



## تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

مدیر پروژه: فاطمه دبیر

واحد مجری: گروه مواد غیر فلزی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

مدیر پروژه: فاطمه دبیر

گروه پژوهشی پشتیبان: مواد غیرفلزی

همکاران پروژه:

نسترن ریاحی نوری

حسین کوهانی

سارا محسنی

واحد مجری:

گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

انتشارات پژوهشگاه نیرو

مرداد ۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: NRI-ER-912-PCPPN42-00-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.347

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی، عنوان مرحله نهایی/ مدیر پروژه: دبیر،

فاطمه. کارفرما: پژوهشگاه نیرو. ۱۴۰۱

۱۴۷ ص: مصور، نمودار، جدول

۱. محسنی، سارا -ریاحی نوری، نسترن همکار پروژه. ۲. کوهانی، حسین، مدیر واحد مجری.

۳. مواد غیرفلزی.



انتشارات پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

کلیه حقوق معنوی اثر متعلق به پدیدآورندگان، کلیه حقوق مادی متعلق به پژوهشگاه نیرو و نشر مطالب در حدود متعارف، با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۱-۹

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: [www.nri.ac.ir](http://www.nri.ac.ir)

پست الکترونیک انتشارات: [publications@nri.ac.ir](mailto:publications@nri.ac.ir)

## فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب فاطمه دبیر، مدیر پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی و همکاران به شرح زیر است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است مطابق مقررات، مورد ارجاع قرار گرفته و در فهرست منابع ذکر گردیده است.

■ گزارش حاصل انجام همه مراحل پروژه است.

□ گزارش حاصل انجام ..... مرحله از ..... مرحله پروژه است.

همکاران :

۱. سارا محسنی

۲. نسترن ریاحی نوری

۳. حسین کوهانی

### پیشگفتار

با توجه به تنوع بالای مواد و پوشش‌های غیرفلزی مورد نیاز صنعت برق و در راستای هدایت صحیح توانمندی‌ها، فعالیت‌ها و منابع انسانی و مالی گروه پژوهشی مواد غیرفلزی، نیاز ضروری به تدوین یک سند راهبردی و نقشه راه جامع برای فعالیت‌ها و سرمایه‌های گروه احساس می‌شد. نقشه راه و فرایند ترسیم آن به عنوان یکی از ابزارهای کارآمد مدیریت تکنولوژی است که در خدمت برنامه‌ریزی‌های بهتر برای سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌باشد و نحوه سرمایه‌گذاری‌ها برای رسیدن به آینده مطلوب را مشخص می‌کند. این امر به‌ویژه برای سازمانی تحقیقاتی مثل پژوهشگاه نیرو از اهمیت فراوانی برخوردار است. پس از پذیرش مسئولیت مدیریت تحقیقات توسط پژوهشگاه نیرو، ماموریت‌های جدیدی به گروه‌های پژوهشی پژوهشگاه نیرو محول شده است و آن‌ها متولیان اصلی مدیریت پژوهش در حوزه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق شده‌اند و شناسایی راه‌های درست پژوهشی و همچنین انجام برنامه‌ریزی برای تحقیقات آینده بر عهده گروه‌های پژوهشی گذاشته شده است. بنابراین، هدف از تعریف این پروژه، تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی می‌باشد تا بتواند مواد و پوشش‌های غیرفلزی مورد استفاده در قطعات و تجهیزات مختلف حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع برق را شناسایی کرده و آن‌ها را به صورت منطقی دسته‌بندی و اولویت‌بندی نماید و یک جهت‌دهی و راهنمایی مناسب برای فعالیت‌های گروه ایجاد کند. وجود یک سند راهبردی و نقشه راه جامع سبب هدایت صحیح فعالیت‌ها و سرمایه‌های گروه پژوهشی مواد غیرفلزی جهت نیل به اهداف پژوهشگاه نیرو خواهد شد. این گزارش توسط مدیر پروژه خانم دکتر فاطمه دبیر تهیه شده و مربوط به مرحله نهایی از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی است که پشتیبانی آن، بر عهده گروه پژوهشی مواد غیر فلزی و نظارت آن، بر عهده جناب آقای. دکتر خانعلی نکویی بوده است.

## فهرست مطالب

| عنوان                                                                                            | صفحه |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| پیشگفتار.....                                                                                    | ۵    |
| فصل اول- تدوین مبانی سند نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی.....                                 | ۱۲   |
| ۱-۱- مقدمه.....                                                                                  | ۱۳   |
| ۱-۲- تبیین سطح تحلیل.....                                                                        | ۱۳   |
| ۱-۳- تبیین افق زمانی تحلیل.....                                                                  | ۱۳   |
| ۱-۴- مرزبندی فنی.....                                                                            | ۱۴   |
| ۱-۵- معرفی گروه پژوهشی مواد غیرفلزی و تبیین جایگاه آن.....                                       | ۱۴   |
| فصل دوم- بررسی، مطالعه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات.....                                            | ۱۹   |
| ۲-۱- مقدمه.....                                                                                  | ۲۰   |
| ۲-۲- تاریخچه مواد غیر فلزی.....                                                                  | ۲۰   |
| ۲-۳- وضعیت جهان و ایران.....                                                                     | ۲۱   |
| ۲-۳-۱- وضعیت سرامیک‌ها.....                                                                      | ۲۲   |
| ۲-۳-۱-۱- وضعیت جهانی سرامیک‌ها.....                                                              | ۲۲   |
| ۲-۳-۱-۲- وضعیت سرامیک‌های پیشرفته در ایران.....                                                  | ۳۱   |
| ۲-۳-۲- وضعیت پلیمرها.....                                                                        | ۳۳   |
| ۲-۳-۲-۱- وضعیت جهانی پلیمرها.....                                                                | ۳۳   |
| ۲-۳-۲-۲- وضعیت بازار تولیدی محصولات پلیمر در ایران.....                                          | ۳۵   |
| ۲-۳-۳- وضعیت کامپوزیت‌ها.....                                                                    | ۳۸   |
| ۲-۳-۳-۱- وضعیت جهانی کامپوزیت‌ها.....                                                            | ۳۸   |
| ۲-۳-۳-۲- وضعیت کامپوزیت در ایران.....                                                            | ۴۶   |
| ۲-۴- بررسی جزئیات مطالعات مسیر آینده کاربرد مواد غیرفلزی در حوزه تولید، انتقال و توزیع برق ..... | ۴۷   |
| ۲-۵- متدولوژی شناسایی چالش‌های دارای راهکار فناورانه در صنعت برق.....                            | ۶۰   |
| ۲-۶- جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات چالش‌های فناورانه (لایه اول نقشه راه).....                         | ۶۱   |
| ۲-۷- معرفی پیش‌ران‌های صنعت برق.....                                                             | ۶۲   |
| ۲-۸- شناسایی راهکارهای فناورانه.....                                                             | ۷۱   |
| فصل سوم- تدوین ارکان جهت‌ساز نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی.....                              | ۷۷   |
| ۳-۱- مقدمه.....                                                                                  | ۷۸   |

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| ۷۸  | ۳-۲- متدولوژی و فرایند تدوین بیانیه ماموریت.....        |
| ۸۰  | ۳-۳- بیانیه ماموریت گروه پژوهشی مواد غیرفلزی.....       |
| ۸۱  | ۳-۴- متدولوژی و فرایند تدوین اهداف کلان.....            |
| ۸۲  | ۳-۵- تدوین اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی.....     |
| ۸۵  | فصل چهارم- تدوین نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی..... |
| ۸۶  | ۴-۱- مقدمه.....                                         |
| ۸۶  | ۴-۲- شکستن اقدامات فنی به پروژه‌های اجرایی.....         |
| ۸۷  | ۴-۲-۱- مبنای شکستن اقدامات.....                         |
| ۸۸  | ۴-۲-۲- ابزارهای شکستن اقدامات.....                      |
| ۸۹  | ۴-۲-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی.....     |
| ۸۹  | ۴-۳- فهرست پروژه‌های اجرایی گروه.....                   |
| ۱۱۴ | ۴-۴- تحلیل منابع.....                                   |
| ۱۵۱ | ۴-۵- تعیین اولویت‌ها.....                               |
| ۱۵۷ | ۴-۶- ترسیم رهنگاشت.....                                 |
| ۱۶۲ | ۴-۷- جمع‌بندی.....                                      |



## فهرست شکل‌ها

| عنوان                                                                                               | صفحه |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| شکل (۱-۱) - دسته‌بندی کلی انواع مواد غیرفلزی.....                                                   | ۱۵   |
| شکل (۲-۱) - آزمایشگاه سرامیک و پلیمر.....                                                           | ۱۷   |
| شکل (۳-۱) - آزمایشگاه مرجع سیم و کابل.....                                                          | ۱۸   |
| شکل (۲-۱) - تاریخچه توسعه مواد.....                                                                 | ۲۱   |
| شکل (۲-۲) - بازار سرامیک در مناطق مختلف دنیا.....                                                   | ۲۲   |
| شکل (۳-۲) - تخمین بازار سرامیک‌های پیشرفته در بازه سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۲۷.....                           | ۲۳   |
| شکل (۴-۲) - بازار سرامیک‌های پیشرفته در صنایع مختلف.....                                            | ۲۳   |
| شکل (۵-۲) - بازار جهانی سرامیک‌های پیشرفته.....                                                     | ۲۴   |
| شکل (۶-۲) - بازار سرامیک‌های پیشرفته در کشورهای اروپایی.....                                        | ۲۵   |
| شکل (۷-۲) - بازار سرامیک‌های پیشرفته بر حسب صنعت مصرف‌کننده در منطقه آمریکای شمالی در سال ۲۰۱۷..... | ۲۵   |
| شکل (۸-۲) - نقشه راه رشد و بازار رقابتی سلول‌های خورشیدی.....                                       | ۲۹   |
| شکل (۹-۲) - نمایی از کاربرد فتوولتائیک در ساختمان.....                                              | ۲۹   |
| شکل (۱۰-۲) - سهم بازار پلیمرها در کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، آلمان، ژاپن و هند.....          | ۳۳   |
| شکل (۱۱-۲) - روند افزایش ظرفیت اسمی تولید انواع محصولات پلیمری کشور.....                            | ۳۵   |
| شکل (۱۲-۲) - ظرفیت تولید اسمی سالانه و برنامه تولید سال محصولات پلیمری.....                         | ۳۶   |
| شکل (۱۳-۲) - چشم‌انداز سهم ایران در تجارت پلی‌اتیلن خاورمیانه و جهان.....                           | ۳۷   |
| شکل (۱۴-۲) - چشم‌انداز سهم ایران در تجارت پلی‌پروپیلن خاورمیانه و جهان.....                         | ۳۷   |
| شکل (۱۵-۲) - بازار مواد مختلف در جهان.....                                                          | ۳۹   |
| شکل (۱۶-۲) - سهم بازار کامپوزیت در مناطق جغرافیایی مختلف جهان در سال ۲۰۱۴.....                      | ۳۹   |
| شکل (۱۷-۲) - استراتژی PUSH-PULL برای گسترش صنعت کامپوزیت.....                                       | ۴۰   |
| شکل (۱۸-۲) - سهم بازارهای مختلف برای کامپوزیت در آمریکای شمالی در سال ۲۰۱۳.....                     | ۴۱   |
| شکل (۱۹-۲) - سهم صنایع گوناگون از کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف.....                       | ۴۳   |
| شکل (۲۰-۲) - تقاضای جهانی برای الیاف کربن (بر حسب تن).....                                          | ۴۴   |

- 
- شکل (۲-۲۱) - نمودار اهمیت - فوریت ..... ۶۱
- شکل (۴-۱) - نحوه شکستن اقدام X ..... ۸۶
- شکل (۴-۲) - ماتریس امکان پذیری-جذابیت ..... ۱۵۱
- شکل (۴-۳) - نشه راه اقدامات فنی منتخب گروه پژوهشی مواد غیرفلزی برای افق ۱۴۰۴ ..... ۱۶۰
- شکل (۴-۴) - نقشه راه اقدامات غیرفنی منتخب گروه پژوهشی مواد غیرفلزی برای افق ۱۴۰۴.۱۶۱

## فهرست جداول

| عنوان                                                                                                                                          | صفحه |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| جدول (۲-۲) - وضعیت سلول‌های خورشیدی از نظر کارایی، تولید، تحقیق و توسعه در افق زمانی ۴۰ ساله                                                   | ۲۸   |
| جدول (۳-۲) - ظرفیت تولید اسمی انواع محصولات پلیمری در سال ۱۳۹۸                                                                                 | ۳۶   |
| جدول (۴-۲) - نتایج ماتریس اهمیت - فوریت                                                                                                        | ۶۲   |
| جدول (۱-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق" | ۹۰   |
| جدول (۲-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق"   | ۹۲   |
| جدول (۳-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت برق"               | ۹۵   |
| جدول (۴-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا"                                                  | ۹۷   |
| جدول (۵-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق"                           | ۹۹   |
| جدول (۶-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقرها و عایق‌های الکتریکی"                       | ۱۰۱  |
| جدول (۷-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق"   | ۱۰۲  |
| جدول (۸-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی"                                                    | ۱۰۴  |
| جدول (۹-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی"                | ۱۰۹  |
| جدول (۱۰-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره انرژی"               | ۱۱۰  |
| جدول (۱۱-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق"                                          | ۱۱۱  |
| جدول (۱۲-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق"   | ۱۱۲  |

- جدول (۴-۱۳)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های اجرایی مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق"..... ۱۱۵
- جدول (۴-۱۴)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های اجرایی مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق"..... ۱۱۸
- جدول (۴-۱۵)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانو ساختار مورد استفاده در صنعت برق"..... ۱۲۱
- جدول (۴-۱۶)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا"..... ۱۲۵
- جدول (۴-۱۷)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق"..... ۱۲۹
- جدول (۴-۱۸)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقرها و عایق‌های الکتریکی"..... ۱۳۱
- جدول (۴-۱۹)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق"..... ۱۳۳
- جدول (۴-۲۰)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی"..... ۱۳۶
- جدول (۴-۲۱)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی"..... ۱۴۳
- جدول (۴-۲۲)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره انرژی"..... ۱۴۵
- جدول (۴-۲۳)- اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق"..... ۱۴۷
- جدول (۴-۲۴)- بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق"..... ۱۴۸
- جدول (۴-۲۵)- نمرات جذابیت و امکان‌پذیری اقدامات فنی..... ۱۵۵
- جدول (۴-۲۶)- نحوه ارتباط بین چالش‌های کلیدی صنعت برق و اقدامات فنی منتخب..... ۱۵۷

## فصل اول

تدوین مبانی سند نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

## ۱-۱- مقدمه

اولین گام در تدوین سند، تدوین مبانی آن است. در این راستا ابتدا باید ابعاد موضوع از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین در این فصل، در بخش اول به تبیین مبانی سند که شامل تبیین سطح تحلیل، تبیین افق زمانی تحلیل و مرزبندی فنی است، پرداخته می‌شود. در بخش دوم نیز به معرفی جایگاه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی در پژوهشگاه نیرو پرداخته شده است.

## ۱-۲- تبیین سطح تحلیل

با توجه به تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی، و فراملی تقسیم نمود.

- سطح منطقه‌ای، بیانگر تصمیم‌گیری در مورد زیربخش‌های ملی با پتانسیل اقتصاد فناورانه است.
  - سطح ملی، بیانگر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط با فناوری‌ها در یک کشور است.
  - سطح فراملی، بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی توسعه محصولات و فناوری‌ها است.
- مشخص شدن این سطح، در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاست‌گذاری و تدوین راهبرد موثر خواهد بود.
- از بعدی دیگر (فرای جغرافیا)، اسناد راهبردی می‌تواند در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین گردد. سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه‌ی یک صنعت خاص (مشمول بر فناوری‌های آن) می‌پردازد (مانند صنعت خودرو). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد.
- با در نظر داشتن مطالب فوق‌الذکر و با توجه به کاربرد مواد غیرفلزی در همه بخش‌های صنعت برق کشور (تولید، انتقال و توزیع)، پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی، به عنوان یک طرح ملی مطرح است و سطح پروژه بخشی (در حوزه صنعت برق) می‌باشد.

## ۱-۳- تبیین افق زمانی تحلیل

هدف از در نظر گرفتن افق زمانی برای تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی، برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌های لازم در این زمینه می‌باشد تا پس از شناسایی فناوری‌های نوین در زمینه مواد غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق، کلیه فعالیت‌ها و اقدامات مرتبط با توسعه‌ی این فناوری‌ها به صورت هدفمند و با برنامه پیشرفت نمایند. در این برنامه‌ریزی برای آینده، بایستی روندهای آتی توسعه‌ی تجهیزات صنعت برق، اتفاقات ممکن در این زمینه و تغییرات محتمل در این صنعت که هریک به نوعی می‌توانند بر فرآیند تصمیم‌گیری تأثیر داشته باشند لحاظ شوند.

در تعیین افق زمانی یک پروژه یا طرح باید به مواردی مثل بلوغ فناوری، اسناد بالادستی و سطح جغرافیایی و بخشی آن توجه کرد. با توجه به اینکه این پروژه برای گروه پژوهشی مواد غیرفلزی در پژوهشگاه نیرو انجام می‌شود، و اینکه چشم انداز پژوهشگاه نیرو برای سال ۱۴۰۴ و به صورت زیر نوشته شده است:

**در سال ۱۴۰۴ هجری شمسی، پژوهشگاه نیرو موسسه‌ای است دانش بنیان، با اعتبار جهانی و پیشرو در**

## نوآوری‌های صنعت برق و انرژی،

بنابراین برنامه‌ریزی‌های عملیاتی در راستای سند گروه پژوهشی مواد غیرفلزی به گونه‌ای خواهد بود که تمام برنامه‌ها با افق زمانی ۵ ساله تا سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود.

## ۴-۱- مرزبندی فنی

مرزبندی نظام اجتماعی فنی باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه‌ی نتایج برخوردار باشد. بنابراین برای تدوین سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی بایستی مشخص شود که کدام بخش‌های صنعت برق در این سند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مواد غیرفلزی بخش بزرگی از مواد پیشرفته را به خود اختصاص می‌دهند و به دلیل دارا بودن خواص منحصر به فرد خود در بسیاری از صنایع از جمله در صنعت برق در دسته مواد بسیار مهم و استراتژیک قرار می‌گیرند. به طور کلی، پایه‌ترین عامل تعیین خواص و توانایی‌های نهایی یک سیستم، مواد سازنده قطعات آن سیستم هستند. بنابراین پیشرفت و توسعه در ماده همراه با پیشرفت و توسعه در عملکرد سیستم مورد نظر خواهد بود. به این دسته از مواد که دارای خواص برتری نسبت به مواد سنتی هستند و باعث افزایش کارایی سیستم می‌شوند، مواد پیشرفته گفته می‌شود. این مواد دارای خواص برتری از نظر چگالی، استحکام، قابلیت تغییر شکل، مدول الاستیسیته و غیره هستند. توجه محققان و صنایع به مواد پیشرفته از آن جهت است که پس از سال‌ها تحقیق در زمینه مواد سنتی معمول و بهینه‌سازی خواص آن‌ها، به دلیل محدودیت‌های موجود امکان دستیابی به خواص و ویژگی‌های مطلوب و مورد نظر ایجاد نشده است، لذا محققان رویکرد تازه‌ای را برای دستیابی به مواد با قابلیت کاربرد متفاوت پیش گرفتند. در حال حاضر بهبود کارایی بسیاری از سیستم‌ها با تغییر مواد سازنده آن میسر می‌شود.

به‌طور کلی مواد پیشرفته در گروه‌های متفاوتی از قبیل سرامیک‌های مدرن، پلیمرها، آلیاژهای فلزی، کامپوزیت‌ها، نیمه هادی‌ها، بیو مواد، مواد متخلخل (فیلترهای سرامیکی)، ابررساناها و... طبقه‌بندی می‌شوند و همانطور که مشخص است بخش بزرگی از مواد پیشرفته را مواد غیرفلزی شامل می‌شوند.

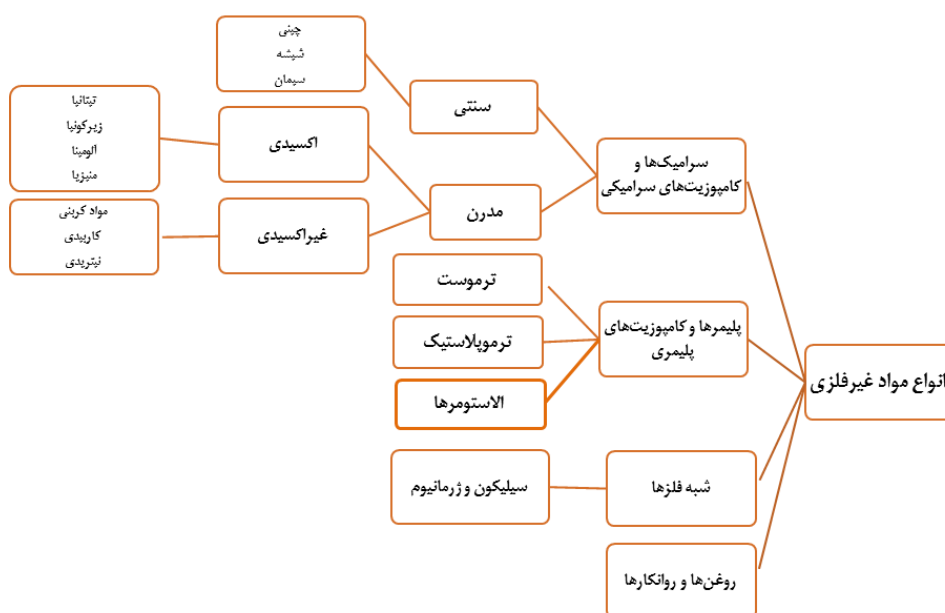
با وجود اینکه برخی از مواد غیرفلزی سال‌های زیادی است که وارد صنایع مختلفی از جمله صنعت برق شده‌اند، اما پیشرفت‌های روزبه‌روز در این حوزه و ورود مواد غیرفلزی خاص به این عرصه باعث شده است تا کشورهای زیادی با برنامه‌ریزی‌های دقیق و طولانی‌مدت، صنایع خود را با آن همگام سازند. استفاده از مواد غیرفلزی هرروز وارد یک عرصه جدید می‌شود و بهره‌گیری از علم روز در این صنایع باید روزبه‌روز اتفاق بیافتد. از آن جا که مواد غیرفلزی در تمام بخش‌های صنعت برق از جمله در قطعات و تجهیزات گوناگون نیروگاه‌ها و نیز خط و پست کاربرد دارند، بنابراین در سند مذکور هر سه شاخه تولید، توزیع و انتقال برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۵-۱- معرفی گروه پژوهشی مواد غیرفلزی و تبیین جایگاه آن

گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو در زمینه تحقیق و توسعه در زمینه مواد غیرفلزی صنعت برق شامل سرامیک‌ها، پلیمرها، ساختارهای کربنی، ترکیبات بین فلزی، مواد نیمه‌رسانا، نانومواد غیرفلزی، کامپوزیت‌ها، بتن و انواع ترکیبات مختلف آلی و معدنی برای بهینه‌سازی ساختارها، تجهیزات و سیستم‌های مختلف به کار رفته در بخش‌های مختلف تولید، انتقال و توزیع برق فعالیت می‌کند. در این حوزه می‌توان به تجهیزات مختلفی از

جمله انواع مقره‌ها و برق‌گیرها، تیرها و دکل‌های انتقال و توزیع، سیم و کابل، پوشش‌های سرامیکی سخت و سد حرارتی، عایق‌ها و نسوزها، اجزا توربین‌های بادی، افزودنی‌های مختلف به سیالات سوخت و روغن تا تجهیزات پیشرفته نظیر سلول‌های خورشیدی، ابر رساناها، سنسورها و مبدل‌های ترموالکتریک اشاره نمود.

اگر بخواهیم مواد را به دو دسته کلی مواد فلزی و مواد غیر فلزی تقسیم‌بندی کنیم، طیف گسترده‌ای از مواد در دسته دوم یعنی مواد غیرفلزی قرار می‌گیرند. در واقع خود مواد غیرفلزی را هم می‌توان از جنبه‌های بسیار متفاوت طبقه‌بندی کرد. بعضی از این مواد غیرفلزی تک جزئی و بعضی دو یا چند جزئی هستند، برخی طبیعی و برخی دیگر سنتزی هستند و نیز بعضی از آن‌ها دارای ساختار بلوری منظم و برخی دیگر آمورف می‌باشند. همه انواع سرامیک‌ها، پلیمرها، کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی یا پلیمری و تقریباً همه انواع مواد نیمه‌هادی در گروه مواد غیرفلزی قرار می‌گیرند. شکل ۱-۲ دسته‌بندی مواد غیرفلزی را در حالت کلی نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) - دسته‌بندی کلی انواع مواد غیرفلزی

سرامیک‌ها در واقع مواد معدنی غیرفلزی هستند که شامل همه انواع ترکیبات اکسیدی و غیراکسیدی (نیتریدی، کاربیدی، بوریدی و ...) و تک عنصرهایی مثل انواع ساختارهای کربنی می‌باشند. در برخی منابع در حالت کلی سرامیک‌ها را به دو دسته سرامیک‌های سنتی (مانند شیشه، پرسلان، سیمان، دیرگداز و کاشی) و سرامیک‌های پیشرفته (مانند الکتروسرامیک‌ها) طبقه‌بندی کرده‌اند. مواد سرامیکی ترد و شکننده بوده و دارای سختی و استحکام فشاری بالایی هستند، اما استحکام برشی و کششی آنها پایین است. این مواد غالباً مقاومت به خوردگی و پایداری حرارتی بالا و هدایت الکتریکی و حرارتی پایین دارند و این ویژگی‌ها گستره کاربرد آنها را در صنایع مختلف و از جمله در صنعت برق افزایش داده است. از کاربردهای مواد سرامیکی در صنعت برق می‌توان به مواردی مثل مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای، بلوک‌های برقگیرها، پوشش‌های سد حرارتی (TBC) پره‌های توربین‌های گازی، حسگرهای اکسیژن نیروگاهی، عایق‌ها و نسوزهای نیروگاهی، افزودنی‌های مختلف به سیالات سوخت و روغن، تیرهای بتنی، بوشینگ ترانسفورماتورها تا اجزای تجهیزات پیشرفته نظیر سلول‌های خورشیدی،



ابرساناها و مبدل‌های ترموالکتریک اشاره نمود.

پلیمرها، به عنوان دسته مهم دیگر از مواد غیرفلزی، در واقع مواد آلی هستند که از تکرار واحدهای تکرار شونده‌ای به نام منومر تشکیل یافته‌اند. مواد پلیمری در سه دسته مختلف ترموست‌ها (گرماسخت)، ترموپلاست‌ها (گرمانرم) و الاستومرها طبقه‌بندی می‌شوند. ترموپلاستیک‌ها با افزایش دما، بدون تغییر شیمیایی نرم شده و با خنک شدن به سختی اولیه خود برمی‌گردند. در واقع این این پلیمرها را می‌توان به دفعات ذوب و دوباره جامد نمود که این ویژگی ترموپلاستیک‌ها را قابل بازیافت می‌کند. ترموست‌ها توسط کاتالیزورها یا گرم شدن تحت فشار به یک شکل دائمی تبدیل می‌شوند و قابلیت ذوب شدن و بازیافت ندارند. در واقع، در اثر اعمال حرارت در پلیمرهای ترموست پیوندهای عرضی با واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شوند و در نتیجه وزن مولکولی متوسط آن‌ها بالا رفته و به حالت یکپارچه صلب درمی‌آیند. الاستومرها دسته‌ای از پلیمرها هستند که خاصیت ارتجاعی دارند و در صورت اعمال نیرو پس از کشیده یا فشرده شدن دوباره به حالت اولیه خود بازمی‌گردند. این مواد می‌توانند بدون پاره شدن و گسستن در برابر تغییر شکل زیاد مقاومت کنند. از ویژگی‌های برجسته پلیمرها که باعث کاربرد گسترده آنها در حوزه‌های مختلف صنعت برق نیز شده است، می‌توان به مواردی مثل سبکی، عایق بودن و مقاومت شیمیایی خوب اشاره کرد. البته پلیمرها نقطه ضعف‌هایی نیز مثل خواص مکانیکی ضعیف و مقاومت پایین در برابر امواج ماورای بنفش دارند. بنابراین گاهی اوقات استفاده از تجهیزات صرفاً سرامیکی یا پلیمری (به دلیل نقطه ضعف‌هایی که دارند)، پاسخگوی نیاز مورد نظر آن کاربرد خاص نمی‌باشد و در اینجا دسته دیگری از مواد غیرفلزی یعنی مواد کامپوزیتی پایه پلیمری یا پایه سرامیکی با انواع تقویت‌کننده‌های ذره‌ای، رشته‌ای یا لایه‌ای مطرح می‌شوند.

کامپوزیت‌ها رده‌ای از مواد پیشرفته هستند که در آن‌ها از ترکیب مواد ساده به منظور ایجاد موادی جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی برتر استفاده شده است. در واقع، کامپوزیت‌ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هر کدام از اجزاء بهتر است و اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. مهندسين علم مواد به کمک کامپوزیت‌ها قادر هستند مواد جدیدی متناسب با نیازهای واقعی صنایع در عرصه‌های مختلف بسازند. مهم‌ترین مزیت مواد کامپوزیتی آن است که با توجه به نیاز می‌توان خواص آنها را کنترل کرد. با توجه به اینکه با کامپوزیت کردن می‌توان به دامنه گسترده‌ای از خواص مطلوب (مثل وزن کم، استحکام بالا و مقاومت به خوردگی و دوام مناسب) به صورت همزمان دست یافت، کاربرد این مواد در صنعت برق رشد فزاینده‌ای داشته است و می‌توان گفت که صنعت برق یکی از مصرف‌کنندگان عمده مواد کامپوزیتی و به‌ویژه کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) است. استفاده از مواد غیرفلزی FRP در هر سه حوزه تولید، انتقال و توزیع برق در حال توسعه می‌باشد و البته این کاربرد در حوزه انتقال و توزیع به مراتب بیشتر می‌باشد. از مهم‌ترین موارد مصرف مواد FRP در صنعت برق می‌توان به پره‌های توربین‌های بادی، هسته مفره‌های کامپوزیتی، تیرها، دکل‌ها و پایه‌های روشنایی کامپوزیتی، بازوهای عرضی کامپوزیتی، بدنه کامپوزیتی تابلو برق‌ها و روکش کابل اشاره کرد.

با توجه به تنوع بسیار بالای مواد غیرفلزی و خصوصیات منحصر به فرد هر یک از آن‌ها، این مواد هم در ساخت قطعات و هم در ساخت پوشش‌های مورد نیاز انواع تجهیزات مختلف هر سه بخش تولید، انتقال و توزیع برق کاربرد زیادی دارند.

طرح‌های تحقیقاتی انجام شده و در حال انجام این گروه عمدتاً در رابطه با توسعه فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق و حل مشکلات بهره‌برداری می‌باشد. علاوه بر طرح‌های تحقیقاتی، این گروه در زمینه ارائه خدمات مشاوره‌ای، آزمایشگاهی و تدوین استانداردهای مورد نیاز صنعت برق نیز فعالیت دارد. همچنین نتایج حاصل از طرح‌های

تحقیقاتی به صورت دوره‌های آموزشی کوتاه مدت و سمینار توسط کادر پژوهشی گروه ارائه می‌گردد. در این گروه پژوهشی پنج عضو هیات علمی و هشت کارشناس پژوهشی مشغول فعالیت هستند. سه آزمایشگاه ساخت سلول خورشیدی، سرامیک و پلیمر و آزمایشگاه مرجع سیم و کابل نیز از آزمایشگاه‌های این گروه پژوهشی می‌باشند که در ادامه به طور خلاصه به معرفی این سه آزمایشگاه پرداخته می‌شود.

### آزمایشگاه سرامیک و پلیمر

با توجه به نیاز پروژه‌های تحقیقاتی به آزمون‌های مربوط به مواد پلیمری، کامپوزیتی و سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق، آزمایشگاه سرامیک و پلیمر تأسیس گردیده است. این آزمایشگاه مجهز به تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی در دو زمینه سرامیک و پلیمر می‌باشد. قابلیت‌های این آزمایشگاه به این شرح می‌باشد: انجام فرآیندهای ساخت سرامیک‌ها و لعاب‌ها و برخی از آزمایش‌های مربوط به خواص فیزیکی و شیمیایی، آمیزه‌کاری، فرآیند کردن مواد پلیمری و آزمون‌های مرتبط با خواص آن‌ها و همچنین آزمون‌های غیرالکتریکی مربوط به مقره‌های کامپوزیتی. این آزمایشگاه آمادگی ارائه خدمات آزمایشگاهی، کارگاهی، مشاوره‌ای و فنی-مهندسی را دارا می‌باشد. شکل ۱-۲ یک نمای کلی از آزمایشگاه سرامیک و پلیمر را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) - آزمایشگاه سرامیک و پلیمر

### آزمایشگاه سیم و کابل

نظر به تنوع، اهمیت و حجم بالای مصرف انواع هادی هوایی و کابل قدرت در صنعت برق و عدم وجود آزمایشگاه مرجع مستقل از تولیدکنندگان در کشور و همچنین با توجه به نیاز پروژه‌های تحقیقاتی مربوط به صنعت برق، آزمایشگاه سیم و کابل پژوهشگاه نیرو با هدف ارائه خدمات آزمایشگاهی تأسیس گردیده است. این آزمایشگاه با توجه به جایگاه آن می‌تواند نقش موثری در ارتقاء کیفیت انواع سیم و کابل تولیدی در کشور از طریق ایجاد امکان ارزیابی کیفیت محصولات تولیدکنندگان مختلف در شرایط واحد و استاندارد و کمک به بهره‌برداران و مصرف‌کنندگان این محصولات در انتخاب محصول برتر ایفا کند. تولیدکنندگان سیم و کابل،

شرکت‌های برق منطقه‌ای، شرکت‌های توزیع نیرو و صنایع بزرگ، از مشتریان عمده خدمات این آزمایشگاه هستند. شکل ۳-۱ نمای کلی آزمایشگاه مرجع سیم و کابل را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۱) - آزمایشگاه مرجع سیم و کابل

## فصل دوم

### بررسی، مطالعه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات

## ۱-۲- مقدمه

مواد غیرفلزی طیف گسترده‌ای از مواد را در بر می‌گیرند و شامل همه انواع سرامیک‌ها، پلیمرها، کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی یا پلیمری و تقریباً همه انواع مواد نیمه‌هادی هستند. در این فصل، در بخش اول، وضعیت حال و آینده ایران و جهان در حوزه انواع مواد غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق و آینده‌های احتمالی بررسی خواهد شد. در بخش بعدی، با انجام مطالعات و به کمک شبکه متخصصین، چالش‌ها و نیازهای پیش روی صنعت برق کشور در حوزه مواد غیرفلزی شناسایی و نگاشته خواهد شد. سپس، به منظور رفع چالش‌ها و نیازهای شناسایی شده، راهکارهای فناورانه در حوزه مواد غیرفلزی ارائه خواهند شد.

## ۲-۲- تاریخچه مواد غیر فلزی

از قدیمی‌ترین مواد غیرفلزی می‌توان به سنگ، چوب و استخوان اشاره کرد. سرامیک‌ها، یکی از دسته‌های مهم مواد غیرفلزی، از حدود ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد تولید می‌شدند. همزمان تولید شیشه در مصر شروع شد. در سال ۱۸۷۰ میلادی، خواص پلیمرهای بلوری مایع مورد بررسی قرار گرفت ولی تا سال ۱۹۷۰ از آن‌ها استفاده نمی‌شد. تولید الیاف شیشه در سال ۱۹۳۰ میلادی شروع شد. در آن زمان فاز زمینه کامپوزیت‌ها، باکالیت بود. بعد از سال ۱۹۵۰ میلادی، تولید مواد پلیمری در مقیاس صنعتی شروع شد. معرفی الیاف کربن در سال ۱۹۷۰ میلادی، اهمیت کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف را افزایش داد. الیاف کولار از سال ۱۹۷۰ میلادی تولید شدند. سرامیک‌های ابرسانا در سال ۱۹۸۰ کشف شدند. به طور کلی تاریخچه توسعه مواد را می‌توان در شکل (۱-۲) مشاهده کرد [۱].

| METAL. PERIODS           |                                  |            | NONMETAL. PERIODS                                                                         |  |  |
|--------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|                          |                                  | 100 000 BC | STONE AGE                                                                                 |  |  |
|                          |                                  |            | material: not moldable, brittle                                                           |  |  |
| GOLD AGE                 |                                  |            | CERAMIC PERIODS                                                                           |  |  |
|                          |                                  |            | material: hot moldable (melting), brittle                                                 |  |  |
| COPPER AGE               |                                  | 3500 BC    |                                                                                           |  |  |
|                          | material: hot moldable (melting) |            |                                                                                           |  |  |
| BRONZE AGE               |                                  | 2500 BC    |                                                                                           |  |  |
|                          | material: hot moldable (melting) |            |                                                                                           |  |  |
|                          |                                  |            | GLASS                                                                                     |  |  |
| STEEL IN ARMENIA         |                                  | 1900 BC    | material: hot moldable (melting)<br>brittle                                               |  |  |
| IRON AGE                 |                                  | 700 BC     |                                                                                           |  |  |
|                          | material: hot moldable           |            |                                                                                           |  |  |
|                          |                                  | 1931 AD    | FIBER GLASS                                                                               |  |  |
| SUPERCONDUCTING ALLOYS   |                                  | 1950 AD    | PLASTIC AGE                                                                               |  |  |
|                          |                                  |            | material: cold moldable, little heat<br>treatment (curing)<br>brittle at low temperatures |  |  |
|                          |                                  |            | POLYMERS (Industrial scale production)                                                    |  |  |
|                          |                                  | 1950 AD    | EPOXY RESINS                                                                              |  |  |
|                          |                                  |            | KEVLAR FIBERS                                                                             |  |  |
|                          |                                  | 1970 AD    | CARBON FIBERS                                                                             |  |  |
|                          |                                  |            | SiC                                                                                       |  |  |
| SUPERCONDUCTING CERAMICS |                                  | 1984       |                                                                                           |  |  |

شکل (۲-۱) - تاریخچه توسعه مواد [۱]

## ۲-۳- وضعیت جهان و ایران

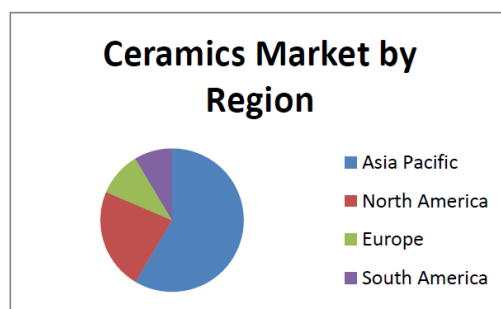
با توجه به تقسیم‌بندی کلی مواد غیرفلزی به سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها، در این قسمت وضعیت جهانی بازار مواد غیرفلزی به طور جداگانه برای هر یک از این سه دسته کلی ارائه می‌شود.

### ۱-۳-۲- وضعیت سرامیک‌ها

در این قسمت در ابتدا به بررسی وضعیت جهانی سرامیک‌ها و سپس به بررسی وضعیت داخلی کشور در این زمینه پرداخته می‌شود.

#### ۱-۳-۱-۱- وضعیت جهانی سرامیک‌ها

بر اساس گزارش تهیه شده توسط Transparency Market Research، میزان بازار جهانی سرامیک‌ها در سال ۲۰۱۸، ۲۲۹/۱۳ میلیارد دلار بود و انتظار می‌رود از سال ۲۰۲۱ تا سال ۲۰۲۵ رشد سالانه (CAGR) ۸/۶٪ داشته باشد. افزایش تقاضا از طرف صنایع مختلف یک عامل کلیدی است که رشد بازار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ۷۰ درصد کل تقاضا در سال ۲۰۲۰ مربوط به صنایع الکتریکی و الکترونیکی بود. محصولات ساخته شده از سرامیک‌های پیشرفته به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی مثل خواص دی الکتریک مناسب و پایداری حرارتی بالا، کاربردهای رو به افزایشی در سیم و کابل، لامپ‌ها، روشنایی، انتقال و توزیع برق و ... پیدا کرده‌اند. میزان بازار سرامیک‌ها در مناطق مختلف دنیا به صورت شماتیک در شکل (۲-۲) مشاهده می‌شود [۲]. همانطور که مشخص است بیشترین بازار مواد سرامیکی در منطقه آسیا-اقیانوسیه و سپس در آمریکای شمالی است.



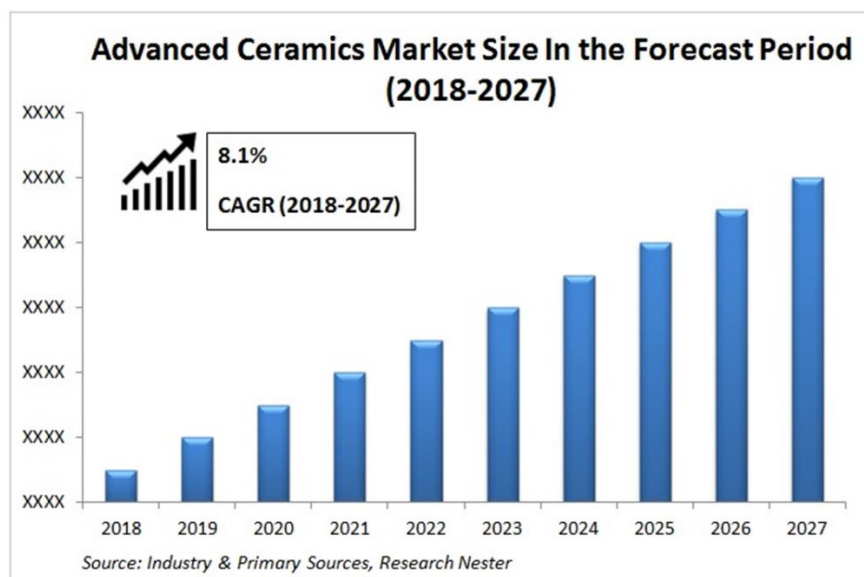
شکل (۲-۲) - بازار سرامیک در مناطق مختلف دنیا [۲]

سرامیک‌ها را می‌توان به صورت کلی به دو دسته سرامیک‌های سنتی و سرامیک‌های پیشرفته تقسیم‌بندی کرد که به دلیل جایگاه و اهمیت ویژه سرامیک‌های پیشرفته در صنایع مختلف از جمله صنعت برق، در ادامه به این مورد بیشتر پرداخته می‌شود.

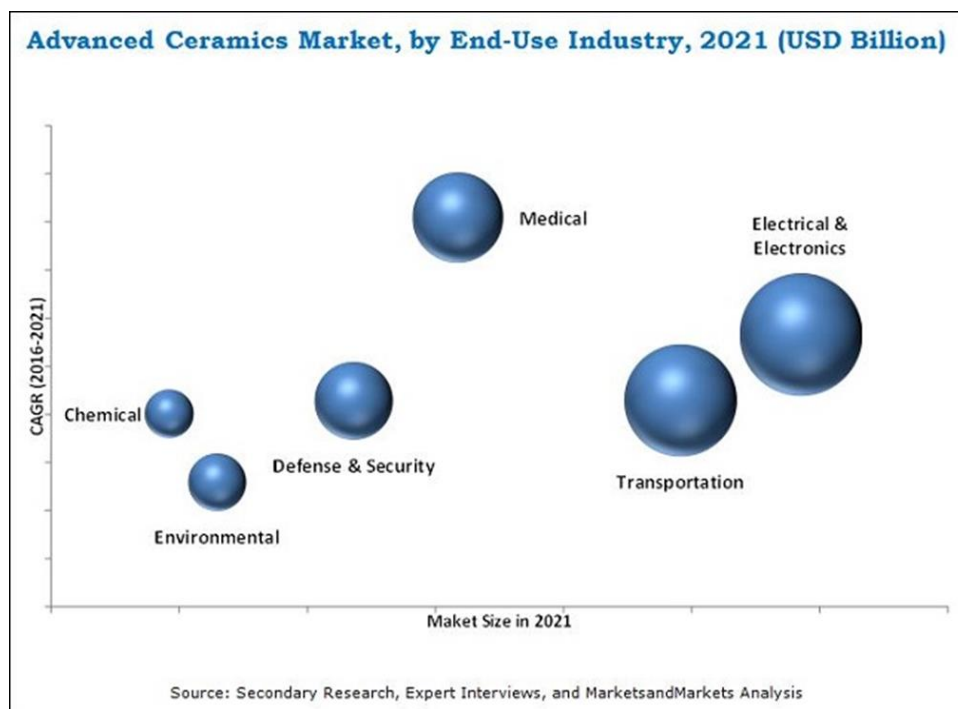
سرامیک‌های پیشرفته ساختارهای بلوری هستند که ریزساختار آن‌ها کاملاً مهندسی شده است. ترکیبات سنتزی به عنوان پیش‌ماده برای ساخت سرامیک‌های پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سرامیک‌ها مقاومت بسیار بالایی در مقابل ذوب شدن، کشش، خوردگی، خمش یا فرسایش دارند و به علت خواص منحصر به فرد الکتریکی، حرارتی و فیزیکی، کاربردهای بسیاری در صنایع نوین پیدا کرده‌اند. زیرکونیا، آلومینا، نیتrideها و کاربیدها نمونه‌هایی از مواد سرامیکی پیشرفته هستند.

پیش‌بینی می‌شود که بازار مواد سرامیکی پیشرفته، با رشد سالیانه برابر با ۸/۱ درصد در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۷، به ۱۵/۷ میلیارد دلار در انتهای این دوره برسد (شکل ۲-۳). همچنین بر اساس شکل (۲-۴)، در سال

۲۰۲۱، بیشترین بازار مصرف سرامیک‌های پیشرفته در صنایع الکتریکی و الکترونیکی تخمین زده می‌شود که این امر به علت خواص الکتریکی متنوع سرامیک‌های پیشرفته مثل عایق الکتریکی بودن، نیمه رسانایی، ابرسانایی، پیزوالکتریک بودن و خواص مغناطیسی است. همچنین استفاده از این مواد سرامیکی پیشرفته در مازول‌های فتوولتائیک، توربین‌های بادی، ذخیره‌سازهای انرژی و کنترل آلودگی رو به افزایش است.



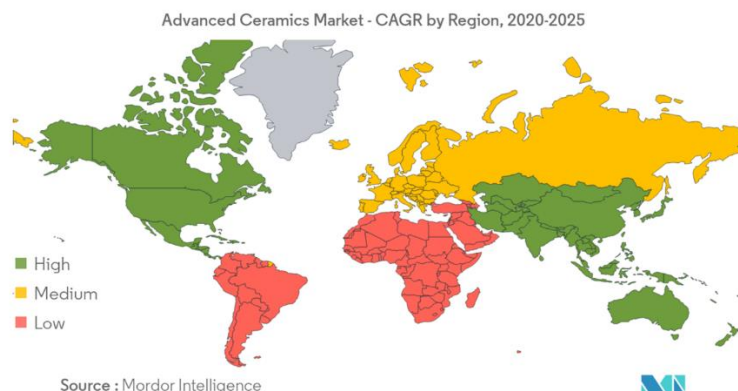
شکل (۲-۳) - تخمین بازار سرامیک‌های پیشرفته در بازه سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۲۷ [۳]



شکل (۲-۴) - بازار سرامیک‌های پیشرفته در صنایع مختلف [۳]



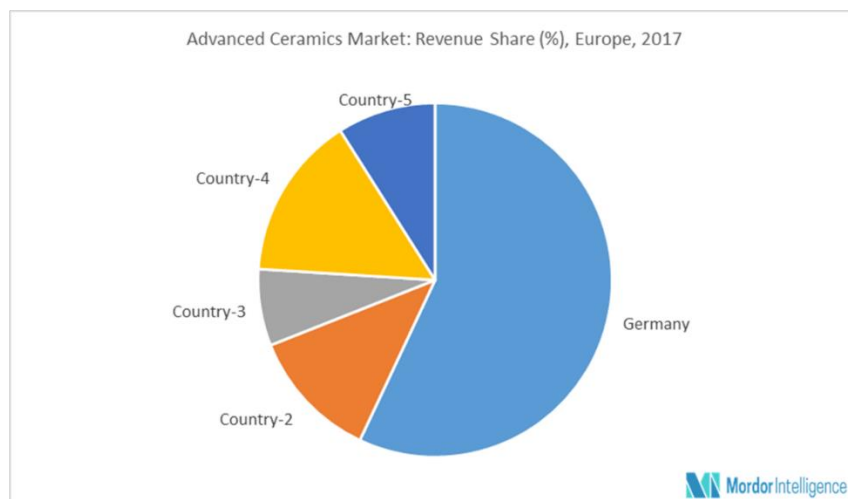
از منظر منطقه‌ای، بازار جهانی سرامیک‌های پیشرفته به پنج منطقه شامل آمریکای شمالی، اروپا، آسیا-اقیانوسیه، آمریکای لاتین، خاورمیانه و آفریقا تقسیم می‌شود که بیشترین منطقه مصرف‌کننده را می‌توان آسیا-اقیانوسیه (۴۰٪) و سپس آمریکای شمالی (۳۰٪) عنوان کرد (شکل ۲-۵). در خود منطقه آسیا-اقیانوسیه نیز بیشترین سهم مصرف سرامیک‌های پیشرفته متعلق به کشور ژاپن است. زیرا صنعت الکتریکی و الکترونیکی ژاپن یکی از صنایع پیشرو در جهان است.



شکل (۲-۵) - بازار جهانی سرامیک‌های پیشرفته [۳]

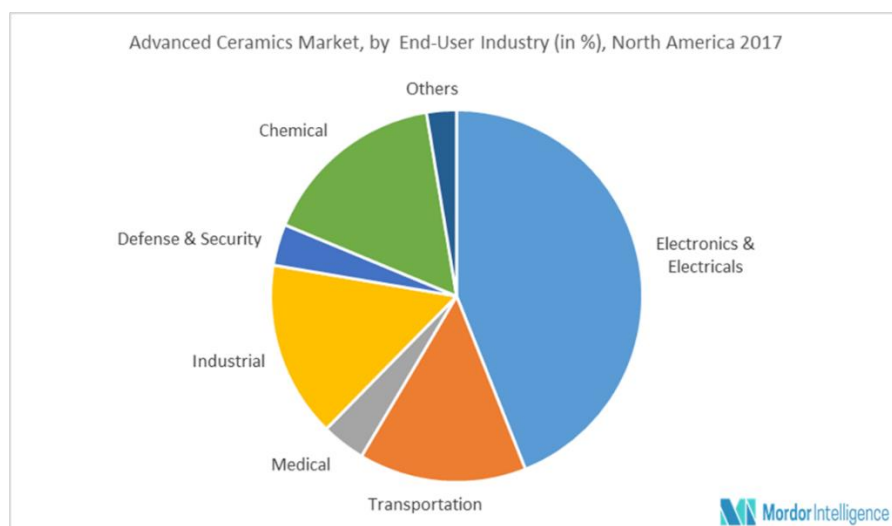
از منظر نوع مواد، در سال ۲۰۱۵، بیشترین سهم را در بین سرامیک‌های پیشرفته، آلومینا به خود اختصاص داده بود که به خطر پایداری بالای این ماده و کاربرد فراوان آن در صنایع الکتریکی و الکترونیکی، حمل و نقل، پزشکی و شیمیایی است.

در ادامه به صورت جزئی‌تر به بررسی بازار سرامیک‌های پیشرفته در بعضی مناطق پرداخته شده است. پیش‌بینی می‌شود که بازار مواد سرامیکی در اروپا در سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳ به رشد سالیانه ۹/۷۱٪ برسد. در بین کشورهای اروپایی، آلمان به خاطر داشتن صنایع خودرو و الکترونیکی قوی، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده سرامیک‌های پیشرفته است (شکل ۲-۲). در بین صنایع مختلف نیز، بیشترین سهم استفاده از سرامیک‌های پیشرفته در اروپا را صنایع الکتریکی و الکترونیکی به خود اختصاص داده‌اند که این امر به علت خواص الکتریکی متنوع سرامیک‌های پیشرفته شامل عایق الکتریکی بودن، نیمه رسانایی، ابررسانایی، مغناطیسی و پیزوالکتریکی است.



شکل (۲-۶) - بازار سرامیک‌های پیشرفته در کشورهای اروپایی [۳]

بازار سرامیک‌های پیشرفته در آمریکای شمالی در سال ۲۰۱۶، ۱۶/۵۳۹ میلیارد دلار تخمین زده شد و انتظار می‌رود از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳ رشد سالیانه ۱۰/۰۵٪ داشته باشد. در آمریکای شمالی نیز، طبق شکل (۲-۶)، صنایع الکتریکی و الکترونیکی بیشترین سهم بازار مصرف سرامیک‌های پیشرفته را به خود اختصاص داده‌اند. در منطقه آمریکای شمالی، ایالات متحده آمریکا بزرگ‌ترین مصرف‌کننده مواد سرامیکی پیشرفته است.



شکل (۲-۷) - بازار سرامیک‌های پیشرفته بر حسب صنعت مصرف‌کننده در منطقه آمریکای شمالی در

سال ۲۰۱۷ [۳]

همانطور که در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد، می‌توان گفت صنعت برق و انرژی یکی از بزرگ‌ترین صنایع مصرف‌کننده سرامیک‌های پیشرفته در کل دنیا است. در ادامه به بررسی و تحلیل وضعیت چند کاربرد مهم از سرامیک‌های پیشرفته در صنعت برق و انرژی پرداخته می‌شود.

## • باتری‌های لیتیومی

یکی از موارد مهمی که سرمایه‌های پیشرفته در ساختار آن‌ها به کار رفته‌اند، ذخیره‌سازهای انرژی و به‌خصوص باتری‌های لیتیومی هستند. مواد سرامیکی در الکترولیت و الکترودهای (به خصوص در قسمت کاتد) باتری‌های لیتیومی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

باتری‌های لیتیومی دارای بازار ثابت و همیشگی در حوزه‌های پزشکی، صنایع نظامی، صنعت برق، خودروسازی و ... هستند. محققان معتقدند که افزایش تقاضای جهانی برای ابزارهای شخصی قابل حمل از قبیل موبایل، لپ‌تاپ و تبلت از جمله دلایل اصلی رشد بازار باتری‌های لیتیومی ثانویه در سال‌های اخیر است.

حجم بازار جهانی مجموع باتری‌های لیتیومی اولیه و ثانویه در سال ۲۰۱۵ در سطح عمده فروشی، ۱۰/۶ میلیارد بود که این مقدار نسبت به حجم بازار این محصول در سال ۲۰۱۰ حدود ۵/۹ میلیارد دلار بیشتر است. بازار جهانی کل انواع مختلف باتری‌های لیتیومی در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۵/۷ میلیارد دلار برآورد شد. حجم بازار باتری‌های لیتیومی قابل شارژ در سال ۲۰۱۵ تقریباً ۹/۴ میلیارد دلار بود و در سال ۲۰۲۰ به ۱۱/۹ میلیارد دلار رسید. جدول زیر چشم‌اندازی از بازار جهانی کل (عمده فروشی) برای باتری‌های لیتیومی در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۰ را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲) - بازار جهانی باتری‌های لیتیومی در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ (میلیون دلار) [۴]

| بازار                | ۲۰۱۰  | ۲۰۱۵   | ۲۰۲۰   | نرخ رشد مرکب سالانه (۲۰۱۰ - ۲۰۲۰) |
|----------------------|-------|--------|--------|-----------------------------------|
| باتری لیتیومی اولیه  | ۱/۱۹۰ | ۱/۲۶۴  | ۱/۴۰۶  | ۲/۲                               |
| باتری لیتیومی ثانویه | ۴/۶۶۹ | ۹/۳۷۰  | ۱۱/۸۶۸ | ۴/۸                               |
| جمع کل               | ۵/۸۵۹ | ۱۰/۶۳۴ | ۱۳/۲۷۴ | ۴/۵                               |

## • سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک

یکی دیگر از کاربردهای مهم سرمایه‌های پیشرفته، در بحث تبدیل انرژی و سلول‌های خورشیدی نسل نوین است. الکترودهای این سلول‌های الکتروشیمیایی عمدتاً از ترکیبات سرامیکی ساخته می‌شوند. در مورد سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک، گزارشی در سال ۲۰۱۰ توسط آژانس بین‌المللی انرژی ارائه شد که در آن، نقشه راه رشد اقتصادی و بازار رقابتی سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک در یک افق زمانی ۴۰ ساله بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰ مشخص گردید.

یافته‌های کلیدی و مهم این نقشه راه موارد زیر می‌باشند:

- تا سال ۲۰۵۰ میلادی ظرفیت نصب شده جهانی تجمعی انرژی فوتو ولتائیک (PV) می‌تواند به ۳۰۰۰ گیگاوات برسد. تولید سالانه ۵۰۰ تراوات ساعت در سال، یعنی حدود ۱۱ درصد از تولید برق جهان و اجتناب از ۲/۳ گیگا تن CO<sub>2</sub> (Gt) در سال، که در واقع این سطح PV مزیت‌های قابل توجهی را از لحاظ امنیت عرضه انرژی و توسعه اقتصادی و اجتماعی فراهم می‌کند.
- انتظار می‌رود در سال ۲۰۳۰، هزینه‌های تولید سیستم عادی PV در سیستم‌های مقیاس بزرگ به ۷ الی ۱۳ سنت/کیلووات ساعت کاهش یابد. همانطور که PV به تکنولوژی اصلی خود دست می‌یابد، مدیریت و ادغام شبکه و ذخیره‌سازی انرژی مسائل کلیدی می‌باشند.

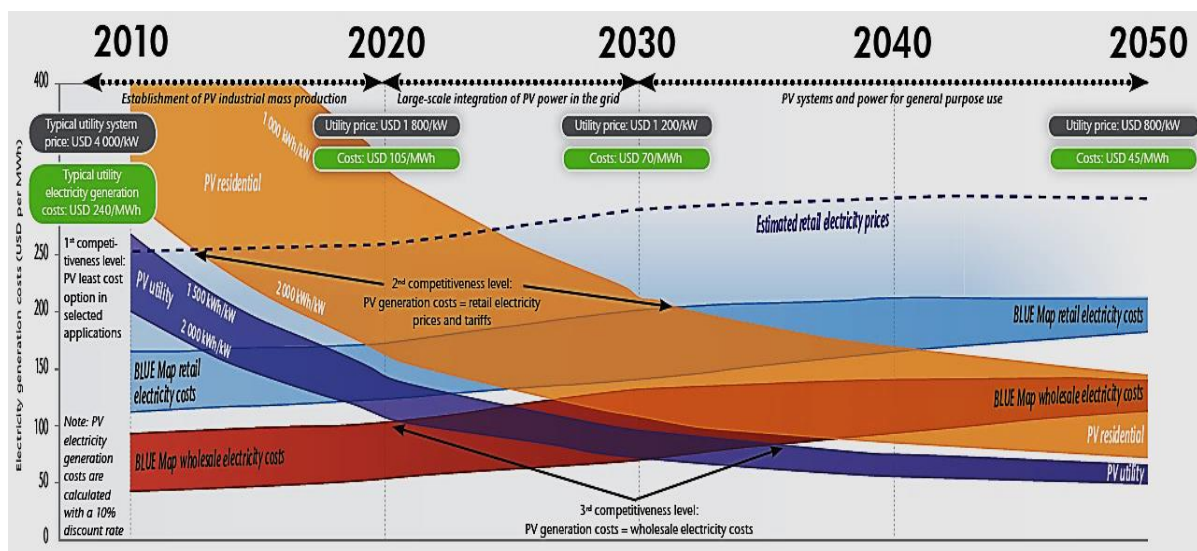
- در دهه اول انتظار می‌رفت PV هزینه سیستم و انرژی را بیشتر از ۵۰٪ کاهش دهد. تا سال ۲۰۲۰ در بسیاری از مناطق، سیستم‌های مسکونی و تجاری، PV به سطح اول تقسیم شبکه‌ای<sup>۱</sup> رسید. تقسیم شبکه‌ای هنگامی رخ می‌دهد که یک منبع انرژی جایگزین بتواند برق را با هزینه‌های (LCOE<sup>۲</sup>) کمتر یا برابر قدرت خرید از شبکه برق تولید کند.
  - اقتصادهای بزرگ نوظهور در حال سرمایه‌گذاری در تحقیق، توسعه و استقرار PV هستند؛ با این وجود، باید تلاش‌های بیشتری برای تقویت برق و ظرفیت‌سازی روستایی انجام شود. سازمان‌های حمایت کننده چند جانبه و دو طرفه باید تلاش خود را برای بیان ارزش انرژی فتوولتائیک در توسعه اقتصادی کم‌ترین افزایش دهند.
- در جدول (۲-۲) به وضعیت سلول‌های خورشیدی از نظر کارایی، تولید و حوزه تحقیق و توسعه در افق زمانی ۴۰ ساله اشاره شده است. در شکل (۲-۸) هم نقشه راه رشد و بازار رقابتی سلول‌های خورشیدی ارائه شده است [۵].
- براساس گزارش تحقیقات n-tech، بازار جهانی فتوولتائیک یکپارچه با ساختمان (BIPV<sup>۳</sup>) در سال ۲۰۱۸ به ۲/۹ میلیارد دلار درآمد رسید و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۳، به ۵/۷ میلیارد دلار و در سال ۲۰۲۷ به ۱۱/۶ میلیارد دلار خواهد رسید. این رشد در حالی است که بخش تجاری، عمده سفارشات BIPV را تشکیل خواهد داد. همچنین کاربرد BIPV در بخش ساختمان‌های مسکونی با سرعتی بسیار سریعتر از گذشته رشد خواهد کرد و ۱۵٪ از بازار جهانی BIPV را تا سال ۲۰۲۳ تشکیل می‌دهد و درآمد ۸۷۲ میلیون دلاری را به همراه خواهد داشت. تا سال ۲۰۲۳، سه بازار جغرافیایی برتر برای BIPV (به ترتیب درآمد تولید شده)، ایالات متحد، چین و ژاپن خواهد بود. این سه کشور در مجموع بیش از ۷۵٪ از درآمد بازار BIPV را در سال ۲۰۲۳ به خود اختصاص می‌دهند [۶]. شکل (۱-۹) نمایی از BIPV و کاربرد فتوولتائیک در ساختمان را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup>- grid parity<sup>۲</sup>- levelized cost of electricity<sup>۳</sup>- Building-Integrated Photovoltaics

جدول (۲-۲) - وضعیت سلول‌های خورشیدی از نظر کارایی، تولید، تحقیق و توسعه در افق زمانی ۴۰ ساله [۵]

| تکنولوژی‌های سیلیکون کریستالی             | ۲۰۱۵-۲۰۱۰                                                                                                                                      | ۲۰۲۰-۲۰۱۵                                                                                                                 | ۲۰۳۰-۲۰۲۰/۲۰۵۰                                                                                                        |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| میزان بهره‌وری و کارایی (ماژول‌های تجاری) | <ul style="list-style-type: none"> <li>تک کریستالی: ۲۱٪</li> <li>چند کریستالی: ۱۷٪</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>تک کریستالی: ۲۳٪</li> <li>چند کریستالی: ۱۹٪</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>تک کریستالی: ۲۵٪</li> <li>چند کریستالی: ۲۱٪</li> </ul>                         |
| جنبه‌های تولید صنعت                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>مصرف سیلیکون Si &lt;5gram/watt(g/W)</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>مصرف سیلیکون Si &lt;3gram/watt(g/W)</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>مصرف سیلیکون Si &lt;2gram/watt(g/W)</li> </ul>                                 |
| جنبه‌های R&D                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>فرایند و مواد سیلیکون جدید</li> <li>غیرفعال‌سازی، فرستنده‌ها و اتصالات سلولی</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ساختارهای تجهیزات پیشرفته</li> <li>بهره‌وری و بهینه‌سازی هزینه در تولید</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>فناوری‌های معادل ویفر</li> <li>سازه‌های جدید با جنبه‌های پیشرفته</li> </ul>    |
| تکنولوژی‌های لایه نازک                    | ۲۰۱۵-۲۰۱۰                                                                                                                                      | ۲۰۲۰-۲۰۱۵                                                                                                                 | ۲۰۳۰-۲۰۲۰/۲۰۵۰                                                                                                        |
| میزان بهره‌وری و کارایی (ماژول‌های تجاری) | <ul style="list-style-type: none"> <li>لایه نازک Si: ۱۰٪</li> <li>مس-این‌دیم/گالیم (CIGS): ۱۴٪</li> <li>کادمیم/تلوراید (Cd/Te): ۱۲٪</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>لایه نازک Si: ۱۲٪</li> <li>CIGS: ۱۵٪</li> <li>Cd/Te: ۱۴٪</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>لایه نازک Si: ۱۵٪</li> <li>(CIGS): ۱۸٪</li> <li>Cd/Te: ۱۵٪</li> </ul>          |
| جنبه‌های تولید صنعت                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>رسوب‌گذاری با سرعت زیاد</li> <li>تولید رول به رول بسته‌بندی</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>فرایند تولید ساده شده</li> <li>هزینه بسته‌بندی کم</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>واحدهای تولید بهره‌وری بالای بزرگ</li> </ul>                                   |
| جنبه‌های R&D                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>فرایند رسوب سطح بزرگ</li> <li>زیرلایه‌ها و اکسیدهای هادی شفاف بهبود یافته</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>ساختارهای سلولی بهبود یافته</li> <li>روش‌های رسوب‌گذاری بهبود یافته</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>جنبه‌ها و مواد پیشرفته</li> </ul>                                              |
|                                           | PV متمرکز کننده                                                                                                                                | فناوری‌های در حال ظهور                                                                                                    | تکنولوژی‌های نو                                                                                                       |
| نوع سلول                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>هزینه زیاد، راندمان فوق العاده بالا</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>هزینه کم، عملکرد متوسط</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>بهره‌وری بسیار بالا، طیف کامل بهره‌برداری</li> </ul>                           |
| وضعیت و پتانسیل                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>۲۳٪ کارایی سیستم جریان متناوب</li> <li>پتانسیل به بیش از ۳۰٪ در مدت زمان</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>تکنولوژی‌های نوظهور در دست نمایش (نظیر PV پلیمری، خشک و CIGS)</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>طیف گسترده‌ای از اصل تبدیل جدید و جنبه‌های ابزاری در سطح آزمایشگاهی</li> </ul> |

|                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                    |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>خانواده‌ای از فناوری‌های پیشرفته بالقوه</li> </ul>                                                                  | چایی) <ul style="list-style-type: none"> <li>کاربردهای اولیه در موقعیت‌های بازار مناسب انتظار می‌رود.</li> </ul>                                               | متوسط                                                                                                                                                                              |              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>اثبات اصل مفاهیم تبدیل جدید</li> <li>پردازش، مشخصه‌سازی و مدل‌سازی به ویژه مواد و دستگاه‌های نانو ساختار</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>بهبود بهره‌وری و پایداری به سطح مورد نیاز برای اولین کاربردهای تجاری</li> <li>کپسوله‌سازی مفاهیم بر پایه آلی</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>رسیدن به بهره‌وری فوق العاده بالایی بیشتر از ۴۵٪</li> <li>دستیابی به هزینه کم، محلول با عملکرد بالا جهت متمرکز کردن نور و ردیابی</li> </ul> | جنبه‌های R&D |



شکل (۲-۸) - نقشه راه رشد و بازار رقابتی سلول‌های خورشیدی [۵]



شکل (۲-۹) - نمایی از کاربرد فتوولتائیک در ساختمان

## • شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی

شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی، بخش مهم دیگری از کاربرد سرامیک‌های پیشرفته است. براساس گزارشی که از Research and Market موجود می‌باشد، بازار جهانی شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی در سال ۲۰۱۸، ۲۵/۱ میلیارد دلار تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۳ به ۳۲ میلیارد دلار برسد، که با CAGR بین ۵٪ بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۳ در حال رشد است. انتظار می‌رود افزایش جمعیت و فعالیت‌های جدید ساختمانی به رشد صنعت ساختمان و ساخت و ساز منجر می‌شود که به نوبه خود رشد پایدار برای بازار شیشه‌های کنترل‌کننده انرژی را تضمین خواهد کرد. پیش‌بینی شده است که پوشش منفعل یا سخت این شیشه‌ها بالاترین CAGR را در دوره پیش‌بینی شده دارد و از این میان شیشه‌های سه جداره بزرگترین بخش بازار را به دست می‌آورد [۶].

## • مقره

براساس گزارشی که پروفسور Stanislaw Gubanski از دانشگاه فناوری کالمرس در سال ۲۰۱۳ در موسسه INMR مطرح کرده است، ارزش بازار مقره (غیر از بازار چین) در حدود ۲ میلیارد دلار برآورد شده است. البته این مقدار شامل مقره‌های cap و pin و همچنین مقره‌های long-rod می‌باشد. بنا به نظر محقق فوق، بخش عظیمی از بازار در بسیاری از کشورها همچنان در حیطه مقره‌های سرامیکی می‌باشد که در حال حاضر نیز در سرویس می‌باشند. اما بخشی از این بازار بزرگ نیز به جهت بهبود عملکرد و توانمندی بخصوص در مناطق خاص آب و هوایی به سمت جایگزین شدن با مقره‌های پلیمری پیش می‌رود.

بنا به نظر پروفسور Stanislaw Gubansk، علیرغم اینکه قسمت اعظم بازار مقره‌ها مربوط به مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای است، اما به نظر می‌رسد که توسعه و پیشرفت‌های جدیدی روی مقره‌های نوین از چند سال گذشته شروع شده است مثل توسعه مقره‌های نیمه‌هادی شیشه‌ای و هیبریدی که این مقره‌های جدید یقیناً طی سال‌های آتی جایگزین بخشی از مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای خواهند شد.

البته هم اکنون ابهامات و سئوالات فراوانی در مورد مقره‌های نوین همچنان مطرح است که می‌بایست توسط محققین مرتفع گردد که مهم‌ترین مساله مباحث مقاومت به خوردگی این مقره‌های نوین می‌باشد.

بر اساس نظر پروفسور Stanislaw Gubanski، مقره‌های نسل آینده بر اساس ساختار یک لوله سرامیکی پوشیده شده از مواد پلیمری می‌باشد که مزایای بسیاری در مقایسه با مقره‌های کامپوزیتی دارد. این مقره‌ها در شرایط ولتاژ بالا و جائیکه نیاز به سازه‌های بسیار بلند و با استحکام است، استفاده می‌شوند.

یکی دیگر از مباحث بسیار جالب در بحث مقره‌های سرامیکی، پوشش‌های سیلیکونی RTV می‌باشد. تا به امروز، چنین پوشش‌هایی با هدف اصلاح سطح مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای بطور غالب در محیط سرویس روی سطح اعمال شده است. اخیراً، تولیدکنندگان مقره‌ها و پوشش‌ها شروع به همکاری جهت ارائه محصول نوین نموده‌اند. این محصول، مقره‌های پیش پوشش داده شده با سیلیکون RTV در کارخانه است که جایگزین اعمال پوشش در محیط می‌شود. این فرایند باعث تطابق بهتر پوشش با زیرلایه خواهد شد.

البته بنا به نظر محقق فوق، او معتقد است که مقره‌های سرامیکی با توجه به قابلیت‌هایی که دارند، همچنان بطور موفق می‌تواند سهم عظیمی از بازار مقره‌ها را در دنیا به خود اختصاص دهد. برای مثال، امروزه نسل جدیدی از بدنه‌های پرسلان (C120, C130) پیشنهاد شده‌اند که عملکرد ارتقاء یافته‌ای هم در بخش استحکام مکانیکی و هم پایداری نسبت به پرسلان‌های بر پایه کوارتز دارند. همچنین با به کارگیری سیمان‌های سرب-آنتیموان در حین نصب می‌توان از اثرات شروع ترک‌ها در این پرسلان‌ها کم نمود.

در کل به نظر می‌رسد که مقره‌های سرامیکی همچنان توانایی تصاحب قسمت اعظمی از بازار مقره‌ها در دنیا را دارند. تنها چالش پیش روی این مقره‌های سرامیکی مباحث مرتبط با نرخ‌های رشد ترک می‌باشد [۷].

### • سرامیک‌های حرارتی

بر اساس گزارشی که اخیراً از Technavio منتشر شده، پیش‌بینی می‌شود که بازار جهانی سرامیک‌های حرارتی با رشد سالانه بیش از ۶٪ بین سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۲ رشد کند. افزایش تقاضا در صنایع مختلف برای مواد سبک و با کارایی بالا یکی از عمده‌ترین دلایل‌هایی است که رشد بازار جهانی سرامیک حرارتی را تضمین خواهد کرد.

فیبرهای سرامیکی بیشترین سهم بازار را در سال ۲۰۱۷ داشته و تقریباً ۷۸ درصد از بازار سرامیک‌های حرارتی را به خود اختصاص داده‌اند. انتظار می‌رود این بخش محصول در کل دوره پیش‌بینی بر بازار جهانی حاکم شود [۶].

### ۲-۳-۱-۲- وضعیت سرامیک‌های پیشرفته در ایران

سرامیک‌های پیشرفته به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی چون پایداری در دماهای بالا، استحکام زیاد و مقاومت بالا در برابر خوردگی، خواص مغناطیسی و الکتریکی خاص و منحصر به فرد (چون پیزوالکتریسیته، ابرسانایی، عایق بودن یا نیمه‌هادی بودن و ...) و سایر خواص در بسیاری از صنایع در لیست اجزای بسیار مهم و استراتژیک قرار گرفته‌اند. مثلاً در ماشین‌سازی و ساخت قطعات صنعتی، خواصی چون استحکام و مقاومت در برابر سایش و خوردگی آنها، بسیار اهمیت دارد. در صنایع شیمیایی، مقاومت خوب این مواد در برابر اسیدها و سایر مواد خوردنده بسیار مورد توجه می‌باشد. در صنایع هوا-فضا مقاومت این مواد در برابر حرارت اهمیت دارد، و در صنایع الکترونیک و ارتباطات به علت خواص نوری و الکتریکی خوبی که دارند، از اجزای مهم محسوب می‌شوند. امروزه سرامیک‌ها در قسمت‌های مختلف صنایع اتومبیل‌سازی نیز روزه روز کاربرد بیشتری می‌یابند. چه در سیستم ترمزها و چه در موتورها و سایر اجزاء. در ۶۰ سال اخیر در مورد ۲۵ گروه مختلف از سرامیک‌های پیشرفته، تحقیقات وسیعی صورت گرفته و بسیاری از آنها به تولید رسیده‌اند. در سال‌های اخیر، شکوفایی و گسترش صنایع الکترونیک و همچنین کاربرد وسیع سرامیک‌های پیشرفته در صنایع مربوط به تکنولوژی پزشکی و اتومبیل‌سازی، موجب رشد چشم‌گیر بازار سرامیک‌های پیشرفته گردیده است و اکنون این سرامیک‌ها رقمی حدود ۵۰ میلیارد دلار را به خود اختصاص داده‌اند (بدون احتساب سرامیک‌های سنتی، شیشه و مواد نسوز معمولی). این بازار از نرخ رشد سالانه‌ای در حدود ۶-۷ درصد برخوردار بوده و پیش‌بینی می‌شود که نرخ رشد آن در سال‌های آینده همچنان افزایش یابد. موادی که در سال‌های آینده از اهمیت روزافزون برخوردار خواهند بود، موادی چون شیشه‌های پیشرفته، کربن و کامپوزیت‌ها می‌باشند. به طور مثال در سال‌های اخیر توجه زیادی به کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی معطوف شده است (به خصوص به انواعی از این مواد که در دماهای بالا قابل استفاده هستند). مواد کربنی و تکنولوژی‌های مربوطه نیز مورد توجه زیادی قرار دارند. سرامیک‌های پیشرفته در سال‌های آینده احتمالاً کاربردهای بسیار حساس و دقیق‌تری در زمینه‌های مختلف پیدا خواهند کرد که برخی از آنها به قرار زیر می‌باشند: ابرساناهای سرامیکی که اخیراً نمونه‌هایی از آنها در کابل‌ها و مبدل‌های الکتریکی بکار گرفته شده است. مغناطیس‌های فریتی که امروزه بازاری به ارزش حدود یک میلیارد دلار را به خود اختصاص داده‌اند [۸].



در حال حاضر بخش عمده سرامیک‌های مهندسی مورد نیاز کشور از کشورهای تولید کننده خارجی وارد می‌شود، بنابراین تولید این محصولات در داخل کشور می‌تواند تا حد زیادی وابستگی خارجی را کاهش دهد. از طرفی میزان نیاز سالانه کشور به این محصولات سرامیکی در حال افزایش است. با توجه به گسترش کاربردهای قطعات سرامیکی در صنایع کشور، توجه جدی به امر تولید این قطعات ضروری است. در ادامه به بررسی وضعیت داخلی چند کاربرد مهم از سرامیک‌های پیشرفته در صنعت برق و انرژی کشور پرداخته می‌شود.

### • برقگیر

برق‌گیرهای بدون فاصله هوایی از تعدادی قرص از جنس اکسیدروی (ZnO) تشکیل شده‌اند و از اکسید بیسموت نیز معمولاً در نقش عایق استفاده می‌شود. به این نوع برق‌گیرها اصطلاحاً وریستور گفته می‌شود. در واقع، وریستورها سرامیک‌های نیمه‌رسانا می‌باشند. در حال حاضر در داخل کشور، نانو پودر ZnO و افزودنی‌های مورد استفاده در ساخت قرص‌های برق‌گیر توسط شرکت‌های داخلی تولید می‌شود. هدف از استفاده از افزودنی‌ها، بهبود ویژگی‌های نهایی قرص برق‌گیر در مقایسه با نوع معمولی، حصول یکنواختی در توزیع افزودنی‌ها و تسهیل در فرآیند تولید قرص برق‌گیر از طریق کاهش دما و زمان زینتر (کاهش مصرف انرژی) می‌باشد که تحقیقات در این زمینه همچنان جای کار دارد.

### • مقره

مقره‌های سرامیکی که همچنان با وجود روی کار آمدن مقره‌های کامپوزیتی اهمیت خود را حفظ کرده‌اند، در کشور توسط چندین تولیدکننده، تولید و حتی صادر می‌شوند. یکی از این شرکت‌ها، شرکت مقره‌سازی ایران است. ظرفیت تولید خالص سالیانه این شرکت ۱۳۰۰۰ تن مقره سرامیکی می‌باشد و قابلیت تولید کلیه مقره‌های مورد استفاده در خطوط انتقال (انواع مقره‌های بشقابی)، خطوط توزیع نیروی برق (انواع مقره‌های سوزنی، مقره‌های چرخی و دو شیاره) و پست‌ها (انواع مقره‌های اتکایی) و انواع مقره‌های ترانس را دارد. این شرکت تنها تولیدکننده انواع مقره‌های بشقابی سرامیکی و اتکایی در ایران می‌باشد و در طول سال‌های گذشته افتخار صادرات محصولات خود را به کشورهای خاورمیانه و آسیای شرق داشته است. با این وجود باید تحقیقات در زمینه ارتقا عملکرد این مقره‌ها و ساخت مقره‌هایی با استحکام مکانیکی و پایداری بیشتر و مقاومت به رشد ترک بالاتر ادامه یابد.

### • کاتالیست‌ها

در صنعت برق و انرژی، کاتالیست‌ها کاربردهایی مثل تصفیه آب و پساب و کاهش آلاینده‌های گازی دارند و مهم‌ترین کاتالیست‌های مورد استفاده در این موارد، سرامیک‌ها هستند. در زمینه تصفیه آب و پساب، می‌توان گفت فوتوکاتالیست‌های سرامیکی مانند دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در زمینه کاهش آلاینده ناکس به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های گازی ناشی از نیروگاه‌ها، کاتالیست‌های بر پایه سرامیک دی اکسید تیتانیوم با فاز فعال پنتا اکسید وانادیوم بیشترین کاربرد را دارند. با وجود پیشرفت در زمینه کاتالیست‌های سرامیکی و تولید برخی از آنها در کشور، همچنان باید تحقیقات در

این زمینه ادامه یابند. مثلاً هنوز در سطح جهانی نیز تحقیقاتی در زمینه کاهش باند ممنوعه فتوکاتالیست‌ها و دستیابی به جذب نور خورشید یا مرئی در حال انجام است. در مورد کاتالیست‌های کاهش دهنده آلاینده‌های گازی نیز هنوز در سطح دنیا تحقیقاتی انجام می‌شود که بتوانند کاتالیست‌هایی با بازدهی و گزینش‌پذیری بالا، محدوده دمای عملیاتی وسیع‌تر و مقاومت بالاتر در مقابل  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{SO}_2$  تولید کنند.

## ۲-۳-۲- وضعیت پلیمرها

در این قسمت در ابتدا به بررسی وضعیت جهانی پلیمرها و سپس به بررسی وضعیت داخلی کشور در این زمینه پرداخته می‌شود.

### ۲-۳-۲-۱- وضعیت جهانی پلیمرها

پلیمر یکی از محصولات شیمیایی است که تقریباً در تمام بخش‌های پزشکی، هوافضا، بسته‌بندی، خودرو، ساخت و ساز، وسایل برقی و پزشکی و به خصوص در صنعت برق و انرژی استفاده می‌شود و در نتیجه، بازار جهانی پلیمرها در حال رونق است. از پلیمرها به دلیل عملکرد بالا، مقرون به صرفه بودن و وزن کم به عنوان جایگزین محصولات پایه فلزی و سرامیکی استفاده می‌شود. پیش‌بینی می‌شود بعد از رشد سالیانه ۱/۵ درصدی طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۵، اندازه بازار جهانی پلیمرها تا سال ۲۰۲۵ به حدود ۷۵۰ میلیارد دلار برسد [۹]. در نمودار زیر سهم بازار پلیمرها در چند کشور از جمله چین، ایالات متحده آمریکا، آلمان و ژاپن نشان داده شده است که در بین آنها پیش‌بینی می‌شود کشور چین تا سال ۲۰۳۰ بالاترین میزان سهم بازار را در زمینه پلیمرها داشته باشد.



شکل (۲-۱۰) - سهم بازار پلیمرها در کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، آلمان، ژاپن و هند [۹]

ذکر این نکته لازم است که با توجه به پیشرفت علم پلیمر و بازار جهانی آن، دنیایی را تصور کنیم که خطوط انتقال انرژی آن پلیمری هستند و سیستم‌های ارت دیگر در معرض خوردگی و اکسیداسیون قرار ندارند. فیوزهای RE-settable ابداعی شرکت Tyco Electronics فیوزهایی هستند که هیچگاه نیاز به تعویض پیدا نمی‌کنند.

فیوزهای که مقاومتشان با افزایش جریان از میزان نامی به سمت بی نهایت میل کرده و پس از بازگشت جریان به محدوده مجاز، دوباره شرایط هدایت الکتریکی را پیدا می کنند. از طرفی سنسورهای هوشمند پلیمری یکی از اجزای جدا ناشدنی از هر شبکه هوشمند (Smart Grid) محسوب خواهند شد. این سنسورها نسبت به دما، ولتاژ، PH، رطوبت و ... حساس بوده و این حساسیت را به شکلی مناسب چون تغییر رنگ بروز خواهند داد. همچنین مقرر شده است در آینده پره های توربین ها پلیمری شده و دیگر دچار خوردگی نخواهند شد. پیل های سوختی (از نوع مبادله یونی) پلیمری در هر خلنه ای به عنوان منبع انرژی پشتیبان بکار گرفته خواهد شد و باتری های پلیمری کم حجم صنعت برق را از مزیت ذخیره انرژی در آف پیک برخوردار خواهند ساخت.

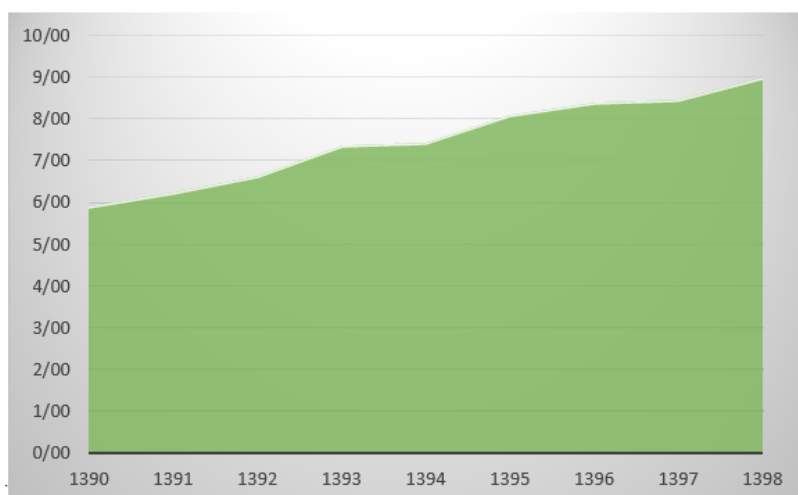
نرخ رشد بسیار بالای گزارش شده در زمینه مواد پلاستیکی و لاستیکی به عنوان مواد اولیه، گواه موفقیت این صنعت هستند. در فاصله ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۵، این نرخ به طور متوسط سالانه ۸/۵٪ افزایش داشت. در ۲۰۱۴، انجمن فرآوری پلاستیک اروپا PlasticsEurope حجم جهانی تولید پلاستیک را ۳۱۱ میلیون تن اعلام کرد. از این میان حدود ۲۶۰ میلیون تن به مواد پلیمری تعلق داشت، یعنی موادی که از آنها در تولید کاربری های پلاستیکی استفاده می شود. حدود ۵۰ میلیون تن باقی مانده برای تولید پوشش ها، مواد چسبنده یا لاک الکل به کار می رفتند. در پایان ۲۰۱۵، پایگاه داده های توانمندی KI به نام Polyglobe گزارش داد که توانمندی های جهانی برای تولید ترموپلاستیک، بزرگترین و مهمترین بخش کل محدوده مواد پلیمری، چیزی حدود ۳۰۵ میلیون تن در سال بوده است. رشد بالای اقتصادی در چین و بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرقی، منطقه اقتصادی آسیا- پاسیفیک را به بزرگترین منطقه در حال رشد در جهان تبدیل کرده است که تبعات مثبتی برای صنعت جهانی پلاستیک سازی دارد. در عین حال، آسیا ۴۶٪ یا تقریباً نیمی از تولید پلاستیک جهان را انجام می دهد. در ۲۰۱۴، بیش از ۴۰٪ از کل ماشین های فرآوری پلاستیک که در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفتند از آسیا تهیه شدند. امروزه، چین مهمترین کشور در همه بخش های صنعت پلیمر است: مطابق داده های ثبت شده در ۲۰۱۴، چین مسئول ۲۶٪ از تولید جهانی پلیمر، ۳۳٪ از تولید جهانی ماشین آلات فرآوری پلاستیک و دارنده بیشترین سهم فردی از بخش فرآوری جهانی پلاستیک است. در سال ۲۰۱۶ گزارش شد که اروپا ۲۰٪ و ایالات متحده ۱۹٪ را در اختیار از سهم بازار جهانی پلیمر و مواد پلاستیکی را برعهده داشتند. مطابق آمار ارائه شده توسط PlasticsEurope، خاورمیانه، خاور نزدیک و آفریقا جمعاً ۷٪، امریکای لاتین ۵٪ و کشورهای سابق CIS 3٪ از این سهم را در سال ۲۰۱۶ در اختیار داشتند. بین سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۴، سهم آسیا از تولید جهانی پلاستیک تقریباً ۵٪ افزایش یافت، در حالی که امریکا ۴٪ و اروپا ۲٪ از این میزان را از دست دادند. در حال حاضر اروپا در تلاش برای کاهش سهم خود در تولید گاز دی اکسید کربن بوده و به همین دلیل استفاده از سوخت های فسیلی در حال کاهش است. همین مساله به نوبه خود سبب کاهش تصفیه خانه های نفت و کم شدن مواد خام در دسترس برای تولید پلی اولفین شده که مهمترین نوع از پلیمر برحسب حجم به شمار می رود. در همین زمان، کشورهای محدوده خلیج فارس ظرفیت های مهمی برای تولید پلیمر ایجاد کرده اند و هدفشان تامین نیاز آسیا و ایالات متحده است. از طرف دیگر اروپا که دیگر توانایی تامین پلی اولفین از منابع خود را ندارد، وابسته به واردات شده است. انقلاب گاز شیل در ایالات متحده هم اکنون منبعی جدید از سوخت با قیمتی مناسب ارائه کرده است و عملاً می تواند روند کنونی را در بازار تغییر دهد. در نتیجه سرمایه گذاری های چند سال اخیر، پیش بینی می شود که ظرفیت های جدیدی برای پلی اولفین برپایه گاز وارد جریان اصلی بازار بشوند.

به گزارش PlasticsEurope در ۲۰۱۵، ۱۹,۴ میلیون تن پلاستیک در آلمان تولید شد و مجموع فروش تولیدکننده های پلاستیک ۲۷ میلیارد یورو بود. در طول چند سال اخیر، نرخ بازده و میزان حجم معاملات نسبتاً

ثابت ماند و نوسان‌های اندکی داشت [۹].

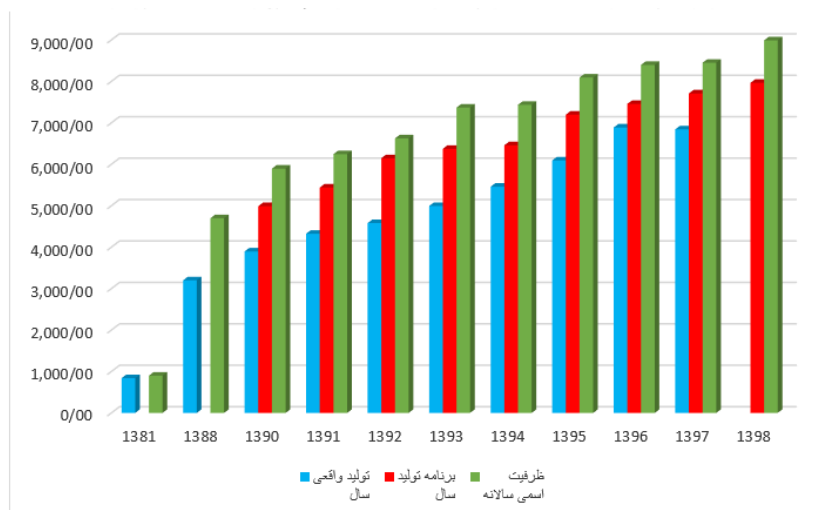
## ۲-۳-۲-۲- وضعیت بازار تولیدی محصولات پلیمر در ایران

ظرفیت اسمی تولید محصولات پلیمری در کشور در سال ۱۳۹۷ حدود ۸/۲ میلیون تن بوده است و با بهره برداری از طرح‌های در دست اجرا، ظرفیت تولید این محصولات ارزشمند به ۱۶/۶۱ میلیون تن خواهد رسید. نمودار زیر روند افزایش ظرفیت اسمی تولید انواع محصولات پلیمری را از سال ۱۳۹۰ تا تیرماه سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است این نمودار در همه این سال‌ها روند صعودی داشته است و به رغم کند شدن آهنگ رشد ظرفیت تولید، که بیشتر به دلایل سیاسی مخصوصاً تحریم بوده است، رشد همچنان ادامه داشته است.



شکل (۲-۱۱) - روند افزایش ظرفیت اسمی تولید انواع محصولات پلیمری کشور [۱۰]

نمودار شکل (۲-۱۱) نیز ظرفیت تولید اسمی سالانه و برنامه تولید سال محصولات پلیمری را در بازه زمانی سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهند. همانطور که در این نمودار مشهود است، ظرفیت تولید اسمی همواره در طول این دوره همواره در حال افزایش بوده است و برنامه تولید سال نیز از همین روند تبعیت می‌کند. اگرچه، میزان رشد ظرفیت تولید در همه سال‌ها یکسان نیست.



شکل (۲-۱۲) - ظرفیت تولید اسمی سالانه و برنامه تولید سال محصولات پلیمری (۱۳۸۱-۱۳۹۸؛ هزار تن)

[۱۰]

یکی از مولفه های مهم در بررسی وضعیت پیشرفت صنعت پتروشیمی در بخش تولید پلیمرها ظرفیت تولید اسمی آنها است. هرچه ظرفیت اسمی تولید بیشتر باشد و در طول زمان رشد بیشتری داشته باشد نشان دهنده پیشرفت این است که صنعت تولید پلیمرها توانسته ضمن حفظ بازار جایگاه خود را نیز ارتقا بخشد. جدول زیر ظرفیت تولید اسمی انواع محصولات پلیمری را در سال ۱۳۹۸ نشان می دهد.

جدول (۲-۳) - ظرفیت تولید اسمی انواع محصولات پلیمری در سال ۱۳۹۸ [۱۰]

| ظرفیت اسمی (هزار تن در سال) | محصول                                  |
|-----------------------------|----------------------------------------|
| ۲۵                          | پلی کربنات (PC)                        |
| ۱۰                          | رزین های اپوکسی (جامد و مایع)          |
| ۷۱                          | پلی آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) |
| ۳۸                          | لاستیک مصنوعی (PBR)                    |
| ۷۰                          | لاستیک مصنوعی (SBR)                    |
| ۳۰۰                         | پلی اتیلن سنگین / متوسط                |
| ۱۳۳۵                        | پلی اتیلن سنگین / سبک خطی              |
| ۱۳۰۰                        | پلی اتیلن سبک                          |
| ۱۸۷۵                        | پلی اتیلن سنگین                        |
| ۷۴۵                         | پلی وینیل کلراید (PVC)                 |
| ۱۰۹۵                        | پلی پروپیلن                            |
| ۷/۵۵۱                       | PET Fiber                              |
| ۹۴                          | پلی استایرن مقاوم (HIPS)               |
| ۹۰                          | پلی استایرن معمولی (GPPS)              |
| ۲۶۵                         | پلی استایرن انبساطی (EPS)              |

همانطور که مشاهده می‌کنید بیشترین ظرفیت تولید اسمی به پلی اتیلن سنگین اختصاص دارد که به میزان ۱.۸۷۵ هزار تن در سال تولید می‌شود. پس از آن پلی اتیلن سنگین/ سبک خطی با ظرفیت ۱.۳۳۵ هزار تن رتبه دوم و پلی اتیلن سبک با ۱.۳۰۰ هزار تن در رتبه سوم قرار دارد.

این روند تقریباً در همه ادوار و در همه کشورها تکرار می‌شود و فقط ممکن است اندکی نوسان داشته باشد، چون انواع پلی اتیلن اعم از سبک و سنگین و سبک خطی جزء پرمصرف ترین پلاستیک ها هستند و از این رو تولید آنها همیشه در همه کشورها از اهمیت و اولویت بالایی برخوردار است.

هم‌اکنون سهم ایران در تجارت پلی‌اتیلن خاورمیانه و کل جهان به ترتیب معادل ۱۰/۸ و ۲/۹ درصد است و پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که سهم ایران در افق ۲۰۲۵ به ترتیب معادل ۴۷/۸ و ۱۶/۹ درصد خواهد بود. نمودار زیر چشم انداز سهم ایران در تجارت پلی اتیلن در خاورمیانه و جهان را به تصویر می‌کشد.



شکل (۲-۱۳) - چشم‌انداز سهم ایران در تجارت پلی‌اتیلن خاورمیانه و جهان [۱۰]

آخرین آمارها نشان می‌دهد که ظرفیت تولید پلی‌پروپیلن ایران در سال ۱۳۹۷ حدوداً ۱۰۰۹۵ هزار تن بوده است. در واقع می‌توان گفت که نسبت ظرفیت عملی به ظرفیت اسمی تولید پلی‌پروپیلن در این سال نزدیک به ۷۰ درصد بوده و هم‌اکنون ۳۴۲ هزار تن ظرفیت خالی برای تولید پلی‌پروپیلن در کشور وجود دارد.

ایران در سال ۲۰۲۵، از تجارت پلی‌پروپیلن در منطقه خاورمیانه سهم ۳۹/۴ درصدی و در کل جهان سهم ۲۳/۶ خواهد داشت. نمودار زیر چشم انداز سهم ایران در تجارت پلی پروپیلن خاورمیانه و جهان را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۴) - چشم‌انداز سهم ایران در تجارت پلی‌پروپیلن خاورمیانه و جهان [۱۰]

معاون وزیر نفت در امور پتروشیمی به ظرفیت تولید ۹ میلیون تن انواع پلیمر در کشور اشاره کرد و گفت: این عدد با بهره‌برداری از طرح‌های در حال ساخت جهش سوم صنعت پتروشیمی با ۱۲۰ درصد افزایش به ۲۱ میلیون تن در سال ۱۴۰۴ می‌رسد.

در صنعت برق و انرژی، بیشترین سهم کاربرد مواد پلیمری، به کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مربوط می‌شود که در بخش بعدی به طور مفصل‌تری به آن پرداخته شده است.

### ۳-۲-۳- وضعیت کامپوزیت‌ها

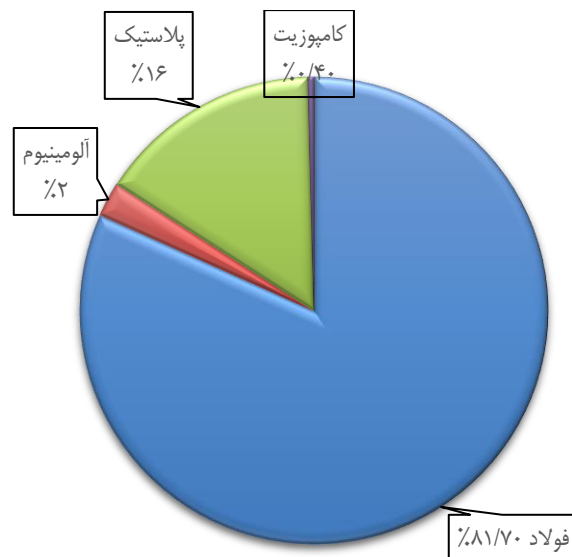
در این قسمت به بررسی وضعیتی داخلی و جهانی کامپوزیت‌های مورد استفاده در صنعت برق و انرژی (که حدود ۹۰٪ کامپوزیت‌های زمینه پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) هستند)، پرداخته می‌شود.

#### ۱-۳-۳-۲- وضعیت جهانی کامپوزیت‌ها

در کل مواد کامپوزیتی نسبت به سایر مواد مصنوعی، از قدمت کمتری برخوردارند. عرصه کامپوزیت‌های امروزی را می‌توان با ساخت باکالیت در سال ۱۹۰۷ هم‌زمان دانست. کامپوزیت‌های الیاف شیشه نیز از سال‌های نزدیک به ۱۹۴۰ میلادی به عرصه کاربرد رسیده‌اند. از این‌رو حجم مصرف کامپوزیت‌ها با سایر مصالح سنتی، فاصله زیادی دارد. اما با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد کامپوزیت‌ها، استفاده از این مواد در تمام صنایع و از جمله در صنعت برق و انرژی در حال رشد است.

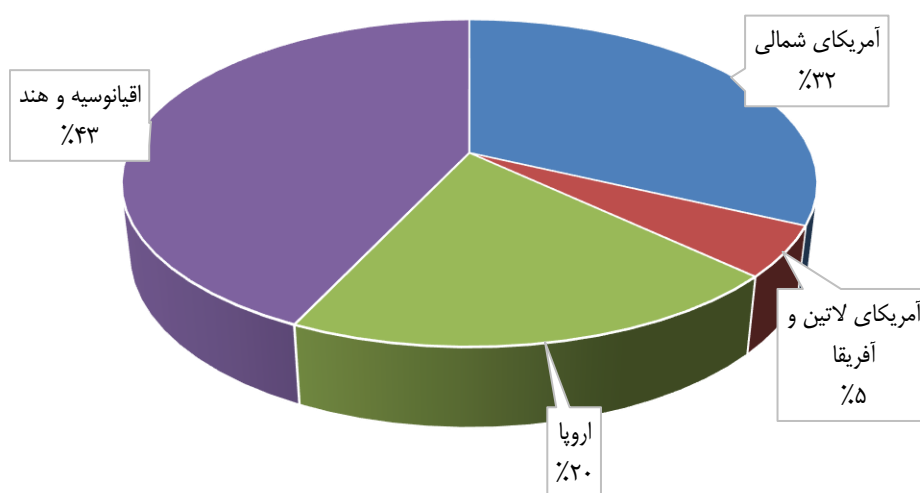
در مقایسه با پلاستیک‌ها، بازار مواد کامپوزیت کوچک‌تر است، به نحوی که در سال ۲۰۱۴ تنها ۰/۴ درصد از کل بازار مواد را به خود اختصاص داد (شکل ۲-). البته هنوز در بسیاری از کاربردها، کامپوزیت‌ها می‌توانند جایگزین فولاد و آلومینیوم شوند و هزینه‌های کمتر کامپوزیت‌ها طی مدت استفاده از آن‌ها، مهم‌ترین عامل افزایش تقاضا برای آن‌هاست. انتظار می‌رود که تقاضا برای کامپوزیت‌ها هم‌چنان افزایش یابد. بیشترین میزان رشد نیز در دو حوزه حمل‌ونقل و ساخت‌وساز مورد انتظار است.

از نظر جغرافیایی، اروپا، آمریکای شمالی و آسیا (به‌خصوص هند و چین) بازیگران اصلی صنعت کامپوزیت محسوب می‌شوند. در سال ۲۰۱۲ حجم بازار جهانی کامپوزیت ۸/۷ تن معادل ۷۷ میلیارد یورو تخمین زده شده است. اروپا به‌طور مشخص بر کامپوزیت‌های با عملکرد بالا تمرکز دارد و از این رو ۲۲ درصد حجمی و ۳۳ درصد ارزش بازار را به خود اختصاص داده است. این وضعیت در مورد آسیا برعکس است و ۴۳ درصد حجمی و تنها ۳۱ درصد ارزش بازار به آن تعلق دارد [۱۱].



شکل (۲-۱۵) - بازار مواد مختلف در جهان [۱۱]

همان گونه که در شکل (۲-۱۵) دیده می شود، افزایش سهم آسیا در تجارت جهانی کامپوزیت در سال ۲۰۱۴ نیز ادامه داشته است. چین، هند و آسیای جنوب شرقی، در حالی ۴۳ درصد حجم بازار را به خود اختصاص داده اند که سهم آمریکای شمالی ۳۲ درصد و اروپا تنها ۲۰ درصد بوده است. از سوی دیگر به لحاظ ارزش، ماجرا متفاوت است. ایالات متحده ۹۵ درصد از بازار آمریکای شمالی را به خود اختصاص داده است و سهم خود آمریکای شمالی از بازار جهانی کامپوزیت، ۳۲٪ ارزش بازار، معادل ۲۰ میلیارد دلار است. پس از آن، چین با ۲۶ درصد (بقیه مناطق آسیا در مجموع ۱۷ درصد) رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. این اختلاف، علاوه بر ارتباط با تفاوت هزینه های تولید در دو منطقه، می تواند بدان معنا باشد که شرکت های آمریکایی محصولات با ارزش افزوده بیشتری تولید می کنند و کشورهای آسیایی بازارهای عمومی تری را هدف گرفته اند.



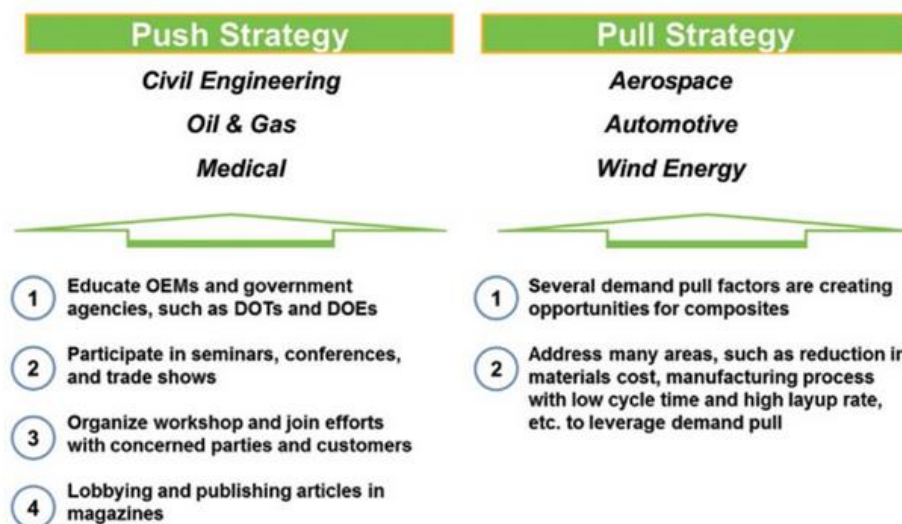
شکل (۲-۱۶) - سهم بازار کامپوزیت در مناطق جغرافیایی مختلف جهان در سال ۲۰۱۴ [۱۱]



در کل، به نظر می‌رسد که صنعت کامپوزیت در کشورهای در حال توسعه مانند هند، چین، روسیه و برزیل که در آن‌ها سرانه تولید ناخالصی داخلی (GDP) کم است و جای پیشرفت بیشتری وجود دارد، بیشترین رشد را داشته باشد.

پذیرش بیشتر مواد کامپوزیتی از سوی سازندگان صنایع مختلف، موجب افزایش استفاده از این مواد شده است. امروزه کامپوزیت‌ها در انرژی بادی، کشتی‌رانی، ساخت‌وساز، هوافضا، صنایع نظامی و دفاعی، خودروسازی، کالاهای ورزشی، لوله‌ها، مخازن و بسیاری کاربردهای دیگر استفاده می‌شوند. کامپوزیت‌ها نسبت به مواد قدیمی‌تر مزایای بسیاری نظیر استحکام کششی بیشتر، وزن کمتر، مقاومت خوردگی بیشتر، پرداخت سطح بهتر و فراورش آسان دارند. با وجودی که این مواد نسبت به مواد قدیمی‌تر مانند آلومینیوم فولاد، بتن و چوب گران‌تر هستند ولی کامپوزیت‌ها در مواردی که مقاومت خوردگی، کاهش وزن و کاهش مصرف سوخت موردنظر باشد اهمیت پیدا می‌کنند. میزان نفوذ کامپوزیت‌ها در هر کاربرد بسته به نیازمندی‌های عملکردی مورد نیاز متفاوت است. شرکت Lucintel دو دیدگاه استراتژی متمایز push و pull را معرفی کرده است که می‌توانند به رشد صنعت کامپوزیت کمک کنند. در بازار، استراتژی push برای محصولاتی به کار می‌رود که به طور مستقیم به دست مشتری‌ها رسانده می‌شود (محصولات به سمت مشتری‌ها هل داده می‌شوند) مانند محصولات پزشکی، نفت و گاز، مهندسی عمران و شهرسازی که باید با مجاب کردن مشتریان، کاربرد مواد کامپوزیت را در این حوزه توسعه داد. در استراتژی pull به جای اینکه محصول به مشتری داده شود، مشتری ترغیب می‌شود تا خود به صورت فعال به دنبال محصول بگردد. در واقع استراتژی pull برای محصولاتی است که تقاضاهای موجود در آن، فرصت‌های خوبی را برای گسترش کاربرد مواد کامپوزیت فراهم کرده است. مانند نیازهایی که در صنایع هوافضا، خودرو و انرژی بادی وجود دارد. خلاصه‌ای از این دیدگاه در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است. به عنوان مثالی برای استراتژی pull، بازار کامپوزیت‌های فشرده در سال ۲۰۱۱ کمتر از ۲ میلیارد دلار بود ولی به دلیل رشد تقاضا در بخش‌های هوافضا، صنایع دفاعی، حمل‌ونقل و انرژی بادی این رقم در سال ۲۰۱۷ رشد دورقمی برای آن انتظار می‌رود [۱۱].

### Push and Pull Strategies for Driving Composites Growth

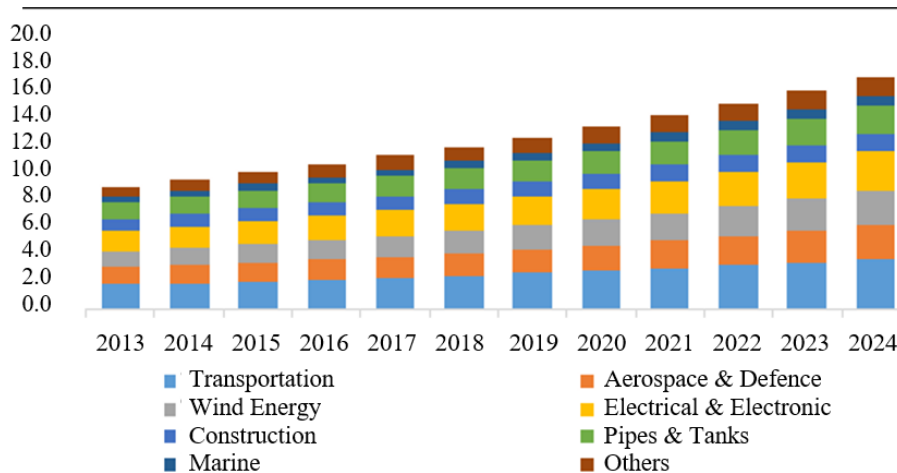


شکل (۲-۱۷) - استراتژی PUSH-PULL برای گسترش صنعت کامپوزیت [۱۱]

در ادامه به بررسی وضعیت دو کشور مهم تولید کننده محصولات کامپوزیتی یعنی آمریکا و چین، پرداخته می‌شود.

### • صنعت کامپوزیت در آمریکا

ایالات متحده بازیگر بزرگی در بازار کامپوزیت است. به طور معمول، اروپا بیشتر کاربردهای فنی و یا محصولات گران را هدف قرار می‌دهد ولی نام ایالات متحده در این عرصه بیشتر شنیده می‌شود و بازار بزرگی در این زمینه دارد. ایالات متحده جهت حفظ بازار خود در تلاش است تا هم حجم تولید را افزایش دهد و هم در زمینه فناوری‌های مربوطه رشد و توسعه ایجاد نماید. به این منظور هم تعداد زیادی از دانشگاه‌ها و دانشکده‌ها، بر روی مواد کامپوزیت تحقیق می‌کنند و هم تأسیس سازمان‌های جدیدی چون موسسه نوآوری در ساخت کامپوزیت‌های پیشرفته (IACMI) در ایالات متحده توسط وزارت انرژی، پیشرفت در این حوزه را شتاب خواهد بخشید. تولید سرانه مواد کامپوزیتی در ایالات متحده با مقدار ۷ کیلوگرم نسبت به تولید ناخالص بومی (GDP) در سال ۲۰۱۴ بزرگ‌ترین سهم را در اختیار داشته است. دو بازار اصلی مواد کامپوزیتی در ایالات متحده، حمل‌ونقل (خودروهای سواری، کامیون و اتوبوس) و ساخت‌وساز هستند که در سال ۲۰۱۳ سهم حجمی قابل توجه ۴۶ درصد را از کاربرد کامپوزیت‌ها در اختیار داشته‌اند. پس از بحران اقتصادی، این دو بخش در ایالات متحده سریع‌تر از اروپا بازیابی شده‌اند [۱۱].



شکل (۲-۱۸) - سهم بازارهای مختلف برای کامپوزیت در آمریکای شمالی در سال ۲۰۱۳ [۱۱]

یکی از بهترین روش‌ها، برای قضاوت در مورد وضعیت یک صنعت معین در هر کشوری بررسی میزان تقاضا برای محصولات آن صنعت است. در مورد کامپوزیت‌ها در ایالات متحده، تقاضا برای محصولات نهایی که گستره وسیعی از لوله‌های حمام گرفته تا پنل‌های سقفی را شامل می‌شود، با رشد ۶/۳ درصدی در سال ۲۰۱۴ به لحاظ ارزش، ۸/۲ میلیارد دلار و به لحاظ حجمی، حمل سالیانه مواد کامپوزیتی با کشتی در ایالات متحده ۲/۵ میلیون تن بوده است. این میزان تقاضا نشان‌دهنده بازار قدرتمند مواد کامپوزیتی است. شاخص‌های اصلی اقتصادی و دینامیک بازار پیشنهاد داده بودند که در صورتی که سرعت رشد سالیانه ۶/۶ درصد باشد، تقاضا برای مواد کامپوزیتی، تا سال ۲۰۲۰ به ۱۲ میلیارد دلار می‌رسد. بر اساس گزارش نرخ رشد سالانه، ارزش بازار مواد کامپوزیتی در ایالات متحده در سال ۲۰۲۰ به ۱۰/۶ میلیارد دلار رسید. اغلب بازارها در حوزه مواد تقویت‌کننده

به الیاف شیشه و در حوزه رزین به رزین پلی استر اختصاص دارد.

از نظر حجم مصرف مواد کامپوزیتی، ایالات متحده پس از چین، دومین کشور است. در سال ۲۰۱۳ ایالات متحده با سرانه ۷/۲ کیلوگرم در مصرف مواد کامپوزیتی، مقاوم اول را داشته است. پس از آن، آلمان با سرانه ۳/۹ کیلوگرم و چین با ۲/۲ کیلوگرم رتبه‌های دوم و سوم را در همان سال داشته‌اند. پیش‌بینی شده بود که در سال ۲۰۲۰ تقریباً ۶۵ درصد از رشد کامپوزیت‌ها در آمریکا به صنایع هوافضا، حمل‌ونقل و ساخت‌وساز مربوط باشد.

پیش‌بینی می‌شود بازار ایالات متحده با رشدی برابر ۱۱/۳ درصد در سال در دوره زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ رو به رو شود. شرکت‌های عمده در این بازار با آژانس‌های تحقیقاتی مختلفی برای یافتن کامپوزیت‌های تقویت شده با فیبر زیست پایه همکاری می‌کنند. کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده زیست پایه مورد نظر این کمپانی‌ها، می‌بایست از فیبرهای مقاوم یا ماتریس‌های پلیمری یا هر دو آنها که مبنی بر منابع تجدید پذیر مختلف هستند، به دست آیند. بازیگران جهانی حاضر در این صنعت، سرمایه‌گذاری خود را برای ساختن و توسعه تکنیک‌های جدید و نوآورانه برای تولید کامپوزیت‌های مقرون به صرفه و موثر انجام می‌دهند. برای مدت طولانی اروپا تولیدکننده اصلی این محصول بود، با این حال طی یک دهه گذشته تغییرات روشنی در قاره آمریکا و آسیا به ویژه در کشورهای هند، چین، برزیل و ایالات متحده رخ داده است که ممکن است به زودی بازار را از دست اروپایی‌ها به عنوان بزرگترین تولیدکننده کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف خارج سازد.

#### • صنعت کامپوزیت در چین

کشور چین با داشتن ۱۸/۹ درصد از جمعیت جهان، یکی از پرجمعیت‌ترین کشورهای جهان است. این کشور بیشترین حجم کامپوزیت‌ها را تولید می‌کند. بر اساس گزارش‌های انجمن صنعت الیاف شیشه چین (CFIA) و انجمن صنعت کامپوزیت چین (CCIA)، تولید کامپوزیت در چین در سال ۲۰۱۴ به ۴/۳۳ میلیون تن رسیده است که نسبت به سال قبل ۵/۶ درصد افزایش داشته است [۱۱].

اقتصاد کشور چین در بسیاری موارد تحت تأثیر برنامه‌ها و تصمیمات دولتی است که تعیین‌کننده جهت حرکت اقتصادی این کشور می‌باشد. در دوازدهمین برنامه پنج‌ساله این کشور (از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ میلادی) مواد پیشرفته یکی از هفت اولویت کشور چین شناسایی شده‌اند. پلیمرهای پیشرفته و کامپوزیت‌های با کارایی بالا، دو گروه مهم از شش زمینه اصلی مواد پیشرفته هستند که در دهه گذشته پیشرفت زیادی داشته‌اند. پیشرفت در این حوزه‌ها به میزان زیادی به سیاست‌گذاری‌ها و حمایت دولت در ایجاد تقاضا بستگی دارد. در واقع در چین، انگیزه و سرمایه‌گذاری دولت موجب جذب فعالیت در بازار می‌شود.

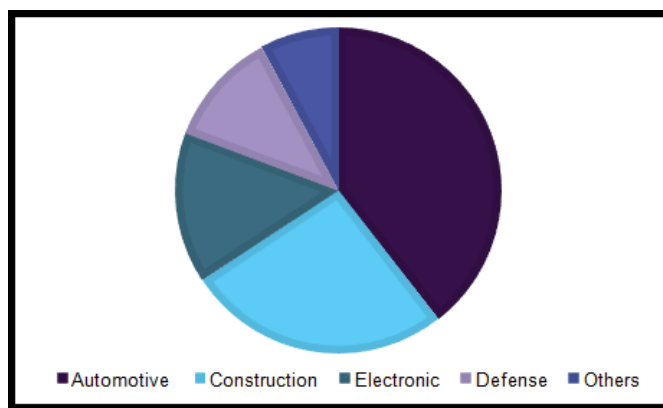
در حال حاضر کشور چین بزرگ‌ترین سازنده الیاف شیشه و یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و در عین حال مصرف‌کنندگان رزین پلی استر غیراشباع و اپوکسی در جهان است و در زمینه الیاف کربن در جایگاه خوبی قرار دارد. هر چند، صنعت کامپوزیت این کشور، با چالش‌های جدیدی در ارتباط با پیشرفت کشور مثل افزایش هزینه‌های نیروی انسانی روبروست ولی به عقیده Starman نایب‌رئیس شرکت Tencate این پیشرفت‌ها سنگ بنای صنعت کامپوزیت با چشم‌انداز بازار وسیع در زمینه‌هایی مانند هوافضا، انرژی تمیز و وسایل نقلیه با انرژی تمیز را تشکیل می‌دهد. گام بعدی برای این کشور در توسعه صنعت کامپوزیت، پیشرفت در زمینه کاربردها است. بازار کامپوزیت چین طی بیست سال گذشته به سرعت و پیوسته پیشرفت کرده است، ضمن آنکه رشد دو بخش انرژی بادی و ساختمان در دهه اخیر نیز به پیشرفت آن شتاب بخشیده و سرعت رشد سالیانه آن را دورقمی

نموده است. تمامی بخش‌های کاربرد در رشد صنعت کامپوزیت این کشور نقش دارند ولی علاوه بر آن، دسترسی آسان و ارزان به مواد اولیه (شامل الیاف شیشه و کربن، رزین پلی‌استر غیراشباع و سایر رزین‌های گرماسخت، و نیز پلیمرهای گرمانرم که هم از نظر فنی و هم تجاری اثرگذار هستند) در این گسترش نقش مهمی ایفا می‌کنند. رزین‌های گرماسخت در سال ۲۰۱۲ با سرعت رشد حجمی برابر ۲/۷ درصد (کمتر از ۱۰/۵ درصد در سال ۲۰۱۱) به ۲/۷ میلیون تن و گرمانرم‌های تقویت‌شده با الیاف (FRTP) با نرخ رشد ۱۰ درصد (کمتر از ۲۹/۷ درصد در سال ۲۰۱۱) به ۱/۱۸ میلیون تن رسیده است. همچنین، از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۲ تولید الیاف شیشه با رشد ۳ درصدی به ۲/۸۸ میلیون تن و تولید رزین پلی‌استر غیراشباع با سرعت ۴/۵ درصد به ۱/۶۴ میلیون تن رسیده است.

در ادامه، با توجه به اینکه ۹۰ درصد کامپوزیت‌های مورد استفاده در صنایع را کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف تشکیل داده‌اند، به طور جزئی‌تر به بررسی این مورد پرداخته می‌شود.

#### • وضعیت کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف

بر اساس انواع فیبرها (الیاف)، این صنعت به کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه‌ای، کربنی، بازالت و آرامید تقسیم شده است. لیکن کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با الیاف شیشه موسوم به GFRP با انعطاف‌پذیری قابل توجه و استحکام بالا، بیش از ۶۵ درصد سهم بازار کامپوزیت‌های تقویت‌شده را در اختیار خود دارد (شکل ۲-۱۹).



شکل (۲-۱۹) - سهم صنایع گوناگون از کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف [۱۲]

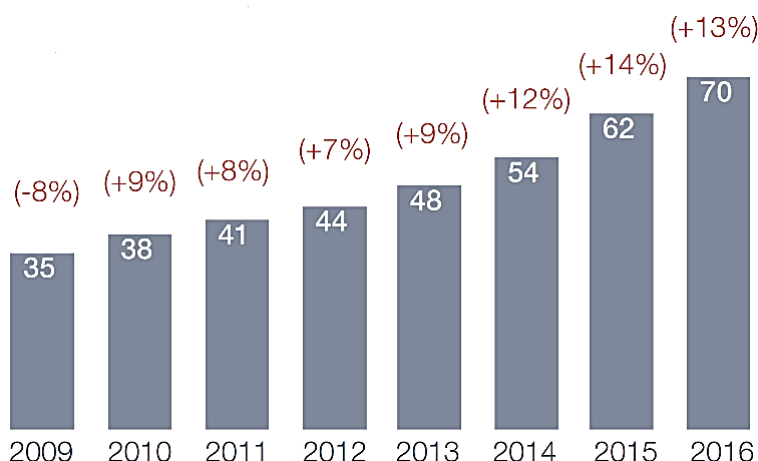
آمریکای شمالی و اروپا بازارهای عمده این محصول در سالهای اخیر بوده‌اند. این مناطق در حدود ۶۰ درصد از مصرف کل این صنعت (صنعت کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف) را به خود اختصاص داده‌اند. آمریکایی شمالی نماینده یک منطقه اقتصادی مهم برای این صنعت است. پیش بینی می‌شود، بازار کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف هند و چین به دلیل افزایش ساخت و ساز، توسعه صنایع خودروسازی در منطقه، رشدی بالاتر از متوسط جهانی را تجربه خواهند کرد [۱۲].

در سال ۲۰۱۶ میلادی گزارش شد که ظرفیت تولید جهانی الیاف شیشه برای کامپوزیت‌ها ۱۱ میلیارد پوند بوده است. سازندگان الیاف شیشه واحدهای عملیاتی الیاف شیشه خود را در سالهای اخیر توسعه داده‌اند.

شرکتهای Jushi و AGY، Johns Manville، Chongqing Polycomp International Corporation واحدهای تولیدکننده الیاف شیشه در آمریکای جنوبی و آمریکای شمالی را راهاندازی کرده‌اند. شرکت LANXESS مبلغ ۱۹/۵ میلیون دلار سرمایه‌گذاری کرده تا ظرفیت کارخانه الیاف شیشه در بلژیک را افزایش دهد و شرکت Johns Manville مبلغ ۶۵ میلیون دلار جهت توسعه ظرفیت کارخانه الیاف شیشه در اسلواکی هزینه کرده است. شرکت Jushi در چین در سال ۲۰۱۳ کارخانه‌ای با ظرفیت ۸۰ هزار تن در مصر تأسیس کرد و در سال ۲۰۱۸، ۸۰ هزار تن دیگر به آن اضافه کرد.

در بازار انرژی بادی، افزایش طول تیغه نیازمند استفاده از موادی با عملکرد بالاتر است تا سفتی را افزایش و وزن را کاهش دهد. در راستای برآورده ساختن این چالش‌ها، شرکت Owens Corning، Jushi و AGY خط تولید الیاف شیشه‌ای با سفتی و استحکام بالا را راهاندازی کرده‌اند.

تقاضای جهانی برای الیاف کربن در سال ۲۰۱۶ با نرخ رشد ۱۲ درصدی به ۷۰ هزار تن رسید و میانگین نرخ رشد ۱۰ درصد بوده است (شکل ۲-۲۰). صنایعی که باعث چنین رشدی شده‌اند شامل صنعت هوافضا، انرژی بادی و کاربردهای جدید در صنعت خودرو می‌باشند.



شکل (۲-۲۰) - تقاضای جهانی برای الیاف کربن (بر حسب تن) [۱۳]

پیش‌بینی می‌شود اگر نرخ رشد الیاف کربن تنها ۸ درصد باشد، حجم این صنعت تا سال ۲۰۲۵ به ۱۲۵ هزار تن برسد [۱۳].

از مهم‌ترین موارد کاربرد FRP در صنعت برق و انرژی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

#### • پره‌های توربین بادی

تقریباً تمام پره‌های توربین بادی از کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف ساخته شده‌اند. با بهبود ویژگی‌های پلیمر یا الیاف، می‌توان عملکرد توربین بادی را افزایش داد. تحقیقاتی در سطح دنیا در حال انجام است که نانو مواد را به این کامپوزیت‌ها اضافه می‌کنند و خواص عملکردی را بهبود می‌بخشند. به عنوان مثال، نانولوله‌های کربنی به دلیل ویژگی‌های مکانیکی خاصی که دارند از بهترین گزینه‌ها برای استفاده در پره توربین بادی هستند که می‌توانند به دو روش اضافه شوند؛ اضافه کردن نانولوله‌های کربنی به رزین پلیمری و رشد

نانولوله‌های کربنی روی سطح الیاف. تحقیقات زیادی بر روی نانوکامپوزیت‌های متشکل از اپوکسی، الیاف شیشه و نانولوله کربنی برای پره توربین بادی صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که این مواد دارای پتانسیل بالایی برای ساخت پره‌هایی با استحکام بیشتر و مقاومت خستگی بهتر هستند. به عنوان مثال افزودن نانولوله‌های کربنی به میزان نیم درصد به کامپوزیت باعث می‌شود تا خواص خستگی، تنش برشی و یا استحکام فشاری آنها بین ۳۰ تا ۸۰ درصد بهبود یابد. همچنین مطالعات گروه Loos و همکارانش نشان داد که افزودن مقادیر بسیار کمی از نانولوله‌های کربنی به ماتریس‌های اپوکسی و وینیل استر، باعث افزایش ۱۵۰۰ درصدی طول عمر قطعات می‌شود. همچنین این مطالعات در نانو ساختارهای دیگری مانند گرافن نیز تکرار شد که خواص امیدبخشی را برای پره‌های توربین‌ها به ارمغان آورده است. Koratkar و همکارانش نیز در یک ایده مناسب، از یک الی پنج درصد از نانو الیاف کربنی برای سطح الیاف شیشه استفاده کردند که نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن است که پره‌های تهیه شده برای ۲ MW تا ۵ MW دارای خواص کششی، مدول و طول عمر بالاتری هستند و در عین حال حدود ۲۰ درصد وزن کمتری نسبت به نمونه مشابه دارند. البته نباید فراموش کرد که استفاده از نانوذرات همیشه باعث بهبود خواص مکانیکی و فرآیندی نمی‌شود. در برخی از مطالعات مشاهده شده است که استفاده از برخی نانوذرات منجر به تغییر دمای شیشه‌ای پلیمر می‌شود که در نتیجه آن خواص فرآیندی کامپوزیت محدود می‌شود.

در حال حاضر چهار شرکت اصلی در صنعت توربین‌های بادی که از نانومواد استفاده می‌کنند، شرکت‌های GE، Siemens، Vestas و Eagle Wind Power Ltd. هستند. شرکت Siemens تعدادی پروژه‌ی R&D دارد که در حال تحقیق بر روی استفاده از نانومواد در توربین بادی هستند. کمپانی Eagle Wind Power Ltd. نیز به دنبال افزایش کارایی پره توربین بادی با استفاده از زیرین‌های تقویت شده با نانولوله کربنی است. شرکت‌های Siemens و BMC همچنین اظهار داشته‌اند که نانوکامپوزیت‌های حاوی نانولوله کربنی که بسیار مستحکم هستند و رسانایی خوبی دارند، می‌توانند در پره ژنراتورهای بادی به کار روند. برخی از شرکت‌ها مانند Amroy، Eagle windpower، Evergreen و Hexcel نیز در حال توسعه یا فروش نانولوله‌های کربنی برای کاربرد در توربین بادی هستند [۱۴].

### • تیرهای برق و بازوهای عرضی

تیرهای انتقال و کراس آرم‌های به کاررفته بر روی تیرها از نقاط حساس و کلیدی در خطوط انتقال و توزیع به حساب می‌آیند. مهم‌ترین مزیت تیرهای کامپوزیتی کم وزن بودن این تیرها است و نصب این تیرها دستی انجام می‌شود و همچنین به نیروی انسانی کمی نیاز دارند. تیرهای کامپوزیتی می‌توانند رنگی تولید شوند و برای انتخاب جذاب‌تر باشند. ضمن اینکه این تیرها سمی نیستند و مواد مناسبی برای محیط زیست هستند. تیرهای کامپوزیتی سختی بیشتری نسبت به تیرهای چوبی دارند، در برابر ارتعاشات بسیار مقاوم‌ترند و به راحتی تنش‌های دینامیکی را مستهلک می‌کنند.

### • مخازن

در مخازن از FRPها به دلیل مقاومت بالا در برابر فشار استفاده می‌کنند که می‌تواند فشارهای بسیار زیادی را تحمل کند. از این رو استفاده از روش رشته پیچی برای تهیه این نوع مخزن‌ها مرسوم است.

### • مقره‌ها

امروزه مقره‌های سرامیکی رایج با مقره‌های ساخته شده از کامپوزیت‌های پلیمری جایگزین می‌شوند. مقره‌های

کامپوزیتی غیر سرامیکی از دو جز تشکیل می‌شوند. هسته آن از کامپوزیتی از الیاف شیشه به همراه پلی‌استر یا اپوکسی است و پوشش از پلیمرهای عایق‌بندی شده مانند لاستیک سیلیکون (PDMS)، کوپلیمر اتیلن وینیل استات (EVA)، اتیلن پروپیلن دی ان لاستیک (EPDM) و ... ساخته می‌شود. مزیت اصلی مقره‌های کامپوزیتی نسبت به مقره‌های سرامیکی متداول وزن سبک، حمل‌ونقل آسان (نشکستنی) و نصب ساده آن‌ها در خطوط انتقال برق است.

## ۲-۳-۳-۲- وضعیت کامپوزیت در ایران

طبق استاندارد بین‌المللی، شاخص توسعه‌یافتگی از دیدگاه صنعتی کامپوزیت، مصرف سرانه معادل ۳ کیلوگرم به ازای هر شهروند است. ۹۵/۸ درصد کامپوزیت‌های مورد استفاده در ایران، کامپوزیت‌های پایه پلیمری هستند و بیشترین حجم مصرف آنها مختص صنایع ساختمان و حمل و نقل می‌باشد.

استفاده از کامپوزیت‌ها در صنایع به منظور حفاظت در برابر خوردگی که در قالب لوله و مخازن نمود پیدا می‌کند، مقام چهارم را به خود اختصاص داده است و این در حالی است که بخش عمده‌ای از صنایع کشور از مشکل خوردگی و تبعات هزینه ناشی از آن رنج می‌برند. خوردگی در ایران در سال ۱۳۷۹ معادل ۲۷۰۰ میلیارد ریال بر اساس ۵ درصد از تولید ناخالص ملی برآورد شده است که براساس تقسیم‌بندی انجام شده از سوی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران خسارت مستقیم خوردگی در چهار بخش اصلی برای سال ۱۳۷۹ محاسبه گردیده است. در حال حاضر علیرغم جوان بودن صنعت کامپوزیت در کشور، اکثر روش‌های تولید پیشرفته همانند روش پیچش الیاف، روش SMC و روش قالب بسته برای تولیدات مختلفی همانند لوله، قطعات خودرو و پره توربین بادی و ..... استفاده می‌شود و توسعه این صنعت نیازمند عزم جدی متخصصان، اندیشمندان و مسئولان در بسترهای مرتبط با این صنعت می‌باشد.

در واقع می‌توان گفت صنعت کامپوزیت ایران از دنیا عقب‌تر است و دلیل اصلی این عقب‌ماندگی به مشکل تامین مواد اولیه برمی‌گردد. هرچند دهه از ورود کامپوزیت‌های ساده پلیمری تقویت‌شده با الیاف شیشه (معروف به فایبرگلاس) به بازار ایران می‌گذرد، ولی صنعت کامپوزیت در ایران هنوز گریبانگیر مشکلاتی است که باعث شده است این مواد مفید مهندسی به جز در چند حوزه محدود، چندان مورد توجه قرار نگیرند. از جمله این مشکلات به "تأمین مواد اولیه"، "ناآشنایی جامعه با مزایای تکنولوژی کامپوزیت" و "کمبود قوانین حمایتی" می‌توان اشاره کرد که در این میان مشکل اول بارزتر می‌نماید.

کامپوزیت‌های پلیمری بیشترین حجم مصرف کامپوزیت‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. مواد اولیه این کامپوزیت‌ها عبارتند از: پلیمرهای زمینه و الیاف تقویت‌کننده که اغلب از جنس الیاف شیشه هستند. مشکل تامین پلیمرهای زمینه مورد نیاز صنعت کامپوزیت، کمتر از مشکل تهیه الیاف شیشه است؛ چرا که مقداری از نیاز کشور در صنایع پتروشیمی داخلی تولید می‌شود و در زمینه خرید خارجی هم مشکل حادی وجود ندارد. تامین الیاف شیشه به گفته بسیاری از کارشناسان و صنعت‌گران، عمده‌ترین مشکل صنایع کامپوزیتی کشور است. در زمینه وضعیت داخلی محصولات کامپوزیتی مورد استفاده در صنعت برق کشور، در ادامه به ذکر چند مورد که در داخل کشور تولید می‌شوند، پرداخته می‌شود.

## • لوله‌ها و مخازن

شرکت تولیدی صنعتی فراسان و شرکت فراپاکس را می‌توان به ترتیب به عنوان تولیدکنندگان داخلی لوله‌ها و

مخازن کامپوزیتی معرفی کرد. این لوله‌ها و مخازن از جنس کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه هستند که مقاومت به خوردگی بالایی دارند.

#### • بازوهای عرضی

کراس آرم‌ها از اجزاء اصلی شبکه‌های توزیع محسوب می‌شوند و علاوه بر دارا بودن خواص مکانیکی قابل قبول باید دارای خواص عایق مناسب نیز باشند. شرکت کامپوزیت آسیا بازوهای عرضی کامپوزیت را از جنس GFRP تولید می‌کند.

#### • پره‌های توربین بادی

شرکت صبا نیرو توانایی تولید پره‌هایی به طول ۲۳ متر را دارد. این شرکت تاکنون موفق شده پروژه‌های مختلفی، مانند نصب و راه اندازی ۱۴۳ واحد توربین برای احداث نیروگاه ۹۰ مگاواتی در مزارع بادی منجیل، هرزویل و سیاهپوش استان گیلان، پروژه تولید، نصب و راه اندازی ۴۳ واحد توربین ۶۶۰ کیلو واتی برای احداث مزرعه بادی بینالود استان خراسان رضوی و پروژه تولید و نصب ۳ دستگاه توربین به کارفرمایی بخش خصوصی را به انجام برساند و در حال مذاکره جهت عقد قراردادهای دیگری نیز در این خصوص است.

#### • میلگردهای کامپوزیتی مورد استفاده در ساخت تیرهای برق بتنی

شرکت کامپوزیت آسیا یکی از تولید کنندگان میلگرد های کامپوزیتی در ایران است. میلگردهای کامپوزیتی مورد استفاده در ساخت تیربرق های بتنی کارایی خیلی بهتری نسبت به میلگرد های فولادی دارند و به روش پالتروژن ساخته می شوند.

#### • مغزی کامپوزیتی هادی پر ظرفیت

شرکت پویا باد نیرو تولید کننده داخلی هادی پر ظرفیت ACCC است. این هادی از مغزی کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف کربن تشکیل شده است. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از کامپوزیت در هادی‌ها این است که به دلیل سبک‌تر و مقاوم‌تر بودن هسته‌های کامپوزیتی نسبت به هسته‌های فولادی، راندمان انتقال برق بدون افزایش ضخامت هادی‌های برق افزایش می‌یابد.

### ۴-۲- بررسی جزئیات مطالعات مسیر آینده کاربرد مواد غیرفلزی در حوزه تولید، انتقال و توزیع

#### برق

کاربرد مواد غیرفلزی مختلف در صنعت برق به هر سه حوزه اصلی این صنعت، یعنی تولید، انتقال و توزیع مربوط می‌شود و امید است با تداوم پژوهش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای و از طریق ارتقا خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی مواد غیرفلزی بتوان طول عمر قطعات و تجهیزات کاربردی هر سه حوزه تولید، انتقال و توزیع را ارتقا داد.

بعد از برگزاری جلسات متعدد پنل خبرگی، ۱۲ محور تخصصی برای گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو تعیین شد که در ادامه به ذکر آنها پرداخته شده و در هر مورد به صورت اجمالی به وضعیت آنها نیز اشاره می‌شود. این محورهای تخصصی به نوعی حوزه‌های کاربرد مواد غیرفلزی در صنعت برق و انرژی را نیز مشخص می‌کنند و به عنوان مبنای اصلی نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی نیز در نظر گرفته می‌شوند.



## ۱- توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق

مواد سرامیکی به واسطه دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر ضریب انبساط حرارتی پایین، خواص مغناطیسی و الکتریکی خاص و منحصر به فرد، مقاومت بالا در برابر خوردگی، دانسیته پایین، هدایت حرارتی مناسب و حفظ استحکام در دماهای بالا می‌توانند در صنایع مختلف بویژه صنعت برق مورد استفاده قرار گیرند.

در اولین کاربرد سرامیک‌ها در صنعت برق، از مزیت پایداری آن‌ها در شرایط بد آب و هوایی و یا مقاومت الکتریکی بالای آن‌ها برای تولید بدنه عایق‌های الکتریکی بهره گرفته شد. این عایق‌ها برای انتقال و جداسازی رساناهای الکتریکی در کاربردهایی از خطوط نیرو گرفته تا مقاومت هسته‌های سیم پیچ و المنت‌های حرارتی مورد نیاز هستند. در مقابل برخی سرامیک‌ها، جریان الکتریسیته را به خوبی هدایت می‌کنند (هدایت یونی). به همین دلیل در دو دهه اخیر این مواد به دلیل نقش تعیین کننده خود در فناوری پیل سوختی، باتری و حسگرها مورد توجه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، ابررساناهای سرامیکی، پوشش‌های سد حرارتی، دیرگذاها، جاذب‌ها، کاتالیست‌ها و غشاهای سرامیکی، نیز می‌توانند به طور گسترده در صنعت برق مورد استفاده قرار گیرند. جاذب‌ها و کاتالیست‌های سرامیکی نقش مهمی در کنترل و کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از نیروگاه‌های حرارتی ایفا می‌کنند. زیرا این نیروگاه‌ها بخش زیادی از سوخت تولیدی در جهان را مصرف و بالطبع آلاینده‌های دفع شده در اثر احتراق این سوخت‌های فسیلی چه بصورت دود، حرارت و یا پساب اثر مهمی بر محیط زیست برجای می‌گذارند. اکسیدهای ازت یا  $\text{NO}_x$  همانند ذرات و اکسیدهای گوگرد  $\text{SO}_x$ ، آلوده کننده‌های مهمی هستند که عمدتاً در اثر احتراق مواد سوختی تولید می‌شوند و اثرات نامطلوبی بر محیط زیست، برجای می‌گذارند. از آنجایی که اکثر نیروگاه‌های کشور در حال گازسوز شدن می‌باشند و مقدار  $\text{NO}_x$  تولیدی نیز احتمالاً بیشتر می‌شود کاهش این آلاینده می‌تواند نقش مهمی در حفظ محیط زیست ایفاء کند. یکی از روش‌های جلوگیری از این آلودگی‌ها استفاده از کاتالیست‌ها است. علاوه بر موارد اشاره شده تولید الکتریسیته از سوختن سوخت‌های فسیلی و گاز طبیعی منجر به تولید دی‌اکسید کربن شده و با توجه به اینکه در حدود ۵۶ درصد الکتریسیته جهان با استفاده از سوخت‌های فسیلی و گاز طبیعی حاصل می‌شود، حجم گاز دی‌اکسید کربن آزاد شده در اتمسفر مقدار قابل توجهی می‌شود. اثر آلاینده‌گی و گلخانه‌ای این گاز موجب گرم شدن کره زمین و به مخاطره انداختن اکوسیستم‌ها و حیات موجودات زنده است و البته گاز دی‌اکسید کربن خود می‌تواند بعنوان خوراک ورودی برخی از واکنش‌های شیمیایی واقع گردیده و منجر به تولید محصولی جدید شود. نمونه‌ای از واکنش‌های شیمیایی که در آن دی اکسید کربن نقش اساسی ایفا می‌کند واکنش فتوسنتز در گیاهان است. لذا منطقی است که دی‌اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی و گاز طبیعی به نحوی کنترل و تبدیل به محصولات با ارزش گردد که هم موضوع آلاینده‌گی آن مرتفع شود و هم بتوان آن را در تولید محصولات با ارزش تر بکار برد. روش‌های متعدد و متنوعی برای حل معضل دی‌اکسید کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی و گاز طبیعی توسط محققین و دانشمندان ارائه شده است که یکی از این روش‌ها بهره‌مندی از پتانسیل بالای کاتالیست‌ها است. کاتالیست‌های سرامیکی پایه آلومینا می‌توانند برای سنتز متانول با استفاده از دی اکسید کربن در نیروگاه‌ها بکار روند که هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و هم دارای فعالیت و پایداری بالایی هستند. متأسفانه علیرغم کارهای مطالعاتی و آزمایشگاهی، عمده کاتالیست‌های کشور وارداتی است و تولید بسیاری از کاتالیست‌ها هنوز قطعی نشده است و دانش آن منحصراً در اختیار کشورهای محدودی در جهان قرار دارد.

با توجه به اثرات مضر اشاره شده در خصوص دی اکسید کربن، می‌توان از غشاها نیز برای جداسازی گاز و

جلوگیری از انتشار آن در محیط زیست استفاده نمود. غشاهای سرامیکی با توجه به پایداری حرارتی، مکانیکی و شیمیایی بالا، در دسترس بودن، هزینه مناسب مواد اولیه، طول عمر زیاد، بالابودن هم زمان گزینش پذیری و شار، گزینه مناسبی برای کاربرد در فرآیند جداسازی گازها و راکتورهای غشایی هستند. به دلیل اینکه بیشتر فرآیندهای نیروگاهی و صنعتی در دماهای بالا و با حضور گازهای مختلف انجام می گیرند، امروزه اقبال به سمت استفاده از غشاهای سرامیکی بیشتر شده است سیلیکا به دلیل قابلیت کنترل ساختار آن توسط تغییر در روش و شرایط آماده سازی، یک ماده مستعد برای ساخت غشاها است. معمولاً این غشاها با استفاده از نشست یک لایه نازک پلیمری بر روی یک پایه متخلخل به روش های سل ژل، نشست شیمیایی بخار و یا تجزیه- حرارتی تهیه می شوند. این مشخصه غشاها کاربرد آن ها را در جداسازی گازها گسترده کرده است.

شایان ذکر است چالش های موجود در نیروگاه های حرارتی نظیر افزایش راندمان، کاهش آلاینده های زیست محیط و بهبود عمر قطعات می تواند با جایگزین کردن اجزاء مختلف توربین ها به وسیله سرامیک ها و کامپوزیت های زمینه سرامیکی مانند SiC/SiC برطرف گردد. با افزایش دما راندمان افزایش پیدا می کند ولی آلیاژهای فلزی مورد استفاده در توربین ها به عنوان محدود کننده در بالا بردن دما عمل می کنند، زیرا خواص مکانیکی آن ها افت می کند. در صورت استفاده از مواد سرامیکی می توان دمای کاری توربین های گاز را به مقدار چشم گیری افزایش داد و در نتیجه راندمان بهبود یافته و آلاینده های محیط زیست به نسبت کاهش پیدا می کنند.

پوشش های سد حرارتی در پره های توربین نقشی بسیار حیاتی را دارا هستند. به عنوان مهمترین گلوگاه فناوری در این عرصه امروزه تهیه پودر زیرکونیای پایدار شده با مشکل مواجه شده است. از این رو سنتز ترکیبات سرامیکی نظیر YSZ به منظور پوشش دهی سطح پره های توربین یکی از چالش های مهم و در راستای رفع نیاز صنعت توربین های گازی به عنوان مهمترین بخش تولید برق در کشور است. همچنین ماهیچه های سرامیکی برای ریخته گری پره های توربین و از بخش های حائز اهمیت این محور می باشد که از خارج از کشور تهیه شده و نقشی مهم در ساخت ایرفویل های پره های توربین دارد.

استفاده از نانوسرامیک های خود تمیز شونده به منظور پوشش دهی بر روی سطوح مستعد خوردگی اعم از دکل ها و پایه های بتنی می تواند راهگشا باشد. نانو ذرات استفاده شده در این پوشش ها اعم از اکسید تیتانیوم و سیلیس منجر به مقاومت آنها به اشعه UV و سایش در برابر ذرات معلق می گردد.

با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت ساخت و استفاده سرامیک ها در صنعت برق، این موضوع به عنوان یکی از محورهای تخصصی گروه پژوهشی مواد غیرفلزی در نظر گرفته شده است. از جمع بندی نتایج پنل های خبرگی، موارد زیر به عنوان زیرمحورهای این محور اصلی در نظر گرفته شدند. مشخص است که کاربرد سرامیک ها و کامپوزیت های آنها در صنعت برق و انرژی فقط به این زیرمحورها محدود نمی شود، اما با نظر خبرگان و توجه به اینکه کمترین هم پوشانی در پروژه های تعریف شده ذیل هر زیرمحور وجود داشته باشد، قرارداد شد که برخی از موارد به محورهای دیگر تعلق یابند و در این محور تمرکز بیشتری بر مواد سرامیکی باشد تا تجهیزات.

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی ساخت سرامیک ها و کامپوزیت های زمینه سرامیکی مورد استفاده در نیروگاه های حرارتی
- تدوین دانش فنی ساخت جاذب ها، کاتالیست ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی
- تدوین دانش فنی ساخت دیرگذاها

- ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی
- تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌ها و لعاب‌ها
- تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی

با توجه به پتانسیل کاربردی بالای مواد سرامیکی در تجهیزات نیروگاهی و صنعت برق کشور در صورت شناسایی دقیق نیازهای تجهیزاتی صنعت و تعریف پروژه‌های کاربردی در سطح مراکز فناوری و پژوهشی، ایجاد شبکه آزمایشگاهی، استفاده از ظرفیت و توان تخصصی داخلی و بین المللی، تبادل همکاری با مراکز تخصصی بین المللی، ایجاد رصدخانه فناوری و انتقال دانش مبتنی بر نیاز صنعت، شبکه‌سازی بین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و حمایت از شرکت‌های دانش بنیان و در نهایت حمایت از ایده‌های فناورانه در کل زنجیره تامین نوآوری، افزایش سطح آمادگی فناوری در قالب ساخت نمونه‌های نیمه صنعتی و آزمون عملکردی آنها در محیط واقعی و نزدیک به واقعیت امکان پذیر خواهد بود.

## ۲- توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق

امروزه مواد پلیمری و کامپوزیتی نقش بسیار گسترده و کاربردهای متنوعی در زمینه‌های مختلف صنعت برق دارند. حضور مواد مختلف پلیمری و کامپوزیتی به شکل‌های متنوع از عایق‌ها و فیلترهای مختلف و ذخیره‌سازها تا پوشش‌ها و کامپوزیت‌های پره توربین‌های بادی، بیانگر اهمیت و قابلیت به کارگیری این مواد و ترکیبات است. در مواد کامپوزیتی می‌توان به دامنه گسترده‌ای از خواص مطلوب (مثل وزن کم، استحکام بالا و مقاومت به خوردگی و دوام مناسب) به صورت همزمان دست یافت، کاربرد این مواد در صنعت برق رشد فزاینده‌ای داشته است و می‌توان گفت که صنعت برق یکی از مصرف‌کنندگان عمده مواد کامپوزیتی و به‌ویژه کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه (FRP) است. استفاده از مواد غیرفلزی FRP در هر سه حوزه تولید، انتقال و توزیع برق در حال توسعه می‌باشد و البته این کاربرد در حوزه انتقال و توزیع به مراتب بیشتر می‌باشد. از مهم‌ترین موارد مصرف مواد FRP در صنعت برق می‌توان به پره‌های توربین‌های بادی، هسته مفره‌های کامپوزیتی، تیرها، دکل‌ها و پایه‌های روشنایی کامپوزیتی، بازوهای عرضی کامپوزیتی و بدنه کامپوزیتی تابلو برق‌ها اشاره کرد.

با وجود اینکه امروزه استفاده از مواد پلیمری در برخی از تجهیزات صنعت برق کشور توسعه پیدا کرده است، اما هم‌چنان یکی از راهکارهای اصلی افزایش طول عمر و ارتقاء عملکرد این تجهیزات، بهبود خواص مواد پلیمری مورد استفاده در ساخت آنها می‌باشد. بنابراین، انجام پژوهش در زمینه پلیمرها و کامپوزیت‌های پلیمری مورد استفاده در تجهیزات به کار رفته در بخش‌های مختلف صنعت برق کشور امری ضروری است. از جمع‌بندی نتایج پنل‌های خبرگی، موارد زیر به عنوان زیرمحوهای این محور اصلی در نظر گرفته شدند. مشخص است که کاربرد پلیمرها و کامپوزیت‌های آنها در صنعت برق و انرژی فقط به این زیرمحوها محدود نمی‌شود، اما با نظر خبرگان و توجه به اینکه کمترین هم‌پوشانی در پروژه‌های تعریف شده ذیل هر زیرمحو وجود داشته باشد، قرارداد شد که برخی از موارد به محوره‌های دیگر تعلق یابند و در این محور تمرکز بیشتری بر مواد پلیمری باشد تا تجهیزات.

### زیرمحوها:

- تدوین دانش فنی ساخت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی

- تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری و رزین‌ها
- ارتقا مواد و بهبود خواص اجزای پلیمری کابل
- تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی و حرارتی
- تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، غشاها و فیلترهای پلیمری
- تدوین دانش فنی سنتز روغن‌های پلیمری
- ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در قطعات و تجهیزات صنعت برق
- تدوین دانش فنی سنتز الیاف پلیمری

امید است با پیش برد برنامه‌های پژوهشی این محور از طریق انجام پروژه‌ها، هم افزایی میان ذی‌نفعان و همکاری از طریق ایجاد شبکه متخصصین، تسلط بر موضوع و افزایش کاربرد مواد پلیمری نوین و کسب دانش‌های فنی مورد نیاز برای ساخت آنها بدست آید.

با توجه به تجارب قبلی در زمینه تجاری‌سازی محصولات پلیمری و ماهیت کاربردی بودن پروژه‌های محور پلیمرها در حوزه‌های مختلف صنعت برق، امکان ارتقای سطوح فناوری در قالب ساخت نمونه‌های نیمه‌صنعتی و آزمون عملکرد آنها در محیط‌های واقعی یا نزدیک به واقعیت (TRL های بالای شش) کاملاً امکان‌پذیر بوده و از سوی دیگر با توجه به ارزش افزوده فراوان ناشی از نتایج این تحقیقات و وجود شرکت‌های متعدد تولید کننده مرتبط در کشور و علاقه‌مندی به سرمایه‌گذاری در دانش‌های نوین این حوزه، امکان تجاری‌سازی و خلق ثروت در این محور کاملاً مورد انتظار می‌باشد. برای تحقق این هدف باید از طریق هم افزایی میان همه ذی‌نفعان و جریان‌سازی در سطح دانشگاه‌های کشور و بهره‌مندی از ظرفیت هسته‌های فناور، استارت آپ‌ها، مراکز رشد و شرکت‌های دانش بنیان مراحل توسعه فناوری و محصول تا تکمیل فرایند تجاری‌سازی و تولید محصول را طی نمود.

### ۳- توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت برق

فناوری نانو، رویکرد نوین به فناوری‌ها است به نحوی که به آنها خواص و کارکرد ویژه‌ای می‌بخشد. این فناوری به خودی خود کارکردی نداشته، بلکه در بهره‌گیری از آن در فناوری‌های متداول می‌توان اثرات ویژه آن را در بهبود خواص درک نمود. این فناوری همچنین با طبیعت بین‌رشته‌ای خود در آینده دربرگیرنده همه فناوری‌های امروزی خواهد بود و به جای رقابت با فناوری‌های موجود، موجبات رشد آنها را فراهم می‌آورد.

امروزه با توجه به سرعت بالای رشد فناوری‌ها و رویکرد کشورهای توسعه‌یافته به فناوری‌های نوین، صنعت برق کشور به منظور حفظ ظرفیت‌ها و توانمندی‌های موجود از یک سو و ارتقاء سطح علمی و جلوگیری از عقب‌ماندگی از سوی دیگر ناگزیر از گرایش به فناوری‌های نوین می‌باشد.

در فناوری نانو با توجه به جدید بودن فرایندها و عملکرد، امکان تغییر فرایندها و تکنولوژی با سرعت بالایی وجود دارد. لذا یک تکنولوژی می‌تواند در دوره بسیار کوتاهی رشد چشمگیری داشته باشد و دوره بسیار کوتاهی نیز افول کند و این امر سبب می‌شود که شناخت دقیق و پیش بینی در خصوص آینده این فناوری با مشکل روبرو شود. به نظر می‌رسد سیستم رصد دقیق اخبار و اطلاعات علمی در این زمینه بتواند کمک شایانی نماید. با توجه به اینکه این فناوری نو و جدید است ناشناخته‌های جدید و ویژگی‌های جدیدی دارد و قابلیت تجاری سازی محصولات در این فناوری وجود دارد.

در پنل‌های خبرگی درباره این محور قرارداد شد که در تعریف پروژه‌های مربوطه، هم روی مواد و هم روی فرایندهای نانو تمرکز شود و موارد زیر به عنوان زیرمحور انتخاب شدند:

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی سنتز مواد بالک نانوساختار
- تدوین دانش فنی سنتز نانوافزودنی‌ها
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار
- تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی
- تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌ها

#### ۴- توسعه فناوری مغناطیسی و ابررسانا

یکی از راه حل‌های کاهش تلفات (از مهم‌ترین چالش‌ها) در صنعت برق استفاده از ابررساناها می‌باشد. استفاده از این فناوری مزایای زیادی را در بر دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون انتقال توان تولیدی به مصرف کننده بدون نیاز به تغییر سطح ولتاژ، کاهش مشکلات اشتعال و زیست محیطی در اثر حذف روغن‌های خنک کننده، انتقال بصورت زیر زمینی و کاهش هزینه نگهداری اشاره نمود. تحقیقات در زمینه فناوری ابررسانا با سرعت در دنیا در حال پیشرفت است. در صورت دستیابی به ابررساناهای با قابلیت کارکرد در دمای محیط، انقلاب عظیمی رخ خواهد داد که صنایع دنیا و بویژه صنعت برق را دگرگون خواهد ساخت. انقلاب ابررسانایی بزرگتر از ساخت ترانزیستور در صنایع الکترونیک خواهد بود. ناگفته پیداست غفلت از تحقیقات در این زمینه چه خسارات جبران ناپذیری را به همراه خواهد داشت. از موارد بیان شده بوضوح می‌توان دریافت که توسعه این فناوری حائز اهمیت فراوانی است.

اساسی‌ترین چالش این فناوری نیاز به محیط خنک در محیط نیتروژن مایع است، زیرا ساخت تجهیزات خنک کننده و کنترل و نگهداری محیط هزینه‌بر است، اما با وجود همین محدودیت نیز تجهیزاتی چون محدودکننده جریان خطای ابررسانا و ترانسفورماتور ابررسانا در دنیا بصورت تجاری تولید و عرضه می‌گردند. این تکنولوژی با سرعت بسیار زیادی در حال پیشرفت است. در حال حاضر در صنایع نظامی، پزشکی و صنعت برق تجهیزات بسیاری به صورت تجاری موجود هستند. محققین بر این عقیده هستند که در کمتر از بیست سال آینده نه تنها ابررساناهای دمای محیط بلکه ابررساناهای دمای بالا نیز ساخته خواهند شد. به فناوری ابررساناها نه به چشم یک فناوری هزینه بر، بلکه باید بصورت یک سرمایه گذاری بسیار ارزشمند نگریست.

در افق میان مدت و بلند مدت در این محور تخصصی، هدف تحقیق و توسعه و بدست آوردن مواد و محصولات مغناطیسی و ابررسانا با کاربرد در صنعت برق می‌باشد. با توجه به سوابق موجود می‌توان در این محور به خوبی موارد مختلف تحقیقاتی با محصول قابل استفاده در صنعت برق تعریف نمود اما لبه دانش بودن آن ریسک زمان بر بودن نتیجه را افزایش میدهد.

تحقق برنامه‌ها، امکان ادامه فعالیت‌ها و اقدامات در سطوح بالاتر فناوری ( $TRL > 4$ ) بسیار محتمل بوده و اکنون در دنیا بسیاری از محصولات این محور بصورت تجاری درآمده و در حال ارائه خدمات به صنعت برق می‌باشند.

این محور پژوهشی ظرفیت پشتیبانی علمی و تخصصی طرح‌های فناورانه را در آینده داراست زیرا همانگونه که

ذکر شد آینده صنعت برق در دنیا براساس ابررساناها می باشد. می توان بر اساس دستاوردهای این محور پژوهشی، طرح فناورانه جدیدی در آینده ایجاد نمود.

در ادامه بر ذکر زیرمحورها در این حوزه پرداخته می شود که از جمع بندی نتایج پنل های خبرگی به دست آمده است.

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی
- تدوین دانش فنی ساخت هادی ها و کابل های ابررسانا
- تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا
- تدوین دانش فنی ساخت محدود ساز ابررسانایی
- تدوین دانش فنی ساخت ذخیره سازهای ابررسانا
- به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

#### ۵- توسعه و ارتقا مواد نیمه رسانا مورد استفاده در صنعت برق

نیمه رساناها در صنعت برق کاربرد گسترده ای دارند. از جمله این کاربردها می توان به کابل ها، برقگیرها، سلول های خورشیدی و حسگرهای نیروگاهی اشاره کرد. با توجه به کاربرد وسیع مواد نیمه رسانا در بخش های مختلف صنعت برق، تحقیق و توسعه در زمینه این دسته از مواد منجر به رفع چالش های متنوعی از صنعت برق خواهد شد که به عنوان نمونه به مواردی مثل کاهش تلفات برق، ارتقای سهم تولید برق از منابع پاک و تجدیدپذیر، کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی نیروگاهی، افزایش بازده نیروگاه ها و تامین برق پایا می توان اشاره نمود. در کل تحقیق و توسعه در زمینه نیمه رساناها مورد استفاده در صنعت برق همسو با مأموریت های پژوهشگاه نیرو (اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی و نیز ایجاد، توسعه و اکتساب فن آوری) خواهد بود.

با توجه به پنل های خبرگی برگزار شده در این زمینه، موارد زیر به عنوان زیرمحور در زمینه مواد نیمه رسانا در نظر گرفته شدند. شایان ذکر است که در این محور تمرکز بیشتری روی مواد نیمه رسانا است تا اینکه روی ساخت افزارها باشد.

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی تولید مواد نیمه رسانای مورد استفاده در کابل ها
- تدوین دانش فنی ساخت وریستورها
- تدوین دانش فنی ساخت حسگرها
- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف
- تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک ها
- تدوین دانش فنی ساخت نیمه رساناهای قدرت

#### ۶- توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق

بیومواد به عنوان مواد مبتنی بر زیست شناخته شده‌اند که از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شوند. به طور خاص، این مواد زیستی از طریق بیوسنتز، پردازش زیستی و فرآیند تصفیه بیولوژیکی ساخته می‌شوند. مواد زیستی شامل پلاستیک‌ها و الیاف زیستی و لاستیک‌های زیست‌پایه ساخته‌شده از پردازش گرمانرم زیست‌توده هستند که در معرض میکروارگانیسم‌ها، فرایندهای دی‌اکسید کربن (هوازی)، متان (فرایندهای بی‌هوازی)، یا آب (فرایندهای هوازی و بی‌هوازی) قابل تجزیه هستند.

مواد پلیمری نقشی بی بدیل در زندگی روزمره انسان دارند. بیشتر مواد پلیمری به شدت به منابع فسیلی (عمدتاً نفت و زغال سنگ) وابسته هستند که مشکلات زیادی را در زمینه آلودگی محیط زیست، مسائل بهداشتی انسان و تخریب کل محیط زیست ایجاد کرده است. برای کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای و صرفه‌جویی در انرژی فسیلی، پلیمرهای پایدار و دوستدار محیط زیست اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. تلاش‌های زیادی برای ساخت مواد زیست‌تخریب‌پذیر مختلف از مواد شیمیایی مبتنی بر زیست انجام شده است.

بیومواد طبیعی به دلیل خواص مکانیکی عالی تجدیدپذیر، زیست‌سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر و همچنین دارا بودن مکان‌های واکنشی متعدد برای تعدیل عملکردهای جدید، دارای مزایای برجسته‌ای برای دستگاه‌های الکترونیکی با کارایی بالا و کاربردی هستند.

پلیمرهای زیستی فراوان‌ترین پلیمرهای روی زمین هستند که در توالی سلولز، لیگنین، پروتئین و DNA قرار دارند. امروزه سیستم‌های ذخیره انرژی الکتروشیمیایی به طور کامل مقیاس‌پذیر نیستند و گران هستند. از این رو، پیشرفت‌ها در ذخیره‌سازی الکتریسیته امکان استفاده سریع از برق تجدیدپذیر را در شبکه‌های برق، وسایل نقلیه و الکترونیک سیار در زمانی که از سیستم شبکه دور هستند، فراهم می‌سازد. از این رو، مواد ارزان قیمت و مقیاس‌پذیر، مواد مورد نظر برای ذخیره انرژی الکتریکی هستند که می‌توانند برای مطابقت با نیازهای ناشی از استفاده روزافزون از برق متناوب از توربین‌های بادی و فتوولتائیک‌های خورشیدی، مقیاس شوند. به طور مثال یکی از مواد زیستی که می‌توان به همراه پلیمرهای هادی در سیستم‌های ذخیره‌ساز استفاده نمود، مواد لیگنین می‌باشند که به مقدار زیادی در دیواره سلولی گیاهی و میکروارگانیسم‌ها وجود دارد.

از دیگر مواد زیستی که می‌توانند در صنعت برق کاربرد زیادی داشته باشند، بیوکاتالیست‌ها هستند. کاتالیزورهای زیستی که به نام آنزیم‌ها نیز شناخته می‌شوند، از موجودات زنده‌ای به دست می‌آیند که واکنش‌های شیمیایی را بدون تأثیر شیمیایی بر خود تحریک می‌کنند. معمولاً در تولید بیودیزل از دو نوع بیوکاتالیست آنزیمی استفاده می‌شود که عبارتند از لیپازهای خارج سلولی و لیپازهای داخل سلولی. لیپازهای خارج سلولی آنزیم‌هایی هستند که از محیط میکروارگانیسم‌ها بازیابی و سپس خالص شده‌اند. برخلاف کاتالیزورهای شیمیایی، بیوکاتالیست‌ها برای طیف وسیعی از منابع تری گلیسیرید به کار می‌روند که مقدار اسیدچرب آزاد آن از ۰.۵ تا ۸۰ درصد متغیر است. سایر مزایای تولید بیودیزل آنزیمی شامل حذف آسان محصول، دمای متوسط فرآیند (۳۵ تا ۴۵ درجه سانتیگراد)، محصول جانبی صفر و قابلیت استفاده مجدد از کاتالیزورها است.

امروزه راهکار جدیدی جهت ترمیم ترک‌های سازه‌ها و پایه‌های بتنی مطرح است که استفاده از بتن‌های خود ترمیم‌شونده نام دارد. به طور کلی خود ترمیمی به توانایی یک ترک برای کاهش خود به خود عرض ترک در طول زمان اشاره می‌کند. پدیده خودترمیمی در بتن سال‌هاست که شناخته شده است. در سال ۱۸۳۶ توانایی خود ترمیمی ترک‌های کوچک بتن در حضور رطوبت توسط آکادمی علوم فرانسه مشاهده شد. در این تحقیق ترک‌ها در سازه‌های بتنی قدیمی با مواد بلورین سفید رنگی پوشانده شدند که اشاره به قابلیت بتن در ترمیم خود به خود ترک‌ها با تولید مواد شیمیایی توسط خودش را دارد. انواع مکانیسم‌های خودترمیمی شامل ادامه هیدراتاسیون

سیمان واکنش نداده، انبساط بتن در طرفین ترک (تورم C-S-H)، تبلور کربنات کلسیم و بسته شدن ترک‌ها با ناخالصی‌های جامد در آب می‌باشند. موضوع بتن‌های خودترمیم توسط میکروارگانیزم‌ها اولین بار توسط محققان هلندی در سال ۲۰۱۵ با عنوان بتن خودترمیم‌شونده یا زیست‌بتن ارائه شد. این محققان با بهره گرفتن از علوم مهندسی عمران و زیست‌شناسی دریایی و ترکیب این دو، بتنی را طراحی و تولید کرده‌اند که به صورت خودکار، در هنگام ترک خوردگی، ترک‌ها را با تولید آهک پر می‌کند. این آهک با پر کردن ترک‌های ایجاد شده در بتن، در واقع باعث ترمیم بتن می‌شود. در این فرایند از موجودات زنده میکروسکوپی استفاده می‌شود و تکثیر این موجودات در طبیعت به افزایش ماندگاری و طول عمر آنها کمک شایانی می‌کند و به نوعی این بتن مادم العمر بقا داشته و در صورت ترک خوردگی مجدداً با فعالیت میکروارگانیزم‌ها مواد ترمیمی تولید و بازسازی می‌گردد. همچنین پلیمرهای خود ترمیم شونده پتانسیل بالایی در بسیاری از کاربردها داشته و موجب افزایش عمر مفید ساختارها و کاهش هزینه نگهداری می‌شود. این مواد قابلیت رهایش کنترل شده عوامل فعال را دارند. عوامل فعال در یک کپسول با پوسته نگهدارنده ذخیره شده و در ماتریس پلیمری قرار می‌گیرند. مزیت این کپسول‌ها کنترل رهایش عوامل فعال ترمیم‌کننده است. زمانی که بتن دچار آسیب یا ترک می‌شود این عوامل در محل آسیب آزاد شده و موجب ترمیم خودکار سطوح می‌شوند.

همچنین در سنسورهای الکترونیکی می‌توان به جای مواد رایج مانند نیمه‌رساناها و فویل‌های فلزی که معمولاً حالت سخت دارند و دقت بالایی ندارند از مواد زیستی مانند فیبرهای سلولزی، پلی‌یورتان و پلی‌لاکتیک اسید که محیط زیست دوست هستند، استفاده نمود.

به طور خلاصه، مواد زیستی طبیعی با زیست‌سازگاری خوب مانند سلولز، نشاسته، کیتین در طبیعت فراوان هستند. اکثر این مولکول‌ها حاوی تعدادی مکان فعال زیستی مانند گروه‌های هیدروکسیل و سایر گروه‌های قطبی هستند که اصلاح مولکولی آنها را بهبود می‌بخشد و بنابراین خواص آنها را بر اساس کاربردهای الکترونیکی متفاوت تغییر می‌دهد. به دلیل استخراج مستقیم از مواد طبیعی، فرآیند آماده‌سازی بسیار آسان و کم هزینه است. علاوه بر این، ساختارهای شیمیایی مواد زیستی سنتز شده شیمیایی را می‌توان با شروع از مولکول‌های شیمیایی از طریق اصلاحات فیزیکی و شیمیایی ساده با طیف گسترده‌ای از خواص با هدف کاربرد در الکترونیک انعطاف‌پذیر طراحی کرد. در مقایسه با مواد شیمیایی سنتزی، بزرگ‌ترین مزیت بیومواد توانایی آنها در تخریب در محیط است که امکان توسعه پایدار الکترونیک انعطاف‌پذیر را فراهم می‌کند.

در ادامه زیرمجموعه‌های مربوط به موضوع مواد و فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق نوشته شده‌اند که نتیجه جمع‌بندی پنل‌های خبرگی است.

### زیرمجموعه‌ها:

- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد خوردگی میکروبی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد بازدارنده میکروبی
- تدوین دانش فنی ساخت مواد خود ترمیم زیستی در تجهیزات صنعت برق
- تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی فرسودگی زیستی
- کاربرد مواد زیستی در ساخت و ارتقاء مواد و تجهیزات غیرفلزی
- تدوین دانش فنی ساخت پیل‌های میکروبی و زیستی
- تدوین دانش فنی حذف مواد آلاینده زیست محیطی به کمک فیلترها و مواد زیستی



- تدوین دانش فنی تولید سوخت های زیستی از زیست توده

## ۷- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره ها و عایق های الکتریکی

از آغاز پیدایش صنعت برق، نیاز به تجهیزاتی که بتوانند نقش عایق و جداسازی قسمت های تحت ولتاژ از سایر قسمت ها را داشته باشند، وجود داشته و تحقیقات در این زمینه نیز همچنان ادامه دارد. در خطوط انتقال نیرو لازم است، هادی های تحت ولتاژ به نحوی از برج ها ایزوله شوند و برای این کار از مقره ها استفاده می شود. در واقع مقره ها بخشی از عایق های الکتریکی صنعت برق و یکی از تجهیزات حائز اهمیت در خطوط انتقال و توزیع هستند. مقره ها دارای انواع گوناگونی هستند که هنوز در هر کدام از آنها چالش هایی مطرح بوده که نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. مثلاً در مقره های پرسلانی، بحث افزایش استحکام و در مقره های کامپوزیتی مسئله جلوگیری از پیرشدگی وجود دارد.

با توجه به نقش پررنگ مقره ها و عایق های الکتریکی در صنعت برق، تحقیقات در راستای افزایش دوام و کارایی آن ها نیز از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار خواهد بود. در واقع می توان گفت که این موضوع، یعنی فناوری مقره ها و عایق های الکتریکی از مهم ترین و کاربردی ترین محورهای پژوهشی گروه مواد غیر فلزی می باشد که موارد زیر به عنوان زیرمحور آن مطرح هستند:

### زیرمحورها:

- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره های پرسلانی و شیشه ای
- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره های کامپوزیتی و پلیمری
- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره های هیبریدی و بتن پلیمری
- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت عایق های الکتریکی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش های مورد استفاده در مقره ها و عایق های الکتریکی

## ۸- مهندسی سطح و پوشش های غیر فلزی

تمامی برهمکنش های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی مواد با محیط از طریق سطح انجام می گیرد. از این موارد می توان به پدیده های شیمیایی نظیر خوردگی، اکسیداسیون، رفتار واکنش پذیری و کاتالیستی، پدیده های مکانیکی نظیر سایش و فرسایش، اصطکاک و تخریب ماده از طریق شکست، خستگی و پدیده های فیزیکی نظیر انتقال حرارت و جذب و بازتابش نور اشاره نمود. بنابراین، تغییر مقدار سطح ماده می تواند بر این پدیده ها تأثیر بگذارد. با استفاده از مهندسی سطح و به کارگیری روش های مختلف در ایجاد پوشش ها، روکش های مختلف محافظ غیر فلزی به صورت پلیمری، سرامیکی و یا بین فلزی با ساختارهای در مقیاس میکرو و نانو، می توان مواد و قطعات و مواد مختلف مورد استفاده در صنعت برق را در مقابل محیط های مختلف مقاوم و رفتار و خواص آنها را اصلاح نمود.

با توجه به ماهیت کاربردی بودن پروژه های سطح و پوشش در حوزه های مختلف صنعت برق امکان ارتقای سطوح فناوری در قالب ساخت نمونه های نیمه صنعتی و آزمون عملکرد آنها در محیط های واقعی یا نزدیک به واقعیت (TRL های بالای شش) کاملاً امکان پذیر بوده و از سوی دیگر با توجه به ارزش افزوده فراوان ناشی از نتایج این تحقیقات و وجود شرکت های متعدد تولید کننده رنگ و پوشش در کشور و علاقه مندی به سرمایه گذاری

در دانش‌های نوین این حوزه، امکان تجاری‌سازی و خلق ثروت در این محور کاملاً مورد انتظار می‌باشد. برای تحقق این هدف باید از طریق هم‌افزایی میان همه ذی‌نفعان و جریان‌سازی در سطح دانشگاه‌های کشور و بهره‌مندی از ظرفیت هسته‌های فناور، استارت آپ‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان، مراحل توسعه فناوری و محصول تا تکمیل فرایند تجاری‌سازی و تولید محصول در حوزه سطح و پوشش را طی نمود.

امید است با پیش برد برنامه‌های پژوهشی این محور از طریق انجام پروژه‌ها، هم‌افزایی میان ذی‌نفعان و همکاری از طریق ایجاد شبکه متخصصین، در بازه زمانی کوتاه مدت، تسلط بر موضوع سطح و پوشش و کسب دانش‌های فنی مورد نیاز برای ساخت پوشش‌های مورد استفاده صنعت برق بدست آید. امید است با استفاده از نتایج تحقیقات و فعالیت‌های این محور در بازه زمانی بلند مدت و با دستیابی به دانش فنی پیشرفته و لبه دانشی، دستاوردهای ملموسی نظیر کاهش حوادث خاموشی‌ها، تخریب سطحی، خوردگی و سایش در تجهیزات صنعت برق حاصل شده و موجب افزایش طول عمر تجهیزات و بهبود عملکرد و راندمان سیستم‌ها گردد.

در پنل‌های خبرگی برگزار شده در خصوص بحث مهندسی سطح و پوشش‌های غیر فلزی، موارد زیر به عنوان زیرمحور انتخاب شدند. در این پنل‌ها، مقرر شد، موضوع پوشش‌های نانو ساختار در محور فناوری نانو و موضوع پوشش‌های زیستی در محور بیومواد قرار بگیرند. همچنین مقرر شد، پوشش‌های مرتبط با مقرر در محور مقرر و عایق‌های الکتریکی و پوشش‌های مرتبط با بتن در محور سرامیک مورد بررسی قرار بگیرند.

#### زیرمحورها:

- روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی
- سایش مواد
- خوردگی سطحی مواد
- فرسودگی سطحی مواد
- ترشوندگی و آبگریزی سطحی
- سخت‌کاری سطحی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود تمیز شونده
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد انعکاس
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود ترمیم شونده
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد آتش
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایق حرارتی
- تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند

#### ۹- توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی

انرژی به‌ویژه نوع تجدیدپذیر آن، رکن اساسی پیشرفت و توسعه پایدار در تمام جنبه‌های مورد نظر هر کشوری

است. انرژی تجدیدپذیر از منابع تجدیدپذیر یا بازگشت پذیر مانند نور خورشید، باد، باران، موج، جزر و مد و گرمای حرارتی زمین به دست می آید و می توان آن را در مدت زمان کوتاهی توسط منابع طبیعی جایگزین کرد. استفاده از این نوع انرژی می تواند علاوه بر تولید برق پاک مانع از انتشار آلاینده های زیست محیطی شود. متأسفانه سهم ما در توسعه انرژی های تجدیدپذیر ناچیز است و بسیاری از تجهیزات انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی، وارداتی بوده و این موضوع خود دغدغه ای جدی را برای فعالان این حوزه فراهم آورده است.

در راستای افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور، باید تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد و با استفاده از نتایج این تحقیقات، بومی سازی در زمینه مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم های تبدیل انرژی اتفاق بیفتد. با توجه به اینکه بیشترین مواد به کار رفته در بخش های مختلف این سیستم ها، ماهیت غیرفلزی دارند (مثل الکترودها و الکترولیت ها در سلول های الکتروشیمیایی)، در پنل های خبرگی مقرر شد که این موضوع، یعنی "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم های تبدیل انرژی های تجدیدپذیر"، یکی از محورهای اصلی پروژه پژوهشی مواد غیرفلزی باشد. در پنل های برگزار شده، موارد زیر به عنوان زیرمحور در این حوزه معرفی شدند:

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی ساخت سلول های خورشیدی
- ارتقا مواد، خواص و عملکرد سیستم های حرارتی خورشیدی
- توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت پیل های سوختی
- توسعه روش های تولید هیدروژن

#### ۱۰- توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم های ذخیره انرژی

با کاهش منابع سوخت های فسیلی و افزایش مخاطرات زیست محیطی، توجه جوامع به انرژی های پاک معطوف گشته است و یکی از ملزومات استفاده از انرژی های پاک، ذخیره این انرژی ها و همچنین یکنواخت کردن انرژی (ذخیره سازی در زمانی که ولتاژ یا فرکانس بالاست و تحویل به شبکه در زمان افت ولتاژ یا فرکانس) می باشد که این وظایف بر عهده ذخیره سازها است. سیستم های ذخیره انرژی، می توانند برای پشتیبانی بار، تقویت فرکانس و ولتاژ، مدیریت پیک بار، ارتقاء کیفیت انرژی، کاهش هزینه های سرمایه گذاری و پشتیبانی برای تکنولوژی های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرند.

با گسترش جوامع و پیشرفت صنایع، نیاز به ذخیره سازهایی با پایداری، ظرفیت، طول عمر، توان و انرژی بالاتر افزایش یافته است. کاهش هزینه ها هنوز هم بزرگترین چالش در به کارگیری ذخیره سازها در صنعت برق و انرژی است. با توجه به موارد ذکر شده مشخص است که توسعه ذخیره سازهای انرژی در صنعت برق کشور، منافع اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی بسیاری به همراه دارد. بنابراین موضوع "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم های ذخیره انرژی"، یکی دیگر از محورهای پژوهشی اصلی گروه مواد غیرفلزی در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که بیشترین مواد مورد استفاده در بخش های مختلف سیستم های ذخیره انرژی، ماهیت غیرفلزی دارند.

در ادامه به معرفی زیرمحورها در این حوزه پرداخته می شود. البته باید بیان کرد که ذخیره سازهای مغناطیسی

ابرسانا هم یکی دیگر از سیستم‌های مهم ذخیره انرژی هستند که در پنل‌های خبرگی مقرر شد این موضوع در محور فناوری مغناطیس و ابرسانا مورد بررسی قرار بگیرد.

#### زیرمحورها:

- تدوین دانش فنی ساخت باتری‌ها
- تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها
- ارتقا مواد و توسعه روش‌های ذخیره‌سازی هیدروژن
- ارتقا و بهبود خواص مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی

#### ۱۱- توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق

ضایعات شامل مواد جامد، مایع، و گاز غیر مطلوب پس از تکمیل یک فرایند می‌باشند که می‌توانند به صورت منابع بالقوه‌ای در تولید محصولات و ترکیبات باارزش نگریسته شوند. صنعت برق نیز مشابه صنایع دیگر شامل ضایعات مختلف در هر سه بخش تولید، انتقال و توزیع است. به عنوان مثال می‌توان به ضایعات حاصل از مقره‌ها، باتری‌ها، پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، سیم و کابل، پساب و آلاینده‌های گازی نیروگاهی و ... اشاره کرد. در برخورد با ضایعات مختلف صنعت برق، یک رویکرد دفع آن‌ها است، اما رویکرد دیگر می‌تواند این باشد که خود این ضایعات به عنوان خوراک ورودی برخی از فرایندها واقع شده و منجر به تولید محصولی جدید و ارزشمند شوند. در واقع می‌توان با استفاده از بازیافت ضایعات، علاوه بر حذف کردن آن‌ها، ترکیبات مفیدی نیز به دست آورد. اگر به مسئله بازیافت ضایعات حاصل از صنعت برق توجه جدی نشود و راهکارهایی برای استفاده مفید از آن‌ها اندیشیده نشود، در آینده نه چندان دور این صنعت با چالش بزرگی روبرو خواهد شد. با توجه به اهمیت مسئله بازیافت و توانمندی گروه غیرفلزی در حل چالش‌های مربوطه، موضوع " توسعه فناوری‌های بازیافت مواد در صنعت برق"، به عنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی گروه غیرفلزی با زیر محورهای ذیل در نظر گرفته شد.

#### زیرمحورها:

- توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی
- توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری
- توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مقره
- توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی
- توسعه روش‌های بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها

#### ۱۲- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق

امروزه مبحث ارزیابی وضعیت و تخمین عمر باقیمانده قطعات و تجهیزات مورد استفاده در صنایع مختلف و از جمله صنعت برق، به عنوان یک محور مهم در برنامه‌ریزی کلان کشورهای صنعتی در نظر گرفته می‌شود و این امر به دلیل جنبه‌های اقتصادی و حتی سیاسی آن مطرح بوده و محققین و دانشمندان بسیاری در کشورهای مختلف جهان مشغول فعالیت در این زمینه می‌باشند. حساسیت و پیچیدگی این مسئله به قدری است که از آن

نه تنها به عنوان یک موضوع آکادمیک و یا یک فعالیت صرفاً تحقیقاتی، بلکه به عنوان تکنولوژی برآورد عمر باقیمانده نام برده می‌شود.

بعضی از قطعات و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق، به دلیل قرارگیری در شرایط دشوار کاری، در معرض انواع آسیب‌ها قرار دارند و حتی گاهی اوقات به علت شرایط پیچیده، دچار تخریب‌های ناگهانی می‌شوند. مکانیزم‌های تخریبی مانند خزش، خستگی، خوردگی، ریزگردها، ذرات خارجی و برهم کنش این عوامل، می‌تواند عمر این تجهیزات را به شدت کاهش دهد.

هرچند پیش‌بینی عمر قطعات و تجهیزات، معمولاً توسط شرکت سازنده صورت می‌پذیرد؛ اما همانطور که گفته شد، به دلیل بروز برخی شرایط پیچیده، ممکن است تجهیزات صنعتی به عمر پیش‌بینی شده خود نرسند. این تخریب‌های زود هنگام در شرایط پیش‌بینی نشده می‌تواند از جنبه‌های مختلف ضررهای هنگفتی متوجه صنعت کند. از طرفی ممکن است برخی اجزا هنوز دچار آسیب نشده و امکان بکارگیری آنها فراهم باشد که این مساله می‌تواند به لحاظ اقتصادی کمک شایانی به بهره‌برداران بنماید.

بر اساس پل‌های خبرگی برگزار شده، موارد زیر به عنوان زیرمجموعه‌های موضوع ارزیابی وضعیت و تخمین عمر در نظر گرفته شدند:

#### زیرمجموعه‌ها:

- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقرها و عایق‌های الکتریکی
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های قدرت
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های غیرفلزی صنعت برق
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری
- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی

#### ۵-۲- متدولوژی شناسایی چالش‌های دارای راهکار فناورانه در صنعت برق

در این پروژه برای شناسایی چالش‌های فناورانه، ابتدا به بررسی اسنادی مانند اسناد توسعه فناوری پژوهشگاه نیرو و سند ملی راهبرد انرژی کشور که در آنها به چالش‌های صنعت برق اشاره شده بود، پرداخته شد و پس از بررسی اسناد بالادستی و جلسات متعدد با خبرگان حوزه‌های اصلی صنعت برق، یعنی تولید، انتقال و توزیع، چالش‌های اصلی به صورت زیر مورد شناسایی قرار گرفتند:

- C1- بالا بودن تلفات
- C2- بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات
- C3- بالا بودن نرخ انتشار آلاینده‌های زیست محیطی
- C4- پایین بودن بازده نیروگاه‌ها
- C5- سهم ناچیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور
- C6- کیفیت پایین و طول عمر کم تجهیزات مورد استفاده

## C7- فرسودگی تجهیزات

C8- کمبود منابع آبی برای استفاده در سیستم‌های خنک‌کننده

C9- آلودگی‌های زیست‌محیطی و عوامل فرسایش محیطی مانند ریزگرد و یخ زدگی

C10- خاموشی‌های ناخواسته شبکه برق در اثر رخداد حوادث

C11- ضعف در ذخیره‌سازی برق تولیدی در زمان‌های کم باری

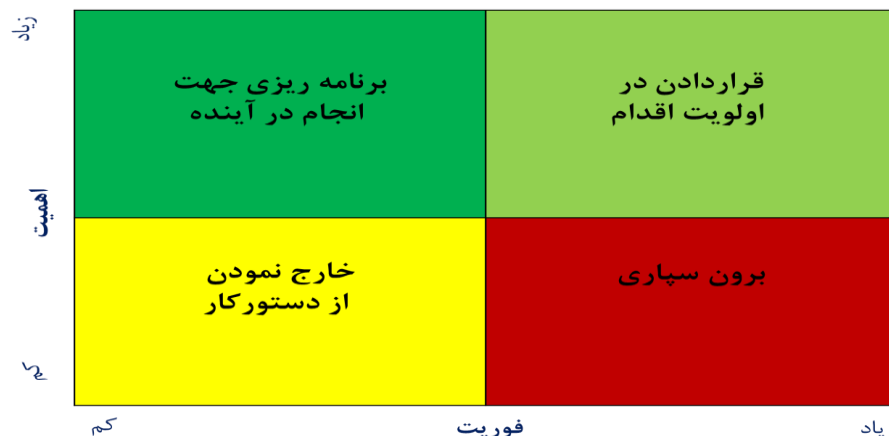
C12- ضعف در مدیریت بار شبکه

C13- عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت برق مانند نانو و ابررسانا

C14- ضایعات و پسماندهای کالاهای مصرفی صنعت برق

در ادامه با برگزاری پنل‌های خبرگی، مصاحبه با مدیران ارشد و تهیه و ارسال پرسشنامه برای متخصصین، این چالش‌ها در قالب ماتریس اهمیت - فوریت (شکل ۲-۲۱)، تحلیل شد. اهمیت یک چالش بر اساس ارزش ناشی از رفع آن چالش و یا مشکلات ناشی از عدم رفع آن ارزیابی می‌شود و فوریت یک چالش با توجه به ضرورت پرداختن به آن در بازه ۵ سال اول و ۵ سال دوم ارزیابی می‌شود.

بر اساس ماتریس اهمیت - فوریت چنانچه چالشی هم اهمیت و هم فوریت آن زیاد باشد، در اولویت برای اقدام قرار می‌گیرد، اگر اهمیت آن زیاد و فوریت آن کم باشد برای رفع آن چالش در آینده برنامه‌ریزی می‌شود، در صورتی که اهمیت آن کم و فوریت آن زیاد باشد، رفع آن چالش را برون‌سپاری می‌کنند و اگر هم اهمیت و هم فوریت آن کم باشد به آن چالش اهمیتی داده نمی‌شود و از دستور کار خارج خواهد شد.



شکل (۲-۲۱) - نمودار اهمیت - فوریت

## ۲-۶- جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات چالش‌های فناورانه (لایه اول نقشه راه)

در نهایت با جمع‌بندی نتایج پنل‌های خبرگی و پرسشنامه‌های تکمیل شده، چالش‌های فناورانه در قالب ماتریس اهمیت - فوریت به صورت جدول ۲-۴ اولویت‌گذاری شد. لازم به ذکر است که پرسشنامه ارائه شده در این زمینه، به پیوست شماره ۱ قابل مشاهده است.

طبق نظر خبرگان این حوزه، همه چالش‌های شناسایی شده از اهمیت زیادی برخوردار هستند و بهتر است از

هیچکدام چشم‌پوشی نشود. البته چالش‌های بالا بودن تلفات، فرسودگی تجهیزات، بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات، کیفیت پایین و طول عمر کم تجهیزات مورد استفاده، آلودگی‌های زیست محیطی و عوامل فرسایش محیطی مانند ریزگرد و یخ‌زدگی و پایین بودن بازده نیروگاه‌ها علاوه بر اهمیت زیاد، از فوریت زیادی نیز برخوردار هستند و باید در اولویت برای اقدام جهت رفع این چالش‌ها قرار بگیرند. چالش‌های بالا بودن نرخ انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، کمبود منابع آبی برای استفاده در سیستم‌های خنک کننده، خاموشی‌های ناخواسته شبکه برق در اثر رخداد حوادث، ضعف در ذخیره‌سازی برق تولیدی در زمان‌های کم باری، ضعف در مدیریت بار شبکه، سهم ناچیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور، عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت برق مانند نانو و ابررسانا و ضایعات و پسماندهای کالاهای مصرفی صنعت برق از فوریت کمتری برخوردار هستند و لذا برای رفع این چالش‌ها در آینده باید برنامه‌ریزی شود.

جدول (۲-۴) - نتایج ماتریس اهمیت - فوریت

| فوریت کم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | فوریت زیاد                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C3- بالا بودن نرخ انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی<br>C5- سهم ناچیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور<br>C8- کمبود منابع آبی برای استفاده در سیستم‌های خنک‌کننده<br>C10- خاموشی‌های ناخواسته شبکه برق در اثر رخداد حوادث<br>C11- ضعف در ذخیره‌سازی برق تولیدی در زمان‌های کم باری<br>C12- ضعف در مدیریت بار شبکه<br>C13- عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت برق مانند نانو و ابررسانا<br>C14- ضایعات و پسماندهای کالاهای مصرفی صنعت برق | C1- بالا بودن تلفات<br>C2- بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات<br>C4- پایین بودن بازده نیروگاه‌ها<br>C6- کیفیت پایین و طول عمر کم تجهیزات مورد استفاده<br>C7- فرسودگی تجهیزات<br>C9- آلودگی‌های زیست محیطی و عوامل فرسایش محیطی مانند ریزگرد و یخ‌زدگی |
| اهمیت زیاد                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | اهمیت کم                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## ۷-۲- معرفی پیش‌ران‌های صنعت برق

در این قسمت به معرفی مختصر چالش‌های مطرح شده در بخش قبلی پرداخته می‌شود که در واقع می‌توان

گفت پیش‌ران‌های صنعت برق هستند.

### - بالا بون تلفات

در مقابل راهبرد مهم مدیریت انرژی، موضوع پراهمیتی در کشور به نام تلفات انرژی وجود دارد. در حقیقت وجود این چالش مهم که از نقطه نظر مادی و زیست‌محیطی منابع کشور را به خطر انداخته است، موجب شده است که در سال‌های اخیر، توجه به مدیریت انرژی و تبیین دقیق این راهبرد، در دستور کار تدبیرپردازان کشور قرار گیرد. بر همین اساس، بی‌گمان کاهش تلفات از جمله مباحث عمیق و جدی در صنعت برق به شمار می‌رود. تلفات را در شکل کلی می‌توان به دو دسته فنی و غیرفنی تقسیم‌بندی کرد. تلفات فنی، تلفات ناشی از کاستی‌های فنی، تجهیزاتی و طراحی‌های غیراستاندارد است که در چشم انداز بلندمدت و میان مدت باید جهت کاهش آنها برنامه‌ریزی و هزینه کرد و تلفات غیرفنی ناشی از دخالت یا سوء استفاده انسانی در تاسیسات الکتریکی بوده و در چشم‌انداز کوتاه مدت باید برای کاهش آنها برنامه‌ریزی و هزینه کرد. در این مبحث، هدف کاهش تلفات فنی صنعت برق با بهبود کیفیت و عملکرد مواد غیرفلزی در حوزه‌های مختلف صنعت برق می باشد.

وزارت نیرو کاهش تلفات شبکه توزیع برق کشور را به منظور تحقق سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی از سال ۹۳ آغاز کرد و موفق شد، طی دو سال به میزان ۴ درصد از تلفات شبکه توزیع برق کشور را کاهش دهد، اما هدفگذاری کاهش تلفات به زیر ۱۰ درصد برای سال ۹۵ محقق نشد. وزارت نیرو در واقع اجرای بند "افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش تلفات انتقال و توزیع و بهینه سازی مصرف انرژی برق" که در سیاست‌های متناظر با اهداف بخش برق در ۴۷ برنامه اجرایی این وزارتخانه به منظور تحقق اقتصاد مقاومتی آمده بود را در سال ۹۳ آغاز کرد و موفق شد میزان تلفات شبکه توزیع برق را که در پایان سال ۹۲ در حدود ۱۵ درصد بود، در پایان سال ۹۴ به حدود ۱۱ درصد برساند. در سال ۱۳۹۱ ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور ۶۸ هزار و ۸۹۴ مگاوات بوده است و این ظرفیت در سال ۱۳۹۲ به ۷۰/۷ هزار مگاوات رسیده است. هر یک درصد تلفات در شبکه انتقال و توزیع کشور به معنای در اختیار قرار گرفتن بیش از یک درصد ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور توسط تلفات است. طبق سخن مدیران شبکه توزیع برق کشور، در سال ۱۳۹۹ میزان تلفات شبکه توزیع به عدد ۹/۷۶ درصد رسید. برای کاهش ۵ درصدی تلفات شبکه توزیع، سرمایه‌گذاری ۵ هزار میلیارد تومانی صورت گرفته است که البته این سرمایه‌گذاری هم باعث کاهش تلفات شده و هم موجب شده که ۳۲۰۰ مگاوات نیروگاه جدید احداث نشود؛ در واقع این مقدار نیروگاه باید احداث می‌شد تا صرف تأمین برقی می‌شد که در تلفات شبکه توزیع برق هدر می‌رفت. در واقع با سرمایه‌گذاری ۵۰۰۰ میلیارد تومانی در بخش کاهش تلفات شبکه توزیع و کاهش ۵ درصدی تلفات در این بخش، ۵۰ هزار میلیارد تومان صرفه‌جویی در بخش نیروگاهی و شبکه‌های انتقال صورت گرفته است. همچنین با کاهش ۵ درصدی تلفات شبکه توزیع، ۱۶ میلیارد لیتر سوخت صرفه‌جویی شده و ۴۲ میلیون تن گاز آلاینده وارد هوای کشور نشده است. باید تلاش‌ها در این زمینه ادامه یابد تا در سایه تداوم این فعالیت‌ها، میزان تلفات کاهش بیشتری داشته باشد.

### - بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات تجهیزات

نگهداری و تعمیرات اساسی در صنعت برق کشور به ویژه در نیروگاه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. در چند دهه گذشته، فلسفه نگهداری و تعمیرات بتدریج تغییر کرد و روش‌های تعمیراتی دارای تغییر و تحولات زیادی شده است، به طوری که در صنعت برق و به ویژه در نیروگاه‌ها، دارا بودن یک سیستم مناسب نگهداری و



تعمیرات همگام با توسعه و افزایش حجم واحدها در حال فزونی است. وجود یک سیستم نگهداری و تعمیرات از آن جهت الزامی است که کنترل مستمر و اطلاع کامل از اوضاع و نحوه عملکرد واحدهای عملیاتی و تأسیساتی وابسته و سرویس‌های لازم را امکان‌پذیر می‌سازد. در حال حاضر شرکت‌ها و نیز واحدهای تعمیراتی در نیروگاه‌ها، امر نگهداری و تعمیرات را بر عهده داشته و نوعی تفکیک نیروی کار در صنعت برق مشاهده می‌شود. ایجاد زمینه همکاری و تفاهم میان پرسنل تعمیرات و پرسنل بهره‌برداری، ارتقای سطح دانش و تخصص پرسنل بهره‌برداری به منظور کسب توانایی در انجام بعضی از فعالیتهای نگهداری و تعمیرات از قبیل: تمیزکاری، تعویض فیلترهای هوا یا آب و ... نیز جزو مسائل مهم است. با پایش وضعیت تولید نیروگاه‌ها و ترانسفورماتورها، می‌توان در موقع ضرورت تعمیرات را انجام داد که این مهم در بعضی مواقع ۴۰ الی ۵۰ درصد هزینه تعمیرات را کاهش می‌دهند. پایداری تولید هر واحد نیروگاهی ملزم به آماده بکار بودن بدون اشکال کلیه تأسیسات و تجهیزات است که این امر مستلزم بهره‌برداری مناسب، پایش منظم، دقیق و علمی کلیه تجهیزات، داده‌پردازی پارامترهای مهم (دیسپاچینگ‌ها) و سرویس و نگهداری استاندارد بوده که موجب بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها شده است. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای سرویس و نگهداری استاندارد، کاهش نرخ خروج اضطراری واحدهای نیروگاه و افزایش پایداری تولید برق واحدهاست که خود ضامن امنیت شبکه برق کشور بوده و جلوگیری از رشد تصاعدی خرابی و خسارات به تجهیزات و سیستم‌ها در شناسایی عوامل خرابی و ارائه راه حل به موقع آن، خود سبب جلوگیری از افزایش هزینه تعمیر و نگهداری واحدها شده است.

#### - بالا بودن نرخ انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی

آلودگی هوا از جمله ره‌آوردهای توسعه صنعتی است که روزبه‌روز بر شدت آن افزوده می‌شود. در این میان صنایع نیروگاهی یکی از مهمترین منابع نشر آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای می‌باشند، که اغلب از دودکش‌های موجود در این صنایع به محیط‌زیست وارد می‌شوند. از جمله مواردی که توسط نیروگاه‌ها موجب آلودگی هوا می‌شوند و عمدتاً از طریق دودکش‌ها به هوا راه پیدا می‌کنند می‌توان به اکسیدهای نیتروژن (NOx)، دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) و اکسیدهای سولفور (SOx) اشاره کرد. با توجه به قوانین محیط زیست و قراردادهای بین‌المللی که کشورمان در این زمینه امضا کرده است باید هر چه سریع‌تر میزان این آلاینده‌ها کاهش پیدا کند، در غیر این صورت نیروگاه‌ها با جریمه‌های متعدد زیست‌محیطی مواجه خواهند شد.

در ایران در سال ۷۹ با مصرف حدود ۶/۵ میلیارد لیتر مازوت، ۱/۳ میلیارد لیتر گازوئیل، و ۲۳ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی برای تولید برق، طی یکسال حدود ۳۰۰ هزار تن گاز SO<sub>2</sub> و حدود ۷۲ میلیون تن گاز CO<sub>2</sub> و ۱۱۰ هزارتن اکسیدهای ازت وارد هوا شده است.

در سال ۹۷، ۶۷ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی، ۶ میلیارد لیتر گازوئیل و ۳.۵ میلیارد لیتر مازوت در نیروگاه‌های کشور مصرف شده است. در این ارتباط، شرکت کنترل کیفیت هوا در گزارش سهم‌بندی صنایع آلاینده شهر تهران در سال ۹۶، سهم نیروگاه‌ها را از آلاینده‌های گازی ۵.۳ درصد و سهم آنها در ذرات معلق را ۱۲.۱ درصد برآورد کرد.

مورد دیگری که در نیروگاه‌ها موجب آلودگی می‌شوند، بحث مرتبط با پساب خروجی از آنها است که موجب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و در نتیجه آلودگی شدید محیط‌زیست می‌گردد.

### – پایین بودن بازده نیروگاه‌ها

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در صنعت برق، راندمان نیروگاه‌هاست که معمولاً از دغدغه‌های صنعت برق و نیروگاه‌سازی در دنیا است تا بتوان با بالا بردن آن تا حد ممکن، جوابگوی نیاز برق مصرفی بود و هدررفت انرژی را به حدی منطقی رساند. راندمان پایین نیروگاه‌ها در کشور باعث شده تا تولید میزان مشخصی برق در قبال سوزاندن سوخت بیشتر محقق شود. در واقع نیروگاه‌ها اگر با بازدهی بالاتری کار کنند مصرف سوخت نیز پایین می‌آید و از همین رو حتی با وجود محدودیت تامین گاز که به دلیل بدمصرفی در بخش خانگی رخ می‌دهد، بازهم نیاز کمتری به سوخت مایع خواهند داشت. در واقع راندمان نیروگاه‌ها با توزیع بهینه سوخت بین نیروگاه‌هایی که بیشترین راندمان را دارند و نیروگاه‌هایی که تولید میزان مشخصی برق توسط آنها (بخاطر پایداری شبکه) نیاز هست افزایش می‌یابد. به این معنا که با توزیع میزان مشخصی سوخت، برق بیشتری در کشور تولید می‌شود. در سال ۹۹ میانگین راندمان نیروگاه‌ها به ۳۹ درصد رسید و امید است با اقدامات انجام گرفته در نحوه توزیع سوخت به ۴۱ درصد برسد. قابل ذکر می‌باشد که پایین بودن بازدهی نیروگاه‌های تولید برق به دلیل مدیریت نامناسب توزیع سوخت باعث می‌شود سوخت مایع بیشتر در نیروگاه‌ها مصرف شود که این موضوع به آلودگی هوا دامن می‌زند. بررسی میزان بازده نیروگاه‌های حرارتی کشور نسبت به کشورهای پیشرو در این حوزه نشان می‌دهد که نیروگاه‌های حرارتی کشور از بازده پایینی برخوردار هستند. مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۱ بازده نیروگاه‌های گازسوز کشور افزایش کمی را به نسبت سایر کشورهای دنیا داشته است. محاسبات نشان داده است که به ازای افزایش ۱ درصد در بازده نیروگاه‌های حرارتی کشور سالانه ۲ میلیارد مترمکعب در مصرف گاز یا معادل ۲ میلیارد لیتر سوخت مایع صرفه جویی می‌گردد.

طبق گفته مدیران صنعت برق، جهت‌گیری به سمت نیروگاه‌های چرخه ترکیبی با بازدهی بالا و آلایندگی کمتر با توجه به پیشرفت فناوری و ساخت داخل تجهیزات این نوع نیروگاه‌ها، برنامه‌ریزی و اجرای کامل برنامه تعمیرات واحدهای نیروگاهی و تبدیل واحدهای گازی سیکل باز به واحدهای سیکل ترکیبی از جمله برنامه‌های صنعت برق حرارتی برای ارتقای بازده واحدهای تولید برق حرارتی است.

هم‌چنین، بازنشسته کردن واحدهای فرسوده و با بازده پایین، ارتقای بهره‌وری در فعالیت‌ها و مشارکت بیشتر بخش خصوصی، استفاده بیشتر از فناوری روز جهان و هماهنگی و همکاری با شرکت مدیریت شبکه برق ایران در جهت آرایش بهینه تولید نیز از دیگر برنامه‌هایی است که مجموعه برق حرارتی برای افزایش بازده نیروگاه‌های حرارتی کشور در دستور کار قرار داده است.

بر اساس آخرین سند شورای عالی انرژی کشور مقدار بازده نیروگاه‌های حرارتی در سال ۱۴۲۰ برابر با ۵۰ درصد هدف‌گذاری شده است که باید فعالیت‌ها و تحقیقات در راستای رسیدن به این هدف تداوم یابد.

### – سهم ناچیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور

بر اساس تعاریف، انرژی تجدیدپذیر انرژی‌ای است که از منابع تجدیدپذیر یا بازگشت‌پذیرمانند نور خورشید، باد، باران، موج، جزر و مد و گرمای حرارتی زمین به دست می‌آید و می‌توان آن را در مدت زمان کوتاهی توسط منابع طبیعی جایگزین کرد. استفاده از این نوع انرژی می‌تواند علاوه بر تولید برق پاک مانع از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی شود.

انرژی به‌ویژه نوع تجدیدپذیر آن، رکن اساسی پیشرفت و توسعه پایدار در تمام جنبه‌های مورد نظر هر کشوری است. محققان کشور وضعیت انرژی‌های تجدیدپذیر و تأثیر آن در توسعه کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال

آفریقا را بررسی کرده و به سهم ناچیز ما از آن اشاره کرده‌اند.

طبق گفته مدیران ارشد صنعت برق، برنامه ششم توسعه که شروع آن از سال ۹۶ بوده و تا پایان سال ۱۴۰۰ ادامه دارد بندی دارد که براساس آن ۵ درصد ظرفیت کل نیروگاه‌های کشور باید نیروگاه تجدید پذیر باشد. برآوردها نشان می‌دهد حدود ۸۵ هزار مگاوات ظرفیت کل نیروگاه‌های کشور است که بر اساس قانون برنامه ششم توسعه می‌بایست، حدود چهار هزار مگاوات از نیروگاه‌ها تبدیل به نیروگاه تجدیدپذیر می‌شد اما اکنون چیزی بیش از ۸۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر در کشور وجود دارد که این آمار نشان دهنده یک عقب‌ماندگی زیاد در این زمینه هستند.

برخی از چالش‌های موجود برای توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران را می‌توان وجود سوخت‌های فسیلی ارزان و یارانه‌ای، فقدان برنامه جامع و مدون ملی و وجود مشکلات ساختاری در نهادهای دولتی بیان کرد. یک چالش بسیار مهم دیگر این است که بسیاری از تجهیزات انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی، وارداتی بوده و این موضوع خود دغدغه‌ای جدی را برای فعالان این حوزه فراهم آورده است.

### – کیفیت پایین و طول عمر کم تجهیزات مورد استفاده

وابستگی روزافزون زندگی اجتماعی به انرژی الکتریکی، قابلیت اطمینان و قابلیت اعتماد به عدم قطع برق، تداوم سرویس‌دهی، کیفیت مطلوب، ایمنی کافی و هزینه کم از جمله انتظارات مشترکین برق به شمار می‌رود. تداوم سرویس‌دهی و عدم قطع برق اهمیت بسیار زیادی دارد. از این رو طراحی و بهره‌برداری مناسب از شبکه‌های توزیع (به دلیل نزدیکی سیستم توزیع به مصرف‌کنندگان) ارزش فوق‌العاده‌ای پیدا کرده است. حوادث و اتفاقات زیانبار پست‌های توزیع برق خسارات زیادی را متوجه تجهیزات شبکه و مشترکین می‌نماید. با بررسی عوامل خطا می‌توان تدابیر لازم در جهت رفع این خطاها در شبکه را شناسایی نمود و همچنین با شناخت نقاط ضعف شبکه و بهبود این نقاط می‌توان وضعیت قابلیت اطمینان شبکه را افزایش داد و از طرف دیگر چگونگی نصب تجهیزات و عملکرد درست گروه‌های تعمیر و سرویس و نگهداری را بهبود بخشید. خرابی‌های ایجاد شده در برخی تجهیزات کاربردی صنعت برق به علت کیفیت پایین آن‌ها، می‌تواند به صدمات جبران‌ناپذیری منجر شود.

### – فرسودگی تجهیزات

اصولاً شبکه‌های انتقال و توزیع برق بر اساس شرایط آب و هوایی و نیز الگوی بار مصرفی پایدار طراحی می‌شوند. اما شرایط سنگین آب و هوایی و محیطی از جمله عوامل مهمی هستند که عملکرد تجهیزات فشارقوی و عایق‌ها را در شبکه تحت تاثیر قرار می‌دهند و تنش‌های زیادی ممکن است بر این تجهیزات وارد آورند و سبب اختلال سیستم قدرت شوند. عواملی چون آلودگی‌های محیطی، دمای بالا یا تغییرات زیاد دما در محیط، رطوبت محیطی، بارش‌های جوی، فشار بخار آب اشباع، پدیده‌ی شبنم، وزش بادهای شدید، یخ‌زدگی، کاهش چگالی هوا ناشی از ارتفاع زیاد نسبت به سطح دریا، برخورد صاعقه و پدیده‌ی ریزگرد می‌توانند سبب بروز مشکلات فراوان برای تجهیزات شبکه و عایق‌ها شوند در مناطقی که به آنها مناطق با اقلیم خاص گفته می‌شود، شدت برخی از عوامل محیطی مذکور به حدی است که با اثرگذاری نامطلوب بر روی سطوح عایقی و تجهیزات فشارقوی، سبب تسریع پدیده‌های زوال عایقی و پیرشدگی و لذا تغییر مشخصه‌های عایقی در زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر مناطق می‌شود، به گونه‌ای که به مرور زمان مشخصه‌های عایقی نسبت به مشخصه‌های زمان طراحی در آغاز بهره‌برداری از آن تجهیزات فاصله‌ی زیادی پیدا می‌کند. فعالان صنعت برق می‌گویند بخشی از خاموشی‌هایی که در

ساعت‌های پیک رخ می‌دهد ناشی از فرسودگی شبکه است. هم اکنون بخش زیادی از تجهیزات برق در تهران عمر بالای ۴۰ سال دارند. در حالیکه استاندارد جهانی تنها ۳۰ سال است. در شهر تهران بیش از ۳۰ درصد تجهیزات فرسوده است.

### - کمبود منابع آبی برای استفاده در سیستم‌های خنک‌کننده

کشور ما خشک و نیمه بیانی است لذا هر ساله به صورت روزافزون با خطر بی آبی مواجه هستیم. مصرف زیاد آب در برج‌های خنک‌کننده از جمله چالش‌های کارخانجات و صنایع در مناطق خشک و کم آب است. البته در مناطقی که آب به وفور یافت می‌شود نیز جهت کمک و حفظ محیط زیست روش‌های کاهش مصرف آب باید در دستور کار قرار بگیرد. برج‌های خنک‌کننده به طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. حدود ۴۰ درصد از آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع طبیعی آب در اغلب کشورهای توسعه یافته به منظور خنک کردن نیروگاه‌ها در برج‌های خنک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند، که بخش اعظم این آب به شکل بخار به هدر می‌رود. در واقع بیشترین مصرف آب برج‌های خنک‌کننده مربوط به بخش تبخیر است که با کنترل دمای آب خروجی و میزان خنک کاری و ممانعت از تامین دمای خیلی پایین‌تر که مورد نیاز سیستم نمی‌باشد، می‌توان میزان مصرف آب را کاهش داد. همچنین ورود این آلاینده‌ها به برج‌های خنک‌کننده در طول مدت زمان زیاد یک سری مشکلات ایجاد می‌کند و بر بخش‌های مختلف برج‌های خنک‌کننده که در تماس با آب قرار می‌گیرند، تاثیر می‌گذارند. در اثر تبخیر آب، میزان مواد مغذی موجود در آب افزایش می‌یابد. در اثر ریزش و تلاطم آب در سیستم‌های مدار باز میزان اکسیژن آب افزایش می‌یابد. همچنین فرایند نشت و استفاده از آب باعث افزایش میزان مواد مغذی موجود در آب می‌شود که شرایط را برای رشد و تکثیر میکرو ارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. میکرو ارگانیسم‌های داخل لایه محافظت شده، باعث خوردگی سریع و خراب شدن دیوارهای برج‌های خنک‌کننده و سیستم‌های تبادل گرما می‌شوند. فیلم زیستی مانع از رسیدن موادی می‌شوند که باعث حفاظت و جلوگیری از خوردگی در سطح می‌شوند. به علاوه واکنش‌های میکروبیولوژیکی، واکنش‌های خوردگی را تسریع می‌کند و محصولات میکروبی می‌توانند مواد را دچار خوردگی کنند. فیلم زیستی بر روی سیستم‌های تبادل گرما یک لایه ایزوله ایجاد می‌کند و باعث می‌شود آن‌ها دیگر به درستی کار نکنند.

در بسیاری از کشورها، نیروگاه‌های تولید برق بزرگ ترین منبع مصرف آب است، چراکه نیروگاه‌های تولید برق به چرخه خنک‌کننده به منظور عملکرد مناسب خود نیاز دارند. تنها سیستم‌های انرژی که نیاز به چرخه خنک‌کننده ندارند، سیستم‌های بادی و خورشیدی است؛ بنابراین یکی از توصیه‌های اولیه محققان جایگزین کردن سیستم‌های قدیمی با سیستم‌های بادی و خورشیدی پایدار است. بسیاری از نیروگاه‌ها حتی میزان آب مورد استفاده برای عملکرد خود را تاکنون ثبت نکرده و از آن اطلاعی ندارند. به طور کلی محققان شش توصیه کلی را به منظور متوقف کردن روند کنونی و غلبه بر بحران کم آبی را ارائه داده‌اند که شامل ارتقای بهره‌وری انرژی، پژوهش‌های بهتر به منظور جایگزینی چرخه‌های خنک‌کننده، ثبت میزان آب مورد استفاده نیروگاه‌ها، سرمایه گذاری عظیم روی انرژی باد، سرمایه گذاری عظیم روی انرژی خورشید، رهاسازی تسهیلات سوخت فسیلی در مکان‌هایی که در مضیقه آب هستند و تقریباً نیمی از سیاره زمین را در بر می‌گیرد.

### - آلودگی‌های زیست‌محیطی و عوامل فرسایش محیطی مانند ریزگرد و یخ‌زدگی

تغییرات منطقه‌ای در الگوهای دما و بارش می‌تواند تبعات قابل ملاحظه‌ای بر سامانه‌های زیرساختی و اساسی

نیروگاه‌های حرارتی و عملکرد فعلی و آتی آن‌ها بر جای گذارد. آب و هوا و اقلیم می‌توانند بر تمامی جنبه‌ها و فعالیت‌های اساسی بخش برق شامل تولید برق، سامانه‌های انتقال و توزیع و تقاضای مصرف‌کنندگان نهایی تأثیر بگذارند. در نیروگاه‌های حرارتی، کارایی تولید برق با افزایش دمای محیط، تقلیل می‌یابد. نیروگاه‌های برقی نیز از تغییر اقلیم متأثر می‌شوند.

عواملی از قبیل بارش، سطوح قله برفی و زمان ذوب برف بر جریان آب رودخانه ها و رواناب ها و نیز سطوح ذخیره آب اثر می گذارند. سایر فناوری های استفاده از منابع تجدید پذیر نیز تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار دارند. با پیشرفت روز افزون تکنولوژی و صنعت و افزایش شهرها و شهرک های صنعتی و کارخانجات ها هر روزه مشاهده گر آلودگی بیشتر محیط زیست و هوای کره زمین ناشی از پسماند و دود حاصله از فعالیت صنعتگران هستیم، علاوه بر این، این فعالیت ها مسبب گرمتر شدن کره زمین و تشدید پدیده global warming می باشند، که خود باعث تغییر اقلیم نواحی و رشد بیابان ها و در نتیجه افزایش طوفان های گرد و خاکی می باشد. گرد و غبار یکی از پدیده های جوی است که آثار و پیامد های زیست محیطی نامطلوبی برجای میگذارد. گرد و غبار میتواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه ی بیولوژیکی، زمین شناسی، شیمیایی، و یا محیط زیست انسان گردد. نشست گرد و خاک روی تأسیسات برقی سبب کاهش بازده وسایل و عمر مفید آنها می شود به عنوان مثال خرابی کابل ها، مقره ها، تخریب سنسورها و ترانسمیتر ها، خرابی رله و کنتاکتورها و مدارات فرمان و قدرت، ایجاد جلبک بر روی برج های خنک کننده ... از اثرات تخریبی آن می باشد. یکی از دلایل قطعی برق و آسیب رسیدن به خطوط انتقال و توزیع تأثیر ریزگردها روی مقره ها و خرابی مقره ها می باشد. یکی از مهمترین تأثیرات ریزگردها که موجب خاموشیهای زیاد در شبکه شده تأثیر ریزگردها بر مقرهها و کات اوت فیوزها می باشد. آلودگی و کثیفی مقره توام با رطوبت و خاک موجب هادی شدن مقره و برقراری قوس الکتریکی میگردد. نشست گرد و خاک بر روی مقره های پلیمری در وهله ی اول با وجود کمی رطوبت در هوا باعث تشکیل گل بر روی مقره شده و آنرا اتصال کوتاه میکند و در وهله ی دوم در دراز مدت سبب تشکیل رسوباتی بر روی دیواره مقره شده و باعث فرسایش و پوسیدگی مقره و در نهایت شکستن و خوردگی آن شده و سبب قطع اتصال و در نهایت خاموشی شبکه می شود.

به طور کلی روش های پیشنهادی برای کم کردن خرابی های شبکه توزیع برق حاصل از ریزگردها به ویژه مقره ها موارد زیر می باشند:

- زدودن آلودگی های تجمع یافته مقره ها توسط شست و شوی دوره ای
- حداقل نمودن آلودگی تجمع یافته روی سطح مقره با استفاده از پروفیل های آیرودینامیکی
- افزایش فاصله خزشی در زنجیره ها با زنگوله های اضافی یا گونه هایی با فاصله خزشی زیاد
- خشک نگهداشتن سطح مقره به مدت طولانی تر با استفاده از لعاب مقاومتی یا طرحی خواص که سبب تر شدگی سخت تر مقره گردد.
- جلوگیری از تشکیل لایه آب بر روی سطح مقره توسط پوشش دادن سطح مقره با مواد دفع کننده آب
- نظیر گریسها یا پوشش های سیلیکون رابر
- استفاده پوشش های آبگریز و ضد غبار نانو

همچنین یکی از دغدغه های شرکت های برق منطقه ای در دنیا تجمع برف و یخ روی سیمهای خطوط انتقال برق در مناطق کوهستانی و برفگیر می باشد. کشورهایی چون کانادا، روسیه، چین، ژاپن، شمال اروپا ... در گیر این

عامل طبیعی بوده و تهدیدی بر شبکه برق این کشورها به حساب می آید. چرا که نشست برف و یخ روی سیمها، یراق آلات و دکل‌های خطوط مذکور، خاموشی‌های ناخواسته را در پی داشته و باعث تحمیل خسارات مالی فراوان می شود. در کشور ما نیز، بسیاری از خطوط هوایی گذرنده از مناطق کوهستانی و برفگیر، از این مشکل مستثنی نبوده و به دلیل شرایط سخت حاکم بر منطقه، مصرف کنندگان متحمل خاموشی‌های چندین روزه می شوند. خطوط انتقال و فوق توزیع گذرنده از مناطق کوهستانی استانهای اردبیل، کردستان، زنجان، چهارمحال و بختیاری، مازندران و حتی بخشی از خطوط کوهستانی اصفهان و ... با این مشکل درگیر بوده و در فصول سرد سال، خاموشی‌های ناخواسته دامنگیر خطوط مذکور بوده است. بمنظور مقابله با این پدیده در کشورهای درگیر، یکسری تحقیقات گسترده و نمونه‌های آزمایشگاهی به منظور یخ زدایی و جلوگیری از یخ زدگی سیمها و یراق آلات، انجام و کاربردی شده است. عمده روش‌های مرسوم بر سه پایه روشهای مکانیکی، گرمایی و اثرات ژولی استوار می باشد. روش‌های مکانیکی نسبت به روش‌های گرمایی و اثرات ژولی ارجحیت دارند. ولی به سبب محدودیت در دامنه کاربرد، شرکت‌های برق تمایل به استفاده از اثرات ژولی و گرمایی من جمله استفاده از روش اتصال کوتاه خطوط دارند. روش‌های مکانیکی برای شکستن یخ و تسریع در ریزش آن در خطوط انتقال و فوق توزیع کاربرد دارند. عموماً اغلب روش‌های مکانیکی بر دو پایه استوارند، یکی از آنها مستقیماً در شکست یخ نقش دارد و دیگری با تولید انرژی شوک، ویبره و لرزش در سیم عملیات یخ زدایی را انجام می دهند و در یخ زدایی سیمهای گارد و فیبر نوری نقشی اساسی داشته و به انرژی کمتری نسبت به روش‌های گرمایی نیاز دارد. ولی با توجه به اینکه روش‌های گرمایی و بخصوص روش اثر ژول قابلیت یخ زدایی قسمت‌های طولانی خط انتقال را داشته و همچنین نیاز آنها به نیروی انسانی در مقایسه با روش‌های مکانیکی کمتر است، به این دلیل روش‌های گرمایی پرکاربردتر از روش‌های مکانیکی است. با این وجود روش‌های مکانیکی همچنان مورد توجه برق‌های منطقه ای بوده و برای یخ زدایی قسمت‌های مهم و کوتاه شبکه برق به کار می روند.

یکی از روش‌های جلوگیری از تجمع یخ، استفاده از یک پوشش سطحی برای ضعیف کردن کشش سطحی بین یخ و سطح هادی است. استفاده از موادی که سطح انرژی پائین تری دارند مانند پلی‌تترافلوئورواتلین یا تفلون (PTFE) و پلی دی متیل سیلوکسان (PDMS) یکی از روش‌های جلوگیری از یخ زدگی است. ماده اپوکسی سیلیکون به نام تجاری WearLon نیز تجمع یخ بر روی هادی‌های آلومینیومی را ۱۲ برابر کاهش می دهد. روش دیگر کاهش تجمع یخ روی هادی‌ها، تزریق مقدار کمی مایع ویژه بین یخ و سطح هادی است. در این صورت ارتباط فیزیکی-شیمیایی بین سطح و یخ ضعیف می شود و باعث می گردد یخ توسط نیروی جاذبه از خط جدا شود. این مایع می تواند مواد روغنی چسبنده و صنعتی و یا یک نوع گریس باشد. یافته‌های جدید نشان می دهد که گریس لیتیم و مواد روغنی صنعتی نیروی جمع شدگی یخ را تا ۶۳ برابر کاهش می دهد.

#### – خاموشی‌های ناخواسته شبکه برق در اثر رخداد حوادث

قطع برق یا خاموشی به از دست رفتن کوتاه یا بلند مدت توان الکتریکی در یک منطقه اطلاق می‌شود. عوامل بسیاری وجود دارند که باعث قطعی در شبکه برق می‌شوند. برخی از این عوامل شامل خطای الکتریکی در نیروگاه‌ها، آسیب دیدن خطوط انتقال انرژی الکتریکی، پست‌های برق و یا بخش‌هایی از سیستم توزیع، وقوع یک اتصال کوتاه و یا اضافه بار در سیستم‌های الکتریکی می‌باشند. قطعی برق به ویژه در مناطق و تاسیساتی که امنیت عمومی و زیست محیطی را در معرض خطر قرار می‌دهد، بحرانی است.

### -ضعف در ذخیره‌سازی برق تولیدی در زمان‌های کم باری

یکی از مسائلی که امروزه در شبکه‌های برق جهان و ایران بسیار مورد توجه برنامه‌ریزان و بهره‌برداران قرار گرفته است، یکنواخت نبودن و تغییرات زیاد منحنی بار در ساعات مختلف شبانه‌روز است. این موضوع باعث شده است تا تنها در ساعات پیک بار از تمامی ظرفیت نصب شده تولید کشور استفاده شود و در ساعات کم باری و میان باری مقدار زیادی از ظرفیت نصب شده خارج از مدار باشد که این مطلب به معنای خواب سرمایه است. این امر محققان را بر آن داشته است تا با نگاهی به تجربیات بشر و پیش‌زمینه ذخیره‌سازی از دیرباز، در اندیشه ذخیره کردن انرژی الکتریکی باشند. استفاده از سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی می‌تواند به تامین انرژی پایدار، با کیفیت و سازگار با محیط زیست کمک نماید. سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی، می‌توانند برای پشتیبانی بار، تقویت فرکانس و ولتاژ، مدیریت پیک بار، ارتقاء کیفیت انرژی، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و پشتیبانی برای تکنولوژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار گیرند.

با کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و افزایش مخاطرات زیست محیطی، توجه جوامع به انرژی‌های پاک معطوف گشته است و یکی از ملزومات استفاده از انرژی‌های پاک، ذخیره این انرژی‌ها و همچنین یکنواخت کردن انرژی (ذخیره‌سازی در زمانی که ولتاژ یا فرکانس بالاست و تحویل به شبکه در زمان افت ولتاژ یا فرکانس) می‌باشد که این وظایف بر عهده ذخیره‌سازها است.

یکی دیگر از کاربردهای مهم ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی، در خودروهای هیبریدی و برقی است که با توجه به سهم ۶۰ درصدی حمل و نقل از نفت تولیدی جهان، استفاده از حمل و نقل پاک به نوبه خود می‌تواند سبب کاهش آلودگی، وابستگی به نفت و واردات سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کمک به رشد اقتصادی کشور شود. با گسترش جوامع و پیشرفت صنایع نیاز به ذخیره‌سازهایی با پایداری، ظرفیت، طول عمر، توان و انرژی بالاتر است. کاهش هزینه‌ها هنوز هم بزرگ‌ترین چالش در به کارگیری ذخیره‌سازها در صنعت برق و انرژی است.

### -ضعف در مدیریت بار شبکه برق

از آنجا که انرژی الکتریکی شکلی از انرژی است که نمی‌تواند به‌طور مؤثر انبار شود، باید بلافاصله تولید، توزیع و مصرف شود. زمانی که بار بر روی یک سیستم نزدیک به حداکثر ظرفیت تولید می‌شود، اپراتورهای شبکه باید یا منابع اضافی انرژی را پیدا کنند یا راه‌هایی برای کاهش بار و در نتیجه مدیریت بار پیدا کنند. در واقع می‌توان گفت که هدف از مدیریت بار، کاهش هزینه اقتصادی و افزایش قابلیت ضریب اطمینان شبکه برق است. برای دستیابی به هدف مذکور، هر دو سمت عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی باید بررسی شوند. به نظر می‌رسد در کشور ما تاکنون نسبت به اعمال مدیریت بار مصرف برق در سمت تقاضا توجه کافی نشده است. در حالیکه رفتار مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی در نحوه استفاده از آن تعیین‌کننده الگوی مصرف برق محسوب می‌شود. عرضه‌کننده انرژی الکتریکی باید از طریق انجام تحقیقات مرتبط، به شناخت واقع بینانه از الگوی فعلی مصرف برق دست یابد تا بتواند مدیریت بار را به درستی و به نحو احسن به انجام رساند. اگر مدیریت بار ناموفق باشد، سیستم ناپایدار خواهد شد و خاموشی‌ها می‌تواند رخ دهند.

### -عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت برق مانند نانو و ابررسانا

جوابگویی به نیاز روزافزون جوامع به الکتریسیته، استفاده از فناوری‌های نوین در صنعت برق را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. دو نمونه از این فناوری‌های نوین را می‌توان فناوری نانو و ابررسانا معرفی کرد. استفاده از فناوری

نانو، در موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم محسوب می شود که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته و از فناوری‌های نوینی به شمار می‌رود که با سرعت هرچه تمام تر در حال توسعه می‌باشد. با توجه به کاربردهای فناوری نانو در بخش‌های مختلف صنعت برق و انرژی می‌توان گفت که این فناوری در ساخت و تولید تجهیزات مورد نیاز با کارایی و خواص بالا، تولید تجهیزات با مقاومت بالا، توسعه بهره‌وری و به‌سازی تاسیسات، کاهش تلفات برق، افزایش راندمان تجهیزات و افزایش توان در تولید برق ما را یاری خواهد کرد.

استفاده از فناوری ابررسانا هم مزایای زیادی را در بر دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی چون انتقال توان تولیدی به مصرف کننده بدون نیاز به تغییر سطح ولتاژ، کاهش مشکلات اشتعال و زیست محیطی در اثر حذف روغن‌های خنک کننده، انتقال بصورت زیر زمینی و کاهش هزینه نگهداری اشاره نمود. تحقیقات در زمینه فناوری ابررسانا با سرعت در دنیا در حال پیشرفت است. در صورت دستیابی به ابررساناهای با قابلیت کارکرد در دمای محیط، انقلاب عظیمی رخ خواهد داد که صنایع دنیا و بویژه صنعت برق را دگرگون خواهد ساخت. انقلاب ابررسانایی بزرگتر از ساخت ترانزیستور در صنایع الکترونیک خواهد بود. ناگفته پیداست غفلت از تحقیقات در این زمینه چه خسارات جبران ناپذیری را به همراه خواهد داشت. از موارد بیان شده بوضوح می‌توان دریافت که توسعه این فناوری حائز اهمیت فراوانی است.

#### - ضایعات و پسماندهای کالاهای مصرفی صنعت برق

ضایعات شامل مواد جامد، مایع، و گاز غیر مطلوب پس از تکمیل یک فرایند می‌باشند که می‌توانند به صورت منابع بالقوه‌ای در تولید محصولات و ترکیبات باارزش نگریسته شوند. صنعت برق نیز مشابه صنایع دیگر شامل ضایعات مختلف در هر سه بخش تولید، انتقال و توزیع است. به عنوان مثال می‌توان به ضایعات حاصل از مقره‌ها، باتری‌ها، پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، سیم و کابل، پساب و آلاینده‌های گازی نیروگاهی و ... اشاره کرد. در برخورد با ضایعات مختلف صنعت برق، یک رویکرد دفع آن‌ها است، اما رویکرد دیگر می‌تواند این باشد که خود این ضایعات به عنوان خوراک ورودی برخی از فرایندها واقع شده و منجر به تولید محصولی جدید و ارزشمند شوند. در واقع می‌توان با استفاده از بازیافت ضایعات، علاوه بر حذف کردن آن‌ها، ترکیبات مفیدی نیز به دست آورد. اگر به مسئله بازیافت ضایعات حاصل از صنعت برق توجه جدی نشود و راهکارهایی برای استفاده مفید از آن‌ها اندیشیده نشود، در آینده نه چندان دور این صنعت با چالش بزرگی روبرو خواهد شد.

#### ۸-۲- شناسایی راهکارهای فناورانه

شناسایی حوزه‌های فناورانه صنعت برق در بخش مواد غیرفلزی، مرزها و حوزه‌های فعالیت گروه پژوهشی مواد غیرفلزی را مشخص می‌کند و برای اولویت‌بندی و همین‌طور انتخاب حوزه‌هایی که گروه قصد پژوهش و توسعه فناوری در آن زمینه‌ها را دارد، باید حوزه‌های فناورانه ابتدا شناسایی شود تا بتوان اولویت‌بندی این حوزه‌ها را انجام داد.

در راستای انجام این فاز پروژه، ابتدا جلساتی با نخبگان مواد غیرفلزی صنعت برق برای تعیین حوزه‌های فناورانه آن، که از این پس محورهای پژوهشی گروه نامیده می‌شود، برگزار شد. بر اساس مجموع بررسی‌های انجام شده، ۱۲ محور اصلی پژوهشی بر اساس توانمندی‌های گروه و نیازهای اصلی صنعت برق کشور شناسایی شدند که در فصل اول این گزارش، به توضیح هر یک از این محورهای اصلی پرداخته شد. با توجه به ادبیات رایج در تدوین نقشه‌های راه سازمانی، از این پس به هریک از این ۱۲ محور اصلی، راهبرد یا استراتژی گفته خواهد شد.



**راهبردها:**

- راهبرد ۱: توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق
- راهبرد ۲: توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق
- راهبرد ۳: توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانو ساختار مورد استفاده در صنعت برق
- راهبرد ۴: توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا
- راهبرد ۵: توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق
- راهبرد ۶: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقرها و عایق‌های الکتریکی
- راهبرد ۷: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق
- راهبرد ۸: مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی
- راهبرد ۹: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی
- راهبرد ۱۰: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره انرژی
- راهبرد ۱۱: توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق
- راهبرد ۱۲: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق

در ادامه، به معرفی اقدامات مربوط به هر راهبرد پرداخته می‌شود. این اقدامات نیز حاصل برگزاری پنل‌های خبرگی متعدد می‌باشد.

#### **اقدامات مربوط به راهبرد ۱: توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق**

اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت سرامیک‌ها و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی

- اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی
- اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت دیرگذاها
- اقدام ۴: ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی
- اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌ها و لعاب‌ها
- اقدام ۶: تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی

#### **اقدامات مربوط به راهبرد ۲: توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق**

- اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت آب بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی
- اقدام ۲: تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری و رزین‌ها
- اقدام ۳: ارتقا مواد و بهبود خواص اجزای پلیمری کابل
- اقدام ۴: تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی و حرارتی
- اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، غشاها و فیلترهای پلیمری
- اقدام ۶: تدوین دانش فنی سنتز روغن‌های پلیمری

اقدام ۷: ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در قطعات و تجهیزات صنعت

برق

اقدام ۸: تدوین دانش فنی سنتز الیاف پلیمری

اقدامات مربوط به راهبرد ۳: توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت

برق

اقدام ۱: تدوین دانش فنی سنتز مواد بالک نانوساختار

اقدام ۲: تدوین دانش فنی سنتز نانوافزودنی‌ها

اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار

اقدام ۴: تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی

اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت نانو سیال‌ها

اقدامات مربوط به راهبرد ۴: توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا

اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی

اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت هادی‌ها و کابل‌های ابررسانا

اقدام ۳: تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا

اقدام ۴: تدوین دانش فنی ساخت محدود ساز ابررسانایی

اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌سازهای ابررسانا

اقدام ۶: به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

اقدامات مربوط به راهبرد ۵: توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق

اقدام ۱: تدوین دانش فنی تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها

اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت وریستورها

اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت حسگرها

اقدام ۴: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف

اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌ها

اقدام ۶: تدوین دانش فنی ساخت نیمه‌رساناهای قدرت

اقدامات مربوط به راهبرد ۶: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی

اقدام ۱: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای

اقدام ۲: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری

اقدام ۳: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری

اقدام ۴: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت عایق‌های الکتریکی

اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی

## اقدامات مربوط به راهبرد ۷: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد

### استفاده در صنعت برق

- اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد خوردگی میکروبی
- اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد بازدارنده میکروبی
- اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت مواد خود ترمیم زیستی در تجهیزات صنعت برق
- اقدام ۵: تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی فرسودگی زیستی
- اقدام ۶: کاربرد مواد زیستی در ساخت و ارتقاء مواد و تجهیزات غیرفلزی
- اقدام ۷: تدوین دانش فنی ساخت پیل‌های میکروبی و زیستی
- اقدام ۸: تدوین دانش فنی حذف مواد آلاینده زیست محیطی به کمک فیلترها و مواد زیستی
- اقدام ۹: تدوین دانش فنی تولید سوخت‌های زیستی از زیست توده

## اقدامات مربوط به راهبرد ۸: مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی

- اقدام ۱: روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی
- اقدام ۲: سایش مواد
- اقدام ۳: خوردگی سطحی مواد
- اقدام ۴: فرسودگی سطحی مواد
- اقدام ۵: ترشوندگی و آبگریزی سطحی
- اقدام ۶: سخت کاری سطحی
- اقدام ۷: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی
- اقدام ۸: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش
- اقدام ۹: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش
- اقدام ۱۰: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی
- اقدام ۱۱: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود تمیز شونده
- اقدام ۱۲: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ
- اقدام ۱۳: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد انعکاس
- اقدام ۱۴: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود ترمیم شونده
- اقدام ۱۵: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد آتش
- اقدام ۱۶: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایق حرارتی
- اقدام ۱۷: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند

## اقدامات مربوط به راهبرد ۹: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل

### انرژی

- اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی
- اقدام ۲: ارتقا مواد، خواص و عملکرد سیستم‌های حرارتی خورشیدی
- اقدام ۳: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت پیل‌های سوختی

اقدام ۴: توسعه روش‌های تولید هیدروژن

اقدامات مربوط به راهبرد ۱۰: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره

#### انرژی

اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت باتری‌ها

اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها

اقدام ۳: ارتقا مواد و توسعه روش‌های ذخیره‌سازی هیدروژن

اقدام ۴: ارتقا و بهبود خواص مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی

اقدامات مربوط به راهبرد ۱۱: توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق

اقدام ۱: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی

اقدام ۲: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری

اقدام ۳: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مفره

اقدام ۴: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی

اقدام ۵: توسعه روش‌های بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها

اقدامات مربوط به راهبرد ۱۲: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و

#### تجهیزات غیرفلزی صنعت برق

اقدام ۱: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مفره‌ها و عایق‌های الکتریکی

اقدام ۲: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های قدرت

اقدام ۳: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی

اقدام ۴: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق

اقدام ۵: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های غیرفلزی صنعت برق

اقدام ۶: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری

اقدام ۷: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه

سرامیکی

#### ۹-۲- جمع‌بندی

در این فصل برای شناسایی چالش‌های صنعت برق، ابتدا اسناد بالادستی و پروژه‌های راهبردی مرتبط با این صنعت شامل اسناد توسعه فناوری پژوهشگاه نیرو و سند ملی راهبرد انرژی کشور مورد بررسی قرار گرفت و ۱۴ چالش مهم در صنعت برق شناسایی شد. برای اولیت‌بندی این چالش‌ها از نمودار اهمیت - فوریت استفاده شد. در پنل‌های خبرگی برگزار شده در این راستا، نظر خبرگان در رابطه با اهمیت و فوریت این چالش‌ها دریافت و ۶ چالش‌بالا بودن تلفات، فرسودگی تجهیزات، بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری تجهیزات، کیفیت پایین و طول عمر کم تجهیزات مورد استفاده، آلودگی‌های زیست محیطی و عوامل فرسایش محیطی مانند ریزگرد و یخ‌زدگی و پایین بودن بازده نیروگاه‌ها از اهمیت و فوریت بیشتری برخوردار شدند که باید اقدامات

فنی فوری برای حل آنها اندیشیده شود. ۸ چالش بالا بودن نرخ انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، کمبود منابع آبی برای استفاده در سیستم‌های خنک کننده، خاموشی‌های ناخواسته شبکه برق در اثر رخداد حوادث، سهم ناچیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور، ضعف در ذخیره‌سازی برق تولیدی در زمان‌های کم باری، ضعف در مدیریت بار شبکه، عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت برق مانند نانو و ابررسانا و ضایعات و پسماندهای کالاهای مصرفی صنعت برق از اهمیت زیاد و فوریت کم برخوردار شدند که برای حل آنها در آینده برنامه‌ریزی خواهد شد.

سپس حوزه‌های فناورانه یا همان راهبردها جهت پاسخگویی به چالش‌های مطرح شده، شناسایی و معرفی شدند. در نهایت، اقدامات فنی مرتبط با هر یک از این راهبردها، با مشورت خبرگان این حوزه تدوین و معرفی شد.

## فصل سوم

تدوین ارکان جهت ساز نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

### ۳-۱- مقدمه

در این فصل به تدوین بیانیه ماموریت و اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پرداخته شده است.

### ۳-۲- متدولوژی و فرایند تدوین بیانیه ماموریت

بیانیه ماموریت یا رسالت سندی است که گروه یا سازمان را از سایر گروه‌ها یا سازمان‌های مشابه متمایز می‌کند و شامل طیف فعالیت‌های آن‌ها می‌باشد. بیانیه مأموریت کمک می‌کند تا تلاش همه اعضای گروه برای رسیدن به یک هدف بلندمدت هماهنگ باشد.

در ادامه به چند نمونه از دلایل ضرورت وجود بیانیه ماموریت اشاره شده است:

- ایجاد هویت
- جذب استعداد
- بهبود عملکرد
- تصور آینده
- همسویی رفتارها
- تشویق تفکر انتقادی

در بیانیه ماموریت قوی باید از زبانی واضح و جذاب استفاده شود که درک آن برای اکثر مردم آسان باشد. بیانیه ماموریت خوب باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- ترغیب کننده
- دلگرم کننده
- راهبردی
- قابل دستیابی
- منحصر به فرد

یک گروه یا سازمان زمانی که پیشرفت قابل توجهی به دست آورد، می‌تواند بیانیه ماموریت خود را به روز کند. ایجاد تغییرات کوچک در آن می‌تواند باعث رشد مجموعه شود، اما تغییر کامل آن به صورت پی در پی منجر به ایجاد سردرگمی می‌شود.

برای متدولوژی تدوین آن، باید در ابتدا به سادگی آنچه گروه یا سازمان انجام می‌دهد را توصیف کرد. در ادامه باید به ارزش‌های گروه یا سازمان اشاره شده و نیز دلیل وجود سازمان بیان شود.

از آنجا که گروه پژوهشی مواد غیرفلزی زیرمجموعه معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو وابسته به وزارت نیرو می‌باشد، در تدوین بیانیه ماموریت این گروه، باید به ماموریت‌های سازمان‌های بالا دست آن توجه کرد که شامل ماموریت وزارت نیرو، ماموریت پژوهشگاه نیرو و ماموریت معاونت پژوهشی می‌باشند. در ادامه به ترتیب ماموریت‌های هر یک از این مجموعه‌های بالادستی گروه ارائه شده است.

#### بیانیه ماموریت وزارت نیرو:

وزارت نیرو عهده‌دار مدیریت عرضه و تقاضای آب، برق، انرژی، خدمات آب و فاضلاب و همچنین ارتقای سطح آموزش، پژوهش و فناوری و بسترسازی توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق می‌باشد و نقش محوری خود

را به نحو مؤثر در صیانت از منابع ملی، حفظ محیط زیست، ارتقای بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خود اتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفاء می‌کند.

وزارت نیرو با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت، تدوین ضوابط و مقررات و لوایح مرتبط و ایجاد فضای مناسب برای حضور مؤثر بخش‌های غیر دولتی و سایر نقش‌آفرینان، بخش‌های آب، برق و خدمات فاضلاب را در راستای تحقق چشم‌انداز کشور راهبری و با تحقق خدمات در سطح استانداردها و شاخص‌های ملی و بین‌المللی، حقوق و رضایت ذی‌نفعان، به ویژه مردم را تامین می‌کند.

وزارت نیرو با بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش‌های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری‌های نوین سازگار با محیط زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می‌دهد. وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره‌وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می‌سازد.

### بیانیه مأموریت بخش برق و انرژی وزارت نیرو:

وزارت نیرو در بخش‌های برق و انرژی عهده‌دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد. وزارت نیرو در این بخش با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت و تدوین ضوابط، مقررات و لوایح مرتبط، بسترهای لازم را برای ایجاد هماهنگی بین نقش‌آفرینان، فعالیت بخش‌های خصوصی، تعاونی و عمومی را در تمامی عرصه‌ها فراهم نموده و با حمایت از بهینه‌سازی مصرف، رونق بخشی به فضای کسب و کار در عرصه ملی و فراملی بخش برق و انرژی، حقوق کلیه ذینفعان خود شامل آحاد جامعه، بخش‌های صنعت، کشاورزی، خدمات، دولت و نهادهای قانونگذار را رعایت می‌کند. وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

### مأموریت پژوهشگاه نیرو:

مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی

اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی

ایجاد، توسعه و اکتساب فن‌آوری

حمایت از توسعه فن‌آوری و نوآوری

### مأموریت معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو:

### مأموریت بلندمدت معاونت پژوهشی:

در افق ۱۰ ساله پژوهشگاه نیرو، مؤسسه‌ای دانش‌بنیان، با اعتبار جهانی و پیشرو در نوآوری‌های صنعت برق و انرژی در کشور خواهد بود. برنامه و اهداف پژوهشگاه نیرو در بلندمدت، تبدیل شدن به مرجع پژوهشی صنعت



برق و انرژی در کشور و رسیدن به جایگاه بین‌المللی مناسب به عنوان عالی‌ترین مرجع تحقیقات صنعت برق و انرژی در کشور است. در این راستا برخی اهداف و سیاست‌های بلندمدت برای رسیدن به این جایگاه ترسیم شده است از جمله:

جهت‌دهی به راهبردها و فعالیت‌ها در راستای تحقق هدف پژوهش منجر به فناوری در صنعت برق و انرژی در کشور؛

ارتباط و تعامل مستمر با بدنه‌ی تخصصی صنعت برق و انرژی در کشور و تبدیل شدن به مرجعی جهت رفع نیازهای فناورانه‌ی صنعت؛

ارتقاء فناوری‌های ملی، جذب سرمایه، ظرفیت‌سازی و توسعه منابع انسانی متخصص در صنعت برق و انرژی کشور با اهتمام به جذب اعضای هیئت علمی و تربیت پژوهشگران کارآمد؛ انسجام بخشی و حمایت از تحقیقات هدفمند در دانشگاه‌ها و تسهیل ارتباط مؤثر دانشگاهیان و متخصصین صنعت؛

همکاری با شرکت‌های دانش‌بنیان و بخش‌های تحقیق و توسعه شرکت‌های تولیدی و مهندسی و حمایت از تأسیس و توسعه آنها، ایجاد شبکه مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری در حوزه برق و انرژی به‌منظور پژوهش گسترده و صنعتی‌سازی دستاوردهای پژوهشی در صنعت برق و انرژی کشور؛ مدیریت گروه‌های پژوهشی؛

بسط و گسترش ارتباطات و همکاری‌های داخلی و بین‌المللی در جهت توسعه فناوری در صنعت برق و انرژی.

### ماموریت میان‌مدت معاونت پژوهشی:

با اضافه شدن وظیفه مدیریت پژوهش به پژوهشگاه نیرو، کارکرد گروه‌های پژوهشی تا حدودی تغییر کرده و این گروه‌ها با مأموریتی متفاوت و سازوکاری جدید با اضافه شدن شوراهای راهبری در کنار بدنه کارشناسی خود فعالیت خواهند نمود. برنامه و اهداف معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو در میان‌مدت، ارتقاء هر یک از گروه‌های پژوهشی پژوهشگاه در محورهای تخصصی مرتبط با آن گروه در صنعت برق و انرژی کشور است که مسئولیت رصد علم و فناوری، اجرای پروژه‌های سیاست‌پژوهی و آینده‌نگاری، پیشنهاد طرح‌های کلان و حمایت از پژوهش‌های پایه‌ای و تثبیت ایده را در زمینه‌ی تخصصی مرتبط در صنعت برق و انرژی بر عهده دارند. بنابراین در این هدف‌گذاری، هر یک از گروه‌های پژوهشی، پشتیبانی از کلیه مطالعات آینده و رصد علم و فناوری در حوزه‌ی تخصصی مربوط را انجام می‌دهد. لذا بر اساس ماهیت مطالعات آینده‌پژوهی، باید برنامه‌ریزی، سازماندهی و هدایت مناسب به منظور به‌کارگیری از روش‌های نوین در فعالیت‌های علمی، مدیریت دانش و تعامل شبکه‌ای با نهادهای فعال در صنعت برق و انرژی صورت گیرد.

### ۳-۳- بیانیه ماموریت گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

با توجه به بررسی ماموریت‌های سازمان‌های بالادست گروه پژوهشی مواد غیرفلزی و بر اساس جمع‌بندی نتایج پنل‌های خبرگی برگزار شده در این خصوص، بیانیه ماموریت گروه پژوهشی مواد غیرفلزی به صورت زیر تدوین شد:

گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو بر آن است تا در افق ۱۴۰۴ و در راستای افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و نیز تامین برق پایا؛ با رصد علم و فناوری، اجرای پروژه‌های سیاست‌پژوهی و آینده‌نگاری، پیشنهاد طرح‌های کلان و حمایت از پژوهش‌های پایه‌ای و تثبیت ایده؛ در زمینه بومی‌سازی، توسعه دانش فنی، ارتقا مواد، بهبود خواص و تقویت عملکرد قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق و انرژی، به یک مرجع ممتاز پژوهشی در سطح کشور رسیده و به عنوان بازوی علمی توانمند در صنعت برق و انرژی کشور شناخته شود.

#### ۴-۳- متدولوژی و فرایند تدوین اهداف کلان

در ابتدا می‌توان از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان استفاده کرد. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین و با تأکید بر مولفه‌های موجود در بیانیه مأموریت و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد.

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آنها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آنها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه جانبه آنها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد.

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

### ۳-۵- تدوین اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

مطابق فرایند ذکر شده در بخش قبل، در این گزارش، به منظور تعیین اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی به موارد زیر توجه شد:

- ۱- بیانیه ماموریت تدوین شده برای گروه پژوهشی مواد غیرفلزی
- ۲- اهداف کلان سازمان‌های بالادستی
- ۳- نظرات خبرگان

اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی باید در جهت رسیدن به ماموریت تعریف شده و در مسیر توسعه محصولات غیرفلزی در صنعت برق باشد و از سوی دیگر باید به الزامات بالادستی موجود توجه داشته باشد. در نهایت با اخذ نظرات خبرگان حوزه مواد غیرفلزی و صنعت برق، پیش‌نویس اهداف گروه نوشته شد و پس از نهایی‌سازی اهداف و تعیین بازخوردها، اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی مشخص شد. در ادامه نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف برای تدوین اهداف ارائه شده است.

#### ✓ موارد استخراج شده از بیانیه ماموریت:

- بومی‌سازی ساخت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق
- تدوین دانش فنی ساخت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق
- ارتقا مواد قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق
- بهبود خواص قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق
- تقویت عملکرد قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق
- 

#### ✓ موارد استخراج شده از اهداف سازمان‌های بالادستی:

اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی باید در راستای اهداف وزارت نیرو و پژوهشگاه نیرو باشد که در ادامه به بیان اهداف هر یک از این سازمان‌های بالادستی پرداخته می‌شود.

#### ➤ اهداف کلان وزارت نیرو:

وزارت نیرو یکی از مهم‌ترین وزارتخانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارتخانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت تامین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهم‌ترین هدف این وزارتخانه محسوب می‌شود. اما می‌توان مهم‌ترین اهداف وزارت نیرو را به شرح زیر در چند محور ذکر کرد:

- ۱- حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.
- ۲- رضایت و اقناع مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.
- ۳- بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.
- ۴- تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان
- ۵- دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

### ➤ استراتژی‌های پژوهشگاه نیرو:

در پژوهشگاه نیرو با عنوان اهداف کلان موردی نوشته نشده است اما می‌توان در تدوین اهداف کلان گروه، به استراتژی‌های نوشته شده پژوهشگاه نیرو توجه کرد. استراتژی‌های بزرگ رویکردهای جامعی هستند که راهنمای اقدامات عمده طراحی شده برای دستیابی به اهداف بلندمدت هستند.

- انجام مطالعات و اجرای پروژه‌های آینده‌نگاری و سیاست‌پژوهی صنعت برق و انرژی در سبد پروژه‌های پژوهشگاه نیرو

- تعیین حوزه‌های تحقیقات راهبردی و پیدایش فناوری‌های نوظهور در صنعت برق و انرژی
- جهت‌گیری تبیین پژوهش با رویکرد انجام پروژه‌های مشترک دانشگاه و صنعت
- نظام‌مند نمودن فرآیند آینده‌نگاری و سیاست‌پژوهی
- ارتقاء نقش پژوهشگاه نیرو در سیاست‌پژوهی و آینده‌نگاری صنعت برق و انرژی
- ظرفیت‌سازی و حمایت از فن‌آوری‌های صنعت برق و انرژی
  - افزایش سهم پژوهشگاه نیرو در تامین فناوری‌های نوین صنعت برق و انرژی در سطح ملی
  - ایجاد نظام پایش تحولات فناوری در سطح بین الملل
  - تثبیت جایگاه پژوهشگاه نیرو در مدیریت فناوری
- فراهم‌سازی زیرساخت‌های توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (شامل: مرکز رشد شرکت‌های نوآور، پارک‌های فناوری و صندوق پژوهش و ... )
  - افزایش نقش تسهیل‌گری علمی و فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان و نوآور برق و انرژی کشور
  - ایجاد شبکه مراکز رشد و پارک‌های فناوری در صنعت برق
  - توسعه صندوق و حمایت از تجاری‌سازی نتایج پژوهش و حقوق مالکیت فکری
- پژوهش با تمرکز بر پروژه‌های راهبردی و کلان ریسک بالا و حاکمیتی
  - افزایش سهم پژوهشگاه از تحقیقات راهبردی صنعت برق و انرژی کشور
  - اجرای پروژه‌هایی که بخش خصوصی تمایل و یا امکانات انجام کار آنها را ندارد
- ظرفیت‌سازی برای به‌عهده‌گیری مرجعیت در پژوهش‌های صنعت برق و انرژی
  - ایجاد نظام مدیریت دانش بنیان و نشر دستاوردهای پژوهشی
  - ایجاد شهرت و برند برتر
  - ایجاد شبکه متخصصین در صنعت برق
  - افزایش نقش پژوهشگاه در تدوین استانداردهای صنعت برق و انرژی
- توانمندسازی پژوهشگران در صنعت برق و انرژی
  - استقرار نظام صلاحیت حرفه‌ای
  - حمایت از پژوهشگران برای توسعه فردی
  - توسعه و ارتقا منابع انسانی پژوهشگاه
  - روزآمد کردن و ارتقای نظام توانمندسازی کارشناسان و مدیران پروژه در انطباق با مدل شایستگی

### ✓ موارد استخراج شده از نظرات خبرگان:

در پنل‌های خبرگی، همه خبرگان روی موارد استخراج شده از بیانیه ماموریت توافق داشتند و علاوه بر آن به موارد زیر نیز اشاره کردند:

- افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به‌کارگیری قطعات و تجهیزات غیرفلزی در صنعت برق
- تدوین و بازنگری دستورالعمل‌ها و استانداردهای به‌کارگیری قطعات و تجهیزات غیرفلزی در صنعت برق

#### جمع‌بندی:

با جمع‌بندی نتایج حاصل از بررسی بیانیه ماموریت، اهداف سازمان‌های بالادستی و نظرات خبرگان، محورهای اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی استخراج شد. در نهایت اهداف زیر به عنوان اهداف کلان گروه پژوهشی مواد غیرفلزی مشخص شدند:

- ۱- بومی‌سازی ساخت قطعات و تجهیزات غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق
- ۲- تدوین دانش فنی ساخت قطعات و تجهیزات غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق
- ۳- ارتقا مواد سازنده قطعات و تجهیزات غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق
- ۴- بهبود خواص و عملکرد قطعات و تجهیزات غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق
- ۵- کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری قطعات و تجهیزات صنعت برق با به‌کارگیری مواد غیرفلزی
- ۶- افزایش توانمندی‌های فناورانه در طراحی، ساخت و به‌کارگیری قطعات و تجهیزات غیرفلزی در صنعت برق
- ۷- تدوین و بازنگری دستورالعمل‌ها و استانداردهای به‌کارگیری قطعات و تجهیزات غیرفلزی در صنعت برق
- ۸- نوآوری و طراحی قطعات و تجهیزات نوین غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق

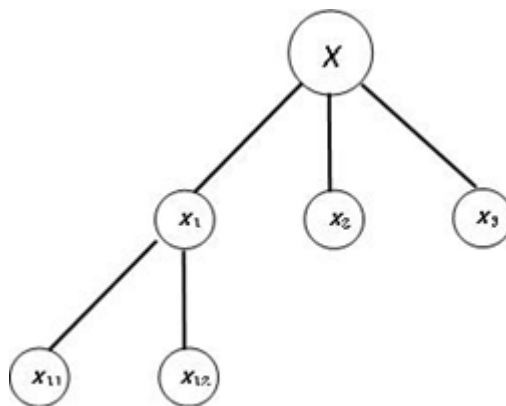
فصل چهارم  
تدوین نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیر فلزی

## ۴-۱- مقدمه

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. لازم است اقدامات تعیین شده در مرحله دوم پروژه به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اهداف و مأموریت گروه پژوهشی مواد غیرفلزی محقق شده است.

## ۴-۲- شکستن اقدامات فنی به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین‌رو در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۴-۱) مشاهده نمود که در آن اقدام  $X$  به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام  $X$  اجرا شود را به دو صورت  $X \equiv \{X_1, X_2, X_3\}$  و  $X \equiv \{X_{11}, X_{12}, X_2, X_3\}$  ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می‌باشد. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد.



شکل (۴-۱) - نحوه شکستن اقدام  $X$

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای عمل قرار می‌گیرد:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می‌توان برآورد مناسبی از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به

اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف آن امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر گردد.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS<sup>۴</sup> می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

### ۱-۲-۴- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی<sup>۵</sup> (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی<sup>۶</sup> (زیرسازی راه، روسازی و اسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

**الف) ساختار و فرهنگ حاکم:** اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

**ب) نیازمندی‌های فعلی:** نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرارگیرد.

**ج) منافع اقتصادی:** میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنا قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

**د) نظرات ذینفعان:** از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌ها شکسته شود، می‌توان از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی

<sup>4</sup>- Work-Breakdown-Structure

<sup>5</sup>- Geographical Base

<sup>6</sup>- Functional Base



عمل نمود.

## ۲-۲-۴- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

### الف) تجزیه و تحلیل فرایند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته‌است. چنین فرایندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

### ب) بهینه‌کاو

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرایند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاو استفاده می‌شود. بهینه‌کاو به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند - که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به‌کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به‌دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

### ج) تحلیل علی‌معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

**گام ۱:** در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

**گام ۲:** در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین‌رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند خودداری شود. پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید.

**گام ۳:** کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آن را تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند - و در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

- در یک سطح باشند

- غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند. در غیر این صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

### ۳-۲-۴- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین‌رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

### ۳-۲-۴- فهرست پروژه‌های اجرایی گروه

در این بخش، فهرست پروژه‌های اجرایی فنی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات فنی در نظر گرفته شده برای گروه پژوهشی مواد غیرفلزی می‌گردد. پس از بررسی ابزارهای گوناگون معرفی شده برای شکستن اقدامات، تصمیم گرفته شده که از ابزار تحلیل علی و معلولی برای شکستن اقدامات فنی استفاده شود. برای تدوین پروژه‌های اجرایی اقدامات فنی، ابتدا فهرستی از پروژه‌ها تهیه شد و در اختیار اعضای پنل خبرگی سند قرار گرفت. سپس در جلسه‌ای با حضور اعضای پنل خبرگی، فهرست نهایی پروژه‌های فنی مشخص شد. مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان جامعیت

پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این پروژه، اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول‌های (۴-۱) تا (۴-۱۲) ارائه شده است.

**جدول (۴-۱) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق"**

| ردیف                                                                                                          | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت سرامیک‌ها و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی</b> |                                                                                                                         |
| ۱-۱                                                                                                           | آینده‌پژوهی مواد سرامیکی نوین مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                                                |
| ۲-۱                                                                                                           | آینده‌پژوهی روش‌های نوین ساخت مواد و قطعات سرامیکی مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                           |
| ۳-۱                                                                                                           | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی                          |
| ۴-۱                                                                                                           | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های با زمینه سرامیک‌های غیراکسیدی جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی              |
| ۵-۱                                                                                                           | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های با زمینه سرامیک‌های اکسیدی جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی                 |
| ۶-۱                                                                                                           | تدوین دانش فنی بهبود فصل مشترک الیاف و زمینه در کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی |
| ۷-۱                                                                                                           | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای بر پایه زیرکونیا با مشخصه‌های مطلوب برای کاربرد در پوشش‌های سد حرارتی                       |
| ۸-۱                                                                                                           | تدوین دانش فنی سنتز ترکیبات سرامیکی جهت استفاده در پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                    |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی</b>                            |                                                                                                                         |
| ۱-۲                                                                                                           | آینده‌پژوهی جاذب‌ها و کاتالیست‌های سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                     |
| ۲-۲                                                                                                           | آینده‌پژوهی غشاها و فیلترهای سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                           |
| ۳-۲                                                                                                           | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌ها و جاذب‌های سرامیکی مورد استفاده جهت کاهش آلاینده‌های گازی نیروگاهی                      |
| ۴-۲                                                                                                           | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌ها و جاذب‌های سرامیکی مورد استفاده جهت تصفیه آب و پساب نیروگاهی                            |
| ۵-۲                                                                                                           | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌های سرامیکی مورد استفاده جهت تصفیه روغن‌های مورد استفاده در صنعت برق                       |

|                                                                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌های سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی                                     | ۶-۲  |
| تدوین دانش فنی ساخت غشاها و فیلترهای سرامیکی تصفیه‌کننده آب و پساب نیروگاهی                                            | ۷-۲  |
| تدوین دانش فنی ساخت غشاهای سرامیکی جداکننده گاز و روغن مورد استفاده در ترانسفورماتور                                   | ۸-۲  |
| <b>اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت دیرگذاها</b>                                                                           |      |
| امکان سنجی و بررسی فنی و اقتصادی استفاده از آجرهای نسوز، مواد دیرگذاز و عایق‌های حرارتی در محفظه احتراق توربین و دودکش | ۱-۳  |
| تدوین دانش فنی ساخت آجرهای نسوز، مواد دیرگذاز و عایق‌های حرارتی در محفظه احتراق توربین و دودکش                         | ۲-۳  |
| طراحی و ساخت ماهیچه‌های سرامیکی برای انجماد جهت‌دار پره‌های توربین                                                     | ۳-۳  |
| تدوین دانش فنی و تامین پورینگ کاپ (Pouring cup) مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق                                         | ۴-۳  |
| تدوین دانش فنی ساخت فوم سرامیکی مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق                                                         | ۵-۳  |
| آینده‌پژوهی انواع چسب‌های نسوز سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                        | ۶-۳  |
| تدوین دانش فنی ساخت چسب‌های نسوز سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                      | ۷-۳  |
| <b>اقدام ۴: ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی</b>                                                        |      |
| تدوین دانش فنی ساخت و ارتقا مواد مورد استفاده در سازه‌های بتنی صنعت برق                                                | ۱-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت مواد ترمیم‌کننده بتن‌های تخریب‌شده در سازه‌های صنعت برق                                            | ۲-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در شرایط محیطی نمک‌های کلریدی مهاجم برای سازه‌های بتنی              | ۳-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در اثر یخ زدگی برای سازه‌های بتنی                                   | ۴-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در اثر عوامل ساینده محیطی برای سازه‌های بتنی                        | ۵-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت افزودنی خودترمیمی بتن برای سازه‌های بتنی                                                           | ۶-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت افزودنی جهت افزایش تاب‌آوری بتن (بتن فوق مستحکم)                                                   | ۷-۴  |
| امکان سنجی و بررسی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به شرایط محیطی مهاجم در سازه‌های بتنی                       | ۸-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد سایش بتن در فونداسیون‌های بتنی                                                         | ۹-۴  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ زدگی بتن‌های مورد استفاده در صنعت برق                                               | ۱۰-۴ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر شرایط محیطی خورنده کلریدی بتن‌های مورد استفاده در صنعت برق                 | ۱۱-۴ |
| آینده پژوهی بتن هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                                        | ۱۲-۴ |
| تدوین دانش فنی ساخت بتن هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                                | ۱۳-۴ |
| <b>اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌ها و لعاب‌ها</b>                                                                  |      |
| تدوین دانش فنی ساخت زیرلایه‌های شیشه‌ای مورد استفاده در سلول‌های خورشیدی                                               | ۱-۵  |
| تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های درزگیر استک پیل‌های سوختی                                                                 | ۲-۵  |

|                                                   |                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳-۵                                               | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های درزگیر پنل‌های خورشیدی                                                               |
| ۴-۵                                               | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های قاب‌های چراغ‌های بزرگراهی جهت بهبود عملکرد از لحاظ تلالو و جذب دوده و آلودگی         |
| ۵-۵                                               | آینده‌پژوهی انواع شیشه‌های هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                        |
| ۶-۵                                               | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                      |
| <b>اقدام ۶: تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی</b> |                                                                                                                   |
| ۱-۶                                               | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت الیاف سرامیکی مورد استفاده در کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی |
| ۲-۶                                               | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های ساخت الیاف سرامیکی                                                                     |
| ۳-۶                                               | تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی اکسیدی                                                                          |
| ۴-۶                                               | تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی غیراکسیدی                                                                       |

جدول (۴-۲) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های

زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف                                                                      | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی</b> |                                                                                                 |
| ۱-۱                                                                       | آینده‌پژوهی انواع آب‌بندها، دیافراگم‌ها، قطعات لاستیکی مورد استفاده در صنعت برق                 |
| ۲-۱                                                                       | تدوین دانش فنی و ساخت آب‌بندهای پلیمری دما بالا                                                 |
| ۳-۱                                                                       | تدوین دانش فنی و ساخت انواع دیافراگم‌های لاستیکی                                                |
| ۴-۱                                                                       | تدوین دانش فنی ساخت پلیمرهای جمع‌شونده حرارتی (Thermal Shrinkage) مورد استفاده در مفصل‌های کابل |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری و رزین‌ها</b>              |                                                                                                 |
| ۱-۲                                                                       | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز انواع رزین‌های مورد استفاده در صنعت برق                           |
| ۲-۲                                                                       | تدوین دانش فنی سنتز رزین‌های سیلیکونی                                                           |
| ۳-۲                                                                       | تدوین دانش فنی سنتز رزین‌های اکریلیکی                                                           |
| ۴-۲                                                                       | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز انواع چسب‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                     |
| ۵-۲                                                                       | تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری عایق                                                         |
| ۷-۲                                                                       | تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری رسانا                                                        |
| <b>اقدام ۳: ارتقا مواد و بهبود خواص اجزای پلیمری کابل</b>                 |                                                                                                 |
| ۱-۳                                                                       | تولید گرانول‌های XLPE مورد استفاده در ساخت کابل‌های ولتاژ متوسط و ولتاژ بالا                    |
| ۲-۳                                                                       | بهبود خواص حرارتی اجزای پلیمری کابل                                                             |
| ۳-۳                                                                       | بهبود خواص عایقی اجزای عایق الکتریکی کابل                                                       |
| ۴-۳                                                                       | بهبود خواص مکانیکی اجزای پلیمری کابل                                                            |

|                                                                                                            |                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۵-۳                                                                                                        | افزایش مقاومت در برابر شرایط محیطی اجزای پلیمری کابل‌های بیرونی (outdoor)                                           |
| <b>اقدام ۴: تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی و حرارتی</b>                                                 |                                                                                                                     |
| ۱-۴                                                                                                        | ارزیابی فنی و اقتصادی ساخت عایق‌های صوتی مورد استفاده در صنعت برق                                                   |
| ۲-۴                                                                                                        | ارزیابی فنی و اقتصادی ساخت عایق‌های حرارتی مورد استفاده در صنعت برق                                                 |
| ۳-۴                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت آبروژل‌های عایق حرارتی                                                                          |
| ۴-۴                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی                                                                                   |
| <b>اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری</b>                                      |                                                                                                                     |
| ۱-۵                                                                                                        | آینده پژوهی انواع جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                        |
| ۲-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                                        |
| ۳-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت فیلتر هوای ورودی توربین گاز                                                                     |
| ۴-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای گاز ورودی به توربین                                                                    |
| ۵-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای پلیمری تصفیه‌کننده آب ورودی نیروگاه                                                    |
| ۶-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای و فیلترهای پلیمری تصفیه‌کننده روغن‌های مورد استفاده در صنعت برق                          |
| ۷-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای پلیمری جهت جداسازی دی‌اکسیدکربن از دودکش نیروگاه                                         |
| ۸-۵                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای پلیمری جهت جداسازی گازهای متصاعد شده از روغن ترانسفورماتور                               |
| <b>اقدام ۶: توسعه دانش فنی سنتز روغن‌های پلیمری</b>                                                        |                                                                                                                     |
| ۱-۶                                                                                                        | آینده پژوهی روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                                                |
| ۲-۶                                                                                                        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق و مقایسه با روغن‌های موجود                   |
| ۳-۶                                                                                                        | تدوین دانش فنی سنتز روغن توربین                                                                                     |
| ۴-۶                                                                                                        | تدوین دانش فنی سنتز روغن ترانسفورماتور                                                                              |
| <b>اقدام ۷: ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در قطعات و تجهیزات صنعت برق</b> |                                                                                                                     |
| ۱-۷                                                                                                        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات مختلف نیروگاه‌های حرارتی |
| ۲-۷                                                                                                        | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره‌های ردیف آخر و سایر اجزای توربین بخار             |
| ۳-۷                                                                                                        | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای داخلی برج خنک‌کن نیروگاهی                                |
| ۴-۷                                                                                                        | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در لوله‌ها و مخازن نیروگاهی                                       |
| ۵-۷                                                                                                        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در اجزا و قطعات نیروگاه‌های بادی    |
| ۶-۷                                                                                                        | بهبود خواص کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره و قطعات سازه‌ای                          |

|                                                                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| توربین‌های بادی                                                                                                |      |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات نیروگاه‌های آبی     | ۷-۷  |
| تدوین دانش فنی ساخت و تولید کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره و سایر اجزای توربین‌های آبی          | ۸-۷  |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات نیروگاه‌های خورشیدی | ۹-۷  |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صفحه محافظ پنل‌های خورشیدی سیلیکونی                       | ۱۰-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در سازه‌های نگهدارنده پنل‌های خورشیدی                        | ۱۱-۷ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات خط و پست            | ۱۲-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای برق‌گیرها                         | ۱۳-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای انواع کلیدهای قدرت                                  | ۱۴-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در تجهیزات عایقی فشار قوی                                    | ۱۵-۷ |
| تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای ترانسفورماتور            | ۱۶-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای انواع تابلوهای برق                                  | ۱۷-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در تیر و دکل برق و پایه‌های روشنایی                          | ۱۸-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اتصالات و یراق‌آلات                                       | ۱۹-۷ |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در بازوهای عرضی                                              | ۲۰-۷ |
| تدوین دانش فنی ساخت و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در مغزی هادی‌های هوایی پرظرفیت         | ۲۱-۷ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌های زمینه پلیمری ترموپلاستیک در تجهیزات خط و پست                  | ۲۲-۷ |
| <b>اقدام ۸: تدوین دانش فنی سنتز الیاف پلیمری</b>                                                               |      |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت الیاف پلیمری مورد استفاده در تجهیزات صنعت برق                                    | ۱-۸  |
| آینده‌پژوهی مواد و روش‌های ساخت الیاف پلیمری                                                                   | ۲-۸  |
| تدوین دانش فنی سنتز الیاف نایلونی                                                                              | ۳-۸  |
| تدوین دانش فنی سنتز الیاف طبیعی                                                                                | ۴-۸  |

جدول (۴-۳) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف                                                     | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                        |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی سنتز مواد بالک نانوساختار</b> |                                                                                                                 |
| ۱-۱                                                      | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                                       |
| ۲-۱                                                      | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                                    |
| ۳-۱                                                      | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات خط و پست                                                 |
| ۴-۱                                                      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                          |
| ۵-۱                                                      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                       |
| ۶-۱                                                      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات خط و پست                                    |
| ۷-۱                                                      | تدوین دستورالعمل بکارگیری و ارزیابی مواد بالک نانوساختار در تجهیزات صنعت برق                                    |
| ۸-۱                                                      | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه مواد بالک نانوساختار                               |
| ۹-۱                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                             |
| ۱۰-۱                                                     | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                          |
| ۱۱-۱                                                     | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات خط و پست                                       |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی سنتز نانوافزودنی‌ها</b>       |                                                                                                                 |
| ۱-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور کاهش اثر خوردگی گازهای خروجی در تجهیزات بویلر بازیافت |
| ۲-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها به منظور افزایش راندمان  |
| ۳-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت نانوافزودنی‌های جدید بهبوددهنده عملکرد سیالات مبدل حرارتی                                   |
| ۴-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت نانوافزودنی‌های کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخار برای حذف اکسیژن و رسوب        |
| ۵-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها                          |
| ۶-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای بهبود انتقال حرارت در روغن‌های ترانسفورماتور                   |
| ۷-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای بهبود عملیات کلیدزنی در کلیدهای قدرت                           |
| ۸-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای سیالات خنک‌کننده پیل‌های سوختی                                 |
| ۹-۲                                                      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار در سیالات انتقال‌دهنده گرما در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی           |
| ۱۰-۲                                                     | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار در سامانه‌های خنک‌کننده توربین‌های بادی                             |



|                                                         |                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۱-۲                                                    | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار بهبوددهنده خواص و عملکرد نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری  |
| ۱۲-۲                                                    | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار بهبوددهنده خواص و عملکرد نانوکامپوزیت‌های زمینه سرامیکی |
| <b>اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار</b> |                                                                                                     |
| ۱-۳                                                     | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                            |
| ۲-۳                                                     | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                         |
| ۳-۳                                                     | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات خط و پست                                      |
| ۴-۳                                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی               |
| ۵-۳                                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر            |
| ۶-۳                                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات خط و پست                         |
| ۷-۳                                                     | تدوین دستورالعمل اعمال، بکارگیری و ارزیابی پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات صنعت برق                  |
| ۸-۳                                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه پوشش‌های نانوساختار                    |
| ۹-۳                                                     | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                  |
| ۱۰-۳                                                    | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر               |
| ۱۱-۳                                                    | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات خط و پست                            |
| <b>اقدام ۴: تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی</b> |                                                                                                     |
| ۱-۴                                                     | آینده‌پژوهی استفاده از انواع نانوساختارهای کربنی در مواد و تجهیزات صنعت برق                         |
| ۲-۴                                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت نانوساختارهای کربنی مورد استفاده در مواد و تجهیزات صنعت برق           |
| ۳-۴                                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه نانوساختارهای کربنی                    |
| ۴-۴                                                     | تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی مورد استفاده در مواد و تجهیزات صنعت برق                     |
| <b>اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌ها</b>         |                                                                                                     |
| ۱-۵                                                     | آینده‌پژوهی استفاده از انواع نانوسیال‌ها در صنعت برق                                                |
| ۲-۵                                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در صنعت برق                                 |
| ۳-۵                                                     | تدوین دستورالعمل بکارگیری و ارزیابی نانوسیال‌ها در صنعت برق                                         |
| ۴-۵                                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه نانوسیال‌ها                            |
| ۵-۵                                                     | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیالات به عنوان روغن‌های انتقال حرارت                                       |
| ۶-۵                                                     | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در برج‌های خنک‌کن نیروگاهی                            |
| ۷-۵                                                     | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در ترانسفورماتور                                      |
| ۸-۵                                                     | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در ژنراتورهای الکتریکی                                |
| ۹-۵                                                     | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در سامانه‌های خورشیدی                                 |

|      |                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۰-۵ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های خنک‌کننده پیل‌های سوختی                         |
| ۱۱-۵ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های انتقال‌دهنده گرما در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی |
| ۱۲-۵ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های خنک‌کننده توربین‌های بادی                       |

**جدول (۴-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا"**

| ردیف                                                            | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی</b>       |                                                                                                                                             |
| ۱-۱                                                             | آینده‌پژوهی استفاده از مواد مغناطیسی غیرفلزی در صنعت برق                                                                                    |
| ۲-۱                                                             | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق                                                                |
| ۳-۱                                                             | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتور                                                                |
| ۴-۱                                                             | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در هسته ژنراتور                                                                      |
| ۵-۱                                                             | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در حسگرهای مغناطیسی صنعت برق                                                         |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت هادی‌ها و کابل‌های ابررسانا</b> |                                                                                                                                             |
| ۲-۱                                                             | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                     |
| ۲-۲                                                             | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  |
| ۳-۲                                                             | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                 |
| ۴-۲                                                             | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                    |
| ۵-۲                                                             | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق |
| ۶-۲                                                             | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                |
| ۷-۲                                                             | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای نسل جدید برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                     |
| ۸-۲                                                             | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابررسانای نسل جدید برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  |
| ۹-۲                                                             | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای نسل جدید برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                 |
| ۱۰-۲                                                            | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابررسانا دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                      |
| ۱۱-۲                                                            | شبیه‌سازی کابل سه فاز ابررسانای دما بالا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  |

|                                                           |                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۲-۲                                                      | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابررسانای دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                             |
| ۱۳-۲                                                      | امکان سنجی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابررسانا دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                                 |
| ۱۴-۲                                                      | شبیه سازی کابل سه فاز ابررسانای دما پایین برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق             |
| ۱۵-۲                                                      | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابررسانای دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                            |
| <b>اقدام ۳: تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا</b>      |                                                                                                                                                         |
| ۱-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا برای توزیع نیروی برق                                                  |
| ۲-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا                                                                             |
| ۳-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا                                                                     |
| ۴-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در ژنراتور توربین بادی ابررسانا                                                                       |
| ۵-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در سیستم های تعلیق مغناطیسی ابررسانا                                                                  |
| ۶-۳                                                       | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا برای استفاده در سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای تولید نیروی برق                                                |
| <b>اقدام ۴: تدوین دانش فنی ساخت محدود ساز ابررسانایی</b>  |                                                                                                                                                         |
| ۱-۴                                                       | امکان سنجی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای توزیع نیروی برق                                                                                |
| ۲-۴                                                       | شبیه سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه    |
| ۳-۴                                                       | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای استفاده در توزیع نیروی برق                                                                 |
| ۴-۴                                                       | امکان سنجی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای انتقال نیروی برق                                                                               |
| ۵-۴                                                       | شبیه سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه   |
| ۶-۴                                                       | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                                |
| <b>اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت ذخیره سازهای ابررسانا</b> |                                                                                                                                                         |
| ۱-۵                                                       | امکان سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای توزیع نیروی برق                                                                             |
| ۲-۵                                                       | شبیه سازی سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه |
| ۳-۵                                                       | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا (Micro-SMES) برای استفاده در توزیع نیروی برق                                                 |
| ۴-۵                                                       | امکان سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای انتقال نیروی برق                                                                            |

|                                                             |                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۵-۵                                                         | شبیه‌سازی سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه   |
| ۶-۵                                                         | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                               |
| ۷-۵                                                         | امکان‌سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                                                               |
| ۸-۵                                                         | شبیه‌سازی سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه    |
| ۹-۵                                                         | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای استفاده در تولید نیروی برق                                                                |
| <b>اقدام ۶: به‌کارگیری مواد ابرسانا در تجهیزات صنعت برق</b> |                                                                                                                                                          |
| ۱-۶                                                         | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای توزیع نیروی برق                                                                                       |
| ۲-۶                                                         | شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابرسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه            |
| ۳-۶                                                         | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای توزیع نیروی برق                                                                                   |
| ۴-۶                                                         | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای انتقال نیروی برق                                                                                      |
| ۵-۶                                                         | شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابرسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه           |
| ۶-۶                                                         | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                                       |
| ۷-۶                                                         | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                                                                 |
| ۸-۶                                                         | شبیه‌سازی ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه      |
| ۹-۶                                                         | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای استفاده در تولید نیروی برق                                                                  |
| ۱۰-۶                                                        | امکان‌سنجی طراحی و ساخت سیستم‌های تعلیق مغناطیسی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                                                            |
| ۱۱-۶                                                        | شبیه‌سازی سیستم‌های تعلیق مغناطیسی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه |
| ۱۲-۶                                                        | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های تعلیق مغناطیسی به کاررفته در فلابیل مبتنی بر فناوری ابرسانا برای استفاده در تولید نیروی برق                        |

جدول (۴-۵) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) " توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده

#### در صنعت برق"

| ردیف                                                                          | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها</b> |                                                                         |
| ۱-۱                                                                           | آینده‌پژوهی استفاده از مواد نوین نیمه‌رسانا در کابل‌ها                  |
| ۲-۱                                                                           | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها |

|                                                                |                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ۳-۱                                                            | تدوین دانش فنی تولید گرانول پلی اتیلن نیمه‌رسانا برای کابل‌های فشار متوسط         |
| ۴-۱                                                            | تدوین دانش فنی تولید گرانول پلی اتیلن نیمه‌رسانا برای کابل‌های فشار قوی           |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت وریستورها</b>                  |                                                                                   |
| ۱-۲                                                            | آینده پژوهی استفاده از مواد و روش‌های نوین برای ساخت وریستورهای جدید              |
| ۲-۲                                                            | تدوین دانش فنی ساخت وریستورهای نوین بر پایه سرامیک‌های اکسیدی                     |
| ۳-۲                                                            | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه اکسید روی                      |
| ۴-۲                                                            | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه اکسید قلع                      |
| ۵-۲                                                            | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه SiC                            |
| ۶-۲                                                            | تدوین دانش فنی ساخت وریستورهای بر پایه کامپوزیت‌های پلیمر-سرامیک                  |
| <b>اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت حسگرها</b>                     |                                                                                   |
| ۱-۳                                                            | آینده پژوهی انواع حسگرهای مورد استفاده در صنعت برق                                |
| ۲-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای دما بر پایه مواد نیمه‌رسانا                           |
| ۳-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای پارامترهای مکانیکی بر پایه مواد نیمه‌رسانا            |
| ۴-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای نیمه‌رسانا برای اندازه‌گیری غلظت گازها در روغن ترانس  |
| ۵-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای نیمه‌رسانا برای پایش مداوم گازهای خروجی دودکش نیروگاه |
| ۶-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای اکسیژن بر پایه مواد نیمه‌رسانا                        |
| ۷-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای هیدروژن بر پایه مواد نیمه‌رسانا                       |
| ۸-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای رطوبت بر پایه مواد نیمه‌رسانا                         |
| ۹-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای صنعت برق بر پایه پلیمرهای هادی                        |
| ۱۰-۳                                                           | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای صنعت برق بر پایه مواد پیزوالکتریک                     |
| <b>اقدام ۴: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف</b> |                                                                                   |
| ۱-۴                                                            | آینده پژوهی مواد و روش‌های نوین ساخت رساناهای شفاف مورد استفاده در صنعت برق       |
| ۲-۴                                                            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه سرامیک‌های اکسیدی          |
| ۳-۴                                                            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه سرامیک‌های غیراکسیدی       |
| ۴-۴                                                            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه ساختارهای کربنی            |
| ۵-۴                                                            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه پلیمرها                    |
| <b>اقدام ۵: توسعه دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌ها</b>             |                                                                                   |
| ۱-۵                                                            | آینده پژوهی مواد نیمه‌رسانای نوین مورد استفاده جهت ساخت ترموالکتریک‌ها            |
| ۲-۵                                                            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت انواع ترموالکتریک‌ها                                |
| ۳-۵                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما پایین بر پایه مواد نیمه‌رسانا             |
| ۴-۵                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما متوسط بر پایه مواد نیمه‌رسانا             |
| ۵-۵                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما بالا بر پایه مواد نیمه‌رسانا              |
| ۶-۵                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌ها بر پایه پلیمرهای هادی                          |
| <b>اقدام ۶: تدوین دانش فنی ساخت نیمه‌رساناهای قدرت</b>         |                                                                                   |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| آینده پژوهی مواد نیمه‌رسانای نوین مورد استفاده جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت                                | ۱-۶ |
| آینده پژوهی تکنولوژی‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت                                    | ۲-۶ |
| تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای سیلیکونی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت        | ۳-۶ |
| تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای سیلیکون کاربیدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت | ۴-۶ |
| تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای گالیم نیتريدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت   | ۵-۶ |
| تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای گالیم آرسنیدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت   | ۶-۶ |
| تدوین دانش فنی ساخت ادوات الکترونیک قدرت بر پایه پلیمرهای هادی                                              | ۷-۶ |

جدول (۴-۶) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) " توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت

مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی "

| ردیف                                                                         | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای</b> |                                                                                                        |
| ۱-۱                                                                          | بهبود خواص مکانیکی و الکتریکی بخش سرامیکی/شیشه‌ای مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای                          |
| ۲-۱                                                                          | بهبود خواص مکانیکی و خوردگی سیمان و اتصال سیمان به سایر اجزا در مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای            |
| ۳-۱                                                                          | ارتقا مواد و بهبود خواص مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای                                                    |
| ۴-۱                                                                          | طراحی، ساخت و بهبود عملکرد ادوات افزایشده فواصل عایقی و خزشی مقره‌ها                                   |
| ۵-۱                                                                          | بهبود خواص و عملکرد لعاب مقره‌های پرسیلانی                                                             |
| <b>اقدام ۲: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری</b> |                                                                                                        |
| ۱-۲                                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ایجاد سطوح نانو بر روی مقره‌های کامپوزیتی                                     |
| ۲-۲                                                                          | ارتقا مواد و بهبود خواص و عملکرد مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری                                           |
| ۳-۲                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت میله کامپوزیتی با الیاف پیوسته شیشه مورد استفاده در ساختمان مقره‌های کامپوزیتی     |
| ۴-۲                                                                          | بررسی عوامل موثر بر خواص فیزیکی و مکانیکی میله کامپوزیتی مورد استفاده به عنوان هسته مقره‌های کامپوزیتی |
| ۵-۲                                                                          | بررسی اثر فرمولاسیون روکش (Housing) عایق مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری بر خواص مقره و بهینه‌سازی آن        |
| ۶-۲                                                                          | ارتقاء مواد و بهبود روش‌های مورد استفاده در اتصال اجزاء مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری (فصل مشترک‌ها)       |
| ۷-۲                                                                          | بررسی اثر شرایط محیطی بر طول عمر و عملکرد مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری                                    |

| اقدام ۳: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری           |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱-۳                                                                               | ارتقا مواد و بهبود خواص و عملکرد مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                                         |
| ۲-۳                                                                               | ارتقاء خواص مکانیکی و الکتریکی بخش سرامیکی/بتنی مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                          |
| ۳-۳                                                                               | بررسی اثر فرمولاسیون روکش (Housing) مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری بر خواص مقره و بهینه‌سازی آن                  |
| ۴-۳                                                                               | بررسی و ارتقاء مواد و روش‌های مورد استفاده در اتصال اجزاء مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری (فصل مشترک‌ها) |
| ۵-۳                                                                               | بررسی اثر شرایط محیطی بر طول عمر و عملکرد مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                                |
| اقدام ۴: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت عایق‌های الکتریکی                       |                                                                                                                 |
| ۱-۴                                                                               | ارتقاء مواد و بهبود خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی عایق‌های الکتریکی پلیمری/کامپوزیت پلیمری                    |
| ۲-۴                                                                               | ارتقاء مواد و بهبود خواص الکتریکی و مکانیکی عایق‌های الکتریکی سرامیکی                                           |
| ۳-۴                                                                               | توسعه روش‌های ساخت عایق‌های الکتریکی پلیمری/کامپوزیت پلیمری با عملکرد بهبود یافته                               |
| ۴-۴                                                                               | توسعه روش‌های ساخت عایق‌های الکتریکی سرامیکی با عملکرد بهبود یافته                                              |
| اقدام ۵: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی |                                                                                                                 |
| ۱-۵                                                                               | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار بر روی مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی                      |
| ۲-۵                                                                               | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت پوشش‌دهی مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی                           |
| ۳-۵                                                                               | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌های مورد استفاده در مقره‌های پرسیلانی جهت رفع چالش ریزگرد و آلودگی                 |
| ۴-۵                                                                               | تدوین دانش فنی ساخت لعاب‌های ابرآبریز جهت بهبود خواص سطحی مقره‌های پرسیلانی                                     |
| ۵-۵                                                                               | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار ضدیخ بر روی مقره‌های سرامیکی و عایق‌های الکتریکی                        |
| ۶-۵                                                                               | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌های مورد استفاده در مقره‌های کامپوزیتی                                             |
| ۷-۵                                                                               | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌ها با خاصیت ابرآبریزی جهت استفاده بر روی عایق‌های الکتریکی                         |
| ۸-۵                                                                               | تدوین دستورالعمل اعمال، بکارگیری، ارزیابی، ترمیم و نگهداری پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی |

جدول (۷-۴) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) " توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر

فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق "

| ردیف | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                       |
|------|------------------------------------------------|
| ۱    | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد خوردگی میکروبی |

|                                                                              |                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱-۱                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد فتوکاتالیست جهت پیشگیری از خوردگی میکروبی                                      |
| ۲-۱                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی گرافن با هدف عدم تشکیل بیوفیلم                                                      |
| ۳-۱                                                                          | استفاده از باکتری‌های احیاکننده نیترات جهت پیشگیری از خوردگی توسط SRB                                                 |
| ۴-۱                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پلیمرهای هادی در پوشش‌های تجهیزات صنعت برق با هدف پیشگیری از خوردگی میکروبی                       |
| ۵-۱                                                                          | بکارگیری پوشش‌های آبریز جهت عدم رشد میکروارگانیسم‌های موثر در خوردگی تجهیزات صنعت برق                                 |
| ۶-۱                                                                          | تدوین دانش فنی استفاده از ترکیبات با شارژ مثبت جهت پیشگیری از خوردگی میکروبی                                          |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد بازدارنده میکروبی</b>     |                                                                                                                       |
| ۱-۲                                                                          | تدوین دانش فنی استفاده از ترکیبات آمونیوم ۴ ظرفیتی در پوشش‌های ضد جلبک                                                |
| ۲-۲                                                                          | تدوین دانش فنی استفاده از رنگ‌های پوششی ضد قارچ حاوی افزودنی‌های بیوساید                                              |
| ۳-۲                                                                          | تدوین دانش فنی بکارگیری پوشش‌های آبریز جهت عدم رشد خزه، قارچ و جلبک تجهیزات صنعت برق                                  |
| ۴-۲                                                                          | تدوین دانش فنی به کارگیری پوشش‌های پلیمری حاوی مواد بیوساید                                                           |
| <b>اقدام ۳: تدوین دانش فنی ساخت مواد خود ترمیم زیستی در تجهیزات صنعت برق</b> |                                                                                                                       |
| ۱-۳                                                                          | تدوین دانش فنی استفاده از باکتری‌های رسوب‌دهنده ترکیبات کربنات کلسیم جهت ترمیم پایه‌ها و سازه‌های بتنی                |
| ۲-۳                                                                          | تدوین دانش فنی بازسازی تجهیزات صنعت برق با استفاده از ساختارهای الهام گرفته از طبیعت حاوی مواد ترمیمی                 |
| ۳-۳                                                                          | تدوین دانش فنی ترسیب کربنات کلسیم جهت ترمیم پایه‌ها و سازه‌های بتنی به کمک جلبک‌ها با حذف گاز آلاینده CO <sub>2</sub> |
| ۴-۳                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت بیوپلیمرهای خودترمیم قابل استفاده در مواد و تجهیزات صنعت برق                                      |
| <b>اقدام ۴: تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی فرسودگی زیستی</b>                  |                                                                                                                       |
| ۱-۴                                                                          | تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی باکتری‌های خورنده در مخازن نگهداری سوخت                                                 |
| ۲-۴                                                                          | تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی مواد خورنده حاصل از میکروارگانیسم‌ها (H <sub>2</sub> S) در مواد و تجهیزات صنعت برق      |
| ۳-۴                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت کیت‌های تشخیص خوردگی و فرسودگی زیستی در نیروگاه‌ها                                                |
| ۴-۴                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت کیت‌های تشخیص خوردگی و فرسودگی زیستی در مواد و تجهیزات پست‌های انتقال و توزیع                     |
| <b>اقدام ۵: کاربرد مواد زیستی در ساخت و ارتقاء مواد و تجهیزات غیرفلزی</b>    |                                                                                                                       |
| ۱-۵                                                                          | تدوین دانش فنی ساخت سیمان‌های زیستی قابل استفاده در پایه‌ها و سازه‌های بتنی توسط میکروارگانیسم‌ها                     |
| ۲-۵                                                                          | تدوین دانش فنی استفاده از ساختارهای سلولزی میکروبی در عایق‌ها                                                         |



|                                                                                        |                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳-۵                                                                                    | تدوین دانش فنی ساخت بیوپلیمرها در سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی                                   |
| ۴-۵                                                                                    | تدوین دانش فنی تثبیت مواد با استفاده از میکروارگانیزم‌ها جهت پیشگیری از تولید ریزگردها        |
| ۵-۵                                                                                    | تدوین دانش فنی کاربرد بیوپلیمرهای طراحی شده توسط دستکاری ژنتیکی در دیودها و ترانزیستورها      |
| ۶-۵                                                                                    | تدوین دانش فنی ساخت بیوسرامیک‌ها در مواد و تجهیزات صنعت برق با هدف کاهش آلودگی‌های محیط زیستی |
| <b>اقدام ۶: تدوین دانش فنی ساخت پیل‌های میکروبی و زیستی</b>                            |                                                                                               |
| ۱-۶                                                                                    | حذف ترکیبات آلاینده محیط زیست حاصل از نیروگاه‌های صنعت برق به کمک پیل‌های میکروبی             |
| ۲-۶                                                                                    | تدوین دانش فنی بهبود و ارتقا کیفیت پیل‌های سوختی میکروبی به کمک سلول فتوولتاییک               |
| ۳-۶                                                                                    | حذف ترکیبات خورنده مواد و تجهیزات صنعت برق با استفاده از پیل سوختی میکروبی                    |
| <b>اقدام ۷: تدوین دانش فنی حذف مواد آلاینده زیست محیطی به کمک فیلترها و مواد زیستی</b> |                                                                                               |
| ۱-۷                                                                                    | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای زیستی جهت حذف آلاینده‌های حاصل از پساب‌های صنعت برق              |
| ۲-۷                                                                                    | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای زیستی جهت حذف آلاینده‌های گازی                                   |
| <b>اقدام ۸: تدوین دانش فنی تولید سوخت‌های زیستی از زیست توده</b>                       |                                                                                               |
| ۱-۸                                                                                    | تدوین دانش فنی تولید بیودیزل با استفاده از بیوکاتالیست‌ها                                     |
| ۲-۸                                                                                    | تدوین دانش فنی بهبود فرآیند تولید سوخت زیستی به کمک نانوکاتالیست‌های فلزی و معدنی             |
| ۳-۸                                                                                    | تدوین دانش فنی تولید بیودیزل توسط کامپوزیت ژئولیتی از روغن‌های ارگانیک                        |
| ۴-۸                                                                                    | تدوین دانش فنی تیمار زیستی جهت افزایش کارایی تولید سوخت زیستی                                 |
| ۵-۸                                                                                    | بهبود و بهینه‌سازی کاتالیست‌های همگن و ناهمگن جهت تولید سوخت زیستی                            |

جدول (۴-۸) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی"

| ردیف                                          | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                         |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی</b> |                                                                                                  |
| ۱-۱                                           | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق               |
| ۲-۱                                           | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق                      |
| ۳-۱                                           | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق                           |
| ۴-۱                                           | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق                    |
| ۵-۱                                           | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی       |
| <b>اقدام ۲: سایش مواد</b>                     |                                                                                                  |
| ۱-۲                                           | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق |

|                                         |                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲-۲                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                    |
| ۳-۲                                     | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                         |
| ۴-۲                                     | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                  |
| ۵-۲                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق         |
| <b>اقدام ۳: خوردگی سطحی مواد</b>        |                                                                                                                              |
| ۱-۳                                     | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                      |
| ۲-۳                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                             |
| ۳-۳                                     | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                  |
| ۴-۳                                     | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                           |
| ۵-۳                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق  |
| <b>اقدام ۴: فرسودگی سطحی مواد</b>       |                                                                                                                              |
| ۱-۴                                     | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                     |
| ۲-۴                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                            |
| ۳-۴                                     | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                 |
| ۴-۴                                     | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                          |
| ۵-۴                                     | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق |
| <b>اقدام ۵: ترشوندگی و آبگریزی سطحی</b> |                                                                                                                              |
| ۱-۵                                     | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                |
| ۲-۵                                     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                       |

|                                                              |                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳-۵                                                          | دستیابی به دانش فنی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                         |
| ۴-۵                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                    |
| ۵-۵                                                          | راهاندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه ترشوندگی و آبگریزی سطحی                       |
| <b>اقدام ۶: سخت کاری سطحی</b>                                |                                                                                                           |
| ۱-۶                                                          | بررسی وضعیت موجود و آینده پژوهی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                       |
| ۲-۶                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                              |
| ۳-۶                                                          | دستیابی به دانش فنی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                   |
| ۴-۶                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                              |
| ۵-۶                                                          | راهاندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه سخت کاری سطحی                                 |
| <b>اقدام ۷: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی</b>       |                                                                                                           |
| ۱-۷                                                          | آینده پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت پوشش‌های سد حرارتی                                  |
| ۲-۷                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد و روش‌های نوین جهت ساخت پوشش‌های سد حرارتی                       |
| ۳-۷                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از ترکیبات خودترمیم‌شونده در پوشش‌های سد حرارتی                          |
| ۴-۷                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از فناوری نانو در پوشش‌های سد حرارتی بر پایه YSZ                         |
| ۵-۷                                                          | آینده پژوهی پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                                             |
| ۶-۷                                                          | آینده پژوهی پوشش‌های سد محیطی (EBC)                                                                       |
| ۷-۷                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ                                             |
| ۸-۷                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                                     |
| ۹-۷                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های سد حرارتی                         |
| ۱۰-۷                                                         | راهاندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه پوشش‌های سد حرارتی                            |
| <b>اقدام ۸: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش</b>   |                                                                                                           |
| ۱-۸                                                          | آینده پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                                         |
| ۲-۸                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                            |
| ۳-۸                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                                            |
| ۴-۸                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق |
| <b>اقدام ۹: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش</b> |                                                                                                           |
| ۱-۹                                                          | آینده پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                                       |
| ۲-۹                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                          |
| ۳-۹                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در پره‌های پمپ و شیرآلات                                     |
| ۴-۹                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در پره کمپرسور، پره توربین بخار و                            |

|                                                                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| قطعات تحت فرسایش                                                                                                                 |      |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در دکل‌های انتقال                                                                   | ۵-۹  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در یراق‌آلات و اجزاء فلزی خطوط انتقال و پست                                         | ۶-۹  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در ترانسفورماتورها                                                                  | ۷-۹  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در سیم و کابل                                                                       | ۸-۹  |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی                                     | ۹-۹  |
| تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                      | ۱۰-۹ |
| <b>اقدام ۱۰: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی</b>                                                                    |      |
| آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                                                              | ۱-۱۰ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                                                 | ۲-۱۰ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی در لوله‌های بویلر و اجزای تحت تخریب                                                 | ۳-۱۰ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی در دکل، یراق‌آلات و تجهیزات پست                                                     | ۴-۱۰ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش مقاوم و پایدار در شرایط محیطی مهاجم برای سیم و کابل‌های مورد مصرف در خطوط انتقال و پست                  | ۵-۱۰ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش مقاوم و پایدار در شرایط محیطی مهاجم برای اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی خطوط انتقال و پست | ۶-۱۰ |
| تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                      | ۷-۱۰ |
| <b>اقدام ۱۱: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود تمیز شونده</b>                                                                     |      |
| آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق                                                                 | ۱-۱۱ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق                                                    | ۲-۱۱ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های با انتقال حرارت بالا و خود تمیز شونده برای افزایش راندمان سیستم‌های مبدل حرارتی                     | ۳-۱۱ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود تمیز شونده با قابلیت عبور نور بر روی پنل‌های خورشیدی                                            | ۴-۱۱ |
| تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق                         | ۵-۱۱ |
| <b>اقدام ۱۲: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ</b>                                                                              |      |
| آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق                                                                        | ۱-۱۲ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق                                                           | ۲-۱۲ |
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به یخ زدگی بر روی سیم و کابل                                                                  | ۳-۱۲ |

|                                                               |                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۴-۱۲                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ بر روی پره‌های توربین بادی                                                |
| ۵-۱۲                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق            |
| <b>اقدام ۱۳: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد انعکاس</b>       |                                                                                                              |
| ۱-۱۳                                                          | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق                                                |
| ۲-۱۳                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق                                   |
| ۳-۱۳                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد انعکاس بر روی پنل‌های خورشیدی                                                |
| ۴-۱۳                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق        |
| <b>اقدام ۱۴: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود ترمیم شونده</b> |                                                                                                              |
| ۱-۱۴                                                          | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های خودترمیم‌شونده در تجهیزات صنعت برق                                           |
| ۲-۱۴                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های خودترمیم‌شونده در تجهیزات صنعت برق                              |
| ۳-۱۴                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خودترمیم‌شونده برای حفاظت از سازه‌های فلزی صنعت برق                             |
| ۴-۱۴                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های خودترمیم‌شونده در تجهیزات صنعت برق   |
| <b>اقدام ۱۵: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد آتش</b>          |                                                                                                              |
| ۱-۱۵                                                          | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق                                                   |
| ۲-۱۵                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق                                      |
| ۳-۱۵                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی سیم و کابل                                                  |
| ۴-۱۵                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی سازه‌های فلزی صنعت برق                                      |
| ۵-۱۵                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی تجهیزات نیروگاه‌ها                                          |
| ۶-۱۵                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق           |
| <b>اقدام ۱۶: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایق حرارتی</b>     |                                                                                                              |
| ۱-۱۶                                                          | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های عایق حرارتی در تجهیزات صنعت برق                                              |
| ۲-۱۶                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های عایق حرارتی در تجهیزات صنعت برق                                 |
| ۳-۱۶                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایقی برای جلوگیری از اتلاف حرارت در توربین، لوله‌ها و اجزای انتقال بخار و گرما |
| ۴-۱۶                                                          | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایقی بر روی لوله‌های انتقال سیال در انرژی زمین گرمایی                          |
| ۵-۱۶                                                          | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های عایق حرارت در تجهیزات صنعت برق       |
| <b>اقدام ۱۷: تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند</b>          |                                                                                                              |
| ۱-۱۷                                                          | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                                                   |
| ۲-۱۷                                                          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                                      |

|                                                                                                    |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                                            | ۳-۱۷ |
| تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق | ۴-۱۷ |

جدول (۴-۹) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) " توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی "

| ردیف                                                               | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی</b>               |                                                                                     |
| ۱-۱                                                                | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت سلول‌های خورشیدی              |
| ۲-۱                                                                | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید نیمه‌صنعتی سلول‌ها و ماژول‌های فتوولتاییک نانوساختار |
| ۳-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی پروسکایتی                                          |
| ۴-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی حساس شده با رنگ                                    |
| ۵-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی آلی                                                |
| ۶-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی سیلیکونی                                           |
| ۷-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی لایه نازک                                          |
| ۸-۱                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی چند اتصالی (multijunction)                         |
| ۹-۱                                                                | تدوین دستورالعمل نصب، بهره‌برداری، ارزیابی، تعمیر و نگهداری پنل‌های خورشیدی         |
| ۱۰-۱                                                               | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه سلول‌های خورشیدی       |
| <b>اقدام ۲: ارتقا مواد، خواص و عملکرد سیستم‌های حرارتی خورشیدی</b> |                                                                                     |
| ۱-۲                                                                | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده به عنوان جاذب‌های حرارت خورشیدی                  |
| ۲-۲                                                                | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین پوشش‌دهی روی لوله‌های جاذب کلکتورهای خورشیدی        |
| ۳-۲                                                                | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های حرارت خورشیدی بر پایه مواد سرامیکی                     |
| ۴-۲                                                                | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های حرارت خورشیدی بر پایه مواد پلیمری                      |
| ۵-۲                                                                | تدوین دانش فنی ساخت سرمته‌های لوله‌های جاذب حرارت خورشیدی                           |
| <b>اقدام ۳: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت پیل‌های سوختی</b>     |                                                                                     |
| ۱-۳                                                                | آینده‌پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده در پیل‌های سوختی                         |
| ۲-۳                                                                | تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند به کار رفته در پیل‌های سوختی                |
| ۳-۳                                                                | تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد به کار رفته در پیل‌های سوختی               |
| ۴-۳                                                                | تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت به کار رفته در پیل‌های سوختی                     |
| ۵-۳                                                                | تدوین دانش فنی ساخت صفحه‌های دوقطبی جدا کننده تک‌سل‌ها در پیل‌های سوختی             |
| <b>اقدام ۴: توسعه روش‌های تولید هیدروژن</b>                        |                                                                                     |
| ۱-۴                                                                | امکان‌سنجی و بررسی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن با استفاده از تجزیه آب               |
| ۲-۴                                                                | امکان‌سنجی و بررسی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن با استفاده از سوخت‌های فسیلی         |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| آینده پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده برای تولید هیدروژن از تجزیه آب       | ۳-۴ |
| آینده پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده برای تولید هیدروژن از سوخت‌های فسیلی | ۴-۴ |
| تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از تجزیه آب                             | ۵-۴ |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن از پساب‌های نیروگاهی                     | ۶-۴ |
| تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از پساب‌های نیروگاهی                    | ۷-۴ |
| تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از سوخت‌های فسیلی                       | ۸-۴ |

جدول (۴-۱۰) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته

#### در سیستم‌های ذخیره انرژی

| ردیف                                                          | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                          |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: تدوین دانش فنی ساخت باتری‌ها</b>                  |                                                                                   |
| ۱-۱                                                           | آینده پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده در ساخت باتری‌های جدید               |
| ۲-۱                                                           | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بومی‌سازی و ساخت باتری‌های مورد نیاز صنعت برق            |
| ۳-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های سرب-اسیدی پیشرفته                                   |
| ۴-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های سدیم-سولفور                                         |
| ۵-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های جریانی                                              |
| ۶-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های فلز-هوا                                             |
| ۷-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیومی                                             |
| ۸-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیم-یون                                           |
| ۹-۱                                                           | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیم-آبی                                           |
| <b>اقدام ۲: تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها</b>                |                                                                                   |
| ۱-۲                                                           | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بومی‌سازی، ساخت و استفاده از ابرخازن‌ها در صنعت برق کشور |
| ۲-۲                                                           | آینده پژوهی مواد نوین مورد استفاده در ساخت الکترودهای ابرخازن                     |
| ۳-۲                                                           | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه مواد کربنی                                |
| ۴-۲                                                           | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه اکسیدهای فلزی                             |
| ۵-۲                                                           | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه سولفیدهای فلزی                            |
| ۶-۲                                                           | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه پلیمرهای هادی                             |
| ۷-۲                                                           | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های هیبریدی                                           |
| <b>اقدام ۳: ارتقا مواد و توسعه روش‌های ذخیره‌سازی هیدروژن</b> |                                                                                   |
| ۳-۱                                                           | ارزیابی فنی و اقتصادی انواع روش‌های ذخیره‌سازی سوخت هیدروژن                       |
| ۲-۳                                                           | آینده پژوهی مواد نوین مورد استفاده برای ذخیره هیدروژن به روش مبتنی بر مواد        |
| ۳-۳                                                           | تدوین دانش فنی ساخت و بهبود کیفیت مخازن جهت ذخیره‌سازی هیدروژن به روش گاز فشرده   |
| ۴-۳                                                           | تدوین دانش فنی ساخت مخازن جهت ذخیره‌سازی هیدروژن به روش مایع                      |

|                                                                |                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ۵-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه مواد جاذب کربنی                  |
| ۶-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه مواد جاذب چارچوب‌های آلی-فلزی    |
| ۷-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه هیدریدهای فلزی                   |
| ۸-۳                                                            | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه هیدریدهای شیمیایی                |
| ۹-۳                                                            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تبدیل برق مازاد نیروگاه‌ها به هیدروژن و ذخیره آن      |
| ۱۰-۳                                                           | تدوین دانش فنی تولید و ذخیره هیدروژن با استفاده از برق مازاد نیروگاه‌ها        |
| ۱۱-۳                                                           | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه هیدروژن           |
| <b>اقدام ۴: ارتقا و بهبود خواص مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی</b> |                                                                                |
| ۱-۴                                                            | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده برای ذخیره انرژی حرارتی                     |
| ۲-۴                                                            | تدوین دانش فنی ساخت نمک‌های مذاب برای ذخیره‌سازی انرژی حرارتی خورشید           |
| ۳-۴                                                            | استفاده از بتن‌ریزی حجیم به عنوان ذخیره‌ساز انرژی حرارتی خورشید                |
| ۴-۴                                                            | تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی خورشیدی بر پایه هیدریدهای فلزی |
| ۵-۴                                                            | تدوین دانش فنی ساخت مواد تغییر فاز دهنده (PCM) برای ذخیره انرژی حرارتی         |

جدول (۴-۱۱) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت

برق"

| ردیف                                                                                   | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی</b> |                                                                                                                  |
| ۱-۱                                                                                    | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بازیافت انواع ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق |
| ۲-۱                                                                                    | آینده‌پژوهی تبدیل ضایعات سرامیکی صنعت برق به ترکیبات ارزشمند                                                     |
| ۳-۱                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات دیرگذاهای مورد استفاده در صنعت برق                                                  |
| ۴-۱                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات سازه‌های بتنی در صنعت برق                                                           |
| ۵-۱                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات قطعات شیشه‌ای در صنعت برق                                                           |
| <b>اقدام ۲: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری</b>   |                                                                                                                  |
| ۱-۲                                                                                    | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بازیافت انواع ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق   |
| ۲-۲                                                                                    | آینده‌پژوهی تبدیل ضایعات پلیمری و کامپوزیتی صنعت برق به ترکیبات ارزشمند                                          |
| ۳-۲                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پره‌های کامپوزیتی توربین‌های بادی                                                   |
| ۴-۲                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پوسته کابل                                                                          |
| <b>اقدام ۳: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مقره</b>                                      |                                                                                                                  |
| ۱-۳                                                                                    | ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت ضایعات انواع مقره                                                                  |
| ۲-۳                                                                                    | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای                                                         |



|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری                         | ۳-۳ |
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری                       | ۴-۳ |
| <b>اقدام ۴: توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی</b>          |     |
| ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت ضایعات انواع باتری‌های مصرف شده در صنعت برق        | ۱-۴ |
| توسعه دانش فنی استحصال فلزات با ارزش از ضایعات باتری‌ها                          | ۲-۴ |
| توسعه روش‌های بازیافت بخش‌های پلیمری باتری‌های مصرف شده                          | ۳-۴ |
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌های سرب-اسیدی                                 | ۴-۴ |
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌های لیتیوم-یونی                               | ۵-۴ |
| ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت پنل‌های خورشیدی مصرف شده در کشور                   | ۶-۴ |
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پنل‌های خورشیدی سیلیکونی                            | ۷-۴ |
| توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پنل‌های خورشیدی لایه نازک                           | ۸-۴ |
| <b>اقدام ۵: توسعه روش‌های بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها</b>                          |     |
| ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ارزشمند | ۱-۵ |
| آینده‌پژوهی سنتز ترکیبات ارزشمند از خاکستر نیروگاه                               | ۲-۵ |
| تدوین دانش فنی سنتز ساختارهای کربنی از خاکستر نیروگاه                            | ۳-۵ |
| توسعه دانش فنی سنتز ترکیبات مبتنی بر وانادیوم از خاکستر نیروگاه                  | ۴-۵ |

جدول (۴-۱۲) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد (استراتژی) "ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و

کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق"

| ردیف                                                                                     | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>اقدام ۱: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی</b> |                                                                            |
| ۱-۱                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های پرسی و شیشه‌ای       |
| ۲-۱                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های پلیمری و کامپوزیتی   |
| ۳-۱                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری |
| ۴-۱                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت عایق‌های الکتریکی             |
| <b>اقدام ۲: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های قدرت</b>               |                                                                            |
| ۱-۲                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار قوی             |
| ۲-۲                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار متوسط           |
| ۳-۲                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار ضعیف عایق PVC   |
| ۴-۲                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار ضعیف عایق XLPE  |
| <b>اقدام ۳: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی</b>  |                                                                            |
| ۱-۳                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پنل‌های خورشیدی سیلیکونی      |
| ۲-۳                                                                                      | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پنل‌های خورشیدی لایه نازک     |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی                                            | ۳-۳ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های تجدیدپذیر                                         | ۴-۳ |
| <b>اقدام ۴: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق</b>                                     |     |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های بتنی صنعت برق                                                        | ۱-۴ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های کامپوزیتی صنعت برق                                                   | ۲-۴ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌های چوبی صنعت برق                                                                  | ۳-۴ |
| <b>اقدام ۵: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های غیرفلزی صنعت برق</b>                                               |     |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های RTV                                                                            | ۱-۵ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های سد حرارتی                                                                      | ۲-۵ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های گالوانیزه سازه‌ها                                                              | ۳-۵ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های پنل‌های خورشیدی                                                                | ۴-۵ |
| <b>اقدام ۶: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری</b>                                |     |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کاغذهای عایقی ترانسفورماتورهای قدرت                                                     | ۱-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پره‌های توربین‌های بادی                                                                 | ۲-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت لوله‌ها و مخازن کامپوزیتی                                                               | ۳-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کلیدهای قدرت کامپوزیتی                                                                  | ۴-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت تابلوهای برق کامپوزیتی                                                                  | ۵-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی مورد استفاده در صنعت برق                          | ۶-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت جاذب‌ها، غشاها و فیلترهای پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                               | ۷-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                                | ۸-۶ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت حسگرهای پلیمری صنعت برق                                                                 | ۹-۶ |
| <b>اقدام ۷: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی</b>                              |     |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                 | ۱-۷ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت آجرهای نسوز، مواد دیرگداز و عایق‌های حرارتی مورد استفاده در محفظه احتراق توربین و دودکش | ۲-۷ |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت شیشه‌ها و لعاب‌های مورد استفاده در صنعت برق | ۳-۷ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت حسگرهای سرامیکی صنعت برق                    | ۴-۷ |
| ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت وریستورها                                   | ۵-۷ |

#### ۴-۴- تحلیل منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی، تخصیص منابع به معنای تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده به‌ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد، یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت عبارتند از هزینه و زمان. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد.

با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر اقدام یا پروژه اجرایی به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد و هر اقدام یا پروژه اجرایی می‌بایست در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد.

از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین در مورد هر پروژه اجرایی هزینه لازم برآورد شده و اختصاص می‌یابد. مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد، اولویت‌بندی فعالیت‌ها به‌گونه‌ای است که مشخص باشد منابع اضافی که احیاناً در طول پروژه اختصاص می‌یابند به کدامیک از آنها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه در این بخش برای پروژه جاری وجود ندارد. البته در ادامه و فصل بعدی، با توجه به محدودیت بودجه، اولویت‌بندی صورت خواهد گرفت.

لازم به ذکر است که زمان تخمینی مورد نیاز برای انجام پروژه‌های از نوع مطالعاتی مثل امکان‌سنجی و آینده‌پژوهی، ۱۲ ماه در نظر گرفته شد. بودجه مورد نیاز این نوع پروژه‌ها نیز عمدتاً مربوط به هزینه‌های پرسنلی است که با توجه به نرخ نفرماه‌های سال جاری (۱۴۰۰)، حدود ۳۰۰۰ میلیون ریال برای هر پروژه تخمین زده شد. برای پروژه‌های از نوع تدوین دانش فنی، علاوه بر هزینه‌های پرسنلی، باید هزینه مواد و تجهیزات مورد نیاز را هم در نظر گرفت. زمان تخمینی برای این نوع پروژه‌ها، ۱۸ ماه و هزینه کلی به طور میانگین تقریباً ۵۰۰۰ میلیون ریال در نظر گرفته شد.

در جدول‌های (۴-۱۳) تا (۲-۲۴)، زمان و بودجه مورد نیاز برای اقدامات فنی و پروژه‌های اجرایی تخمین زده شده است. نکته قابل توجهی که در مورد بودجه‌بندی پروژه‌ها وجود دارد، این است که هزینه‌ها در جداول بر حسب ریال ایران نوشته شده است و با توجه به وابسته بودن قیمت مواد اولیه و تجهیزات مورد استفاده در اکثر پروژه‌ها

به قیمت دلار، بهتر است در اینجا به نرخ برابری دلار به ریال توجه شود که در حال حاضر و در اسفند ماه ۱۴۰۰، به صورت زیر است:

هر دلار آمریکا = ۲۵۰.۰۰۰ ریال ایران

جدول (۴-۱۳) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های اجرایی مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد

سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف    | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                                | زمان (ماه) | هزینه کل (میلیون ریال) |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------|
| اقدام ۱ | تدوین دانش فنی ساخت سرامیک‌ها و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی                           | ۴۸         | ۳۴۰۰۰                  |
| ۱-۱     | آینده‌پژوهی مواد سرامیکی نوین مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                                                | ۱۲         | ۳۰۰۰                   |
| ۲-۱     | آینده‌پژوهی روش‌های نوین ساخت مواد و قطعات سرامیکی مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                           | ۱۲         | ۳۰۰۰                   |
| ۳-۱     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی                          | ۱۲         | ۳۰۰۰                   |
| ۴-۱     | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های با زمینه سرامیک‌های غیراکسیدی جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی              | ۱۸         | ۵۰۰۰                   |
| ۵-۱     | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های با زمینه سرامیک‌های اکسیدی جهت استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی                 | ۱۸         | ۵۰۰۰                   |
| ۶-۱     | تدوین دانش فنی بهبود فصل مشترک الیاف و زمینه در کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در قطعات داغ نیروگاه‌های حرارتی | ۱۸         | ۵۰۰۰                   |
| ۷-۱     | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای بر پایه زیرکونیا با مشخصه‌های مطلوب برای کاربرد در پوشش‌های سد حرارتی                       | ۱۸         | ۵۰۰۰                   |
| ۸-۱     | تدوین دانش فنی سنتز ترکیبات سرامیکی جهت استفاده در پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                    | ۱۸         | ۵۰۰۰                   |
| اقدام ۲ | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی                                                      | ۴۸         | ۳۶۰۰۰                  |
| ۱-۲     | آینده‌پژوهی جاذب‌ها و کاتالیست‌های سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                     | ۱۲         | ۳۰۰۰                   |
| ۲-۲     | آینده‌پژوهی غشاها و فیلترهای سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                           | ۱۲         | ۳۰۰۰                   |

|                |                                                                                                                       |           |              |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۳-۲            | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌ها و جاذب‌های سرامیکی مورد استفاده جهت کاهش آلاینده‌های گازی نیروگاهی                    | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۲            | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌ها و جاذب‌های سرامیکی مورد استفاده جهت تصفیه آب و پساب نیروگاهی                          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۲            | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌های سرامیکی مورد استفاده جهت تصفیه روغن‌های مورد استفاده در صنعت برق                     | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۲            | تدوین دانش فنی ساخت کاتالیست‌های سوخت مورد استفاده در محفظه احتراق توربین‌های گازی                                    | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۲            | تدوین دانش فنی ساخت غشاها و فیلترهای سرامیکی تصفیه‌کننده آب و پساب نیروگاهی                                           | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۸-۲            | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای سرامیکی جداکننده گاز و روغن مورد استفاده در ترانسفورماتور                                  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۳</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت دیرگداها</b>                                                                                   | <b>۴۸</b> | <b>۳۱۰۰۰</b> |
| ۱-۳            | امکان سنجی و بررسی فنی و اقتصادی استفاده از آجرهای نسوز، مواد دیرگدا و عایق‌های حرارتی در محفظه احتراق توربین و دودکش | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۳            | تدوین دانش فنی ساخت آجرهای نسوز، مواد دیرگدا و عایق‌های حرارتی در محفظه احتراق توربین و دودکش                         | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۳            | طراحی و ساخت ماهیچه‌های سرامیکی برای انجماد جهت‌دار پره‌های توربین                                                    | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۳            | تدوین دانش فنی و تامین پورینگ کاپ (Pouring cup) مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق                                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۳            | تدوین دانش فنی ساخت فوم سرامیکی مورد استفاده در ریخته‌گری دقیق                                                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۳            | آینده‌پژوهی انواع چسب‌های نسوز سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                       | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۷-۳            | تدوین دانش فنی ساخت چسب‌های نسوز سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق                                                     | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۴</b> | <b>ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی</b>                                                                | <b>۴۸</b> | <b>۶۱۰۰۰</b> |
| ۱-۴            | تدوین دانش فنی ساخت و ارتقا مواد مورد استفاده در سازه‌های بتنی صنعت برق                                               | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۲-۴            | تدوین دانش فنی ساخت مواد ترمیم‌کننده بتن‌های تخریب‌شده در سازه‌های صنعت برق                                           | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۴            | تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در شرایط                                                           | ۱۸        | ۵۰۰۰         |

|         |    |                                                                                                                   |       |
|---------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|         |    | محیطی نمک‌های کلریدی مهاجم برای سازه‌های بتنی                                                                     |       |
| ۴-۴     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در اثر یخ زدگی برای سازه‌های بتنی                              | ۵۰۰۰  |
| ۵-۴     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت افزودنی بازدارنده از تخریب بتن در اثر عوامل ساینده محیطی برای سازه‌های بتنی                   | ۵۰۰۰  |
| ۶-۴     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت افزودنی خودترمیمی بتن برای سازه‌های بتنی                                                      | ۵۰۰۰  |
| ۷-۴     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت افزودنی جهت افزایش تاب‌آوری بتن (بتن فوق مستحکم)                                              | ۵۰۰۰  |
| ۸-۴     | ۱۲ | امکان‌سنجی و بررسی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به شرایط محیطی مهاجم در سازه‌های بتنی                  | ۳۰۰۰  |
| ۹-۴     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد سایش بتن در فونداسیون‌های بتنی                                                    | ۵۰۰۰  |
| ۱۰-۴    | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد یخ زدگی بتن‌های مورد استفاده در صنعت برق                                          | ۵۰۰۰  |
| ۱۱-۴    | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر شرایط محیطی خورنده کلریدی بتن‌های مورد استفاده در صنعت برق            | ۵۰۰۰  |
| ۱۲-۴    | ۱۲ | آینده‌پژوهی بتن هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                                   | ۳۰۰۰  |
| ۱۳-۴    | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت بتن هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                           | ۵۰۰۰  |
| ۵ اقدام | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌ها و لعاب‌ها</b>                                                                      | ۲۸۰۰۰ |
| ۱-۵     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت زیرلایه‌های شیشه‌ای مورد استفاده در سلول‌های خورشیدی                                          | ۵۰۰۰  |
| ۲-۵     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های درزگیر استک پیل‌های سوختی                                                            | ۵۰۰۰  |
| ۳-۵     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های درزگیر پنل‌های خورشیدی                                                               | ۵۰۰۰  |
| ۴-۵     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های قاب‌های چراغ‌های بزرگراهی جهت بهبود عملکرد از لحاظ تلالو و جذب دوده و آلودگی         | ۵۰۰۰  |
| ۵-۵     | ۱۲ | آینده‌پژوهی انواع شیشه‌های هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                        | ۳۰۰۰  |
| ۶-۵     | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت شیشه‌های هوشمند مورد استفاده در صنعت برق                                                      | ۵۰۰۰  |
| ۶ اقدام | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی</b>                                                                          | ۱۶۰۰۰ |
| ۱-۶     | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت الیاف سرامیکی مورد استفاده در کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی | ۳۰۰۰  |
| ۲-۶     | ۱۲ | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های ساخت الیاف سرامیکی                                                                     | ۳۰۰۰  |
| ۳-۶     | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی اکسیدی                                                                          | ۵۰۰۰  |

|     |                                             |    |        |
|-----|---------------------------------------------|----|--------|
| ۴-۶ | تدوین دانش فنی سنتز الیاف سرامیکی غیراکسیدی | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
|     | مجموع                                       | ۴۸ | ۲۰۶۰۰۰ |

جدول (۴-۱۴) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های اجرایی مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد

پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف    | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                        | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| اقدام ۱ | تدوین دانش فنی ساخت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی                                       | ۴۸         | ۱۸۰۰۰               |
| ۱-۱     | آینده‌پژوهی انواع آب‌بندها، دیافراگم‌ها، قطعات لاستیکی مورد استفاده در صنعت برق                 | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱     | تدوین دانش فنی و ساخت آب‌بندهای پلیمری دما بالا                                                 | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۱     | تدوین دانش فنی و ساخت انواع دیافراگم‌های لاستیکی                                                | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱     | تدوین دانش فنی ساخت پلیمرهای جمع‌شونده حرارتی (Thermal Shrinkage) مورد استفاده در مفصل‌های کابل | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| اقدام ۲ | تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری و رزین‌ها                                                    | ۴۸         | ۲۶۰۰۰               |
| ۱-۲     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز انواع رزین‌های مورد استفاده در صنعت برق                           | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۲     | تدوین دانش فنی سنتز رزین‌های سیلیکونی                                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۲     | تدوین دانش فنی سنتز رزین‌های اکریلیکی                                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۲     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز انواع چسب‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                     | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۵-۲     | تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری عایق                                                         | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۷-۲     | تدوین دانش فنی سنتز چسب‌های پلیمری رسانا                                                        | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| اقدام ۳ | ارتقا مواد و بهبود خواص اجزای پلیمری کابل                                                       | ۴۸         | ۲۵۰۰۰               |
| ۱-۳     | تولید گرانول‌های XLPE مورد استفاده در ساخت کابل‌های ولتاژ متوسط و ولتاژ بالا                    | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۲-۳     | بهبود خواص حرارتی اجزای پلیمری کابل                                                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۳     | بهبود خواص عایقی اجزای عایق الکتریکی کابل                                                       | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۳     | بهبود خواص مکانیکی اجزای پلیمری کابل                                                            | ۱۸         | ۵۰۰۰                |

|         |                                                                                                   |    |       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| ۵-۳     | افزایش مقاومت در برابر شرایط محیطی اجزای پلیمری کابل‌های بیرونی (outdoor)                         | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| اقدام ۴ | تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی و حرارتی                                                        | ۴۸ | ۱۶۰۰۰ |
| ۱-۴     | ارزیابی فنی و اقتصادی ساخت عایق‌های صوتی مورد استفاده در صنعت برق                                 | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۲-۴     | ارزیابی فنی و اقتصادی ساخت عایق‌های حرارتی مورد استفاده در صنعت برق                               | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۳-۴     | تدوین دانش فنی ساخت آبروژل‌های عایق حرارتی                                                        | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۴     | تدوین دانش فنی ساخت عایق‌های صوتی                                                                 | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| اقدام ۵ | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری                                             | ۴۸ | ۳۸۰۰۰ |
| ۱-۵     | آینده پژوهی انواع جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                      | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۲-۵     | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                      | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۵     | تدوین دانش فنی ساخت فیلتر هوای ورودی توربین گاز                                                   | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۵     | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای گاز ورودی به توربین                                                  | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۵-۵     | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای پلیمری تصفیه‌کننده آب ورودی نیروگاه                                  | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۶-۵     | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای و فیلترهای پلیمری تصفیه‌کننده روغن‌های مورد استفاده در صنعت برق        | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۷-۵     | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای پلیمری جهت جداسازی دی‌اکسیدکربن از دودکش نیروگاه                       | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۸-۵     | تدوین دانش فنی ساخت غشاهای پلیمری جهت جداسازی گازهای متصاعد شده از روغن ترانسفورماتور             | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| اقدام ۶ | توسعه دانش فنی سنتز روغن‌های پلیمری                                                               | ۴۸ | ۱۶۰۰۰ |
| ۱-۶     | آینده پژوهی روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                              | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۲-۶     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سنتز روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق و مقایسه با روغن‌های موجود | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۳-۶     | تدوین دانش فنی سنتز روغن توربین                                                                   | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۶     | تدوین دانش فنی سنتز روغن ترانسفورماتور                                                            | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| اقدام   | ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد                                            | ۴۸ | ۹۸۰۰۰ |



| ۷    | استفاده در قطعات و تجهیزات صنعت برق |                                                                                                                     |
|------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱-۷  | ۱۲                                  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات مختلف نیروگاه‌های حرارتی |
| ۲-۷  | ۱۸                                  | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره‌های ردیف آخر و سایر اجزای توربین بخار             |
| ۳-۷  | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای داخلی برج خنک‌کن نیروگاهی                                |
| ۴-۷  | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در لوله‌ها و مخازن نیروگاهی                                       |
| ۵-۷  | ۱۲                                  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در اجزا و قطعات نیروگاه‌های بادی    |
| ۶-۷  | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره و قطعات سازه‌ای توربین‌های بادی          |
| ۷-۷  | ۱۲                                  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات نیروگاه‌های آبی          |
| ۸-۷  | ۱۸                                  | تدوین دانش فنی ساخت و تولید کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در پره و سایر اجزای توربین‌های آبی               |
| ۹-۷  | ۱۲                                  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات نیروگاه‌های خورشیدی      |
| ۱۰-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صفحه محافظ پنل‌های خورشیدی سیلیکونی                            |
| ۱۱-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در سازه‌های نگهدارنده پنل‌های خورشیدی                             |
| ۱۲-۷ | ۱۲                                  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری در تجهیزات خط و پست                 |
| ۱۳-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای برقگیرها                               |
| ۱۴-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای انواع کلیدهای قدرت                                       |
| ۱۵-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در تجهیزات عایقی فشار قوی                                         |
| ۱۶-۷ | ۱۸                                  | تدوین دانش فنی ساخت کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای ترانسفورماتور                 |
| ۱۷-۷ | ۱۸                                  | بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اجزای                                                          |

| انواع تابلوهای برق                                                                                      |           |               |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|----------------|
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در تیر و دکل برق و پایه‌های روشنایی                   | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۱۸-۷           |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در اتصالات و یراق‌آلات                                | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۱۹-۷           |
| بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در بازوهای عرضی                                       | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۲۰-۷           |
| تدوین دانش فنی ساخت و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در مغزی هادی‌های هوایی پر ظرفیت | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۲۱-۷           |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از کامپوزیت‌های زمینه پلیمری ترموپلاستیک در تجهیزات خط و پست           | ۱۲        | ۳۰۰۰          | ۲۲-۷           |
| <b>تدوین دانش فنی سنتز الیاف پلیمری</b>                                                                 | <b>۴۸</b> | <b>۱۶۰۰۰</b>  | <b>اقدام ۸</b> |
| امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت الیاف پلیمری مورد استفاده در تجهیزات صنعت برق                             | ۱۲        | ۳۰۰۰          | ۱-۸            |
| آینده‌پژوهی مواد و روش‌های ساخت الیاف پلیمری                                                            | ۱۲        | ۳۰۰۰          | ۲-۸            |
| تدوین دانش فنی سنتز الیاف نایلونی                                                                       | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۳-۸            |
| تدوین دانش فنی سنتز الیاف طبیعی                                                                         | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۴-۸            |
| <b>مجموع</b>                                                                                            | <b>۴۸</b> | <b>۲۵۳۰۰۰</b> |                |

جدول (۴-۱۵) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و

فراایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف           | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                               | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| <b>اقدام ۱</b> | <b>تدوین دانش فنی سنتز مواد بالک نانوساختار</b>                                        | <b>۴۸</b>  | <b>۴۶۰۰۰</b>        |
| ۱-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی              | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر           | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات خط و پست                        | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۱-۴            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی | ۱۲         | ۳۰۰۰                |

|          |                                                                                                                 |           |              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۱-۵      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                       | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۱-۶      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد بالک نانوساختار در تجهیزات خط و پست                                    | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۱-۷      | تدوین دستورالعمل بکارگیری و ارزیابی مواد بالک نانوساختار در تجهیزات صنعت برق                                    | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۱-۸      | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه مواد بالک نانوساختار                               | ۱۲        | ۱۰۰۰۰        |
| ۹-۱      | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                             | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۰-۱     | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۱-۱     | تدوین دانش فنی ساخت مواد بالک نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات خط و پست                                       | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>۲</b> | <b>تدوین دانش فنی سنتز نانوافزودنی‌ها</b>                                                                       | <b>۴۸</b> | <b>۶۰۰۰۰</b> |
| ۱-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار سوخت به منظور کاهش اثر خوردگی گازهای خروجی در تجهیزات بویلر بازیافت | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۲-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای روانکارهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها به منظور افزایش راندمان  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۲      | تدوین دانش فنی ساخت نانوافزودنی‌های جدید بهبوددهنده عملکرد سیالات مبدل حرارتی                                   | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۲      | تدوین دانش فنی ساخت نانوافزودنی‌های کنترل شیمیایی سیکل آب و بخار نیروگاه‌های بخار برای حذف اکسیژن و رسوب        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاه‌ها                          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای بهبود انتقال حرارت در روغن‌های ترانسفورماتور                   | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای بهبود عملیات کلیدزنی در کلیدهای قدرت                           | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۸-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار برای سیالات خنک‌کننده پیل‌های سوختی                                 | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۹-۲      | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار در سیالات انتقال‌دهنده گرما در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی           | ۱۸        | ۵۰۰۰         |

|                |                                                                                                     |           |              |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۱۰-۲           | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار در سامانه‌های خنک‌کننده توربین‌های بادی                 | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۱-۲           | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار بهبوددهنده خواص و عملکرد نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۲-۲           | تدوین دانش فنی ساخت مواد افزودنی نانوساختار بهبوددهنده خواص و عملکرد نانوکامپوزیت‌های زمینه سرامیکی | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۳</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار</b>                                                      | <b>۴۸</b> | <b>۴۶۰۰۰</b> |
| ۳-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                            | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۲            | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر                         | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۳            | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات خط و پست                                      | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۴            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی               | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۵            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر            | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۶            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات خط و پست                         | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۷            | تدوین دستورالعمل اعمال، بکارگیری و ارزیابی پوشش‌های نانوساختار در تجهیزات صنعت برق                  | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۸            | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه پوشش‌های نانوساختار                    | ۱۲        | ۱۰۰۰۰        |
| ۹-۳            | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی                  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۰-۳           | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های تجدیدپذیر               | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۱-۳           | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار مورد استفاده در تجهیزات خط و پست                            | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۴</b> | <b>تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی</b>                                                      | <b>۴۸</b> | <b>۲۱۰۰۰</b> |
| ۴-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از انواع نانوساختارهای کربنی در مواد و تجهیزات صنعت برق                         | ۱۲        | ۳۰۰۰         |

|        |    |                                                                                              |                    |
|--------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت نانوساختارهای کربنی<br>مورد استفاده در مواد و تجهیزات صنعت برق | ۴-۲                |
| ۱۰۰۰۰  | ۱۸ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در<br>حوزه نانوساختارهای کربنی          | ۴-۳                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز نانوساختارهای کربنی مورد استفاده<br>در مواد و تجهیزات صنعت برق           | ۴-۴                |
| ۵۹۰۰۰  | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌ها</b>                                                       | <b>اقدام<br/>۵</b> |
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | آینده‌پژوهی استفاده از انواع نانوسیال‌ها در صنعت برق                                         | ۱-۵                |
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت نانوسیال‌های مورد<br>استفاده در صنعت برق                       | ۲-۵                |
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | تدوین دستورالعمل بکارگیری و ارزیابی نانوسیال‌ها در صنعت<br>برق                               | ۳-۵                |
| ۱۰۰۰۰  | ۱۲ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در<br>حوزه نانوسیال‌ها                  | ۴-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیالات به عنوان روغن‌های انتقال<br>حرارت                             | ۵-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در<br>برج‌های خنک‌کن نیروگاهی                  | ۶-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در<br>ترانسفورماتور                            | ۷-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در<br>ژنراتورهای الکتریکی                      | ۸-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های مورد استفاده در<br>سامانه‌های خورشیدی                       | ۹-۵                |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های خنک‌کننده پیل‌های<br>سوختی                                  | ۱۰-۵               |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های انتقال‌دهنده گرما در<br>نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی          | ۱۱-۵               |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نانوسیال‌های خنک‌کننده<br>توربین‌های بادی                                | ۱۲-۵               |
| ۲۳۲۰۰۰ | ۴۸ | <b>مجموع</b>                                                                                 |                    |

جدول (۴-۱۶) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه فناوری مغناطیس و

ابرسانا"

| ردیف           | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                                                    | زمان<br>(ماه) | هزینه<br>(میلیون<br>ریال) |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|
| <b>اقدام ۱</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی</b>                                                                                            | <b>۴۸</b>     | <b>۲۱۰۰۰</b>              |
| ۱-۱            | آینده‌پژوهی استفاده از مواد مغناطیسی غیرفلزی در صنعت برق                                                                                    | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۲-۱            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در صنعت برق                                                                | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۳-۱            | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در هسته ترانسفورماتور                                                                | ۱۸            | ۵۰۰۰                      |
| ۴-۱            | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در هسته ژنراتور                                                                      | ۱۸            | ۵۰۰۰                      |
| ۵-۱            | تدوین دانش فنی ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی مورد استفاده در حسگرهای مغناطیسی صنعت برق                                                         | ۱۸            | ۵۰۰۰                      |
| <b>اقدام ۲</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت هادی‌ها و کابل‌های ابررسانا</b>                                                                                      | <b>۴۸</b>     | <b>۵۷۰۰۰</b>              |
| ۱-۲            | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                     | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۲-۲            | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۳-۲            | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                 | ۱۸            | ۵۰۰۰                      |
| ۴-۲            | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                    | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۵-۲            | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |
| ۶-۲            | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                | ۱۸            | ۵۰۰۰                      |
| ۷-۲            | امکان‌سنجی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابررسانای نسل                                                                                           | ۱۲            | ۳۰۰۰                      |

| جدید برای استفاده در انتقال نیروی برق |    |                                                                                                                                           |                    |
|---------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | شبیه‌سازی کابل تک فاز ابرسانی نسل جدید برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  | ۸-۲                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل تک فاز ابرسانی نسل جدید برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                 | ۹-۲                |
| ۳۰۰۰                                  | ۱۲ | امکان سنجی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابرسانا دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                     | ۱۰-۲               |
| ۳۰۰۰                                  | ۱۲ | شبیه‌سازی کابل سه فاز ابرسانی دما بالا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق  | ۱۱-۲               |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابرسانی دما بالا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                 | ۱۲-۲               |
| ۳۰۰۰                                  | ۱۲ | امکان سنجی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابرسانا دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                    | ۱۳-۲               |
| ۳۰۰۰                                  | ۱۲ | شبیه‌سازی کابل سه فاز ابرسانی دما پایین برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه برای استفاده در انتقال نیروی برق | ۱۴-۲               |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کابل سه فاز ابرسانی دما پایین برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                | ۱۵-۲               |
| ۳۰۰۰                                  | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا</b>                                                                                                | <b>اقدام<br/>۳</b> |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در محدودساز جریان خطای ابرسانا برای توزیع نیروی برق                                      | ۱-۳                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در ترانسفورماتور ابرسانا                                                                 | ۲-۳                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا                                                         | ۳-۳                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در ژنراتور توربین بادی ابرسانا                                                           | ۴-۳                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در سیستم‌های تعلیق مغناطیسی ابرسانا                                                      | ۵-۳                |
| ۵۰۰۰                                  | ۱۸ | تدوین دانش فنی سنتز پودرهای ابرسانا برای استفاده در سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                    | ۶-۳                |

| ۴   | تدوین دانش فنی ساخت محدود ساز ابررسانایی                                                                                                                 | ۴۸ | ۲۲۰۰۰ |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| ۱-۴ | امکان سنجی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای توزیع نیروی برق                                                                                 | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۲-۴ | شبیه سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه     | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۳-۴ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای استفاده در توزیع نیروی برق                                                                  | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۴ | امکان سنجی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای انتقال نیروی برق                                                                                | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۵-۴ | شبیه سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه    | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۶-۴ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                                 | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۵   | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره سازهای ابررسانا                                                                                                                | ۴۸ | ۲۳۰۰۰ |
| ۱-۵ | امکان سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای توزیع نیروی برق                                                                              | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۲-۵ | شبیه سازی سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه  | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۳-۵ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا (Micro-SMES) برای استفاده در توزیع نیروی برق                                                  | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۵ | امکان سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای انتقال نیروی برق                                                                             | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۵-۵ | شبیه سازی سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابررسانا با استفاده از نرم افزارهای مربوطه | ۱۲ | ۳۰۰۰  |
| ۶-۵ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                              | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۷-۵ | امکان سنجی طراحی و ساخت سیستم ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای تولید نیروی برق                                                                              | ۱۲ | ۳۰۰۰  |



|       |    |                                                                                                                                                          |                    |
|-------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | شبیه‌سازی سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه    | ۸-۵                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابرسانا برای استفاده در تولید نیروی برق                                                                | ۹-۵                |
| ۴۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>به کارگیری مواد ابرسانا در تجهیزات صنعت برق</b>                                                                                                       | <b>اقدام<br/>۶</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای توزیع نیروی برق                                                                                       | ۱-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابرسانا برای توزیع نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه            | ۲-۶                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای استفاده در توزیع نیروی برق                                                                        | ۳-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای انتقال نیروی برق                                                                                      | ۴-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابرسانا برای انتقال نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه           | ۵-۶                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابرسانا برای استفاده در انتقال نیروی برق                                                                       | ۶-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                                                                 | ۷-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | شبیه‌سازی ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه      | ۸-۶                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت ژنراتور توربین بادی ابرسانا برای استفاده در تولید نیروی برق                                                                  | ۹-۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی طراحی و ساخت سیستم‌های تعلیق مغناطیسی ابرسانا برای تولید نیروی برق                                                                            | ۱۰-۶               |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | شبیه‌سازی سیستم‌های تعلیق مغناطیسی ابرسانا برای تولید نیروی برق برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی مبتنی بر فناوری ابرسانا با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه | ۱۱-۶               |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های تعلیق مغناطیسی به کاررفته در فلایویل مبتنی بر فناوری ابرسانا برای                                                  | ۱۲-۶               |

|                            |    |        |
|----------------------------|----|--------|
| استفاده در تولید نیروی برق |    |        |
| مجموع                      | ۴۸ | ۱۹۷۰۰۰ |

جدول (۴-۱۷) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا

مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف    | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                  | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| اقدام ۱ | تدوین دانش فنی تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها             | ۴۸         | ۱۶۰۰۰               |
| ۱-۱     | آینده‌پژوهی استفاده از مواد نوین نیمه‌رسانا در کابل‌ها                    | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱     | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها   | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱     | تدوین دانش فنی تولید گرانول پلی اتیلن نیمه‌رسانا برای کابل‌های فشار متوسط | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱     | تدوین دانش فنی تولید گرانول پلی اتیلن نیمه‌رسانا برای کابل‌های فشار قوی   | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| اقدام ۲ | تدوین دانش فنی ساخت وریستورها                                             | ۴۸         | ۲۸۰۰۰               |
| ۱-۲     | آینده‌پژوهی استفاده از مواد و روش‌های نوین برای ساخت وریستورهای جدید      | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۲     | تدوین دانش فنی ساخت وریستورهای نوین بر پایه سرامیک‌های اکسیدی             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۲     | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه اکسید روی              | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۲     | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه اکسید قلع              | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۵-۲     | ارتقا مواد، بهبود خواص و کارایی وریستورهای بر پایه SiC                    | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۶-۲     | تدوین دانش فنی ساخت وریستورهای بر پایه کامپوزیت‌های پلیمر-سرامیک          | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| اقدام ۳ | تدوین دانش فنی ساخت حسگرها                                                | ۴۸         | ۴۸۰۰۰               |
| ۱-۳     | آینده‌پژوهی حسگرهای مبتنی بر مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق     | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۳     | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای دما بر پایه مواد نیمه‌رسانا                   | ۱۸         | ۵۰۰۰                |

|                |                                                                                   |           |              |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۳-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای پارامترهای مکانیکی بر پایه مواد نیمه‌رسانا            | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای نیمه‌رسانا برای اندازه‌گیری غلظت گازها در روغن ترانس  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای نیمه‌رسانا برای پایش مداوم گازهای خروجی دودکش نیروگاه | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای اکسیژن بر پایه مواد نیمه‌رسانا                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای هیدروژن بر پایه مواد نیمه‌رسانا                       | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۸-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای رطوبت بر پایه مواد نیمه‌رسانا                         | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۹-۳            | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای صنعت برق بر پایه پلیمرهای هادی                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۱۰           | تدوین دانش فنی ساخت حسگرهای صنعت برق بر پایه مواد پیزوالکتریک                     | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۴</b> | <b>توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف</b>                             | <b>۴۸</b> | <b>۲۳۰۰۰</b> |
| ۱-۴            | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین ساخت رساناهای شفاف مورد استفاده در صنعت برق       | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۴            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه سرامیک‌های اکسیدی          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۴            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه سرامیک‌های غیراکسیدی       | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۴            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه ساختارهای کربنی            | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۴            | توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت رساناهای شفاف بر پایه پلیمرها                    | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۵</b> | <b>توسعه دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌ها</b>                                         | <b>۴۸</b> | <b>۲۶۰۰۰</b> |
| ۱-۵            | آینده‌پژوهی مواد نیمه‌رسانای نوین مورد استفاده جهت ساخت ترموالکتریک‌ها            | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۵            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ساخت انواع ترموالکتریک‌ها                                | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۵            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما پایین بر پایه مواد نیمه‌رسانا             | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۵            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما متوسط بر پایه مواد                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |

| نیمه‌رسانا     |                                                                                                             |           |               |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|
| ۵-۵            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌های دما بالا بر پایه مواد نیمه‌رسانا                                        | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۶-۵            | تدوین دانش فنی ساخت ترموالکتریک‌ها بر پایه پلیمرهای هادی                                                    | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| <b>اقدام ۶</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت نیمه‌رساناهای قدرت</b>                                                               | <b>۴۸</b> | <b>۳۱۰۰۰</b>  |
| ۱-۶            | آینده‌پژوهی مواد نیمه‌رسانای نوین مورد استفاده جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت                                | ۱۲        | ۳۰۰۰          |
| ۲-۶            | آینده‌پژوهی تکنولوژی‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت                                    | ۱۲        | ۳۰۰۰          |
| ۳-۶            | تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای سیلیکونی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت        | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۴-۶            | تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای سیلیکون کاربیدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۵-۶            | تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای گالیم نیتريدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت   | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۶-۶            | تدوین دانش فنی رشد لایه‌های نیمه‌رسانای گالیم آرسنیدی با ناخالصی‌های متفاوت جهت ساخت ادوات الکترونیک قدرت   | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۷-۶            | تدوین دانش فنی ساخت ادوات الکترونیک قدرت بر پایه پلیمرهای هادی                                              | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| <b>مجموع</b>   |                                                                                                             | <b>۴۸</b> | <b>۱۷۲۰۰۰</b> |

جدول (۴-۱۸) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه مواد، خواص و دانش

فنی ساخت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی"

| ردیف           | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                    | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| <b>اقدام ۱</b> | <b>توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای</b>                         | <b>۴۸</b>  | <b>۲۵۰۰۰</b>        |
| ۱-۱            | بهبود خواص مکانیکی و الکتریکی بخش سرامیکی/شیشه‌ای مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای               | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۲-۱            | بهبود خواص مکانیکی و خوردگی سیمان و اتصال سیمان به سایر اجزا در مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۱            | ارتقا مواد و بهبود خواص مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای                                         | ۱۸         | ۵۰۰۰                |

|                |                                                                                                                 |           |              |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۴-۱            | طراحی، ساخت و بهبود عملکرد ادوات افزاینده فواصل عایقی و خزشی مقره‌ها                                            | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۱            | بهبود خواص و عملکرد لعاب مقره‌های پرسیلانی                                                                      | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۲</b> | <b>توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری</b>                                             | <b>۴۸</b> | <b>۳۳۰۰۰</b> |
| ۱-۲            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی ایجاد سطوح نانو بر روی مقره‌های کامپوزیتی                                              | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۲            | ارتقاء مواد و بهبود خواص و عملکرد مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری                                                   | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۲            | تدوین دانش فنی ساخت میله کامپوزیتی با الیاف پیوسته شیشه مورد استفاده در ساختمان مقره‌های کامپوزیتی              | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۲            | بررسی عوامل موثر بر خواص فیزیکی و مکانیکی میله کامپوزیتی مورد استفاده به عنوان هسته مقره‌های کامپوزیتی          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۲            | بررسی اثر فرمولاسیون روکش (Housing) عایق مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری بر خواص مقره و بهینه‌سازی آن                 | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۲            | ارتقاء مواد و بهبود روش‌های مورد استفاده در اتصال اجزاء مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری (فصل مشترک‌ها)                | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۲            | بررسی اثر شرایط محیطی بر طول عمر و عملکرد مقره‌های کامپوزیتی/پلیمری                                             | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۳</b> | <b>توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری</b>                                           | <b>۴۸</b> | <b>۲۵۰۰۰</b> |
| ۱-۳            | ارتقاء مواد و بهبود خواص و عملکرد مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                                        | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۲-۳            | ارتقاء خواص مکانیکی و الکتریکی بخش سرامیکی/بتنی مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                          | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۳-۳            | بررسی اثر فرمولاسیون روکش (Housing) مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری بر خواص مقره و بهینه‌سازی آن                  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۳            | بررسی و ارتقاء مواد و روش‌های مورد استفاده در اتصال اجزاء مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری (فصل مشترک‌ها) | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۳            | بررسی اثر شرایط محیطی بر طول عمر و عملکرد مقره‌های هیبریدی و مقره‌های بتن پلیمری                                | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| <b>اقدام ۴</b> | <b>توسعه دانش فنی ساخت عایق‌های الکتریکی</b>                                                                    | <b>۴۸</b> | <b>۲۰۰۰۰</b> |
| ۱-۴            | ارتقاء مواد و بهبود خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی                                                             | ۱۸        | ۵۰۰۰         |

| عایق‌های الکتریکی پلیمری/کامپوزیت پلیمری |                                                                                                                 |           |               |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|
| ۲-۴                                      | ارتقاء مواد و بهبود خواص الکتریکی و مکانیکی عایق‌های الکتریکی سرامیکی                                           | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۳-۴                                      | توسعه روش‌های ساخت عایق‌های الکتریکی پلیمری/کامپوزیت پلیمری با عملکرد بهبود یافته                               | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۴-۴                                      | توسعه روش‌های ساخت عایق‌های الکتریکی سرامیکی با عملکرد بهبود یافته                                              | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| <b>اقدام ۵</b>                           | <b>توسعه دانش فنی ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی</b>                                 | <b>۴۸</b> | <b>۳۴۰۰۰</b>  |
| ۱-۵                                      | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های نانوساختار بر روی مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی                      | ۱۲        | ۳۰۰۰          |
| ۲-۵                                      | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت پوشش‌دهی مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی                           | ۱۲        | ۳۰۰۰          |
| ۳-۵                                      | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌های مورد استفاده در مقره‌های پرسیلانی جهت رفع چالش ریزگرد و آلودگی                 | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۴-۵                                      | تدوین دانش فنی ساخت لعاب‌های ابرآگریز جهت بهبود خواص سطحی مقره‌های پرسیلانی                                     | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۵-۵                                      | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های نانوساختار ضد یخ بر روی مقره‌های سرامیکی و عایق‌های الکتریکی                       | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۶-۵                                      | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌های مورد استفاده در مقره‌های کامپوزیتی                                             | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۷-۵                                      | تدوین دانش فنی ساخت نانوپوشش‌ها با خاصیت ابرآگریزی جهت استفاده بر روی عایق‌های الکتریکی                         | ۱۸        | ۵۰۰۰          |
| ۸-۵                                      | تدوین دستورالعمل اعمال، بکارگیری، ارزیابی، ترمیم و نگهداری پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی | ۱۲        | ۳۰۰۰          |
| <b>مجموع</b>                             |                                                                                                                 | <b>۴۸</b> | <b>۱۳۷۰۰۰</b> |

جدول (۴-۱۹) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات

مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق"

| ردیف    | عنوان اقدامات و پروژه‌ها               | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|---------|----------------------------------------|------------|---------------------|
| ۱ اقدام | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد خوردگی | ۴۸         | ۲۵۰۰۰               |

| میکروبی |                                                                                                                       |    |       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| ۱-۱     | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد فتوکاتالیست جهت پیشگیری از خوردگی میکروبی                                      | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۱     | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی گرافن با هدف عدم تشکیل بیوفیلم                                                      | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۱     | استفاده از باکتری‌های احیاکننده نیترات جهت پیشگیری از خوردگی توسط SRB                                                 | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۱     | تدوین دانش فنی ساخت پلیمرهای هادی در پوشش‌های تجهیزات صنعت برق با هدف پیشگیری از خوردگی میکروبی                       | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۵-۱     | بکارگیری پوشش‌های آبگریز جهت عدم رشد میکروارگانیسم‌های موثر در خوردگی تجهیزات صنعت برق                                | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۶-۱     | تدوین دانش فنی استفاده از ترکیبات با شارژ مثبت جهت پیشگیری از خوردگی میکروبی                                          | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲       | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های حاوی مواد بازدارنده میکروبی (آنتی باکتریال و ضد خزه و جلبک)                              | ۴۸ | ۲۰۰۰۰ |
| ۱-۲     | تدوین دانش فنی استفاده از ترکیبات آمونیوم ۴ ظرفیتی در پوشش‌های ضد جلبک                                                | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۲     | تدوین دانش فنی استفاده از رنگ‌های پوششی ضد قارچ حاوی افزودنی‌های بیوساید                                              | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۲     | تدوین دانش فنی بکارگیری پوشش‌های آبگریز جهت عدم رشد خزه، قارچ و جلبک تجهیزات صنعت برق                                 | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۲     | تدوین دانش فنی به کارگیری پوشش‌های پلیمری حاوی مواد بیوساید                                                           | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳       | تدوین دانش فنی ساخت مواد خود ترمیم زیستی در تجهیزات صنعت برق                                                          | ۴۸ | ۲۰۰۰۰ |
| ۱-۳     | تدوین دانش فنی استفاده از باکتری‌های رسوب‌دهنده ترکیبات کربنات کلسیم جهت ترمیم پایه‌ها و سازه‌های بتنی                | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۳     | تدوین دانش فنی بازسازی تجهیزات صنعت برق با استفاده از ساختارهای الهام گرفته از طبیعت حاوی مواد ترمیمی                 | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۳     | تدوین دانش فنی ترسیب کربنات کلسیم جهت ترمیم پایه‌ها و سازه‌های بتنی به کمک جلبک‌ها با حذف گاز آلاینده CO <sub>2</sub> | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۳     | تدوین دانش فنی ساخت بیوپلیمرهای خودترمیم قابل استفاده در مواد و تجهیزات صنعت برق                                      | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| اقدام   | تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی فرسودگی زیستی                                                                           | ۴۸ | ۲۵۰۰۰ |

|     |                                                                                                         |    |       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| ۴   |                                                                                                         |    |       |
| ۱-۴ | تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی باکتری‌های خورنده در مخازن نگهداری سوخت                                   | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۴ | تدوین دانش فنی پایش و ارزیابی مواد خورنده حاصل از میکروآگانیسم‌ها ( $H_2S$ ) در مواد و تجهیزات صنعت برق | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۴ | تدوین دانش فنی ساخت کیت‌های تشخیص خوردگی و فرسودگی زیستی در نیروگاه‌ها                                  | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۴ | تدوین دانش فنی ساخت کیت‌های تشخیص خوردگی و فرسودگی زیستی در مواد و تجهیزات پست‌های انتقال و توزیع       | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۵   | <b>اقدام</b><br><b>کاربرد مواد زیستی در ساخت و ارتقاء مواد و تجهیزات غیرفلزی</b>                        | ۴۸ | ۳۰۰۰۰ |
| ۱-۵ | تدوین دانش فنی ساخت سیمان‌های زیستی قابل استفاده در پایه‌ها و سازه‌های بتنی توسط میکروآگانیسم‌ها        | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۵ | تدوین دانش فنی استفاده از ساختارهای سلولزی میکروبی در عایق‌ها                                           | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۵ | تدوین دانش فنی ساخت بیوپلیمرها در سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی                                             | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۴-۵ | تدوین دانش فنی تثبیت مواد با استفاده از میکروآگانیسم‌ها جهت پیشگیری از تولید ریزگردها                   | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۵-۵ | تدوین دانش فنی کاربرد بیوپلیمرهای طراحی شده توسط دستکاری ژنتیکی در دیودها و ترانزیستورها                | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۶-۵ | تدوین دانش فنی ساخت بیوسرامیک‌ها در مواد و تجهیزات صنعت برق با هدف کاهش آلودگی‌های محیط زیستی           | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۶   | <b>اقدام</b><br><b>تدوین دانش فنی ساخت پیل‌های میکروبی و زیستی</b>                                      | ۴۸ | ۲۱۰۰۰ |
| ۱-۷ | حذف ترکیبات آلاینده محیط زیست حاصل از نیروگاه‌های صنعت برق به کمک پیل‌های میکروبی                       | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۲-۷ | تدوین دانش فنی بهبود و ارتقا کیفیت پیل‌های سوختی میکروبی به کمک سلول فتوولتائیک                         | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۳-۷ | حذف ترکیبات خورنده مواد و تجهیزات صنعت برق با استفاده از پیل سوختی میکروبی                              | ۱۸ | ۵۰۰۰  |
| ۷   | <b>اقدام</b><br><b>تدوین دانش فنی حذف مواد آلاینده زیست محیطی به کمک فیلترها و مواد زیستی</b>           | ۴۸ | ۱۰۰۰۰ |
| ۱-۷ | تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای زیستی جهت حذف                                                              | ۱۸ | ۵۰۰۰  |



| آلاینده‌های حاصل از پساب‌های صنعت برق                                             |           |               |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|----------------|
| تدوین دانش فنی ساخت فیلترهای زیستی جهت حذف آلاینده‌های گازی                       | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۲-۷            |
| <b>تدوین دانش فنی تولید سوخت‌های زیستی از زیست توده</b>                           | <b>۴۸</b> | <b>۲۵۰۰۰</b>  | <b>اقدام ۸</b> |
| تدوین دانش فنی تولید بیودیزل با استفاده بیوکاتالیست‌ها                            | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۱-۸            |
| تدوین دانش فنی بهبود فرآیند تولید سوخت زیستی به کمک نانوکاتالیست‌های فلزی و معدنی | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۲-۸            |
| تدوین دانش فنی تولید بیودیزل توسط کامپوزیت ژئولیتی از روغن‌های ارگانیک            | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۳-۸            |
| تدوین دانش فنی تیمار زیستی جهت افزایش کارایی تولید سوخت زیستی                     | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۴-۸            |
| بهبود و بهینه‌سازی کاتالیست‌های همگن و ناهمگن جهت تولید سوخت زیستی                | ۱۸        | ۵۰۰۰          | ۵-۸            |
| <b>مجموع</b>                                                                      | <b>۴۸</b> | <b>۱۷۶۰۰۰</b> |                |

جدول (۴-۲۰) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی"

| ردیف           | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                   | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| <b>اقدام ۱</b> | <b>روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی</b>                                                       | <b>۴۸</b>  | <b>۲۴۰۰۰</b>        |
| ۱-۱            | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق         | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق                | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱            | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق                     | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱            | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی در صنعت برق              | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۵-۱            | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی | ۱۲         | ۱۰۰۰۰               |
| <b>اقدام</b>   | <b>سایش مواد</b>                                                                           | <b>۴۸</b>  | <b>۲۴۰۰۰</b>        |

|     |    |       |                                                                                                                             |
|-----|----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲   |    |       |                                                                                                                             |
| ۱-۲ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | بررسی وضعیت موجود و آینده پژوهی بکارگیری روش های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                            |
| ۲-۲ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | امکان سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                   |
| ۳-۲ | ۱۸ | ۵۰۰۰  | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                        |
| ۴-۲ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق                                 |
| ۵-۲ | ۱۲ | ۱۰۰۰۰ | راه اندازی، توسعه و شبکه سازی آزمایشگاه های تحقیقاتی در حوزه روش های مقابله با پدیده سایش در مواد و تجهیزات صنعت برق        |
| ۳   | ۴۸ | ۲۴۰۰۰ | اقدام خوردگی سطحی مواد                                                                                                      |
| ۱-۳ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | بررسی وضعیت موجود و آینده پژوهی بکارگیری روش های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                     |
| ۲-۳ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | امکان سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                            |
| ۳-۳ | ۱۸ | ۵۰۰۰  | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                 |
| ۴-۳ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                          |
| ۵-۳ | ۱۲ | ۱۰۰۰۰ | راه اندازی، توسعه و شبکه سازی آزمایشگاه های تحقیقاتی در حوزه روش های مقابله با پدیده خوردگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق |
| ۴   | ۴۸ | ۲۴۰۰۰ | اقدام فرسودگی سطحی مواد                                                                                                     |
| ۱-۴ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | بررسی وضعیت موجود و آینده پژوهی بکارگیری روش های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                    |
| ۲-۴ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | امکان سنجی فنی و اقتصادی بکارگیری روش های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                           |
| ۳-۴ | ۱۸ | ۵۰۰۰  | دستیابی به دانش فنی بکارگیری روش های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                |
| ۴-۴ | ۱۲ | ۳۰۰۰  | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری روش های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                         |

|       |    |                                                                                                                              |          |
|-------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ۱۰۰۰۰ | ۱۲ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه روش‌های مقابله با پدیده فرسودگی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق | ۴-۵      |
| ۲۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>ترشوندگی و آبگریزی سطحی</b>                                                                                               | <b>۵</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                | ۱-۵      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                       | ۲-۵      |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | دستیابی به دانش فنی استفاده از ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                            | ۳-۵      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری ترشوندگی و آبگریزی سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                       | ۴-۵      |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۲ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه ترشوندگی و آبگریزی سطحی                                         | ۵-۵      |
| ۲۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>سخت کاری سطحی</b>                                                                                                         | <b>۶</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | بررسی وضعیت موجود و آینده‌پژوهی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                          | ۱-۶      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                                 | ۲-۶      |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | دستیابی به دانش فنی استفاده از سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                                      | ۳-۶      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی و بکارگیری سخت کاری سطحی در مواد و تجهیزات صنعت برق                                                 | ۴-۶      |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۲ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه سخت کاری سطحی                                                   | ۵-۶      |
| ۳۶۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی</b>                                                                                | <b>۷</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت پوشش‌های سد حرارتی                                                     | ۱-۷      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مواد و روش‌های نوین جهت ساخت پوشش‌های سد حرارتی                                          | ۲-۷      |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از ترکیبات خودترمیم‌شونده                                                                   | ۳-۷      |

|          |           |                                                                                                           |              |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|          |           | در پوشش‌های سد حرارتی                                                                                     |              |
| ۴-۷      | ۱۲        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از فناوری نانو در پوشش‌های سد حرارتی بر پایه YSZ                         | ۳۰۰۰         |
| ۵-۷      | ۱۲        | آینده‌پژوهی پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                                             | ۳۰۰۰         |
| ۶-۷      | ۱۲        | آینده‌پژوهی پوشش‌های سد محیطی (EBC)                                                                       | ۳۰۰۰         |
| ۷-۷      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی نانوساختار بر پایه YSZ                                             | ۵۰۰۰         |
| ۸-۷      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های سد حرارتی خودترمیم‌شونده                                                     | ۵۰۰۰         |
| ۹-۷      | ۱۲        | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های سد حرارتی                         | ۳۰۰۰         |
| ۱۰-۷     | ۱۲        | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه پوشش‌های سد حرارتی                           | ۱۰۰۰۰        |
| <b>۸</b> | <b>۴۸</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش</b>                                                         | <b>۱۴۰۰۰</b> |
| ۱-۸      | ۱۲        | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                                         | ۳۰۰۰         |
| ۲-۸      | ۱۲        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                            | ۳۰۰۰         |
| ۳-۸      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق                                            | ۵۰۰۰         |
| ۴-۸      | ۱۲        | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به سایش در تجهیزات صنعت برق | ۳۰۰۰         |
| <b>۹</b> | <b>۴۸</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش</b>                                                       | <b>۴۴۰۰۰</b> |
| ۱-۹      | ۱۲        | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                                       | ۳۰۰۰         |
| ۲-۹      | ۱۲        | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                          | ۳۰۰۰         |
| ۳-۹      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در پره‌های پمپ و شیرآلات                                     | ۵۰۰۰         |
| ۴-۹      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در پره کمپرسور، پره توربین بخار و قطعات تحت فرسایش           | ۵۰۰۰         |
| ۵-۹      | ۱۸        | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در                                                           | ۵۰۰۰         |

| دکل‌های انتقال  |                                                                                                                                  |           |              |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| ۶-۹             | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در یراق‌آلات و اجزاء فلزی خطوط انتقال و پست                                         | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۹             | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در ترانسفورماتورها                                                                  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۸-۹             | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در سیم و کابل                                                                       | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۹-۹             | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به فرسایش در اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی                                     | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۱۰-۹            | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به فرسایش در تجهیزات صنعت برق                      | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| <b>اقدام ۱۰</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی</b>                                                                              | <b>۴۸</b> | <b>۲۹۰۰۰</b> |
| ۱-۱۰            | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                                                              | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۱۰            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                                                 | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۳-۱۰            | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی در لوله‌های بویلر و اجزای تحت تخریب                                                 | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۴-۱۰            | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به خوردگی در دکل، یراق‌آلات و تجهیزات پست                                                     | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۵-۱۰            | تدوین دانش فنی ساخت پوشش مقاوم و پایدار در شرایط محیطی مهاجم برای سیم و کابل‌های مورد مصرف در خطوط انتقال و پست                  | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۶-۱۰            | تدوین دانش فنی ساخت پوشش مقاوم و پایدار در شرایط محیطی مهاجم برای اتاقک‌های پست و تاسیسات و تابلوهای کامپوزیتی خطوط انتقال و پست | ۱۸        | ۵۰۰۰         |
| ۷-۱۰            | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات صنعت برق                      | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| <b>اقدام ۱۱</b> | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خود تمیز شونده</b>                                                                               | <b>۴۸</b> | <b>۱۹۰۰۰</b> |
| ۱-۱۱            | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق                                                                 | ۱۲        | ۳۰۰۰         |
| ۲-۱۱            | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق                                                    | ۱۲        | ۳۰۰۰         |

|       |    |                                                                                                              |                     |
|-------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش های با انتقال حرارت بالا و خود تمیز شونده برای افزایش راندمان سیستم های مبدل حرارتی | ۳-۱۱                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش های خود تمیز شونده با قابلیت عبور نور بر روی پنل های خورشیدی                        | ۴-۱۱                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره برداری، تعمیر و نگهداری پوشش های خودتمیزشونده در تجهیزات صنعت برق     | ۵-۱۱                |
| ۱۹۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش های ضد یخ</b>                                                                    | <b>اقدام<br/>۱۲</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی استفاده از پوشش های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق                                                    | ۱-۱۲                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق                                       | ۲-۱۲                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش های مقاوم به یخ زدگی بر روی سیم و کابل                                              | ۳-۱۲                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش های ضد یخ بر روی پره های توربین بادی                                                | ۴-۱۲                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره برداری، تعمیر و نگهداری پوشش های ضد یخ در تجهیزات صنعت برق            | ۵-۱۲                |
| ۱۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش های ضد انعکاس</b>                                                                | <b>اقدام<br/>۱۳</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی استفاده از پوشش های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق                                                | ۱-۱۳                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق                                   | ۲-۱۳                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش های ضد انعکاس بر روی پنل های خورشیدی                                                | ۳-۱۳                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره برداری، تعمیر و نگهداری پوشش های ضد انعکاس در تجهیزات صنعت برق        | ۴-۱۳                |
| ۱۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش های خود ترمیم شونده</b>                                                          | <b>اقدام<br/>۱۴</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی استفاده از پوشش های خودترمیم شونده در تجهیزات صنعت برق                                           | ۱-۱۴                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش های خودترمیم شونده در تجهیزات صنعت برق                              | ۲-۱۴                |

|       |    |                                                                                                              |                     |
|-------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های خودترمیم‌شونده برای حفاظت از سازه‌های فلزی صنعت برق                             | ۳-۱۴                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های خودترمیم‌شونده در تجهیزات صنعت برق   | ۴-۱۴                |
| ۲۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های ضد آتش</b>                                                                   | <b>اقدام<br/>۱۵</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق                                                   | ۱-۱۵                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق                                      | ۲-۱۵                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی سیم و کابل                                                  | ۳-۱۵                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی سازه‌های فلزی صنعت برق                                      | ۴-۱۵                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های مقاوم به آتش بر روی تجهیزات نیروگاه‌ها                                          | ۵-۱۵                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های ضد آتش در تجهیزات صنعت برق           | ۶-۱۵                |
| ۱۹۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایق حرارتی</b>                                                              | <b>اقدام<br/>۱۶</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های عایق حرارتی در تجهیزات صنعت برق                                              | ۱-۱۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های عایق حرارتی در تجهیزات صنعت برق                                 | ۲-۱۶                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایقی برای جلوگیری از اتلاف حرارت در توربین، لوله‌ها و اجزای انتقال بخار و گرما | ۳-۱۶                |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های عایقی بر روی لوله‌های انتقال سیال در انرژی زمین گرمایی                          | ۴-۱۶                |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های عایق حرارت در تجهیزات صنعت برق       | ۵-۱۶                |
| ۱۴۰۰۰ | ۴۸ | <b>تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند</b>                                                                   | <b>اقدام<br/>۱۷</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی استفاده از پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                                                   | ۱-۱۷                |

|        |    |                                                                                                    |      |
|--------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                            | ۲-۱۷ |
| ۵۰۰۰   | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق                                            | ۳-۱۷ |
| ۳۰۰۰   | ۱۲ | تدوین دستورالعمل ارزیابی، اعمال و بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری پوشش‌های هوشمند در تجهیزات صنعت برق | ۴-۱۷ |
| ۳۹۰۰۰۰ | ۴۸ | مجموع                                                                                              |      |

جدول (۴-۲۱) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی"

| ردیف | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                            | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| ۱    | تدوین دانش فنی ساخت سلول‌های خورشیدی                                                | ۴۸         | ۴۹۰۰۰               |
| ۱-۱  | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده جهت ساخت سلول‌های خورشیدی              | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید نیمه‌صنعتی سلول‌ها و ماژول‌های فتوولتاییک نانوساختار | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی پروسکایتی                                          | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی حساس شده با رنگ                                    | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۵-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی آلی                                                | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۶-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی سیلیکونی                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۷-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی لایه نازک                                          | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۸-۱  | تدوین دانش فنی ساخت سلول خورشیدی چند اتصالی (multijunction)                         | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۹-۱  | تدوین دستورالعمل نصب، بهره‌برداری، ارزیابی، تعمیر و نگهداری پنل‌های خورشیدی         | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۱۰-۱ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه سلول‌های خورشیدی       | ۱۲         | ۱۰۰۰۰               |
| ۲    | ارتقا مواد، خواص و عملکرد سیستم‌های حرارتی خورشیدی                                  | ۴۸         | ۲۱۰۰۰               |
| ۱-۲  | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده به عنوان جاذب‌های حرارت خورشیدی                  | ۱۲         | ۳۰۰۰                |



|       |    |                                                                                 |                |
|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی مواد و روش‌های نوین پوشش‌دهی روی لوله‌های جاذب کلکتورهای خورشیدی    | ۲-۲            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های حرارت خورشیدی بر پایه مواد سرامیکی                 | ۳-۲            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت جاذب‌های حرارت خورشیدی بر پایه مواد پلیمری                  | ۴-۲            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت سرمتهای لوله‌های جاذب حرارت خورشیدی                         | ۵-۲            |
| ۲۳۰۰۰ | ۴۸ | <b>توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت پیل‌های سوختی</b>                           | <b>۳ اقدام</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده در پیل‌های سوختی                     | ۱-۳            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های آند به کار رفته در پیل‌های سوختی            | ۲-۳            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مواد و لایه‌های کاتد به کار رفته در پیل‌های سوختی           | ۳-۳            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مواد الکترولیت به کار رفته در پیل‌های سوختی                 | ۴-۳            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت صفحه‌های دوقطبی جدا کننده تک‌سل‌ها در پیل‌های سوختی         | ۵-۳            |
| ۳۰۰۰۰ | ۴۸ | <b>توسعه روش‌های تولید هیدروژن</b>                                              | <b>۴ اقدام</b> |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی و بررسی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن با استفاده از تجزیه آب           | ۱-۴            |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی و بررسی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن با استفاده از سوخت‌های فسیلی     | ۲-۴            |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده برای تولید هیدروژن از تجزیه آب       | ۳-۴            |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده پژوهی کاتالیست‌های نوین مورد استفاده برای تولید هیدروژن از سوخت‌های فسیلی | ۴-۴            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از تجزیه آب                             | ۵-۴            |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تولید هیدروژن از پساب‌های نیروگاهی                     | ۶-۴            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از پساب‌های                             | ۷-۴            |

| نیروگاهی |                                                           |    |        |
|----------|-----------------------------------------------------------|----|--------|
| ۸-۴      | تدوین دانش فنی تولید هیدروژن با استفاده از سوخت‌های فسیلی | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| مجموع    |                                                           | ۴۸ | ۱۲۳۰۰۰ |

جدول (۴-۲۲) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره انرژی"

| ردیف | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                          | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| ۱    | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌ها                                                      | ۴۸         | ۴۱۰۰۰               |
| ۱-۱  | آینده‌پژوهی مواد و روش‌های نوین مورد استفاده در ساخت باتری‌های جدید               | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بومی‌سازی و ساخت باتری‌های مورد نیاز صنعت برق            | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های سرب-اسیدی پیشرفته                                   | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های سدیم-سولفور                                         | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۵-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های جریانی                                              | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۶-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های فلز-هوا                                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۷-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیومی                                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۸-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیم-یون                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۹-۱  | تدوین دانش فنی ساخت باتری‌های لیتیم-آبی                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۲    | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌ها                                                    | ۴۸         | ۳۱۰۰۰               |
| ۱-۲  | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بومی‌سازی، ساخت و استفاده از ابرخازن‌ها در صنعت برق کشور | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۲  | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده در ساخت الکترودهای ابرخازن                     | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۲  | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه مواد کربنی                                | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۲  | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه اکسیدهای فلزی                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۵-۲  | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه سولفیدهای فلزی                            | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۶-۲  | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های بر پایه پلیمرهای هادی                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۷-۲  | تدوین دانش فنی ساخت ابرخازن‌های هیبریدی                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |

| ۵۴۰۰۰ | ۴۸ | ارتقا مواد و توسعه روش‌های ذخیره‌سازی هیدروژن                                   | اقدام<br>۳ |
|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | ارزیابی فنی و اقتصادی انواع روش‌های ذخیره‌سازی سوخت هیدروژن                     | ۳-۱        |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده برای ذخیره هیدروژن به روش مبتنی بر مواد      | ۲-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت و بهبود کیفیت مخازن جهت ذخیره‌سازی هیدروژن به روش گاز فشرده | ۳-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مخازن جهت ذخیره‌سازی هیدروژن به روش مایع                    | ۴-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه مواد جاذب کربنی                   | ۵-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه مواد جاذب چارچوب‌های آلی-فلزی     | ۶-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه هیدریدهای فلزی                    | ۷-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت ذخیره‌ساز هیدروژن بر پایه هیدریدهای شیمیایی                 | ۸-۳        |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تبدیل برق مازاد نیروگاه‌ها به هیدروژن و ذخیره آن       | ۹-۳        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی تولید و ذخیره هیدروژن با استفاده از برق مازاد نیروگاه‌ها         | ۱۰-۳       |
| ۱۰۰۰۰ | ۱۲ | راه‌اندازی، توسعه و شبکه‌سازی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه هیدروژن            | ۱۱-۳       |
| ۲۳۰۰۰ | ۴۸ | ارتقا و بهبود خواص مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی                                  | اقدام<br>۴ |
| ۳۰۰۰  | ۱۲ | آینده‌پژوهی مواد نوین مورد استفاده برای ذخیره انرژی حرارتی                      | ۱-۴        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت نمک‌های مذاب برای ذخیره‌سازی انرژی حرارتی خورشید            | ۲-۴        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | استفاده از بتن‌ریزی حجیم به عنوان ذخیره‌ساز انرژی حرارتی خورشید                 | ۳-۴        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی خورشیدی بر پایه هیدریدهای فلزی  | ۴-۴        |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | تدوین دانش فنی ساخت مواد تغییر فاز دهنده (PCM) برای                             | ۵-۴        |

|                    |    |        |
|--------------------|----|--------|
| ذخیره انرژی حرارتی |    |        |
| مجموع              | ۴۸ | ۱۴۹۰۰۰ |

جدول (۴-۲۳) - اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق"

| ردیف         | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                                                         | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| <b>۱</b>     | <b>توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی</b>                                    | <b>۴۸</b>  | <b>۲۱۰۰۰</b>        |
| ۱-۱          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بازیافت انواع ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۱          | آینده‌پژوهی تبدیل ضایعات سرامیکی صنعت برق به ترکیبات ارزشمند                                                     | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۱          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات دیرگدازهای مورد استفاده در صنعت برق                                                 | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۱          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات سازه‌های بتنی در صنعت برق                                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۵-۱          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات قطعات شیشه‌ای در صنعت برق                                                           | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| <b>۲</b>     | <b>توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری</b>                                      | <b>۴۸</b>  | <b>۱۶۰۰۰</b>        |
| ۱-۲          | امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بازیافت انواع ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق   | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۲          | آینده‌پژوهی تبدیل ضایعات پلیمری و کامپوزیتی صنعت برق به ترکیبات ارزشمند                                          | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۳-۲          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پره‌های کامپوزیتی توربین‌های بادی                                                   | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۲          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پوسته کابل                                                                          | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| <b>۳</b>     | <b>توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مفره</b>                                                                         | <b>۴۸</b>  | <b>۱۸۰۰۰</b>        |
| ۱-۳          | ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت ضایعات انواع مفره                                                                  | ۱۲         | ۳۰۰۰                |
| ۲-۳          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مفره‌های پرسی و شیشه‌ای                                                             | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۳-۳          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مفره‌های کامپوزیتی و پلیمری                                                         | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۴-۳          | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات مفره‌های هیبریدی و بتن پلیمری                                                       | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| <b>اقدام</b> | <b>توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌ها و پنل‌های</b>                                                           | <b>۴۸</b>  | <b>۳۶۰۰۰</b>        |

| ۴     | خورشیدی                                                                          |    |        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----|--------|
| ۱-۴   | ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت ضایعات انواع باتری‌های مصرف شده در صنعت برق        | ۱۲ | ۳۰۰۰   |
| ۲-۴   | توسعه دانش فنی استحصال فلزات با ارزش از ضایعات باتری‌ها                          | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۳-۴   | توسعه روش‌های بازیافت بخش‌های پلیمری باتری‌های مصرف شده                          | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۴-۴   | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌های سرب-اسیدی                                 | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۵-۴   | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات باتری‌های لیتیوم-یونی                               | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۶-۴   | ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت ضایعات پنل‌های خورشیدی مصرف شده در کشور            | ۱۲ | ۳۰۰۰   |
| ۷-۴   | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پنل‌های خورشیدی سیلیکونی                            | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۸-۴   | توسعه روش‌های بازیافت ضایعات پنل‌های خورشیدی لایه نازک                           | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۵     | توسعه روش‌های بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها                                          | ۴۸ | ۱۶۰۰۰  |
| ۱-۵   | ارزیابی فنی و اقتصادی بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ارزشمند | ۱۲ | ۳۰۰۰   |
| ۲-۵   | آینده‌پژوهی سنتز ترکیبات ارزشمند از خاکستر نیروگاه                               | ۱۲ | ۳۰۰۰   |
| ۳-۵   | تدوین دانش فنی سنتز ساختارهای کربنی از خاکستر نیروگاه                            | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۴-۵   | توسعه دانش فنی سنتز ترکیبات مبتنی بر وانادیوم از خاکستر نیروگاه                  | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| مجموع |                                                                                  | ۴۸ | ۱۱۷۰۰۰ |

جدول (۴-۲۴) - بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات و پروژه‌های مرتبط با راهبرد "ارزیابی وضعیت، تخمین عمر،

پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت برق"

| ردیف | عنوان اقدامات و پروژه‌ها                                                 | زمان (ماه) | هزینه (میلیون ریال) |
|------|--------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| ۱    | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی | ۴۸         | ۲۰۰۰۰               |
| ۱-۱  | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای  | ۱۸         | ۵۰۰۰                |
| ۲-۱  | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های پلیمری و کامپوزیتی | ۱۸         | ۵۰۰۰                |

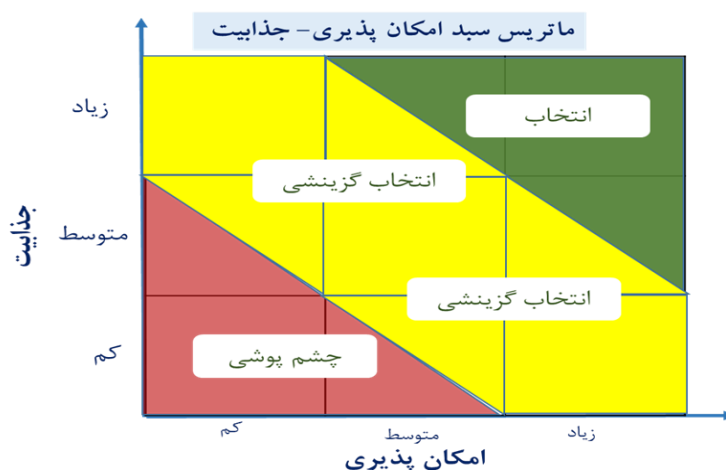
|       |    |                                                                                              |         |
|-------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری                   | ۳-۱     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت عایق‌های الکتریکی                               | ۴-۱     |
| ۲۰۰۰۰ | ۴۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های قدرت                                   | ۲ اقدام |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار قوی                               | ۱-۲     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار متوسط                             | ۲-۲     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار ضعیف عایق PVC                     | ۳-۲     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های فشار ضعیف عایق XLPE                    | ۴-۲     |
| ۲۰۰۰۰ | ۴۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی                      | ۳ اقدام |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پنل‌های خورشیدی سیلیکونی                        | ۱-۳     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پنل‌های خورشیدی لایه نازک                       | ۲-۳     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی    | ۳-۳     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌های مورد استفاده در نیروگاه‌های تجدیدپذیر | ۴-۳     |
| ۱۵۰۰۰ | ۴۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق             | ۴ اقدام |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های بتنی صنعت برق                | ۱-۴     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های کامپوزیتی صنعت برق           | ۲-۴     |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌های چوبی صنعت برق                          | ۳-۴     |
| ۲۰۰۰۰ | ۴۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های غیرفلزی صنعت برق                       | ۵ اقدام |

|       |    |                                                                                                                       |                |
|-------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های RTV                                                             | ۱-۵            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های سد حرارتی                                                       | ۲-۵            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های گالوانیزه سازه‌ها                                               | ۳-۵            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های پنل‌های خورشیدی                                                 | ۴-۵            |
| ۴۵۰۰۰ | ۴۸ | <b>ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری</b>                          | <b>۶ اقدام</b> |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کاغذهای عایقی ترانسفورماتورهای قدرت                                      | ۱-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پره‌های توربین‌های بادی                                                  | ۲-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت لوله‌ها و مخازن کامپوزیتی                                                | ۳-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کلیدهای قدرت کامپوزیتی                                                   | ۴-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت تابلوهای برق کامپوزیتی                                                   | ۵-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی مورد استفاده در صنعت برق           | ۶-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری مورد استفاده در صنعت برق               | ۷-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت روغن‌های پلیمری مورد استفاده در صنعت برق                                 | ۸-۶            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت حسگرهای پلیمری صنعت برق                                                  | ۹-۶            |
| ۲۵۰۰۰ | ۴۸ | <b>ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی</b>                        | <b>۷ اقدام</b> |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاهای و فیلترهای سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق | ۱-۷            |
| ۵۰۰۰  | ۱۸ | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت آجرهای نسوز، مواد دیرگداز و عایق‌های حرارتی مورد استفاده در محفظه        | ۲-۷            |

| احتراق توربین و دودکش |                                                                                          |    |        |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|
| ۳-۷                   | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت شیشه‌ها و لعاب‌های مورد استفاده در صنعت برق | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۴-۷                   | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت حسگرهای سرامیکی صنعت برق                    | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| ۵-۷                   | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت وریستورها                                   | ۱۸ | ۵۰۰۰   |
| مجموع                 |                                                                                          | ۴۸ | ۱۶۵۰۰۰ |

#### ۴-۵- تعیین اولویت‌ها

با توجه به تعداد و تنوع بالای راهبردها، اقدامات و پروژه‌های فنی تدوین شده و همچنین وجود محدودیت منابع مالی و انسانی، با همفکری پنل خبرگی تصمیم گرفته شد، اقدامات فنی با اولویت بالا در برنامه کوتاه مدت گروه (افق زمانی ۱۴۰۴) لحاظ شوند و برای افق زمانی بلند مدت ۱۴۱۴، همه اقدامات و پروژه‌ها مد نظر قرار بگیرند. در کل، روش اولویت‌بندی حوزه‌های فنی بر اساس ماتریس امکان‌پذیری- جذابیت است (شکل ۴-۲). به این صورت که در این ماتریس حوزه‌هایی که چالش‌های مهم و فوری را بهتر پاسخ دهند، جذابیت بیشتری خواهند داشت و حوزه‌هایی که امکان توسعه آن‌ها در ۵ سال آینده بیشتر است، از امکان‌پذیری بالاتری برخوردار خواهند بود. لذا در این ماتریس حوزه‌هایی که هم جذابیت و هم امکان‌پذیری بالاتری دارند به عنوان اولویت انتخاب می‌شوند.



شکل (۴-۲) - ماتریس امکان‌پذیری-جذابیت

در این راستا و در پروژه حاضر، پرسشنامه‌هایی جهت ارزیابی جذابیت و امکان‌پذیری هر یک از راهبردها و اقدامات فنی با توجه به چالش‌های مهم صنعت برق، تهیه و در اختیار اعضای پنل خبرگی قرار گرفت. پرسشنامه‌های استفاده شده در پیوست ۲ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که برای هر یک از راهبردها و اقدامات فنی یک کد در نظر گرفته شد که در پرسشنامه‌ها و



شکل‌ها و جدول‌های این فصل به جای نوشتن اسم کامل اقدام فنی، کد مربوطه نوشته شده است. در حالت کلی سعی شده است از سه حرف اول انگلیسی برای کدگذاری استفاده شود، مگر در صورتیکه حروف اختصار معروفی برای موارد خاص وجود داشته باشد. بر این اساس، کدگذاری به صورت زیر انجام شد:

#### راهبرد ۱: توسعه و ارتقا مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در صنعت برق (CER)

- ساخت سرامیک‌ها و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مورد استفاده در نیروگاه‌های حرارتی (CER-COM)
- ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی (CER-CAT)
- ساخت دیرگذازها (CER-REF)
- ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی (CER-CON)
- ساخت شیشه‌ها و لعاب‌ها (CER-GLA)
- سنتز الیاف سرامیکی (CER-FIB)

#### راهبرد ۲: توسعه و ارتقا مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری مورد استفاده در صنعت برق (POL)

- ساخت آب‌بندها، دیافراگم‌ها و قطعات لاستیکی (POL-RUB)
- سنتز چسب‌های پلیمری و رزین‌ها (POL-RES)
- ارتقا مواد و بهبود خواص اجزای پلیمری کابل (POL-CAB)
- ساخت عایق‌های صوتی و حرارتی (POL-AER)
- ساخت جاذب‌ها، غشاها و فیلترهای پلیمری (POL-MEM)
- سنتز روغن‌های پلیمری (POL-OIL)
- ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری (POL-COM)
- سنتز الیاف پلیمری (POL-FIB)

#### راهبرد ۳: توسعه و ارتقا مواد و فرایندهای نانوساختار مورد استفاده در صنعت برق (NAN)

- سنتز مواد بالک نانوساختار (NAN-BUL)
- سنتز نانوافزودنی‌ها (NAN-ADD)
- ساخت پوشش‌های نانوساختار (NAN-COA)
- سنتز نانوساختارهای کربنی (NAN-CAR)
- ساخت نانوسیال‌ها (NAN-FLU)

#### راهبرد ۴: توسعه فناوری مغناطیس و ابررسانا (SUP)

- ساخت مواد مغناطیسی غیرفلزی (SUP-MAG)
- ساخت هادی‌ها و کابل‌های ابررسانا (SUP-CAB)
- سنتز پودرهای ابررسانا (SUP-POW)
- ساخت محدود ساز ابررسانایی (SUP-LIM)

- ساخت ذخیره‌سازهای ابررسانا (SUP-STO)
- به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق (SUP-APP)

#### راهبرد ۵: توسعه و ارتقا مواد نیمه‌رسانا مورد استفاده در صنعت برق (SEM)

- تولید مواد نیمه‌رسانای مورد استفاده در کابل‌ها (SEM-CAB)
- ساخت وریستورها (SEM-VAR)
- ساخت حسگرها (SEM-SEN)
- ساخت رساناهای شفاف (SEM-TCO)
- ساخت ترموالکتريک‌ها (SEM-THE)
- ساخت نیمه‌رساناهای قدرت (SEM-POW)

#### راهبرد ۶: توسعه مواد، خواص و دانش فنی ساخت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی (INS)

- ساخت مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای (INS-POR)
- ساخت مقره‌های کامپوزیتی و پلیمری (INS-COM)
- ساخت مقره‌های هیبریدی و بتن پلیمری (INS-HYB)
- ساخت عایق‌های الکتریکی (INS-INS)
- ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی (INS-COA)

#### راهبرد ۷: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات مبتنی بر فرایندهای زیستی مورد استفاده در صنعت برق

(BIO)

- ساخت پوشش‌های ضد خوردگی میکروبی (BIO-ACO)
- ساخت پوشش‌های حاوی مواد بازدارنده میکروبی (BIO-AIN)
- ساخت مواد خودترمیم زیستی (BIO-REP)
- پایش و ارزیابی فرسودگی زیستی (BIO-MON)
- کاربرد مواد زیستی در ساخت و ارتقاء مواد و تجهیزات غیرفلزی (BIO-MAT)
- ساخت پیل‌های میکروبی و زیستی (BIO-FCE)
- حذف مواد آلاینده زیست محیطی به کمک فیلترها و مواد زیستی (BIO-FIL)
- تولید سوخت‌های زیستی از زیست توده (BIO-FUE)

#### راهبرد ۸: مهندسی سطح و پوشش‌های غیرفلزی (SEC)

- روش‌های ساخت سطحی و لیتوگرافی (SEC-LIT)
- سایش مواد (SEC-ABR)
- خوردگی سطحی مواد (SEC-COR)
- فرسودگی سطحی مواد (SEC-ERO)
- ترشوندگی و آبگریزی سطحی (SEC-WET)

- سخت کاری سطحی (SEC-HAR)
- پوشش‌های سد حرارتی (SEC-TBC)
- پوشش‌های مقاوم به سایش (SEC-ABC)
- پوشش‌های مقاوم به فرسایش (SEC-ERC)
- پوشش‌های مقاوم به خوردگی (SEC-COC)
- پوشش‌های خودتمیزشونده (SEC-SCC)
- پوشش‌های ضد یخ (SEC-AIC)
- پوشش‌های ضدانعکاس (SEC-ARC)
- پوشش‌های خودترمیم شونده (SEC-SHC)
- پوشش‌های ضد آتش (SEC-AFC)
- پوشش‌های عایق حرارتی (SEC-TIC)
- پوشش‌های هوشمند (SEC-SMA)

#### راهبرد ۹: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های تبدیل انرژی (ECS)

- ساخت سلول‌های خورشیدی (ECS-PVS)
- ارتقا مواد، خواص و عملکرد سیستم‌های حرارتی خورشیدی (ECS-STC)
- ساخت پیل‌های سوختی (ECS-FCS)
- روش‌های تولید هیدروژن (ECS-HYG)

#### راهبرد ۱۰: توسعه و ارتقا مواد و تجهیزات به کار رفته در سیستم‌های ذخیره انرژی (ESS)

- ساخت باتری‌ها (ESS-BAT)
- ساخت ابرخازن‌ها (ESS-SUP)
- ارتقا مواد و توسعه روش‌های ذخیره‌سازی هیدروژن (ESS-HYS)
- ارتقا و بهبود خواص مواد ذخیره‌ساز انرژی حرارتی (ESS-THS)

#### راهبرد ۱۱: توسعه روش‌های بازیافت مواد در صنعت برق (REC)

- بازیافت ضایعات مواد سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی (REC-CER)
- بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری (REC-POL)
- بازیافت ضایعات مفره (REC-INS)
- بازیافت ضایعات باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی (REC-PVB)
- بازیافت خاکستر نیروگاه‌ها (REC-ASH)

#### راهبرد ۱۲: ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات و تجهیزات غیرفلزی صنعت

##### برق (AEM)

- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مفره‌ها و عایق‌های الکتریکی (AEM-INS)

- ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت کابل‌های قدرت (AEM-CAB)
  - ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت باتری‌ها و پنل‌های خورشیدی (AEM-PVB)
  - ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق (AEM-STR)
  - ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پوشش‌های غیرفلزی صنعت برق (AEM-COA)
  - ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری (AEM-POL)
  - ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی (AEM-CER)
  -
- نمره‌هایی که اعضای پنل خبرگی به جذابیت و امکان‌پذیری هر یک از اقدامات فنی دادند، بعد از میانگین‌گیری و در قالب جدول (۴-۲۵) آورده شده است.

جدول (۴-۲۵) - نمرات جذابیت و امکان‌پذیری اقدامات فنی

| نمره<br>امکان‌پذیری | نمره<br>جذابیت | کد اقدام<br>فنی | نمره<br>امکان‌پذیری | نمره<br>جذابیت | کد اقدام<br>فنی | نمره<br>امکان‌پذیری | نمره<br>جذابیت | کد اقدام<br>فنی |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------------|
| ۷/۲۵                | ۷/۷۵           | REC-INS         | ۶/۲۵                | ۶              | SUP-MAG         | ۵/۵                 | ۵/۲۵           | CER-COM         |
| ۶/۷۵                | ۷/۵            | REC-PVB         | ۵/۷۵                | ۶/۷۵           | SUP-CAB         | ۸/۲۵                | ۸              | CER-CAT         |
| ۶/۲۵                | ۷/۵            | REC-ASH         | ۵/۲۵                | ۶/۲۵           | SUP-POW         | ۶/۵                 | ۶/۷۵           | CER-REF         |
| ۸/۲۵                | ۸/۷۵           | AEM-INS         | ۵/۵                 | ۶/۵            | SUP-LIM         | ۹/۲۵                | ۹              | CER-CON         |
| ۷/۲۵                | ۷/۵            | AEM-CAB         | ۵/۲۵                | ۶/۲۵           | SUP-STO         | ۶/۲۵                | ۵/۵            | CER-GLA         |
| ۷                   | ۸/۲۵           | AEM-PVB         | ۵/۵                 | ۶/۷۵           | SUP-APP         | ۵                   | ۶/۵            | CER-FIB         |
| ۸                   | ۸/۷۵           | AEM-STR         | ۶/۲۵                | ۶/۵            | SEM-CAB         | ۷/۵                 | ۷/۵            | POL-RUB         |
| ۷/۵                 | ۸/۲۵           | AEM-COA         | ۶                   | ۶/۷۵           | SEM-VAR         | ۷/۵                 | ۷/۵            | POL-RES         |
| ۷/۲۵                | ۸/۵            | AEM-POL         | ۸                   | ۸              | SEM-SEN         | ۷/۲۵                | ۷/۵            | POL-CAB         |
| ۷/۵                 | ۸/۷۵           | AEM-CER         | ۴/۲۵                | ۵/۷۵           | SEM-TCO         | ۶/۷۵                | ۷/۵            | POL-AER         |
| ۷/۵                 | ۷/۲۵           | SEC-LIT         | ۸                   | ۸              | SEM-THE         | ۸                   | ۸              | POL-MEM         |
| ۷/۷۵                | ۷/۷۵           | SEC-ABR         | ۵/۷۵                | ۷/۷۵           | SEM-POW         | ۵/۷۵                | ۵/۵            | POL-OIL         |
| ۷                   | ۷/۵            | SEC-COR         | ۶/۸                 | ۶/۴            | INS-POR         | ۸                   | ۸              | POL-COM         |
| ۷/۲۵                | ۷              | SEC-ERO         | ۷/۶                 | ۷/۴            | INS-COM         | ۶/۲۵                | ۶/۵            | POL-FIB         |
| ۷/۲۵                | ۷/۲۵           | SEC-WET         | ۷/۲                 | ۷              | INS-HYB         | ۶/۵                 | ۶/۷۵           | NAN-BUL         |
| ۷/۵                 | ۷/۵            | SEC-HAR         | ۷/۴                 | ۷/۸            | INS-INS         | ۹                   | ۸/۷۵           | NAN-ADD         |
| ۸/۷۵                | ۸/۷۵           | SEC-TBC         | ۸                   | ۸/۴            | INS-COA         | ۹/۲۵                | ۹              | NAN-COA         |
| ۸/۵                 | ۸/۵            | SEC-ABC         | ۸                   | ۸/۷۵           | ECS-PVS         | ۷/۲۵                | ۷/۲۵           | NAN-CAR         |
| ۹                   | ۸/۷۵           | SEC-ERC         | ۷/۵                 | ۸/۲۵           | ECS-STs         | ۸                   | ۸              | NAN-FLU         |
| ۹/۷۵                | ۹/۵            | SEC-COC         | ۷                   | ۹              | ECS-FCS         | ۷/۲۵                | ۷/۲۵           | BIO-ACO         |
| ۸/۷۵                | ۸/۷۵           | SEC-SCC         | ۵/۷۵                | ۸/۷۵           | ECS-HYG         | ۶/۷۵                | ۷/۲۵           | BIO-AIN         |
| ۸                   | ۸              | SEC-AIC         | ۷/۲۵                | ۹              | ESS-BAT         | ۶/۷۵                | ۷/۲۵           | BIO-REP         |

|      |      |         |      |      |         |      |      |         |
|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|
| ۷/۷۵ | ۷/۷۵ | SEC-ARC | ۶/۵  | ۸/۷۵ | ESS-SUP | ۵/۵  | ۶    | BIO-MON |
| ۸/۲۵ | ۹    | SEC-SHC | ۶/۲۵ | ۹    | ESS-HYS | ۴/۵  | ۵/۵  | BIO-MAT |
| ۸/۷۵ | ۸    | SEC-AFC | ۶    | ۸/۷۵ | ESS-THS | ۴/۷۵ | ۶/۲۵ | BIO-FCE |
| ۸/۷۵ | ۸/۵  | SEC-TIC | ۷/۲۵ | ۷/۲۵ | REC-CER | ۵/۲۵ | ۶/۲۵ | BIO-FIL |
| ۷/۲۵ | ۸/۷۵ | SEC-SMA | ۸    | ۹    | REC-POL | ۵/۵  | ۷/۲۵ | BIO-FUE |

همان‌طور که از نتایج کلی مشخص است، اقدامات زیر به دلیل کسب نمرات بالاتر جذابیت و امکان‌پذیری (نمرات بالاتر از ۸)، از اولویت بالایی برخوردار شدند و به عنوان حوزه‌های فناوری تمرکز گروه پژوهشی مواد غیرفلزی برای افق زمانی کوتاه‌مدت (۱۴۰۴) پیشنهاد می‌شوند:

- ✓ ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاها و فیلترهای سرامیکی
- ✓ ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی
- ✓ ساخت جاذب‌ها، غشاها و فیلترهای پلیمری
- ✓ ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری
- ✓ سنتز نانوافزودنی‌ها
- ✓ ساخت پوشش‌های نانوساختار
- ✓ ساخت نانو سیال‌ها
- ✓ ساخت حسگرهای مبتنی بر مواد نیمه‌رسانا
- ✓ ساخت ترموالکتریک‌ها
- ✓ ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی
- ✓ ساخت سلول‌های خورشیدی
- ✓ بازیافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری
- ✓ ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی
- ✓ ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق
- ✓ پوشش‌های سد حرارتی
- ✓ پوشش‌های مقاوم به سایش
- ✓ پوشش‌های مقاوم به فرسایش
- ✓ پوشش‌های مقاوم به خوردگی
- ✓ پوشش‌های خودتمیزشونده
- ✓ پوشش‌های ضد یخ
- ✓ پوشش‌های خودترمیم‌شونده
- ✓ پوشش‌های ضد آتش
- ✓ پوشش‌های عایق حرارتی
- ✓

هر یک از اقدامات فنی انتخاب شده با چالش‌های مهم و کلیدی صنعت برق به صورت جدول (۴-۲۶) باهم در ارتباط هستند.

جدول (۴-۲۶) - نحوه ارتباط بین چالش‌های کلیدی صنعت برق و اقدامات فنی منتخب

| آلودگی‌های زیست‌محیطی | فرسودگی تجهیزات | کیفیت پایین تجهیزات | پایین بودن بازده نیروگاه‌ها | بالا بودن هزینه‌ها | بالا بودن تلفات |                                                                                  |
|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ■                     |                 |                     | ■                           | ■                  |                 | ساخت جاذب‌ها، کاتالیست‌ها، غشاهای و فیلترهای سرامیکی                             |
|                       | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | ارتقا مواد و بهبود خواص سازه‌ها و پایه‌های بتنی                                  |
| ■                     |                 |                     | ■                           | ■                  |                 | ساخت جاذب‌ها، غشاهای و فیلترهای پلیمری                                           |
|                       | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | ارتقا مواد و بهبود خواص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری                                |
| ■                     | ■               |                     | ■                           | ■                  |                 | سنتز نانوافزودنی‌ها                                                              |
| ■                     | ■               | ■                   | ■                           | ■                  | ■               | ساخت پوشش‌های نانوساختار                                                         |
|                       | ■               |                     | ■                           | ■                  |                 | ساخت نانوسیال‌ها                                                                 |
| ■                     | ■               |                     | ■                           | ■                  |                 | ساخت حسگرها                                                                      |
| ■                     |                 |                     | ■                           |                    |                 | ساخت ترموالکتریک‌ها                                                              |
| ■                     | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | ساخت پوشش‌های مورد استفاده در مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی                        |
| ■                     |                 |                     | ■                           |                    |                 | ساخت سلول‌های خورشیدی                                                            |
| ■                     |                 |                     |                             | ■                  |                 | باز یافت ضایعات مواد پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه پلیمری                          |
| ■                     | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت مقره‌ها و عایق‌های الکتریکی         |
|                       | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | ارزیابی وضعیت، تخمین عمر، پایش و کنترل کیفیت پایه‌ها و سازه‌های غیرفلزی صنعت برق |
|                       | ■               | ■                   | ■                           | ■                  |                 | پوشش‌های سد حرارتی                                                               |
|                       | ■               | ■                   | ■                           | ■                  |                 | پوشش‌های مقاوم به سایش                                                           |
| ■                     | ■               | ■                   | ■                           | ■                  | ■               | پوشش‌های مقاوم به فرسایش                                                         |
|                       | ■               | ■                   | ■                           | ■                  | ■               | پوشش‌های مقاوم به خوردگی                                                         |
| ■                     | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | پوشش‌های خودتمیزشونده                                                            |
| ■                     | ■               | ■                   |                             | ■                  | ■               | پوشش‌های ضد یخ                                                                   |
|                       | ■               | ■                   | ■                           | ■                  |                 | پوشش‌های خودترمیم شونده                                                          |

## ۴-۶- ترسیم رهنگاشت

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی ترسیم نقشه راه و یا به عبارتی تدوین رهنگاشت است. رهنگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته به هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده رهنگاشت

می‌باشند.

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 تأکید کرد که هیچ‌گاه رهنگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنان که استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود.

با توجه به اهمیت تهیه رهنگاشت در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رهنگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رهنگاشت بیان شده است. تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رهنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، رهنگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رهنگاشت ارائه شده است:

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

(ب) رهنگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای 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 جزئی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند. در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که رهنگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص<sup>۷</sup> موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

با توجه به موارد ذکر شده، نقشه راه گروه پژوهشی مواد غیرفلزی، بر اساس راهبردهای فنی سند و برای اقدامات فنی اولویت‌دار در افق زمانی کوتاه مدت ۱۴۰۴ ترسیم شده که در شکل (۴-۳) ارائه می‌شود.

در شکل (۴-۴) نیز نقشه راه اقدامات غیر فنی (مدیریتی) منتخب گروه پژوهشی مواد غیرفلزی برای افق زمانی کوتاه مدت ۱۴۰۴ ترسیم شده است.

---

<sup>7</sup>- Milestone





شکل (۴-۳) - نقشه راه اقدامات فنی منتخب گروه پژوهشی مواد غیر فلزی برای افق ۱۴۰۴



شکل (۴-۴) - نقشه راه اقدامات غیرفنی منتخب گروه پژوهشی مواد غیرفلزی برای افق ۱۴۰۴

#### ۷-۴- جمع‌بندی

در این فصل، با مشورت خبرگان پس از تدوین پروژه‌های اجرایی و مشخص کردن زمان و هزینه مورد نیاز برای اجرای آنها، به اولویت‌بندی اقدامات فنی تدوین شده پرداخته شد. برای اولویت‌بندی اقدامات، از ماتریس ارزیابی جذابیت - امکان‌پذیری استفاده شد. پس از تحلیل نتایج، ۲۳ اقدام فنی از بین ۸۱ اقدام، به عنوان حوزه‌های با اولویت بالا جهت قرارگیری در نقشه راه افق ۱۴۰۴ گروه پژوهشی مواد غیرفلزی انتخاب شدند و در نهایت نقشه راه اقدامات فنی و غیر فنی گروه پژوهشی مواد غیر فلزی برای افق زمانی ۱۴۰۴ ترسیم شد.

## مراجع

- [1] G. HARTWIG, History and Applications of Nonmetallic Materials, Forschungszentrum Karlsruhe, 76133 Karlsruhe, Germany.
- [2] <https://www.transparencymarketresearch.com/>
- [3] <https://www.marketsandmarkets.com/>
- [4] <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/lithium-ion-battery-market-100123>
- [5] <https://www.alliedmarketresearch.com/solar-photovoltaic-panel-market>
- [6] <https://www.researchandmarkets.com/>
- [7] <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-high-voltage-insulator-market/76313/>
- [8] <https://www.nano.ir/>
- [9] <https://iranpack.ir/news/reports/2016/07/overview-plastic-global-market/>
- [10] <https://www.nipna.ir/>
- [۱۱] ا. م. ر. دوست؛ س. قصابان؛ ع. دیانی، مروری بر بازار مواد کامپوزیت در ایران و جهان: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۵.
- [12] <https://pimw.ir/frp-composite-market/>
- [13] State of the Industry Report, Composites Manufacturing, 2017, p. 23-27
- [۱۴] فاطمه دبیر، تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه استفاده کامپوزیت ها در صنعت برق، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۷.