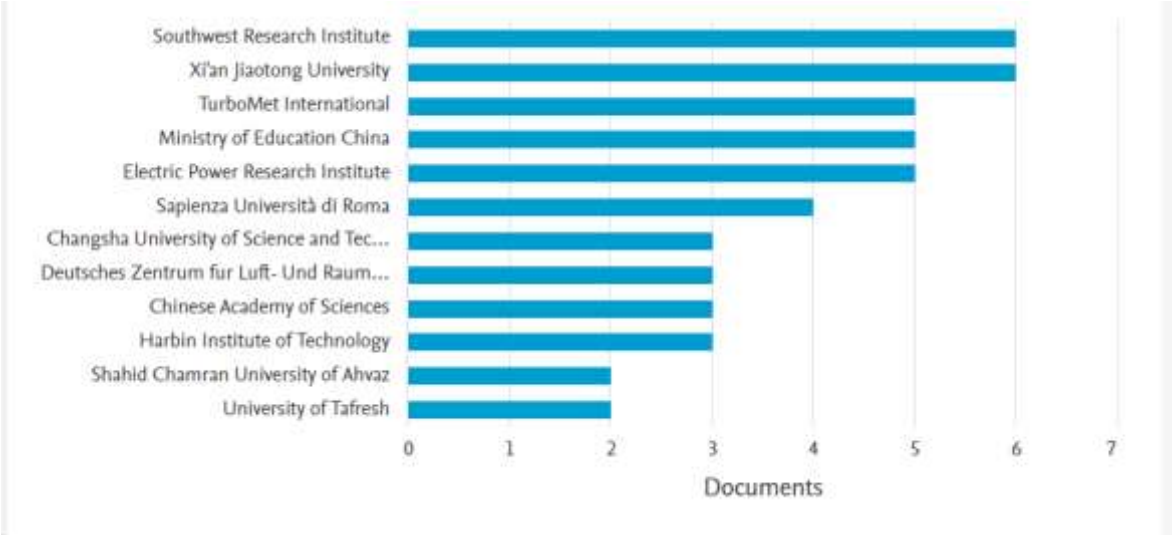
پره توربین در توربین‌های گازی باید از دمای بالا و برخورد مستقیم با گازهای احتراق حفظ شود و با به کارگیری پوشش محافظ، ضمن ایجاد یک سد حرارتی از تسریع خوردگی نیز جلوگیری کرد. باتوسعه فناوری نانو می‌توان از نانو پوشش‌های سد حرارتی در پره توربین گازی استفاده کرد. از جمله این پوشش‌ها که برای مهندسی قدرت و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

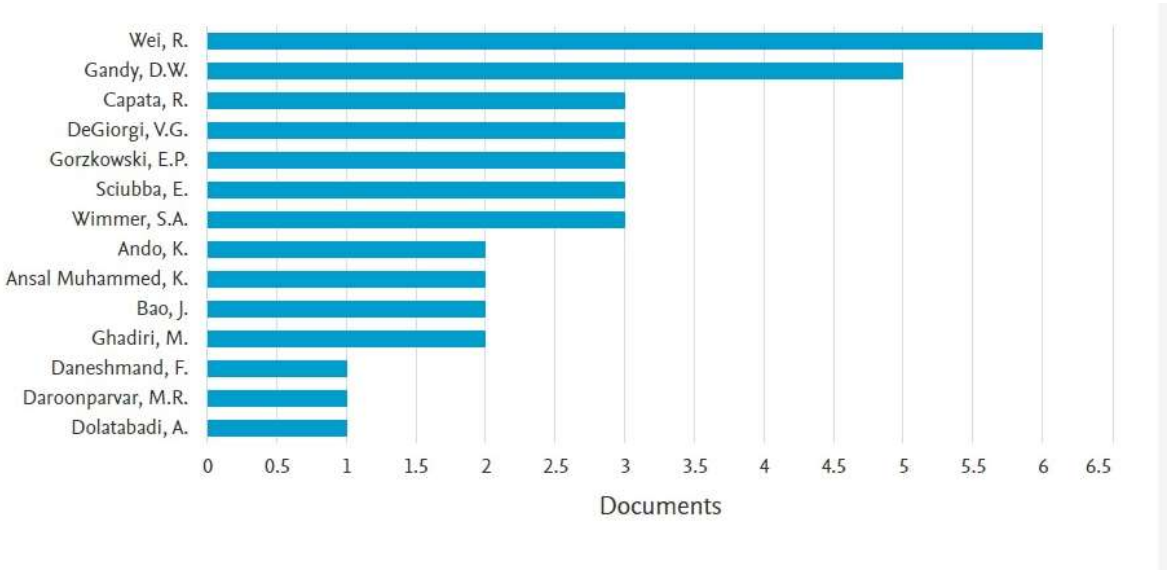
شرکت آمریکایی GE از نانو پوشش‌های فوق در ساخت پره توربین گازی استفاده کرده است .شرکت آمریکایی Inframatاقدام به تولید نانو پوشش‌های متخلخل سرامیکی مقاومت حرارتی IBC کرده است[۵و۶].



شکل (۱-۹) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین



شکل (۱-۱۰) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین



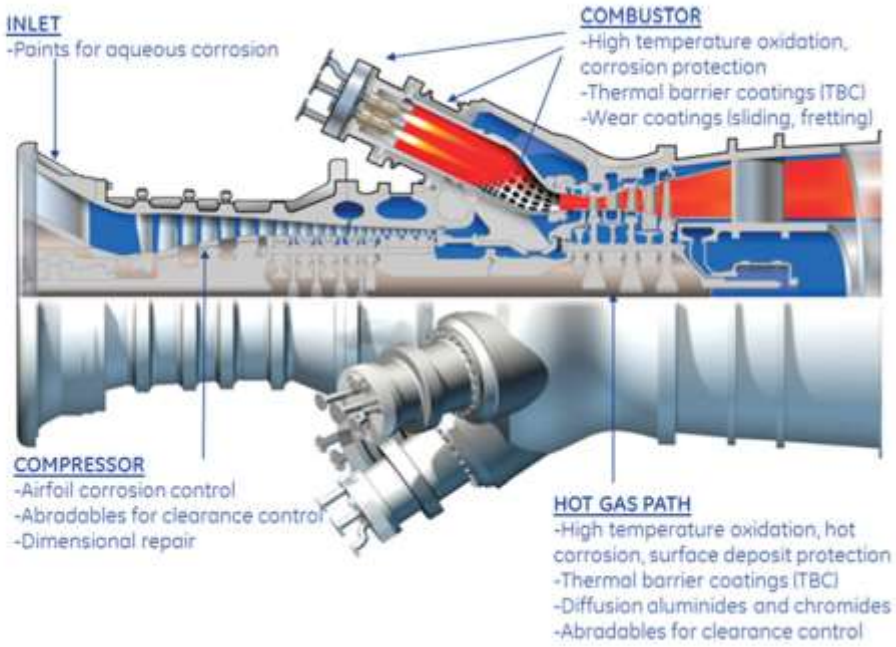
شکل (۱-۱۱) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین

۱-۲-۳-۱-۲- پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار

بازدهی توربین های گازی با افزایش دمای کاری شدیداً افزایش می یابد اما چالش اصلی برای افزایش دمای کاری حفظ خصوصیات مکانیکی اجزای توربین به ویژه قسمتهای داغ در دمای بالا می باشد. برای رسیدن به این هدف،آلیاژهای بسیاری ساخته و بکار گرفته شده اند اما بهترین نوع سوپر آلیاژهای پایه نیکلی، خواص مکانیکی خود را در دماهای بالای ۸۵۰°C از دست می دهد. 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 (TBC[۱]) به منظور ایزوله کردن حرارتی اجزای داغ، استفاده میشود. از جمله این اجزا می توان به پره های متحرک

[۱] Thermal Barrier Coating

توربین[۱]، محفظه های احتراق[۲]، پره های ثابت ردیف اول اشاره کرد. نمونه ای از پوشش های سد حرارتی بکر رفته در توربین های گازی بر حسب دمای کاری در شکل (۱-۱۲) ارائه شده است.



شکل (۱-۱۲) : نمونه ای از پوشش های بکار رفته در توربین های گازی بر حسب دمای کاری

پوششهای TBC از سه بخش عمده تشکیل می شوند:

- یک لایه سـرامیکی که معمولا از جنس 7wt%YSZ (زیرکونیای پایدار شـده با ایتریا) اسـت که به آن پوشش بالایی گفته می شود.
- یک لایه پو شش فلزی که بین پو شش سرامیکی بالایی و فلز پایه قرار می گیرد و جنس آن غالباً از آلیاژ MCrAlY یا Pt-Aluminide است و به آن پوشش پیوند گفته می شود.
- یک لایه پیوندی آلومینایز شده بین پوشش پیوندی و فلزی پایه (شکل۱-۱۳)

از آنجاییکه دما در نواحی داغ موتور توربین می‌تواند به ۲۰۰۰ °C نیز برسد، پوششهای سد حرارتی سدی بین گازهای داغ موتور و بخشهای فلزی که درآن دما دچار زوال می‌شوند ایجاد می‌کنند. لایه سرامیکی (پوشش بالایی) فلز را ایزوله می‌کند و باعث می‌شود 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 باشدو احتمال زوال حرارتی کم

[۱] Turbine Blades
[۲] Combustor Cans

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

شود، که اینها در مجموع منجر به بهبود کارآیی ، بازدهی بیشتر و طول عمر بیشتر اجزای موتور توربین می‌شود. تأثیر حضور لایه‌های مختلف پوشش سد حرارتی در شکل (۱-۱۲) به وضوح مشاهده می‌شود.

در این شکل، نحوه تعدیل دمای جزء پایه فلزی ، مشاهده می‌شود. پوشش سد، از گاز داغ داخل محفظه، تشعشع دریافت می‌کند که دمایی در حدود ۲۰۰۰°C دارد. اما یک لایه نازک گاز خنک تر (۱۲۰۰ °C) نزدیک سطح سرامیکی وجود دارد که خودش عامل افت حرارتی است و همانطورکه ملاحظه می‌شود شیب حرارتی ایجاد شده در ضخامت لایه پوشش سرامیکی باعث می‌شود که دمای فلز پایه به نسبت گاز داغ محفظه، بسیار پایین تر باشد.

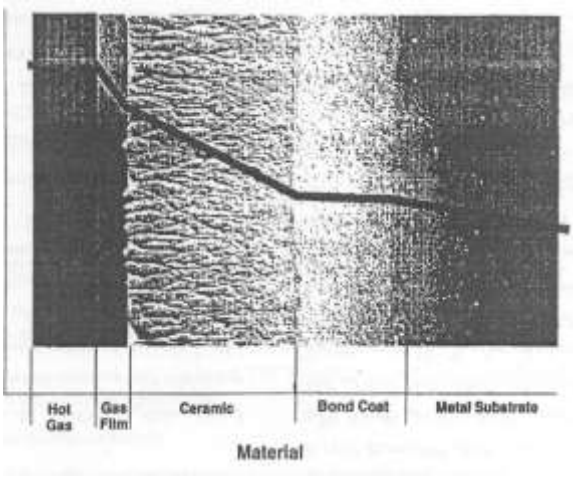
از مهمترین خواص TBC ها میتوان به هدایت حرارتی کم و افزایش شیب حرارتی بین محفظه و فلز پایه ، اشاره کرد. YSZ بکار رفته برای این پوششها تا دمایی حدود ۱۱۵۰ °C مقاومت بسیار خوبی در مقابل شوک حرارتی و خستگی حرارتی دارد. این پوشش غالباً به روشهای پاشش پلاسمایی و EBPVD [۱] ، لایه نشانی می‌شوند. همچنین برای کاربردهایی مثل نوک پره‌ها که باید خواص سایشی خوبی نیز داشته باشند، از روش پاشش HVOF [۲] استفاده می‌شود. لایه پوشش پیوندی، که از جنس MCrAlY (M= Co, Ni یا Co/Ni) است در پره‌های ردیف اول و دوم توربین و پره‌های ثابت هادی نازل [۳] به عنوان روکش های مقاوم به خوردگی و لایه پیوندی درساختار TBC به‌کار می‌روند. اگر چه طی دو دهه اخیر ، TBC ها در موتورهای توربین، به شدت در حال رشد و توسعه‌اند، زوال ناگهانی TBCها، در سیکل‌های حرارتی، هنوز مشکل مهمی محسوب می‌شود که شدیداً عمر قطعه پوشش داده شده را کم می‌کند.

بنا بر عقیدهٔ محققین، مهمترین پارامترها در بهبود و کارآیی پوشش های TBC عبارتند از:

- افزایش نفوذ پذیری
- افزایش چقرمگی
- افزایش استحکام و سختی
- کاهش هدایت حرارتی
- افزایش ضریب انبساط حرارتی(CTE)
- افزایش مقاومت به اکسیداسیون و خوردگی داغ

[۱] - Electron Beam Physical Vapor Deposition
[۲] - High Velosity Oxyfuel Spraying
[۳] - Nozzle Guide Vanes

که با ریز کردن ابعاد دانه ها و کریستالها در پوششهای نانو ، دستیابی به شرایط فوق مهیا می‌شود.



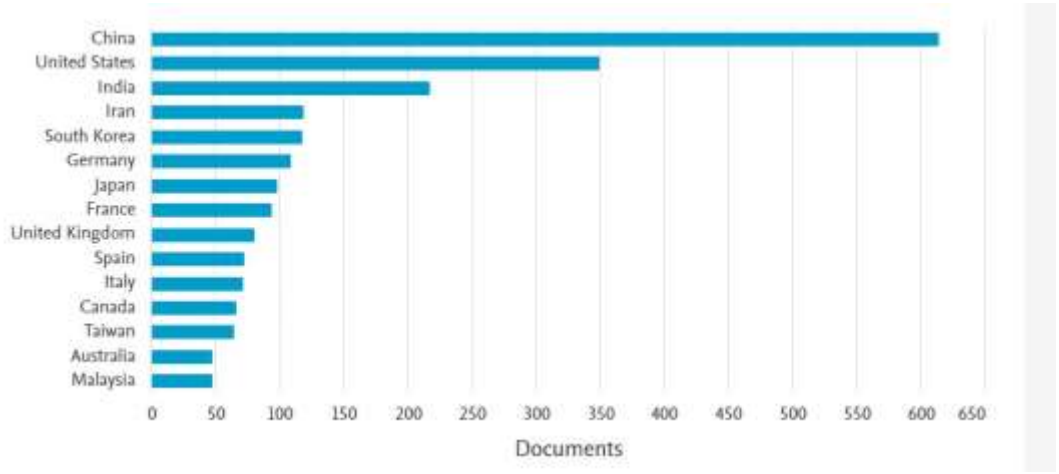
شکل (۱-۱۳) : شیب حرارتی در ضخامت پوشش سد حرارتی [۴۷]

پوششهای پایه زیرکونیا به‌دلیل هدایت حرارتی کم و ضریب انبساط حرارتی بالا در TBC ها بطور گسترده‌ای بکار می‌روند، 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 کا رآیی TBC ها شود، چون به شدت هدایت حرارتی را کم می‌کند و ضریب انبساط حرارتی را بالا می‌برد.

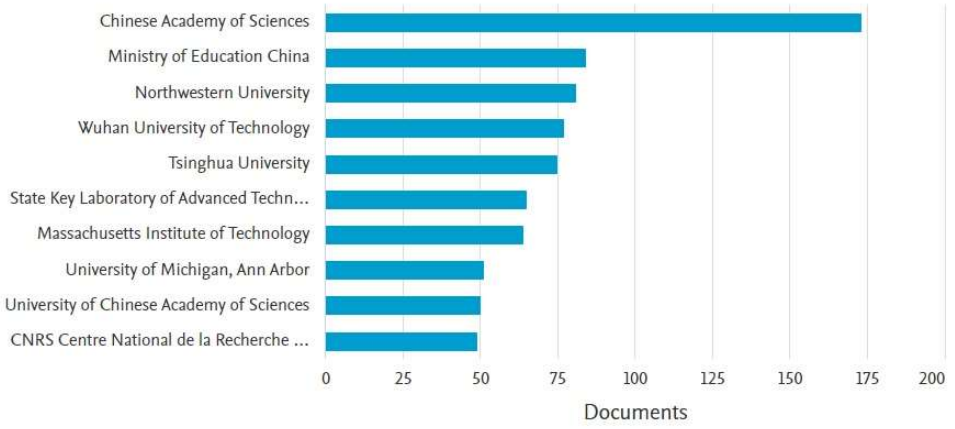
از میان روشهای ذکر شده، برای لایه نشانی نانو پوششهای بکار رفته در تجهیزات نیروگاهی، بخصوص پوششهای مقاوم به سایش و پوششهای سدحرارتی، بیشتر از روش پاشش پلاسما و EBPVD استفاده می‌شود.

این دو روش (PVD و پاشش پلاسما)، خود به شکل‌های 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 می‌توان به APS[۱]،VPS[۲]،SPPS[۳]، SCP[۴] اشاره کرد.

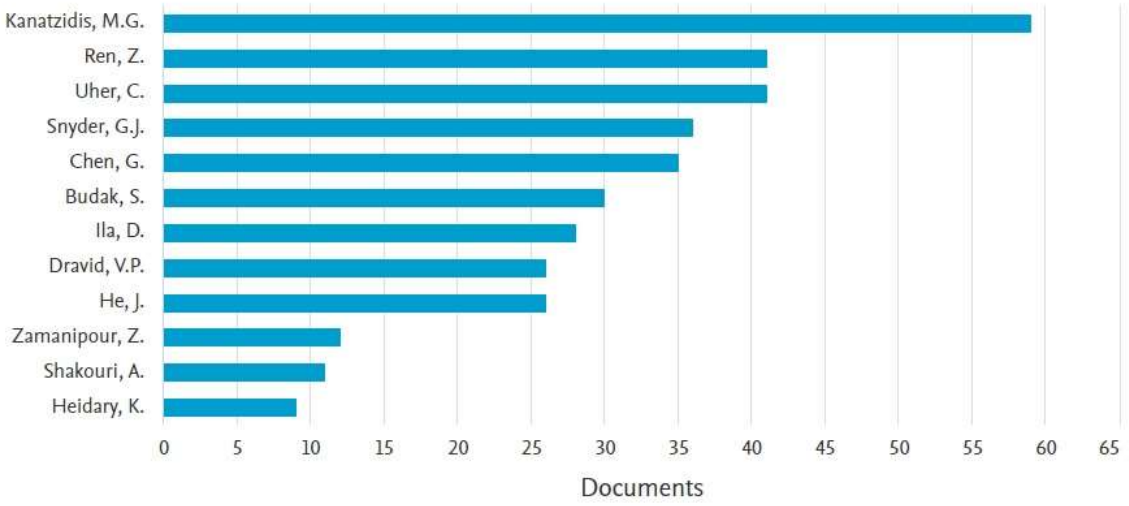
[۱]- Air Plasma Spraying
[۲]- Vacuum Plasma Spraing
[۳]- Solution Precursor Plasma Spraing
[۴]- Spray Conversion Processing



شکل (۱-۱۴) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در TBC ها



شکل (۱-۱۵) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در TBC ها

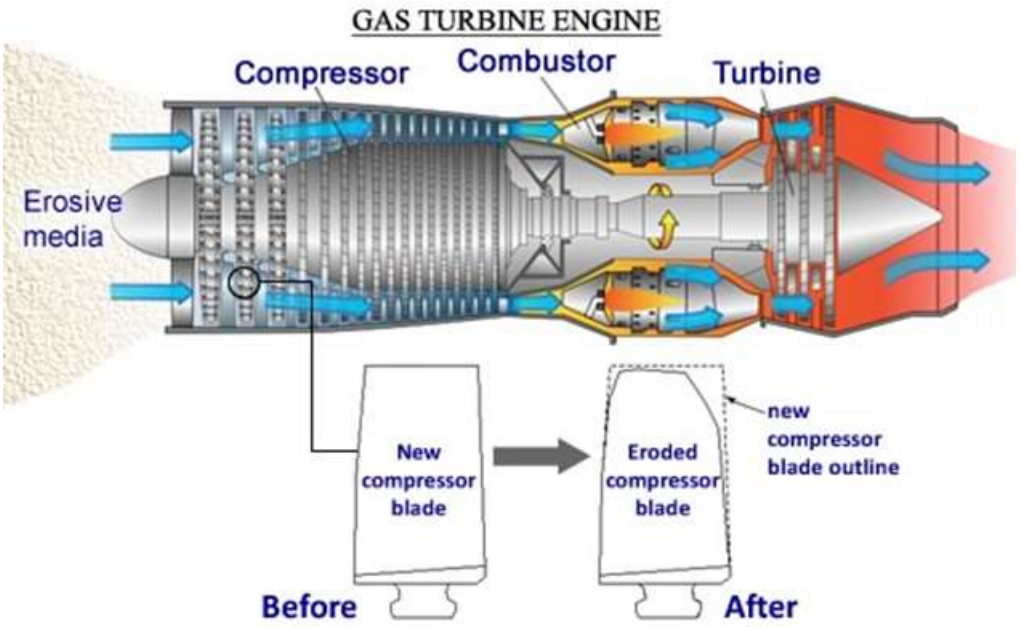


شکل (۱-۱۶) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در TBC ها

۱-۲-۳-۱-۳- نانو پوشش‌های 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 می‌توان دست یافت در سرامیک ها به علت کاهش مقدار عیوب و افزایش آزادسازی تنش در مرز دانه ها، سختی و تافنس بالاتری به دست می‌آید همچنین در نتیجه افزایش مرزهای دانه نفوذپذیری و ضریب انبساط حرارتی (CTE) افزایش، هدایت حرارتی و مدول یانگ 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.

امروزه دامنه جدیدی از پوشش‌ها با ساختار نانومتری توسعه یافته است که می‌توان خواص مهندسی ویژه‌ای را در لایه‌های سطحی به وجود آورد که در روش‌های کلاسیک مقدور نیست. با تغییر ساختار میکروسکوپی پوشش‌ها و ایجاد نانو ذرات می‌توان مقاومت سایشی پوشش‌ها را افزایش داد. از جمله مزایای مواد نانومتری به خصوص به صورت نانوساختار 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. اجزای یک موتور توربین گازی باید در برابر بار اعمال شده، دمای بالا و محیط خورنده یا فرساینده مقاومت کنند. موتورهای پیشرفته از پوشش‌های بهبود یافته مختلفی بصورت نانوساختار در اجزای مختلف گرم و سرد توربین استفاده می‌کنند. منظور از منطقه سرد توربین، بخش کمپرسور توربین است. در قسمت فن و کمپرسور توربین گازی، پوشش های مقاوم به سایش و فرسایش مورد استفاده قرار می گیرند. برخورد ذرات گرد و غبار عبور کرده از فیلترهای هوا یا قطرات ناشی از رطوبت به سطح پره کمپرسور توربین گازی موجب تخریب تدریجی سطح پره شده و علاوه بر خرابی قطعه باعث کاهش راندمان آن می گردد. شماتیک تخریب سطحی پره های کمپرسور توربین گازی در اثر برخورد با ذرات ساینده در شکل (۱–۱۷) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱۷) : شماتیک تخریب سطحی پره های کمپرسور توربین گازی در اثر برخورد با ذرات ساینده

فرسایش ذرات جامد (SPE) و حالت فرسایش قطرات مایع کوچک (LDE) سبب خسارت رساندن به اجزای توربین مثل کمپرسور های گازی و پره‌های توربین می شود. SPE باعث کاهش بازده توربین و کاهش ضریب اطمینان ایرفویل ها و موجب انهدام آن در طول سرویس دهی می شود. همچنین به علت وجود رطوبت احتمالی در هوای کمپرسور پدیده‌ی خوردگی نیز از آسیب‌های احتمالی قطعات مذکور محسوب می‌شود. منشاء رطوبت به دلیل بارندگی، کندانس آب از هوای مرطوب محیط اطراف و یا وجود سیستم‌های سرمایشی تبخیری می باشد که تنها در ردیف های اول تا هشتم کمپرسور وجود خواهد داشت و در ردیف های بعدی به دلیل افزایش تدریجی فشار و دما به بالاتر از دمای جوش آب قطرات مایع وجود نداشته و به فاز بخار تبدیل می شود.

وقتی یک قطره در توربین بخار به سطح پره برخورد کند فشار بسیار زیاد ناگهانی در مدت زمان کوتاهی تولید می‌شود. موج فشار باعث تغییر شکل پلاستیک مواد می‌شود. تکرار این تغییر شکل پلاستیک باعث افزایش تنش داخلی شده و بعد از مدت زمان معینی، تمرکز تنش در بعضی از سطوح افزایش می‌یابد و از استحکام کشش ماده بالاتر می‌رود و آن‌گاه ترک شکل می‌گیرد. همچنین بخش‌ها و قطعات زیادی در نیروگاه‌های فسیلی و آبی و هسته‌ای یاتاقان‌ها، محورهای چرخش را نام برد. انتخاب پوشش‌های مناسب که نیازهای قطعه را جهت کارکرد بهینه برآورده سازند در

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

این قطعات ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین پره‌های متحرک کمپرسور در طی سیکل کاری خود در معرض تنش‌های آیرودینامیکی و نیروهای گریز از مرکز مکانیکی می‌باشند. در نتیجه همواره مستعد پدیده‌های خستگی (پرچرخه و کم‌چرخه) در ایرفویل و همچنین خستگی فرسایشی در ریشه‌ی پره‌ی متحرک در تماس با دیسک هستند.

پره‌های ثابت و متحرک کمپرسور عموما از جنس آلیاژهای فولاد زنگ نزن مارتنزیتی AISI 403 یا AISI 403+Cb یا اخیرا فولاد زنگ نزن رسوب سختی شده GTD-450 از ترکیب Fe15.5Cr6.3Ni0.8Mo0.03 و در برخی موارد آلومینیم، تیتانیوم و یا سوپرآلیاژ های پایه نیکل ساخته می‌شوند. پوشش‌های مختلفی برای جلوگیری از تخریب این پره‌ها بر روی آن‌ها اعمال می‌شود. نسل اولیه پوشش های بکار رفته NiCd یک پوشش چقرمه نیکل با لایه فداشونده از کادمیم بود. در ادامه پوشش‌های چندلایه دیگر آلومینیومی به همراه لایه فوقانی دوغابی سرامیکی مورد استفاده قرار گرفتند. پوشش های جدید سرامیکی TiN به صورت های دو جزئی و سه جزئی و چند لایه های نانوساختار نیز برای این منظور مورد بررسی قرار گرفتند. برخی از پوشش‌های متداول مورد استفاده در این پره‌ها شامل پوشش های تک لایه TiN، ZrN، CrN، TiAlN و پوشش‌های چند لایه Cr/CrN، Ti/TiN و سوپر شبکه CrN/NbN هستند. تکنولوژی پوشش‌های مورد استفاده در توربین‌های گازی PVD، CVD و اسپری حرارتی و نفوذی و آبکاری الکتریکی می‌باشد. همچنین با توجه به نیازها و تقاضاهای جدید صنایع، تاکنون پنج نسل مختلف از پوشش‌های سخت و مقاوم به سایش توسعه‌یافته است. نسل چهارم این پوشش ها، پوشش های نانوکامپوزیتی هستند که به دلیل نیاز به افزایش هم‌زمان خواص ازجمله سختی، چقرمگی و پایداری حرارتی توسعه یافته اند. در سال‌های اخیر پوشش‌های نانوکامپوریت (به خصوص TiN نانوکریستالین در رمینه آمورف Si_3N_4 یا نانوکامپوریت TiN/Si_3N_4) 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.

علاوه بر پره ها، پمپ ها و قطعات زیادی در نیروگاه‌های حرارتی وجود دارد که انتخاب پوشش‌های مناسب که نیازهای قطعه را جهت کارکرد بهینه برآورده سازند در این قطعات ضروری به نظر می‌رسد. حرکت سیال و برخورد ذرات موجود درون سیال موجب فرسایش اجزا و قطعات داخلی ولو ها خواهد شد. این مشکل بخصوص در مورد ولوهای نیروگاهی که حاوی سیالات دما بالا یا جریان بخار هستند، بسیار شدید تر می باشد. با کمک روش های مختلف لایه نشانی نانو پوشش های سخت سرامیکی با ضخامت های نانومتری تا چند ده میکرومتری با سختی بالا (تا چند هزار ویکرز)

قابل اعمال است که می تواند قابلیت تحمل شرایط سخت محیطی از جمله خوردگی، فرسایش و سایش در ولو ها را افزایش دهد که این موضوع می تواند موجب افزایش بهره وری و افزایش عمر ولو ها و کاهش هزینه ها گردد.



شکل(۱-۱۸) : مقایسه عملکرد یک پره کمپرسور بدون پوشش با پره پوشش داده شد ه با نانوساختار نیترید تیتانیوم

۱-۲-۳-۱-۴- کاربرد مواد مغناطیسی نانو ساختار در ژنراتور نیروگاه و الکتروموتورها و دیگر قطعات الکتریکی

یکی از کاربردهای مهم مواد مغناطیسی در نیروگاه ها، استفاده از آنها در هسته ترانسفورماتورها و ژنراتورها و سایر موتورهای الکتریکی در پمپ‌ها می‌باشد. مهم‌ترین بخش یک ژنراتور نیروگاهی مگنت آن است. همچنین در یک نیروگاه جهت سیلان هوا و آب و روغن و خنک‌کننده‌ها الکتروموتورهای زیادی در بخش‌های مختلف نیروگاه نصب شده است. در هر نیروگاه، تعداد زیادی از پمپ‌های فراهم‌کننده آب سرویس در قسمت دستگاه اصلی و قسمتی از سیستم‌های کمکی، به عنوان مثال دستگاه تصفیه آب، وجود دارند. مگنت‌های متداول بخشی از انرژی را به صورت نیروی اصطکاکی چرخش حوزه‌های مغناطیسی هدر داده و به صورت گرما آن را آزاد می‌کنند .در سال‌های اخیر پدیده‌های جدیدی در نانوساختارهای مغناطیسی کشف شده است که سریعا نیز به کاربردهای تکنولوژیکی رسیده است. فناوری نانو توانسته است با تولید نانومگنت‌ها تحول شگرفی در جهت کاهش یا حذف اتلاف انرژی در این ماشین‌ها ایجاد کند. از این رو با استفاده از نانومگنت‌ها در ژنراتور و الکتروموتورها می‌توان ضمن ایجاد نیروی الکتریکی بیشتر، هزینه تولید برق را کاهش داد و از اتلاف آن کاست. در صورت نانوساختار کردن مواد مغناطیسی خواص مغناطیسی بطور مطلوبی تغییر می یابد. مواد مغناطیسی نانوساختار دارای نفوذپذیری و مغناطش بالا، اتلاف هسته بسیار کم، افزایش شار مغناطیسی، دمای کارکرد بالاتر با افزایش دمای کوری، وادارندگی و میدان پسماند زدا (Hc) پایین، تغییر شکل کمتر مغناطیسی، اتلاف انرژی بسیار کم در فرکانسهای بالا، استحکام مکانیکی بالا و ... می‌باشند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

با کمک فناوری نانو فریت‌های مغناطیسی مختلفی از جمله نانو پودرهای پایه Fe (Co)-B، نانوپودرهای Fe-Si-B به همراه ذرات ریز Nb و Cu، Fe-Zr-B، Fe-Co-B ارائه شده‌اند و به مرحله تجاری سازی رسیده اند. . به عنوان مثال Finemet اولین ماده مغناطیسی نرم نانوکریستالی در جهان است که توسط شرکت Hitachi Metals توسعه داده شده است. همچنین آلیاژهای نانو کریستالی مغناطیسی با نام تجاری NANOPERM توسط شرکت آلمانی MAGNETEC GmbH ارائه شده است. این هسته های نانوساختار در مقایسه با آلیاژهای آمورف رفتار بهتری را در فرکانسهای بالا با حداقل تلفات از خود نشان می‌دهند و برای استفاده در ترانسفورماتورها بسیار مناسب هستند و همچنین این پتانسیل وجود دارد که بتوان ترانسفورماتورها با ابعاد کوچکتر و تلفات کمتری را تولید نمود. روش ساخت این مواد، عملیات حرارتی کنترل شده آلیاژهای جهت تکشیل نانوکریستالها آمورف می‌باشد که وجود برخی عناصر آلیاژی موجب جوانه زنی و برخی دیگر از رشد بیش از حد کریستال ها ممانعت به عمل می‌آوردند.

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

خواص بهینه مغناطیس‌های نانوساختار 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

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

- 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 می اندازد.

در ساختار آمورف نظم ذرات ماده به نوعی به هم می‌ریزد و در نتیجه آن پدیده‌های خاص در ماده رخ می‌دهد. به‌طور مثال ماده نرم‌مغناطیس‌تر می‌شود، هدایت الکتریکی آن هم بیشتر شده و تلفات فوکو کاهش می‌یابد. به همین دلیل، استفاده از ورقه‌های آمورف در ترانسفورماتورها منجر به کاهش تلفات قابل توجهی می‌گردد. در شکل (۱–۱۹) نمونه‌هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها ارایه شده است.

علی‌رغم خواص بسیار خوب مواد نانو ساختار، در مقایسه با 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 می شود. مقدار Fe این آلیاژ به نسبت آلیاژ قبلی بیشتر است (۸۹٪ atm– ۸۳ در مقایسه با ۷۴٪ atm) و مقدار اندوکسیون اشباع مغناطیسی بیشتری دارند (۱/۷T – ۱/۶ ~)[۵۰].

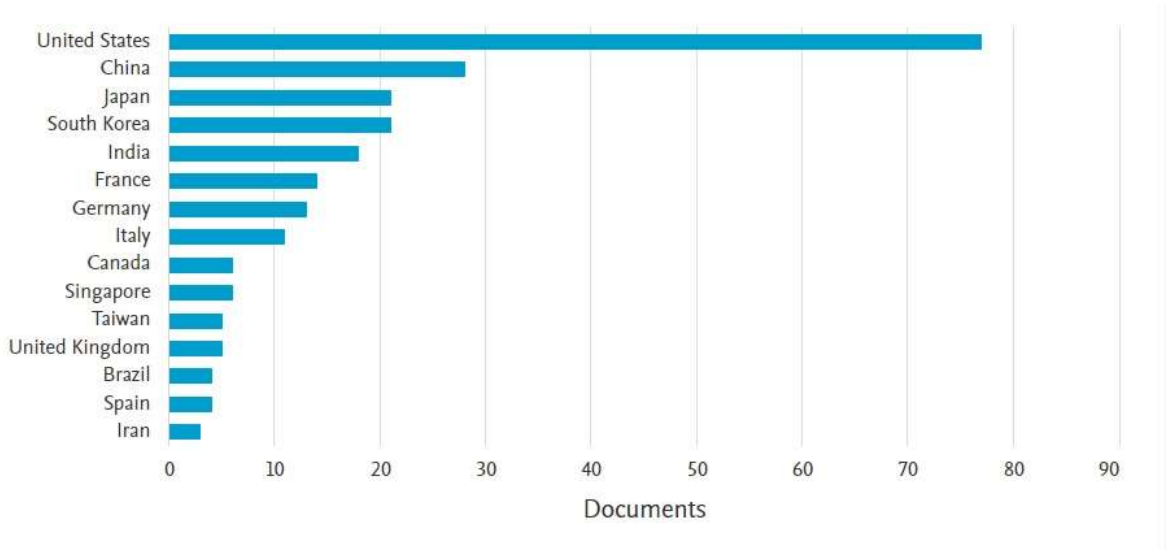


شکل(۱-۱۹) : نمونه‌هایی از مواد مغناطیسی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورها[۵۲]

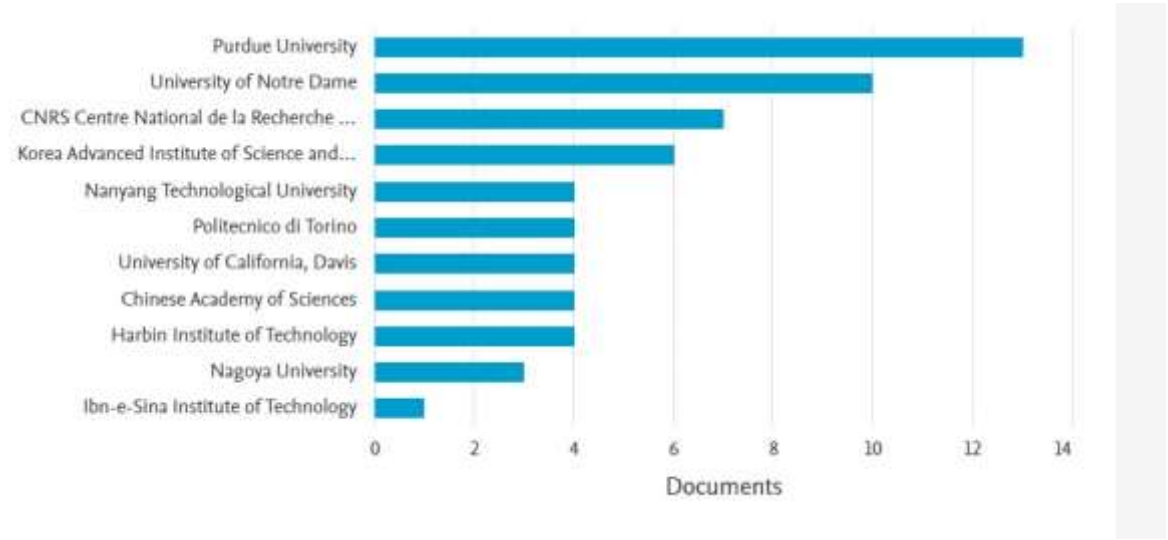
برخی از محققین نیز موفق به ساخت نانو پودرهای پایه Fe (Co)-B با ابعاد nm ۲۰-۷ شدند و نشان دادند که ناهمسانگردی آنها تا دو برابر بیشتر از نمونه های حجیم است. البته لازم بذکر است پسماند زدایی [۱](HC) در مواد فرومغناطیس نرم شدیداً به ابعاد دانه (d) بستگی دارد.

حد بحرانی اندازه (d_c) حدود nm ۴۰ است که نزدیک به ضخامت دیواره حوزه مغناطیسی است . برای $d.>d_c$ ، Hc با کاهش ابعاد دانه ، افزایش می یابد که مربوط به افزایش ناهمسانگردی مغناطوکریستال است. در مقادیر کمتر از d_c ، H_c خیلی سریع با کاهش ابعاد دانه ، کاهش می یابد. در این محدوده به پیشنهاد Hertzer ، H_c با توان ششم ابعاد دانه($H_C \approx d^6$) , متناسب است [۴۴] . این کاهش تا رسیدن H_cبه 1A/m ادامه می یابد. ریز کردن بیشتر دانه ($d<d_c$) باعث حذف اثر ناهمسانگردی مغناطوکریستال 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 تنشی دارد.

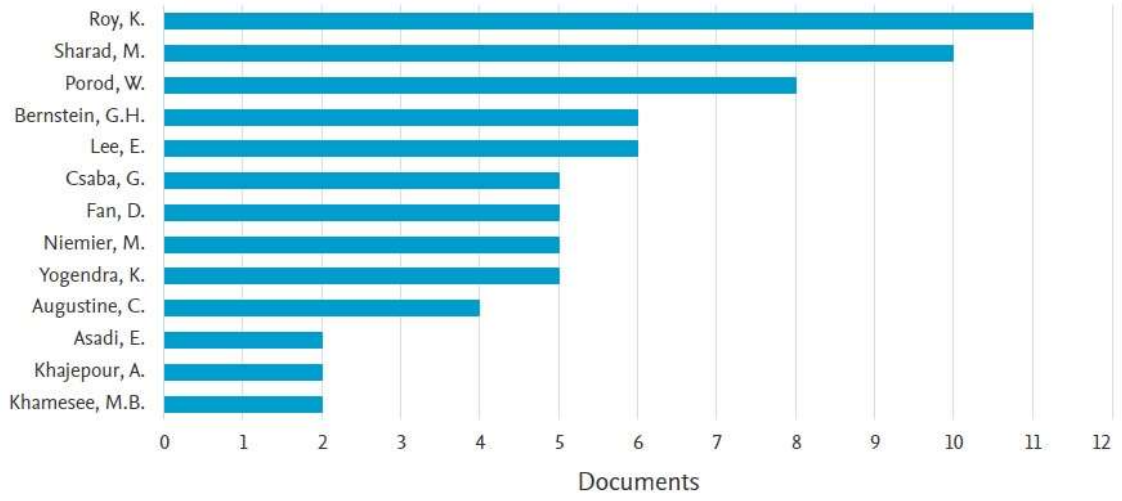
[۱] Coereivity



شکل (۱-۲۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس‌ها



شکل (۱-۲۱) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس‌ها



شکل (۱-۲۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مغناطیس‌ها

۱-۲-۳-۱-۵- مولد های ترموالکتریک/۲۱/

ترموالکتریسته در واقع عبارتست از تبدیل گرما به الکتریسته یا بالعکس. دو معیاری که لازم است در مواد ترموالکتریک مدنظر قرارگیرند عبارتند از: هدایت حرارتی و الکتریکی وکارآمدترین 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 ترموالکتریسیته باکمیت بدون بعد ZT نشان داده می‌شود که درآن T ، دمای کار و Z متناسب با مربع ضریب سیبک (S) ، هدایت الکتریکی (δ) و معکوس هدایت حرارتی (K) می باشد.

با کمک مولد های ترموالکتریک می توان حرارت تلف شده در سیستم های حرارتی را به طور مستقیم به جریان الکتریسیته تبدیل نمود. پدیده ترموالکتریسته به تبدیل مستقیم گرما به الکتریسته یا بالعکس اشاره دارد. یک ماژول ترموالکتریک از تعدادی زوج قطب نیمه هادی قطب منفی و مثبت تشکیل شده که بین دو صفحه سرامیکی رسانای گرما ولی عایق از لحاظ الکتریکی بصورت ساندویچی قرار گرفته اند. با قرار گیری این ماژول بین دو سطح گرم و سرد و حرکت الکترون ها از بخش گرم به سرد جریان الکتریکی ایجاد می‌گردد. کارآمدترین مواد برای این منظور باید دارای ضریب سیبک (S) بالایی باشد تا بتواند ولتاژ لازم را تولید نماید. همچنین هدایت الکتریکی (σ) بالا برای حرکت بهتر الکترون و هدایت گرمایی (κ) پایین به منظور حفظ گرادیان دمایی داشته باشند. با بکارگیری مواد نانوساختار بجای مواد نیمه‌رسانای متداول به خوبی می‌توان با حفظ یا حتی افزایش هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی را به طور

قابل ملاحظه‌ای کاهش داد و راندمان این ماژول‌ها را که با کمیت بدون بعد ZT نشان داده می شود تا دو برابر افزایش داد. 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 نیز هدایت حرارتی (K) پایین داشته باشد تا اتلاف حرارتی در محل اتصلات ترموکوپل را کاهش دهد. درحال حاضر بهترین مواد مناسب این کار دارای ZT تقریباً یک هستند که باعث محدودیت کاربرد آنها می‌شود.

همانطور که اشاره شد، 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 درنقطه 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)
- چاه‌های کوانتمی (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)
- نانوسیم‌ها و نانو ذرات

۱-۲-۳-۱-۵-۱- مواد نانو کریستالی

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

۱-۲-۳-۱-۵-۲- چاه‌های کوانتومی

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

این مواد به صورت لایه‌های فوق العاده از مواد نیمه رسانای دارای شکاف باند که بین مواد دیگر با شکاف باند بزرگ‌تر ساندویچ شده اند تشکیل شده است. این ساختارها بار الکتریکی را به طور مؤثری به دو بعد محدود می‌کنند.

۱-۲-۳-۱-۵-۳- ابرشبکه‌ها

این ساختارها از چندین لایه متناوب ازفیلم های بسیار نازک به پهنای چند نانومتر ازمواد 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.

۱-۲-۳-۱-۵-۴- نانو سیم‌ها و نانوذرات

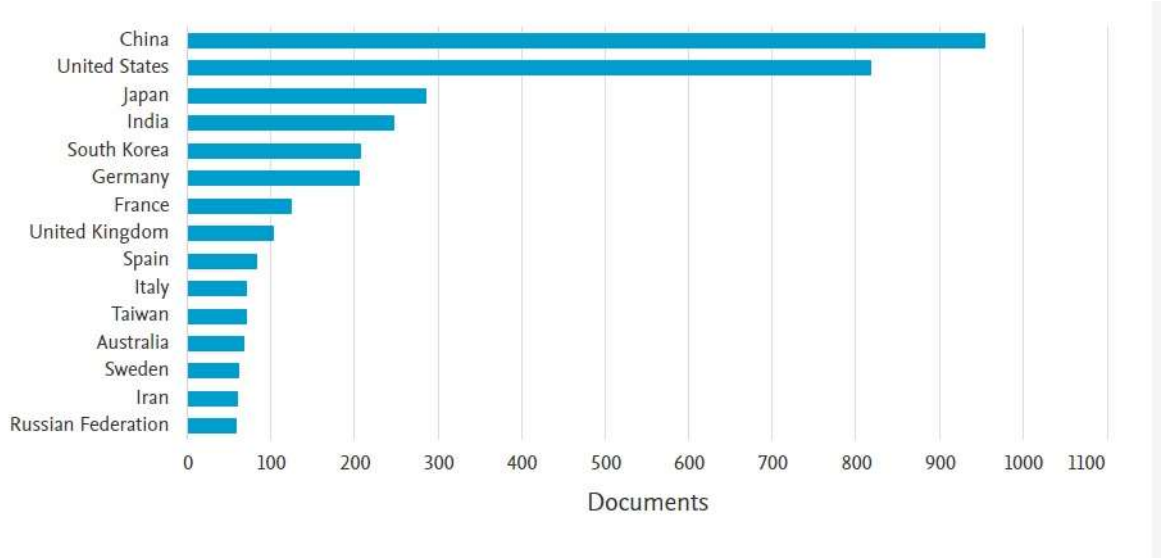
نانو سیم‌ها و نانو ذرات به ترتیب دارای ۲ یا ۳ بعد نانو مقیاس هستند و به همین دلیل این ساختارها می‌توانند مقادیر افزایش یافته‌ای از ZT را در لایه ها ایجاد کرده و علاوه بر این کاربردهای بالقوه‌ای هم در میکرو کولرها و میکرو زنراتورها داشته باشند.

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 ومواد 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 می‌رود فناوری نانو طی ده سال آینده از طریق توسعه مواد با k پایین‌تر و در نتیجه ZT بالاترکه نهایتاً به بهبود بازدهی منجر خواهد شد، نقش مهم و فزاینده ای در ترموالکتریسیته داشته باشد[۴۹-۵].

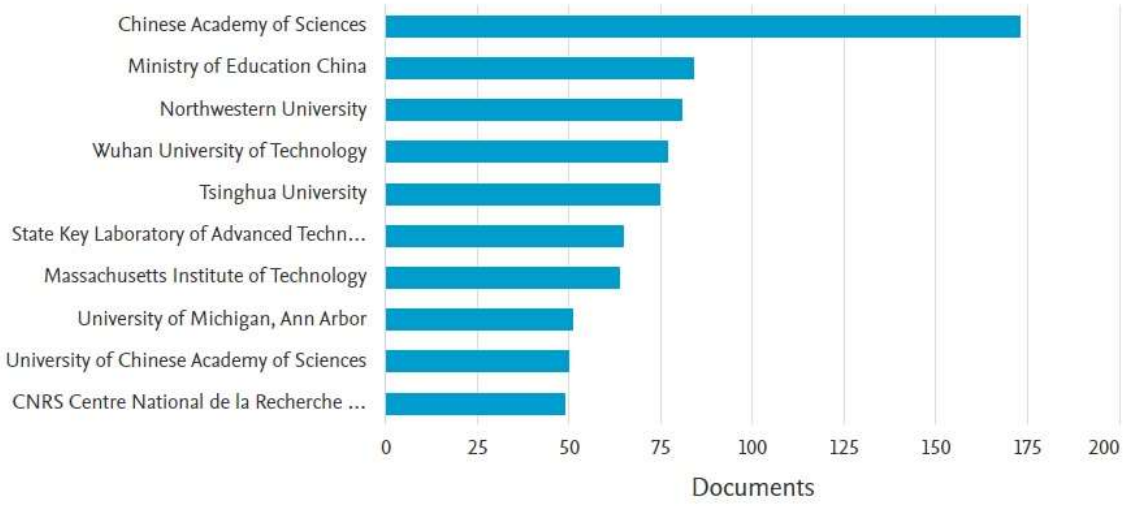
فعالیت‌های تحقیق وتوسعه‌ای محققین دراین زمینه شامل کاربرد در بهبود مصرف سوخت و استفاده از حرارتی است که طی فرآیند احتراق تلف می‌شود ولی می توان از آن برای تولید برق و هم چنین تأمین الکتریسیته مورد نیاز بسیاری از سیستم‌های الکتریکی بهره گرفت. در این راستا هریک از موارد ذیل بعنوان محورهای تحقیق و توسعه در زمینه مواد ترموالکتریک مطرح می باشند :

- تحقیق و توسعه در زمینه بهره‌گیری از آلیاژهای بیسموت، آنتیموان و سلنید تلوریم برای خنک سازی
- بهره‌گیری 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
- بهره‌گیری از نانوسیم‌ها در افزایش بازدهی مولد های الکتریک
- تحقیق و مطالعه برروی تأثیر استفاده از نانو ذرات برانتقال گرما
- انجام تحقیقات کاربردی در مورد بهره‌گیری از مواد جدید نانو ساختار برای افزایش بازدهی مولدهای ترموالکتریک در صنعت برق

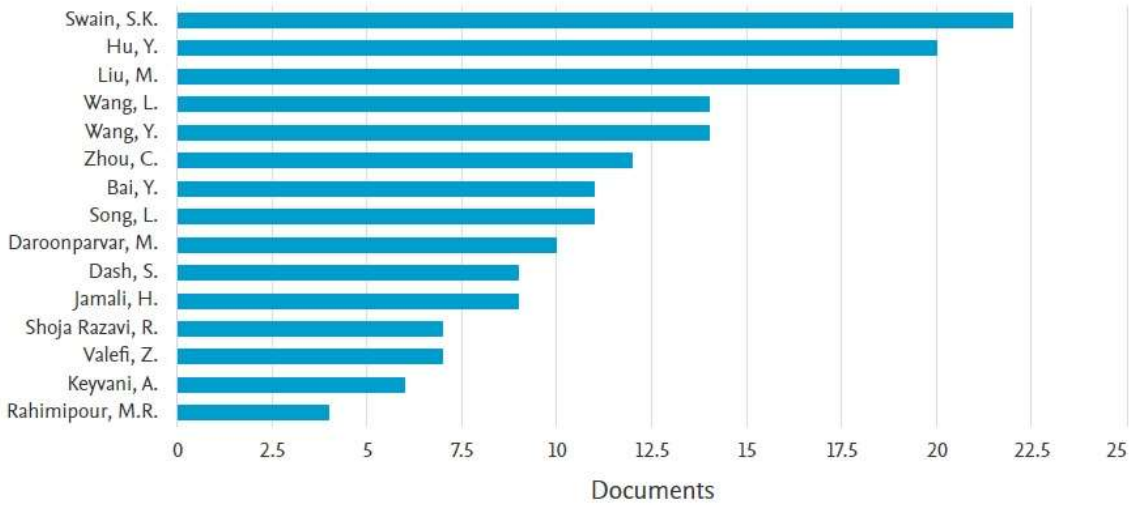
زمینه‌های تحقیقاتی مذکور درسطح جهان حاکی از اهمیت کاربرد این مواد در صنعت برق و تأثیر استفاده از مواد نانو ساختار در راستای افزایش راندمان این مولدها و نتایج مثبت سازنده کاربرد نانوفناوری دراین مولدها می‌باشد.



شکل (۱-۲۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریک‌ها



شکل (۱-۲۴) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریک‌ها



شکل (۱-۲۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در ترموالکتریک‌ها

۱-۲-۳-۱-۶- افزایش راندمان سوخت کوره‌ها با استفاده از نانو افزودنی‌هایی از قبیل اکسید سریم

برای کاهش مصرف سوخت و آلایندگی، مواد افزودنی نانو ذرات در سوخت های 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 آلایندگی کمتر تولید کند. در مورد نحوه سوختن سوخت‌ها (خصوصا سوخت‌های مایع)

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

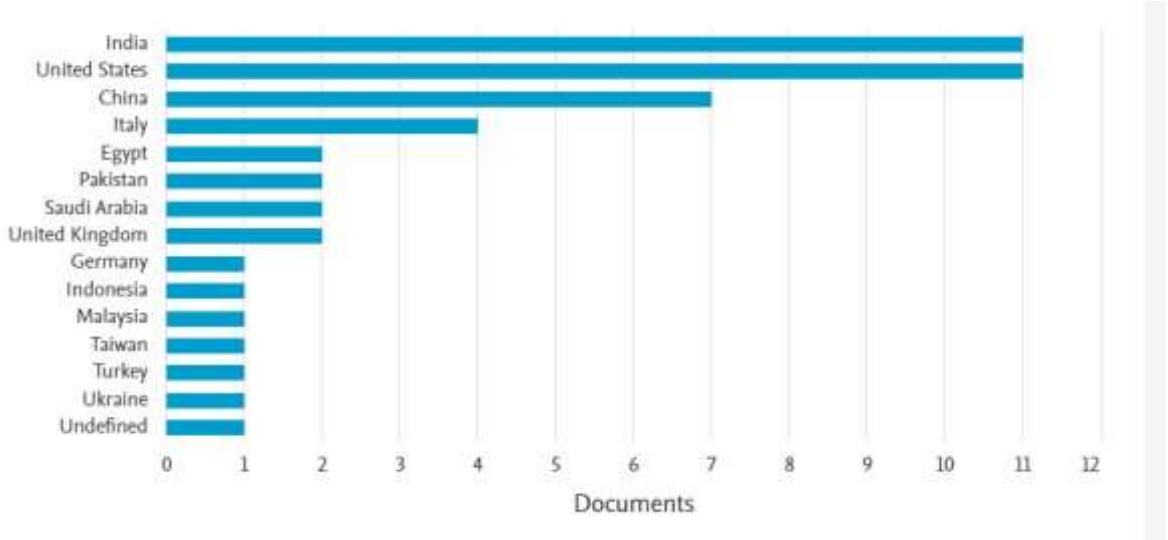
نانوفناوری می‌تواند با ورود نانوافزودنی‌ها به هر چه بهتر سوختن آنها کمک کند. به دلیل اینکه افزودنی باید خاصیت کاتالیستی اعمال کند نانو شدن ذرات آن می‌تواند راندمان آن را به شدت افزایش دهد. پیش‌بینی می‌شود با تحقیقات پایه وکاربردی در زمینه نانوتکنولوژی سوخت و زمینه‌های وابسته به آن، بتوان به نتایجی شایان توجه دست یافت. با مطالعه عناصرپایه (مانندنانوذرات،فولرین‌ها،اکسیدسریم‌و....) وبه 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 می شود و تولید آلایندها ۵۰ تا ۹۰ در صد 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 می توانند تا حد زیادی اقتصاد سوخت را بهبود بخشد، تولید نیرو را افزایش داده و تقریبا تولید تمام محصولات مضر سوخت را کاهش دهد. نانوماکس توسط سازمان ملل به عنوان مؤثرترین و اقتصادی‌ترین افزودنی سوخت شناخته شده است. همچنیناینشرکتتوسط 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 افزودین 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 گازوییل 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 منوکسیدکربن و دیگر هیدروکربن‌ها را اکسید کند. نتیجه آن کار، سوخت تمیزتر به همراه فایده تبدیل سوخت بیش تر به دی‌اکسیدکربن است. همچنین کربن و دود کمتری تولید، و دود و مواد احتراق خروجی نیز تمیزتر خواهند بود.

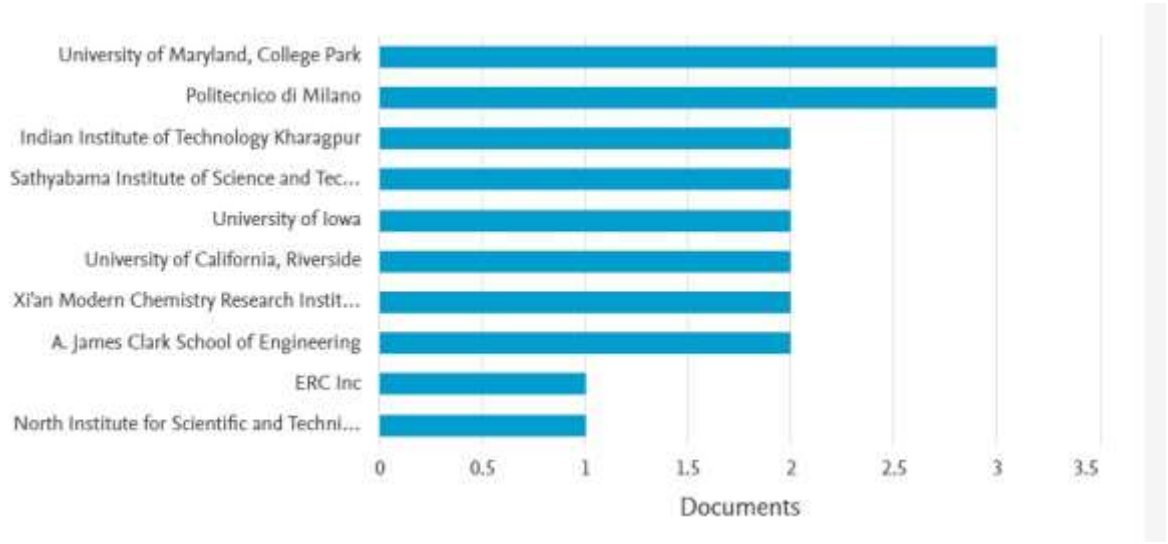
محصول نانو افزودنی سوخت شرکت چینی Beijing china yuantong ـــ ltd نیز توسط انستیتو مواد متخلخل و مکانیک سیالات آکادمی علوم چین، آزمایشگاه نوترون در دانشکده فیزیک هسته‌ای، انستیتو انرژی اتمی چین و انستیتو ملی استاندارد و فناوری ایالات متحده، آزمایش و تأیید شده است. این محصول آلودگی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد و تولید نیرو را تا ۱۰ الی ۳۰ درصد (در موتورها) افزایش می‌دهد[۵].

۱-۲-۳-۱-۷- کیت‌های مغناطیسی نانوساختار به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت مشعل‌ها

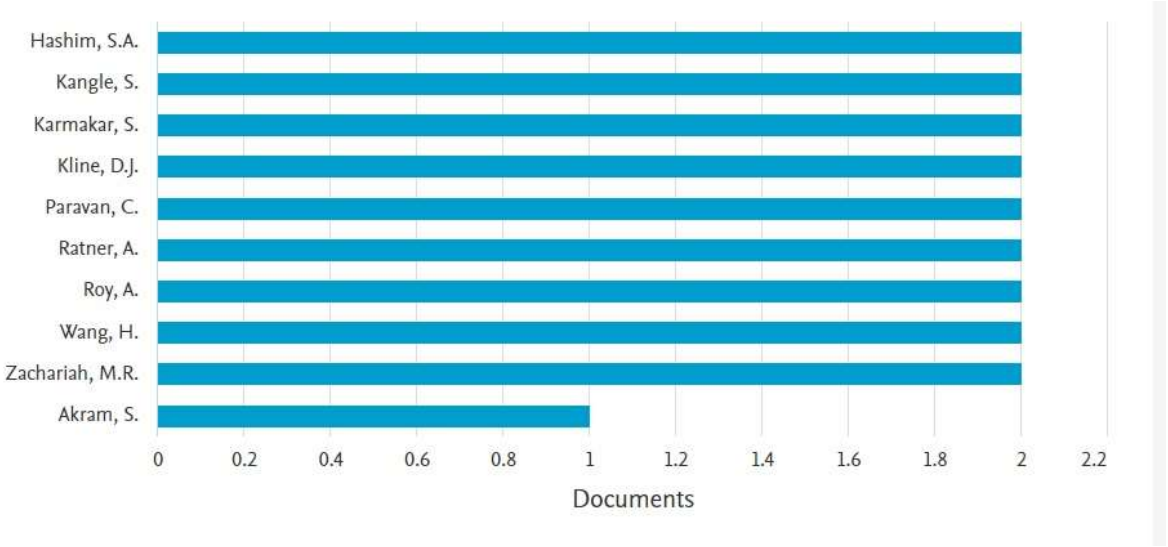
به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت مشعل‌های مورد استفاده در صنعت، می‌توان کیت‌های مغناطیسی سر راه این مشعل‌ها قرار داد. عبور سوخت پلیمری از یک میدان مغناطیسی قوی بین ۱۰ تا ۴۰ در صد (بسته به فناوری مشعل) صرفه‌جویی در سوخت مشعل را در پی دارد[۵۳].



شکل (۱-۲۶) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاه‌ها



شکل (۱-۲۷) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاه‌ها

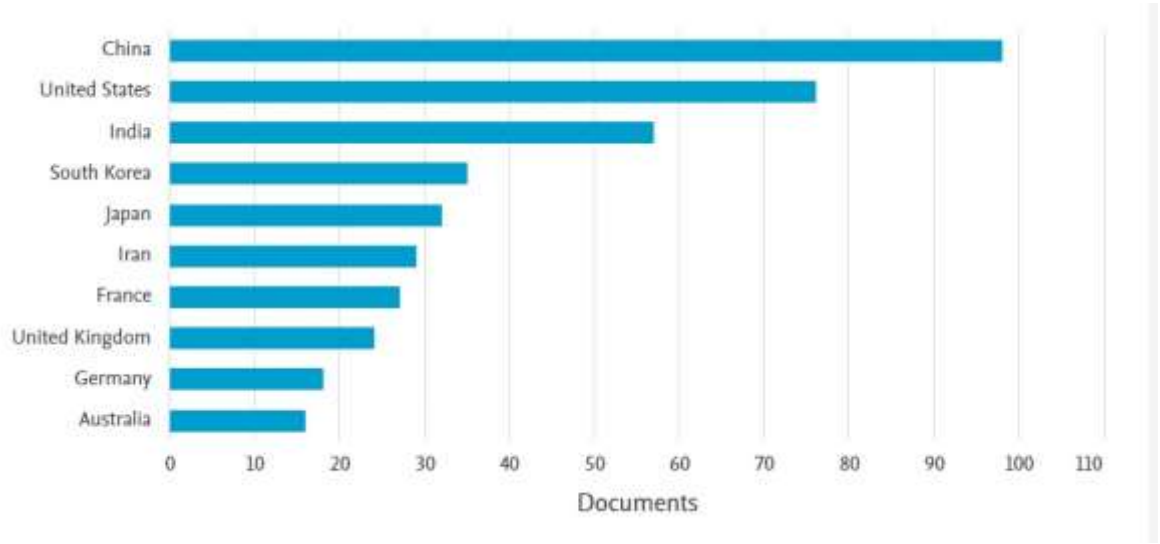


شکل (۱-۲۸) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سوخت نیروگاه‌ها

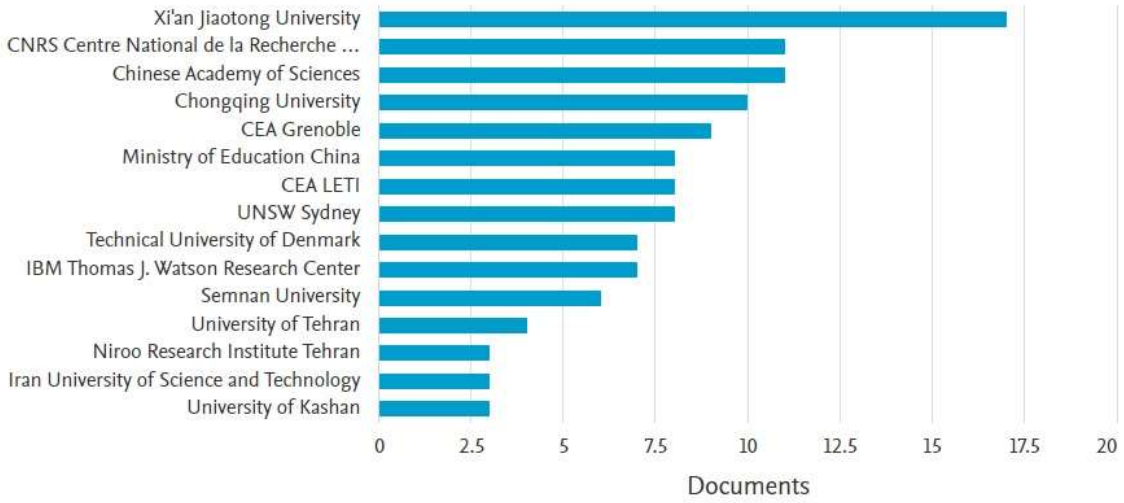
۱-۲-۳-۱-۸- عایق‌های حرارتی نانو برای محفظه های احتراق

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 آیروژل خواص اصلی آیروژل‌ها 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

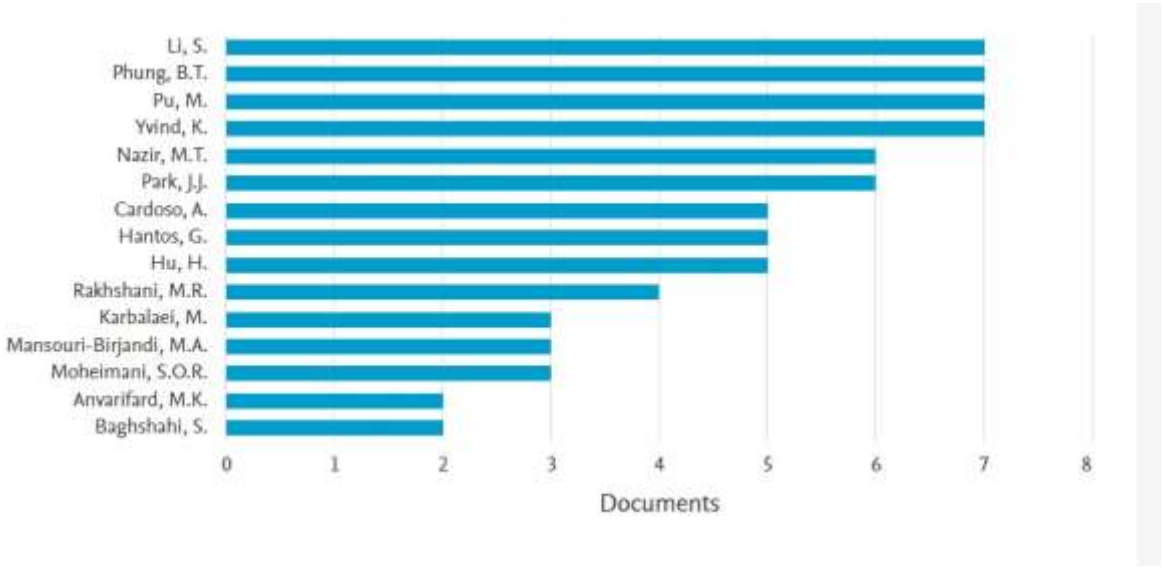
و سایر قسمت‌هایی که نیاز به جلوگیری از اتلاف حرارت دارند قابل استفاده است. همچنین مواد نسوزی که از ذرات نانومتری تولید می‌شوند می‌توانند خاصیت ضد آتش بودن را به میزان بالاتر و توأم با استحکام مکانیکی داشته باشند. شرکت آمریکاییGE از نانوکامپوزیت‌های فوق در ساخت قطعات توربین گازی استفاده کرده است[۵و۸].



شکل (۱-۲۹) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق



شکل (۱-۳۰) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق



شکل (۱-۳۱) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در عایق محفظه احتراق

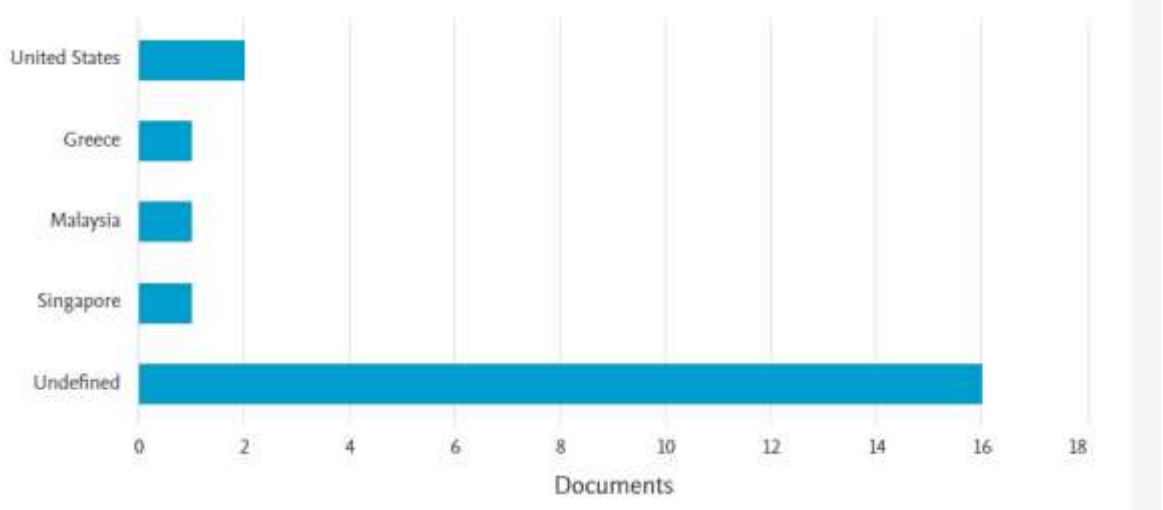
۱-۲-۳-۱-۹- نانوفیلترهای هوای ورودی به کمپرسور توربین گازی

سیستم های تصفیه هوای ورودی به کمپرسور توربین‌های گازی در نیروگاه‌های حرارتی تولید برق داری اهمیت بسیار زیادی هستند. فیلتراسیون نامناسب هوای ورودی صدمات و خسارت‌های بسیاری به کمپرسور و توربین وارد می‌کند و به طور قابل توجهی بر عملکرد، کارآیی و عمر توربین گازی تاثیر گذاشته و با ایجاد افت فشار بالا، راندمان تولید برق را کاهش می‌دهد. ذرات معلق گرد و غبار در هوا دارای اندازه‌های میکرونی هستند، ازاین رو فیلترهای معمولی کارایی و بازده مناسب و لازم را ندارند، به گونه‌ای که پس از گذشت زمان منافذ فیلترها مسدود شده و مقاومت آن در برابر جریان هوا زیاد می‌شود تا جایی که دیگر جریان هوا از آنها عبور نکرده و این باعث افزایش تعمیرات و هزینه‌های سیستم خواهد شد.

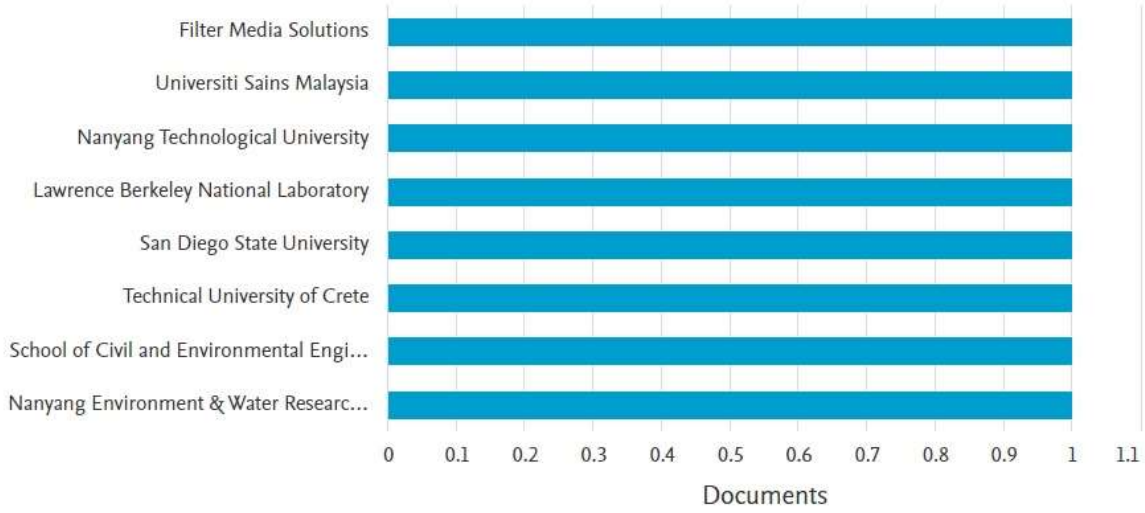
بر اساس ریزساختار کاغذ فیلتر و اندازه روزنه ها دو مکانیزم متفاوت فیلتراسیون عمقی و سطحی در نحوه جداسازی ذرات وجود دارد. در فیلتراسیون عمقی ذرات بسته به اندازه خود در لایه های مختلف کاغذ فیلتر، جداسازی می‌شوند. اما در فیلتراسیون سطحی با کمک نانوفناوری همه ذرات در سطح کاغذ فیلتر جداسازی می شوند. با بکارگیری فناوری نانو، بستر فیلتر که وظیفه اصلی فیلتراسیون را بر عهده دارد، با نانوالیاف پوشش داده می‌شود. در این حالت سطح الیاف بزرگ سلولزی و یا مصنوعی که معمولاً دارای قطر بیش از ۱۰ میکرومتر هستند با لایه ای از نانوالیاف با قطرکمتر از

۱۰۰ نانومتر پوشانده می‌شود. با این کار دو مزیت حاصل می‌شود، نخست راندمان فیلتراسیون از طریق کاهش اندازه سوراخها ارتقا می‌یابد و دوم اینکه عمر فیلتر با بهره گیری از فیلتراسیون سطحی افزایش خواهد یافت و در بازه زمانی طولانی تری نیاز به تعویض فیلتر وجود خواهد داشت. روزنه هایی که از تقاطع میان نانو الیاف ایجاد می شوند، بسیار کوچکتر از سوراخهای معمول در کاغذ های فیلتر هستند. همین امر سبب ارتقای کارایی جداسازی فیلتر و حفاظت بهتر از کمپرسور و موتور توربین و قطعات آن می شود. همچنین با توجه به تغییر مکانیزم و شیوه جداسازی و فیلتراسیون از عمقی به سطحی در نانوفیلترها با ایجاد لایه ای از نانو الیاف در سمت بیرونی کاغذ فیلتر، همه ذرات جداسازی شده در سمت بیرون کاغذ فیلتر باقی می مانند و در زمان اعمال پالس بخوبی فیلتر احیا می گردد و مجددا قابل استفاده خواهد بود.

نانوفیلترها در حال حاضر در مقیاس صنعتی در کشور توسط چندین شرکت مختلف تولید می‌شود و با استفاده از فناوری نانو، کلاس جدیدی از فیلترها تعریف و ارائه شده است که دارای خواص و ویژگی‌های منحصر به فردی می باشد.



شکل (۱-۳۲) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر هوای ورودی توربین



شکل (۱-۳۳) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر هوای ورودی توربین

۱-۲-۳-۱-۱۰- نانو ذرات روانکار

روانکاری برای تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس باهم انجام می‌گیرد. عدم روانکاری صحیح ماشین آلات، علاوه بر کاهش راندمان مکانیکی و بازده زمانی، منجر به فرسایش زودرس آن‌ها می‌شود. امروزه برای روانکاری قطعات درگیر و کاهش اصطکاک و سایش آن‌ها، از نانو ذرات 52W استفاده می‌شود. این نانو ذرات کروی شکل برای تولید نانو لوب‌ها بکار می‌روند. عملکرد این نانو ذرات روانکار بسیار بهتر از روان کننده‌های معمولی بوده و در بین دو سطح مشابه بلبرینگ‌های بسیار کوچک عمل کرده و باعث کاهش اصطکاک و ساییدگی به خصوص در مواقع بارگیری زیاد می‌شوند. همچنین به کارگیری از نانو ذرات 52W منجر به افزایش طول عمر دستگاه و کاهش هزینه‌های نگهداری، سرویس و تعمیرات می‌شود. روان کننده نانو لوب به صورت افزودنی به روان کننده‌های مایع، گریس‌ها، به صورت پودر جامد، پوشش نازک روی فلزات و لایه پلیمری کامپوزیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نانو افزودنی‌های روانکار در سطوح زبر بسیار خوب عمل کرده و به این ترتیب نیاز به کاملا صاف بودن سطوحی که روی هم می‌لغزند برطرف می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۳-۱-۱۱- نانوسنسورها (سیستم پایش)

نانو سنسور ها یکی از این تکنولوژی های مدرن هستندکه 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 مولکول‌های گازی مهلک در محیط بپردازند. 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 دارندکه 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 مانند 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].

۱-۲-۳-۱-۱۱-۱- سنسورهای اولتراسونیک نیروگاهی با استفاده از مواد پیزوالکتریک نانوساختار[۴۷]

از جمله سنسورهای پرمصرف در صنعت برق، سنسورهایی هستند که از فن‌آوری اولتراسونیک برای اندازه‌گیری‌های مربوطه استفاده می‌کنند. از این قبیل می‌توان به جریان سنج‌های اولتراسونیک و سطح‌سنج‌های اولتراسونیک اشاره کرد. در هر دوی موارد اشاره شده، ابتدا یک مبدل پیزوالکتریک یک موج فراصوتی تولید می‌کند 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، می‌رسد. موج عبوری یا انعکاسی در این قسمت مجدداً به سیگنال تبدیل شده و برای پردازش به قسمت الکترونیکی سنسور فرستاده می‌شود.

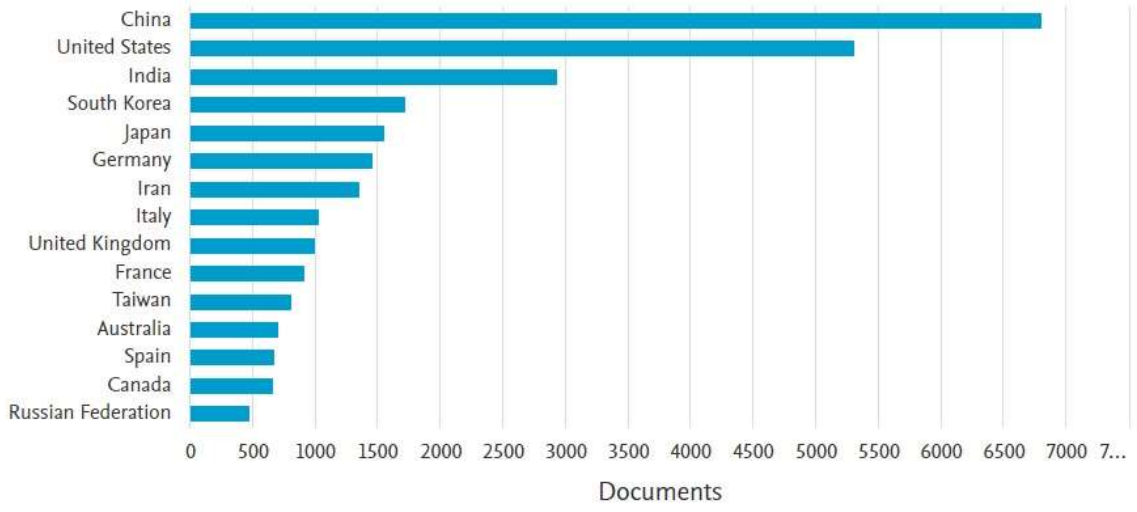
شایان ذکر است که برای کاربردهای جریان‌سنجی و سطح‌سنجی از روش‌های گوناگونی می‌توان استفاده کرد که در این کاربردها با افزایش قیمت، دقت نیز افزایش می‌یابد. در این بین فن‌آوری اولتراسونیک از نظر قیمت در محدوده

میانی و از نظر دقت در سطح بالایی قرار دارد. از این رو کاربرد گسترده‌ای 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 ودر طرح توسعه و اتوماسیون نیروگاههای قدیمی نیز قرار دارد.

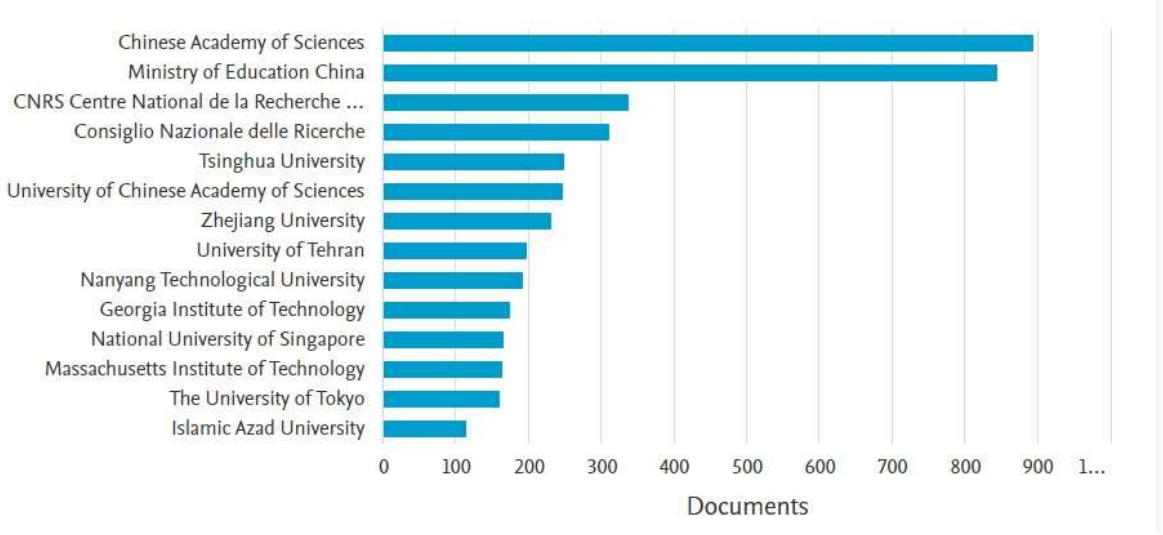
از دیگر کاربردهای سنسورهای اولتراسونیک کنترل تجهیزات غیر قابل دسترسی و یا تجهیزاتی که نزدیک شدن به آنها خطرناک است و همچنین درمواردی که آزمایشهای غیرمخرب مورد نیاز است، استفاده می‌شود. بعنوان مثال می‌توان به استفاده از این وسایل در ارزیابی جوش لوله‌های نیروگاهها، بدون نیاز به متوقف‌کردن فعالیت واحد مربوطه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

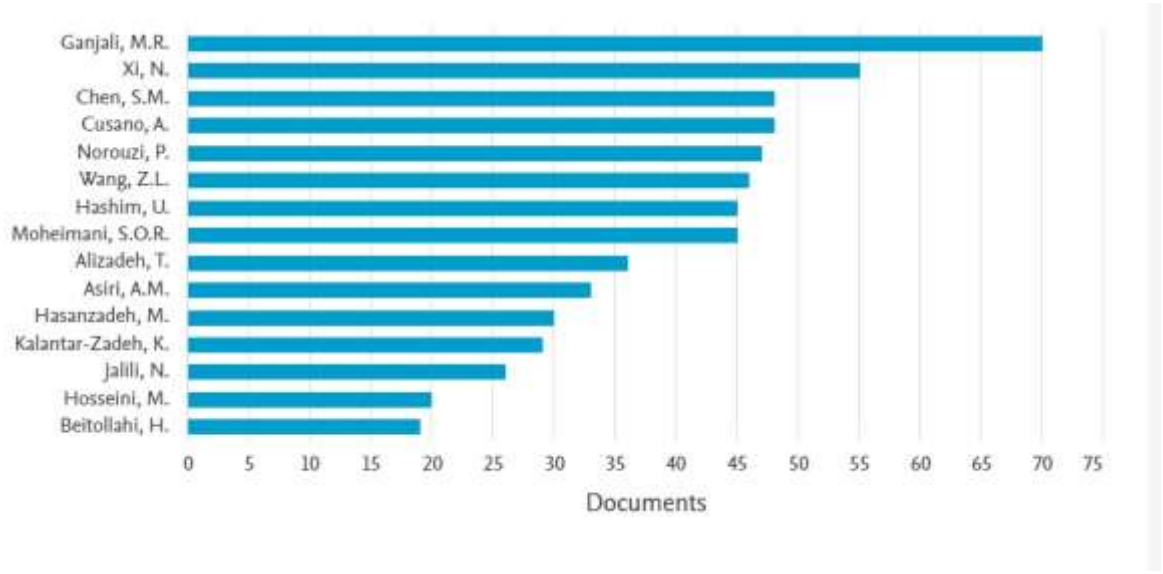
در این میان استفاده از سرامیک‌های پیزوالکتریک PZT به عنوان قلب سنسورهای اولتراسونیک در صنعت نیروگاهی مطرح است که با تهیه نانوپودر انها امکان ساخت قطعات پیزوالکتریک با خواص مطلوب‌تر و پارامترهای دی‌الکتریکی، پیزوالکتریکی و حتی خواص فیزیکی بهتر و کنترل شده‌تر به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت برق و مبنای کار بسیاری از تحقیقات دانشگاهی مطرح آمریکا وجود دارد.



شکل (۱-۳۴) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق



شکل (۱-۳۵) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق



شکل (۱-۳۶) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سنسورهای صنعت برق

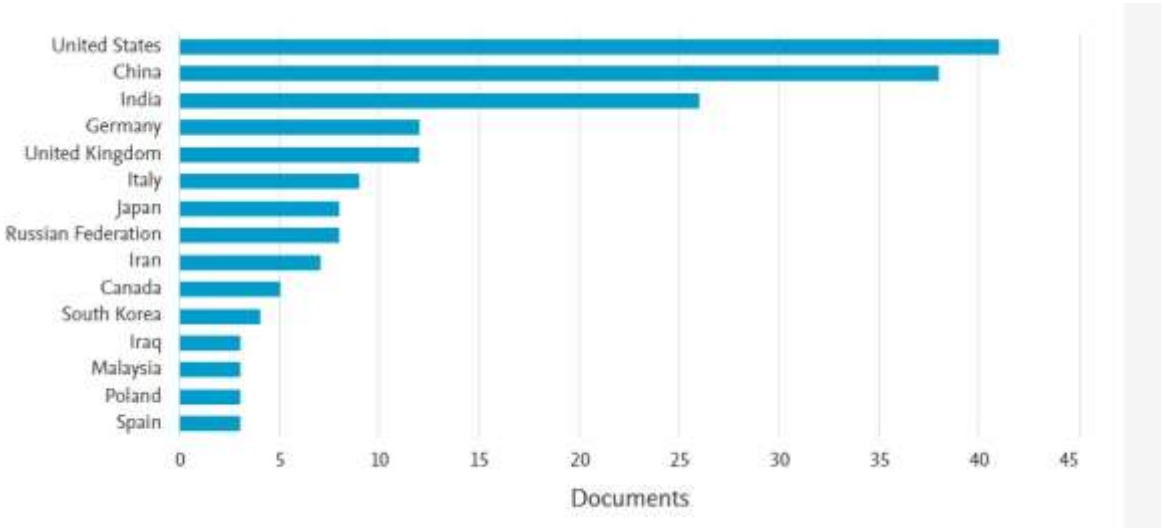
۱-۲-۳-۲- نیروگاه بخار

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.

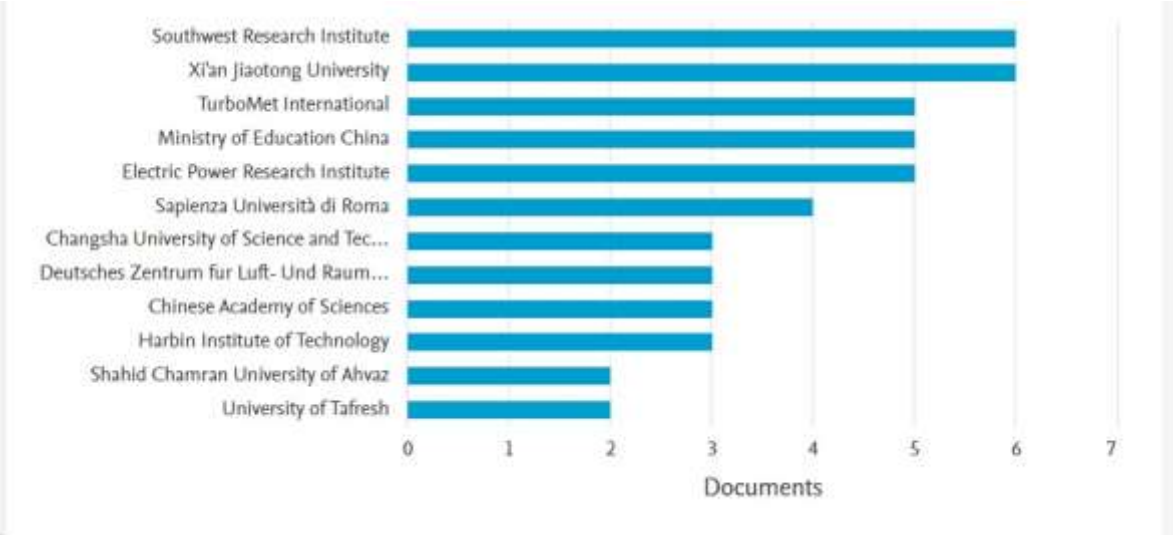
۱-۲-۳-۲-۱- پره توربین بخار

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 پوشش های تک لایه TiN، ZrN، CrN، TiAlN و پوشش‌های چند لایه Cr/CrN، Ti/TiN و سوپر شبکه CrN/NbN هستند.

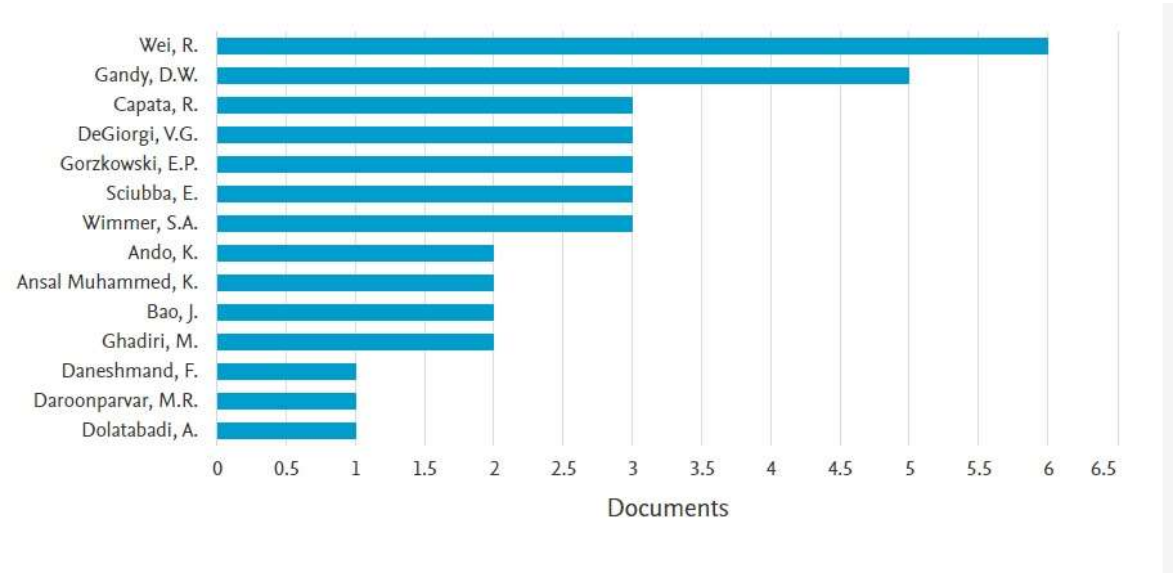
در سال‌های اخیر پوشش‌های نانوکامپوریت (به خصوص TiN نانوکریستالین در رمینه آمورف Si_3N_4 یا نانوکامپوریت TiN/Si_3N_4) توسط چندین گروه تحقیقاتی در دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است. این پوشش‌ها در آزمون‌های آزمایشگاهی بسیار سخت هستند و مقاومت به سایش بسیار خوبی را از خود نشان می‌دهند. موسسه تحقیقاتی EPRI در حال تحقیق بر روی نانوپوشش‌های مقاوم به سایش با استفاده از روش اعمال PEMS(Plasma Enhanced Magnetron Sputter) می‌باشد[۹].



شکل (۱-۳۷) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار



شکل (۱-۳۸) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار



شکل (۱-۳۹) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در پره توربین بخار

۱-۲-۳-۲-۲- 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 معمولا توسط روش‌های، نصب واحد تصفیه مایعات به طور جزئی و یا کامل برای به حداقل رساندن ناخالصی‌های احتمالی خورنده موجود در آب

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

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 اندازه‌ای بزرگتر از اندازه سوارخ‌های نانومتری یک نانوفیلتر دارند. پس می‌توان با نانو فیلترها این مواد را بدون افزودن مواد شیمایی 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 شیمایی مصرفی در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی کرد.

شرکت هلندی norit غشاءهای نانوفیلتراسیون و اولترافیلتراسیونی به نام x ـ flow تولید می‌کند که قادر به تصفیه خوراک ورودی با ناخالصی‌های تا ۲۰۰ mg/i این غشاءها طوری ساخته شده‌اند که توزیع آب را در همه سطح غشاء تضمین می‌کند و نیز امکان شستشو در جهت Back ـ 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 ۹۹۹۹ / ۹۹٪ از ویروس‌ها و باکتری‌ها و میکروب‌ها از آب، با شدت جریان حدود ۲۰۰ برابر سریع‌تر از غشاءهای مرسوم، است[۸و۵].

فناوری‌های مورد استفاده در تصفیه آب عبارتند از :

۱-۲-۳-۲-۲-۱- نانو ذرات

نانوذرات دارای دو ویژگی کلیدی هستند که استفاده از آنها را به عنوان جاذب جذاب می سازد. آنها دارای نواحی سطحی بسیار وسیعتری از ذرات توده هستند. همچنین نانوذرات می توانند با گروه های شیمیایی مختلف برای افزایش میل به حذف ترکیبات هدف ترکیب شوند. نانوذرات مانند نانو لوله‌های کربنی چند جداره، به منظور توسعه جاذب های با ظرفیت بالا و انتخابی برای یونهای فلزی و آنیونها مورد استفاده قرار می‌گیرند. جذب یون های فلزی توسط

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

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 آب‌های 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[۵۲-۴۴].

۱-۲-۳-۲-۲- 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 آوری‌های 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.

غشاءهای نانوفیلتراسیون معمولاً از یک لایه بسیار نازک و یک لایهٔ محافظ تشکیل شده‌اند. لایهٔ نازک و متراکم عمل جداسازی را انجام می‌دهد و لایهٔ محافظ باعث حفاظت غشا در مقابل فشار سیستم می‌شود. ضخامت لایهٔ نازک و

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

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[۵۳].

۱-۲-۳-۲-۳- *فیلترهای نانوساختار[۳۷،۳۸ و ۴۰]*

نانوفیلتراسیون فرآیند نوینی است که به علت کارآیی 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 ۰/۱ تا ۰/۰۱ میلی متر قابل جدا شدن هستند، در حالیکه در نانوفیلتراسیون ذراتی با اندازه‌های ۰/۱ تا ۰/۰۰۱ 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 هزینهٔ حمل و نقل و دفع آن کمتر است. سیستم به تجهیزاتی به نام CIP مجهز است که به کمک آن غشاها بطور خودکار تمیزکاری می‌شوند.

در این فرآیند تصفیه بوسیلهٔ 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 هزینهٔ پمپ، لوله و مخزن در فشار پایین کاهش چشمگیری داشته ، لذا سرمایه‌گذاری کمتری نیاز دارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً از یک لایه بسیار نازک و یک لایهٔ محافظ تشکیل شده‌اند. لایهٔ نازک و متراکم عمل جداسازی را انجام می‌دهد و لایهٔ محافظ باعث حفاظت غشا در مقابل فشار سیستم می‌شود. ضخامت لایهٔ 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 (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 کلوئیدی کارایی بویلر را کاهش داده و موجب خرابی نابهنگام توربینها می‌شود. اولترافیلتراسیون می‌تواند سیلیس های کلوئیدی 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 غشاها توسط مواد غیر محلول و قابل ته نشینی بروز می‌نماید.

برای تصفیه آب تغذیه بویلر، بسته به موارد نیاز آن، تعدادی از فرآیندها را می‌توان بکار برد که عبارتند از: تصفیه شیمیایی/کاربرد آهک ، فیلتراسیون دوبل، 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 فناورانه 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 " 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 می دهد، لذا هزینه تصفیه را به حداقل می‌رساند. در سیستم تصفیه VSEP برای تصفیه آب عبور کرده از غشاء و به منظور تولید یک جریان مناسب برای شرایط آب تغذیه بویلر شامل غلظت جامدات معلق و محلول، سیلیس و سختی، از مدولهای غشاء اولترافیلتراسیون یا نانوفیلتراسیون/اسمز معکوس استفاده به‌عمل 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. درشکل (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 غشا، روبرو بودند بکار برد. VSEP یک جایگزین مناسب برای روشهای فیلتراسیون قدیمی است.

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 برای رسیدن به محدوده کارآیی مناسب و رعایت

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

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.

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 تولیدیمی‌شود. 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 وتمهیدات لازم برای احتراق کامل را تدارک دید. کنترل گازهای خروجی توسط سنسورها صورتمی‌گیرد. هر چه سنسور دقیق‌تر باشد و بتواند به صورت دائم اطلاعات کافی و دقیق والبته واقعی در اختیار اپراتور قرار دهد نظارت و تصمیم‌گیری اپراتور صحیح‌تر بوده وباعث 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 ازنانوفناوری 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 ساختارکردن این سنسورها می‌توان به کنترل دقیق‌تر جنبه‌های مختلف نیروگاه دست یافت. مثلا 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 ازمواد نانومتری، مقاومت به سایش، عمر طولانی، واقعی بودن مقادیر نشان داده شده وقیمت کم است [۱۲].

۱-۲-۳-۲-۲-۴- فیلترهای نانوساختار تصفیه آب و پساب

در بویلرهای تولید کننده بخار نیروگاه های بخار و سیکل ترکیبی آب تغذیه با خلوص بسیار بالا مورد نیاز است. 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 معمولا توسط روش‌های، نصب واحد

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

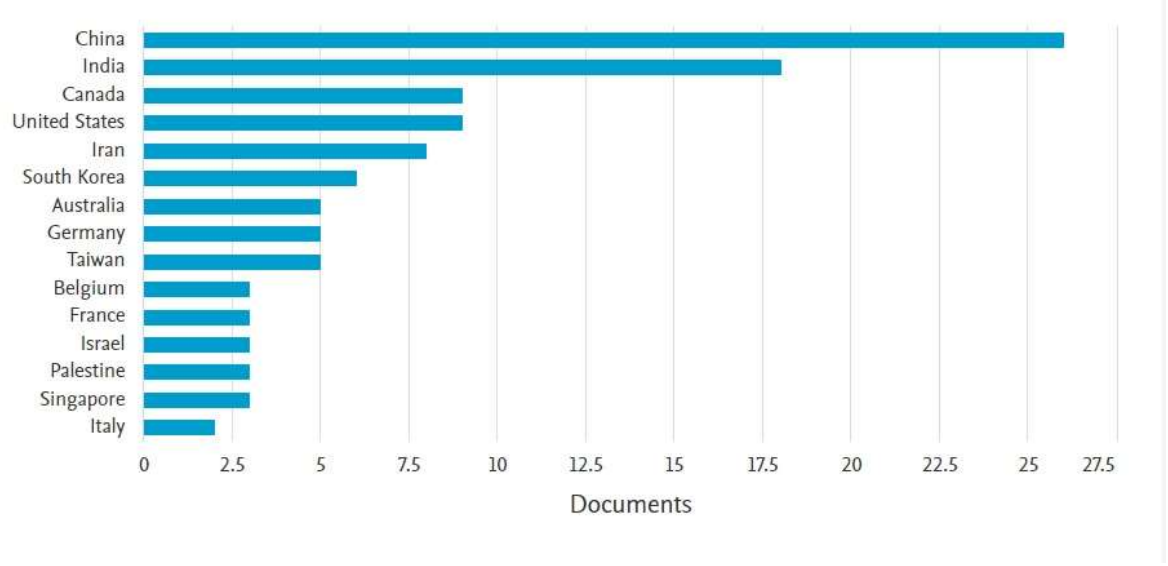
تصفیه مایعات به طور جزئی و یا کامل برای به حداقل رساندن ناخالصی‌های احتمالی خورنده موجود در آب ورودی، در صورت لزوم، تصفیه آب ورودی برای کنترل کردن رسوب ذرات معلق نامحلول و پایین بردن میزان آن‌ها. آب خروجی نیروگاه که حاوی مواد خطرناک برای محیطزیست است نیز باید تصفیه و سپس رها شود.

آب تغذیه با خلوص بالا موجب کاهش میزان مصرف مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش دفعات بلودان و کاهش مصرف سوخت خواهد. 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. رسوبات سیلیکاتها و مواد کلوئیدی کارایی بویلر را کاهش داده و موجب خرابی نابهنگام توربینها می‌شود. اولترافیلتراسیون می‌تواند سیلیس های کلوئیدی 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 تکنولوژی‌های غشایی متداول مشکلات اساسی در خصوص گرفتگی غشاها توسط مواد غیر محلول و قابل ته نشینی بروز می‌نماید.برای تصفیه آب تغذیه بویلر، بسته به موارد نیاز آن، تعدادی از فرآیندها را می‌توان بکار برد که عبارتند از: تصفیه شیمیایی/کاربرد آهک ، فیلتراسیون دوبل، 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.

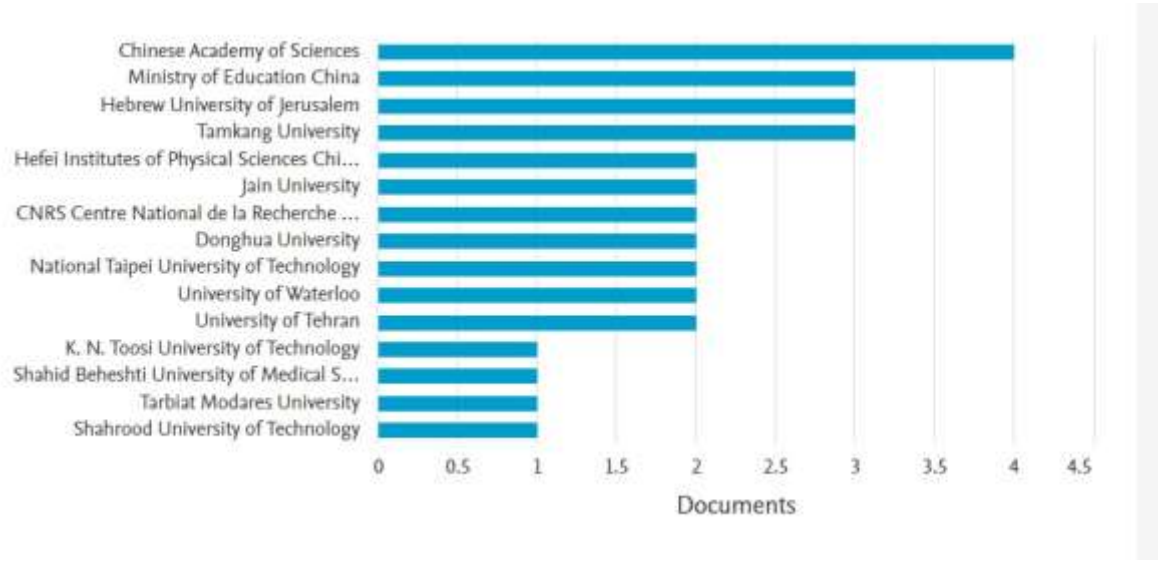
استفاده از اسمز معکوس در سیستم پالایش و خالص سازی آب تغذیه موجب کاهش دفعات احیاء رزینهای تبادل یونی و در نتیجه کاهش استفاده از مواد شیمیایی می‌شود. یک سیستم کامل تصفیه آب که شامل اسمز معکوس و تعویض یونی است، نوعاً موجب کاهش هزینه‌ها در مقایسه با سیستمی است که از اسمز معکوس استفاده نمی‌کند. ولی استفاده از سیستمهای اسمز معکوس متداول نیاز ضروری به استفاده از واحدهای پیش تصفیه آب دارند که خود پر هزینه می‌باشند.

نانوفیلتراسیون فرآیند غشایی جدیدی است که خواص جداسازی آن بین فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون می‌باشد. در اولترافیلتراسیون ذراتی از ۰/۱ تا ۰/۰۱ میلی متر قابل جدا شدن هستند، در حالیکه در نانوفیلتراسیون ذراتی

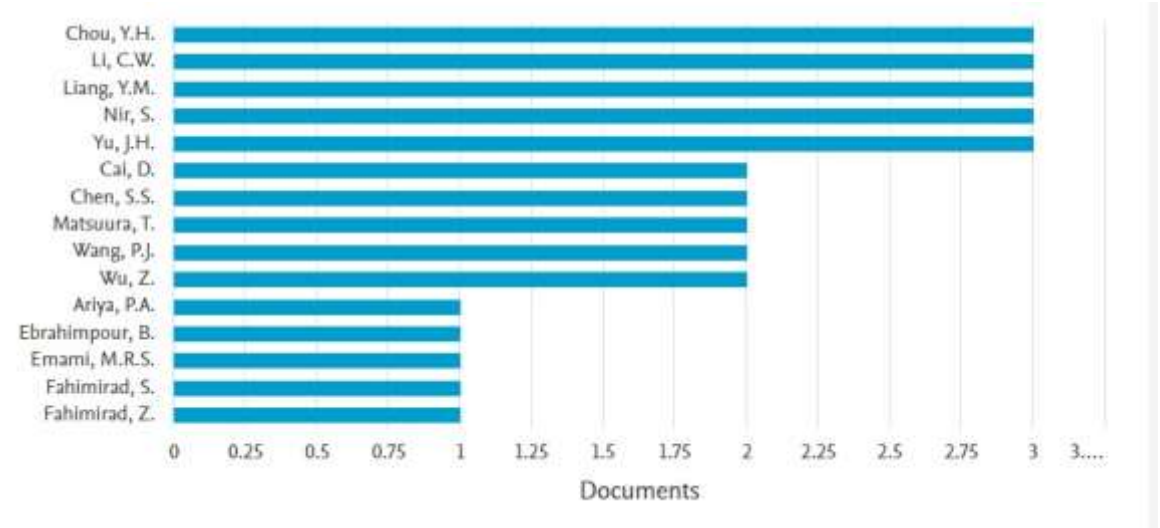
با اندازه‌های ۰/۱ تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر قابل جدا شدن هستند. نانوفیلتراسیون فرآیند نوینی است که به علت کارآیی در اختلاف فشار نسبتاً پایین، بازیابی خوب و میزان دفع مناسب جایگاه ویژه‌ای را در زمینه جداسازی به خود اختصاص داده است. در زمینه تصفیه آب و پساب به دلیل استفاده از غشاهای باردار می‌توان از این روش بهره گرفت. این فرآیند جایگزین مناسبی برای فرآیندهای اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، تبادل یونی و آهک‌زدایی به شمار می‌رود. خالص سازی با این فرآیند نیاز به مواد شیمیایی نداشته و از نظر اقتصادی به صرفه است. پساب تولیدی فشرده و غلیظ بوده ، لذا هزینهٔ حمل و نقل و دفع آن کمتر است. سیستم به تجهیزاتی به نام CIP مجهز است که به کمک آن غشاها بطور خودکار تمیزکاری می‌شوند. در این فرآیند تصفیه بوسیلهٔ 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 هزینهٔ پمپ، لوله و مخزن در فشار پایین کاهش چشمگیری داشته، لذا سرمایه‌گذاری کمتری نیاز دارد.



شکل (۱-۴۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی



شکل (۱-۴۱) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی



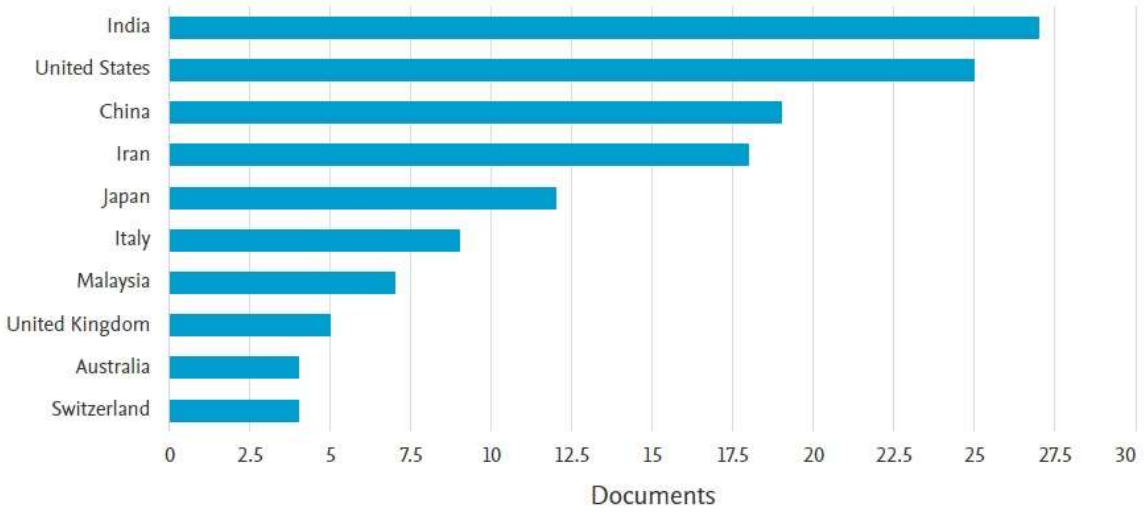
شکل (۱-۴۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در تصفیه آب و پساب نیروگاهی

۱-۲-۳-۲-۳- نانو فیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه(سیستم دودکش)

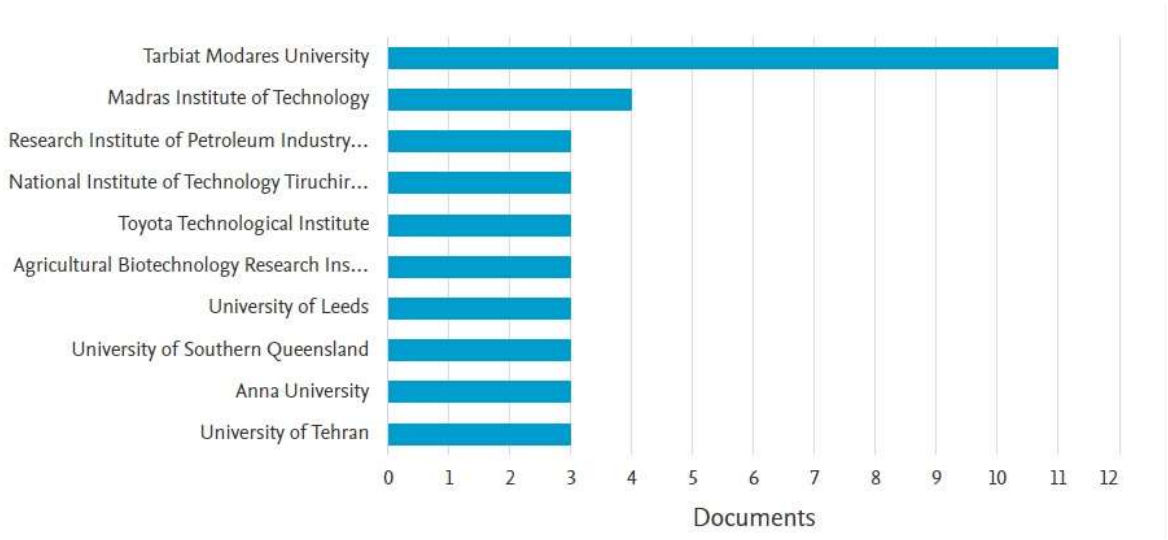
DOI: 10.30503/nripress.2020.260

یکی از معضلات همیشگی نیروگاه‌های سوخت فسیلی مسئله آلودگی هوا در آن‌هاست و مسئله محیط زیست و آلودگی هوا یکی از مهمترین چالش های نیروگاه‌های حرارتی است. این نوع نیروگاه‌ها محیط زیست اطراف را با آلودگی های گازی و آبی به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. آلودگی های گازی با جریان باد جابجا شده و موجب باران‌های اسیدی می‌شود. راهکارها در این زمینه کنترل شرایط احتراق دردرجه اول و پس از آن تصفیه دود خروجی در جهت حفظ محیط زیست است. با کمک فناوری نانو و بکارگیری نانوسنسورها می توان هم شرایط احتراق و هم گازهای آلاینده خروجی و دیگر گازهای مورد استفاده را کنترل نمود. احتراق مخلوط شدن ماده سوختنی و اکسیژن هواست که باید به نسبت معین صورت گیرد و سپس واکنش سوختن رخ دهد. یکی از سنسورهای مهم در بخش کنترل احتراق حسگر های اکسیژن است که در حسگرهای دود احتراق نیروگاهی می توانند مورد استفاده قرار گیرد. اساس کار این حسگر بر مبنای اندازه گیری اختلاف میزان اکسیژن موجود در گاز خروجی از محفظه احتراق موتور و هوای محیط است که این شدت میزان اختلاف در درون سنسور اکسیژن سبب تولید ولتاژ می گردد. 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 تولیدی می‌شود. راه کنترل و اطلاع از نحوه سوختن، آزمایش و آنالیز گازهای خروجی احتراق توسط سنسورها است. با اندازه‌گیری گازهای مختلف در گاز خروجی می‌توان به شرایط احتراق پی‌برد و تمهیدات لازم برای احتراق کامل را تدارک دید. هر چه سنسور دقیق‌تر باشد و بتواند به صورت دائم اطلاعات کافی و دقیق والبته واقعی در اختیار اپراتور قرار دهد. در نتیجه نظارت و تصمیم‌گیری اپراتور صحیح‌تر بوده وباعث 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 به کنترل هر چه بیشتر جنبه‌های مختلف نیروگاه و کاهش خسارات احتمالی کمک می‌کند. برای نیل به این هدف باید از نانوسنسورها که حساسیت بالاتری دارند استفاده کرد.با استفاده از مواد نانوساختار می‌توان سنسورهای گازی بسیار دقیق‌تر و با قابلیت پاسخ سریع تولید کرد. همچنین با استفاده از نانو فیلترها می‌توان دود را تصفیه کرد و با استفاده ازنانو کاتالیست ها مواد مضر دود را به مواد بی‌خطر تبدیل کرد و دود باآلودگی کمتری را وارد هوا کرد. همچنین می‌توان با استفاده از نانو ذراتی که خاصیت کاتالیستی دارند، مواد مضر دود را به مواد بی‌خطر تبدیل کرد و علاوه بر این می‌توان هوای ورودی به توربین را نیز فیلتر کرد. سیستم های تصفیه هوا با استفاده از ذرات

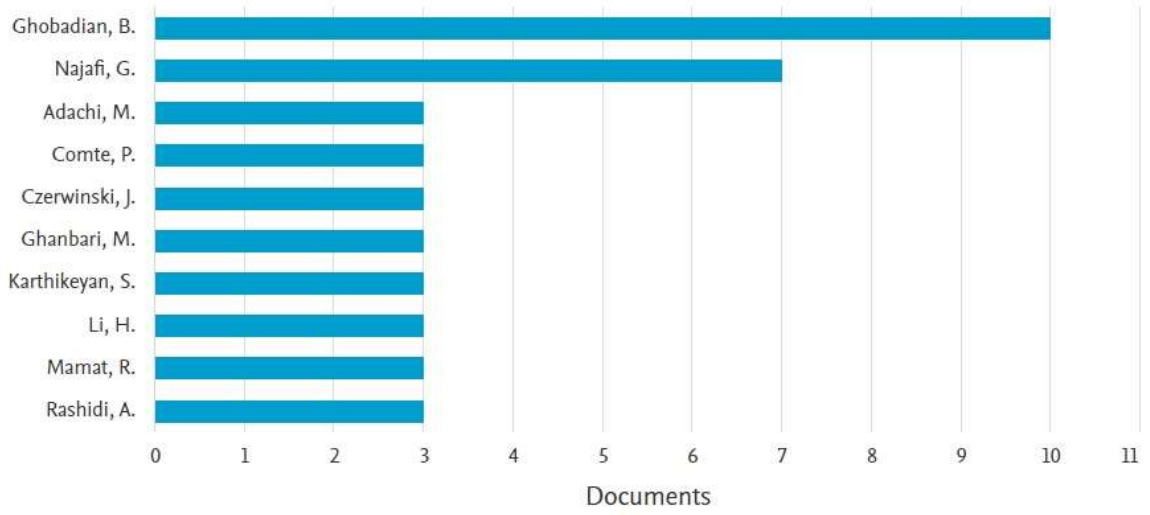
نانومتری فوتوکاتالیست عمل می‌کنند. این سیستم‌ها دارای مواد چند منظوره‌ای هستند که باعث تصفیه هوا شده و برای حذف آلاینده‌هایی چون منوکسیدکربن، بنزول، میکروب‌ها، غبار و... مفید هستند[۱۱].



شکل (۱-۴۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه



شکل (۱-۴۴) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه



شکل (۱-۴۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در فیلتر گاز خروجی نیروگاه

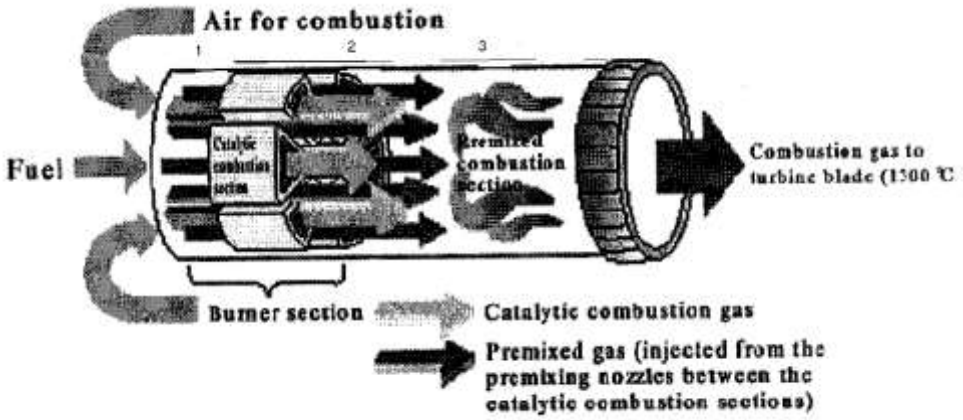
۱-۲-۳-۲-۴- کاتالیست‌های نانوساختار مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی

نیروگاه‌های حرارتی از جمله صنایعی هستند که بیش از یک سوم سوخت تولیدی در جهان را مصرف می کنند و آلاینده های دفع شده در اثر احتراق این سوخت‌های فسیلی چه به‌صورت 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 (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 گلخانه‌ای شدن (بیشتر از ۱۰ برار 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 NO_X ، باعث کمتر شدن دمای کاری

توربین (در مقایسه با توربینهای گاز سوز معمولی) و کم شدن میزان 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 NO_X می توان از ترکیبات SO_X ،CO_2 و CO نیز به عنوان آلاینده هایی مهم ، نام برد، که برخی از این ترکیبات مثل 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 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 می‌شوند: (ناحیه ۱ شکل (۱-۴۶))

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 $1000^{\circ}C$) و دمای بالایی در حد $1800^{\circ}C$ (بخاطر نبودن شعله مستقیم) نیز وجود نداشته باشد و ترکیبات 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 $^{\circ}C$ ۱۵۰۰-۱۱۰۰ 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 می‌شود [۴۳].



شکل(۱-۴۶) : 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 یافته‌اند. از جمله زمینه های مورد توجه برای به کارگیری مواد نانو ساختار، کاتالیست‌های به کار رفته در محفظه احتراق توربین های گاز سوز نیروگاه‌ها است. تحقیقات پژوهشگران بالاتفاق ، خبر از بهبود قابل توجه خواص کاتالیستی با ریزتر شدن ابعاد ذرات کاتالیست‌ها، می دهد.

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

کاتالیست‌های نانوساختار فلزات نجیب از جمله Pd، Pt، Rh، Au

کاتالیست‌های نانوساختار اکسیدهای فلزات انتقالی از جمله Cu، Co، Mn، Cr

کاتالیست‌های پروسکایت‌های نانوساختار مانند $LaMnO_3$/ MgO

کاتالیست‌های زیرکونیایی تقویت شده با فلزات انتقالی مثل Mn

کاتالیست‌های پایه هگزاآلومیناتی از جمله هگزاآلومینات باریم نانوساختار جایگزین شده با Mn و Cu

۱-۲-۳-۲-۵- *جایگزینی آلیاژهای متداول با نانوکامپوزیت ها و آلیاژهای نانوکریستال*

قطعات زیادی در نیروگاه تحت شرایط بحرانی دما، فشار و تنش‌های بالا قرار دارند، استفاده از موادی با خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی بهتر می‌تواند هزینه‌های تولید و نگهداری و در نتیجه هزینه‌های تولید انرژی را کاهش

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

دهد. از جمله این قطعات، قطعات متحرک توربین و ژنراتور، محورهای دوران است. در مورد آلیاژهای فلزی، بیشتر از فولادهای پر کرم و سوپرآلیاژهای در قطعات مختلف استفاده می شود. بطور مثال در پره های متحرک آلیاژهای نظیر IN738LC و GTD111، در پره های ثابت آلیاژهای FSX414 و GTD222 در محفظه احتراق Nimonic263 و Hastelloy X، در پره های کمپرسور AISI 403 و GTD450 و انواع دیگری از فولاد های آلیاژی، فولاد های زنگ نزن و سوپر آلیاژهای پایه نیکل بکار گرفته می‌شوند. 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، سختی، مقاومت به سایش و رفتار خستگی می‌شود. البته در این مورد باید افت برخی دیگر از خوص با ریزدانه شدن آلیاژها را نظیر افت خواص خزشی نیز مد نظر قرار داد. از دیگر راهکارهای فناوری نانو در ارتباط با بهبود خواص آلیاژها، 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. شرکتMetallicum اولین شرکت در دنیاست که روی توسعه و تجاری‌سازی آلیاژها و فولادهای نانو ساختار متمرکز شده است. شرکت NanoSteels در آمریکا نیز شرکت دیگری است که در تولید فولادهای نانو ساختار فعالیت دارد. عمده فعالیت این شرکت، تولید محصولاتی فلزی با ساختار نانومتری است که قابل استفاده به صورت تجاری باشند. این شرکت ورقه‌های فولادی مختلف با ساختار نانو تهیه می‌کند. علاوه بر این، این شرکت موفق به ساخت آلیاژی موسوم به Super Hard Steelشده است که تفاوت چشم‌گیری از لحاظ خواص استحکامی و مقاومت فیزیکی با آلیاژهای مرسوم دارد Nanomatنیز نام مجموعه‌ای آلمانی از انستیتوهای تحقیقاتی است که روی سنتز و تولید سرامیک‌ها و فلزات نانوساختار فعالیت می‌کند.

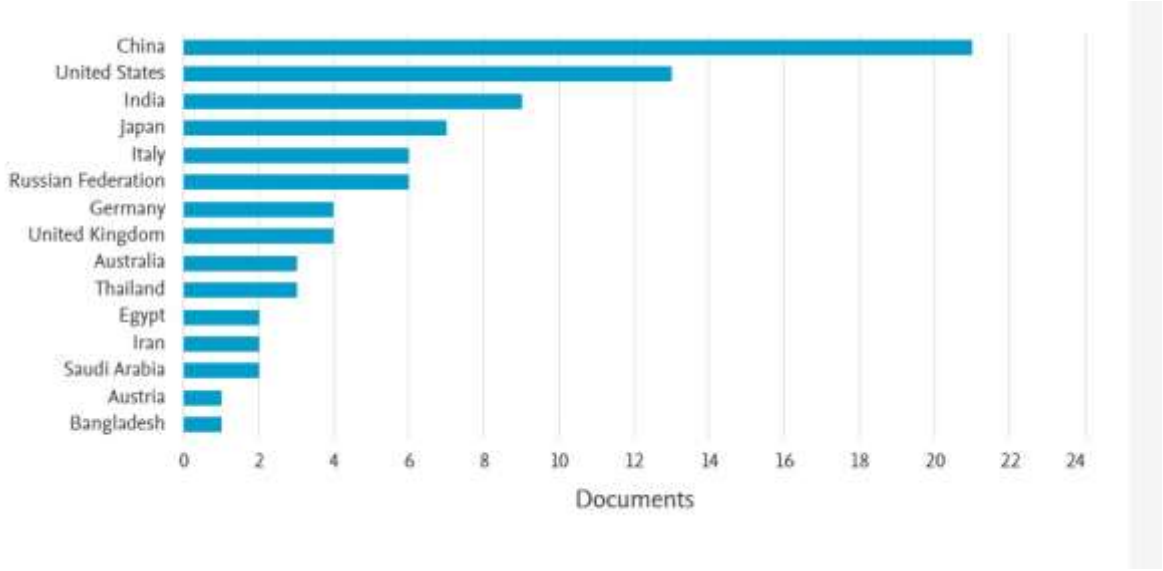
رویکرد دیگر بکارگیری نانوکامپوزیت های زمینه سرامیکی و جایگزینی آن با بسیاری از آلیاژهای فلزی نظیر پره های توربین، شراد و ... است که بدین ترتیب می‌توان پایداری حرارتی و مکانیکی را تا حد بسیار بالایی افزایش داد و لزوم اعمال پوشش های سد حرارتی بر روی فلزات را نیز برطرف نمود.

۱-۲-۳-۳- نیروگاه آبی

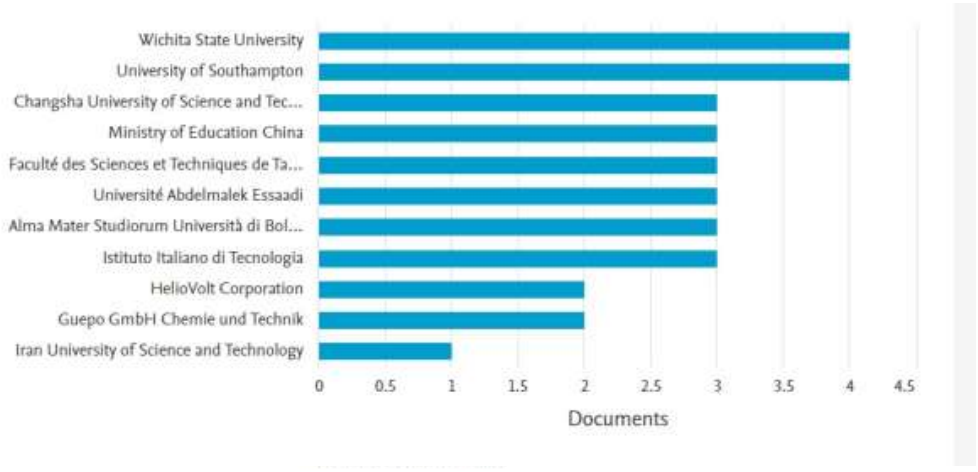
تجهیزات موجود در این نیروگاه‌ها شامل سد، توربین و کانال انتقال آب به توربین می‌باشد. از فناوری نانو در قسمت‌های مختلف این تجهیزات، در ساخت قطعه، پوشش و به صورت مواد افزودنی می‌توان بهره برد.

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.

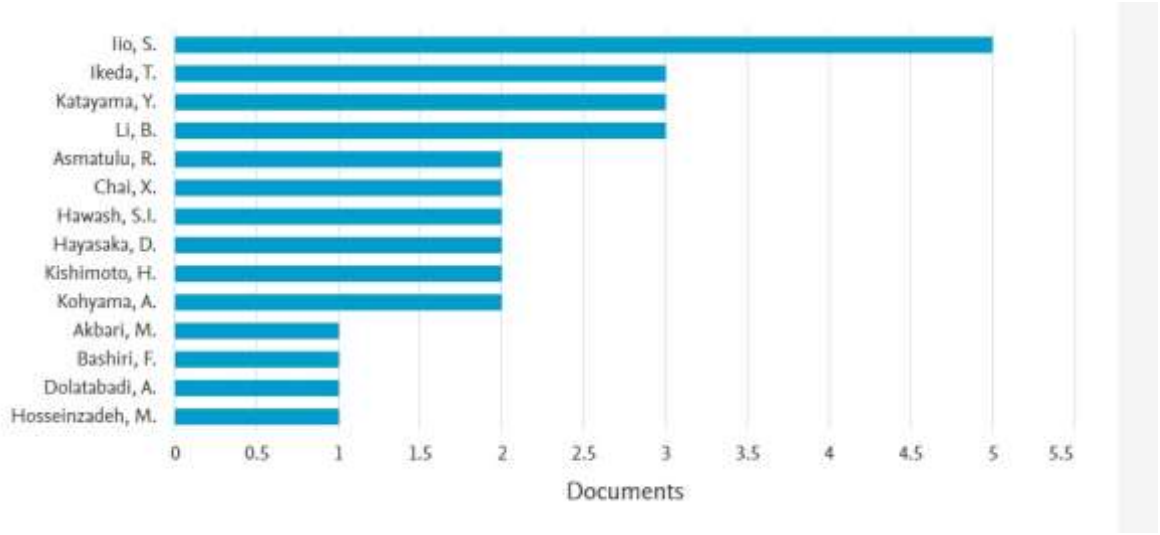
جهت جلوگیری از خوردگی پره‌های توربین و صفحات فلزی کانال انتقال آب نیز، نانوفناوری قابلیت استفاده در پوشش‌دهی این تجهیزات به منظور افزایش طول عمر را داراست.



شکل (۱-۴۷) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه‌های آبی



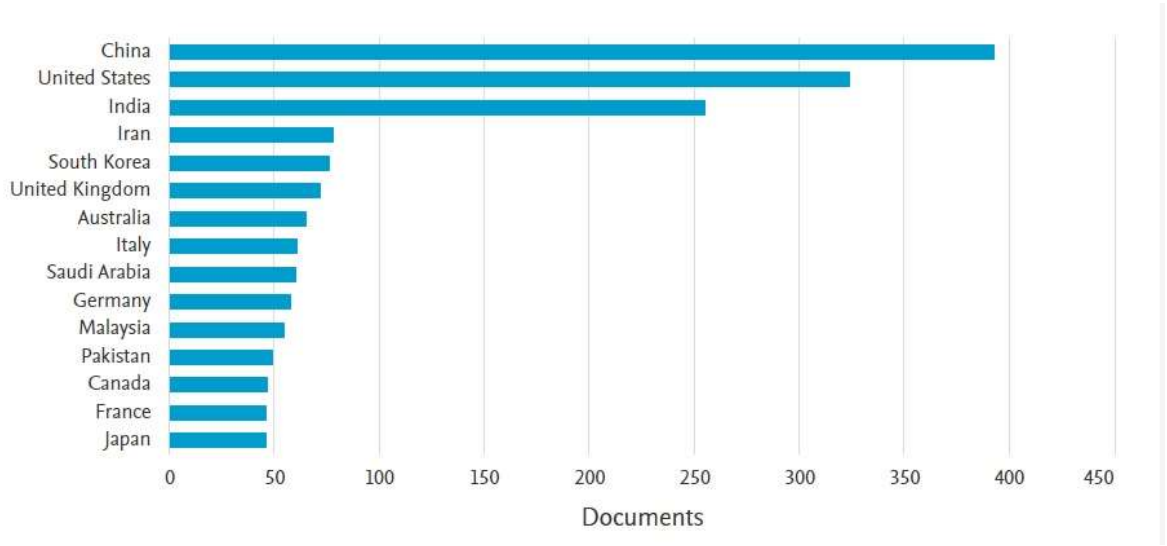
شکل (۱-۴۸) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه‌های آبی



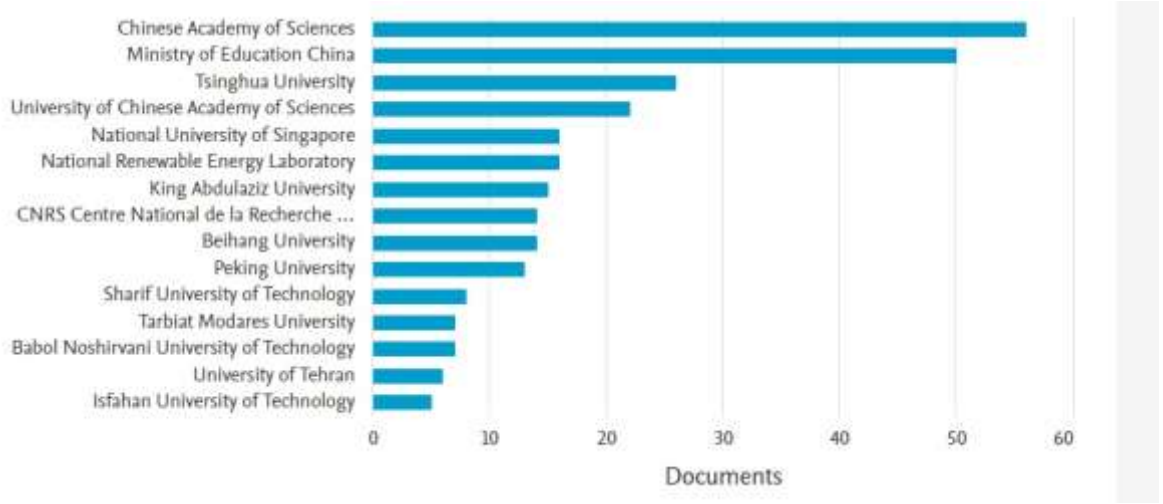
شکل (۱-۴۹) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در نیروگاه‌های آبی

۱-۲-۳-۴- انرژی تجدیدپذیر

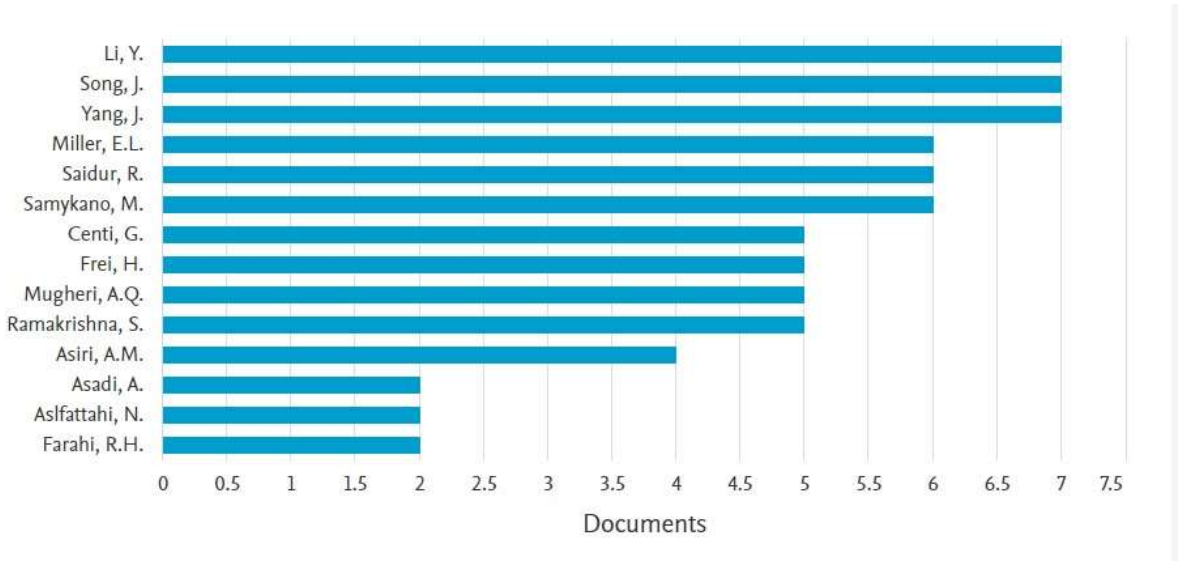
با توجه به رو به اتمام بودن منابع انرژی تجدید ناپذیر، مانند نفت و گاز و مشکلاتی که استفاده از این انرژی ها بوجود آورده است مانند تغییرات اقلیم، آلودگی هوا و تخریب محیط زیست، استفاده از انواع انرژی تجدیدپذیر ضروری می باشد. بیش از هر زمان جهانمان با وابستگی شدید به سوخت های فسیلی، علی الخصوص نفت و زغال سنگ در معرض تهدید قرار دارد. آلودگی هوا، تخریب محیط زیست و تغییر اقلیم حاصل این وابستگی است. طبق گزارش موسسه "گودارد" ناسا برای تحقیقات فضایی، میزان دی اکسید کربن موجود در هوا در ۶۵۰ هزار سال گذشته در بالاترین مقدار قرار دارد. این مقدار ppm۴۰۸ است. ۱۷سال از رکورد ۱۳۶ ساله گرمای زمین از سال ۲۰۰۱ به بعد بوده است و سال ۲۰۱۶ به عنوان گرمترین سال کره زمین شناخته شد. در کنار این مشکلات، آب شدن یخچال ها و افزایش سطح آب دریا ها نیز از دیگر مشکلات تغییر اقلیم است. به همین دلیل تامین انرژی از منابع تجدیدپذیر، بسیار حائز اهمیت است. منابع انرژی تجدیدپذیر پاک هستند و کمترین آسیب را به محیط زیست وارد می کنند. درعین حال این منابع، پایان ناپذیرند و برای سالیان متمادی و نسل های بعدی قابل استفاده خواهند بود.



شکل (۱-۵۰) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی‌های تجدیدپذیر



شکل (۱-۵۱) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی‌های تجدیدپذیر



شکل (۱-۵۲) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی‌های تجدیدپذیر

۱-۲-۳-۴-۱- سلول‌های خورشیدی نانوساختار

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 تیتانیم، نانولوله‌های کربنی، فولرین‌ها، لایه‌های نانوبلوری نیمه هادی و نقاط کوانتومی از جمله موادی هستند که در سلول‌های خورشیدی مورد استفاده قرار گرفته اند[۵و۷]..

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.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

میزان تابش متوسط روزانه خورشید به kw/m^2 ۶-۵ 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 سرمایه گذاری 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) وکاهش 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 ۴-۳ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. درحال حاضر پیشگامان ساخت سلول‌های خورشیدی در جهان عبارتند از : شرکتهای Sharp، Kyocereo، Bpsolar، Shell Solar و Dyesol که بیش از ٪۵۰ سهم بازار جهانی را در دست دارند[۱۹و ۲۰].

به نظر متخصصان، طی۱۰سال آینده چاش های 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 وکاهش هزینه نیازمند استمرار توسعه خواص پذیرش نور وانتقال بار مواد و روشهای تولید آنها می باشد.

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

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۳-۴-۱-۱- سلول های خورشیدی سیلیکونی کریستالی

این سلول ها به سه دسته تک کریستال، پلی کریستال و آمورف تقسیم‌بندی می شوند و از جمله رایج ترین نوع سلولهای خورشیدی هستند که برای ساخت آنها از سیلیکون استفاده شده است .

نوع تک کریستال به لحاظ تاریخی مرسوم ترین نوع برای تهیه سلول های خورشیدی است و از جمله‌کارآمدترین و گران‌ترین نوع به حساب می‌آیند. سلول‌های خورشیدی تک کریستال از طریق ورقه کردن هسته تک کریستال در حدود ۱۴۰۰ ^{o} 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، ریخته‌گری شده و سپس به صورت ویفر نهایی برش زده می‌شود. این سلول‌ها از سلول‌های تک کریستال ارزان تر هستند ، اما به علت بی‌نظمی 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 ٪ ۱۸و 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 (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 می‌تواند 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 می‌توان در ماشین حساب های نوری استفاده کرد.

۱-۲-۳-۴-۱-۲- سلول‌های خورشیدی با فیلم‌های نازک

همانطور که از نام آنها مشخص است اصول کار در این سلول‌ها مبتنی بر لایه نازکی از نیمه‌هادی است که بر روی یک سطح نشانده شده باشد. استفاده از این روش از لحاظ هزینه به صرفه‌تر وتولید آنها نیز بسیار ارزان‌تر است. این نوع پوشش‌ها را می‌توان در زیر لایه‌های مختلف بسیاری از جمله زیرلایه‌های 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. معمول‌ترین مواد فتوالکتریک که از آنها در تولید سلول‌های خورشیدی فیلم نازک استفاده می‌شوند عبارتند از: CIGAS (CuInGaAs) و تلورید کادمیم (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 می‌شوند. 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 برخورد 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 دپارتمان انرژی آمریکا واقع شده و تولید می‌شوند.

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

۱-۲-۳-۴-۱-۳- *سلول های* Gratzel [۲۲ و ۲۳]

این سلول ها که به نام مخترعشان (مایکل گریتزل) مشهورند، شامل لایه‌های نازکی از نانو ذرات TiO_2 که مولکول‌های آلی رنگی روی آن قرار گرفته و به داخل آن جذب می‌شوند و یک الکترولیت آبی یا شبه ژلی می‌باشند. فرآیند انرژی دراین سلول‌ها مشابه فرآیندی است که در گیاهان هنگام فتوسنتز رخ می دهد.

بدین ترتیب که الکترونها توسط مولکولهای رنگی انتقال پیدا می‌کنند و همانند روش فتوسنتز، مولکولهای مختلف رنگی طول موج‌های 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 می‌دهد. 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 می‌کند. در این فناوری، یک ماده رنگ‌زای حساس به نور[1] که روی TiO_2 نانو کریستالی با خصلت نیمه هادی قرار گرفته است، TiO_2 علاوه براینکه ماده ای باثبات است، از لحاظ اکولوژیکی هم مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند. ضمن آنکه ذرات این

1- Dye Sensitized Material

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

اکسید که در ابعاد نانو می‌باشند نسبت سطح به حجم بسیار بالایی دارند و این باعث می‌شود که ماده رنگ‌زا حساس به نور[1] به بهترین وجه ممکن انرژی نوری را جذب کند.

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

نقش الکترولیت، مانند نقش فلز در سلول‌های معمولی، جابجایی الکترونها است. راندمان این سلول‌ها 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 منابع علمی از این سلول ها با عنوان نانوسل[2] و سلول های آلی فتوولتائیک[3] نیز نام برده شده است.

۱-۲-۳-۴-۱-۴- سلول‌های پلیمری

پلیمرهای نیمه‌هادی عمدتاً مولکولهای آلی نظیر پلی فنیلن ونیلین 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.

۱-۲-۳-۴-۱-۵- نقاط کوانتمی[4]

این نقاط کریستالهای نیمه هادی در مقیاس نانومتری با طیف های جذبی ونشری 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 کوانتمی را می توان در شبکه های مختلف وبه 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 کوانتمی می‌تواند تا ۸۶/۵٪ نیز برسد.

2- Dye Sensitized Solar Cell
1- Nano Cell
2- Organic PV
1- Quantum Dots

۱-۲-۳-۴-۱-۶- چاه‌های کوانتمی[1]

این چاه‌های کوانتمی در لایه‌های بسیار نازکی در مواد نیمه‌هادی با شکاف باند[2] کم بین مواد دیگری با شکاف باند بیشتر ساندویچ شده‌اند ، شکل می‌گیرند. این لایه‌ها هم‌چنین امکان جذب مقدار بیشتری از نور را فراهم می‌کنند.

۱-۲-۳-۴-۱-۷- سلول‌های خورشیدی مبتنی بر نانولوله‌های کربنی[۲۴ و ۲۵]

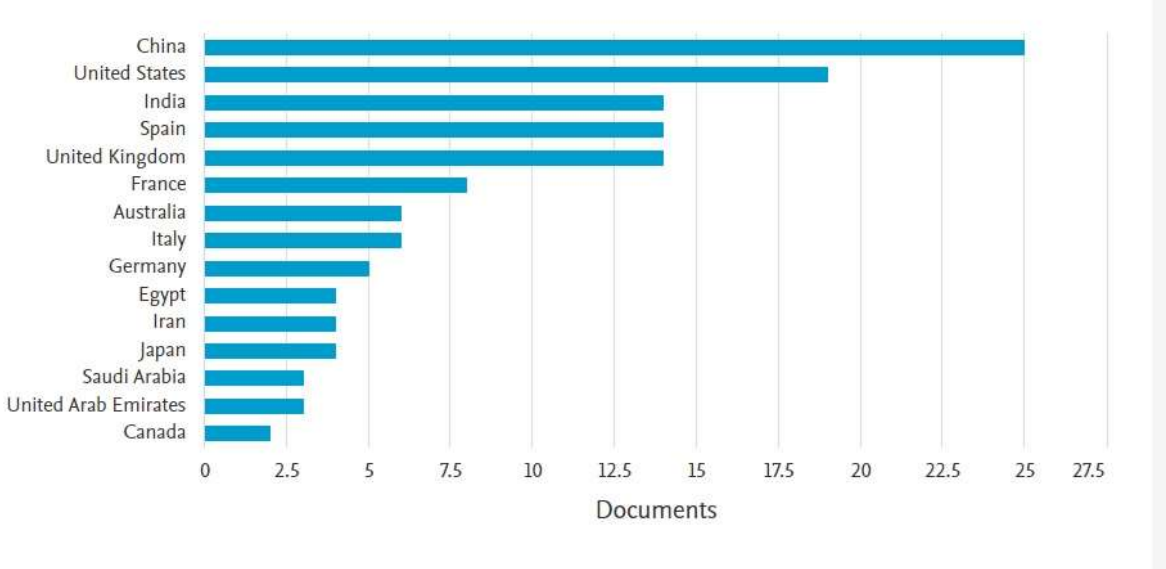
دلیل استفاده از نانولوله های کربنی در طراحی و ساخت نسل جدید صفحات خورشیدی آن است که بتوان راندمان تولید انرژی الکتریکی را بطرز قابل توجهی افزایش داد. براین اساس محققان دانشگاه کورنل با توجه به نواقص موجود در فناوری فعلی تولید سلول‌های خورشیدی، تلاش گسترده‌ای برای استفاده از نانولوله‌های کربنی در ساختار این صفحات آغاز کرده اند. با 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 سلول های خورشیدی مطرح شوند. نانولوله‌های کربنی ساختارهای خود سامانی هستند که از صفحات اتمهای کربن شش ضلعی که به شکل استوانه‌هایی قرار گرفته اند، ساخته می شوند. 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 هندسی شان وبرخورداری از خواص منحصر بفرد شان نشأت می‌گیرد. علاوه براین 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 سلول های 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

2- Quantum Wells
3- Band Gap

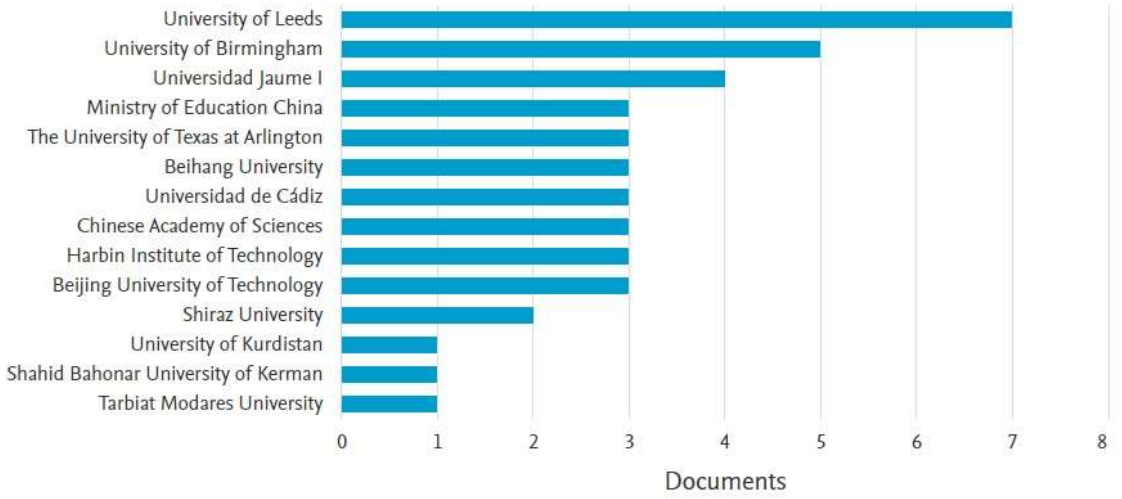
ساخت تا از آن بتوان نور را تاباند. بر این اساس محققان با تاباندن پرتوهای لیزر بر روی نقاط مختلف نانولوله‌ها به این موضوع پی بردند که انرژی فوتون تابیده با جریان عبوری رابطه مستقیم دارد.

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 می دهد، الکترونی جدید را به جریان می اندازند. به زبان ساده می توان 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.

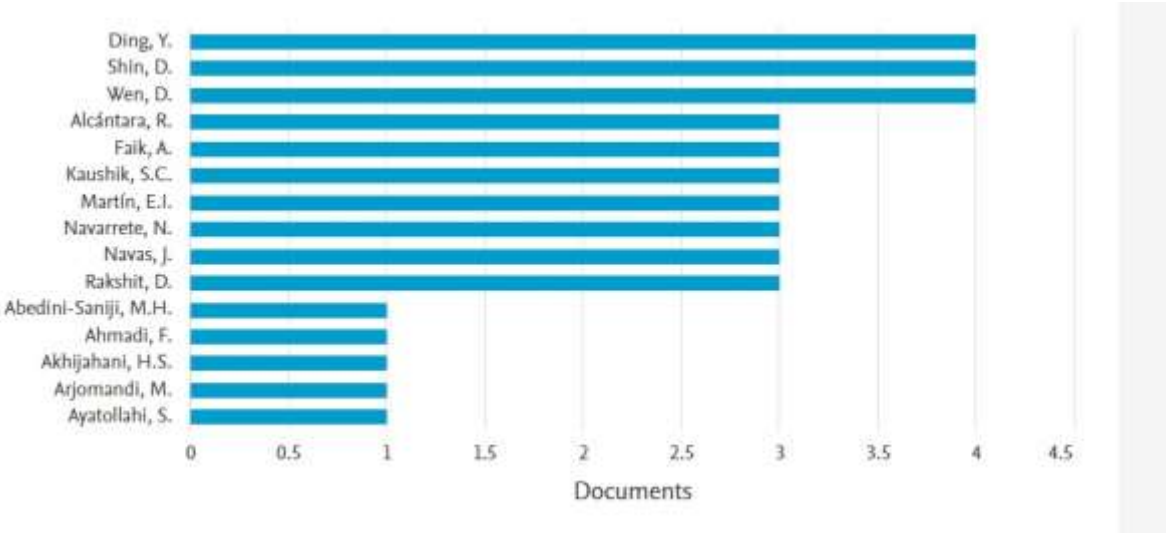
از دیگر مزایای این سیستم آن است که در این صفحات تقریباً گرمای زائدی تولید نمی شود که برای خنک کردن سیستم نیاز به استفاده از سیستم‌های خنک کننده باشد. نتیجه آن صرفه جویی قابل توجه در مصرف و اتلاف انرژی است. البته استفاده از این فناوری هنوز تجاری نشده و توسعه آن مستلزم توسعه سایر فناوری‌های مرتبط است و در حال حاضر در مراحل تحقیقاتی و آزمایشگاهی است. اما نتایج بررسی‌ها، خبر از ایجاد تحولی عظیم را در ساخت سلول‌های خورشیدی می‌دهد. علاوه براینکه استفاده از این نوع سلولهای خورشیدی هیچ محدودیتی را نیز شامل نمی شود و در طیف گسترده‌ای از موارد نیز می تواند به‌کار رود و مستلزم تلاش بزرگ و بین‌المللی می‌باشد.



شکل (۱-۵۳) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول‌های خورشیدی



شکل (۱-۵۴) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول‌های خورشیدی

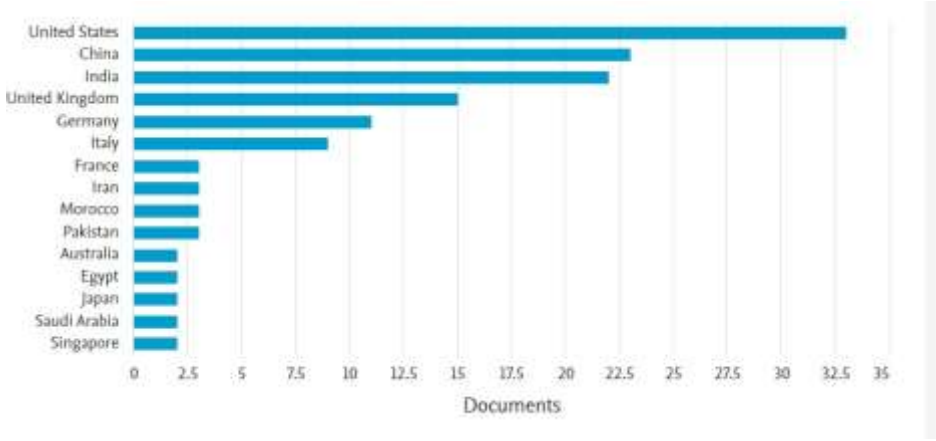


شکل (۱-۵۵) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در سلول‌های خورشیدی

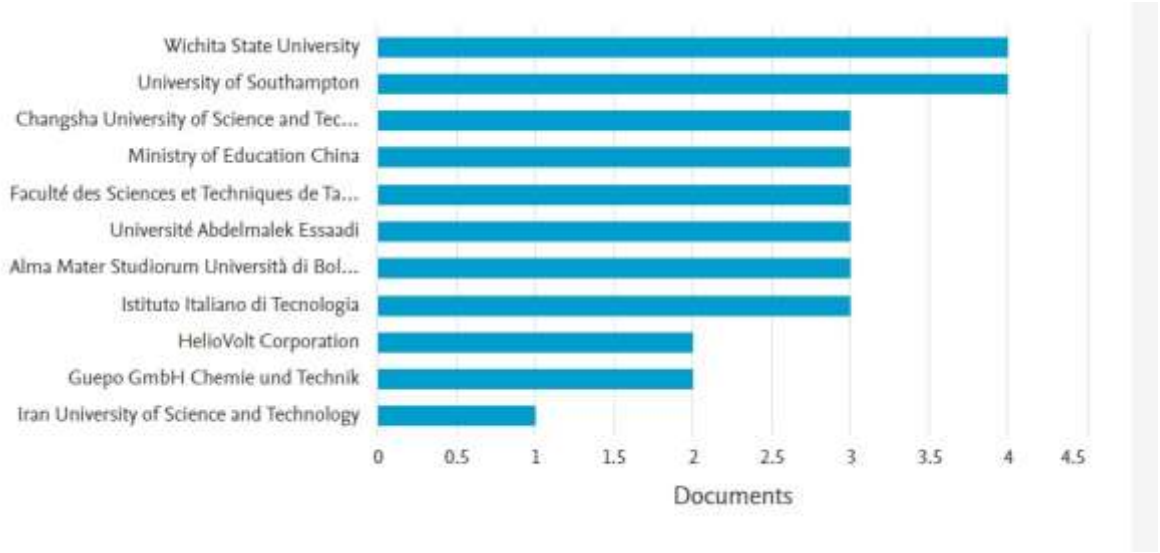
۱-۲-۳-۴-۲- انرژی باد

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

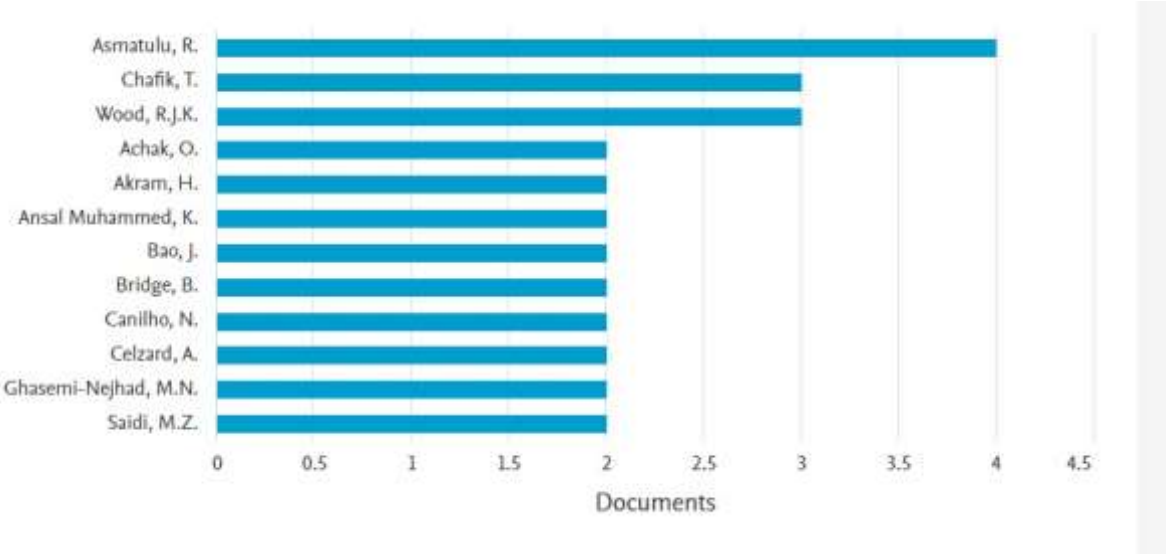
نانوذرات در ساخت پره توربین بادی می تواند منجر به افزایش استحکام و خواص مکانیکی و افزایش طول عمر قطعه شود]۱۳[.



شکل (۱-۵۶) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد



شکل (۱-۵۷) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد



شکل (۱-۵۸) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در انرژی باد

۱-۲-۳-۴-۳- 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 ارایه مزایایی از جمله افزایش عمر مفید پیل‌ها و راندمان تولید انرژی الکتریکی می‌توان استفاده کرد. از این فناوری در ساخت قطعه و پوشش الکترود و ساخت الکترولیت و افزودنی‌های کاتالیستی می توان 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 الکترود– 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 برروی الکترودها در حین کارکاسته 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 اتیریا 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 برروی 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) می باشد.

لازم بذکر است پیل های سوختی SOFC معمولا به تنهایی استفاده نمی‌شوند، بلکه اجزاء دیگری نیز به آن اضافه می شوند 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 می شود. از دیگر موارد کاربردی نانولوله‌های کربنی می توان به استفاده از آنها بعنوان حامی[1] برای کاتالیست های مورد استفاده در کاتد پیل‌های سوختی مستقیم متانول[2](DMFC) به دلیل فعالیت بالاتر واکنش احیای اکسیژن، هدایت الکتریکی بالاتر و کارکرد بهتر این پیل ها می‌باشد[۱۲و۵].

پیل سوختی منبعی برای تولید انرژی است که مانند یک باطری کار می‌کند، بااین تفاوت که با هیدروژن و اکسیژن (هوا) تغذیه شده است و بصورت مداوم برق تولید می‌کند. در پیل سوختی دراثر بهم رسیدن هیدروژن واکسیژن، برق، آب و حرارت ایجاد می شود.

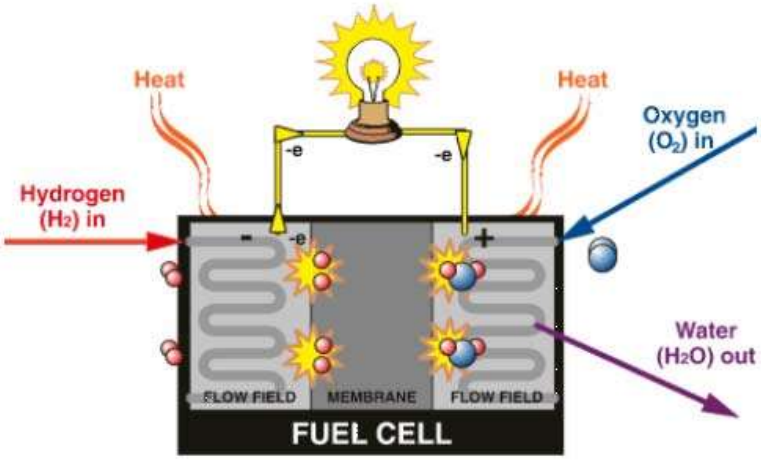
یک پیل سوختی شامل یک آند و یک کاتد است که توسط الکترولیت از یکدیگر جدا شده‌اند[۲۶].

در شکل (۱-۵۹) نمایی از یک پیل سوختی ارایه شده است.

سوخت و خوراک پیل سوختی که همان گاز هیدروژن است به آند داده می‌شود که از طریق یک واکنش شیمیایی، الکترونهای خود را از دست داده و به یون هیدروژن و الکترون تبدیل می‌گردد. الکترونها خود را از راه مدار و یونهای هیدروژن بواسطه الکترولیت خودرا به کاتد می‌رسانند. الکترون‌های وارد مدار شده جریان الکتریکی را برقرار می‌کنند ویونهای 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 برروی هم انباشته و تشکیل یک بسته پیل سوختی را داده‌اند.

پیل های 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 وعمدتاً از پیل های SOFC[3](1) (اکسید جامد) دراین رابطه استفاده می‌گردد.

1- Support
2- Direct Methanol Fuel Cells
1- Solid Oxide Fuel Cell



شکل (۱-۵۹): نمایی از یک پیل سوختی[۲۶]

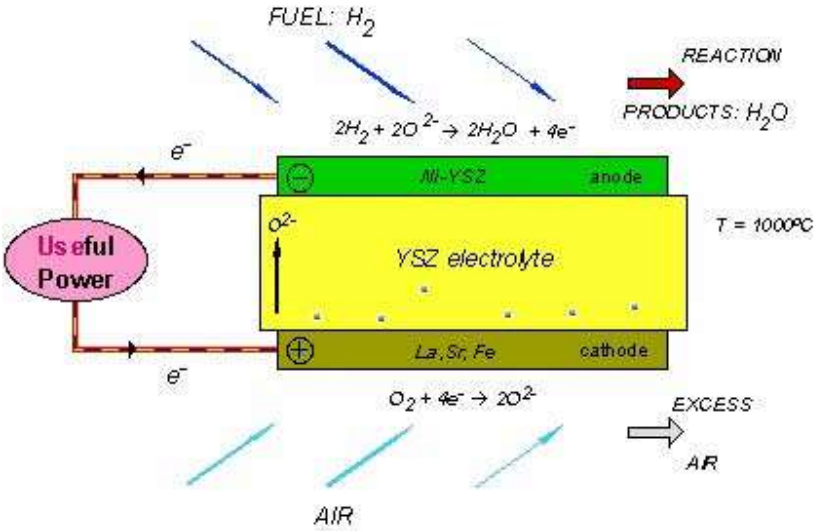
از مزایای پیل های SOFC نسبت به انواع دیگر پیل‌های سوختی، می‌توان به واسطه دارا بودن ماکزیمم راندمان، قابلیت کار با انواع گسترده‌ای از سوخت‌ها از جمله گاز طبیعی و هیدروژن، تشعشعات صوتی کم، بالا بودن دمای کاری و قابلیت بازیابی حرارت دفع شده و استفاده در نیروگاههای سیکل ترکیبی و اطمینان از عدم نشر آلودگیهای مخرب محیط زیست اشاره کرد[۲۷].

علاوه بر مزایای ذکر شده، تولید و گسترش استفاده از این پیل‌ها می‌تواند برای ایران نیز منافعی بسیار بیشتر از سایر کشورها داشته باشد. زیرا از این فناوری علاوه بر دستاوردهای زیست محیطی و استراتژیک می‌توان 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 صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای 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 بسیارکم است، نوید پیشرفت و شکوفایی قابل توجهی را در این زمینه می‌دهد .

اجزای پیل‌های سوختی SOFC در شکل (۱-۶۰) به طور شماتیک نشان داده شده اند.

شکل (۱-۶۰) : نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل های سوختی SOFC [۲۷]

کاتد معمولاً شامل ترکیبی از مگنتیت لانتانیم($LaMnO_3$) 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. دراین رابطه معمولاً از مواد اکسیدی نظیر زیرکونیای پایدار شده با ایتریا (YSZ) که عملکرد خوبی را نیز ارایه داده است، بعنوان الکترولیت استفاده می‌شود.

اما از فناوری نانو در ساخت اجزاء مختلف پیل‌های سوختی شامل الکترودها و الکترولیت به سبب ارایه 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 ساختار های متخلخل به این مواد توجه زیادی شده است .

دراین 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 الکترود- 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 برروی 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 اتیریا 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 برروی 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) می باشد.

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[1] 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 پیل‌های SOFC می‌شود.

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

نتیجه تحقیقات نشان داده است که رفتار الکترولیت‌های کامپوزیتی نانوساختار از الکترولیت‌های برپایه سریای تقویت شده YSZ بهتر می‌باشد.

لازم بذکر است پیل های سوختی SOFC معمولا به تنهایی استفاده نمی‌شوند، بلکه اجزاء دیگری نیز به آن اضافه می شوند که عملکرد پیل را تسهیل و بهینه کنند. از جمله این اجزاء ذخیره‌سازی 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 نانولوله‌های کربنی می توان به استفاده از آنها بعنوان حامی[2] برای کاتالیست های مورد استفاده در کاتد پیل‌های سوختی مستقیم متانول[3] (DMFC) به دلیل فعالیت بالاتر واکنش احیای اکسیژن، هدایت الکتریکی بالاتر و کارکرد بهتر این پیل ها می‌باشد[۲۱ و ۲۲].

لذابا توجه به اهمیت نانولوله‌های کربنی وارایه کاربردهای بی‌نظیر در صنعت برق در ادامه به توضیح راجع به آنها پرداخته می‌شود.

1- Dense

1- Support

2- Direct Methanol Fuel Cells

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۴- شبکه انتقال و توزیع

شبکه‌های انتقال و توزیع شامل دو بخش خط و پست می باشد. بخش خط 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 یراق‌آلات، 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)، یراق‌آلات و مقره‌ها است و بخش زمینی از دکل‌های بین جاده‌ها و پایه‌های کامپوزیتی، بتنی و فلزی تشکیل شده است. شبکه‌های انتقال و توزیع دارای انواع دکل‌های فلزی و بتنی، مقره‌های سرامیکی و پلیمری، کابل‌ها و هادی‌های هوایی می‌باشند. بخش پست نیز دارای تجهیزات سویچ، سیستم‌های حفاظت (پناه) و ارت، کنترل، پایه‌های فلزی و بتنی، اتاق 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 می توان 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 عایق ها (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.

کاربردهای مهم فناوری نانو در شبکه انتقال و توزیع را می‌توان در سه حوزه نانو پوشش ها، نانو افزودنی ها و قطعات و اجزای نانوساختار دسته بندی نمود. به منظور بهره مندی شبکه انتقال از کاربردهای نانو فناوری، شبکه انتقال و توزیع را به هفت بخش مختلف تقسیم می‌گردد که کلیه تجهیزات بکار رفته در آن در این بخش‌ها قرار گیرند. این بخش‌ها عبارتند از:

الف- سازه‌های بتنی بکار رفته در شبکه انتقال و توزیع

ب- دکل های انتقال

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

ج- یراق آلات و اجزاء فلزی خطوط انتقال و پست

د- عایق‌ها و مقره‌های الکتریکی بکار رفته در شبکه انتقال و توزیع

ه- ترانسفورماتورها و کلیدهای قدرت بکار رفته در شبکه انتقال و توزیع

و- سیم و کابل بکار رفته در شبکه انتقال و توزیع

ز- اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی

در این تقسیم‌بندی دکل‌های انتقال به جهت خواص پایداری و ویژگی‌های استحکامی از یراق آلات و اجزاء فلزی خطوط انتقال و پست مجزا گردیده‌است.

نانو فناوری در هر کدام از بخش‌های ذکر شده بصورت‌های مختلف نانوپوشش، نانو افزودنی و یا قطعات و اجزای نانو ساختار می‌تواند سبب بهبود عملکرد در شبکه انتقال و توزیع گردد.

نانو پوشش‌ها در هر هفت بخش ذکر شده می‌توانند سبب بهبود عملکرد سیستم شوند بطور مثال نانو پوشش‌های مقاوم به اشعه UV در بتن‌ها و سازه‌های بتنی می‌توانند مانع نفوذ رطوبت یا عوامل تخریب کننده به داخل بتن شوند و سبب افزایش عمر آنها شوند. همچنین در مورد دکل‌های انتقال پوشش‌های مختلف مقاومی وجود دارند و در حال تحقیق هستند که مانع از خوردگی دکل‌ها در درازمدت می‌شوند. موارد دیگر کاربرد نانو پوشش‌ها در یراق‌الات، مقره‌ها، سیم و کابل، پوشش بیرونی ترانسفورماتورها به جهت هدایت بهتر حرارت و تبادل حرارتی بهتر با هوا و تابلوها و اتاقک‌های پست به جهت جلوگیری از مسایل رشد قارچ‌ها و جلبک‌ها نیز وجود دارد.

نانو افزودنی‌ها در دو بخش سازه‌های بتنی به منظور بهبود عملکرد بتن در شرایط مختلف آب و هوایی و روغن ترانسفورماتورها و کلیدهای قدرت به جهت بهبود انتقال حرارت کاربرد دارند.

بعنوان مثال در صنعت بتن، سیلیس یکی از معروف‌ترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پراکندگی بتن ایفاء می کند. 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 دراین صنعت به‌کار می رود. 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 می دهد که می توانند به دو صورت خشک پودری یا محلول معلق در مایع به ترکیب بتن اضافه شده و مورد استفاده قرار گیرند. از دیگر افزودنی‌های نانو ساختار مورد استفاده در بتن می‌توان به نانو ذرات رس که در ملات‌های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد، اشاره کرد. تأثیر استفاده از این مواد بر روی ویژگی‌هایی کلیدی

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

مرتبط با فرسایش بتن، مانند ممانعت از انتقال یونهای کلر، مقاومت دربرابر CO_2 ، پخش بخار آب، جذب آب و عمق نفوذ هدایت می شوند. بهره‌گیری از نانو ذرات اکسید تیتانیم نیز برای بهبود ویژگیهای بتن در نما بعنوان پوشش بازتاب کننده می تواند باشد. علاوه براین بواسطه واکنش های فوتوکاتالیستی این نانو ذرات قادر به تجزیه آلاینده ها از سطح بتن خواهند بود[۱۴]

فناوری نانو قابلیت کاربرد در ساخت قطعات این تجهیزات را دارد؛ به عنوان مثال امروزه دستیابی به ریزساختار هموژن در مقیاس نانومتر و تأثیر نانوساختارسازی برخواص الکتریکی قرص‌های برقگیر موضوع تحقیقات جدید دراین زمینه است. لازم بذکر است با استفاده از نانوفناوری امکان دستیابی به ۳۰٪ افزایش درخواص 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 وکاهش مصرف انرژی درپروسه ساخت اشاره کرد.

در پنج بخش از هفت بخش ذکر شده می‌توان از قطعات و اجزای نانوساختار به جهت بهبود خواص و عملکرد سیستم استفاده کرد بدین صورت که بخش یا تمام اجزاء تجهیز مورد استفاده از اجزاء نانو ساختار با کیفیت و عملکرد بهتر ساخته و مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد نانو فناوری بصورت اجزا نانو ساختار از هفت بخش ذکر شده، برای دو بخش سازه‌های بتنی و اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی در حال حاضر مطرح نمی‌باشد.

۱-۲-۴-۱-نانوسیم‌ها[۳۳ و ۳۴]

معمولاً سیم به ساختاری گفته می شود که در جهت طولی گسترش داده شده باشد و در دو جهت دیگر بسیار محدود شده باشد. نانوسیم ها مانند نانو الیاف دارای ساختار تک بعدی می باشند. یکی از خواص اساسی و اصلی آنها، رسانایی الکتریکی می باشد. بااعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو انتهای این ساختارها و درامتداد طولی‌شان انتقال بار الکتریکی اتفاق می افتد.

از ویژگیهای نانوسیم‌ها می توان به نسبت بالای طول به نظر اشاره کرد. ($L>>>D$)

نانوسیم‌ها انواع مختلفی دارند که دراین میان می توان 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 نام شان 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. دراین میان می توان به ترکیباتی چون الیگو فنیلین ونیلین اشاره کرد. نانوسیم‌های سیلیکونی به دلیل ماهیت غیر سمی خود بیشتر در عرصه پزشکی و تشخیص بیماریها کاربردی 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 سیستم های الکترونیکی و نوری هستند.

اجزاء برخی از این دستگاه ها نظیر ترانزیستورهای اثر میدانی[1] (FET)، ترانزسیستورهای دوقطبی، دیوارهای ساطع کننده نور[2] (LED)، معکوس‌کننده‌ها[3] و گیت‌های منطقی[4] به وسیله نانوسیم‌های نیمه هادی مونتاژ می‌شوند. لازم بذکر است دانشمندان موفق شده‌اند نانوسیم‌های انعطاف پذیر و طویلی را تولید کنند که طول های متغیری از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته که بواسطه افزایش سطح مؤثر بخاطر نازک و طویل بودنشان می‌توانند در طراحی سنسورهای بسیار حساس با پاسخ‌دهی سریع بکار روند. این نانوسیم‌ها هم‌چنین توانایی تولید اشعه ماوراءبنفش را نیز دارا می باشند. بدین ترتیب که نور می‌تواند از یک سر وارد نانو سیم شده و از انتهای سیم شروع به تابیدن کند. نانو سیم ها بدون هیچ اتلافی این نور را بطور مؤثری می توانند عبور دهند.

این فناوری در تشخیص بیماریها مؤثرعمل نماید. بدین ترتیب که نور با برخورد به عامل بیماری زا یا ماده سمی می تواند 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 سیم ها را میتوان به درون ظریف‌ترین رگ های 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 میکروسکوپ های الکترونی روبشی داشته باشند.

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

آنچه برای تولید این نانوسیم‌ها ذکر شده شامل استفاده از یک قالب آلومنییایی با حفره‌های نانومتری می شود که مس یا طلا را با فرآیند رسوب دهی داخل این حفره ها می‌نشانند وسپس مجموعه را درون کوره ای 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 می کند.

بدین ترتیب عمل اتصال بین نانولوله‌ها و نانوسیم‌ها وکنترل آن را در طول چند صد میکرون می توان 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 سیم ها ارایه شده است .

1- Field effect Transistor
2- Light Emitted Diod
3- Inverters
4- Logic Gate

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۴-۲-نانو باطری ها[۳۵ و ۳۶]

از جمله کاربردهای نانو مواد در باطری ها می باشد واز آنجائیکه باطریهای یونی لیتیمی بعنوان یکی از ادوات ذخیره سازی انرژی مطرح هستند، بهره گیری از نانو مواد به دلیل دارا بودن مساحت سطح وتخلخل بالا برای استفاده در این باطریها مناسب ومورد توجه می باشند .

استفاده از نانو مواد کامپوزیتی در صورتیکه شامل مسیرهای رسانای الکتریکی باشند، با کاهش مقاومت داخلی باطریهای یون لیتیمی میتوانند باعث افزایش ظرفیت ویژه باطری در جریانهای شارژ ودشارژ شوند. باطریهای قابل شارژ یون لیتیمی شامل الکترود + بعنوان کاتد، یک الکترود- بعنوان آند و الکتررولیت حاوی یون لیتیم هستند. از جمله موادی که بعنوان کاتد کاربرد دارند می توان به $LiCoO_2$ 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 می‌کنند.

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[1] (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 الکترود ها بعد از ورود یا خروج یونهای لیتیم حفظ شده و تغییر پیدا نمی‌کنند. آنچه در ذخیره سازی انرژی توسط باطری ها حائز اهمیت است، چگالی انرژی ویژه (Wh/kg) وچگالی 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 نانوساختار درحالی که انجام این واکنشها با مواد دیگر امکانپذیر نیست.
- سطح تماس بالای الکترود با الکترولیت
- طول مسیر کوتاه برای انتقالات یون لیتیم والکترونها

دراین راستا نانو ذرات تعدادی از اکسیدها، سولفید ها، فلورئید ها و نیتریدهای فلزات واسطه می‌توانند بعنوان آند در باطریهای لیتیمی کارآیی مناسبی را ارائه دهند. نتایج تحقیقات ومطالعات نشان داده است که الکترود های ساخته شده

[1]- Redox

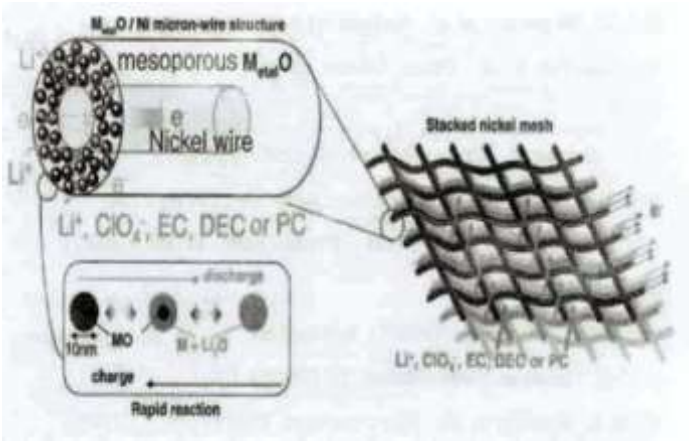
از نانو ذرات اکسیدهای فلزات واسطه قادر به تامین ظرفیت ویژه بالا در حد ۷۰۰mAh/g دربیش از حد چرخه شارژ و دشارژ هستند. واکنش بین ترکیبات فلزات واسطه و لیتیم منجر به تشکیل نانو ذرات فلزی لحاظ شده در زمینه ماتریس Li_zX می شود . X می تواند O، S ، F ، یا N باشد. واکنش ترکیبات فلزات واسطه با لیتیم در طی شارژ و دشارژ شامل تشکیل وتجزیه $XL\ i_z$ همراه با کاهش اکسایش نانو ذرات فلزی است. این فرآیند می تواند به صورت واکنش زیر نوشته شود:

$$MX+Zli^{+} + Ze^{-} \text{ ----- } Li_zX + M$$

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. هم چنین روشهای جدیدی نیز برای سنتز مواد نانو ساختار از قبیل NiO، Co_3O_4، Fe_2O_3 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 (۱-۶۱) الکترود باطری لیتیمی 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 (۱-۶۱) : الکترود باطری لیتیمی با چگالی توان و چگالی انرژی بالا[۳۶]

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۴-۳- ابرخازن‌ها

خازن ها 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 خازن ها چگالی انرژی پایینی داشته و لذا تنها می توانند بسته های پر انرژی کوتاهی دریافت و سپس خالی شوند؛ اما ابرخازن‌ها توانسته اند با دارا بودن ترکیبی از مزیت خازن ها و قابلیت ذخیره انرژی زیاد باتری‌ها، این مشکل را رفع کرده و آینده ی نوید بخشی برای ابزارهای پر مصرف به ارمغان می آورند.

ابرخازن ها بر خلاف خازن‌های معمولی از حجم کوچکی از الکترولیت استفاده می کند، بطوریکه این الکترولیت برای ذخیره سازی بار با سطح هر الکترود برهم کنش داشته باشد. اصلی ترین عامل در تعیین چگالی بار و ماکزیمم توان خروجی، سطح هر الکترود تشکیل دهنده خازن می باشد .ابرخازن ها از مواد نانو ساختار برای افزایش قابل توجه این سطح (مثلاً تا ۱۰۰۰ متر مربع بازاء هر گرم کربن) استفاده می کنند .از آنجا که در خازن هیچ فرآیند الکتروشیمیایی وجود ندارد، ابرخازن ها دوام بیشتری نسبت به باتریهای قابل شارژ دارند و مجازاً می توان گفت که طول عمر نامحدودی دارند. نوعاً یک ابرخازن در عرض چند ثانیه در مقایسه با زمان شارژ باتری‌ها، که دقیقه ها یا ساعت ها به طول می‌انجامد، از بار پر می شود[۵ و۴،۲].

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

۱-۲-۴-۳-۱- نانو لوله های کربنی

سطح بزرگ و حفره‌ای بودن نانولوله های کربنی باعث می شود 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 ابرخازن ها افزایش این سطح منجر به افزایش پیوسته ظرفیت می شود.

۱-۲-۴-۳-۲-آئروژل‌ها

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

۱-۲-۴-۳-۳- نانوکامپوزیت‌ها

این مواد شامل دو یا چند ماده متفاوت می باشند 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 می روند.

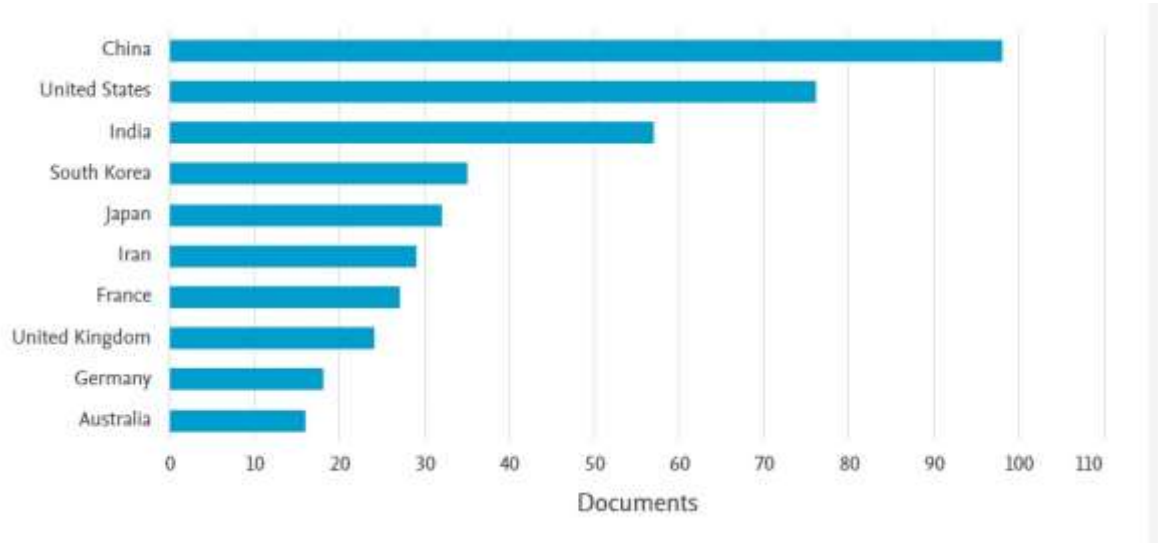
۱-۲-۴-۳-۴- مواد نانو بلوری

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

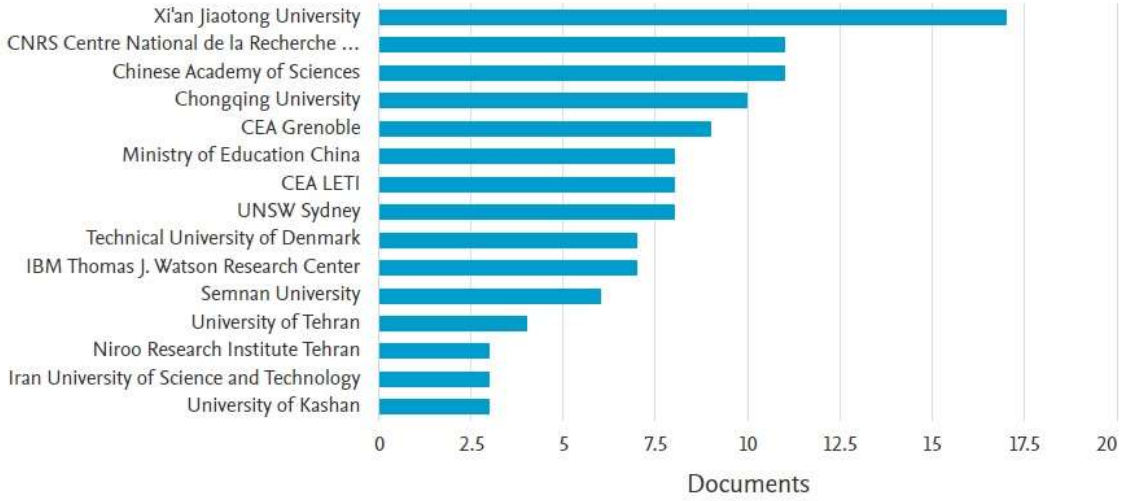
۱-۲-۴-۴- مقره‌های پر سلانی با لعاب نانو ساختار [۵۵]

مقره‌های پرسلانی که بصورت وسیعی در خطوط انتقال وتوزیع 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. درمناطق آلوده و مرطوب، ایجاد جریان نشستی 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 وصدمات اقتصادی زیادی می‌شود. یکی از راه حل های مناسب جهت جلوگیری از این امر اعمال لعاب نانو ساختار با ویژگی خود تمیز شونده وآبگریز است. این پوشش علاوه براین ویژگیها، چسبندگی بسیار خوبی با سطح در مقره ها ایجاد می‌کند. زیرا ذرات نانومتری دارای انرژی اکتیواسیون بالایی می باشند.

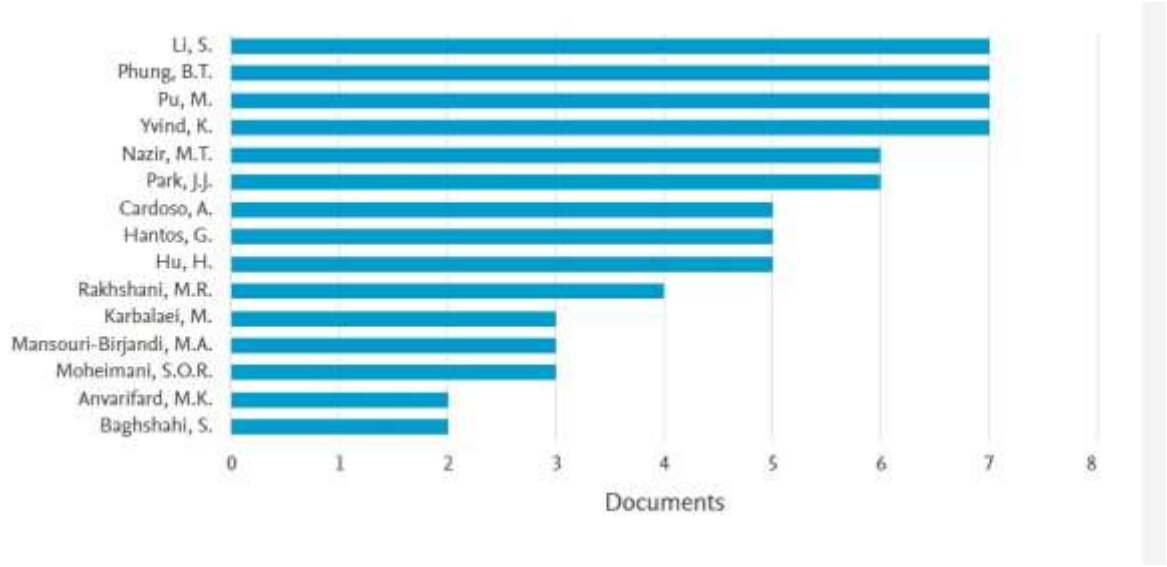
هم چنین با وجود چنین لعابی در صورت نشستن آلودگی بر سطح مقره ها در اثر برخورد نور خورشید این آلودگی به خودی خود تجزیه شده و با اولین بارندگی می‌تواند بطور خودکار شسته شود. البته قابل ذکر است تجزیه شدن آلودگی بدون حضور رطوبت نیز صورت می گیرد و به مرور زمان سطح از حضور آلودگی پاک شده واز سطح مقره کنده می شود.هم چنین در صورت استفاده لعاب های نانو ساختار نیاز به شستشوی مقرها در فصول مختلف سال مرتفع شده، ضمن اینکه مشکلات تجزیه جزئی و قطع برق نیز ازبین می‌رود. 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.



شکل (۱-۶۲) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره‌ها



شکل (۱-۶۳) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره‌ها



شکل (۱-۶۴) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در مقره‌ها

۱-۲-۴-۵- قرص برق‌گیر با استفاده از نانو پودر ترکیبی اکسید روی[۵۶، ۵۷ و ۵۸]

در صنعت برق ترانس‌ها تجهیزاتی هستند که برای تبدیل ولتاژ بکار می روند و دسته‌ای از آنها که ولتاژ را نسبت به ولتاژ اولیه افزایش می‌دهند، ترانس‌های افزاینده و دسته‌ای که ولتاژ را نسبت به ولتاژ اولیه کاهش می‌دهند به ترانس‌های کاهنده معروف هستند. از آنجایی که ترانس‌ها یکی از گران‌ترین تجهیزات در بخش انتقال و توزیع هستند و از طرفی به تغییرات ولتاژ بسیار حساس بوده و افزایش ولتاژهای ناگهانی درخطوط انتقال سبب تخریب آنها می‌شود، لذا حفاظت از تخریب آنها در اثر افزایش ولتاژهای ناگهانی ناشی از صاعقه و دیگر مواردی که می‌تواند درخطوط به‌وجود آید، امری ضروری می‌باشد. برای حفاظت ترانس‌ها نیاز به تجهیزی است که در حالت عادی و بهره برداری بصورت عایق عمل کرده و اجازه عبور ولتاژ بهره برداری را به ترانس بدهد و در مواقع غیر عادی که اضافه ولتاژی به خط انتقال برق داده می شود. بصورت یک هادی اتصال به زمین عمل کرده و اضافه ولتاژ 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 برکاربرد بالا، می‌تواند از مدارهای الکتریکی در برابر ولتاژ های مازاد ناخواسته محافظت نماید.

وریستورها، ابزار سرامیکی الکتریکی هستند که تغییر ولتاژ را با استفاده از هدایت قوی ولتاژ شکست (Vc) محدود می کنند. هر وریستور از تعدادی قرص برق‌گیر تشکیل شده است. روند تهیه، اندازه کریستال‌ها و یکنواخت بودن ریزساختار و استفاده از افزودنی های مناسب از جمله عوامل مهم برای تولید بهتر قرص‌های محسوب می شود. از جمله عناصر افزونی می‌توان به اکسیدهای بیسموت، منگنز، کروم، نیکل وکبالت اشاره کرد. قرص‌های برق‌گیر با ریزساختار

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

غیریکنواخت می‌توانند دلیل عریض شدن زیاد مشخصه جریان/ولتاژ باشند و این امر سبب از بین رفتن خواص وریستوری در طول کارکرد آن می شود.

برق‌گیرهای مورد مصرف در صنعت برق دارای انواع مختلفی هستند که از آن جمله می توان به فاصله های هوایی، برق‌گیرهای کاربید سیلیسیم و اشاره نمود.

برق‌گیرهای اکسید فلزی بعنوان نوع مدرن برق‌گیر مطرح هستند که دارای بلوک هایی با مقاومت الکتریکی غیرخطی و از جنس اکسید فلزات می باشند. این بلوک ها به MOV (Metal Oxide Varistor) مشهورند و به این علت که حدود ۹۵ درصد از مواد این بلوک ها را اکسید روی تشکیل می دهد به آنها ZnO نیز گفته می شود. اصول هدایت این نوع برقگیر بر اساس اثر وریستوری می باشد که از سینتر شدن اکسید روی با دیگر اکسیدهای فلزی حاصل می شود. دانه های اکسید روی به عنوان هادی عمل نموده در حالیکه اکسیدهای فلزی دیگر عایق خوبی نیستند. محل اتصال هر دو دانه اکسید روی در ناحیه ای به ضخامت ۱ نانومتر تشکیل یک میکرو وریستور را می دهد. هر میکرو وریستور دقیقاً با یک دیود زینر قابل مقایسه می باشد که ولتاژ شکست آن حدود ۳/۵ ولت می‌باشد [۷-۶]. در مجموع عملکرد هر بلوک وریستور اکسید فلزی حاصل عملکرد میکرو وریستورهای سری و موازی می باشد 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 دانه های 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[1]، 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

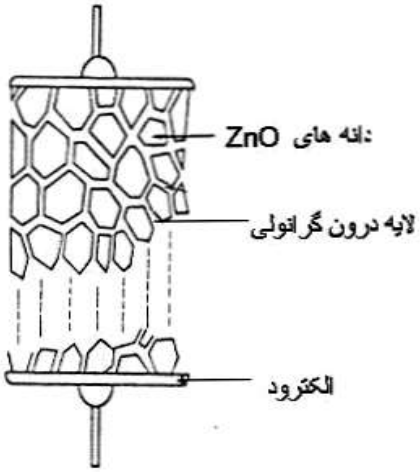
[1]- Over Voltages

گروهی که برای مدارهای ولتاژ پایین مانند مدارهای الکترونیک طراحی می شوند به وریستورهای ولتاژ پایین معروفند. شکل (۱-۶۵)، نمونه‌ای از انواع وریستورهای ولتاژ بالا را نشان می دهد.



شکل(۱-۶۵): 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 ...Bi_2O_3, Co_2O_3, MnO_2, Sb_2O_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 الکترود فلزی موازی است که در سطوح فوقانی و تحتانی قطعه (شکل (۱-۶۶))، قرار می‌گیرند. همچنین نشان داده شده است که در یک وریستور هر دانه اکسید روی خود به تنهایی یک وریستور است.



شکل (۱-۶۶): مدل ریزساختاری وریستورهای اکسید روی و الکترودها

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 می‌باشد که نشانگر سرعت پاسخگویی فوق‌العاده 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 نبایستی در اثر بروز اشکالاتی در شبکه (مثل کلیدزنی یا اتصال فاز با زمین و یا ...) بی جا عمل نموده یا صدمه ببینند.

شکل (۱-۶۷) یک برق‌گیر الکتریکی را نشان می دهد که متشکل از چندین قرص وریستور است. این وسیله توانایی حذف تنش های ولتاژ را در محدوده یک ولتاژ خاص که معمولاً از مرتبه چند ده کیلو ولت یا بالاتر است، دارا می‌باشد. واضح است که ولتاژ کار یک برق‌گیر متناسب با تعداد قرص وریستورهایی است که در آن به کار می‌رود بنابراین دیده می شود که جهت حصول یک ولتاژ خاص از قطعاتی با ارتفاع مختلف در یک برق‌گیر استفاده می‌شود. ارتفاع یک برق‌گیر می تواند تا چندین متر برسد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260



شکل(۱-۶۷): مقطع برق‌گیر الکتریکی شامل قرص های واریستور اکسید روی و پوشش سرامیکی[۵۷]

مهمترین ویژگی واریستورهای 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 می گردد، 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 هموژنیتی ریزساختار بر روی خواص الکتریکی واریستور مؤثربوده و از مهم‌ترین پارمترها در ساخت قطعه محسوب می‌شوند. دراین راستا با بهره‌گیری از نانوفناوری، علاوه برموارد مذکور دما و زمان زنتیرینگ نیز می‌تواند کاهش یابد و خواص فیزیکی، مکانیکی و الکتریکی بهتری به‌دست آید.

۱-۲-۴-۶- سازه های بتنی مقاوم برپایه نانو مواد[۵۵ و ۵۹]

روش ها و مواد مختلفی با استفاده از نانوفناوری برای رفع مشکلات مربوط به بتن وافزایش کارآیی 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 می کند. 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 دراین صنعت به‌کار می رود. در این راستا محصول

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

دیگری که نانوسیلیس نام دارد متشکل از ذراتی که شکل گلوله‌ای با قطر کمتر از ۱۰۰nm دارند، خواص و عملکرد بسیار بهتری را نشان می دهد که می توانند 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 کلوئیدی با هیدروکسید کلسیم در مقایسه باواکنش میکروسیلیس سریع‌تر انجام می شود و در صورت استفاده از مقدار کمی از این مواد، همان تأثیر مقدار بسیار بالای میکروسلیس را دارا می باشد.

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 – سلیکات – هیدرات) که در اثر نشست کلسیم آب رخ می دهد، می شود و هم علاوه بر این از نفوذ آب به داخل بتن ممانعت به عمل می آورد که در هر دوصورت، دوام بتن افزایش می یابد .

درحال حاضر طرح کاربرد نانو سیلیس و تأثیر آن بر خواص بتن دربسیاری از کشور های جهان در حال مطالعه و بررسی می باشد.

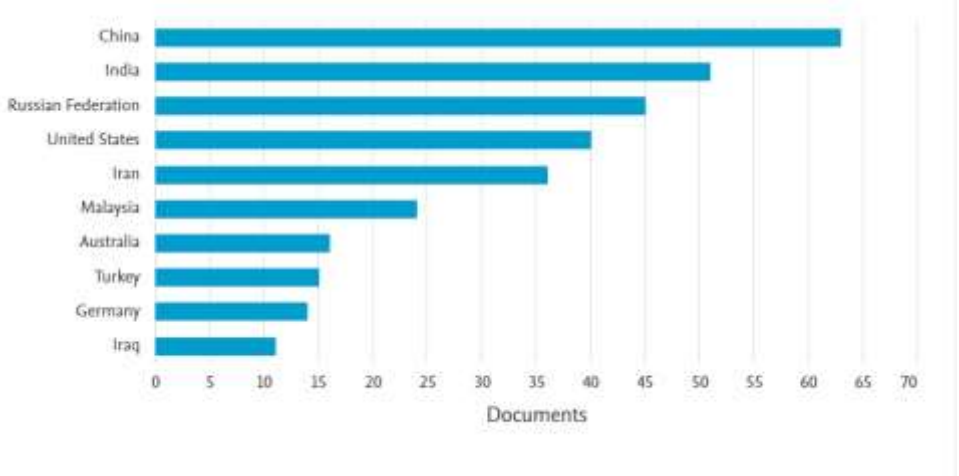
روش دیگر استفاده از نانولوله‌های کربنی است. نانولوله ها بعنوان نسل جدیدی از نانو کامپوزیت‌های چند منظوره می‌توانند بعنوان الیاف مسلح کننده در بتن بکار برده شوند. بطور کلی استفاده از نانو ذرات از جمله نانولوله‌های کربنی در بتن، هرچند که در واکنش‌های هیدراتاسیون شرکت نکنند، به دلیل نقشی که به لحاظ فیزیکی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

درحال حاضر تحقیقات گسترده‌ای درخصوص کاربردهای نانولوله‌های کربنی به صورت تک دیواره یا چند دیواره درحال انجام است و با توجه به خواص بی‌نظیر این مواد، درصورت افزودن ٪۱–۰/۵ وزنی از آنها به ماتریس بتن خواص نمونه ها بطور قابل توجهی بهبود می یابد .

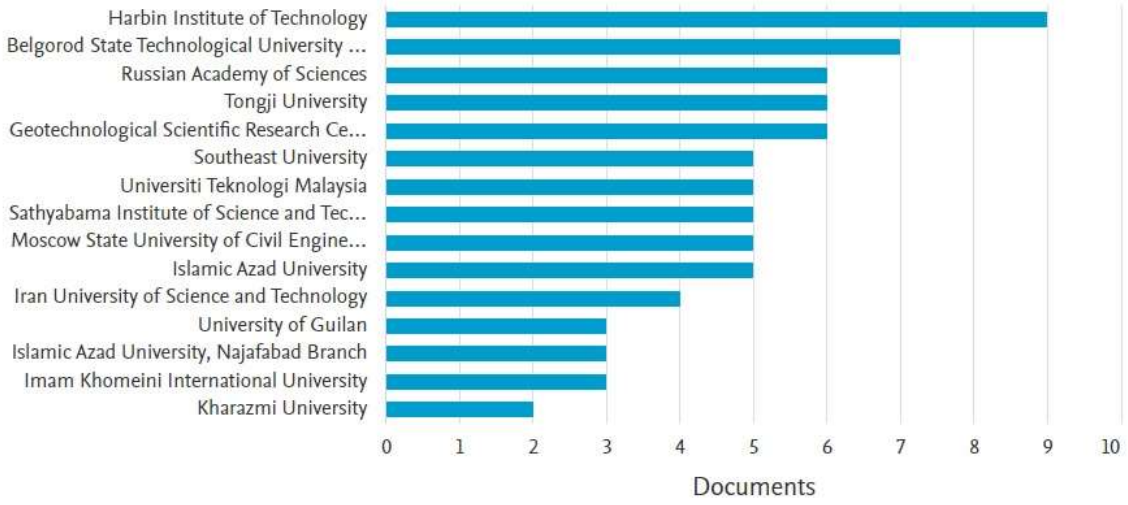
از دیگر مواد نانو ساختار مورد استفاده در بتن می‌توان به نانو ذرات رس که در ملات‌های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد، اشاره کرد. تأثیر استفاده از این مواد بر روی ویژگیهایی کلیدی مرتبط با فرسایش بتن، مانند ممانعت از انتقال یونهای کلر، مقاومت دربرابر CO_2 ، پخش بخار آب، جذب آب و عمق نفوذ هدایت می شوند . نوعی حلال متشکل از رزین اپوکسی با وزن مولکولی پایین و نانو ذرات رس نتایج بسیار خوبی را دراین رابطه می‌تواند ارایه دهد.

از جمله افزودنی های دیگر به بتن می‌توان به نانو ذرات اکسید آهن (هماتیت) اشاره کرد که در صورت اضافه کردن آنها به ماتریس بتن، علاوه برافزایش مقاومت بتن، پایش سطوح تنش بتن از طریق اندازه گیری مقاومت الکتریکی برشی امکانپذیر می باشد .

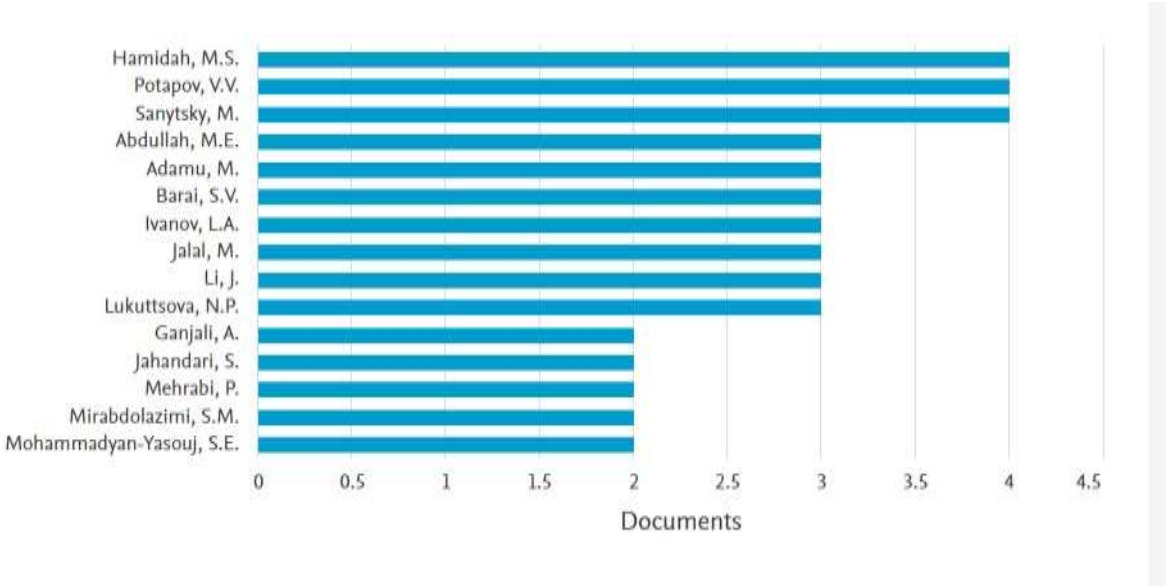
بهره‌گیری از نانو ذرات اکسید تیتانیم نیز برای بهبود ویژگیهای بتن در نما بعنوان پوشش بازتاب کننده می تواند باشد. علاوه براین بواسطه واکنش های فوتوکاتالیستی این نانو ذرات قادر به تجزیه آلاینده ها از سطح بتن خواهند بود. لازم بذکر است بهره گیری از ذرات سیمان در ابعاد نانومتر نیز موجب تسریع در سفت شدن آن 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.



تسکل (۱-۶۸) : رده بندی کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن



شکل (۱-۶۹) : رده بندی دانشگاه‌های کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن



شکل (۱-۷۰) : برخی از محققین برتر کشورهای مختلف بر اساس تعداد مقالات کاربرد نانو در بتن

۱-۲-۴-۷- کابل های ابررسانای نانوساختار[۶۰ و ۶۱]

پدیده ابررسانایی به از بین رفتن مقاومت الکتریکی مواد در دمای معین معروف به دمای گذار بحرانی (T_C) ، اطلاق می‌شود. از مهم ترین 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 درصنایع مختلف به‌خصوص صنعت برق به وجود آورده‌اند که کنترل کننده‌های جریان، ذخیره‌سازهای انرژی، موتورها

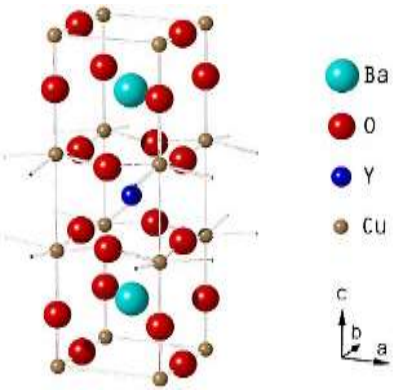
و کابل های انتقال برق از آن جمله هستند. بطور کلی مواد دارای خاصیت ابررسانایی را به سه گروه اصلی می‌توان تقسیم بندی نمود. گروه اول شامل فلزات خالص، گروه دوم آلیاژها وگروه سوم سرامیک‌ها می‌باشند.

سرامیک‌های ابررسانای دما بالا که تاکنون جنبه تجاری پیدا کرده اند در دو گره نسل اول (1G) ونسل دوم (2G) طبقه بندی می شوند. نسل اول شامل سیم های برپایه BiSSCO ونسل دوم شامل ابررسانا های پوشش داده شده برپایه YBCOمی باشند.

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

سل- ژل، احتراقی محلول، پایروفوریک، پلاسما

هم چنین 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 Bi SSCO بهره‌مند هستند. این بدان معناست که نانوساختارسازی در ابر رساناهای YBCO باعث بهبود ویژگیهای ابررسانایی می‌شود . ازجمله این مزایا می‌توان به دستیابی به جریان بحرانی ودانسیته جریان بالاتر، انعطاف‌پذیری بیشتر، استحکام کششی بالاتر وپ وشش مناسب‌تر درمقایسه با انواع معمولی اشاره کرد. در شکل (۱-۷۱) ساختار کریستالی YBCO نشان داده شده است.



شکل (۱-۷۱) : ساختار کریستالیYBCO

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۴-۸- عایق‌های الکتریکی نانو ساختار[۶۶]

استفاده از عایق‌های الکتریکی مختلف در کنار رعایت اصول ایمنی در برق‌رسانی مانند زمین کردن و وجود چاه ارت بخصوص در خطوط ولتاژ بالا از اهمیت بسزایی برخوردار است. دراین راستا عایق الکتریکی نانوساختار به‌خوبی از تجهیزات محافظت کرده و از برق گرفتگی 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 دربرابر هر نوع رطوبت با قابلیت ماندگاری تأثیر مثبت استفاده در محدوده دمایی ۱۳۰ ^{o}C– (۲۵–) 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 می باشد.

با استفاده از محلول‌های عایق الکتریکی نانوساختار صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی وجود دارد .

۱-۲-۵- 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 نانوساختار با نام تجاری نانسولیت، ماده جدیدی از فناوری نانو می باشد 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 جایگزین های مناسب عایق های سرد و گرم موجود و پوشش های 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.

ازجمله نمونه کاربردهای نانو فوتوکاتالیست‌ها می‌توان بر روی سطح لامپ های روشنایی کم مصرف نام برد که با فعالیت کاتالیستی خود بوهای نامطبوع وآلودگیهای محیطی را تجزیه کرده وضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا می‌برند. این لامپ ها بخصوص برای نصب در محیط‌های سر بسته و فاقد تهویه هوا می‌توانند بکار گرفته شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

استفاده از نانو ذرات درایجاد پوشش‌هایی با عملکرد متفاوت، حتی صنعت شیشه را نیز دستخوش تحول کرده است. دراین راستا می‌توان با استفاده از پوشش های نانوساختار 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.

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 وغبار و گازهای مضر شد.

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 پرکنند و باعث کاهش اصطکاک شوند. ازجمله این روانکارها می‌توان به نانوذرات الماس اشاره کرد.

از مهم‌ترین نتایج نانوفناوری در روان‌سازها ، بهره‌گیری از فناوری سرمت[1] با قابلیت بازسازی سطوح سائیده شده قطعات مختلف مربوط به پمپ ها، 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 نانوساختار به‌خوبی از تجهیزات محافظت کرده و از برق گرفتگی جلوگیری به‌عمل می‌آورند، حتی اگر در معرض آب قرار داشته باشند.با استفاده از محلول‌های عایق الکتریکی نانوساختار 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].

۱-۲-۵-۱- پوششهای عایق حرارتی نانو ساختار(نانسولیت ها[2]) [۶۲]

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

[1]- Cermet
[1]- Nansulate

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 جایگزین های مناسب عایق های سرد و گرم موجود و پوشش های 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 وغیر 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 به‌عمل 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، سقف ها، لوله ها، مخازن و تجهیزات نیروگاهی، قابلیت پوشش دهی هر گالن برای $14–16/5\ m^2$.

در شکل (1–72) به موارد کاربردی این محصول اشاره شده است.



شکل (۱-۷۲) : موارد کاربردی نانسولیت ها [۵۵]

۱-۲-۵-۲- 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. فوتو کاتالیست ها موادی هستند که انرژی را از طول موج خاصی از نور دریافت کرده و باعث انجام واکنشی می شوند.

در طبیعت خاصیت فوتوکاتالیستی در دوماده TiO_2 , ZnO یافت می شود که امروزه از TiO_2 به دلیل در دسترس بودن، غیر سمی بودن و قیمت پایین تر کاربرد بیشتری پیدا کرده است .

لازم بذکر است اکسیژن های 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 NO_x شده وآنها را به ترکیبات HNO_X بی ضرر تبدیل می‌کنند. ازجمله نمونه کاربردهای نانو فوتو کاتالیستها می‌توان بر روی سطح لامپ های روشنایی کم مصرف نام برد که با فعالیت کاتالیستی خود بوهای نامطبوع وآلودگیهای محیطی را تجزیه کرده وضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا می‌برند. این لامپ ها بخصوص برای نصب در محیط‌های سر بسته و فاقد تهویه هوا می‌توانند بکار گرفته شوند. در شکل (۲-۲۳) نمونه‌ای ازاین محصول ارایه شده است .

شکل (۱-۷۳) : لامپ کم مصرف با پوشش نانو ساختار[۶۳]

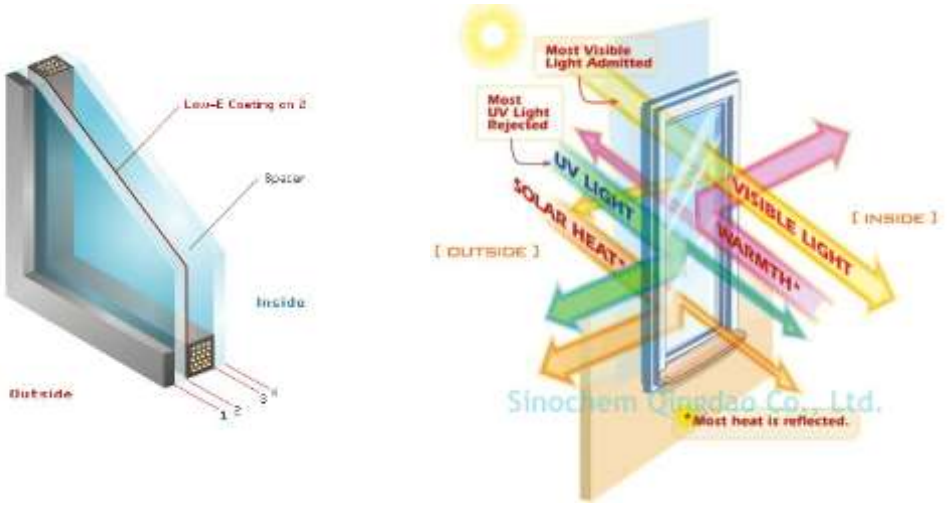


۱-۲-۵-۳- شیشه های عایق حرارتی با پوشش نانو ساختار (Low-E) [۶۵]

استفاده از نانو ذرات درایجاد پوشش‌هایی با عملکرد متفاوت، حتی صنعت شیشه را نیز دستخوش تحول کرده است. دراین راستا می‌توان با استفاده از پوشش های نانوساختار 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 نانوساختار 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 می‌توان به میزان ۴۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. این شیشه ها هم‌چنین قابلیت استفاده در ساختمان های مسکونی، اداری و تجاری را دارند. عملکرد این شیشه ها مانند عایق ها ی حرارتی شفاف است. علاوه براین، 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 ازلایه نازکی از TiO_2 می تواند انجام گیرد. در شکل (۱-۷۴) عملکرد این شیشه‌ها نشان داده شده است.



شکل (۱-۷۴) : عملکرد شیشه‌های Low-E [۶۴]

۱-۲-۵-۴- روانکارهای نانو ساختار [۵۶]

روانکار ماده‌ای 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، دراین صورت امکان ازمیان 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 پرکنند و باعث کاهش اصطکاک شوند. ازجمله 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.

DOI: 10.30503/nripress.2020.260

۱-۲-۵-۵- روان‌سازهای نانو ساختار ترمیم کننده سطوح سائیده [۶۶]

از مهم‌ترین نتایج نانوفناوری در روان‌سازها ، بهره‌گیری از فناوری سرمت[1] با قابلیت بازسازی سطوح سائیده شده قطعات مختلف مربوط به پمپ ها، 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. بعد از تمیز شدن سطح، لایه فلز – سرامیک تشکیل شده و سپس این لایه تشکیل شده در اثر اصطکاک برروی 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 اصطکاکی کاهش می یابد و در نتیجه آهنگ افزایش ضخامت لایه کاهش می یابد تا زمانی که بطور کامل متوقف شود. به این ترتیب تشکیل لایه محافظ با خصوصیات مناسب بصورت خودکار صورت می گیرد. 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.

۱-۲-۵-۶- 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 وغبار و گازهای مضر شد. این سیستم‌های تصفیه هوا با ایجاد هوایی پاک وسالم وکاهش غلظت گازهای آلاینده می‌توانند هم به منظور تهویه ساختمان‌ها بکار روند و هم می توانند کاربرد های نیروگاهی داشته باشند که بواسطه دارا بودن خاصیت کاتالیستی، مواد مضر دود را به مواد بی خطر تبدیل کنند و علاوه برآن می‌توانند باعث فیلتر هوای ورودی به توربین شوند.

۱-۲-۵-۷- 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

[1]- Cermet

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 به‌عمل 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 (۱-۲): شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور تولید

نیروگاه گازی	تجهیزات	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری			
			قطعه	مواد	پوشش‌دهی	مواد و افزودنی‌ها	تجهیزات
	توربین	پره		✓	✓		
		نازل		✓	✓		
		شرود سیگمنت		✓			
		یاتاقان		✓		✓	
	کمپرسور	فیلتر	✓				
		پره		✓			
		پوشش پره		✓			
	محفظه احتراق	آجر نسوز	✓	✓			
		پوشش		✓	✓		
		لاینر		✓			
		Transition Piece		✓			
	سیستم سوخت	–		✓		✓	
	ژنراتور	هسته	✓				

نیروگاه سیکل ترکیبی	تجهیزات	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری			
			قطعه	مواد	پوشش‌دهی	مواد و افزودنی‌ها	تجهیزات
	توربین	پره		✓	✓		
		نازل		✓	✓		
		شرود سیگمنت		✓			
		یاتاقان		✓		✓	
	کمپرسور	فیلتر	✓				
		پره		✓			
		پوشش پره		✓			
	محفظه احتراق	آجر نسوز	✓	✓			
		پوشش		✓	✓		
		لاینر		✓			
		Transition Piece		✓			
	سیستم سوخت	–		✓		✓	
	ژنراتور	هسته	✓				

نیروگاه بخاری	توربین				✓				توربین بخار				✓		
	بویلر	لوله	✓	✓	✓				بویلر	لوله‌ها و پایپ ها	✓	✓	✓		
		هیتر			✓					پیش گرم کن		✓	✓		
	ژنراتور	هسته	✓						ژنراتور	هسته	✓				
	سیستم تصفیه آب	سیال خنک کن				✓			سیستم تصفیه آب	سیال خنک کن				✓	
		فیلترها	✓	✓	✓					فیلترها	✓	✓			
		مواد بازدارنده				✓				مواد بازدارنده				✓	
	سنسورها	سنسور هیدروژن	✓				✓		سنسورها	سنسور هیدروژن	✓				✓
		سنسور اکسیژن	✓				✓			سنسور اکسیژن	✓				✓
		سنسور دما	✓				✓								
		سنسور فشار	✓				✓								
		سنسور دبی	✓				✓								
		سنسور ارتعاش	✓				✓								
		سنسور خوردگی	✓				✓								
		آنالیز گاز (محصولات احتراق)	✓				✓								
		آنالیز دود	✓							آنالیز دود	✓				
	سیستم دودکش		✓		✓				سیستم دودکش		✓		✓		

جدول (۱-۳) : شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور انتقال و توزیع

نیروگاه آبی	تجهیزات	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری			انرژی تجدیدپذیر	نوع	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری		
			قطعه	مواد	پوشش‌دهی	مواد و افزودنی‌ها	تجهیزات				قطعه	مواد	پوشش‌دهی	مواد و افزودنی‌ها	تجهیزات
	سد	بتن	✓	✓	✓				خورشیدی	سلول	✓	✓	✓		
		رنگ			✓					اینورتر	✓	✓			
		کانال		✓	✓					فریم	✓				
	کانال انتقال آب به توربین	بتن	✓	✓	✓	✓				رنگ		✓	✓	✓	
		صفحات فلزی	✓	✓	✓					شیشه‌های رسانا	✓		✓	✓	
		حفاظت		✓	✓				بادی	پره توربین	✓	✓			
	توربین	پوشش		✓	✓				پیل سوختی	الکترود	✓	✓			
	سنسورها		✓			✓	✓			الکترولیت	✓	✓			
										کاتالیست			✓	✓	
									مولدهای مکانیکی		✓				✓

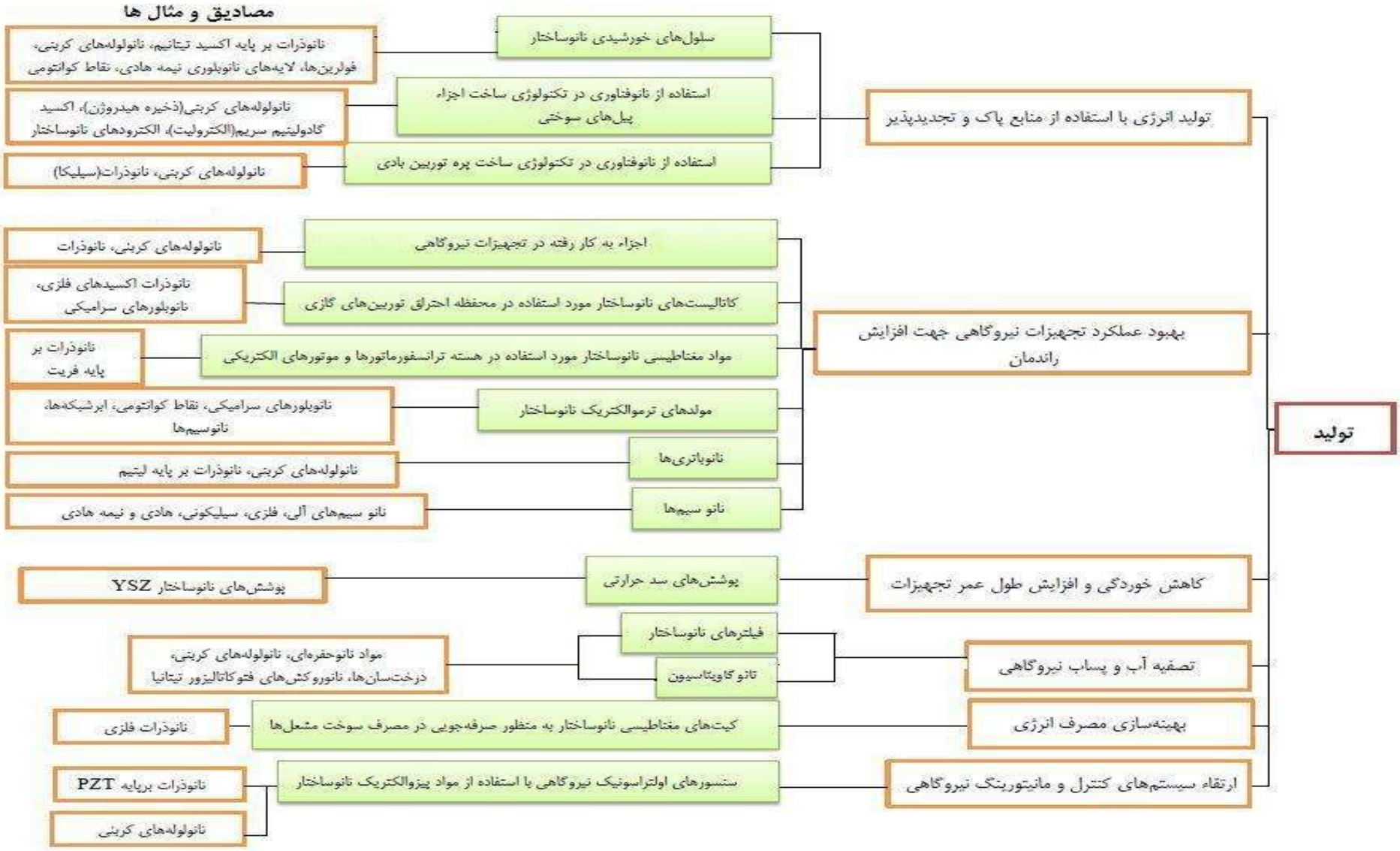
پست	تجهیزات	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری		
			قطعه	مواد	پوشش‌دهی	افزودنی‌ها	
	هادی ها	شینه	✓	✓	✓		
		صفحات مسی	✓	✓			
	عایق ها	ایزولاتور		✓			
		مقره	✓	✓	✓		
	ترانسفورماتور		✓	✓			
	کلیدها	دژنکتور	✓	✓			
		سکسیونر	✓	✓			
	وسایل اندازه‌گیری و مانیتورینگ	جریان	✓	✓			
		ولتاژ	✓	✓			
	حفاظتی	رله	✓	✓			
		برقگیر	✓	✓	✓		
	بانک خازن		✓				
	باطری ها		✓	✓			
	تجهیزات مخابراتی		✓	✓			

خط	تجهیزات	اجزاء	ساخت		به‌کارگیری نانوفناوری		
			قطعه	مواد	پوشش‌دهی	افزودنی‌ها	
انتقال	هادی ها	آلومینیوم	✓	✓			
		فولاد	✓	✓			
	مقره‌ها	–	✓	✓	✓		
	یراق آلات	–	✓	✓			
	کلمپ ها	–	✓	✓			
	اتصال دهنده ها	–	✓	✓	✓		
	دکل	–		✓			
	تیر بتنی	–	✓	✓			✓
	هادی هوایی	کابل (بدون روکش) AS	✓	✓			
		روکش دارXLPE	✓	✓	✓		
		خودنگهدار	✓	✓			
		مسی	✓	✓			
	مقره‌ها	–	✓	✓	✓		
	هادی هوایی	بدون روکش	✓	✓			

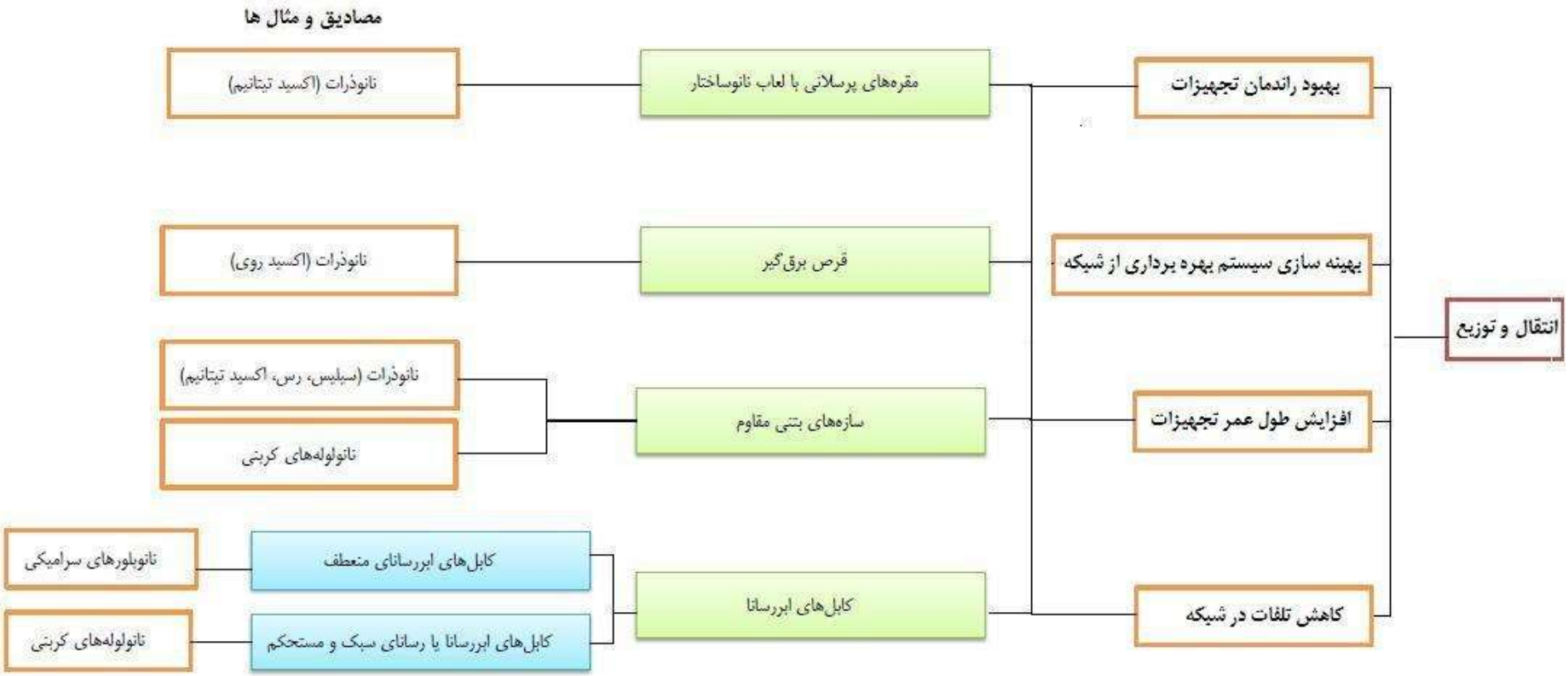
	کابل‌ها		✓	✓	**جدول (۱-۴) : شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو در محور مدیریت مصرف**						کش دار	✓	✓	✓
											خودنگهدار		✓	✓
											کابل زمینی	✓	✓	✓
										یراق آلات			✓	✓
											کامپوزیتی	✓	✓	✓
										پایه ها	بتنی	✓	✓	✓
											فلزی		✓	✓
										مقره‌ها		✓	✓	
										Earth		✓	✓	

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

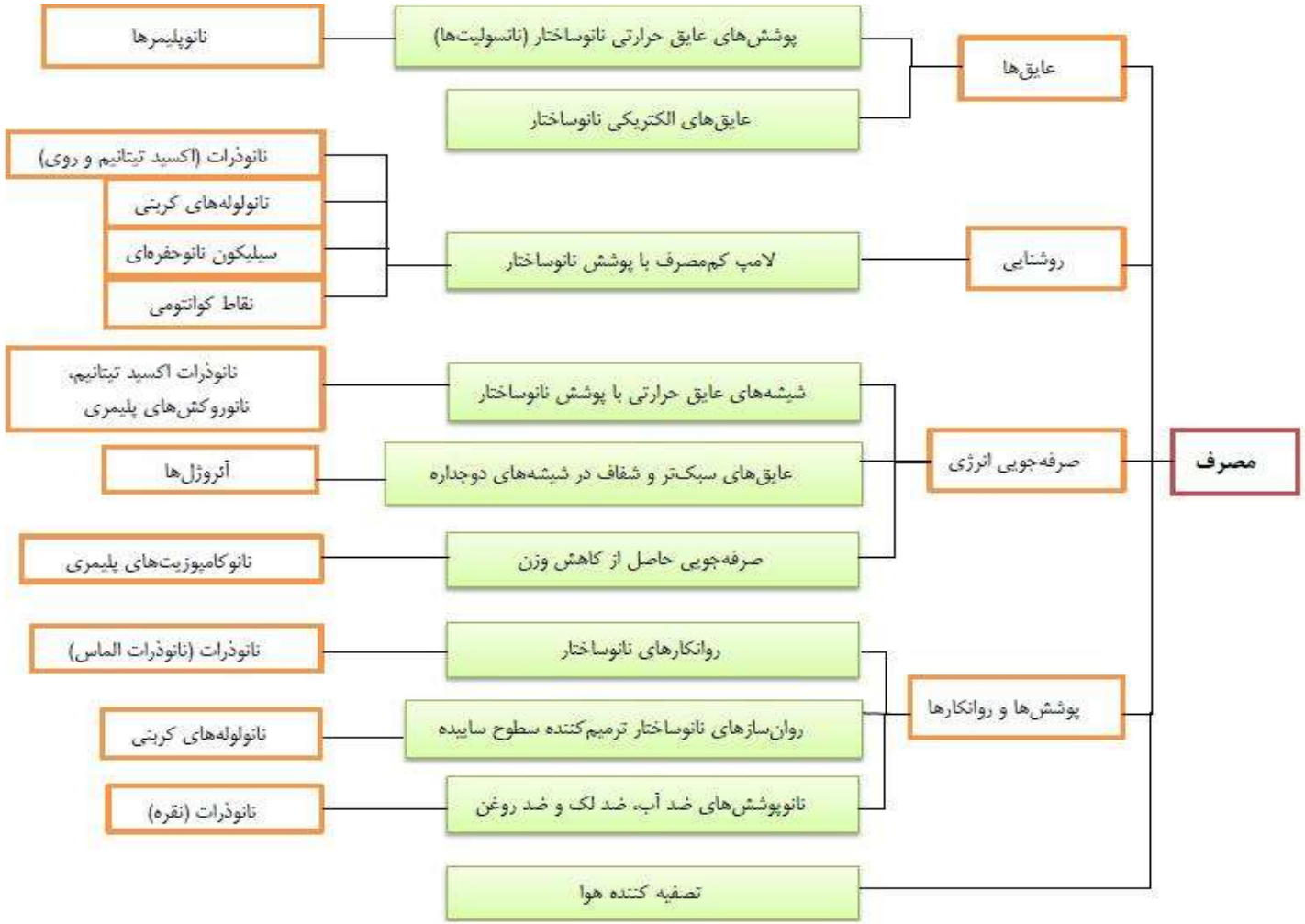
جدول (۱-۵): عناوین کاربردی نانوفناوری در حوزه تولید



جدول (۱-۶) : عناوین کاربردی نانوفناوری درحوزه انتقال و توزیع



جدول (۱-۷) : عناوین کاربردی نانوفناوری درحوزه مصرف



۱-۳- بررسی چرایی تمرکز بر روی این طرح‌ها در دنیا و بررسی زیرساخت‌های صنعتی کشورها، میزان منابع طبیعی، جهت‌گیری‌ها و رویکردهای صنعتی، علمی و پژوهشی (در زمینه هر سه طرح نانو)

برای پی بردن به میزان اهمیت وارزشمندی نانوتکنولوژی درکشورهای پیشرفته همین بس که رییس جمهورآمریکا،کره جنوبی،رژیم اشغالگرقدس، نخست وزیر کانادا و رهبر چین دخالت مستقیم در این امر داشته اند و سخنرانی های متعددی پیرامون نیاز کشورشان به نانوتکنولوژی ایراد کرده اند. تحقیق در نحوه عملکرد این کشور ها کمک شایانی به یافتن روش های مناسب پیشبرد این فن آوری در کشورخواهد کرد؛ از این رو به بررسی اجمالی فعالیت برخی دولت های پیشرو در این زمینه می پردازیم

۱-۳-۱- آمریکا

شورای ملی علوم و نانوتکنولوژی بالاترین مرجع سیاست گذاری در حوزه علوم وتکنولوژی در آمریکا می باشد که به منظورتبیین اهداف ملی سرمایه گذاری در این حوزه، توسط رییس جمهور وقت آمریکا تأسیس شد و ریاست شورا بر عهده رییس جمهور بوده و اعضای آن مقامات بلند پایه دولتی آمریکا می باشند.آنچه در کار گروهی بین بخش علوم ، مهندسی و تکنولوژی نانو وابسته به کمیته تکنولوژی شورای ملی علوم و تکنولوژی انجام شده است، انجام یا پشتیبانی از انجام تحقیقات نبوده است بلکه تعیین تکلیف همهٔ دستگاههای دولتی در این زمینه بوده است . دفتر سیاست علوم و تکنولوژی نهاد دیگری است که توسط رییس جمهور وقت آمریکا تأسیس شده است و هدف اصلی خود را " حفظ نقش پیشگامی آمریکا در عرصه علوم و تکنولوژی " قرارداده و این فرصت را برای رییس جمهور فراهم نموده است تا از آن در مواقع مناسب مشورت بگیرد و سرمایه گذاری های کلان علوم وتکنولوژی را هماهنگ سازد.

کمیته مشاوران رییس جمهور در علوم و تکنولوژی (PCAST)، یک هیأت نانوتکنولوژی متشکل از کارشناسان پیشرو از دانشگاه و صنعت تشکیل داده تا گزارش تهیه شده برای موسسه نانو فناوری را از جهت فنی و بودجهٔ مرور نمایند . با مرور این گزارش PCAST طرح موسسه نانو فناوری را در شروع سال مالی ۲۰۱۱ تایید نمود و اظهار داشت:" اکنون زمانی ست که باید فعال شد." هدف دیگر دولت آمریکا ایجاد زیر ساخت های متعادل، قابل پیش بینی، قوی و منعطف در این کشور برای علوم،مهندسی و تکنولوژی نانو می باشد. این نوع زیر ساخت برای پیشگامی نانوتکنولوژی و ایجاد انگیزه برای رشد سریع و بیشتر این عرصه ضرورت دارد.

۱-۳-۲- ژاپن

سازمآنهای دولتی که مسئولیت نانوتکنولوژی را در ژاپن به عهده دارند عبارتند از :

۱. وزارت صنعت و تجارت بین المللی
۲. مرکز علوم و تکنولوژی
۳. وزارت آموزش علم ورزش و فرهنگ

برآوردها نشان می دهد که اداره علم و تکنولوژی صنعتیبودجه ای بالغ بر ۶۰ میلیون دلار در سال برای نانوتکنولوژی داشته است. در کنار آن مؤسسه ملی پیشر فت در تحقیقات مشترک از سه پروژه اداره علم و تکنولوژی صنعتی حمایت می کند:

- برنامه تحقیقات پیوسته برای تکنولوژی اتمی
- برنامه تحقیقات در علم انبوه
- برنامه تحقیقات در طراحی قدرت های فوق بشری

سرمایه گذاری مرکز علوم و تکنولوژی در تحقیقات نانوتکنولوژی اساساً در چهار سازمان انجام گرفته است :

- مؤسسه تحقیقات فیزیکی و شیمیایی
- مؤسسه تحقیقات ملی برای مواد
- مؤسسه ملی برای پژوهش در مواد معدنی
- شرکت علم وتکنولوژی ژاپن

در بررسی کارشناسان این کشور مشکل عمده بر سر راه پیشرفت نانوفناوری پراکنده کاری در این زمینه بود لذا سیاست کلی در این کشور عدم تمرکز بر این فناوری و تحقیقات بصورت رشته ای در زمینه های مختلف می باشد نمایشگاه نانو فناوری بصورت دوره ای در این کشور برگذار می گردد.

۱-۳-۳- کره

نخستین قدم در راه ریزفن آور یها در کره در سال ۱۹۹۵ با تأسیس یک کانون تحقیقاتی نانوفناوری توسط دولت برداشته شد . تأسیس این چنین کانون هایی در کره به مرور صورت گرفت و مؤسسات تحقیقاتی الکترونیکی و مخابر اتی مانند انستیتو های پژوهشی مواد و... همگی در محلی به نام تیجان متمرکز شدند که رفته رفته به شهر علمی مشهور گشت.
رییس جمهورکره اخیراً در گردهمایی اقتصادی ملی در سئول نانوفناوری را به عنوان یکی از استراتژی های اساسی کشور معرفی و تایید کرد.

بودجه تحقیقاتی نانوفناوری۸/۷ میلیارد دلار تعیین شده است که محل تأمین هزینه های پژوهش و توسعه این فناوری در سال های آتی در این کشور خواهد بود. گام دیگر دولت کره عزم راسخ برای پرورش ۱۲۶۰۰ متخصص و کارشناس نانوفناوری در ده سال آینده می باشد.

۱-۳-۴- روسیه

بودجۀ دولت روسیه عمدتاً برای نیروی پژوهشی تخصیص یافته است و توجه کمتری به ایجاد زیر ساختارهای لازم شده است .سرمایه گذاری کردن در نانوتکنولوژی از طریق وزارت علوم و تکنولوژی،بنیاد روسیه در تحقیقات اساسی،آکادمی علوم و وزارت آموزش عالی به دیگ ر وزارتخانه ها با اهداف به خصوص انتقال یافت. در این راستا وزارت آموزش عالی نسبتاً سرمایه گذاری پژوهشی کمتری دارد و وزارت علوم و تکنولوژی بوسیله برنامه های ویژه ای در خصوص فیزیک جامدات، علم سطح، فولیرین ها و نانوساختارها در نانوتکنولوژی سهیم می باشد.

به طور کلی ۲/۸ درصد بودجه عمومی در روسیه در سال ۱۹۹۷ برای واگذاری به علوم برنامه ریزی شد .اخیرا نیز حدود ۲۰ درصد تحقیقات علمی در روسیه از طریق سازماندهی بین المللی سرمایه گذاری شده اند.در واقع دولت روسیه با همکاری سازمان‌های بین المللی حامیان اصلی تحقیقات اولیه بر ای نانوتکنولوژی در روسیه می باشند.

۱-۳-۵- کانادا

دولت کانادا نیز مانند بسیاری از دیگر کشورها برنامه پنج ساله ای را برای سرمایه گذاری در زمینه نانوتکنولوژی تدوین کرده است و می توان اهمیت این طرح پنج ساله را از این جمله نخست وزیر کانادا که در سخنرانی تأسیس موسسۀ ملی ایراد شده است،دریافت: "نانوتکنولوژی همان تأثیر انقلاب صنعتی قرن ۱۹ را در جوامع خواهد گذاشت."

و به عنوان اولین گام یک موسسهٔ ملی نانوتکنولوژی با ظرفیت ۱۶۰ محقق و تکنسین تأسیس کرده است.یکی از نکات برجستهٔ کار دولت کانادا دخالت شخص ارشد سیاسی این کشور در زمینه نانو است.

۱-۳-۶- ایران

گستردگی حوزه های تکنولوژی تا به آنجاست که فعالیت شبکه وسیعی از بخش ها و دستگاهها را می طلبد و برای همهٔ نهادهای دولتی وظایفی را پدید می آورد. مهم ترین وظیفه دولت ها در توسعه تکنولوژی، سیاست گذاری و هماهنگ نمودن تمام فعالیت ها در راستای اهداف تکنولوژی کشور می باشد. اما در مورد این که اهداف تحقیقاتی آن بسیار پایه ای، دراز مدت و فرا رشته ای است از این رو ریسک های زیادی برای صنعت در به عهده گرفتن سریع رهبری آن وجود دارد و صنعت توان سرمایه گذاری بر روی تحقیقات دراز مدت و مخاطره آمیز آن را که سال های متمادی طول خواهد کشید تا به مرحله تولید برسند را به تنهایی ندارد لذا در کشور بایستی تحقیقات دولتی و دانشگاهی این خلأ را پر کنند .از این رو نقش فراتر از نقش آن در مورد سایر تکنولوژی هاست.بررسی N.T دولت ما در مورد بیانگر پذیرش این مسأله از سوی N.T عملکرد کشورهای توسعه یافته در خصوص را به عنوان یک پروژه N.T دولت ها بوده و نشان می دهد که حتی دولت ها به نحوی بزرگ یارانه‌ای پذیرفته اند و به بازگشت سریع هزینه سرمایه گذاری شده در این خصوص نمی اندیشند. از طرفی کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی،سیاسی و حقوقی آن،این تکنولوژی را به عنوان یک زمینه" فرا رشته ای و فرابخشی"مطرح نموده است بنابراین علاوه بر لزوم وجود زیر ساخت های مشترک، سیاست گذاری تحقیقات نیز در این زمینه باید به صورت متمرکز انجام شود .آنچه مسلم است نانوتکنولوژی بحثی نیست که با یک آزمایشگاه یا یک تیم تحقیقاتی به سرانجام برسد، بلکه برای شکل گیری صحیح ساختار و اجزای متعدد آن وجود یک نهاد هماهنگ کننده فرابخشی ضرورت دارد.

در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه،شوراها و مراکز خاصی وجود دارند که به این امر اشتغال دار ند اما فقدان حضور این مراکز در کشور ما و نیز نیاز به انجام اقدامات بسیارسریع با توجه به سرعت رشد فوق العاده نانو فناوری ایجاب می‌نماید که دولت به جای صرف هزینه برای ایجاد زیر ساختارهای مناسب،سریعاً کمیته ویژه ای برای رسیدگی به این امر تشکیل دهد که این کمیته وظایف تمام دستگاههای دولتی و غیر دولتی را در تحقیقات نانو تعیین نموده و از انتقال نتایج آن

به صنعت حمایت نماید.

کمیته ویژه باید یک نهاد فرابخشی و فرادولتی بوده و تمام وزارتخانه ها و سازمآنهای ملی و امنیتی باید نماینده هایی در این کمیته داشته باشند که از اختیار عمل کامل برخوردار بوده و نیز صلاحیت و اطلاعات کافی در این خصوص را دارا باشند. از طرفی دانشمندان، محققین مدیران صنعتی و صاحب نظران حقوقی و اقتصادی و اجتماعی سایر اعضا این کمیته هستند .لازم به ذکر است که باید حساسیت فراوانی در انتخاب اعضای کمیته به خرج داد ه شود و در هر

مورد شایسته ترین افراد گزینش گردند .همچنین اعضای کمیته نباید هیچ گونه وابستگی های سیاسی یا جناحی داشته باشند تا در صورت بروز هرگونه تحولات

سیاسی در نظام دولتی کشور خدشه ای بر ساختار کمیته ویژه وارد نشود البته پس از تشکیل کمیته ویژه باید پشتی ان بی فراوانی از آن توسط دولت صورت گیرد تا جایی که همگان ملزم به اجرای فوری تمام دستورات و تصمیمات کمیته ویژه باشند. ساختار پیشنهادی برای اداره کمیته ویژه : کمیته ویژه به سه زیر کمیته تقسیم می شود: الف زیرکمیته علمی ب زیر کمیته اجرایی ج زیرکمیته فرهنگی این زیرکمیته ها هریک وظایف و مسؤولیت های خاص خود را دارند که در ادامه خواهد آمد اما به هر زیرکمیته یک جمع مدیریتی حاکم است که اعضای آن باتوجه به خصوصیات زیرکمیته و فرد از اعضای کمیته ویژه انتخاب می شوند.

فصل دوم:
برون یابی مسیرهای پژوهشی

۲-۱- برون یابی مسیرهای پژوهشی توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی

فناوری نانو که امروزه از آن بعنوان یک انقلاب صنعتی جدید یاد می‌شود، از پتانسیل دگرگون‌سازی در ابعاد مختلف صنعتی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در همه عرصه‌ها برخوردار است. نانو فناوری از جمله فناوری‌های نو و مطرح در دنیاست که روندی کلیدی و تاثیرگذار در علم و صنعت دارد و بعنوان 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.

نانو یک مقیاس اندازه به معنی یک بیلیونیوم یا $۱۰^{-۹}$ است. فناوری نانو درباره ساختارها یا موادی با اندازه بسیار کوچک در حد چند نانومتر بحث می‌کند. یک نانومتر ($۱۰^{-۹}$ متر) تقریباً معادل با طول ده اتم هیدروژن یا پنج اتم سیلیکون ردیف شده در یک خط است. علم و فناوری نانو توانایی بدست گرفتن کنترل ماده در ابعاد اتمی و مولکولی و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های این بعد در مواد، ادوات و سیستم‌ها است. در واقع هدف از فناوری نانو، شکل‌دهی ترکیبات جدید یا ایجاد تغییراتی در مواد موجود است. خواصی که مواد در ابعاد معمولی دارند و مشخصه یک ماده هستند نظیر خواص فیزیکی، شیمیایی، مغناطیسی، الکتریکی و غیره، در ابعاد نانو تغییر می‌کنند. در نتیجه ویژگی‌های ماده تبدیل شده به ابعاد نانو نسبت به ویژگی‌های آن در ابعاد ماکرو کاملاً متفاوت است. بهره‌گیری از خواص ماده در ابعاد نانو، نویدبخش فواید و منافعی می‌باشد که موجب تحولات اساسی در زندگی انسان می‌شود.

نانو فناوری کاربردهای بسیاری در حوزه‌های دارو، غذا و بهداشت، محیط‌زیست، انرژی، الکترونیک، فناوری اطلاعات، مواد، ساخت و تولید، هوا فضا، امنیت ملی و دفاع دارد. این فناوری بر تمام حوزه‌ها تاثیرگذار است و دیر یا زود شاهد دستاوردهای آن خواهیم بود. یکی از حوزه‌هایی که نانو فناوری می‌تواند نقش مهمی در آن ایفا کند، صنعت برق و انرژی است که صرف بودجه هدفمند در جهت تحقیق و توسعه در بازه زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری گردد. بهره‌گیری از فناوری نانو در بخش‌های مختلف زنجیره تامین انرژی در صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع، ذخیره‌سازی و مصرف صورت می‌گیرد. دامنه کاربردهای فناوری نانو در حوزه برق را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت بمنظور افزایش کارایی و کاهش هزینه در استفاده از منابع انرژی سنتی (سوخت‌های فسیلی) از جمله توسعه روش‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری و افزایش راندمان تجهیزات به کمک فناوری نانو.

- برنامه‌های بلندمدت و کلان بمنظور بهره‌گیری از فناوری نانو در بازیابی انرژی و افزایش توان و تولید از طریق جایگزین کردن منابع انرژی تجدیدپذیر

در انتها لازم به ذکر است که کشور در حال توسعه‌ای مانند ایران با وجود منابع عظیم انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر و همچنین برخورداری از جایگاه بسیار مناسبی در سطح جهانی، می‌تواند نقش بسیار مهمی در تامین انرژی مورد نیاز جهانی ایفا کند که همین امر لزوم سرمایه‌گذاری بخش‌های مختلف در زمینه تحقیقات و رصد فناوری نانو در حوزه برق و انرژی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

پیش از ورود به بحث شناسایی حوزه‌های فناورانه نانو و معرفی فعالیت‌ها و طرح‌های صورت گرفته مبتنی بر این فناوری در سطح دنیا، لازم است با توجه به وضعیت اقتصادی، زیست محیطی، سیاسی و اجتماعی کشورها، به ضرورت استفاده از فناوری‌های نوینی همچون فناوری نانو و بررسی چرایی تمرکز بر این فناوری و صرف بودجه‌های تحقیقاتی عظیم در اکثر کشورهای دنیا در حوزه برق و انرژی پرداخته شود.

۲-۱-۲- نقش فناوری نانو در مسائل اقتصادی

یکی از بحث‌های جدی روز دنیا که از سوی بسیاری از کشورها مورد اهمیت واقع شده است، بحث مربوط به صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع و انرژی در شرایط محدودیت‌های موجود است. لذا به اعتقاد دانشمندان، استفاده از فناوری نانو در این عرصه می‌تواند در بحث صرفه‌جویی اقتصادی راهگشا و رافع بسیاری از معضلات موجود باشد. در واقع کشورهایی که نتوانند در حوزه برق و انرژی در این فناوری موقعیت مناسبی بدست آورند، در آینده نزدیک در بسیاری از زمینه‌ها از گردونه رقابت اقتصادی خارج می‌شوند چرا که از جمله مهم‌ترین شاخصه‌های قابلیت اقتصادی در آینده، توانایی خروج موفقیت‌آمیز از بحران انرژی است و در این راه از فناوری نانو بعنوان موثرترین راهکار برای مقابله با این بحران یاد می‌شود.

آنچه که در آینده‌ای نزدیک کشوری را توسعه‌یافته یا عقب‌مانده معرفی می‌کند، میزان بهره‌گیری آن کشور از فناوری‌های رقابتی در فرآیند تولید و کسب سهم بیشتر از بازارهای جهانی و محصولات مبتنی بر این

فناوری‌ها می‌باشد. به همین دلیل فناوری نانو عرصه نویدبخشی برای سرمایه‌گذاری‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت ارزیابی می‌شود و می‌تواند با کاهش هزینه‌ها و بالا بردن کیفیت محصولات و فرآیندهای تولید در بخش‌های مختلف، ارزش افزوده ایجاد کند. همین امر را می‌توان دلیل اصلی سرمایه‌گذاری کلان کشورهای پیشرفته در بحث تحقیق و توسعه فناوری نانو در صنعت برق و انرژی قلمداد کرد.

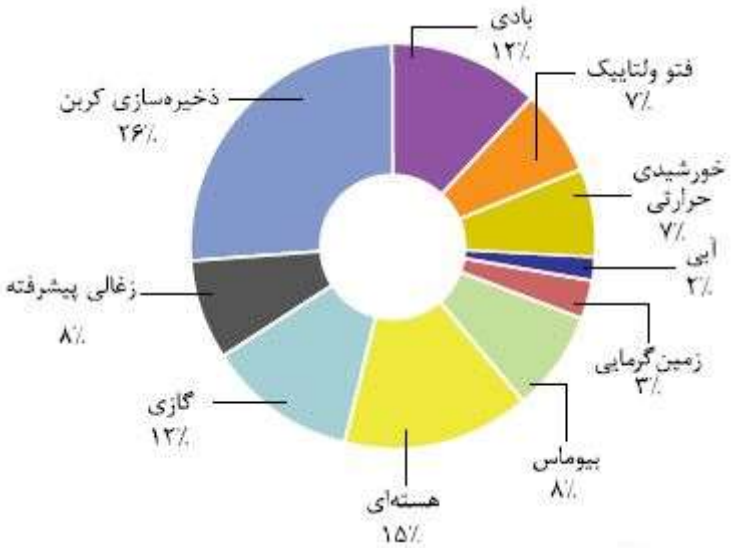
از آنجایی که پتانسیل نیروی انسانی برای انجام تحقیقات و به ثمر رسیدن آن‌ها جهت کاربردهای صنعتی در کشور موجود است، نانوفناوری می‌تواند یکی از اولویت‌های کشور در همه بخش‌ها بویژه در حوزه برق و انرژی باشد که در صورت موفقیت در این زمینه می‌توانیم فاصله فناوری موجود میان کشورمان و کشورهای پیشرفته را کم کنیم. به همین منظور ستاد ویژه توسعه فناوری نانو با هدف تداوم پیشرفت‌های کشور در زمینه نانوفناوری، برنامه ده ساله‌ای را تا افق ۱۴۰۴ با رویکردهای جدید تدوین کرده است. رویکرد اصلی این سند "توسعه صنعتی و محصولات نانو" و "صادرات فناوری‌ها و محصولات ایرانی به بازارهای جهانی" هدف‌گیری شده است. یکی از اهداف اصلی کشور در ده ساله دوم توسعه فناوری نانو، کسب سهم مناسبی از بازار جهانی فناوری نانو توسط محصولات ایرانی در نظر گرفته شده است که دستیابی به سهم دو درصدی از بازار جهانی فناوری نانو توسط محصولات نانو ساخت ایران در سال ۱۴۰۴ هدف‌گذاری شده است.

۲-۱-۳- نقش فناوری نانو در مسائل زیست محیطی و شرایط اقلیمی

طی دهه‌های اخیر چالش‌های زیست‌محیطی به گونه‌ای بوده که به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران تبدیل شده است. در روند حرکت جهانی به سوی توسعه پایدار، توجه به آسیب‌های زیست‌محیطی امری ضروری محسوب می‌شود. امروزه کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی‌های زیست‌محیطی را در حوزه بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند و انگیزه‌های حمایت از محیط‌زیست روز به روز تقدم بیشتری می‌یابد و اهمیت آن در برنامه‌های سیاست‌گذاری بیشتر ملموس می‌گردد. در نظر گرفتن اثرات زیان‌بار و خساراتی که آلاینده‌های ناشی از رشد روزافزون جمعیت و صنعت در محیط‌زیست ایجاد می‌کنند، لزوم تحقیق و مطالعه در این زمینه و یافتن بهترین و عملی‌ترین راهکارها برای حل این معضل را ضروری می‌نماید.

در رابطه با صنعت برق و انرژی بعنوان یکی از صنایع مادر، نگرانی‌هایی که در زمینه تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین وجود دارد، تمام کشورهای دنیا را مجبور کرده است تا بدنبال

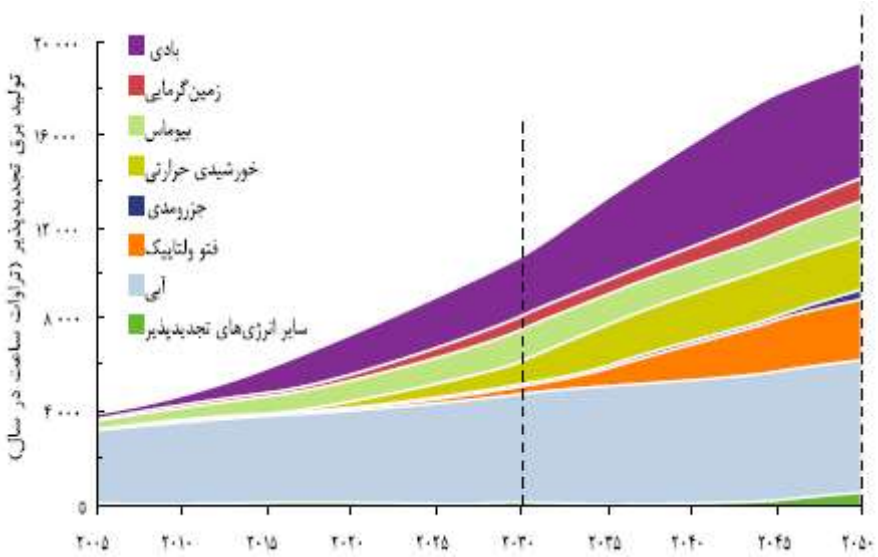
یافتن راه حل‌هایی برای کاهش میزان انتشار این گازها باشند. در حال حاضر بطور متوسط به ازای تولید هر کیلووات ساعت برق، حدود ۶۰۰ گرم گاز کربن‌دی‌اکسید تولید می‌شود. چشم‌انداز سال ۲۰۵۰ صنعت برق جهان، کاهش این عدد به یک سوم شرایط موجود و رسیدن به ۲۰۰ گرم‌دی اکسیدکربن است. سهم روش‌های مختلف تولید برق در انتشار گازهای گلخانه‌ای متفاوت است. بیشترین میزان آلایندگی در نیروگاه‌های زغالی ایجاد می‌شود. از این رو بهبود تکنولوژی این نیروگاه‌ها از اولویت بالایی برخوردار است. توسعه نیروگاه‌های جدید نیز متکی بر روش‌های بدون تولید کربن است. بنابراین نیروگاه‌های هسته‌ای و تجدیدپذیر که گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند، در اولویت قرار دارند. از طرفی هرچند نیروگاه‌های هسته‌ای گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند و نقش آن‌ها در کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۰۵۰ میلادی پر رنگ دیده می‌شود، اما احتمال لغو ساخت این نیروگاه‌ها به دلایل زیست‌محیطی و مشکلات دفن زباله‌های اتمی بسیار زیاد است. از همین رو همانگونه که در نمودار شکل(۲-۱) مشاهده می‌شود، نیروگاه‌های تجدیدپذیر که سبب کاهش ۴۰ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند، اهمیت بیشتری خواهند یافت.



شکل (۲-۱) : سهم منابع انرژی مختلف در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۵۰ میلادی

با توجه به مطالب ذکر شده، برنامه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ شتاب بیشتری خواهد گرفت. پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی حاکی از آن است که تا سال ۲۰۳۰ میلادی، بیش از یک سوم

برق مورد نیاز از انرژی‌های تجدیدپذیر تامین می‌شود. این روند تا سال ۲۰۵۰ ادامه خواهد داشت و با وجود افزایش شدید میزان مصرف برق، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر نیز افزایش یافته و به بیش از ۴۲ درصد انرژی مصرفی خواهد رسید. در شکل شماره (۲-۲)، پیش‌بینی توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر به نمایش درآمده است.



شکل (۲-۲) : برنامه توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر

برای رسیدن به اهداف مطرح شده، فناوری‌های نوین و در راس آن‌ها نانوفناوری نقش بسیار مهمی ایفا خواهند کرد. تاکید فناوری نانو در کوتاه‌مدت بر استفاده بهینه از منابع موجود و در بلندمدت بر توسعه منابع جدید انرژی خواهد بود. از همین رو تا به امروز، سرمایه‌گذاری‌های کلانی در بخش تحقیق و توسعه و رصد فناوری روی فناوری نانو صورت گرفته و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد این فناوری می‌تواند سلاح موثری در مبارزه علیه تغییرات آب و هوایی و مشکلات اقلیمی باشد.

۲-۱-۴- نقش فناوری نانو در مسائل سیاسی و اجتماعی

انرژی بعنوان یکی از مهم‌ترین نیازهای امروز بشر مطرح بوده و بسیاری از روابط و سیاست‌گذاری‌های یک کشور تحت تاثیر آن و یا برای تنظیم عرضه و تقاضا انرژی صورت می‌پذیرد. بنابراین دولت‌ها می‌کوشند تا در قالب برنامه‌ریزی‌های مدون و بهره‌گیری از فناوری‌های نوینی همچون نانوفناوری، زیرساخت‌های لازم جهت تنظیم عرضه و تقاضای انرژی کشور خود را فراهم آورند. در کشور ما به علت مشکلاتی که در حوزه تولید، مصرف و برنامه‌ریزی انرژی وجود دارد، تنظیم عرضه و تقاضای انرژی بخوبی صورت نمی‌گیرد که این امر سبب بروز مشکلات فراوانی مانند اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف می‌شود. بررسی مهم‌ترین شاخص‌های انرژی در ایران و مقایسه آن با سایر کشورها نشان می‌دهد که اگر چه مصرف انرژی در ایران نسبت به کشورهای صنعتی کم‌تر است، اما شاخص شدت انرژی ایران نسبت به این کشورها بالاتر است. این مسئله بصورت بروز بحران گاز در زمستان و وقوع خاموشی در تابستان ملاحظه می‌شود که هر سال نسبت به گذشته تشدید می‌گردد و ادامه این روند می‌تواند سبب بروز مشکلات بیشتری در آینده شود. اهمیت این روند زمانی آشکار می‌شود که طبق آمارهای موجود با توجه به ۳۰ میلیون جمعیت جوان در کشور، در آینده‌ای نزدیک حدود ۱۵ میلیون خانوار به مجموع خانوارهای کشور اضافه خواهد شد و با این حساب تعداد خانوارهای کشور حدوداً ۲ برابر می‌شود. بدیهی است که حدود ۱۵ میلیون خانوار جدید به همین میزان از لوازم خانگی پرمصرف استفاده خواهند کرد که در صورت ادامه این روند، مصرف انرژی یکباره با جهش چشمگیری روبرو خواهد بود. بنابراین با توجه به موارد مطرح شده می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و در راس آن‌ها نانوفناوری، از بروز مهم‌ترین چالش‌های حوزه انرژی در کشور ممانعت به عمل آورد.

پیامدهای سیاسی و حقوقی فناوری نانو آن را بعنوان یک زمینه فرارشته‌ای مطرح نموده است. اهمیت این موضوع از آن‌جا آشکار می‌شود که از نظر سیاسی، کشور ما با خطرات ناشی از تحریم‌های گوناگون بخصوص در حوزه فناوری‌های نوین و تجهیزات وابسته مواجه است. از آنجایی که صنعت برق یک صنعت سرمایه‌بر است و ساخت تجهیزات و احداث تاسیسات برق در سطح جهانی از ارزبری بالایی برخوردار است، کاهش هزینه‌های تمام شده تولید، انتقال و توزیع نیازمند استفاده از فناوری‌های نوین همچون فناوری نانو می‌باشد. لذا عدم ورود بمظور بهره‌گیری از این فناوری‌های نوین در کنار اعمال تحریم‌های جدید می‌تواند صنعت برق را با مشکلات فراوانی روبرو سازد.

۲-۲- تحلیل تاثیر متقابل عوامل تاثیرگذار بر یکدیگر

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران[۱]، نهادها[۲]، فناوری‌ها[۳] و روابط و شبکه‌ها[۴].

۲-۲-۱- 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.

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[۵] را دارند و سایر بازیگران، پیرو[۶] 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 درحوزه 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 درنظرگرفتن 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

۱- Actors
۲- Institution
۳- Technology
۴- Network
۵- Enactor
۶- Selector

تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمان های غیردولتی(NGO)، شرکت ها (نوبنیان، بنگاه های کوچک و متوسط(SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، موسسات 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.

۲-۲-۲- 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 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 بنگاه ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی[۱] (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[۲] است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتّی 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، به جهتی، تنها علّت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر[۳] مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای بر هم 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

۱- Heuristic
۲- Formative
۳- Risk-taking

حاکمیتی و حتی راهبردهای کسب و کار، از اهمّیت 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.

۲-۲-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به‌صورتی یکپارچه ه ستند. عملکرد فنی اقت صادی این م صنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمّیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی‌تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به‌نظر می‌رسد. در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلایندگی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمّیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، درصورت تشخیص یک فناوری به‌عنوان 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 بزنند.

درصورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به‌عنوان 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.

۲-۲-۴- 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.

۲-۲-۴-۱- روابط

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری ها 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[۱]) 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 زیر ساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران با شد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها م شابه یکدیگر می‌با شند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌با شند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

۲-۲-۴-۲- شبکه‌ها

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر ا ست. 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 با شد (قواعد فناورانه) که به‌و سیله مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می شود و تو سط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی[۲]، 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 تلقّی می‌گردد که توسعه فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب[۳] مفهومی و عملی دانش است.

---

[۱]- Misalignment

[۲]- Industry association

[۳]- Recombination

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، درنظرگرفتن 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 درنظرگرفته 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 (۲-۱) : ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	• جامعه مدنی • شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی • دولت • سازمان‌های مردم نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ مؤسسات مالی، نهادهای واسطه‌ای، مشاورین
نهادها	• سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	• در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	• تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمآن‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

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.

برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد، به کمک نگاشت نهادی به‌خوبی 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 می شوند. 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.

۲-۲-۵- انواع نقش‌ها

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 فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست گذاری

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 می باشد. 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 عر ضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملا سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی ه ستند که معمولا تو سط دولت سرمایه‌گذاری می شوند و هدف آن تو سعه 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 تو سعه‌گرا 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 ظرفیت سازی و ترویج

تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آمورشی و پژوهشی: تأمین‌کننده 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 تأمین محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو فعالیت می‌کنند.

۲-۲-۶- 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 نظرگرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرارگرفت. 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 ریاست‌جمهوری)
۱۰- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست‌جمهوری
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

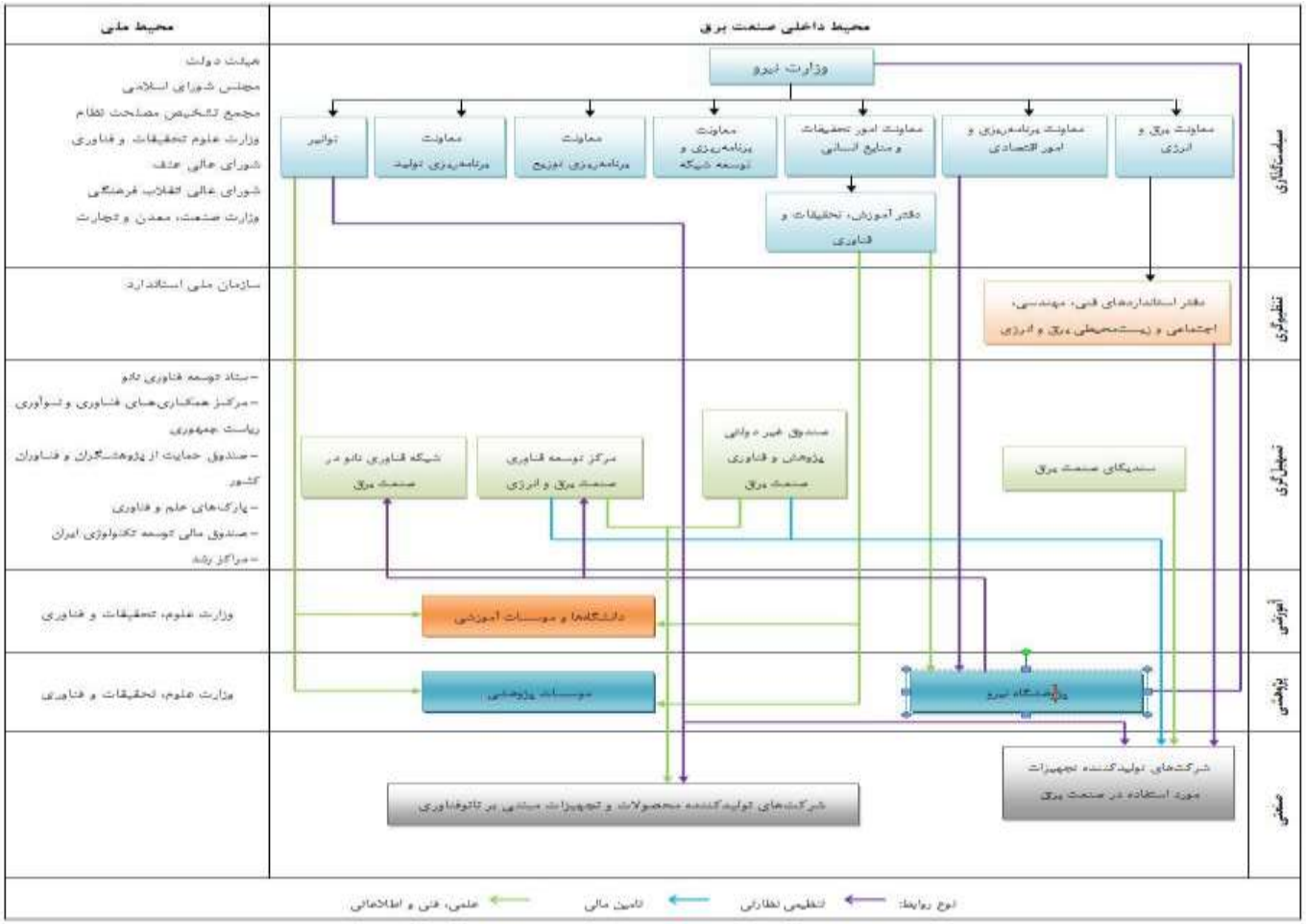
۲-۲-۷- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شـده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه توسـعه فناوری نانو در صـنعت برق تهیه کرد. همان گونه که از نام این ماتریس مشـخص اسـت دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول (۲-۲) : نگاشت نهادی توسعه فناوری نانو در صنعت برق

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه دهنده کالا و خدمات		
				آموزشی	پژوهشی	صنعتی
هیئت وزیران	❊					
مجمع تشخیص مصلحت نظام	❊					
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 استانداردایران		❊				
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			❊			

					آموزشی	پژوهشی	صنعتی
صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران			❊				
شبکه فناوری نانو در صنعت برق (پژوهشگاه نیرو)			❊				
دانشگاه‌ها، موسسات آموزشی و پژوهشی					❊	❊	
شـــرکت های تولیدکننده محصـــولات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری							❊
شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق							❊
مراکز رشد			❊				



شکل (۲-۳) : ارتباط بین نهادهای موجود در محیط توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۲-۲-۸- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از اقدامات را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی اقدام با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و... مجریان فعال هر اقدام مشخص خواهد شد. جدول (۲-۲) متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیر فنی را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳) : 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 قابل‌استفاده 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

ردیف	اقدامات	متولیان
		– توانیر – پژوهشگاه نیرو – دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی
۸	تشکیل کنسرسیوم با حضور مراکز پژوهشی و صنعتی داخلی و خارجی جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – وزارت علوم، تحقیقات و فناوری – وزارت صنعت، معدن و تجارت – وزارت نیرو
۹	ایجاد وب‌سایت اطلاع‌رسانی در مورد آخرین توانمندی‌ها و دستاوردهای کشور در زمینه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق
۱۰	حمایت از ایجاد انجمن‌های علمی در جهت توسعه فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی – دفتر آموزش تحقیقات و فناوری
۱۱	انتشار نشریه تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی مرتبط با کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – پژوهشگاه نیرو
۱۲	اعطای تسهیلات کم‌بهره به صاحبان ایده و شرکت‌های فعال در زمینه تولید محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی – صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق – صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور – صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران – مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
۱۳	رایزنی و پیگیری در جهت تخصیص اعتبار مربوط به توسعه فناوری نانو در بودجه سالانه وزارت نیرو	– شبکه نانو در صنعت برق – معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۱۴	تخصیص گرنت تحقیقاتی برای انجام پژوهش‌های هدفمند در زمینه توسعه فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی – دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی
۱۵	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۱۶	تسهیل فرایند جذب نیروهای متخصص فناوری نانو در سطح صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی – شرکت‌های تولیدکننده – معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی

ردیف	اقدامات	متولیان
۱۷	ایجاد یک گرایش بین رشته‌ای در حوزه‌های برق قدرت و نانو	– شبکه نانو در صنعت برق – دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی – وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
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	– شبکه نانو در صنعت برق – توانیر – دفتر آموزش تحقیقات و فناوری
۱۹	کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه محصولات نانویی قابل استفاده در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – وزارت صنعت، معدن و تجارت – معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۲۰	تدوین دستورالعمل‌های به‌کارگیری محصولات و تجهیزات مبتنی بر فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – توانیر – دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی
۲۱	پایش و ارزیابی مستمر قابلیت‌ها و نیازهای موجود در زمینه کاربردهای فناوری نانو در سطح صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق
۲۲	ایجاد هماهنگی بین‌بخشی در میان کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع در مورد به‌کارگیری فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – کلیه سازمان‌ها و نهادهای ذینفع
۲۳	تقویت فعالیت «شبکه نانو در حوزه برق و انرژی» در راستای جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری نانو در صنعت برق	– پژوهشگاه نیرو
۲۴	حمایت از جذب شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق در مراکز رشد	– شبکه نانو در صنعت برق – مراکز رشد – مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
۲۵	خرید تضمینی محصولات نانویی تأیید شده شرکت‌های دانش‌بنیان برای به‌کارگیری در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع، و مصرف برق	– شبکه نانو در صنعت برق – توانیر – معاونت برنامه‌ریزی تولید – معاونت برنامه‌ریزی توزیع – معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه
۲۶	حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر در شرکت‌های نوپای فعال در زمینه توسعه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	– شبکه نانو در صنعت برق – معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی – صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

ردیف	اقدامات	متولیان
		– مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی – صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور – صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
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 نمایشگاهای 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 شـده برای اقدامات فنی که به تدوین دانش فنی اختصـاص دارند متولی انجام در تمامی پروژه‌ها می‌تواند پژوهشگاه نیرو، توانیر، ستاد توسعه فناوری نانو، دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، شـرکت‌های تولیدکننده محصـولات و تجهیزات مبتنی بر نانوفناوری و مراکز رشـد باشـند. 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 بخش های مختلف صنعت برق، مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها در زمینه پروژه های تعریف شده
- مدیریت ارائه خدمات علمی، پژوهشی و آزمایشگاهی به صنعت برق در زمینه فناوری نانو در صنعت برق
- راه اندازی پایلوت های مورد نیاز صنعت برق در زمینه فناوری نانو در صنعت برق
- جهت‌دهی تحقیقات و توسعه مرکز در راستای نیازمندی های بازار
- تمرکز، سازماندهی و هم افزایی فعالیت های مرتبط با فناوری نانو در پژوهشگاه نیرو
- برنامه ریزی، تعریف و محوریت اجرای طرح ها و پروژه های کاربردی و توسعه ای
- مدیریت نظام‌مند حمایت از شـرکت های دانش بنیان مرتبط با فناوری نانو در قالب مراکز رشـد و پارک‌های علمی و فناوری و صندوق های مالی حمایت از پژوهش

فصل سوم:
ترسیم چشم انداز توسعه فناوری نانو در صنعت برق

۳-۱- بررسی قابلیت‌های انسانی، ظرفیت‌ها و توانمندی‌های طبیعی کشور، سیاست-گذارهای کلان کشور در حوزه صنعت و فناوری

با توجه به فاصله موجود بین کشورهای صاحب یک فناوری نوین با دیگر کشورها، این امکان برای کشورهای پذیرنده فناوری وجود دارد که با رصد همه جانبه تحولات و روند رشد فناوری، کاربردها و البته چالش‌های حاصل ازاین فرایند با استفاده از ابزارهای گوناگون تحلیل و پیش بینی، نمای نزدیک و دور فناوری مورد مطالعه را در کشورپذیرنده ترسیم نمایند.

از آنجا که سرشت فناوریهای جدید، در اثر درهم تنیدگی علوم و فنون مختلف، ماهیتی چندبعدی و به مراتب تأثیرگذارتریافته، سیاستگذاری در این حوزه مستلزم نگاهی همه جانبه، کل نگر و با چشماندازهای بلند مدت و جامع میباشد. برنامریزی خصوصاً در زمینه فناوریهای نوین بدون دانش از وضعیت حال و آگاهی از دورنمای آینده آن فناوری ممکن نیست. منظور ازوضعیت حال علاوه بر وجوه ذاتی و ماهوی فناوری، ارزیابی شرایط ورود به مسأله، بررسی تأثیرات متقابل فناوریها بر یکدیگر وبرحوزه های گوناگون جامعه (حقوقی، فرهنگی، اجتماعی و...) و شناخت سازوکارهای مواجهه با این تأثیرات است. چرا که فناوری ماهیتی چند وجهی دارد و مجموعه آداب و سنن، خلقیات، قوانین و سایر مقولات اجتماعی در آن تأثیر دارد. تغییرات سریع فناوری‌ها زمینه، نوع، ماهیت، درجه اثر و چالشهای مرتبط را به شدت تحت تأثیر قرار میدهد و لازم است تهدیدها،آسیب پذیری ها و راه‌های مواجهه و مقابله با آن به صورت دایم و پویا مورد بررسی قرار گیرد.

ارزیابی فناوری بعنوان تلاشی سیستماتیک برای پیشبینی کلیه نتایج حاصل از بکارگیری یک فناوری خاص در تمامی مواردی که با آن سروکار داریم تعریف میشود. معنی اساسی ارزیابی فناوری آن است که باید تمامی نتایج حاصل از انتخاب موردنظر بررسی شود و نه تنها نتایج یا اثرات کوتاه مدت آن. فناوری ها اغلب تأثیرات ناخواسته‌ای دارند که ممکن است مطلوب نباشند. بعضی از آنها ممکن است پیشبینی شده و از وقوع آنها اجتناب کرد به شرط اینکه برای شناسایی آنها تلاش کرده باشیم. تعریف جدید ارزیابی فناوری در بعد عمومی مطرح میشود. در این تعریف ارزیابی فناوری به عنوان یک منبع اطلاعاتی که اطلاعاتی را به فرایند سیاستگذاری تزریق میکند شناخته میشود. شکل سیاستهای عمومی در مورد فناوری چه برای حمایت و چه جهت کنترل آن دشوار و مهم است و نیاز به اطلاعاتی ادراکی و آینده نگر دارد.

۳-۱-۲- مدل راهبردی رصد همه جانبه

در حوزه راهبرد سازی تو سعه فناوری دو رویکرد Condition-driven و Ambition-driven قابل اتخاذ ا ست. در رویکرد اول اهداف و ماموریت ها بر اســاس تحلیل راهبردی داده های موجود تعیین می شــوند و در رویکرد دوم اهداف و ماموریت ها به شیوه غیر رسمی و مستقل از تحلیل ، تعیین میگردد. روش اول امکان تحلیل فاصله را برای طراحی و پیشــبرد فرآیند توســعه فناوری فراهم می آورد. مدلی که برای رصــد همه جانبه با نگاه آینده محور و راهبردساز پیشنهاد مب شود برگرفته از روش اول می باشد. به این ترتیب که فرآیند رصد در سه فاز پایش محیطی ، پیمایش محتوایی و آینده پژوهی و ارائه راهکار طراحی می شــود. در واقع ترسـیم مختصــات کامل جامعه صــاحب فناوری ، امکان نگاشت مدل بهینه توسعه را در جامعه پذیرنده فناوری میسر خواهد کرد.

مدلهای گوناگونی برای ر صد و ارزیابی همهجانبه فناوری ارائه شده ا ست. در هر مدل با توجه به اهمیتی که طراح مدل برای وجهی از وجوه تأثیرگذار بر فناوری قایل بوده به تعدادی از پارامترهای اثرگذار توجه بیشــتری معطوف میشــود.خصــوصــیات و اقتضــائات بومی ســازی فناوری در یک جامعه هم مؤلفه تأثیرگذاری در طراحی مدل خواهد داشت.

۳-۱-۳- برنامه ریزی و سیاست گذاری

با توجه به اولویت مباحث تایید و تعیین هویت و امنیت دسترسی به منابع مالی، اطلاعاتی و فیزیکی و همچنین تامین و یا ارتقای امنیت بکارگیری سایر فناوری‌ها، فناوری نانو نقش موثری در تحقق اهداف و برنامه های کلان ملی کشورها ایفا میکند. برنامه ریزی کارآمد در این حوزه مبتنی بر شناسایی و تحلیل قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها خواهد بود. در این راستا گسترش مشارکت های بین المللی و مشارکت در پروژه ها و کارگروه های مشترک با کشورهای دیگر در اغلب کشورها مد نظر بوده است.

از سوی دیگر برای ایجاد یک هماهنگی و هم افزایی مناسب در داخل کشورها کارگروه هایی متشکل از بازیگران مختلف این حوزه شامل برنامه ریزان، تامین کنندگان و سرویس دهندگان، پژوهشگران و کاربران عمده شکل گرفته اند که در کنار استانداردسازی و اعمال مدیریت و برقراری هماهنگی به ارائه پیشنهاد ، تعریف و تدوین قوانین مورد نیاز کاربست فناوری در کشورها کمک خواهد کرد.

۳-۱-۴- مسایل اقتصادی

گذشـــته از مزایایی که اســـتفاده کاربری از فناوری نانو به همراه دارد، با توجه به حجم روبه رشـــد بازار این فناوری، مباحث
اقتصادی نیز توجهات ویژه ای را طلب میکند. شناسایی توانمندی ها و مزیت های نسبی و رقابتی و توجه به زمینه هایی با ارزش افزوده بیشتر در تولید و بکارگیری سیستم های بیومتریکی با توجه به پتانسیل های بالفعل و بالقوه در این زمینه اهمیت بسزایی دارد. شناسایی و تقویت به موقع توان علمی و صنعتی در کشورها و بکارگیری بهینه توان تخصصی در رشته های مرتبط در جهت ایجاد اشتغال و تولید ثروت برای گروه یکپارچه سازان، خدمات دهندگان، مشاوران و فروشندگان به امکان کسب جایگاه مناسب در فناوری و کسب توان صدور خدمات فناوری در کشورها منجر میشود.

۳-۱-۵- مباحث حقوقی مرتبط با فناوری نانو

الزام اســـتفاده از فناوری نانو و پذیرش آن به عنوان یک یا یکی از معیارهای تعیین و تایید هویت، تبعاتی به همراه دارد.
بخشی از این تبعات در حیطه مسایل اجرایی است. لیکن بخشی دیگر تبعات قانونی و حقوقی آن است. ارزیابی جامع این تبعات، شرط لازم ورود به این حیطه ا ست. در این را ستا با توجه به گ ستره تعاملات ملی و بین المللی، برر سی تطبیقی قوانین
بین المللی و رعایت هماهنگی با قوانین مدنی و قانون اساسی ملی مورد توجه قرار میگیرد. تعریف دقیق مختصات و الزامات
رویه های اداری و قانونی و حقوقی و از ســـوی دیگر تبیین جایگاه فناوری در جرم شـــناســـی و تطابق با رویه های قضایی و تبیین جایگاه حقوقی اعتبار مشخصه های آن به منظور تعیین و تایید هویت فردی در فضای سایبر بخش دیگری از این ملاحظات اســـت. تعیین ملاحظات حقوقی و دســـتیابی به یک مصـــالحه بین افزایش امنیت و کاهش حریم خصوصی افراد و توجه به چالشهای حقوقی و قانونی مربوط به مسایل فنی و تکنیکی، مستلزم انجام مطالعات کافی در این زمینه و هماهنگی و تبادل نظر با ذینفعان و خبرگان این عرصه است.
رصد فناوری به عنوان فرایندی برای آگاه سازی تصمیم گیرندگان و کارشناسان از تغییرات محتمل عمل می نماید که این تغییرات، ممکن است از جنس تهدیدات یا فرصت های محیطی باشند و به منظور تعیین فرصت یا تهدید

بودن یک مشاهده محیطی، اطلاعات جمع آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته تا در نهایت، یک پیش بینی فناوری صورت گیرد چالش عمده در این زمینه، کنترل گستره اجرایی و زمان امر دیده بانی محیطی است. محدود نمودن بیش از اندازه این فعالیت ها، به کاهش احتمال شناسایی فرصتها و نادیده گرفتن برخی تهدیدها میانجامد و از سوی دیگر، دیده بانی بیش ازحد گسترده، به اتلاف منابع مالی و انسانی منتهی می شود.

۳-۱-۶- بررسی مدل ها و ترسیم فضای فعالیت‌های مرتبط با رصد فناوری

از جمله معروف ترین مدل هایی که در حوزه هوشمندی تاکنون معرفی شده است می توان به چهار مدل زیر اشاره کرد:

۱- مدل سازمان اطلاعات امریکا
۲- مدل کر
۳- مدل ساویز
۴- مدل باتیلر

هیچکدام از این مدل ها رویکرد ملی ندارند و در برخی از آنها هدف اصلی فقط ارائه فرایند یا چرخه هوشمندی بوده است. بعلاوه در ارائه این مدل ها ویژگی های حوزه های فنّاورانه مانند پیل سوختی لحاظ نگردیده است و لذا نمی توانند ساختارکاملی برای ایجاد سیستم ملی هوشمندی فناوری مانند پیل سوختی ارائه دهند. اما ازآن جهت که این مدل ها بر روی چرخه وفرایند هوشمندی به طور عام تمرکز کرده اند، معیار مناسبی برای استخراج کارکردهای تراز دوم این سیستم خواهند بود.

همانطورکه در جدول نشان داده شده، چهار مدل مذکور به طور تطبیقی مورد مقایسه قرار گرفتند. مطابق با این جدول در مدل کر کارکرد تعیین نیاز وجود ندارد، درحالی که هر سه مدل دیگر این کارکرد را جزئی از سیستم در نظر گرفته اند. علت آن را می توان این گونه تصور کرد که در این مدل فرض شده است نیاز توسط قسمت های دیگر سازمان تعیین می شود و به سیستم اعلام می گردد که این خود دارای معایبی چند است ازجمله اینکه برخی از تصمیم گیران توانایی تعیین صحیح نیازهای خود را ندارند و دوم ممکن است این نیازها توسط افرادی غیر از متخصصان سیستم به اشتباه تعیین گردد و سیستم را به بیراهه بکشاند. مورد بعدی کارکرد فیلتر اطلاعات است که باتیلر این کارکرد را ندیده است و به سازماندهی اطلاعات بسنده کرده است.

با توجه به حجم انبوه داده های معتبر و نامعتبر، سیستم بدون وجود چنین کارکردی ناپایدار میشود. کارکرد ذخیره و بازیابی فقط توسط باتیلر به طور مستقل بیان شده است و در بقیه مدل ها نشانی از آن وجود ندارد. دلیل آن را می توان در تفاوت رویکردها دانست. کارکرد تحلیل همان طور که دیده میشود توسط تمام مدل ها لحاظ شده است و این

کارکرد به عنوان مشخصه اصلی این سیستم محسوب میشود. بعد از کارکرد تحلیل، مستند سازی است این کارکرد تا حد زیادی به سطح اجرا سیستم هوشمندی بستگی دارد. در جایی که سیستم باید به طیف وسیعی از کاربران پاسخ بدهد وجود چنین کارکردی ضروری دیده می شود و اگر تعهد سیستم فقط به مدیران ارشد است این کارکرد می تواند در کارکرد انتشار لحاظ گردد. از این رو نیمی از مدل های مورد مطالعه این کارکرد را به طور مجزا دیدهاند و نیمی دیگر آن را ندیده اند. کارکرد آخر به کارگیری اطلاعات است که فقط توسط ساویز بیان شده است و با توجه به هدف سیستم که تصمیم سازی است نه تصمیم گیری وجود چنین کارکردی در سیستم معنی نمی دهد. با توجه به موارد مطرح شده و جدول فوق شش کارکرد زیر در تراز دوم ساختار کارکردی سیستم قرار می گیرند.

۱) تعیین نیاز و هدایت
۲) جستجو و اکتساب
۳) پردازش، سازمان دهی ، ذخیره
۴) تحلیل
۵) مستند سازی
۶) انتشار

جهت ترسیم فضای کلی فعالیت های موجود در رصد فناوری، مدل فعالیت ها ارائه گردیده است. همانطور که دیده می‌شود، دو دسته فعالیت های مستقیم و غیرمستقیم در این سیستم وجود دارد. فعالیت های مستقیم همان مراحل اصلی اجرای فرایند رصد است و فعالیت های غیرمستقیم در حقیقت پشتیبانی کننده و محرک فعالیت های مستقیم است ساویز این دو مجموعه فعالیت را درون زنجیره ارزش پورتر مطابق شکل نشان می دهد. مدل پایه رصد فناوری در این مقاله مدل ساویز است.



شکل ۲: فضای فعالیت‌های مرتبط با رصد فناوری

۳-۱-۷- توسعه فناوری نانو در صنعت برق کشور

اهمیت مفهوم نوآوری با توجه به جایگاه آن در توسعه اقتصادی، مورد توجه مکاتب اقتصادی مختلف قرارگرفته است که در صدد توضیح پدیده رشد اقتصادی بوده اند. بر این اساس تعدادی از این مکاتب مانند نئوکلاسیک به علت اینکه سهم چندانی برای دولت و دخالت آن در اقتصاد قائل نبوده اند، نوآوری را عاملی درجهت ایجاد مزیت رقابتی در سطح بنگاه می پنداشته اند. از بین این مکاتب، در مکتب اقتصادی نئوشومپترین که بر اساس دیدگاه های شومپیتر و براساس دیدگاه اقتصاد تکاملی توسعه یافته است به نوآوری به عنوان موتور پیشران رشد اقتصادی نگریسته می شود. بر اساس این دیدگاه و برای توضیح فرآیند وقوع نوآوری فناورانه مدل های کلانی در طی دهه های اخیر توسعه یافته اند که نسل آخر این مدل ها مدل های سیستمی فرآیند نوآوری نام دارند. در واقع این رویکردها که به توضیح فرآیند توسعه فناوری می پردازند، روش هایی برای سیاست گذاری نوآوری هستند که هرکدام بسته به نیاز به توضیح فرایند توسعه فناوری می پردازند و یا سیاست هایی برای راهبری توسعه فناوری ارائه می کنند . با افزایش سرعت، پیچیدگی و گستردگی تغییر، شاهد تداوم کاهش دقت و بهره گیری ازپیش نگری سنتی "تک نقطه ای" (یعنی تصور مجموعه ای از فرض ها دربارۀ نیروهای خارجی و برآورد نتیجه ای خاص برای یک عامل فرضی در نقطه ای خاص از آینده)

خواهیم بود. درنتیجه ما به جای پیش نگری تک نقطه ای، باید بر روی درک عمیق پویایی تغییر و آینده های ممکنِ ناشی از این تغییرات، تمرکز نماییم. فرآیند تدوین سناریو به بهترین نحو، این وظیفه را انجام می دهد.

البته همچنان به پیش نگری تک نقطه ای برای توصیف آیندۀ نزدیک و ارائۀ مجموعه ای از فرض ها به عنوان پایه و اساس برنامه ریزی کوتاه مدت، نیاز است.

۵/۱۳۸۴/ راهبرد آینده یا سند راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران، سندی است که در تاریخ ۲

به تصویب هیئت دولت رسیده و در قالب ۵۳ برنامه اجرایی، چارچوب و مسیر حرکت کشور در خلال سا لهای ۱۳۸۴ تا۱۳۹۳ را برای توسعه و بهره گیری از فناوری نانو مشخص کرده است .سند راهبرد آینده چارچوب فعالیت های کشور در حوزه علم و فناوری نانو در سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ را تبیین میکند.

در این سند، چشم انداز توسعه علم و فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران این گونه به تصویر کشیده شده است:

در راستای تحقق چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران، جنبش نرم افزاری و بهبود سطح ، کیفیت و امنیت »

زندگی مردم، در افق ۱۰ ساله، جمهوری اسلامی ایران کشوری است توسعه یافته در فناوری نانو؛

•با زیرساخت های بومی و پیشرفته و دارای سهم برتر منابع انسانی متخصص

• دارای تعاملات داخلی و بین المللی موثر و سازنده

• مولد ارزش افزوده اقتصادی حاصل از فناوری نانو

« • دارای توان رقابت در سطح جهان

در این سند، 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 هدف گیری شده است.

اهداف کلان، راهبردها و ساختار مدیریت کلان توسعه فناوری نانو در افق بلندمدت برنامه در این سند تبیین گشته است

و ۵۳ برنامه اجرایی در افق کوتاه مدت برنامه (سند تکمیلی اول) تشریح شده است که در هر برنامه، دستگاههای اجرایی

مشارکت کننده، بودجه و شاخصهای ارزیابی اثرات برنامه ها آمده است. اهداف کلان این سند عبارتند از:

۱) دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو

۲) ایجاد زمینهٔ مناسب برای بهره مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم

۳) نهادینه شدن توسعهٔ پویا و پایدار علوم، فناوری و صنعت نانو

این برنامه ده ساله به سه افق کوتاه مدت (دو سال اول) میان مدت (سه سال دوم) و بلند مدت (پنج سال پایانی) تقسیم شده و دو سال ابتدایی آن که دوره ایجاد آمادگی و تأمین پیش نیازهای توسعه بوده است.

مرداد ماه سال ۸۶ ، به اتمام رسیده است . ستاد ویژه توسعه فناوری نان و، گزارش تحقق اهداف این دوره را در گزارشی ذیل

محورهای زیر منتشر نموده است:

۱) سیاستگذاری و ارزیابی

۲) ترویج و تقویت بستر فکری –فرهنگی

۳) زیرساخت های توسعه فناوری

۴) توسعه منابع انسانی

۵) تجاری سازی و انتشار فناوری

۶) شبکه شرکت های خصوصی

ضمنادر اواسط سال ۸۶ ، ستاد با تجربه چند ساله اجرای سند راهبرد آینده و ارزیابی فعالیت های اجرایی آن تصمیم به

بازنگری و بهبود سیاست ها و برنامه ها و تدوین سند تکمیلی دوم راهبرد آینده نمود.

برخی از مهمترین ویژگی های این سند عبارتند از:

- در سند تکمیلی دوم تحقق گام به گام چشم انداز توسعه فناوری نانو تبیین گشته است.
- در سند تکمیلی دوم، برنامه ها در سرفصل های موضوعی که تمامی حلقه های تولید ثروت از ایده تا بازار را پوشش می¬دهد، طبقه بندی شده اند و اهداف و بودجه برای سرفصل های مختلف مشخص شده است.
- مکانیزم های اجرایی و شرایط اعطای کمک تشویقی برای هر برنامه در این سند تبیین شده است .

• سرفصل سیاست گذاری و ارزیابی اضافه شده است .

• در به بخش خصوصی نگاه ویژه ای شده است و سهم بخش خصوصی در این سند لحاظ شده است و

بودجه ستاد به عنوان تشویقی برای ورود بخشهای دیگر و توسعه فناوری نانو دیده شده است.

برخی سرفصل های سند تکمیلی دوم عبارتند از:

پیش نیازها و الزامات توسعه فناوری نانو، تصویر دستاوردهای برنامه در افق آینده، معرفی مطالعات پشتیبان، متدولوژی

تدوین راهبرد آینده، اجزای برنامه، تحلیل وضعیت درونی و بیرونی، استخراج راهبردها، نظام ملی نوآوری در فناوری نانو،

اولویت بندی و تقسیم کار حوزه های فناوری نانو، مدل اولویت گذاری در راهبرد آینده، توانمندی های موجود در کشور و

شناسنامه برنامه های اجرایی.

۳-۱-۸- سیاستهای حمایتی از صنایع نانو در برنامه چهارم توسعه

تدوین اولویتها و اعمال سیاست های شفاف حمایتی دولت از صنایع نانو به شکل زمان بندی شده و مبتنی بر اثربخشی

و همراه با نظارت دقیق عنوان برنامه اجرا یی شماره ۸ از سند راهبرد آ ینده ستاد و یژه توسعه فناور ی نانو می باشد .

این راستا بهترین نقطه شروع مطالعه قانون برنامه توسعه چهارم کشور و استخراج حمایت های در نظر گرفته شده در

متن قانون از صنعت و فناوری است.

۳-۲- نگاشت چشم انداز با توجه به سناریوهای پیش رو

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین رەنگاشت است. رەنگاشت 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 رەنگاشت 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. آنچنان‌که 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 تاکید کرد که هیچ گاه رەنگاشت 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 قابلیت‌هـــای راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود.

۳-۲- ترسیم ره نگاشت

نظر به اهمیت تهیه رەنگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رەنگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رەنگاشت را بیان می‌کنیم.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رەنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، رەنگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رەنگاشت ارائه شده است:

الف) رەنگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره‌نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) ره‌نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) ره‌نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

ه) ره‌نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، ره‌نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در برگرفته 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 ره‌نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره‌نگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که ره‌نگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزیی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

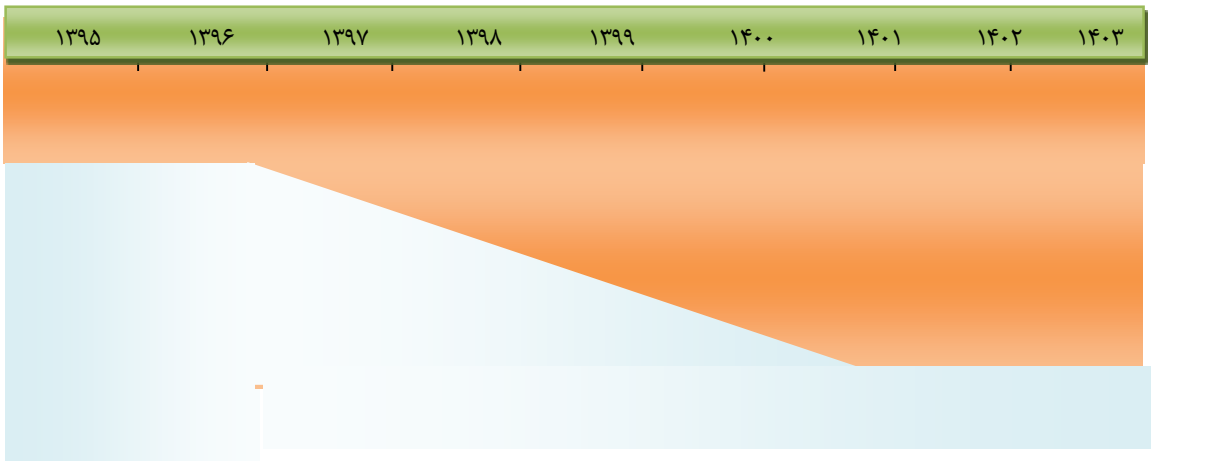
در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص[۱] موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

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 اشاعه‌گرا مدنظر قرار می‌گیرد. فعالیت‌های ترویجی و آگاهی‌بخشی، ایجاد شبکه‌های همکاری و ایجاد زیرساخت مورد نیاز برای توسعه فناوری نانو در صنعت برق از مؤلفه‌های اصلی این رویکرد هستند. در کنار این فعالیت‌ها و اقدامات، اجرای تعدادی از اقدامات فنی (تدوین دانش فنی) نیز آغاز می‌شود. در ادامه، به مرور زمان از حجم فعالیت‌های ترویجی و آگاهی‌بخشی و اقدامات غیرفنی کاسته می‌شود و سهم اقدامات فنی بیشتر می‌شود. الگوی انجام اقدامات فنی و غیرفنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود حجم اقدامات غیرفنی (قسمت

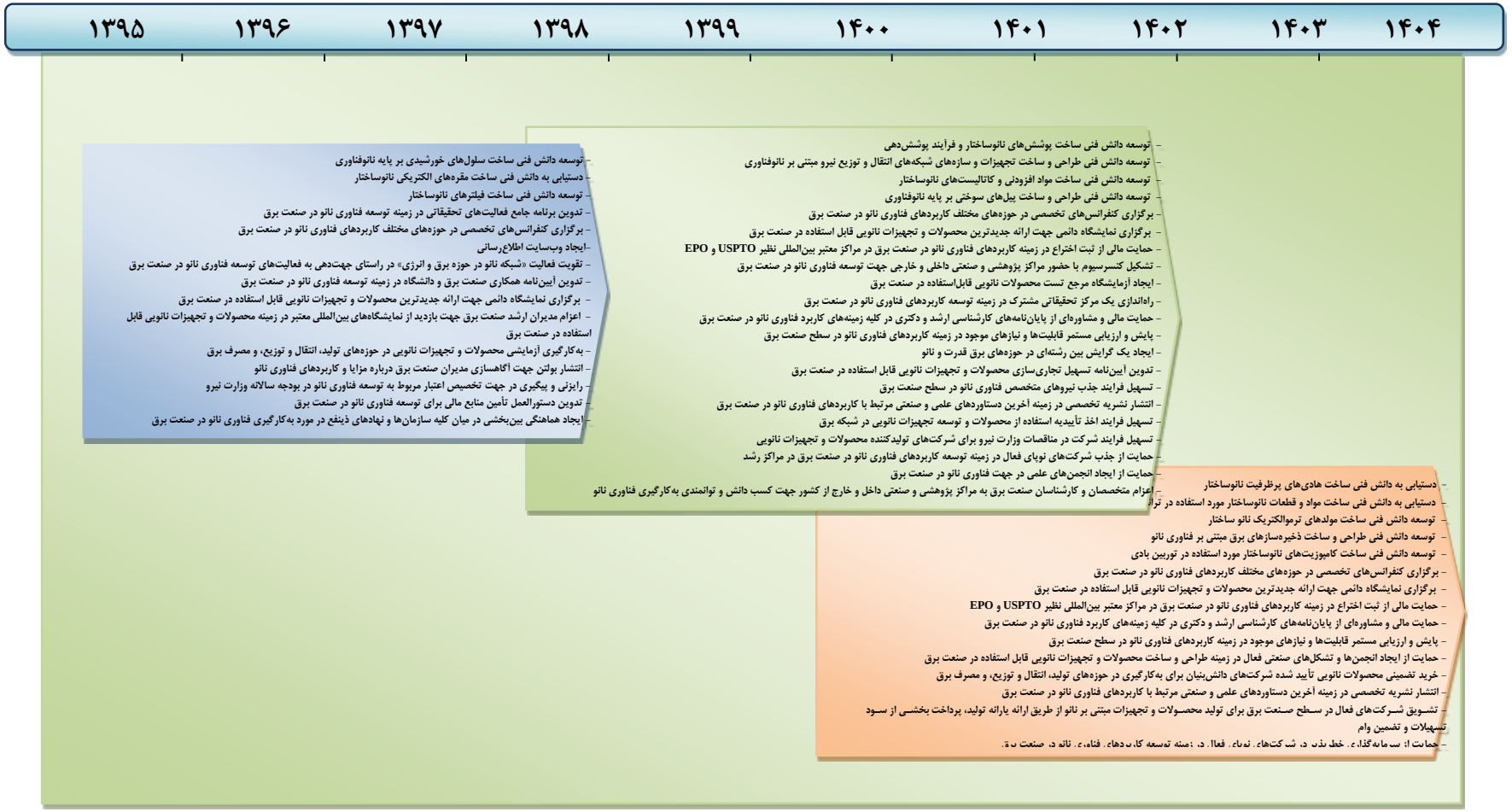
[۱]- Milestone

آبی‌رنگ) 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

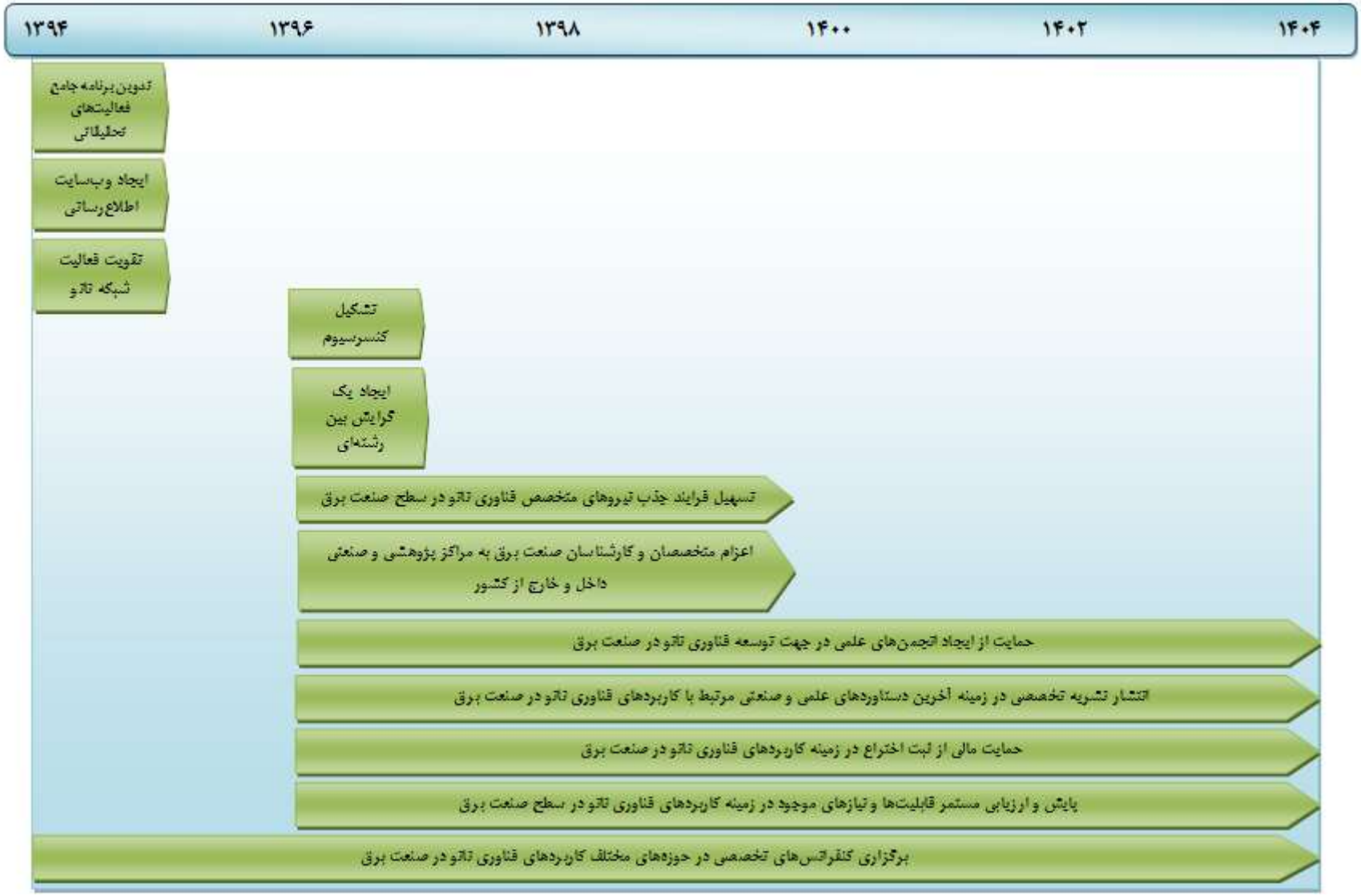
با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، رهنگاشت توسعه فناوری نانو در صنعت برق در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این رهنگاشت شامل نقشه راه توسعه نظام توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه راه فعالیت‌های تحقیق و توسعه فناوری نانو در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی) بوده 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) ارایه شده‌اند.



شکل (۳-۲): نقشه راه توسعه فناوری نانو در صنعت برق



شکل (۳-۳): ره نگاشت مربوط به اقدامات فنی توسعه فناوری نانو در صنعت برق به تفکیک بازه های زمانی



شکل (۳-۴): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی پیشبرد فعالیت های تحقیق و توسعه با تمرکز بر کسب توانمندی‌های فناورانه و تربیت نیروی انسانی



شکل (۳-۵): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی فراهم کردن بستر قانونی و فنی مورد نیاز توسعه فناوری نانو در صنعت برق



شکل (۳-6): ره نگاشت 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 (۳-7): ره نگاشت مربوط به اقدامات غیرفنی کمک به توسعه بازار محصولات و تجهیزات مبتنی بر نانو در صنعت برق با تأکید بر رفع موانع تجاری‌سازی و افزایش همکاری‌های تجاری

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، تعیین زمان و بودجه 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 و بودجه‌بندی مربوط به اقدامات غیرفنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی مشخص شد. زمان و بودجه مورد نیاز آن دسته از اقداماتی که به پروژه‌های اجرایی شکسته شدند بر اساس زمان و بودجه پروژه‌های تعریف شده ذیل آن اقدام تعیین شد. در مورد اقداماتی که به پروژه‌های اجرایی تقسیم نشدند زمان‌بندی و بودجه‌ریزی 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.

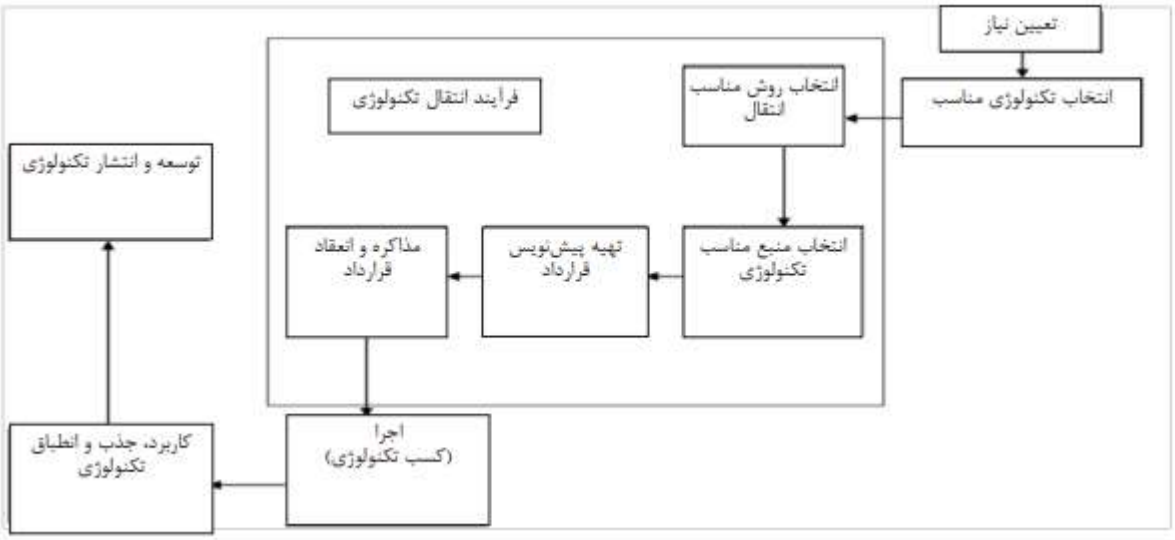
فصل چهارم:
تدوین سناریوهای پیش رو با توجه به مجموع شرایط داخلی و خارجی

۴-۱-پیمودن گام‌های معکوس از آینده مطلوب تا تحقق خواسته‌ها

تا کنون تعاریف مختلفی از تکنولوژی ارائه شده است .از یک دیدگاه تکنولوژی را می توان تمام دانش، محصولات ، فرآیندها ، ابزارها، روش‌ها و سیستم‌هایی تعریف کرد که در جهت خلق و ساخت کالاها و ارائه خدمات بکار گرفته می‌شوند. در تعریف دیگر تکنولوژی، کاربرد مستقیم اصول، قوانین و آگاهی‌های علمی در زندگی بشر و یا فرآیند تولید می‌باشد. امروزه جوامع در حال تجربه کردن نوع جدیدی از اقتصاد با عنوان اقتصاد دانش محور هستند که در آن، دانش و تکنولوژی به عنوان کلید اصلی ایجادکننده مزیت رقابتی پایدار، نوآوری و تولید ثروت شناخته می‌شود. بر این اساس ضرورت مدیریت تکنولوژی بیش از پیش نمود می‌یابد .کشورهای پیشرفته توجه ویژه‌ای به امر خلق و توسعه تکنولوژی دارند و در سطوح مختلف مدیریت تکنولوژی، برای آن برنامه‌ریزی می‌کنند اما در کشورهای در حال توسعه به دلیل عقب ماندگی زیاد این کشورها و همچنین به دلیل عدم توان در خلق تکنولوژی، پیمودن راه انتقال تکنولوژی با هدف پر کردن شکاف تکنولوژی گریزناپذیر است و برای موفقیت هرچه بیشتر در این زمینه لازم است که علاوه بر آماده‌سازی زیرساخت‌های موجود، فرآیند انتقال تکنولوژی را با تمرکز بیشتری مدیریت کنند. علاوه بر توسعه درونزا که با استفاده از منابع محلی و از طریق تحقیق وتوسعه به تکنولوژی دست پیدا می کند یکی از راه‌های دستیابی به تکنولوژی، انتقال تکنولوژی است که در آن با استفاده از منابع خارجی و خرید آن از خارج از بنگاه به تکنولوژی مورد نظر دسترسی پیدا می‌شود .در این مقاله به بررسی انواع مدل‌های مهندسی معکوس به عنوان یکی از روشهای انتقال تکنولوژی پرداخته شده است. در قسمت اول ادبیات موضوع مورد بررسی قرار گرفته است و تعاریف انتقال تکنولوژی و راهکارهای آن ارائه شده است. در قسمت دوم تعریف و انواع طبقه‌بندی مهندسی معکوس مورد بررسی قرار گرفته و انواع مدل‌های مربوط به آن ارائه شده است. درقسمت بعد مدل HDBK-MIL ۱۱۵ -با 1مورد توجه به استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه بررسی قرار گرفته و با استفاده از روش تحقیق کیفی و استفاده از نظرات کارشناسان انواع مدل‌های ارائه شده مورد مقایسه قرار گرفته است . این مقایسه با تمرکز بر مدل HDBK-MIL ۱۱۵ -انجام شده و در نهایت مزایای کاربرد این مدل نسبت به سایر مدل‌ها با رویکرد مدیریت پروژه ارائه شده است.

۴-۱-۱- تعریف انتقال تکنولوژی

انتقال تکنولوژی فرآیند یا زنجیره‌ای منظم از فعالیت‌های هدفمند است که از طریق آن مجموعه عناصرتکنولوژی در مکانی به جز مکان اولیه ایجاد تکنولوژی به کار گرفته شود. انتقال تکنولوژی به عنوان یک دادوستد درصورتی به صورت کامل تحقق می‌یابد که همه این عناصر انتقال یابند و به طور بهینه مورد استفاده قرار گیرند. در تعریف دیگر انتقال تکنولوژی فرآیندی است که از طریق آن تکنولوژی از خاستگاه و محل آفرینش خود به منظور تولید فرآورده‌ها و پایه‌ای بر خلق تکنولوژی‌های تازه، به دیگر دیارها راه می‌یابد. این فرآیند گام‌های مختلف انتخاب، کسب، انطباق، جذب، کاربرد، اشاعه و توسعه تکنولوژی دریافتی را در بر دارد. در منابع دیگر منظور از روش‌های انتقال تکنولوژی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها تحت شرایط از پیش تعریف شده می‌باشد که طی آن تکنولوژی مورد نیاز متقاضی در ازای جلب رضایت عرضه‌کننده در اختیار وی قرار می‌گیرد. در تعاریف مختلف اغلب از انتقال تکنولوژی به عنوان یک فرآیند یاد شده است. بنابراین لازم است برای مدیریت بهینه آن و دستیابی به نتایج بهتر، علاوه بر آماده-سازی زیرساخت‌های موجود، درک صحیح و کاملی از کلیه مراحل این فرآیند داشته و با دقت زیادی برای آن برنامه‌ریزی شود. فرآیند انتقال تکنولوژی در شکل (۴-۱) نمایش داده شده است.



شکل (۴-۱) : فرآیند انتقال تکنولوژی

۴-۱-۲- راهکارهای انتقال تکنولوژی

تکنولوژی ماهیتی ناملموس و غیر عینی دارد و به راحتی بین کشورها، صنایع، بخش‌ها یا افراد جریان می‌یابد. کانال‌هایی که از طریق آنها تکنولوژی جریان می‌یابد عبارتند از:

۴-۱-۲-۱- کانال‌های عمومی

انتقال تکنولوژی به صور ناخودآگاه و سهوی صورت می‌گیرد مانند دوره‌های آموزشی، کنفرانس‌ها، فرصت-های مطالعاتی و ملاقات‌ها

۴-۱-۲-۲- کانال‌های برنامه ریزی شده

انتقال تکنولوژی به صورت آگاهانه و بر اساس فرآیندی برنامه‌ریزی شده و با موافقت مالک تکنولوژی صورت می‌گیرد مانند: خرید حق امتیاز، فرانشیز، سرمایهگذاری مشترک، پروژه‌های کلید در دست، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی،کنسرسیوم فنی و پروژه‌های تحقیقاتی مشترک

۴-۱-۲-۳- کانالهای مهندسی معکوس

در این حالت گروهی از افراد که ممکن است دریافت کننده تکنولوژی باشند از تکنولوژی رمزگشایی و از آن نسخه برداری می‌نمایند. این مساله زمانی امکان‌پذیر است که گروه مربوطه از علم این کار بهره‌مند باشد و هیچگونه منع قانونی همچون حق مالکیت و حق امتیاز مطرح نباشد.

۴-۱-۳- مهندسی معکوس

۴-۱-۳-۱- تاریخچه

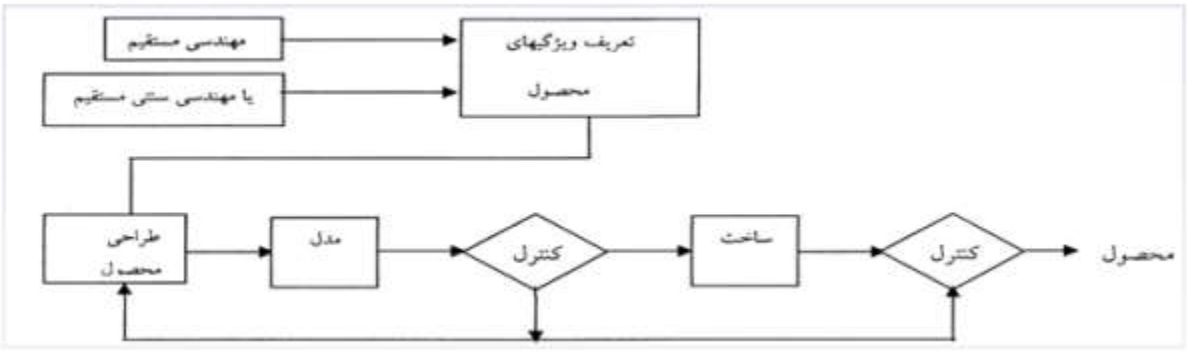
تعیین زمان دقیقی که مهندسی معکوس پا به عرصه وجود گذاشت کار دشواری است. برخی معتقدند که مهندسی معکوس به نوعی در اطراف و اکناف دنیا از دیرباز وجود داشته تا اینکه بعنوان یک روش، اعتبار لازم را برای پرورش مجدد اطلاعات فنی بدست آورد.. پس از جنگ جهانی دوم تعدادی از کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته برای پرکردن شکاف تکنولوژیکی خود اقدام به مهندسی معکوس نمودند. در این راستا ژاپن اولین کشوری بود که در کنار روش‌های دیگری مانند دعوت از متخصصان و دانشمندان کشورهای پیشرفته، راه‌اندازی مراکز تحقیقاتی صنعتی و کاربردی، بالا بردن فرهنگ تحقیقات صنعتی، حمایت همه‌جانبه دولت از دستاوردهای صنعتی و ایجاد پارک‌های علمی و پژوهشی و جاسوسی صنعتی، شتاب سریعی را در دستیابی به تکنولوژی به روش مهندسی معکوس بدست آورد .چین

جدول (۴-۱) : وجوه تمایز بین مهندسی معکوس با مهندسی مستقیم

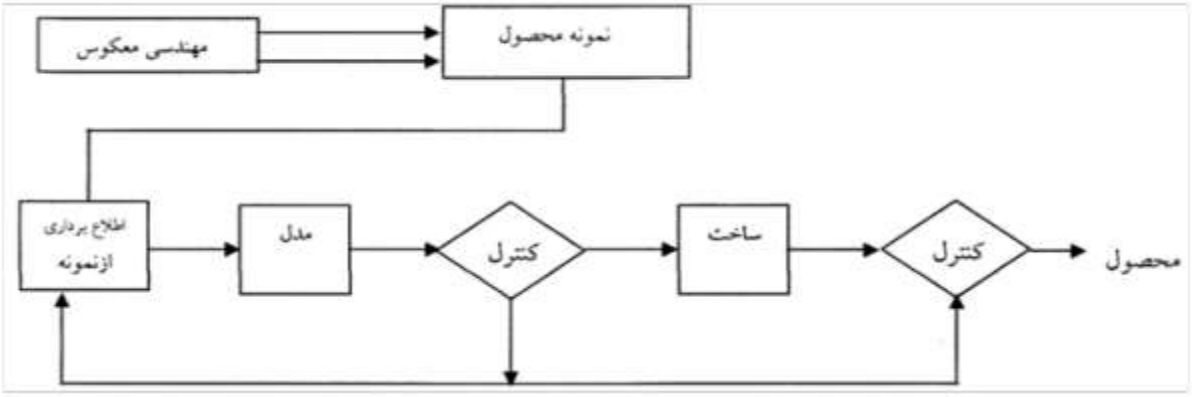
دومین کشوری است که جهت دستیابی به تکنولوژی از طریق مهندسی معکوس اقدام نمود و نیز با تلفیق جاسوسی صنعتی و مهندسی اخیرا معکوس و نیز بهره‌گیری از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به پیشرفت تکنولوژی خود سرعت بیشتری بخشیده است .کره جنوبی نیز از دیگر کشورهایی می-باشد که جهت تسریع در دستیابی به تکنولوژی اقدام به مهندسی معکوس نمود. کشورکره جنوبی سیاست اصلی افزایش خوداتکائی در زمینه تکنولوژی را انتقال تکنولوژی از کشورهای صنعتی و همکاری و تحقیقات مشترک با مؤسسات معروف کشورهای پیشرفته و نیز مهندسی معکوس می‌داند . همچنین دستیابی به تکنولوژی به روش مهندسی معکوس در دهه‌های اخیر در کشور ایران رواج یافته است. در ایران این روش ابتدا در محصوالت نظامی بکار گرفته شد اما به مرور زمان به محصوالت غیرنظامی نیز تسری پیدا کرده است.

تاکنون تعاریف مختلفی از مهندسی معکوس ارائه شده است در یک تعریف، مهندسی معکوس فرایندی آگاهانه وعالمانه در دسترسی به تکنولوژی. از روی تکنولوژی موجود است. از دیدگاه دیگر، مهندسی معکوس را می‌توان فرایندی از توسعه‌ی یک دسته از مشخصات برای یک سیستم سخت افزاری پیچیده به وسیله-ی ارزیابی‌ها، آزمایش‌ها و پژوهش‌های منظم از روی نمونه‌های موجود آن سیستم دانست. در تعریف دیگر مهندسی معکوس عبارت است از فرایند نسخه‌برداری از یک کالا از لحاظ عملکردی و ابعادی به وسیله‌ی آزمایش فیزیکی و اندازه‌گیری قطعات موجود برای توسعه‌ی اطلاعات فنی موردنیاز، همچنین مهندسی معکوس را یک روش اصولی و معین برای تحلیل طراحی وسایل یا سیستم‌های موجود نیز میدانند. می‌توان گفت استفاده از روش مهندسی معکوس اغلب زمانی انجام می‌شود که شرکت یا کشور عرضه‌کننده‌ی تکنولوژی، از انتقال حق امتیاز تکنولوژی‌های پیشرفته یا روزآمد به کشورهای درحال توسعه امتناع ورزند. حقوق قانونی در مقابله با مهندسی معکوس در کشورهای توسعه‌یافته نظیر ایاالت متحده به خوبی شناخته شده است. البته در این خصوص استثنائاتی نیز در پرونده‌های حقوقی وجود داشته است در این موارد مهندسی معکوس بعنوان جزء الینفکی از نوآوری شناخته شده است. جدول(۴-۱) و شکل (۴-۲) و (۴-۳) (تفاوت بین مهندسی مستقیم و مهندسی معکوس را نشان میدهد).

معیار مقایسه	مهندسی مستقیم	مهندسی معکوس
مشخصات محصول	بهینه‌سازی مشخصات تعیین‌شده از سوی ذی‌نفعان	کشف مشخصات بهینه تعیین‌شده در مهندسی مستقیم
هدف	تولید محصول و ارائه‌ی آن به بازار	تولید محصول و ارائه‌ی آن به بازار/ به‌دست آوردن تکنولوژی طراحی جهت تولید محصولات نسل‌های بعدی با تکنولوژی بالاتر
فرآیند تولید	در دسترس بودن اطلاعات مرتبط با روش تولید، نیروی انسانی، دستگاه‌ها و ...	عدم دسترسی به اطلاعات مرتبط یا روش تولید، نیروی انسانی، دستگاه‌ها و ...
زمان تولید محصول	قبل از تولید اولیه‌ی محصول	بعد از تولید اولیه/ انبوه محصول
نحوه‌ی طراحی	انتقال مفاهیم سطح بالا به سطوح تفصیلی و جزئی	تجزیه و تحلیل طراحی در بالاترین سطح سیستم تجزیه‌شده



شکل (۴-۲) : فرایند تولید محصول در روش مهندسی مستقیم



شکل (۴-۳) : فرایند تولید محصول در روش مهندسی معکوس

برخی به اشتباه مهندسی معکوس را با کپی سازی یکسان می‌دانند. کپی سازی بر سودآوری کوتاه مدت یا به عبارت دیگر بر سودجویی استوار است. محصولی که از طریق فرایند کپی سازی تولید می-شود، بسیاری از خصوصیات و مشخصات عملیاتی محصول اصلی را ندارد. در پروژه‌های پیچیده می-توان از خروجی مهندسی معکوس در توسعه‌ی محصول پروژه به روش مهندسی مستقیم استفاده کرد.

۴-۱-۳-۲- طبقه‌بندی انواع مهندسی معکوس

مهندسی معکوس بعنوان یکی از روش‌های اساسی و مهم (به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه) برای تحقق اهداف آنکه همانا کپی‌سازی و بهینه‌سازی محصول در جهت دستیابی به تکنولوژی آن است، مطرح است و می‌توان آن را به صورتهای زیر طبقه‌بندی کرد :

الف: مهندسی معکوس با استفاده از موجودات طبیعی و مکانیزم حاکم بر آنها (بیونیک)

ب: مهندسی معکوس از روی محصولات نمونه‌ی موجود (تکنونیک)

ج: مهندسی معکوس از روی فرایند کارخانه‌ی تولید محصول موردنظر

د: مهندسی معکوس به‌دنبال روند انتقال تکنولوژی

مزایای کاربرد مهندسی معکوس همچنین مزایا و دستاوردهای مهندسی معکوس را می‌توان در موارد زیر خالصه کرد

ایجاد توانایی و تقویت فناوری ساخت از طریق شناخت و درک کامل محصول

ایجاد توان بالقوه جهت انتقال فناوری‌های پیشرفته درعرصه‌ی جهانی

تربیت نیروی متخصص موردنیاز در صنایع استراتژیک

بوجود آوردن قدم‌های سیستماتیک برای کمک به درک و مستندسازی طراحی و فرایند طراحی

امکان الگوبرداری رقابتی در جهت درک محصولات رقبا و توسعه‌ی بهتر محصولات خود

امکان انجام مهندسی مجدد با استفاده از دانش فنی اخذ شده بوسیله‌ی مهندسی معکوس

علاوه بر تولید و توسعهی محصولات با استفاده از مهندسی معکوس، از آن بطور خاص بعنوان یکی از روش‌های توسعه‌ی نرم‌افزار نیز استفاده می‌شود.

۴-۲- بررسی چالش‌ها و راه‌های مقابله و تدوین سناریوهای نهایی در زمینه سه طرح نانو در حوزه برق و انرژی

با فشار بر رهبران جهان و بخش‌های جهانی برای اقدام، و توافق‌نامه‌های جدید برق‌رسانی در حال تدوین، رقابت برای برق‌رسانی هرچه بیشتر، از قطارها و اتومبیل‌ها گرفته تا گرمایش خانه‌ها ادامه دارد. بر اساس گزارش صنعت برق ایالات متحده (۲۰۲۱، globalefficiencyintel.org)، صنعت به تنهایی دو سوم کل تقاضای انرژی را تشکیل می‌دهد. این گزارش از صنعت می‌خواهد تا با دانشگاه‌ها، اتاق‌های فکر و آزمایشگاه‌های علمی همکاری کند تا فرآیندهای برق‌رسانی را ارتقا دهد. برای انجام این کار، کاهش مقیاس، یا به عبارت دقیق‌تر، کاهش مقیاس به نانو به منظور ساخت مواد و تجهیزات کارآمدتر و بادوام‌تر مفید است. وسایل الکترونیکی، عایق‌ها، پوشش‌ها، نانولوله‌ها، لامپ‌های با راندمان بالا و ترانسفورماتورها، به جز چند مورد، همگی با استفاده از فناوری نانو ارتقا پیدا کرده و بهبود یافته‌اند، قبل از شناسایی چالش‌ها و راه‌های مقابله با آنها نیاز به شناسایی مدل ارزیابی تکنولوژی می‌باشد.

۴-۲-۱- مدل ارزیابی نیازمندی‌های تکنولوژی

مدل ارزیابی نیاز تکنولوژی ابزاری جهت تشخیصو تعیین قابلیتهای مورد نیاز برای اجرای اولویت های تکنولوژی می‌باشد که به تفکیک چهار حوزه، به ارزیابی توانمندی تکنولوژی هر بخش می پردازد. این حوزه ها عبارتند از:

۱) استراتژی بخش: توانایی تدوین و مرتبط کردن استراتژی مناسب برای بخش

۲) مکانیزم‌های حمایت بخشی: توانایی ایجاد ساختار یا مکانیزم بجا جهت واقعی نمودن استراتژی

۳) عملکرد بخش: اثربخشی و کارایی مدیریت در رسیدن به اهداف

۴) کارایی و اثربخشی: مربوط به اهداف مربوطه و سایر ملاحظات فناوری های نوظهور متناسب

۴-۲-۲- چالش های موجود

چالش های استراتژی بخش

- عدم کسب سریع فناوری های نوظهور متناسب با شرایط ملی و منطقه ای
- عدم تنظیم استراتژی بخش در جهت بهبود متغیرهای کلان اقتصادی

- تعریف فعالیت های بخش بر اساس نیازهای صنعتی کشور

چالش های مکانیزم های حمایت بخش

- عدم کارایی مکانیزم های بخش در جهت کسب و گسترش تکنولوژی در زنجیره ارزش
- عدم وجود رویکرد مناسب آموزش و یادگیری در راستای تربیت نیروی انسانی توانمند

چالش های کارایی بخش

- عدم باور شرکت های پیشرو به اجرای موثر استراتژی تکنولوژی بخش
- عدم وجود مقررات محیطی مناسب در راستای اهداف صادراتی بخش

۴-۲-۳- مدل ارزیابی سطوح توانمندی فناوری بخشی

در این مدل برآن یم سطح توانمند ی فناور ی کشور را در بخش ارز یابی نما ئیم. بر اساس این مدل توانمند ی تکنولوژ یکی به شش سطح تقسیم می شود. این سطوح عبارتند از:

۱) شناسایی، انتخاب و اکتساب : به معنا ی توانمند ی جستجو ، شناسایی و کسب گزینه های موجود فناوری با بیشترین تناسب با شرایط کشور.

۲) بهره برداری: به معن ای توانایی به ک ارگیری و عملیاتی سازی فناوری با شرایط موجود – شامل منابع مورد نیاز از قبیل منابع فیزیکی، دانشی، انسانی و مالی– است.

۳) انطباق: توانمند ی تطبیق فناوری جهت مناسب سازی آن با شرایط وی ژه تولیدی متغیر در طول زمان و همچنین نوآوریهای جزئی است.

۴) نوآوری: به معن ای تو انایی نوآوریاست . ترکیب فناوری ها در ابتدا و انجام نوآوری های بزرگ در انتهای مراتب این سطح می باشد.

۵) حفاظت: توانمندی صیانت از دارا یی ه ای معنو ی و به معنا ی شناخت و به کارگ یری روش ها ی حقوق ی برای حفاظت از حقوق مالکیت معنوی است.

۶) پشتیبانی و بازاریابی : پشتیبانی به معنای ، توانمند ی انتقال و آموزش فناوری توسعه یافته به دیگران در داخل کشور و به روز رسانی و حمایت های مستمر در جهت رفع نیازهای مربوط به آن، م ی باشد . منظور از سطح بازار یابی داشتن توانمند ی انتقال و آموزش فناوری توسعه یافته به دیگران در خارج کشور و به روز رسانی و حمایت های مستمر در جهت رفع نیازهای مربوط به آن می باشد.

در واقع به منظور شناسایی چالش ها و راهبردهای موجود در حوزه نانوفناوری ، به شکلی نظام مند، توانمندی ها و محرکها را د ر بستری نهادی مورد کنکاش قرار می دهیم و به تبع راهبردهایی را برای بهبود وضع موجود و تحقق وضعیت مطلوب پیشنهاد خواهیم کرد.

۴-۲-۴- محرک ها و شرایط نهادی

از آن جا که اغلب جداکردن محرک ها و بستر نهادی آن ها مشکل – و شاید غیرممکن یا حداقل ناصحیح – باشد، این دو بعد از مدل تحلیلی را در کنار هم بررسی خواهیم نمود . برمبنای همین تقارن، گاه عناصر بعد توانمندی هم در بررسی ها ملحوظ بوده است. عناوین اصلی مورد توجه در این بخش عبارتند از:

- سیاستها، اولویتها و راهبردهای نانوفناوری
- نظام تامین مالی
- آموزش و پژوهش در حوزه نانوفناوری
- سرمایه گذاری در حوزه نانوفناوری
- تجاری سازی فناوری نانو

۴-۲-۵- سیاست‌ها، اولویت‌ها و راهبردهای نانوفناوری

اولویت گذاری علم و فناوری نانو در کشور

در سیاست گذاری علم و فناوری معمولاً دو دسته اولویت ها مورد توجه قرار می گیرد:

۱. اولویت های کارکردی

۲. اولویت های موضوعی

در اولویت گذاری کارکردی یا ساختاری بر بهبود عملکرد سیستم های نوآوری تأکید می شود . الگوی کلی اولویت های کارکردی، نظام ملی نوآوری است که در آن کارکردهای اصلی توسعه علم و فناوری برشمرده شده است. در اولویت گذاری موضوعی، تلاش های تحقیق و توسعهٔ علم و فناوری بر چندین حوزه فناوری یا مأموریت خاص متمرکز می شود . اولویت های موضوعی در راستای تدوین سیاست های عمودی در توسعه علم و فناوری، به دلیل کمبود منابع و امکانات و ضرورت صرف بهینه منابع تدوین می گردند. اولویت های موضوعی خود به دو دسته ی اولویت های ماموریت گرا و اولویت های مبتنی بر فناوری خاص تقسیم می شود.

بنابراین گام های پیش رو در ادامه ی مسیر اولویت گذاری در حوزه نانوفناوری عبارتند از:

۱. تعیین کاربردهای اولویت دارِ فناوری نانو در موضوعات کلان (تعیین لبه کاربرد محور)

۲. تعیین فناوری های کلیدی اولویت دار در موضوعات کلان (تعیین لبه فناوری محور)

۳. ترسیم فرایند ثمردهی اولویت ها (ترسیم مسیر اولویت های فناوری نانو)

۴-۲-۶- آینده نگاری نانوفناوری

آینده نگاری تحقیقات، فرآیند تلاش سیستماتیک برای نگاه به آینده بلند مدت علم، فناوری، اقتصاد و جامعه است که هدفش شناسایی نواحی تحقیقات راهبر دی و فناوری های عام نوظهوری است که به احتمال زیاد بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی را در پی دارند.

اهداف آینده نگاری، عبارتند از:

•کسب و جمع آوری بینش در مورد توسعه های بلندمدت ممکن و تعیین چگونگی تعامل آنها با سیاست گذاری های جاری

•ایجاد چشم انداز راهبردی و ایجاد حس تعهد نسبت به این چشم انداز در میان شرکت کنندگان آینده نگاری

•ایجاد شبکه هایی که افراد را از بخش ها و نهادهای مختلف دور هم جمع می کند

•هشدار در مورد ریسک ها و فرصتهای عمده آینده

۴-۲-۷- قطب بندی مراکز علمی

پژوهشکده ها و مراکز تحقیقاتی متعددی در کشور در حال فعالیت هستندکه رسالت اصلی آنها حل مشکلات کشور است اما در مواجهه با مسایل عینی و خاص، مشخص نیست که این مشکل باید به کجا ارجاع شود و متخصص رفع آن کیست. یکی از راهبردهای ممکن در مواجهه با این مشکل، قطب بندی مراکز علمی و تحقیقاتی کشور است. اگر هر مرکز علمی و دانشگاهی، یک برچسب کاربردی داشته باشد، می توانیم به حل مشکلات صنایع توسط دانشگاه امیدوار باشیم و کمتر شاهد تعریف طرحهای پژوهشی موازی باشیم که اغلب، از فازهای مطالعاتی اولیه جلوتر نمی روند.

از مزایای قطب بندی مراکز علمی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

•انجام تحقیقات پیوسته به جای مطالعات موازی؛

• ایجاد اعتماد صنعت به دانشگاه؛

•درآمدزا شدن فعالی تهای پژوهشی؛

•شناسایی و جذب متخصصان هر موضوع و جلوگیری از پراکنده کاری آنها؛

به عنوان راهبردی برای شروع این حرکت، می توان قطب بندی را در حوزۀ فناوری نانو آغاز کرد . اکنون بسیاری از دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی کشور، فعالیت های خوبی در حوزۀ فناوری نانو دارند و اطلاعات تمامی این فعالیت ها در بانک های اطلاعاتی ستاد ویژۀ توسعه فناوری نانو موجود است . لذا با تحلیل اطلاعات همین بانک ها می توان تشخیص داد که چه مراکزی در چه حوزه هایی تمرکز یافته اند.

۴-۲-۸- سرمایه‌گذاری در حوزه نانوفناوری

سرعت بخشیدن به توسعه فناوری نانو در کشور نیازمند سازوکارهای تأمین مالی مناسب است . تأمین مالی فعالیت های

مربوط به این فناوری از طریق مکانیزم های مختلفی قابل انجام است که این مکانیزم ها بستگی به شرایط و عوامل حاکم بر نظام اقتصادی هر کشور دارد . به طورخلاصه منابع تأمین مالی طرح ها را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود:

۱) دولت ها

۲) سرمایه گذاران خطر پذیر

۳) سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه مشارکتی

۴) سرمایه گذاری مشارکتی در پیشگامی تحقیقاتی فناوری نانو

۵) مدل های انتقال فناوری و جوازدهی

فناوری های پیشرفته ازجمله فناوری نانو دارای ویژگی هایی است که موجب می شود تا مؤسسات مالی متداول، نقش مستقیمی در تأمین مالی آن نداشته باشند. این ویژگی ها عبارتند از:

- نداشتن سابقه قبلی فعالیت مورد سرمایه گذاری
- سطح بالا نوآوری پروژه
- ریسک زیاد سرمایه گذاری
- دوره طولانی برگشت سرمایه
- عدم قطعیت و شکل گرفتن بازار

بنابراین، ما به موسسات مالی جدیدی نیاز داریم که همگام با تغییرات سریع فناوری نانو، نیازهای تأمین مالی آن را پوشش دهند . بدین منظور لازم است تا صندوق سرمایه گذاری در فناوری نانو تأسیس گردد . این صندوق افزون بر داشتن تخصص مالی، که همه صندوق های سرمایه گذاری متداول از آن برخوردارند، از توانمندی فنی در حوزه فناوری نانو نیز برخوردار می باشد .

به دلیل ویژگی طولانی مدت بودن پروژه های مبتنی بر فناوری نانو، بازار پول، جهت تامین سرمایه پروژه پاسخگو نمی باشد؛ بنابراین لزوم گسترش بازار سرمایه ، اجتناب ناپذیر است . بازار سرمایه، هم در جهت تأمین مالی فناوری نانو مناسب می باشد و هم بستری مناسب برای خروج از سرمایه گذاری را برای سرمایه گذاران فراهم می نماید.

دولت می بایست در زمینهٔ تأمین مالی فناوری نانو مداخله نماید. دلایل این مداخله عبارتند از:

• بخش خصوصی قادر نیست برای تأمین نیازهای خود اعتبارات کافی اختصاص دهد.

• تنها بخش دولتی می ت واند هزینه های خطرات و عدم اطمینان فعالیت های نوآورانه در حوزه فناوری را تأمین و تحمل نماید.

• نتایج زیست محیطی و بوم شناختی فناوری نانو به لحاظ تأثیراتی که بر جامعه می گذارد، مستلزم برنامه ریزی های کلان می باشد.

• حل مشکل عقب ماندگی احتمالی در زمینه فناوری نا نو تنها از دست مقاماتی برمی آید که می توانند از بالا به این مشکلات نگاه کنند.

• هزینه های اجتماعی ایجاد بنگاههای جدید (به خصوص میان کشورهای در حال توسعه) بالا است. مداخله دولت ازطریق ایفای سه نقش می بایست تحقق یابد:

أ.دولت در مقام تنظیم گر:

این نقش در مجموعه اقداماتی نمایان است که دولت از طریق تصویب لوایح قانونی در مجلس، تصویب آئین نامه ها، اجرا و نظارت بر اجرای آنها به عمل می آورد.

ب. دولت در حکم مشتری و مصرف کننده:

دولت یک مشتری معمول و ساده نیست . دولت باید بازارهای کاملاً تازه ای ایجاد کند، بازاریابی را گسترش دهد، تقاضای جدید را به عرضه و تولید جدید تبدیل کند و یارانه هایی به محصولات مبتنی بر فناوری نانو اختصاص دهد؛ به این ترتیب اصولاً بر توسعه زیربخشهای فناوری نانو تأثیر گذارد . برای صنایع دفاعی و صنایع مرتبط با نظم عمومی، امنیت ملی و حفظ محیط زیست جز دولت مشتر ی دیگری وجود ندارد . بنابراین تقاضای دولت در این عرصه بر فناوری نانو تأثیر مستقیم می گذارد.

ج. دولت در مقام متعهد و پشتیبان:

به منظور ایفای این نقش، دولت باید موارد زیر را تعهد نماید:

•آماده کردن نظام دیوان سالاری برای پذیرش فناوری نانو، تغییرات و گرایش های آن

•ایجاد یک نظام تصمیم گیری در زمینه فناوری نانو که در آن همه گروه های بهره مند ازجمله مراکز سیاست گذاری، قانو نگذاری، علمی، مدیریتی، فنی و اقتصادی فعال و هدفمند مشارکت دارند.

•ایجاد فضای فناوری نانو؛ هدف از ایجاد چنین فضایی، ایجاد انگیزه و میل به نوآوری های عل می بین اقشار جامعه در تمامی جنبه های زندگی است . این هدف را می توان با همکاری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو،

سازمان های دست اندرکار، دانشگاه ها، مراجع فرهنگی و رسانه های گروهی انجام داد و نتیجه آن تغییر در بینش عمومی خواهد بود.

•سپردن تعهد سیاسی نسبت به فناوری نانو که می توان گفت مهم ترین و تنها عامل تعیین کننده هدایت کشور به سمت تحولات فناوری نانو است.

•ترویج فرهنگ کارآفرینی، آموزش مسایل کارآفرینی؛ مدیریت صندوق سرمایه گذاری در فناوری نانو و تربیت مدیران متخصص برای راهبری این صندوق ها

•تأسیس مراکز نوآوری فناوری ن انو و فراهم نمودن شرایط به منظور حضور شرکت های مبتنی بر فناوری نانو در پارکهای فناوری و فن بازار.

•ایجاد امنیت سرمایه گذاری داخلی و خارجی، بهبود روند رسیدگی به دعاوی تجاری در نظام قضایی و اصلاح نگرش و ذهنیت منفی جامعه نسبت به سرمایه گذاران و ایجاد امنیت فرهنگی برای آنان

•شبکه سازی صاحبان دانش فنی، کارآفرینان و تامین کنندگان مالی فناوری نانو.

۴-۲-۸-۱- سرمایه گذاری ریسک پذیر

سرمایه گذاران ریسک پذیر، سرمایه گذاران متخصصی هستند که سرمایه را از افراد ثروتمند و نهادهای سرمایه گذار برای سرمایه گذاری در شرکت های نوظهور جمع آ وری می کنند . از دیدگاه مقایسه ای، نظام های مالی سرمایه گذاری خطرپذیر گونهای از نظام مالی رابطه مدار است که به مقدار زیادی بستگی به نظام مالی قانون مدار دارد.

تأمین مالی از نوع رابطه مدار به جهت کاستن هزینه های واسطه گری مناسب است، اما احتمال اینکه در این نظام مالی در بدو امر شرکت های نوظهور موفق به برقراری ارتباط با بانک شوند ضعیف به نظر می رسد، چراکه در ارتباط با آینده آنها عدم اطمینان زیادی وجود دارد . سرمایه گذاران ریسک پذیر به دلیل اینکه سهامدار شرکت های نوظهور هستند، هم دارای انگیزه نظارتی هستند و هم در ریسک های ترقی و تنزل آنها سهیم می باشند.

علاوه بر سهام، مکانیزم دیگر کنترلی این نوع سرمایه گذاری تزریق زمان بندی شده سرمایه است که با نظارت و ارزشیابی بنگاه ها صورت می گیرد . این مکانیزم کنترل می تواند هزینه های واسطه گری بنگاه های نوظهور را کاهش داده و فرآیند تخصیص منابع را بهبود بخشد. مهم ترین نگرانی برای یک سرمایه گذار خطرپذیر راهبرد خروج است، یعنی چگونه می تواند به طور موفقیت آمیز سرمایه گذاری هایش را به پول نقد تبدیل کند. چهار مکانیزم برای این امر وجود دارد:

۱) تملک توسط بنگاهی دیگر (فروش خصوصی)

۲) بازخرید سهام توسط خود شرکت نوظهور

۳) (ازهمه مهم تر) انتشار سهام از طریق عرضه عمومی اولیه

۴) ادغام با شرکتی دیگر

به طور خلاصه می توان ویژگی های سرمایه گذاران ریسک پذیر (حقیقی یا حقوقی) را بصورت زیر بیان نمود:

- منابع مالی شرکتهای جدید و کوچک و سریعا در حال رشد را تأمین می کنند
- در مالکیت این شرکت ها سهیم می شوند
- در توسعه محصولات و خدمات جدید کمک می کنند
- با مشارکت فعالانه خود برای شرکت مورد نظر ارزشافزایی می کنند
- با انتظار کسب سود فراوان، ریسک بیشتری را می پذیرند
- جهت گیری بلندمدت دارند.

۴-۲-۸-۲- نقش دولت در توسعه سرمایه گذاری ریسک پذیر

دولت ها نقش تعیین کننده ای در توسعه سرمایه گذاری از نوع ریسک پذیر دارند . دولت ها می توانند با استفاده از سیاستها و ابزارهای تشویقی، محیط را برای فعالیت کارآفرینان تکنولوژیک مهیا نمایند . دولت ها همچنین می توانند از طریق سیاست های تشویقی سرمایه گذاران را تشویق به تأمین مالی طرحهای ریسک پذیر نمایند.

سیاست های کلان در ایجاد تقاضاهای سرمایه های ریسک پذیر عبارتند از:

• توسعه بازار ثانویه

بازار ثانویه از دیدگاه کارآفرین و سرمایه گذار حائز اهمیت است . سازوکار مناسب خروج از بازار به کارآفرین انگیزهٔ

مضاعفی را برای ش روع به فعالیت می دهد و سرمایه گذار نیز از سیستمی که بتواند ازطریق آن سرمایه گذاری خود را به فروش رساند و سرمایه خود را باز یابد، استقبال کند.

• مالیات

مالیات ابزار مهمی است که عرضه و تقاضای سرمایه ریسک پذیر را تحت تأثیر قرار می دهد . برقراری معافیت های مالیاتی برای سرمایه گذاران ریسک پذیر و سرمایه پذیران می تواند مکانیزم تشویقی مناسبی باشد.

• حقوق مالکیت فکری

حقوق مالکیت فکری در بقاء و رشد شرکت ها بسیار مؤثر است . باید توجه داشت که حقوق مالکیت فکری برای برخی شرکت ها، تقریباً معادل کل دارایی آن هاست. بنابراین حفظ و صیانت از آن حکم مرگ و زندگی برای شرکت را دارد.

• موانع کارآفرینی

سیاست های دولت می تواند برای کارآفرینی موانعی را ایجاد کند که رفع آنها می تواند تأثیر مثبتی روی سطح فعالیت های کارآفرینی داشته باشد . قوانین خیلی ضعیف یا پیچیده، طولانی بودن مراحل تشکیل شرکت ج دید و گران بودن آن از جمله مسائلی است که نقش منفی روی فعالیت های کارآفرین خواهد داشت.

۴-۲-۸-۳- طراحی و توسعهٔ بازار مالی سرمایهٔ ریسک پذیر در ایران

باتوجه به تجربهٔ جهانی در استفاده از سرمایهٔ ریسک پذیر و نقش مهم و فزایندهٔ آن در رشد، بهره وری و اشتغال زایی، بررسی ابعاد اقتصادی و مالی سرمایه ریسک پذیر در ایران نیز حائز اهمیت است . به طور کلی در تدوین چهارچوب فعالیت بازیگران سرمایه ریسک پذیر چهار هدف باید مورد نظر باشد:

۱) سرمایه گذاران

۲) کارآفرینان تکنولوژیکی و صاحبان دانش فنی

۳) شبکه سازی بین سرمایه گذار، کارآفرین و صاحب دانش فنی

۴) ساز و کار تسویه و خروج از سرمایه گذاری برای کلیه بازیگران این نوع سرمایه گذاری

طراحی بازار سرمایه ریسک پذیر نیاز به زیرساخت هایی دارد که باید در اولویت های سیاست کلان دولت قرار گیرد .

راهبردهای دولت هم روی میزان عرضه از طریق سیاست های انگیزشی نظیر معافیت های مالیاتی تأثیرگذار است و هم روی تقاضا از سوی کارآفرینان تکنولوژیکی و صاحبان دانش فنی کارساز می باشد.

با توجه به وجود نقدینگی مازاد و سرمایه گذاران بالقوه، راهبرد های دولت برای تشویق سرمایه گذاران به عرضه باید دربرگیرنده موارد ذیل باشد:

•سیاست های تشویقی نظیر درنظرگرفتن معافیت های مالیاتی

•ایجاد سازوکار ورود و خروج سرمایه گذار از طرح سرمایه گذاری از طریق توسعه بازارهای مالی و فن بازار

•کمک به تشکیل صندوق های سرمایه گذاری ریسک پذیر به منظور گردآوری وجوه و سرمایه گذاری در طرح های ریسک پذیر

•تشویق مؤسسات مالی هم چون بانک، صندوق های بازنشستگی، شرکت های بیمه و شرکت های سرمایه

گذاری و سایر مؤسسات به تأمین مالی صندوقهای سرمایه گذاری ریسک پذیر

۴-۲-۸-۴- نقش بورس اوراق بهادار در توسعه بازار سرمایه ریسک پذیر

بورس اوراق بهادار می تواند ازطریق ساز و کار نظارتی، روابط بازیگران سرما یه ریسک پذیر را تنظیم نماید . بورس می تواند از جنبه اطلاع رسانی سرمایه گذاران، کارآفرینان تکنولوژیک و صاحبان دانش فنی را نیز به هم متصل نماید.

کارکرد دیگر بورس، برقراری سازوکار خروج و یا نقل و انتقال سهام است . بورس اوراق بهادار می تواند ازطریق راه اندازی فرعی و اختصاص شاخص برای شرکت های کارآفرین، زمینه حضور این شرکت ها را فراهم نماید . سرمایه گذار در صورتی که بداند می تواند شرکت سودآور خود را به راحتی به صورت سهام عمده و یکجا (به شکل مدیریتی) و یا در قالب پذیره نویسی شرکت سهامی عام در بورس به فروش رسان د، قطعاً با اطمینان بیشتری در سرمایه گذاری در طرح های ریسک پذیر وارد می شود . البته باید توجه داشت تا زمانی که شرکتهای کارآفرین در حوزه فناوری نانو به تعداد قابل توجهی وجود ندارد، حضور این شرکت ها در بازار بورس ضرورت چندانی ندارد . بنابراین حضور این نوع شرکت ها در بورس اوراق بهادار در سالهای آخر برنامه بلندمدت فناوری نانو توصیه می شود.

۴-۲-۸-۵- سرمایه گذاری خارجی

اصولاً تجربه حضور سرمایه گذاری خارجی در سایر کشورها نشان میدهد که وقتی سرمایه گذار خارجی وارد فعالیتی می شود که بخش مذکور به شرایط باثباتی در حوزه فعالیت ها ی خود رسیده باشد، با حضور خود بستری را برای توسعه فعالیت مورد نظر به وجود می آورد و در نهایت نیز منجر به سود خود و کشور میزبان خواهد شد . در هر صورت لازم است ابتدا بسترها آماده شود و توسعه لازم صورت گیرد، سپس سرمایه گذار خارجی خود به خود برای سود بیشتر وارد کشور خواهد شد.

نظام انگیزش سرمایه گذاری خارجی باید دارای دو جزء تنظیمی و ترویجی باشد . در جزء تنظیمی، لازم است، مقررات مربوط به سرمایه گذاری شرکت های فراملی به منظور تحصیل حداکثر سود از هر واحد سرمایه گذاری تنظیم گردد . در مقررات ترویجی، که منظور از آن افزایش جریان کلی سرمایه به داخل کشور است، هدف باید جلب سرمایه گذاری و فعالیت شرکت های فراملی باشد . این مقررات، باید نوع سرمایه گذاری را که شامل : خرید حق امتیاز، فرانشیز، سرمایه گذاری مشترک، سرمایه گذاری مستقیم و ریسک پذیر می باشد تعیین نماید.

راهبرد اصلی کشور در سرمایه گذاری خارجی، انتقال دانش فنی در دو حوزه می باشد:

۱) فناوری نانو

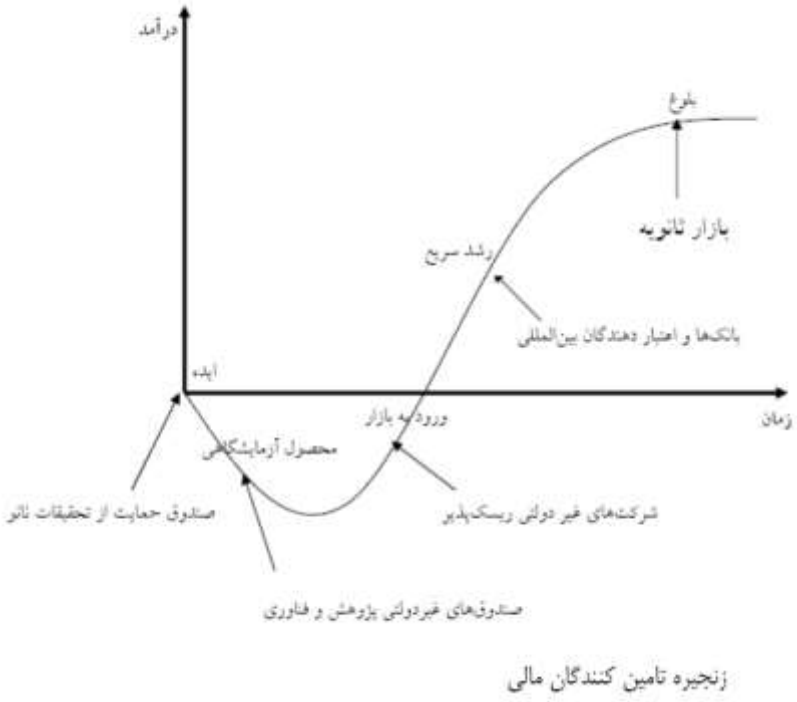
۲) تخصص سرمایه گذاری (به ویژه صندوق های سرمایه گذاری ریسک پذیر خارجی)

جذب سرمایه های خارجی، به دلیل وجود منابع مالی فراوان در کشور، در اولویت بعدی قرار دارد . بدین منظور لازم است، اقدامات زیر صورت پذیرد:

- اصلاح قوانین محدودکننده سرمایه گذاری خارجی
- ایجاد فضای باز و آزاد اقتصادی
- اصلاح ذهنیت ها و نگرش منفی نسبت به سرمایه گذاری خارجی
- تلاش برای رفع موانع سیاسی سرمایه گذاری خارجی در ایران
- ارایه مشوق های لازم به منظور سرمایه گذاری در فناوری نانو، از جمله معافیت های مالیاتی و گمرکی
- شناسایی و شبکه سازی ایرانیان مقیم خارج از کشور.

۴-۲-۸-۶- شبکه سازی تامین کنندگان مالی

اگر به دنبال تاسیس و تقویت صندوقهای حمایت از تحقیقات، پژوهش و فناوری و شرکت های سرمایه گذاری ریسک پذیر هستیم، باید جایگاه هر کدام از تامین کنندگا ن مالی در چرخه عمر فناوری نانو را مشخص نماییم تا از تراکم تامین کنندگان مالی بر روی یک حلقه یا به وجود آمدن حلقه های مفقوده جلوگیری به عمل آید . شکل ()، زنجیره تامین کنندگان مالی را نمایش میدهد.



شکل (۴-۴) : زنجیره تامین کنندگان مالی

۴-۲-۸-۷- فن بازار و نانوتکنولوژی

طرح هایی که در حوزه نانوفناوری مطرح می شوند همانند سایر طرح های تکنولوژیک می توانند ورودی فن بازار باشند و فن بازار می تواند نقش بستری برای کمک به تجاری سازی و مبادله طرح های نانوفناوری را بازی کند . از سوی دیگر فن بازار می تواند در معرفی و شناساندن اشخاص حقیقی و حقوقی دارای توانمندی در حوزه، نانوتکنولوژی کمک کند. ایران می تواند با بالا بردن توان علمی و فنی در این حوزه خود را به عنوان فروشنده دانش فنی و طراح معرفی کند.

اما از آنجاکه میان تکنولوژی های جدید (از جمله نانوفناوری)و تکنولوژی های متعارف تفاوت هایی وجود دارد، مثل:

• درخصوص میزان تخصیص هزینه به فعالیت های تحقیق و توسعه و طراحی و بسته بندی، سهم تکنولوژی های پیشرفته بسیار بیشتر از تکنولوژی های متعارف است.

• تحقیقات در مورد تکنولوژی های متعارف قابل تصور است اما در مورد تکنولوژی های جدید و محصولات دارای فناوری برتر، اولویت اول قیمت پایین تر نیست، معمولاً اولویت اول کارایی است و قیمت در درجه دوم قرار می گیرد.

• در تکنولوژی های متعارف تبلیغات در سطح انبوه انجام می گردد، اما در مورد تکنولوژی های نوظهور برقراری ارتباط (آموزشی) بین منبع تکنولوژی و استفاده کننده برقرار است.

فن بازاری که در عرصه نانو فعالیت م یکند باید ویژگی های متفاوتی داشته باشد. در این فن بازارها:

• باید پایش منظمی از روند تحولات تکنولوژیک (در حوزۀ نانو) صورت گیرد.

• حفظ حقوق مالکیت فکری به دلیل عمر کوتاه مدت تکنولوژی اهمیت ویژه ای دارد.

•لازم است خریداران از نوع سرمایه گذار از نوع ریسک پذیر باشند.

• باید نیازهای بالقوه مشتری (مردم) به طور مستمر سنجیده شود.

• سرعت عمل در انجام معاملات و دسترسی به شبکه متخصصین در خارج کشور برای ارزیابی و تسهیل تعاملات به دلیل ویژگی های تکنولوژی های نوظهور امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد.

۴-۲-۸-۸- مشکلات و موانع

• نبود بستر حقوقی مناسب برای حفاظت مالکیت معنوی

• نبود بستر و ساختار اقتصادی مناسب برای گسترش فعالیت های تولیدی مبتنی بر فناوری و نوآوری

• جهت گیری نادرست موسسات پژوهشی و کمبود دفاتر طراحی مهندسی توانمند در کشور

• ناآشنایی سرمایه گذاران ایرانی با مفاهیم کارآفرینی مبتنی بر نوآوری و نبود صندوق های مالی ریسک پذیر

• کمبود طرح های مبتنی بر فناوری و نوآوری و مناسب برای سرمایه گذاری

• نبود موسسات توانمند و آشنا با مقوله بازاریابی محصولات تکنولوژیک

۴-۲-۹- تقسیم بندی مراکز نوآوری و کارآفرینی نانو بر اساس حوزه های تخصصی آن

نظر به زوایای مختلف فناوری نانو و پتانسیل کشور در حوزه های مختلف، همچنین تبادل اطلاعات و تجربیاتی که در بخشهای مختلف تکنولوژیکی این فناوری نوظهور به عنوان یک خوشه فناوری نانو لازم است و جهت صرفه جویی در

ایجاد زیرساختها (خدمات عمومی و آزمایشگاهها مورد نیاز)، ایجاد "مرکز نوآوری و کارآفرینی فناوری نانو " با چهار

حوزه ذیل پیشنهاد می گردد:

۱) بخش نانومواد (و شیمی)

۲) بخش نانودارو و فناوری های زیستی (کشاورزی و بیوتکنولوژی)

۳) بخش فناوری های نانو مرتبط با الکترونیک، مخابرات و فناوری اطلاعات

۴) بخش فناوری های نانو مرتبط با انرژی و ساختمان

۴-۲-۱۰- نقش حقوق در توسعه فناوری نانو

روند امور مالی توسعه نانو روابط متعددی را ایجاد می کند که بدون حاکمیت ضوابط و مقررات نمی توان اهداف مورد نظر را آن طور که ترسیم شده است فراهم کرد . لذا توجه به جنبه های حقوقی روند امور مالی توسعه فناوری نانو امری ضروری و اجتناب ناپذیر است . چراکه در این راستا روابط متعددی بین اشخاص (حقیقی و حقوقی) اعم از داخلی و خارجی ایجاد می شود که بدون توجه به نظامات و ضوابط حاکم بر آن رواب طها، با افزایش هزینه ها، کاهش سرعت عمل، بوروکر اسی، بروز اختلافات درون سازمانی و برون سازمانی مواجه خواهیم شد و درصورت فقدان اطلاعات دقیق از قوانین و مقررات و فقدان تفسیر مطلوب از آن ها به بیراهه خواهیم رفت.

حقوق نقش خود را در سه بعد سیاستگذاری، اجرایی و نظارتی در امر سرمایه گذاری برای توسعه نانو ایفا می کند . درمرحله سیاستگذاری حقوق با راهنمایی و هشدار و تذکر برای برنامه ریزان مبنی بر اینکه برخلاف قوانین و مقررات جاری عمل نکنند به کمک توسعه نانو می رود . چرا که در صورت برنامه ریزی به خاطر مغایرت با قانون از اجرای آن از سوی مراجع ذیصلاح جلوگیری خواهد شد. بنابراین بهتر است قبلا از وقوع چنین مشکلی جلوگیری شود. همچنین با تهیه و به تصویب رساندن لوایح و طرح های قانونی و تنظیم آیین نامه های اجرایی قوانیین مختلف به روابط حاکم بر توسعه نانو نظم بخشیده و از وقوع ابهامات و بلاتکلیفی جلوگیری م یکند و نیز با تف سیر قوانین از سوی متخصصان امر و تنظیم قراردادها بین اشخاص مختلف بر روابط جاری استحکام می بخشد.

ضمنا حقوق در مرحله اجرا و حتی بعد از اجرا از طریق مکانیسم های مختلف مثل هیات های حل اختلاف، داوری و در نهایت توسط محاکم و ضابطین خود به حل اختلافات و مخاصمات مطروحه می پردازد. برای حقوق نقش نظارتی در توسعه نانو به راحتی قابل تصور است ، زیرا در کنار اشخاص، جامعه نیز از حقوقی بر خوردار است که به لحاظ فردی نبودن آن کسی غیر از دولت و حکومت برای استیفای و حفظ آن اقدام نمی کند، لذا حقوق با پیش بینی مکانیزم مختلف نقش نظارتی خود را در توسعه نانو ایفا می کند و همچنین با شناسایی مخاطرات توسعه نانو آنها را به حداقل میرساند.

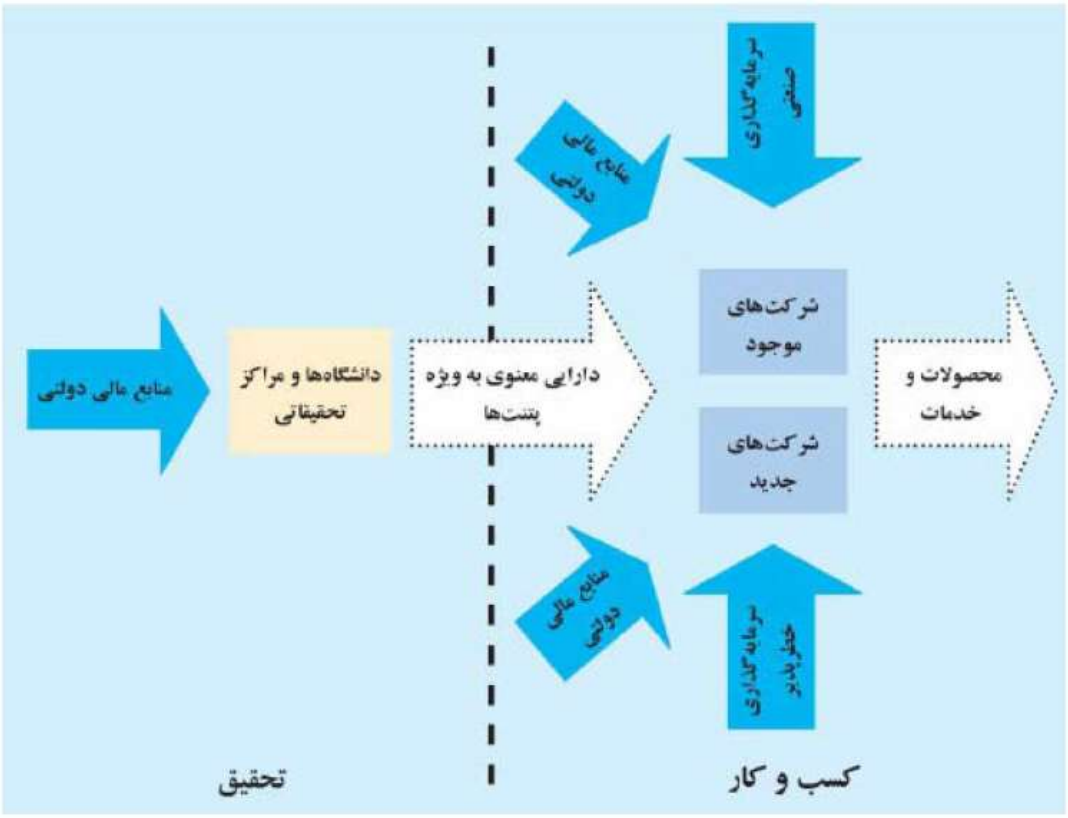
۴-۲-۱۱- ریسک و مدیریت آن

یکی از مهمترین دلایل اهمیت مدیریت ریسک قطعاً افزایش رشد و آگاهی های عمومی جامعه است که مردم با پیشرفت تکنولوژی به خطراتی که از تکنولوژی پیچیده و درحال پیشرفت ناشی می گردد، حساس شده اند . این خطرات ناشی از پیشرفت تکنولوژی است و با اینکه برای مردم عادی قابل فهم و درک نیست، اندازه و میزان آنها نقشی عمده در این زمینه داشته است.

همچنین میزان خسارت وارده گاهی آن چنان بالاست که تنها با هزینه کردن پول به سادگی قابل جبران نیست زیرا منابع طبیعی نه تنها نامحدود نیستند بلکه به سادگی نیز قابل جبران نمی باشند . همچنین سیستم پیچیده مصرف کالا و خدمات در صورت بروز خطر، مسائل و مشکلاتی را برای تهیه کننده و تولید کننده به دنبال دارد و بالاخره بالا بودن سطح تقاضا در رابطه با مسوولیت مدیریت نیز از عوامل مؤثر در این مورد به شمار می آید . بزرگترین امکان مقابله با تهدیدات درونی و بیرونی سازمان و ایجاد تأم ین در مقابل خطرات آن است که این وظیفه را به عنوان یکی از وظایف غیرقابل تفکیک مدیریت سازمان قلمداد کنیم که این عمل معنا و مفهوم مدیریت ریسک قلمداد می شود.

۴-۲-۱۲- تجاری سازی فناوری نانو

فناوری نانو در برگیرنده فرصت های کسب و کاری ویژه برای تک تک شرکتها و مزایای اجتماعی بزرگ در سطح جهان است . برای این که این مزایا آشکار شوند لازم است تا محصولات و فرآیندهایی که به وسیله فناوری نانو ارائه می شوند به بازار عرضه شوند که این امر مستلزم فرآیند تجاری سازی است . تجاری سازی به معنای حرکت از سمت تحقیقات به توسعه فناوری و تولید و فروش است . مدل ساده فرآیند تجاری سازی فناوری نانو در شکل () ارائه شده است.



.مدل ساده فرآیند تجاری سازی فناوری نانو

شکل (۴-۵) : مدل ساده فرایند تجاری سازی فناوری نانو

از آن جا که فناوری نانو علم محور است، لذا نیازمند درک نظری و تجهیزات تخصصی است . این امر به این معنا است که توسعه های این حوزه د ر دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و آزمایشگاه های شرکت ها انجام می گیرد . محصولِ این مرحله دارایی معنوی است که ممکن است در شکل پتنت (حق انحصاری برای بهره برداری از یک نوآوری فنی برای یک دوره زمانی مشخص) باشد. دارایی معنوی به وسیله یک شرکت توسعه می یابد تا به یک محصول قابل فروش تبدیل شود.

زمانی که یک شرکت جدید به طور خاص برای تجاری سازی این فناوری ایجاد می شود قبل از این که بتواند در آمدی کسب نماید، برای توسعه این فناوری نیازمند منابع مالی است . اگر این شرکت قادر به بقا و رشد خود باشد، می تواند به طور مستقل مسیر خود را ادامه دهد، اما در بعضی مواقع این شرکت جدید به وسیله شرکت های بزرگ تر خریداری می شود. یک شرکت موجود معمولاً یک فناوری ر ا کسب می کند تا کسب و کار موجود خود را توسعه دهد . با توجه به منابع و آینده نگری شرکت،

این شرکت ممکن است فناوری هایی را توسعه دهد ک ه پتانسیل ایجاد فرصت های کسب وکاری کاملاً جدید را داشته باشند . هر کدام از این مکانیزم ها باید باعث ایجاد منافع اقتصادی از فناوری نانو شوند.

۴-۲-۱۳- مدل های کسب و کار

مدل های کسب و کار متعددی در شرکت های نانو به کار گرفته می شود . این مدل ها شامل لیسانس مالکیت فکری، محصول و خدمات می شود.

یکی از فواید مدل لیسانس مالکیت فکری این است که مانع از هزینه کردن در ایجاد کانال های تولید و فروش – که هردو بسیار هزینه بر هستند – می شود . در این مدل ابتدا شرکت به توسعه مالکیت فکری پرداخته و سپس امتیاز آن را جهت کاربرد تجاری به سایر شرکت ها می فروشد و از حق الامیاز آن استفاده خواهد کرد . ازجمله مشکلات مدل لیسانس مالکیت فکری، امکان عدم موفقیت آن است.

مدل دیگر کسب و کار، مدل کسب و کار محصول است . اشکال عمده این روش هزینه بالقوه زیاد آن جهت سازماندهی تولید و فروش است . اما شرکت با به کاربردن این مدل خود را در موقعیت حمایتی بیشتری در زنجیره ارزش قرار می دهد. رمز موفقیت شرکت های نانو، یافتن اس تراتژی مناسب برای مالکیت فکری و صنعتی است که مورد هدف قرارداده اند.

۴-۲-۱۳-۱-پیشنهادهای کلیدی برای تسریع تجارت فناوری نانو

۱. ایجاد بانک های اطلاعاتی مرتبط با فناوری نانو

۲. ایجاد شرکت ها یا مراکزی با قابلیت میانجی گری بین جوامع بازرگانی و سرمایه گذاری

۳. استفاده از قدرت خرید دولت در ایجاد بازار

۴. معرفی فناوری نانو به عنوان فناوری سبز

۵. ایجاد توان رقابتی برای شرکت های خصوصی از طریق توسعه صادرات

۴-۲-۱۳-۲- الزامات اقتصادی و مدیریتی برای تجاری کردن طرح‌های پژوهشی

• تامین منابع مالی برای تجاری کردن طرحهای تحقیقاتی: همه طرح های اقتصادی برای به اجرا درآمدن، نیاز به منابع مالی دارند. تامین منابع مالی از مهمترین دغدغه های صاحبان طرح ها است.

• کنترل توجیه اقتصادی طرح در تمام مراحل تا تجاری شدن آن و نهایتاً تدوین طرح توجیه ی: یکی از مشکلات ما در ایران کنترل نکردن درست توجیه اقتصادی طرح هاست . به همین دلیل است که بسیاری از فعالیت های تولیدی در ایران با شکست مواجه می شود . این مساله را می توانید به راحتی با سرزدن به یکی از شهرک های صنعتی ببینید.

• رصد تحولات تکنولوژیک و اقتصادی و همچنین بازار در صنعت مورد نظر در داخل و خارج کشو ر: دنیای امروز دنیای رقابت و تغی یر است . تحولات تکنولوژیک بقدری سریع است که بسیاری از تکنولوژی ها مدت کمی پس از تولد منسوخ شده کنار گذاشته می شوند . زمانی که می خواهیم در یک صنعت (بخصوص صنایع تکنولوژیک) سرمایه گذاری کنیم، باید بتوانیم برآورد صحیحی از تحولات و چشم انداز آن صنعت داشته باشیم. همچنین رصد تحولات اقتصادی و تحولات بازار در صنعت مورد نظر نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است . چرا که تجاری شدن یک فناوری برپایه داشتن بازار مناسب و سوددهی عاقلانه وممکن خواهد بود.

• ایجاد سیستم کارا برای بهره برداری، بازاریابی،فروش و خدمات پس از فرو ش: زمانی که مراحل تجاری سازی یک طرح را با موفقیت پشت سر بگذاریم، وارد فاز بهره برداری می شویم . اگر نتوانیم بهره برداری مناسبی داشته باشیم حتماً فعالیت ما با تمام قابلیت های بالقوه اش با شکست مواجه خواهدشد.

۴-۲-۱۳-۳- چالش های موجود

موانع موجود برای ورود شرکتهای بالغ به حوزه نانو و راه حلهای مربوطه

مانع ۱: اطلاعات کم و عدم آگاهی لازم شرکتهای بالغ از فناوری نانو

با توجه به آنکه شرکتهای بالغ داخلی عموما فاقد واحدهای تحقیق و توسعه توانمند و همچنین رصد فرصت های فناوری و بازار طبق استانداردهای جهانی هستند، این امر باعث کندی حرکت آ نها به سمت بکارگیری دستاوردهای نانو می شود . به منظور جلوگیری از عقب ماندگی این شرکتها در بکارگیری فناوری نانو می بایست بگونه ای با برنامه ریزی مدون اطلاعات

مربوط به رصد فناوری ، بازار، سرمایه گذاری و محصولات جدید در حوزه نانو به موقع و در حد مناسب در اختیار مدیران و تصمیم گیران شرکتهای بالغ قرار گیرد.

راه حلهای اجرایی:

- انتشار مطالب کسب و کاری نانو در نشریات تخصصی
- ارائه مطالعات رصد فرصتهای فناوری و بازار نانو به شرکتهای بالغ
- حمایت از مطالعه و رصد شرکتهای بالغ در حوزه های خاص فناوری نانو

مانع ۲: عدم ریسک پذیری بالای شرکتهای بالغ داخلی جهت ورود به حوزه نانو

از آنجا که شرکت های بالغ کشور به طور عام صنایعی پیرو می باشند نه پیشگام، در نتیجه با احتیاط بسیار زیادی گام در راه تولید محصولاتی مبتنی بر فناوری نانو بر می دارند . این امر در موارد متعددی که تاکنون جهت کاربست فناوری نانو انجام شده است کاملا مشهود است . بنابراین در ابتدای حرکت شرکتهای بالغ مکانیزم های حمایتی مناسبی باید بکار گرفته شود تا انگیزه این صنایع را جهت ورود به فناور نانو در بالا ببرد . بعد از اینکه اهمیت نانو را به صورت ملموس درک نمودند فرایند بکارگیری نانو به خودی خود پیش خواهد رفت.

راه حلهای اجرایی:

- حمایت از حضور مدیران ارشد شرکتهای بالغ در نمایشگاه های تجاری نانو (دیدن ملموس دستاوردهای این فناوری و نفوذ آن در کشورهای دیگر)
- کمک به اعتبارسنجی و امکان سنجی فناوری نانو
- حمایت از فعالیتهای تحقیقاتی و توسعه ای در حوزه نانو
- حمایت از تحقیقات تطبیقی فناوری (تطبیق فناوری برخط تولید موجود شرکت) و خدمات مشاوره ای لازم در حوزه نانو

مانع ۳: پیچیدگی انتقال و تطبیق فناوری جدید در صنعت

عدم شناخت کافی شرکتهای بالغ از فناوری نانو باعث می گردد انتقال فناوری و تحقیقات تطبیقی در حوزه نانو به سادگی فناوری های دیگر نباشد . از سوی دیگر انتخاب یک فناوری با کارایی بالا نیاز به تخصص ویژه دارد . بنابراین در این مرحله شرکتها در مدیریت پروژه و فرایند انتقال و حتی تشخیص بهترین منبع فناوری به حمایت و کمک نیاز دارند.

راه حلهای اجرایی:

- ایجاد مراکز کارگزاری تخصصی در بخش خصوصی در حوزه های صنعتی مشخص جهت انتقال و انتشار فناوری نانو
- تشکیل تیم مدیریت پروژه برای کمک به پیگیری و اجرای پروژه انتقال فناوری نانو در شرکت بالغ
- معرفی مشاوران خبره به شرکت های بالغ و حمایت از بکارگیری مشاوران توسط آنها

۴-۲-۱۴- جمع بندی راهبردهای پیشنهادی در حوزه نانوفناوری

در این بخش بر اساس مسایل مطرح شده در بخش های گذشته، راهبردهای ممکن پیشنهادی در حوزه نانوفناوری را تلخیص، جمع بندی و ارائه می نماییم:

۴-۲-۱۴-۱- اولویت گذاری علم و فناوری نانو در کشور

۱) تعیین کاربردهای اولویت دارِ فناوری نانو در موضوعات کلان

۲) تعیین فناوری های کلیدی اولویت دار در موضوعات کلان

۳) ترسیم فرایند ثمردهی اولویت ها (ترسیم مسیر اولویت های فناوری نانو) اثربخش ساختن آموزش و پژوهش در حوزه نانوفناوری

۱) طراحی دوره های آموزشی با تفکر بلندمدت و دیدن حلقه آموزش، در زنجیره تولید

۲) طراحی پروژه های به هم پیوسته و زنجیره ای با بررسی فرصت ها و چالش های کشور و انجام آن ها توسط دانشگاه ها در قالب برنام ههای پژوهشی

۳) تعامل سازنده تر میان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

۴) تدریس دروس مقدماتی به شکل ارائه مفاهیم و تحلیل های کیفی

۵) قرارگرفتن مدلسازی، شبیه سازی، بهینه سازی و کنترل نانوابزارها و نانوسیستم ها جزء اهداف دورهٔ آموزشی

۶) اولویت دادن به آموزشهای متعامل در تحصیلات فناوری نانو

۷) تأسیس مر اکز تحقیقاتی فناوری نانو (منطقه ای، ملی و بین المللی) به منظور تجربه اندوزی و یافتن فرصت های شغلی مناسب

۸) همکاری اعضای هیأت علمی دانشکده ها با صنایع در جهت آموزش و تعلیم دانشجویان در زمینهٔ فناوری نانو

۹) آشنایی با موضوعات مدیریتی نیز باید در آموزش فناوری نانو (آموزش زیربنای مدیریت و تجارت)

۱۰) آموزش فناوری نانو به دانش آموزان

۱۱) توجه به ارتباط آموزش، پژوهش و اشتغال

۱۲) قطب بندی مراکز علمی و پژوهشی کشور

۴-۲-۱۴-۲- اثربخش ساختن نقش دولت

۱) اصلاح قانون کار برای توسعه کارآفرینی و کاهش خطر راه اندازی شرکت های جدید

۲) افزایش انعطاف پذیری قانون کار

۳) تدوین قوانین خاص صندو قهای تخصصی سرمایه گذاری در فناوری نانو

۴) تدوین قانون جامع بازار سرمایه ایران و اصلاح قانون بازار بورس اوراق بهادار به منظور حضور شرکت های نوپا

۵) پیش بینی ضوابط و مقررات خاص ادغام شرکت ها

۶) اعطای معافیت های مالیاتی و تسهیلات خاص به شرکت های فعال در زمینه فناوری نانو

۷) اعطای معافیت های مالیاتی به صندوق های تخصصی سرمایه گذاری در فناوری نانو

۸) تدوین قوانین و نظام جامع مالکیت فکری ایران

۹) پیوستن به کنوانسیون ها و معاهده های بین المللی مالکیت فکری

۱۰) آماده کردن نظام دیوانسالاری برای پذیرش فناوری نانو، تغییرات و گرایش های آن

۱۱) ایجاد یک نظام تصمیم گیری در زمینه فناوری نانو که در آن همه گروه های بهره مند ازجمله مراکز سیاست

گذاری، قانو نگذاری، علمی، مدیریتی، فنی و اقتصادی فعال و هدفمند مشارکت دارند

۱۲) ایجاد فضای فناوری نانو؛ هدف از ایجاد چنین فضایی، ایجاد انگیز ه و میل به نوآوری های علمی بین اقشار جامعه در تمامی جنبه های زندگی است

۱۳) سپردن تعهد سیاسی نسبت به فناوری نانو

۱۴) ترویج فرهنگ کارآفرینی، آموزش مسایل کارآفرینی

۱۵) تأسیس مراکز نوآوری فناوری نانو و فراهم نمودن شرایط به منظور حضور شرکت های مبتنی بر فناوری نانو در پارکهای فناوری و فن بازار

۱۶) ایجاد امنیت سرمایه گذاری داخلی و خارجی، بهبود روند رسیدگی به دعاوی تجاری در نظام قضایی و اصلاح نگرش و ذهنیت منفی جامعه نسبت به سرمایه گذاران و ایجاد امنیت فرهنگی برای آنان

۱۷) شبکه سازی صاحبان دانش فنی، کارآفرینان و تامین کنندگان مالی فناوری نانو

۴-۲-۱۴-۳- اثربخش ساختن نظام تامین مالی

الف – توجه به سرمایه گذاری ریسک پذیر و فراهم ساختن زیرساخت های آن، شامل:

- فرهنگ کارآفرینی
- اهرم های تشویق مالی
- مالکیت معنوی
- مکانیزم خروج (قابلیت نقد کردن سرمایه و برداشت سود حاصل از سرمایه گذاری)
- قانون کار
- قانون ثبت شرکتها و فرآیند اخذ جواز تأسیس شرکت
- قوانین صادرات و واردات
- قانون ورشکستگی

• اشراف دولت مردان بر ماهیت و نقش مهم سرمایه گذاری ریسک پذیر

• مدیران باتجربه و آموزش دیده

• ضوابط حاکم بر فعالیت بانک ها، شرکت های بیمه و صندوق های بازنشستگی

• انگیزه سودآوری

• فعالیت سرمایه گذاران ریسک پذیر خارجی

• رشد تکنولوژی ها و صنایع پیشرفته

• امنیت سرمایه گذاری

• شبکه سازی

ب- تشکیل یک کمیته یا واحد دولتی به منظور سیاست گذاری ، تدوین استراتژی و هماهنگ سازی امور مربوط به سرمایه گذاری ریسک پذیر و نظارت بر روند این نوع سرمایه گذاری ها و حسن انجام راهکارهای اصلاحی در کشور . در این کمیته باید نمایندگان سازمان ها و دستگاههای حکومتی مرتبط، حضور داشته باشند تا در تصمیم گیری ها، اجماع نظرات سازمانهای مختلف کسب شده و همچنین هر نماینده مسئول پیگیری اجرای مصوبات کمیته در سازمان متبوع خود باشد.

ج- تدوین سیاست های کلان دولت ی برای ایجاد تقاضاهای سرمایه های ریسک پذیر، براساس عوامل کلیدی زیر:

• توسعه بازار ثانویه

• مالیات

• حقوق مالکیت فکری

• رفع موانع کارآفرینی

د- طراحی و توسعهٔ بازار مالی سرمایهٔ ریسک پذیر در کشور

ه- تشویق سرمایه گذاران به عرضه، شامل راهبردهای زیر:

• سیاست های تشویقی نظیر درنظرگرفتن معافیت های مالیاتی

• ایجاد سازوکار ورود و خروج سرمایه گذار از طرح سرمایه گذاری از طریق توسعه بازارهای مالی و فن بازار

• کمک به تشکیل صندوق های سرمایه گذاری ریسک پذیر به منظور گردآوری وجوه و سرمایه گذاری در طرح های ریسک پذیر

• تشویق مؤسسات مالی همچون بانک، صندوق های بازنشستگی، شرکت های بیمه و شرکت های سرمایه گذاری و سایر مؤسسات به تأمین مالی صندو قهای سرمایه گذاری ریسک پذیر

و- توجه به سرمایه گذاری خارجی به ترتیب در دو حوزه:

أ.انتقال دانش فنی

ب. جذب سرمایه های خارجی با اقدامات زیر:

• اصلاح قوانین محدودکننده سرمایه گذاری خارجی

• ایجاد فضای باز و آزاد اقتصادی

• اصلاح ذهنیت ها و نگرش منفی نسبت به سرمایه گذاری خارجی

• تلاش برای رفع موانع سیاسی سرمایه گذاری خارجی در ایران

• ارایه مشوق های لازم به منظور سرمایه گذاری در فناوری نانو، از جمله معافیت های مالیاتی و گمرکی

• شناسایی و شبکه سازی ایرانیان مقیم خارج از کشور

ی- توجه به فن بازار به عنوان راهکاری برای حل مشکلات فعالیت های مولد اقتصادی دانش محور، با ویژگیهای:

• پایش منظمی از روند تحولات تکنولوژیک

• حفظ حقوق مالکیت فکری به دلیل عمر کوتاه مدت تکنولوژی

• فرآیند قیم تگذاری مبتنی بر پیش بینی و برآورد بازار آینده

• سنجش مستمر نیازهای بالقوه مشتری (مردم)

• سرعت عمل در انجام معاملات و دسترسی به شبکه متخصصین در خارج کشور برای ارزیابی و تسهیل تعاملات

ص- ایجاد مراکز نوآوری و کار آفرینی

ض- توجه به بستر حقوقی توسعه نانوفناوری

ی- توجه به ریسک و مدیریت آن در توسعه نانوفناوری

۴-۲-۱۴-۴- اثربخش ساختن تجاری کردن طرح‌های پژوهشی

۱) تامین منابع مالی برای تجاری کردن طرحهای تحقیقاتی

۲) کنترل توجیه اقتصادی طرح در تمام مراحل تا تجاری شدن آن و نهایتاً تدوین طرح توجیهی

۳) ایجاد سیستم کارآ برای بهره برداری، بازاریابی، فروش و خدمات پس از فروش

۴) توجه به عوامل موفقیت و شکست در مراحل ایجاد شرکت های نانوفناوری ۳۲

۵) تسریع تجارت فناوری نانو با استفاده از راهبردهای زیر:

- ایجاد بانک های اطلاعاتی مرتبط با فناوری نانو
- ایجاد شرکت ها یا مراکزی با قابلیت میانجی گری بین جوامع بازرگانی و سرمایه گذاری
- استفاده از قدرت خرید دولت در ایجاد بازار
- معرفی فناوری نانو به عنوان فناوری سبز
- ایجاد توان رقابتی برای شرکت های خصوصی از طریق توسعه صادرات

۶) رفع موانع موجود برای ورود شرکت های بالغ به حوزه نانو با استفاده از راهبردهای زیر:

- انتشار مطالب کسب و کاری نانو در نشریات تخصصی
- ارائه مطالعات رصد فرصتهای فناوری و بازار نانو به شرکتهای بالغ
- حمایت از مطالعه و رصد شرکتهای بالغ در حوزه های خاص فناوری نانو

• حمایت از حضور مدیران ارشد شرکتهای بالغ در نمایشگاه های تجاری نانو (دیدن ملموس دستاوردهای این فناوری و نفوذ آن در کشورهای دیگر)

• کمک به اعتبارسنجی و امکان سنجی فناوری نانو

• حمایت از فعالیتهای تحقیقاتی و توسعه ای در حوزه نانو

• حمایت از تحقیقات تطبیقی فناوری (تطبیق فناوری برخط تولید موجود شرکت) و خدمات مشاوره ای لازم در حوزه نانو

• ایجاد مراکز کارگزاری تخصصی در بخش خصوصی در حوزه های صنعتی مشخص جهت ان تقال و انتشار فناوری نانو

• تشکیل تیم مدیریت پروژه برای کمک به پیگیری و اجرای پروژه انتقال فناوری نانو در شرکت بالغ

• معرفی مشاوران خبره به شرکتهای بالغ و حمایت از بکارگیری مشاوران توسط آن ها

منابع و مراجع:

1- https://www.scopus.com

۲-بهروز شاهمرادی، المیرا جنوی "سنجش رقابت پذیری ایران در منطقه با استفاده از شاخص پیچیدگی علمی" مرکز تحقیقات سیاست‌های علمی کشور، ویرایش دوم، زمستان ۱۴۰۰

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

7- 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.forefisight.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 درنانو 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

14- http://fa.wikipedia.org/

15-www.rosnano.ru, The Russian Corporation of Nanotechnologies (RUSNANO)

16- www.strategyr.com/ Nanomaterials_Markets_Report

17- www.nano-atu.ir/ Nanotechnology Management

18- 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, RWE Group, World Energy Report 2005.

20- 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, Successful Solar Cells by Carbon Nanotubes.

26- 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

34- www.tebyan.net/Science_technology/nanotechnology

35- www.icers.org

36- www.A123Systems.com

37- S. P. Nunes, K. V. Peinemann, “Membrane Technology in the Chemical Industry”, Willey, VCH, 2001.

38- www.vsep.com, “Boiler Feed Water Treatment for Industrial Boiler & Power Plants”.

39- 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.

42- 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

45- www.ucei.org, Tang et.al,“ Improvement in Oxidation Behaviour of Nanostructured CoNiCr AlY Bond Coating ”.

46- 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, Technical Report: Program on Technology Innovation Nanotechnology Opportunities for the Electric Utility Enterprise, 2005.

49- 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

53- www.itan.ir

54- 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/Bi2O3 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

60- www.supercable.com

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

62- www.Nansulate.com

63- www.nanoshop.ir

64- www.ican_nano.com/product/nanocoatings

65- www.nanopac.org

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

۶۷-اصغر عقلائی، رسول کریمی "ارزیابی تطابق مدل های مهندسی معکوس با حوزه های دانشی مدیریت پروژه" فصلنامه علمی- ترویجی مدیریت استاندارد و کیفیت سال چهارم- شماره ۳ - پیاپی ۱۳ – پاییز ۱۳۹۳