



تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق



مدیر پروژه: سمیه علیجانی

واحد مجری: گروه پژوهشی محیط زیست

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق

مدیر پروژه: سمیه علیجانی

گروه پژوهشی پشتیبان: محیط زیست

همکاران پروژه: زهرا دلاور مقدم

واحد مجری: گروه پژوهشی محیط زیست

انتشارات پژوهشگاه نیرو

آذر ۱۴۰۱

کد ثبت گزارش: NRI-ER-979-PEVPN18-00-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.274

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی محیط زیست

تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق/

مدیر پروژه: علی جانی، سمیه. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۴۰۱

۲۵۳ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. دلاور مقدم، زهرا، همکار پروژه. ۲. ستوده، امیرفرهنگ، مدیر واحد مجری. ۳. محیط

زیست. ۴. بهداشت، ایمنی و محیط زیست



انتشارات پژوهشگاه نیرو
گروه پژوهشی محیط زیست

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

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir



فرم تعهدنامه اصالت اثر

متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب سمیه علی‌جانی، مدیر پروژه تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق 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 ... ۲.. مرحله از .. ۶.. مرحله پروژه است.

همکاران :

۱. زهرا دلاور مقدم.

پیشگفتار

پروژه کلان "تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش های تولید و توزیع صنعت برق" از جمله پروژه های آینده نگاری گروه پژوهشی محیط زیست پژوهشگاه نیرو می باشد و مقرر است که در این پروژه ضمن بررسی جامع ابعاد موضوع، نقشه راه مرتبط با توسعه فعالیت های HSE در حوزه تولید و توزیع صنعت برق تدوین گردد. مهم ترین فعالیت های مرتبط با این سند به قرار زیر است:

- تدوین مبانی سند

- هوشمندی راهبردی
- تدوین جهت گیری های کلان
- تدوین جهت گیری های خرد
- تدوین برنامه عملیاتی و نقشه راه
- تدوین مکانیزم ارزیابی و برنامه به روز رسانی

نوشتار پیش رو با عنوان "تدوین مبانی سند راهبردی محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش های تولید و توزیع صنعت برق"، گزارش مرحله اول از پروژه یاد شده می باشد که با هدف تبیین ضرورت تدوین سند و دلایل توجیه پذیری، معرفی ابعاد موضوع و تعیین محدوده مطالعات توسط گروه پژوهشی محیط زیست پژوهشگاه نیرو تهیه شده است.

به عنوان اولین مرحله از پروژه تدوین سند راهبردی، مبانی سند مقدمات لازم برای شروع پروژه را ارائه می کند. مبانی سند متشکل از سه مؤلفه اصلی زیر است:

- تشریح ضرورت تدوین سند و دلایل توجیه پذیری: ضرورت تدوین سند، هدف غایی سیاست گذاران از برنامه ریزی راهبردی است. این هدف غایی در سطوح بالای تصمیم گیری تعیین شده و به عنوان یک فرض اساسی و غیر قابل تغییر، محور برنامه ریزی بلندمدت قرار می گیرد. فعالیت های راهبردی می توانند با اهداف یا مبانی توسعه متفاوتی گسترش پیدا کنند. اجرای هر دسته فعالیت در گرو داشتن یک یا چند دلیل موجه است که بیان کننده چرایی تمرکز بر آن فعالیت می باشد. در کنار مزایای مختلفی که گسترش یک رویکرد به همراه می آورد، هزینه هایی نیز بر هر سیستم تحمیل می شود. در این راستا، لازم است تا با سنجش تناسب مزایای حاصل از اجرا در برابر هزینه های آن، اجرای فعالیت ها توجیه شوند.
- تبیین روش شناسی تدوین سند: به منظور فائق آمدن به خلاءهای مفهومی در تعریف مؤلفه ها و اجزای یک سند راهبردی، ناهمخوانی های روش شناسانه تدوین اسناد، دشواری های مفاهیم انتزاعی تولید شده در قالب اسناد در هنگام پیاده سازی و غیره نیاز به ارائه یک روش شناسی مطلوب برای

تدوین اسناد راهبردی به شدت حس می‌شود. در این روش‌شناسی چگونگی مراحل تدوین سند به تفصیل شرح داده می‌شوند و نقشه مسیر پروژه در فازهای بعدی تعیین می‌گردد.

- شناخت ابعاد موضوع و محدوده سند: به منظور مهیا کردن زمینه در راستای داشتن تصویری از اجزای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فناورانه دخیل در توسعه فعالیت‌ها (اعم از نهادها و سازمان‌های مختلف، قواعد و قوانین موجود در جامعه، فناوری‌ها و زیرفناوری‌های مرتبط و غیره) داشتن نگاهی سیستمی به مسئله و تعیین حدود و مرزهای آن ضروری است. همچنین، لازم است تا با توجه به تاثیرگذاری فعالیت‌ها و نوآوری‌های راهبردی در ابعاد مختلف صنعت، تصمیم‌گیری راهبردی در سطوح مختلفی به انجام رسد. این سطوح را می‌توان از بعد جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی و فراملی تقسیم نمود و یا از بعد فنی به دو دسته بخشی یا فناورانه تقسیم کرد. در این بخش از گزارش به شناخت سطح مورد نیاز برای تدوین سند و تعیین محدوده مطالعات پرداخته می‌شود.

- تبیین مشخصه‌های راهبردی: هر فعالیت راهبردی را می‌توان برحسب ویژگی‌های متمایزکننده آن، در گروه و دسته‌ای از فعالیت‌ها جای داد. به منظور اجتناب از داشتن نتایج دور از واقعیت، اسناد راهبردی باید بر اساس ویژگی‌های خاص هر گروه از فعالیت‌ها تنظیم گردند. به عبارت دیگر، لازم است تا از ابزارهای مختلف آینده‌نگاری و تدوین راهبرد، متناسب با هر گروه فعالیت، استفاده نمود. برای محقق شدن این امر، ضروری است تا جایگاه کلی فعالیت‌های مورد نظر با ارائه یک طبقه‌بندی ساختاریافته مشخص شود. از این حیث، در این بخش به منظور معرفی کلان سند، فعالیت‌ها از هفت بعد مختلف تقسیم‌بندی می‌شود که شامل بررسی سابقه، پیچیدگی، تناسب، حوزه استفاده، موقعیت راهبردی، پارادایم فناورانه و چرخه عمر خواهد بود.

گزارش حاضر سعی در تبیین چهار مؤلفه فوق‌الذکر در رابطه با سند راهبردی محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق خواهد داشت.

فهرست مطالب

مقدمه.....	۱
۱- فصل اول: تعیین ابعاد موضوع و مطالعات سند.....	۳
۱-۱- توجیه‌پذیری و ضرورت تدوین سند.....	۳
۱-۱-۱- توجیه‌پذیری اقتصادی.....	۵
۱-۱-۲- توجیه‌پذیری اجتماعی.....	۷
۱-۱-۳- توجیه‌پذیری زیست‌محیطی.....	۱۱
۱-۱-۴- توجیه‌پذیری قانونی.....	۱۳
۱-۱-۴-۱- قانون کار جمهوری اسلامی ایران.....	۱۳
۱-۱-۴-۲- سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو.....	۱۳
۱-۱-۴-۳- ابلاغیه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.....	۱۴
۱-۱-۴-۴- نظامنامه مدیریت محیط‌زیست، ایمنی، بهداشت و امور اجتماعی وزارت نیرو.....	۱۴
۱-۲- ضرورت تدوین سند راهبردی.....	۱۵
۱-۳- روش‌شناسی تدوین سند.....	۱۸
۱-۴- مفهوم‌پردازی اسناد راهبردی.....	۱۹
۱-۴-۱- اسناد راهبردی.....	۱۹
۱-۴-۲- مفهوم روش‌شناسی تدوین سند راهبردی.....	۲۱
۱-۵- الزامات تدوین سند.....	۲۳
۱-۵-۱- الزامات محتوایی.....	۲۳
۱-۵-۲- الزامات فرآیندی.....	۲۸
۱-۶- روش‌شناسی تدوین سند.....	۲۹
۱-۷- تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات.....	۳۶
۱-۷-۱- تعیین سطح تحلیل.....	۳۷
۱-۷-۲- تبیین افق زمانی تحلیل.....	۳۸
۱-۷-۳- مرزبندی توصیفی.....	۴۰
۱-۸- تبیین مشخصه‌های راهبردی.....	۴۳

۴۵	۱-۹-بررسی سابقه.....
۴۶	۱-۱۰-بررسی پیچیدگی.....
۴۹	۱-۱۱-بررسی تناسب.....
۵۱	۱-۱۲-بررسی حوزه کاربرد.....
۵۱	۱-۱۳-بررسی موقعیت راهبردی.....
۵۳	۱-۱۴-بررسی پارادایم‌های فناورانه.....
۵۵	۱-۱۵-بررسی چرخه عمر.....
۵۵	۱-۱۵-۱-چرخه عمر محصول - بازار.....
۶۰	۱-۱۵-۲-چرخه عمر سیستم.....
۶۳	۲- فصل دوم: هوشمندی راهبردی.....
۶۳	۲-۱-شناسایی حوزه‌های راهبردی.....
۶۴	۲-۲-نگرش زنجیره ارزش.....
۶۵	۲-۳-نگرش فرایندی.....
۶۶	۲-۴-نگرش QFD.....
۶۶	۲-۵-نگرش نگاشت فناوری.....
۶۸	۲-۶-انتخاب روش مناسب شناسایی حوزه‌های راهبردی.....
۶۸	۲-۷-ترسیم درخت فناوری.....
۶۹	۲-۸-حوزه سلامت.....
۷۰	۲-۸-۱-ملاحظات عمومی بهداشت شغلی.....
۷۰	۲-۸-۱-۱-مشکلات ارگونومی.....
۷۲	۲-۸-۱-۲-نویز صوتی.....
۷۳	۲-۸-۱-۳-عوامل شیمیایی.....
۷۵	۲-۸-۱-۴-میدانهای الکتریکی و مغناطیسی.....
۷۷	۲-۸-۱-۵-عوامل بیولوژیکی.....
۷۸	۲-۸-۲-ملاحظات اختصاصی بهداشت شغلی.....
۷۸	۲-۸-۲-۱-ملاحظات بهداشت شغلی در حوزه تولید.....

۱۰۰	بهداشت شغلی در حوزه توزیع.....	۲-۸-۲-۲
۱۰۴	درخت فناوری.....	۲-۸-۳
۱۰۶	حوزه ایمنی.....	۲-۹
۱۰۷	ملاحظات عمومی.....	۲-۹-۱
۱۰۷	ایمنی عملیاتی.....	۲-۹-۱-۱
۱۱۳	ایمنی در پروژه.....	۲-۹-۱-۲
۱۱۶	ایمنی فردی.....	۲-۹-۱-۳
۱۱۷	ملاحظات اختصاصی ایمنی.....	۲-۹-۲
۱۱۷	ملاحظات ایمنی حوزه تولید.....	۲-۹-۲-۱
۱۴۵	ملاحظات ایمنی در حوزه توزیع.....	۲-۹-۲-۲
۱۵۷	درخت فناوری.....	۲-۹-۳
۱۶۰	حوزه محیط زیست.....	۲-۱۰
۱۶۲	ملاحظات عمومی محیط زیست.....	۲-۱۰-۱
۱۶۲	محیط زیست فیزیکی.....	۲-۱۰-۱-۱
۱۷۳	محیط زیست بیولوژیکی.....	۲-۱۰-۱-۲
۱۷۹	محیط زیست اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی.....	۲-۱۰-۱-۳
۱۸۲	ملاحظات اختصاصی محیط زیست.....	۲-۱۰-۲
۱۸۲	ملاحظات محیط زیست در حوزه تولید.....	۲-۱۰-۲-۱
۲۰۶	ملاحظات محیط زیست در حوزه توزیع.....	۲-۱۰-۲-۲
۲۱۲	درخت فناوری.....	۲-۱۰-۳
۱	آینده پژوهی.....	۲-۱۱
۳	ادبیات نظری.....	۲-۱۲
۳	تفاوت آینده پژوهی و آینده نگاری.....	۲-۱۲-۱
۷	قوانین آینده.....	۲-۱۲-۲
۸	پارادایم‌های آینده پژوهی.....	۲-۱۲-۳
۱۰	نگرش‌ها نسبت به آینده.....	۲-۱۲-۴
۱۰	انواع آینده.....	۲-۱۲-۵

۱۲	۱۳-۲-گونه‌های آینده‌پژوهی.....
۱۴	۱۴-۲-نیروهای مؤثر بر آینده.....
۱۶	۱۵-۲-ضرورت آینده‌پژوهی.....
۱۷	۱۶-۲-اهمیت آینده‌پژوهی.....
۱۸	۱۷-۲-اهداف آینده‌پژوهی.....
۱۸	۱۸-۲-روند آینده HSE در صنعت برق.....
۱۹	نتیجه‌گیری.....
۲۰	فهرست منابع.....

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: هزینه اجتماعی نشر کربن در سال ۲۰۲۰ [۱۸] ۸
- شکل ۱-۲: سهم هر یک از بیماری‌ها و آسیب‌ها در هزینه کل ناشی از ۶۱ نیروگاه ایران [۲۱] ۱۰
- شکل ۱-۳: روش‌شناسی تدوین سند محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق ۳۱
- شکل ۱-۴: میزان فروش محصول در چرخه عمر محصول - بازار ۵۷
- شکل ۱-۵: ارتباط چرخه عمر سیستم با چرخه عمر زیرسیستم‌ها [۵۵] ۶۱
- شکل ۱-۶: وضعیت معیارهای سنجش مرحله عمر سیستم [۶۶] ۶۱
- شکل ۲-۱: آنتن رادیویی نصب شده روی پشت بام نیروگاه [۲۰] ۸۳
- شکل ۲-۲: (الف) ورودی محفظه احتراق، (ب) الیاف نسوز سرامیکی داخل محفظه احتراق [۲۰] ۸۴
- شکل ۲-۳: نردبان برج توربین بادی (نما از بالا) [۲۰] ۸۹
- شکل ۲-۴: تجهیزات بالا برنده کمکی برای بالا رفتن از برج توربین بادی [۲۰] ۹۱
- شکل ۲-۵: غلظت ترپنها و کل ترکیبات آلی فرار در قسمتهای مختلف نیروگاه حین فرآوری سوخت [۳۹] ۹۸
- شکل ۲-۶: یک گاری حامل کپسولهای SF₆ جهت جابجایی آنها [۴۵] ۱۰۲
- شکل ۲-۷: درخت فناوری‌های حوزه سلامت ۱۰۵
- شکل ۲-۸: درخت فناوری‌های حوزه ایمنی ۱۵۹
- شکل ۲-۹: گستره جغرافیایی وضعیت منابع آب [۳] ۱۶۵
- شکل ۲-۱۰: شماتیک حجم گاز SF₆ در یک سوییج [۱۲] ۲۰۷
- شکل ۲-۱۱: پتانسیل نشر SF₆ [۱۴] ۲۰۹
- شکل ۲-۱۲: درخت فناوری‌های حوزه محیط‌زیست ۲۱۳
- شکل ۲-۱۳: رابطه آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی از نظر مرجع [۱۰] ۵
- شکل ۲-۱۴: رابطه آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی از نظر مرجع [۱۱] ۵
- شکل ۲-۱۵: انواع آینده در آینده‌پژوهی [۱۳] ۱۲
- شکل ۲-۱۶: مثلث نیروهای مؤثر بر آینده [۱۷] ۱۵

فهرست جداول

جدول ۱-۱: هزینه‌های آسیب‌های جسمی وارده بر سلامت انسان ناشی از ۶۱ نیروگاه ایران با توجه به نوع آلاینده (برحسب میلیون دلار) [۲۱].....	۹
جدول ۱-۲: بررسی افق زمانی تدوین اسناد پیشین در حوزه HSE.....	۳۹
جدول ۱-۳: واحدهای تحلیل توسعه فناوری [۵۳].....	۴۱
جدول ۱-۴: مقایسه مراحل مختلف چرخه عمر محصول - بازار.....	۵۸
جدول ۱-۵: مرحله عمر محصول - بازار سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق.....	۵۹
جدول ۲-۱: مقایسه روش‌های شناسایی حوزه‌های راهبردی.....	۶۸
جدول ۲-۲: غلظت میکروارگانیزمها (CFU/G) در نمونه‌های سوخت جمع‌آوری شده از نیروگاهها [۳۹].....	۹۳
جدول ۲-۲: غلظت میکروارگانیزمها (CFU/M ³) در هوا حین فرآیند تخلیه سوخت و آمادسازی و فرآوری آن در نیروگاه [۳۹].....	۹۴
جدول ۲-۴: غلظت گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق (MG/M ³) و اندوتوکسین (EU M ⁻³) در محیط‌های ساکن و نواحی تنفسی رانندگان کامیون حمل سوخت حین تخلیه سوخت در نیروگاه [۳۹].....	۹۵
جدول ۲-۴: مقادیر حدود مواجهه شغلی SF ₆ و برخی محصولات حاصل از تجزیه آن حاوی فلورین و گوگرد [۴۴].....	۱۰۱
جدول ۲-۶: حداقل فواصل مجاز برای جریان متناوب [۱۸].....	۱۴۸
جدول ۲-۷: حداقل فواصل هوایی مجاز کار روی خطوط برق‌دار با دست لخت برای جریان متناوب [۱۹].....	۱۴۹
جدول ۲-۸: ملاحظات ایمنی کار روی خطوط گرم بر اساس ولتاژ اسمی تجهیزات [۱۸].....	۱۵۰
جدول ۲-۹: تمایز پارادایم‌های اصلی آینده‌پژوهی.....	۹

مقدمه

اسناد راهبردی^۱ در برگیرنده‌ی گستره‌ی وسیعی از مفاهیم هستند که تحت عناوین سیاست‌گذاری^۲، مدیریت^۳، برنامه‌ریزی^۴، مطالعات آینده‌پژوهی^۵ و غیره مطرح می‌شود. به دلیل گستردگی این مفاهیم، تا کنون تعریف واحدی از گستره شمول این اسناد که نشان‌دهنده‌ی مؤلفه‌های لازم و کافی آن‌ها (و نیز روش رسیدن به این مؤلفه‌ها) باشد، ارائه نشده است. علاوه بر این، روشی منسجم و یکپارچه نیز برای تدوین آن‌ها طراحی نشده و هرکس مبتنی بر نیاز خود از راه‌حل‌های موردی بهره گرفته است. این مرحله از پروژه سعی دارد تا ضمن بررسی ضرورت تدوین سند راهبردی محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی^۶ در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق و بیان دلایل توجیه‌پذیری^۷ این سند، به یک تعریف جامع از سند برسد تا قادر باشد که نیازهای سیاست‌گذاری HSE در صنعت برق را برآورده نماید. همچنین، روش‌شناسی^۸ تدوین سند و محدوده^۹ تدوین نیز در این مرحله از پروژه تعیین خواهد شد.

از این رو، در گزارش مرحله اول پروژه تدوین سند راهبردی محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق، تحت عنوان تدوین مبانی سند، مقدمات لازم برای تدوین سند ارائه می‌شود و ابعاد سند و محدوده سند به همراه افق زمانی^{۱۰} تحلیل تشریح می‌گردد. همچنین، مشخصه‌های راهبردی کلان حوزه سند نیز در این گزارش مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تدوین مبانی سند در چهار بخش کلی ذیل تدوین شده است:

در بخش اول توجیه‌پذیری و ضرورت تدوین سند توسعه و نقشه‌راه HSE در بخش‌های تولید و توزیع

صنعت برق از زوایای اقتصادی^{۱۱}، اجتماعی^{۱۲}، زیست‌محیطی^{۱۳} و قانونی^{۱۴} تبیین می‌شود. این بخش مبین دلایل نیاز صنعت برق به بهره‌گیری از سیستم‌های محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی خواهد بود.

¹ Strategic documents

² Policy making

³ Management

⁴ Planning

⁵ Future study

⁶ Health, Safety, Environment (HSE)

⁷ Feasibility

⁸ Methodology

⁹ Scope

¹⁰ Time horizon

¹¹ Economical

¹² Social

¹³ Environmental

¹⁴ Legal

بخش دوم مربوط به مفهوم‌پردازی^۱ اسناد راهبردی و روش‌شناسی تدوین اسناد خواهد بود و با بررسی تعاریف و مفاهیم مرتبط با تدوین اسناد راهبردی، در جهت تبیین روش‌شناسی پیشنهادی برای تدوین سند حاضر، همراه می‌باشد.

بخش سوم به ابعاد موضوع و محدوده مطالعات تعیین شده اختصاص خواهد داشت که بر مبنای تعیین سطح تحلیل مشتمل بر مرزبندی جغرافیایی^۲ موضوع و مشخص کردن افق برنامه‌ریزی^۳ بر اساس تعیین بازه زمانی اجرای برنامه و سیاست‌ها صورت خواهد گرفت. در این بخش، مرزبندی توصیفی^۴ موضوع سند نیز تبیین خواهد شد.

و در بخش چهارم نیز مشخصه‌های سیستم‌های HSE در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق از حیث ماهیت و چرخه عمر^۵ مورد بررسی قرار می‌گیرند. این بخش مبین ویژگی‌های کلی سیستم‌های HSE در صنعت برق خواهد بود.

¹ Conceptualization

² Geographical boundary

³ Horizon of planning

⁴ Explanatory boundary

⁵ Life cycle

فصل اول: تعیین ابعاد موضوع و مطالعات سند

۱-۱- توجیه‌پذیری و ضرورت تدوین سند

هدف از تدوین گزارش توجیه‌پذیری، بررسی دلایل ضرورت تدوین سند و تبیین وضعیت فعلی و اسناد بخشی مرتبط با توسعه فعالیت‌های HSE در صنعت برق است. تبیین وضعیت فعلی، یک ابزار استراتژیک مناسب برای شناخت تصویر کلی از محیطی که سیستم مورد نظر در آن اجرا می‌شود، محسوب می‌گردد. این ابزار می‌تواند در راستای شناخت بهتر محیط و درک درست نیاز به توسعه HSE در صنعت برق مورد استفاده قرار گیرد. در این بخش، مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و قانونی اثرگذار بر روند توسعه فعالیت‌های HSE در صنعت برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت. همچنین، به دلایل ضرورت تدوین اسناد راهبردی نیز اشاره خواهد شد.

نکته مهم در خصوص گزارش توجیه‌پذیری و ضرورت تدوین سند، تلاش برای ارائه شواهد لازم و ضروری برای توجیه موضوع سند بر مبنای نیازهای بومی و ملی و همچنین ارائه دلایل منطقی برای تدوین سند راهبردی و ترسیم نقشه‌راه است. از این رو، در ابتدا برخی از وقایع و رخدادها مرتبط با عدم رعایت پروتکل‌های HSE در صنعت برق مرور خواهد شد و سپس به بیان دلایل توجیه‌پذیری تدوین سند پرداخته می‌شود.

بر اساس اعلام سازمان بین‌المللی کار^۱ در سال ۲۰۱۹، سالانه ۳۴۰ میلیون حادثه ناشی از کار اتفاق می‌افتد [۱] که در صورت تبدیل این تعداد حادثه به روز، ساعت، دقیقه و ثانیه می‌توان اذعان کرد که در هر ثانیه، تقریباً ۱۱ حادثه شغلی در دنیا رخ می‌دهد. اگر قربانی هر حادثه، فقط یک نفر در نظر گرفته شود، مفهوم آن این است که در هر ثانیه، حداقل سلامتی ۱۱ نفر به خطر می‌افتد. ضمن اینکه آمار ذکر شده، آمار حوادث ثبت شده در سازمان‌های ذی‌صلاح است در حالی که حوادث زیادی رخ می‌دهد که هیچ مرجعی آنها را ثبت نمی‌نماید. بر اساس آمار سازمان ایمنی و بهداشت شغلی^۲، در هر سال به طور متوسط ۱۲۹۷۶ مورد از آسیب‌های شغلی و ۸۶ مورد از مرگ و میر ناشی از حوادث شغلی مربوط به کارکنانی است که در صنعت برق (بخش‌های تولید، توزیع و انتقال برق) کار می‌کنند [۲]. کارکنان شاغل در صنعت برق، با طیف وسیعی از مخاطرات بهداشت شغلی مواجه هستند. برق‌گرفتگی به عنوان یکی از این مخاطرات در

¹ International Labor Organization (ILO)

² Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

این زمینه گزارش شده است، به گونه‌ای که پس از صنعت ساختمان، بیشترین تعداد حوادث مربوط به برق گرفتگی در صنعت برق رخ می‌دهد.

در مطالعات انجام شده توسط رحمانی و همکارانش [۲]، فاکتورهای توصیفی آسیب‌ها در شرکت توزیع برق استان البرز طی مدت ۸ سال (۲۰۱۲-۲۰۰۵) بررسی شده است و دریافتند که اکثر آسیب‌ها، سوختگی ناشی از برق گرفتگی می‌باشد و در ۷۵ درصد موارد، بی احتیاطی کارکنان، علت حادثه تشخیص داده شده است. برق گرفتگی کارگر پست فشار قوی در حین کار در جاده مخصوص کرج در مهر ۹۸، برق گرفتگی دو مأمور اداره برق روی ترانس در اصفهان در آبان ۹۸ و برق گرفتگی مأمور اداره برق بستک استان هرمزگان حین انجام وظیفه در آذر ۹۸ نمونه‌هایی از این نوع حوادث هستند.

علاوه بر برق گرفتگی، وجود تجهیزات فنی پیچیده، پارامتر دیگری است که صنعت برق را به یک صنعت پرمخاطره برای کارکنان آن تبدیل کرده است. به عنوان مثال، به علت انفجار بویلر نیروگاه Geogia در آمریکا در سال ۱۳۷۷، ۷ نفر از کارگران به دلیل افزایش فشار بویلر و انفجار آن آسیب دیدند که یک نفر از آنها بر اثر شدت جراحات وارده، جان خود را از دست داد [۳]. در حادثه‌ای که در تیرماه سال ۹۶ در نیروگاه Big Bend ایالت فلوریدای آمریکا اتفاق افتاد، کارگران در حالی که بویلر در حال عملیات بوده است، تلاش کردند که تانک لجن را تخلیه کنند. لجن مذاب در عرض ۲۰ دقیقه، به دمایی بیش از ۱۰۰۰ F رسید و به بیرون پاشیده شد. این حادثه منجر به فوت دو نفر از کارگران در محل و سه نفر دیگر در بیمارستان شد [۴]. نقص فنی و عمل نکردن سیستم Shut-off در بویلر نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی گاندی هندوستان در آبان ۹۶ نیز منجر به کشته شدن ۴۳ نفر از کارگران و آسیب دیدگی بیش از ۹۰ نفر از آنها شد [۵]. مرگ دو کارگر نیروگاه سیکل ترکیبی قم در اردیبهشت ۸۸ به دلیل اصابت بخار آب با آنها، نمونه دیگری از حوادث شغلی مرتبط با صنعت برق می‌باشد [۶].

علاوه بر برق گرفتگی و تجهیزات ناایمن، سقوط از ارتفاع نیز به عنوان یکی از مخاطراتی است که کارکنان صنعت برق با آن به عنوان یکی دیگر از دلایل وقوع حوادث شغلی روبرو هستند. طبق آمار دفتر ایمنی و حوادث شرکت توانیر، حدود ۳۵ درصد حوادث کار در صنعت برق ناشی از سقوط است. سقوط پنج کارگر از برج خنک‌کننده نیروگاه برق سیکل ترکیبی شهرستان شیروان در سال ۹۴ و مرگ تلخ چهار نفر از آنها نمونه‌ای از این حوادث می‌باشد. مهدوی و همکارانش [۷] با بررسی حوادث شغلی در شرکت توزیع استان کرمانشاه با تکیه بر مشخصات فردی و تجهیزات ایمنی دریافتند که از میان ۵۵ حادثه مورد بررسی، بیشترین علت حوادث، سقوط از ارتفاع با ۴۳ درصد و برق گرفتگی با ۴۱ درصد می‌باشد.

آنالیز و بررسی سناریوهای موجود توسط OSHA نشان می‌دهد که استفاده از تجهیزات و یا تأسیسات ناایمن، محیط کار ناایمن و روش کار ناایمن، سه دلیل اصلی برای بروز حوادث مربوط به صنعت برق

می‌باشد [۲]. در مطالعه‌ای که توسط نقوی و همکارانش [۸] با هدف بررسی حوادث شغلی شرکت توزیع برق نیروی برق استان البرز در سال‌های ۸۸-۸۴ انجام شد، نتایج نشان داد که خطای انسانی، عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، نقص سرپرستی و عدم اجرای دستورالعمل‌های ایمنی مهمترین علل حادثه بودند.

به هر حال، همان‌گونه که داده‌ها و یافته‌ها نشان می‌دهد، صنعت برق از نظر ماهیتی صنعتی پرمخاطره است که بسیاری از حوادث شغلی در آن وجود دارد. در صورت بروز این حوادث، اثرات جبران‌ناپذیری بر نیروی کار که مهمترین سرمایه اصلی هر سازمانی محسوب می‌شود، وارد می‌گردد. ضمن اینکه، وقوع این حوادث، دارایی‌ها، مواد و اموال، محیط زیست و شهرت و اعتبار سازمان مربوطه را نیز به خطر می‌اندازد [۹]. به منظور موفقیت در هر صنعتی، علاوه بر برقراری شرایط مورد نیاز تولید، حفظ و ارتقا سلامت نیروی انسانی، حذف و یا به حداقل رساندن عوامل مؤثر در ایجاد مخاطرات و حوادث بهداشت، ایمنی و محیط زیست ضروری است. با توجه به پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و قانونی در وقوع حوادث شغلی و عدم رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی در صنعت برق، توجه ویژه به مبحث HSE در این صنعت از نقش و جایگاه مهم و اساسی برخوردار است. رعایت اصول HSE و توجه به آن در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، می‌تواند در کنار کاهش حوادث و صدمات شغلی و ارتقاء سطح بهره‌وری منجر به کاهش خسارات مالی وارده بر صنعت برق و کاهش پیامدهای اجتماعی و زیست محیطی شود. در ادامه، اهمیت استقرار و پیاده‌سازی HSE در صنعت برق، بر اساس ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و قانونی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱- توجیه‌پذیری اقتصادی

حادثه شغلی یک واقعه برنامه‌ریزی نشده و غیرمنتظره ناشی از کار است که منجر به مرگ، بیماری، آسیب کارگران و یا تجهیزات می‌شود. با توجه به تأثیر حوادث شغلی بر بهره‌وری نیروی کار و یا تجهیزات سازمانی، وقوع آن‌ها طبیعتاً با پیامدهای اقتصادی برای سازمان مربوطه همراه می‌باشد. هزینه‌های اقتصادی ناشی از حوادث می‌توانند هزینه‌های مستقیم از قبیل صدمه به مواد، هزینه‌های بیمه‌ای و درمانی و یا غیرمستقیم نظیر اختلال در کار و فعالیت، بازآموزی کارگران جایگزین، کاهش کیفیت و بهره‌وری محصول باشد. محققان هزینه‌های غیرمستقیم و نامشهود حوادث شغلی را تا ۴ برابر هزینه‌های مستقیم آن‌ها گزارش کرده‌اند [۱۰].

صنعت برق به عنوان یکی از ارگان‌های تأمین‌کننده انرژی کشور نقش مهمی در توسعه اقتصادی کشور ایفا می‌کند و در نتیجه، بروز حوادث شغلی در این صنعت، پیامدهای اقتصادی جبران‌ناپذیری بر بدنه اقتصادی صنعت و در نتیجه اقتصاد کشور وارد خواهد کرد. در ادامه، نمونه‌هایی از هزینه‌های اقتصادی ناشی از حوادث شغلی در صنعت برق آورده شده است.

تخریب سه برج خنک کن در نیروگاه Ferrybridge انگلستان در آبان سال ۱۳۴۴ شمسی، نمونه‌ای از خسارات مالی وارده بر صنعت برق به دلیل عدم رعایت ایمنی و فنی است [۱۱]. این برج‌ها در حال ساخت بودند و علت این حادثه این مسئله عنوان شد که این برج‌ها با ارتفاع ۱۱۴ m تحت آزمایش تونل باد قرار نگرفته بودند و بر اثر وزش باد، یکی پس از دیگری در عرض یک ساعت تخریب شدند. اگر چه در این حادثه کسی آسیب ندید اما خسارت مالی فراوانی به همراه داشت. هزینه ساخت هر برج در آن زمان، ۲۹۰ هزار یورو تخمین زده شد.

به علت عدم عملکرد سیستم حفاظتی AVR¹ و MVR² ژنراتور نیروگاه حرارتی سهند بناب در سال ۸۸ و افزایش ولتاژ مربوط به برج خنک‌کن اصلی، تمامی سیستم برج خنک تریپ کرده و به علت اینکه این اتفاق در فصل زمستان رخ داد، آب باقی مانده در رادیاتورهای برج خنک‌کن در مدت زمان کوتاهی یخ زد. با وجود اینکه این حادثه خوشبختانه تلفات جانی به همراه نداشت اما منجر به ضرر مالی بیست میلیارد ریالی در آن زمان و کاهش تولید نیروگاه از ۳۲۵ مگاوات به ۱۸۰ مگاوات شد [۱۲].

انفجار ترانس اصلی واحد ۳ بخار نیروگاه سیکل ترکیبی منتظر قائم در سال ۸۸ نمونه دیگری از حوادث صنعت برق می‌باشد که به علت عملکرد نادرست سیستم حفاظت منطقی و محدودیت‌های ساختاری مدار اتفاق افتاد و در نتیجه واحد مذکور به مدت طولانی از شبکه خارج شد که خسارت قابل توجهی به سایر تجهیزات وارد کرد. البته متأسفانه آماری در این زمینه گزارش نشده است [۱۳].

آتش سوزی و انفجاری که در آبان ۸۳ در نیروگاه ری اتفاق افتاد نمونه دیگری از حوادث شغلی پیش آمده در صنعت برق است که هزینه‌هایی را به سازمان مربوطه تحمیل نمود. در این حادثه که توربین واحد ۱۸ دچار خسارت شد، مبلغ خسارت وارده، نزدیک به ۴۰ میلیارد ریال در آن زمان برآورد گردید که شرکت بیمه‌گر تقریباً ۳۰ میلیارد ریال آن را پرداخت کرد [۱۴]. به عنوان نمونه دیگر از خسارات وارد شده به صنعت برق بر اثر وقوع حوادث شغلی، می‌توان به آتش‌سوزی یک دستگاه ترانسفورماتور اصلی فاز R واحد هفت نیروگاه مسجد سلیمان در مرداد ۸۳ اشاره نمود که در چهار مرحله، خسارتی در حدود ۳۰ میلیارد ریال به بیمه‌گذار پرداخت گردید [۱۵].

¹ Auto Voltage Regulator

² Manual Voltage Regulator

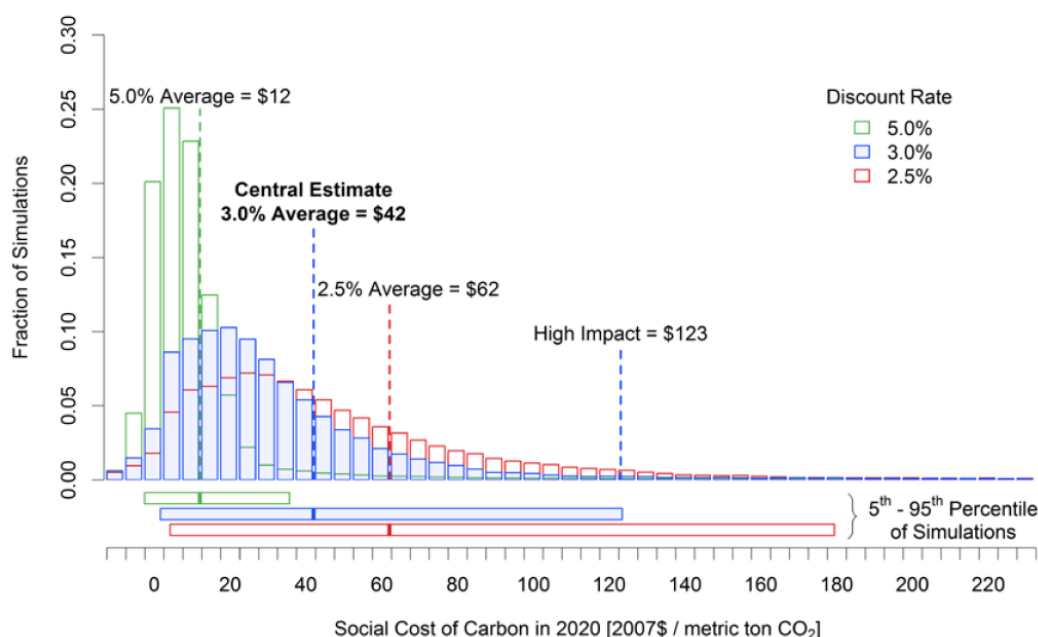
با توجه به آمار اعلام شده در اثرگذاری وقوع حوادث شغلی بر اقتصاد صنعت برق، می‌توان گفت که افزایش ضریب ایمنی در صنعت برق نقش مهمی در کاهش وقوع این حوادث و در نتیجه کاهش هزینه‌های اقتصادی ناشی از وقوع این حوادث ایفا می‌کند. سرمایه‌گذاری هوشمند در عرصه مدیریت HSE، به عنوان یکی از راهکارها جهت افزایش ضریب ایمنی، بهداشت و سلامت در صنعت برق می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌های اقتصادی ناشی از حوادث کار و ارتقاء بهره‌وری نیروی کار ایفا کند.

۱-۲- توجیه‌پذیری اجتماعی

بر اساس ترازنامه انرژی در سال ۹۵، بخش نیروگاهی پس از بخش حمل و نقل، با انتشار ۳۴ درصد از NO_x ، ۳۳/۵ درصد از SO_2 و ۷/۱۸ درصد از ذرات معلق، بالاترین سهم را در انتشار این آلاینده‌ها به خود اختصاص داده است [۱۶]. با توجه به سهم صنعت برق در انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای، خسارات قابل توجهی از سوی انتشار آلاینده‌های ناشی از این صنعت، بخش کشاورزی، محیط زیست و به ویژه سلامت انسان وارد می‌شود. این اثرات منفی خارجی به عنوان هزینه اجتماعی اطلاق می‌گردد که اثرات مخرب یا سوء یک آلاینده یا فعالیت را بر محصولات کشاورزی، اکوسیستم‌ها، مواد و سلامت انسان وارد می‌کند و این هزینه توسط هیچ یک از گروه‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده کالا و خدمات پرداخت نمی‌شوند و در حقیقت بر شخص سوم خارج از بازار اثر می‌گذارد. بر اساس منابع [۱۷] متوسط هزینه اجتماعی به ازای انتشار هر تن NO_x ، SO_2 و ذرات معلق (PM_{10}) به ترتیب ۶۰۰ دلار، ۱۸۲۵ دلار و ۴۳۰۰ دلار برآورد شده است. ترازنامه انرژی سال ۹۵، سهم صنعت برق در انتشار NO_x ، SO_2 و ذرات معلق (PM_{10}) را به ترتیب ۶۴۱۲۸۰ تن، ۲۹۵۹۱۹ تن و ۲۵۱۵۵ تن گزارش داده است که با توجه به این ارقام و با انجام محاسباتی ساده می‌توان هزینه‌های اجتماعی به ازای انتشار NO_x ، SO_2 و ذرات معلق (PM_{10}) را به ترتیب ۳۸۴ میلیون دلار، ۵۴۰ میلیون دلار و ۱۰۸ میلیون دلار در سال ۹۵ برآورد کرد. گزارشات نشان می‌دهد که هزینه روش‌های کنترل و یا کاهش این آلاینده‌ها در مقایسه با هزینه اجتماعی ناشی از انتشار آن‌ها بسیار کمتر است [۱۷]. بنابراین، توجه به مبحث HSE به عنوان یکی از راهکارهای کنترل و یا کاهش این آلاینده‌ها از این بعد بسیار حائز اهمیت خواهد بود.

بر اساس ترازنامه انرژی در سال ۹۵، بخش نیروگاهی بیشترین سهم (۲۹/۳ درصد) را در انتشار گاز دی اکسیدکربن نسبت به سایر منابع (حمل و نقل، صنعت، کشاورزی و پالایشگاهی) داراست. هزینه اجتماعی انتشار CO_2 بر اساس مدل‌های اقتصادی با سه نرخ تنزیل بر اساس دلار در سال ۲۰۰۷ برای سال ۲۰۲۰ تخمین زده شده است (شکل ۱-۱). این هزینه‌ها بین ۱۲ تا ۱۲۳ دلار به ازای هر تن CO_2 برآورد می‌شود.

طبق اندازه‌گیری انجام شده در اطلس آلودگی نیروگاه‌های کشور، ضریب نشر CO_2 برای نیروگاه‌ها g/KWh ۶۲۰ برآورد شده است. آمار تفصیلی صنعت برق در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که انرژی تولید شده در نیروگاه‌های حرارتی کشور معادل ۲۸۵۹۸۸ مگاوات ساعت بوده است. بنابراین در این سال بیش از ۱۷۷ میلیون تن دی اکسید کربن منتشر شده است که بین ۲ تا ۲۲ میلیارد دلار بابت هزینه‌های اجتماعی انتشار دی اکسید کربن از نیروگاه‌های حرارتی کشور در سال ۱۳۹۷، به جامعه تحمیل شده است [۱۸، ۱۹].



شکل ۱-۱: هزینه اجتماعی نشر کربن در سال ۲۰۲۰ [۱۸]

این عدد در مقایسه با فعالیت‌های HSE به منظور کاهش انتشار دی اکسید کربن، بسیار قابل توجه است. بنابراین در صورت پیگیری برنامه‌های راهبردی توسعه استقرار نظام HSE به طور جدی، به بهبود سلامت اجتماعی جامعه کمک چشمگیری خواهد شد.

به منظور محاسبه هزینه‌های تخریب ناشی از آلاینده‌های صنعت برق، محققان سعی کرده‌اند که اثر آلاینده‌ها و فعالیت‌ها را در محیط‌های اثرپذیر (انسان و محیط) کمی کنند. به عنوان مثال، مک‌کاس و ایسلاس در سال ۲۰۱۰ [۲۰]، با بررسی اثرات زیست محیطی آلاینده‌های حاصل از ۷ نیروگاه حرارتی در اطراف مکزیکوسیتی با فاصله ۶۰۰-۱۵۰ km از این ناحیه، متوسط هزینه سالانه اجتماعی ناشی از اثر این آلاینده‌ها (نیترات‌ها و سولفات‌ها) را برای ساکنین این منطقه تخمین زدند. در این بررسی، هزینه درمان ناشی از بیماری متأثر از این آلاینده‌ها، با استفاده از حاصلضرب تعداد روزهای بستری شدن در بیمارستان در متوسط هزینه روزانه بستری شدن محاسبه شد. از سوی دیگر، هزینه دیگری بابت از دست رفتن بهره‌وری

شخص در نظر گرفته شد. این هزینه با توجه به تعداد روزهای مرخصی فرد پس از ترخیص از بیمارستان و همچنین تعداد روزهایی که در آنها فعالیت جسمی فرد در سرکار محدود شده است، محاسبه گردید. بر اساس محاسبات انجام شده، متوسط هزینه سالانه ناشی از درمان بیماری‌ها (هزینه اجتماعی) به دلیل اثر آلاینده‌های این ۷ نیروگاه حرارتی و از دست رفتن بهره‌وری فرد، ۷۱ میلیون دلار برآورد شده است.

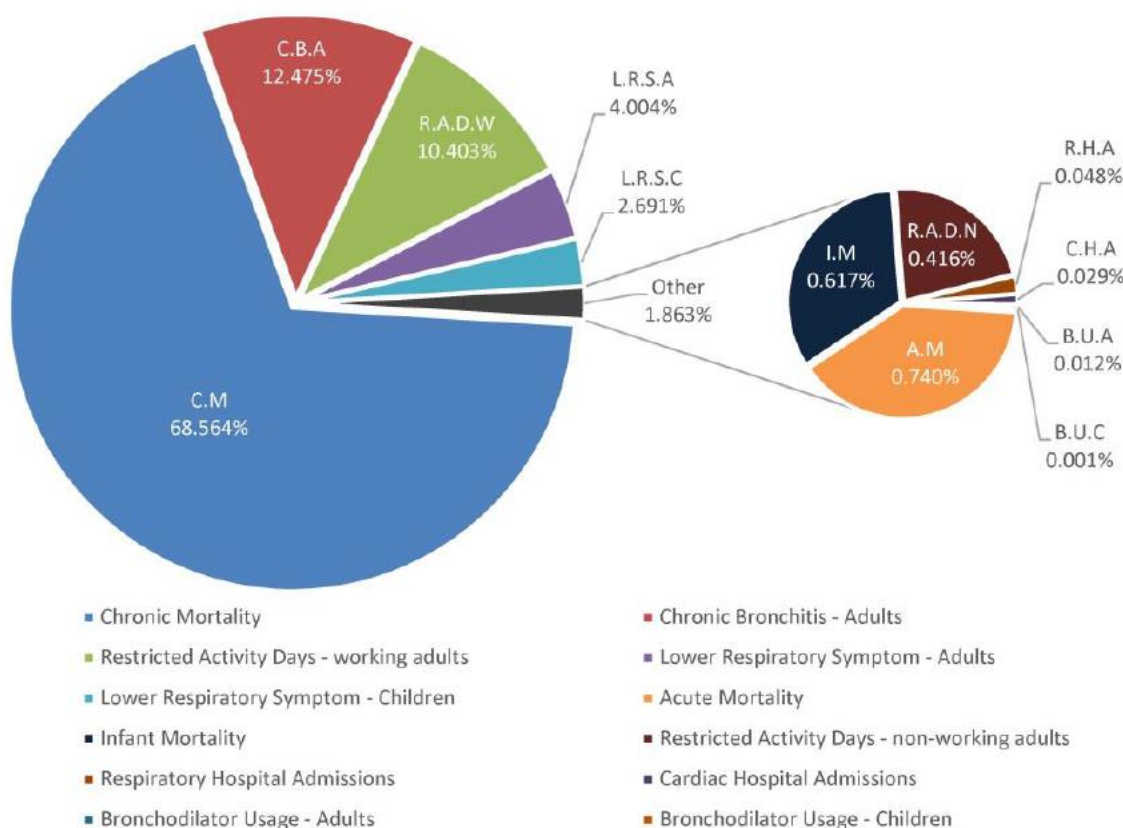
در کار تحقیقاتی دیگری، جورلی و همکارانش در سال ۲۰۱۶ [۲۱]، با بررسی اثرات زیست محیطی آلاینده‌های حاصل از ۶۱ نیروگاه فسیلی ایران (گازسوز، مازوت‌سوز و ذغال‌سنگ‌سوز) طی مدت یکسال، متوسط بار مالی برای جبران آسیب‌های وارده به سلامت انسان را ۷۲۳ میلیون دلار برآورد کردند. آنها دریافتند که هزینه‌های اجتماعی به ازای هر مگاوات ساعت، در محدوده ۰/۰۶ تا ۲۲/۴ دلار قرار می‌گیرد. جدول ۱-۱: هزینه‌های آسیب‌های جسمی وارده بر سلامت انسان ناشی از ۶۱ نیروگاه ایران با توجه به نوع آلاینده (برحسب

میلیون دلار) [۲۱]

آلاینده‌ها		اثرات روی سلامت			
کل	نیترات‌ها	سولفات‌ها	PM ₁₀	بیماری‌های مزمن	مرگ و میر ناشی از
۴۹۶/۰۰۳	۱۴۹/۳۲۶	۲۹۹/۰۰۳	۴۷/۶۷۴	بیماری‌های مزمن	از
۴/۴۶۴	۱/۳۴۴	۲/۶۹۱	۰/۴۲۹	بیماری‌های نهفته	
۵/۳۵۷	۱/۶۱۳	۳/۲۲۹	۰/۵۱۵	بیماری‌های حاد	
۰/۰۸۵	۰/۰۲۵	۰/۰۵۱	۰/۰۰۸	بزرگسالان آسمی	استفاده از داروهای بازکننده نایژه
۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	کودکان آسمی	
۲۸/۹۶۶	۸/۶۱۸	۱۷/۵۵۰	۲/۷۹۸	بزرگسالان	مشکلات تنفسی
۱۹/۴۷۱	۵/۸۶۲	۱۱/۷۳۷	۱/۸۷۱	کودکان	ضعیف‌تر
۷۵/۲۵۴	۲۲/۱۰۴	۴۵/۸۴۱	۷/۳۰۹	بزرگسالان شاغل	روزهای کاهش بهره‌وری و انجام فعالیت‌های محدود جسمی
۳/۰۱۰	۰/۸۸۴	۱/۸۳۳	۰/۲۹۲	بزرگسالان غیر شاغل	
۰/۲۱۰	۰/۰۶۳	۰/۱۲۶	۰/۰۲۰	قلبی	پذیرش بیمارستان
۰/۳۴۴	۰/۱۰۶	۰/۲۰۵	۰/۰۳۳	تنفسی	
۹۰/۲۴۴	۲۷/۱۶۹	۵۴/۴۰۱	۸/۶۷۴	بزرگسالان	برونشیت حاد
۷۲۳/۴۱۶	۲۱۷/۱۱۷	۴۳۶/۶۷۵	۶۴/۶۲۹	کل هزینه‌ها	

جدول ۱-۱: هزینه آسیب‌های وارده به سلامت فرد ناشی از آلاینده‌های ۶۱ نیروگاه فسیلی ایران را با توجه به نوع آلاینده و نوع اثرگذاری نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول ۱-۱ و شکل ۱-۲، هزینه مرگ و میرهای ناشی از بیماری‌های مزمن، هزینه درمان برونشیت مزمن و هزینه روزهای محدودیت فعالیت

جسمی فرد بیش از سایر هزینه‌هاست و به ترتیب $۶۸/۵۶\%$ ، $۱۲/۴۷\%$ و $۱۰/۴\%$ از هزینه اجتماعی کل را به خود اختصاص داده است.



شکل ۲-۱: سهم هر یک از بیماری‌ها و آسیب‌ها در هزینه کل ناشی از ۶۱ نیروگاه ایران [۲۱]

با توجه به ارقام گزارش شده در این بخش و نقش صنعت برق در انتشار آلاینده‌ها و هزینه‌های اجتماعی ناشی از آنها، کاهش اثرات منفی انتشار این نوع از آلاینده‌ها بر سلامت اجتماعی جامعه اثر گذار است. همان‌گونه که اشاره شد، یکی از مؤثرترین راهکارها جهت مدیریت و کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار آلاینده‌های صنعت برق، توجه ویژه به مبحث HSE در مسائل مدیریتی و تصمیم‌گیری است که علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی ناشی از حوادث شغلی، کاهش هزینه‌های اجتماعی و تبعات ناشی از تخریب آلاینده‌ها بر جامعه را به همراه دارد.

علاوه بر حوزه تولید و نیروگاه‌ها، بخشی از مسائل مرتبط با هزینه‌های اجتماعی به شبکه‌های انتقال و توزیع برق نیز مرتبط می‌شود. به عنوان مثال، به دلیل ماهیت جریان برق، در اطراف شبکه‌ها و تأسیسات برقی، امواج الکترومغناطیس وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که میدان‌های شبکه‌های انتقال و توزیع، با تقویت یا تضعیف میدان‌ها و جریان‌های طبیعی بدن، بر عملکرد اندام‌ها اثر گذار بوده و در دراز مدت، عملکرد

سیستم اعصاب و اندام‌ها را مختل کرده که به بیماری‌هایی نظیر آریتمی قلبی منجر خواهد شد [۲۲]. طبق پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده، قرار گرفتن به مدت طولانی در معرض امواج الکترومغناطیسی موجب کاهش رشد و تکثیر بافت استخوانی، کاهش باروری، سقط جنین، افزایش ریسک تومورهای مغزی و انواع سرطان، اختلال خواب و اختلالات ادراکی از جمله آلزایمر می‌شود. هزینه درمان این گروه از بیماران نیز در دسته هزینه‌های اجتماعی قرار می‌گیرد که گرچه علت ظهور بیماری از صنعت ناشی می‌شود اما هزینه‌های آن بر شخص خارجی تحمیل می‌گردد. با توجه به نقش محوریت سلامت در مبحث HSE، انتظار می‌رود که بهبود وضعیت HSE در صنعت برق، بهبود سلامت جامعه و کاهش خسارات اجتماعی صنعت را به همراه داشته باشد.

۱-۱-۳-توجیه‌پذیری زیست‌محیطی

یکی از عواقب و یا تبعاتی که معمولاً کشورهای در حال توسعه دچار آن می‌شوند غفلت از مسائل مرتبط با محیط زیست است که معمولاً به علت تدریجی بودن آن به اندازه کافی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. صنعت برق به عنوان یکی از صنایع کلیدی، مسئولیت سنگینی را در راستای حفظ محیط زیست بر عهده دارد. شکل فعالیت‌های صنعت برق و پروژه‌های مربوطه به گونه‌ای است که علاوه بر ایجاد مخاطرات ایمنی و سلامت، تبعات زیست محیطی نیز به همراه دارد که عدم توجه به آنها می‌تواند برای اکوسیستم و محیط زیست خطرآفرین باشد. تخریب موضعی زیستگاه‌های طبیعی بر اثر نیاز به احداث جاده‌های دسترسی، خطوط انتقال و ساخت سازه سد، نمونه‌ای از مشکلات زیست محیطی ناشی از این صنعت به شمار می‌آید. به عنوان نمونه مثال، توسعه ۱۱ کیلومتر شبکه برق در سواحل دریای سرخ، باعث مرگ بیش از ۱۰۰۰ کرکس مصری در مدت ۸۰ سال شده و عامل اصلی کاهش جمعیت این گونه از کرکس‌ها گزارش شده است. علت این پدیده، طراحی شبکه برق مذکور در مسیر مهاجرت کرکس‌ها، برخورد آنها با فازهای شبکه و برق گرفتگی و در نهایت مرگ آنها عنوان شده است [۲۲].

به علاوه، ساخت خطوط انتقال در جنگل‌ها، قطع اجتناب ناپذیر درختان را به همراه دارد که با توجه به عبور خطوط انتقال برق از مناطق جنگلی در برخی نواحی در صورت عدم توجه به محیط زیست می‌تواند مشکلاتی به وجود آورد. یافته‌ها حاکی از آن است که یک مسیر یک مایلی به مساحت ۱۰۰ فوت از مسیرهای انتقال موجب کاهش ۱۲ ایکر از سطح جنگل و قطع درختان آن می‌شود [۲۳]. کاهش زیستگاه‌های جنگلی موجب افزایش تعداد گیاهان و جانوران در حاشیه جنگل‌ها و ورود گونه‌های مهاجم به جنگل می‌شود. این گونه‌های مهاجم بر تعداد، سلامت و زنده‌مانی گونه‌های بومی جنگل مورد نظر تأثیر سوء

می‌گذارند. از سوی دیگر، باز شدن تاج پوشش جنگل به دنبال انجام فعالیت‌های ساختمانی سبب رسیدن نور خورشید به کف جنگل می‌شود و آنرا برای ورود گونه‌های بیگانه مهاجم مساعد می‌کند. گونه‌های غیر بومی ابتدا وارد منطقه می‌شوند و سطح کوچکی از منطقه طبیعی را اشغال می‌کنند ولی طولی نمی‌کشد که به سرعت توسعه می‌یابند. گسترش آنها می‌تواند اکولوژی جنگل را تغییر دهد و در جذب نور و غذا با گونه‌های بومی رقابت کند و بدین ترتیب زیستگاه و منبع غذایی حیات وحش بومی منطقه را از بین می‌برند. به علاوه، تخریبی که در طول احداث مسیرهای انتقال یا در زمان نگهداری آنها ایجاد می‌شود فرصت خوبی برای عوامل بیماری‌زا از جمله قارچها و حشرات در جنگل فراهم می‌کند.

علاوه بر اثر سو عبور خطوط انتقال از زیستگاه‌های جنگلی، امواج الکترومغناطیس ساطع از این خطوط نیز بر پوشش گیاهی منطقه اثرگذار است. تأثیر امواج الکترومغناطیس بر تغییر جوانه زنی، کاهش کلروفیل، تغییر در اندازه بوته و عملکرد محصولات گزارش شده است. آزمایشهای انجام شده روی بذره‌های گندم در حریم دکل‌های فشار قوی برق نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی شبکه توزیع برق موجب کاهش رشد گیاه گندم می‌شود [۲۴]. در بررسی دیگری، ملکی و همکارانش نشان دادند که میدان الکترومغناطیسی موجب کاهش طول، وزن و سرعت جوانه زنی گیاه زیره می‌شود [۲۵].

با توجه به سهم عمده صنعت برق در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌توان اذعان کرد که عدم توجه این صنعت در کنترل و کاهش انتشار این دسته از گازها، علاوه بر اثر منفی بر سلامت جامعه، خسارات جبران ناپذیری بر اکوسیستم و محیط زیست وارد می‌کند. بازدارندگی نوری در درختان، کاهش وسعت جنگل‌ها، از بین رفتن گیاهانی که مقاومت کمتری در برابر تنش‌های دمایی دارند و افزایش هوازدگی فیزیکی خاک به عنوان بخشی از اثرات افزایش دما ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر محیط زیست گزارش شده است. اهمیت به اصول HSE در صنعت برق، به دلیل محوریت محیط زیست در این مبحث، می‌تواند در این زمینه کاهش تخریب محیط زیست راهگشا باشد و در کنار ارتقا سلامت انسان و بهبود بهره‌وری، به حفظ و نگهداری محیط زیست به عنوان میراثی برای آیندگان کمک کند. به علاوه، صنعت برق با توجه به الگوهای توسعه کشورهای پیشرفته باید در نوع پیشرفت و توسعه خود رویکردی «پایدار» داشته باشد و این بدان معنی است که در راستای پیشرفت فناورانه به سایر حوزه‌های متأثر از این صنعت آسیبی وارد نشود تا آیندگان نیز علاوه بر استفاده از ثمره‌های فناوری در حوزه‌های دیگر دچار کمبود نگردند. در این راستا، توجه به مبحث HSE در صنعت برق با در نظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی فعالیت‌ها، می‌تواند گامی در "پیشرفت پایدار" محسوب گردد.

۱-۱-۴- توجیه‌پذیری قانونی

صنعت برق یکی از بخش‌های مهم در ارائه خدمات عمومی دولت در داخل کشور و یکی از ابزارهای دیپلماسی برای اثرگذاری در تعاملات بین‌المللی و توسعه هژمونی و قدرت فرمانطقه‌ای است. از برق در تأمین روشنایی، سرمایش، گرمایش، پخت و پز و سیستم‌های مربوط به فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌شود که امروزه وابستگی جدی را برای برق ایجاد کرده است. از طرفی انرژی به عنوان شاخصی از توسعه یافتگی و یک ابزار مهم در دیپلماسی برای اثرگذاری در تعاملات بین‌المللی است. بنابراین تأمین پایدار و قابل اطمینان آن می‌تواند به عنوان ابزاری مهم در سیاست و رضایت اجتماعی جامعه باشد. یکی از مؤلفه‌های تأمین پایدار انرژی، وجود و استقرار نگرش HSE در این صنعت است [۲۶]. با بررسی برخی اسناد و قوانین بالادستی مرتبط با حوزه بهداشت، ایمنی و محیط زیست، توجه ویژه به مبحث HSE در صنعت برق با هدف حفظ سلامت نیروی کار به عنوان سرمایه‌های مادی هر سازمان و افزایش ضریب ایمنی و ارتقا بهره‌وری احساس می‌شود. در ادامه، به برخی از این اسناد بالادستی اشاره شده است.

۱-۱-۴-۱- قانون کار جمهوری اسلامی ایران

در ماده ۸۵ قانون کار کشور [۲۷]، حفظ و ارتقا سلامت کارکنان، سالم‌سازی محیط کار، حفاظت فنی و بهداشت کار و در کل صیانت نیروی کار به عنوان منابع مادی کشور در کلیه کارگاه‌ها و سازمان‌های مشمول و همچنین پیشگیری از وقوع حوادث و بیماری‌های ناشی از کار الزامی است. بر این اساس، کارفرمایان و مسئولان کلیه واحدهای موضوع ماده ۸۵ این قانون مکلف هستند جهت تأمین حفاظت و سلامت و بهداشت کارکنان در محیط کار امکانات لازم را تهیه نموده و در خصوص رعایت مقررات حفاظتی و بهداشتی نظارت نمایند. صنعت برق به عنوان یکی از کارفرمایان اصلی مشمول این ماده، موظف به اجرای این ماده در کنار برقراری شرایط تولید می‌باشد. در این راستا، نظام مدیریت HSE به عنوان یک اهرم کمکی در اجرای این ماده باعث به حداقل رساندن اثرات نامطلوب صنعت برق بر محیط، افزایش بهره‌وری، به حداقل رساندن حوادث و آسیب‌های ناشی از کار، ارتقا سطح سلامت افراد و همچنین صیانت از محیط زیست به عنوان سرمایه بشریت می‌شود.

۱-۱-۴-۲- سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو

از جمله راهبردهای وظیفه‌ای وزارت نیرو در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو [۲۸] می‌توان به حفظ ایمنی و بهداشت شغلی کارکنان و کلیه ذی‌نفعان به عنوان سرمایه‌های اصلی کشور و صیانت از محیط زیست در کلیه پروژه‌ها و فعالیت‌های وزارت نیرو اشاره نمود. سازگاری زیست محیطی و ارتقا ایمنی در

فعالیت‌های صنعت برق با تأکید بر ارتقا سطح ایمنی و سلامتی شهروندان و کارکنان در مقابل خطرات و مسائل زیست محیطی صنعت برق و ارتقا و توسعه نظام HSE به عنوان مأموریت‌ها، چشم‌اندازها و راهبردهای بخش برق و انرژی در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو عنوان شده است.

۱-۱-۴-۳- ابلاغیه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

در ابلاغیه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به شماره ۴۲۶۴۲ به تاریخ ۹۳/۰۳/۱۸ [۲۹]، کلیه دستگاه‌های اجرایی، ملزم به تهیه و تدوین پیوست ملی سلامت برای طرح‌های بزرگ توسعه‌ای هستند که از جمله مصادیق این طرح‌ها می‌توان به طرح‌های نیروگاه‌های گازی، سیکل ترکیبی و هسته‌ای و سایر فعالیت‌های صنعت برق اشاره نمود. پیوست سلامت، مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها و ابزارهایی است که به صورت نظام‌مند، اثرات بالقوه و گاهی ناخواسته یک طرح یا پروژه را بر سلامت مردم ارزیابی می‌کند. بر این اساس، صنعت برق در مرحله امکان‌سنجی و مکان‌یابی طرح‌های توسعه‌ای موظف به شناسایی مخاطرات بهداشتی طرح بر سلامت جامعه و تدوین و ارائه گزارش پیوست سلامت مربوطه به وزارت بهداشت جهت بررسی و تأیید می‌باشد. در گزارش پیوست سلامت، لازم است که ضمن پیش‌بینی آثار و پیامدهای بهداشتی طرح، پیشنهاداتی در مورد کاهش اثرات منفی جهت مدیریت اثرات سلامت طرح ارائه شود. پس از تأیید گزارش پیوست سلامت، اجرای مصوبات این گزارش الزامی است. استقرار نظام HSE در صنعت برق به صورت یکپارچه، با هدف صیانت از حقوق مردم و محیط زیست، می‌تواند به عنوان ابزار کمکی برای اجرای ابلاغیه مذکور در مدیریت اثرات سلامت مؤثر باشد.

۱-۱-۴-۴- نظامنامه مدیریت محیط‌زیست، ایمنی، بهداشت و امور اجتماعی وزارت نیرو

این نظامنامه [۳۰] (به شماره سند ۹۶/۰۰۷/۲۶۰ ن ابلاغیه در تاریخ ۹۶/۰۵/۰۸) با هدف تحقق، استقرار و سازماندهی و ساماندهی فعالیت‌های مرتبط با پیاده‌سازی سامانه مدیریت HSE در سطوح سازمانی وزارت نیرو و کلیه شرکت‌ها، سازمان‌ها و مؤسسات وابسته و تابعه برای نیل به توسعه اهداف پایدار و تضمین ایجاد محیطی ایمن برای کارکنان و کلیه ذی‌نفعان تدوین گردیده است. ایجاد بستر لازم برای تقویت نظام راهبری و مدیریت ریسک با محوریت HSE، بهبود، توسعه و تقویت مستمر وضعیت HSE در سطح وزارت نیرو و ایجاد سازوکار مدون و هدفمند در اجرای الزامات، قوانین و دستورالعمل‌های HSE در طول چرخه عمر پروژه‌ها و فعالیت‌ها از جمله اهداف این نظامنامه عنوان شده است. کلیه سازمان‌ها، شرکت‌ها و مؤسسات وابسته و تابعه وزارت نیرو مکلف هستند که در تمامی طرح‌های صنعت آب و برق و قراردادهای خرید،

ساخت، تجهیز، نصب و اجرا، همچنین در تأسیسات بهره‌برداری شده، الزامات محیط زیست، ایمنی و بهداشت و امور اجتماعی را مطابق این نظام‌نامه و سیاست‌ها و دستورالعمل‌های وزارت نیرو رعایت نمایند.

۲-۱- ضرورت تدوین سند راهبردی

بر اساس نظریات مارتین [۳۱] در سال ۲۰۰۱، چهار مورد زیر را می‌توان به عنوان تغییرات محیطی پدیدآمده منتج به برنامه‌ریزی راهبردی برشمرد:

(۱) افزایش رقابت^۱: ظهور رقبای جدید و قدرتمند در عرصه دانش و فناوری در سال‌های اخیر در آسیا، آمریکای لاتین و اروپای شرقی، افزایش در هزینه‌های نیروی کار و تلاش برای پایین آوردن هزینه‌های تولید و تلاش کشورهای پیشرفته برای ظهور نوآوری‌های پیوسته در محصولات تولیدی، منجر به شکل‌گیری محیطی به شدت رقابتی شده است. تنها راه زنده ماندن در شرایط رقابتی و حفظ جایگاه خود، تلاش در جهت برنامه‌ریزی پویا و یکپارچه در توسعه فعالیت‌ها در برابر سایر رقباست. اسناد راهبردی یکی از ابزارهایی هستند که می‌توانند این نوع نیاز به برنامه‌ریزی در سطح کلان را برآورده نمایند.

(۲) افزایش محدودیت منابع^۲: دولت‌ها به دلایل مختلفی از جمله افزایش جمعیت، بالا رفتن انتظارات رفاه اجتماعی در میان مردم، کاسته شدن از منابع طبیعی تجدیدنپذیر و تلاش در جهت یافتن منابع جایگزین پرهزینه‌تر، ناچار به محدود نمودن ارکان توسعه هستند. این محدود شدن ارکان توسعه را می‌توان با انتخاب صحیح حوزه‌های راهبردی و جلوگیری از پراکنده شدن بودجه‌های مصرفی در گزینه‌های مختلف جامه عمل پوشاند. به عبارت دیگر، نیاز است تا دولت‌ها حوزه‌های تمرکز خود را مشخص کرده، منابع را به آن حوزه‌ها هدایت نمایند.

(۳) افزایش پیچیدگی^۳: وجود کنش‌گران و ذینفعان^۴ مختلف در توسعه فعالیت‌ها، شکل‌گیری قواعد متفاوت هنجاری، تنظیمی و فرهنگی-شناختی همزمان با توسعه و ظهور شبکه‌های مختلف همکاری و تعاملات منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی، همه و همه منجر به افزایش پیچیدگی سیستم‌های توسعه‌دهنده شده است. این پیچیدگی، فرآیند نوآوری را از ماهیت خطی به سمت

¹ Competition increase

² Increase in resource constraints

³ Increase of complexity

⁴ Stakeholders

رویکردی سیستمی سوق می‌دهد. داشتن رویکرد سیستمی به موضوع توسعه راهبردی موجب کنار هم قرار گرفتن عوامل شکست بازار^۱ و عوامل شکست سیستمی^۲ می‌شود [۳۲]. مدیریت همزمان شکست‌های بازار و شکست‌های سیستمی، راهبری توسعه راهبردی را دشوارتر می‌کند. هدایت و راهبری این سیستم نیازمند داشتن یک برنامه ساختاریافته و منسجم است که نیاز راهبری تمام اجزای سیستم را به صورت یکنواخت برآورده نموده و راه‌حلی برای شکست‌های احتمالی سیستمی و بازار پیش‌بینی کند.

۴) اهمیت پیدا نمودن شایستگی‌های علمی و فناورانه^۳: در حال حاضر، توسعه دانش و فناوری دارای مهمترین نقش در خلق ثروت و بهبود کیفیت زندگی است؛ به طوری که در قرن حاضر دانش و فناوری به عنوان یکی از مهمترین منابع راهبردی برای بنگاه‌ها و کشورها قلمداد می‌شود. در این راستا لازم است تا همواره درصدد تقویت توانمندی‌های دانشی و فناورانه و حفظ شایستگی‌های محوری این حوزه بود. بنابراین داشتن یک رویکرد میان‌رشته‌ای^۴ و کل‌گرا^۵ برای حفظ و رشد توانمندی‌های دانشی و فناورانه ضروری است. این مهم با تدوین یک برنامه جامع برای توسعه دانش و فناوری محقق می‌گردد.

این تغییرات در کنار روندهای اقتصادی، رشد جمعیتی، جهانی‌شدن^۶ و توسعه فناوری‌های جدید، جامعه‌ای مبتلا به پیچیدگی به وجود آورده است [۳۳]. این پیچیدگی در سه سطح پیچیدگی جامعه، پیچیدگی در مشکلات و پیچیدگی در روش‌های حل این مشکلات به بروز می‌رسد [۳۴]. پیچیدگی‌ها، منجر به ایجاد گونه‌ای از مشکلات می‌شوند که توسط روش‌های سنتی سیاست‌گذاری (که معمولاً کوتاه‌مدت هستند) قابل حل نبوده و از آن‌ها با نام مشکلات مداوم^۷ یاد می‌شود. این‌ها مشکلاتی غیرساختار یافته^۸ و با پیچیدگی بالا^۹ هستند که در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ریشه داشته، در سطوح مختلف اتفاق افتاده و کنش‌گران مختلفی را درگیر می‌کنند. پیچیدگی‌های مداوم ضرورت وجود رویکردی

¹ Market failure

² Systemic failure

³ Increase the Importance of scientific and technological merits

⁴ Interdisciplinary

⁵ Total oriented

⁶ Internationalization

⁷ Persistent problem

⁸ Non-organized

⁹ High-complexity

اکتشافی^۱، تجربی^۲ و بازخوردی^۳ برای حل آن‌ها را روشن می‌نمایند [۳۴]. برای حل این مشکلات، بهره‌گیری از دیدگاه‌های مختلف کنش‌گران ضروری است. این موضوع بر مشارکت کنش‌گران در فرآیند راهبردی مشکلات مداوم و نیز استفاده از رویکرد شبکه‌ای^۴ اشاره می‌کند. از این نگاه، رویکردهای مختلفی برای سیاست‌گذاری مشکلات در کوتاه‌مدت معرفی شده است. از آن جمله می‌توان به رویکردهای تعاملی^۵، مشارکتی^۶، شبکه‌ای و فرآیندی^۷ اشاره کرد [۳۵، ۳۶، ۳۷ و ۳۸]. اما حل بلندمدت این مشکلات نیازمند داشتن رویکردی مبتنی بر یادگیری^۸، تعاملات^۹، یکپارچه‌سازی^{۱۰} و آزمایش^{۱۱}، نه فقط محدود به سیاست‌گذاران بلکه در سطح جامعه است. تفکر سیستمی^{۱۲} پارادایمی است که برای تحلیل جامع و بلندمدت مشکلات مداوم توسعه پیدا کرده است. معرفی این تفکر در حوزه‌ی راهبردی و علوم سیاسی منجر به برنامه‌ریزی یکپارچه با مداخله راهبردی در قالب اسناد راهبردی می‌گردد.

با تدوین اسناد راهبردی، نتایج مطلوبی برای سیاست‌گذاران حاصل می‌شود. برخی نتایج مثبت حاصل از تدوین اسناد راهبردی شامل موارد زیر است:

- ایجاد جهت‌گیری راهبردی به منظور توسعه زیربخش‌های مختلف مرتبط با یک حوزه
- شکل‌دهی بستری مناسب برای حفظ انسجام و یکپارچگی فعالیت‌های مرتبط با توسعه در حوزه‌های مختلف و همچنین ایجاد زیرساخت‌ها^{۱۳} لازم برای کنترل راهبردی
- ایجاد راه‌کارهای همه‌جانبه از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، فناوریانه و مالی جهت برطرف نمودن موانع و مشکلات پیش‌روی سرمایه‌گذاران و صنعت‌کاران
- ایجاد زیرساخت برای تنظیم فعالیت‌های سالانه در راستای حرکت‌های بلندمدت و ایجاد وفاق و هماهنگی میان دولت، صنعت، دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و بخش خصوصی
- تقویت ارتباط میان برنامه‌های راهبردی، برنامه‌های عملیاتی و بودجه‌ریزی

¹ Explorative

² Experimental

³ Feedback

⁴ Network approach

⁵ Interactive

⁶ Collaborative

⁷ Process-based

⁸ Learning

⁹ Interaction

¹⁰ Integration

¹¹ Experiment

¹² Systematic thinking

¹³ Infrastructure

۳-۱- روش‌شناسی تدوین سند

در محیط پرتلاطم و پویای دنیای امروز، هدایت مسیر توسعه که مشتمل بر هدف^۱گذاری، اتخاذ راهبرد^۲ها، تدوین سیاست^۳ها و تعریف اقدامات^۴ است، لازمی توسعه موفق آن به‌شمار می‌رود. در کشورهایی که در مراحل ابتدایی توسعه زیرساخت‌های دانشی خود قرار دارند (کشورهای درحال توسعه)، توسعه را نمی‌توان تنها به دست مکانیزم‌های بازار آزاد سپرد. در این راستا، باید با تدوین اسناد راهبردی برای حوزه‌های راهبردی، قالبی برای برنامه‌ریزی توسعه فراهم آورده و به مداخله هدفمند در صنعتی شدن پرداخت. اسناد راهبردی با تدوین اهداف، راهبردها، اقدامات و برنامه‌های عملیاتی^۵، به هدایت و توسعه زیرساخت‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی می‌پردازند. علاوه بر این، اسناد توسعه صنعت با حمایت از نوآوری^۶، زمینه را برای افزایش توانمندی فناورانه در صنعت فراهم می‌آورند. در مجموع، می‌توان بیان نمود که آنچه به عنوان مأموریت اصلی اسناد راهبردی بیان می‌شود پیش‌بینی اتفاقات محتمل در آینده نیست، بلکه شکل‌دهی به آینده‌ای مطلوب برای توسعه صنایع کشور است.

در ایران از اوایل دهه ۸۰ تا کنون، تجارب سندنویسی مختلفی برای فناوری‌ها، صنایع و بخش‌ها شکل گرفته است. اسناد توسعه فناوری‌های زیستی، نانو و پیل سوختی نمونه‌هایی از این تجارب در سطح فناوری به معنی یک حوزه علمی و اسناد توسعه صنعت برق بادی و بخش هوافضا نمونه‌هایی در سطح صنایع فناورانه هستند [۳۹]. اکنون با گذشت چندین سال از نگارش اولیه این اسناد و اجرای محتواهای تدوین شده در آن‌ها، بازخوردی از این تجارب اولیه حاصل شده که نیازمند تأمل و تفکر است. وجود خلأهای مفهومی در تعریف مؤلفه‌ها و اجزای یک سند راهبردی، ناهمخوانی‌های روش‌شناسانه تدوین اسناد با ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی ایران، دشواری‌های مفاهیم انتزاعی تولید شده در قالب اسناد هنگام پیاده‌سازی محیط اجرا و غیره، همه و همه نیازها و ضرورت‌هایی بودند که لزوم ارائه یک روش‌شناسی برای تدوین اسناد راهبردی توسعه، به‌خصوص فناوری‌های راهبردی که همراه با خلق ثروت برای کشور هستند را اثبات می‌نمود. از این رو، در ادامه، سعی در مفهوم‌پردازی اسناد راهبردی

¹ Goal

² Strategy

³ Policy

⁴ Actions

⁵ Action plans

⁶ Innovation

توسعه، بیان الزامات فرآیندی^۱ تدوین اسناد، تبیین روش‌شناسی تدوین این اسناد و اثبات جامعیت^۲ روش‌شناسی تدوین آنها خواهیم داشت.

۴-۱- مفهوم‌پردازی اسناد راهبردی

با تأکید بر وجود سندی متشکل از ارکان جهت‌ساز توسعه و نیز با توجه به ضرورت وجود روشی^۳ برای تدوین این اسناد، در این قسمت تصویر روشنی از دو موضوع سند و روش‌شناسی تدوین سند بر مبنای الزامات تعریف شده ارائه می‌شود. این بخش در حقیقت به تعریف دقیق و ادبیات‌محور موضوع مورد مطالعه می‌پردازد. با ارائه‌ی تعریف از دو مفهوم سند و روش‌شناسی تدوین سند، جایگاه مطالعه‌ی حاضر از سایر مفاهیم نزدیک به آن مشخص شده و نوع نگاه غالب نسبت به ارکان مطالعه در قدم‌های بعدی روشن می‌شود.

۱-۴-۱- اسناد راهبردی

اولین موضوع، تبیین مفهوم "اسناد راهبردی" است. برای شفاف نمودن این موضوع، به کمک تجزیه و تحلیل سیستمی و نیز بر اساس الزامات فرآیندی و محتوایی تعریف شده، به شناخت عناصر تشکیل‌دهنده این مفهوم، ارائه تعریف و مأموریت برای هر عنصر و در نهایت برقرار نمودن ارتباط میان عناصر شناخته شده خواهیم پرداخت [۳۹]:

▪ اولین عنصر، مفهوم سند^۴ است. سند (در این حوزه) بیانیه‌ای است که توسط یک نهاد قانون‌گذار تصویب شده و می‌توان به آن استناد کرد. با توجه به نیازهای هدایت و راهبری فناوری، عنصر سند باید در برگیرنده مجموعه هماهنگ و یکپارچه از چشم‌انداز^۵، اهداف، سیاست‌ها، راهبردها، اقدام‌ها و برنامه‌ها باشد. یکی از پیش‌فرض‌های موجود در اسناد، همراستایی مجموعه اهداف، سیاست‌ها و غیره با اهداف کلان و اسناد بالادستی خود است. بنابراین، همراستایی با اجزای بالادستی و هماهنگی با اجزای هم‌ردیف (یکپارچگی افقی و عمودی) دو ویژگی موجود در یک سند خواهد

¹ Process requirements

² Comprehensiveness

³ Method

⁴ Plan or document

⁵ Vision

بود. از کنار هم قرار گرفتن این اجزاء، مجموعه‌ی رهنمون‌های لازم برای توسعه یک فناوری استخراج می‌گردد.

■ دومین عنصر، مفهوم راهبردی بودن است. حوزه‌های راهبردی حوزه‌هایی هستند که همراستا با نیازهایی از صنعت باشند و توسعه آن‌ها منجر به دستیابی به مزیت رقابتی گردد. براساس تعریفی که معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری ارائه داده و نیز با توجه رویکرد مأموریت‌گرا بودن توسعه صنایع راهبردی در ایران، منظور از حوزه‌های راهبردی، غالباً فناوری‌ها و سیستم‌های نوظهوری است که همراستا با راهبردها، اولویت‌ها و برنامه‌های کلی نظام هستند. از ویژگی‌های این حوزه‌ها این است که از سطح اهمیت بالاتری نسبت به سایر حوزه‌های موجود در کشور برخوردار هستند و تحقیقات و مطالعه کشور پیرامون آن‌ها در رونق است. این حوزه‌ها دارای ارتباط قوی‌تری با علم و فناوری هستند، ارزش افزوده بالاتری نسبت به حوزه‌های دیگر دارند، تمرکز کشورها بر روی آن‌ها جدی‌تر و شتابان‌تر است و معمولاً توسعه آن‌ها نیازمند انجام یک کار میان رشته‌ای است.

■ سومین عنصر، مفهوم توسعه است. توسعه به معنای رشد تدریجی در جهت پیشرفته شدن، قدرتمند شدن و حتی بزرگتر شدن در همه ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی است. در حوزه فناوریانه نیز توسعه به مفهوم صنعتی‌شدن بیشتر و تغییر هدف فناوریانه برای حصول به هدفی خاص در راستای تسریع رشد تکنولوژیک است.

با کنار هم قرار گرفتن این سه عنصر، مأموریت مفهوم اسناد راهبردی به صورت زیر تعریف می‌شود: "تدوین پویای چشم‌انداز، اهداف، راهبردها و اقدام‌هایی هماهنگ با هم و همراستا با اسناد بالادستی، در سطح مشخص و به منظور توسعه عواملی که منجر به ایجاد مزیت رقابتی و برآورده شدن علایق شوند."

به‌طور مبسوط‌تر، یک سند راهبردی باید مشخص‌کننده پنج جزء اصلی ساختاری باشد: چشم‌انداز که تصویر مطلوب مسیر توسعه در آینده دور است، اهداف که ترجمه چشم‌انداز در قالب مقاصد بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت هستند، راهبردها که مسیرهای دستیابی به اهداف مطرح شده در سطح کلان را نشان می‌دهند، اقدام‌ها که مسیرهای دستیابی به اهداف در سطح خرد هستند و در نهایت، برنامه‌ها که ماهیت عملیاتی از اجرای اقدام‌ها می‌باشند. این اجزای ساختاری از لحاظ فرآیندی نیز باید دارای

ویژگی‌هایی باشند که از برجسته‌ترین آن‌ها یکپارچگی^۱ و پویایی^۲ است. محتوای اجزای مختلف سند باید تقویت‌کننده هم باشند؛ به این معنی که در تضاد با هم نوشته نشده باشند و همه اجزا در جهت رسیدن به یک هدف واحد متعالی از هم پیروی کرده و با جهت‌گیری‌های اسناد بالادستی همراستا باشند تا بتوانند یکپارچگی برنامه‌ها و سیاست‌ها در حوزه فناوریانه را حفظ کنند. تدوین این مجموعه اجزاء نیز باید به صورت پویا صورت گیرد؛ به این معنی که با تغییرات به وقوع پیوسته در محیط خارج، اجزای سند تدوین شده هم باید به‌روز شوند. مجموعه این اقدامات باید بر فناوری‌هایی اعمال شود که منجر به ایجاد مزیت رقابتی گردد.

۱-۴-۲- مفهوم روش‌شناسی تدوین سند راهبردی

دومین موضوع، تبیین مفهوم "روش‌شناسی" در تدوین اسناد است. مقایسه این مفهوم با سایر مفاهیم مشابه به رفع ابهام از مأموریت مطالعه حاصل کمک می‌کند. باید بدانیم که به منظور انتخاب قالبی مناسب برای تدوین اسناد، ارائه یک روش لازم است یا روش‌شناسی؟ مدل^۳، رویکرد^۴ و یا چارچوب^۵؟ این مفاهیم نزدیک به هم دارای تفاوت‌های جزئی هستند و غالباً به جای هم به کار برده می‌شوند. با شناسایی این تفاوت‌ها، می‌توان از منطبق‌ترین مفهوم با هدف مطالعه برای تدوین اسناد راهبردی استفاده کرد. برخی از این مفاهیم به قرار زیر هستند [۳۹]:

- اولین مفهوم روش است. روش به معنی مجموعه مرحله به مرحله انجام یک فعالیت است که سبب ایجاد اثری می‌شود. روش یک خط‌مشی معقول و منظم برای رسیدن به یک هدف معین است. اصطلاح روش، هم به خود راه اشاره دارد و هم به قواعد و ابزارهای رسیدن به آن. در یک تعبیر دیگر، روش را مجموعه شیوه‌ها و تدابیری دانسته‌اند که برای شناخت حقیقت و برکناری از لغزش به کار برده می‌شود. از این دیدگاه، روش دارای ویژگی‌های خاصی چون «انتظام^۶»، «عقلانی بودن^۷»، «برخورداری از روح علمی^۸» و «واقعیت‌گرایی^۹» است.

¹ Integration

² Dynamism

³ Model

⁴ Approach

⁵ Framework

⁶ Disciplinility

⁷ Rationality

⁸ Scientificity

⁹ Realism

- در کنار روش، مفهوم متدولوژی و یا روش‌شناسی قرار می‌گیرد. روش‌شناسی غیر از روش است. روش مسیری است که محقق در سلوک علمی خود طی می‌کند و روش‌شناسی دانش دیگری است که به شناخت آن مسیر می‌پردازد. روش‌شناسی یک نظام راهنما برای حل مشکلات است که متشکل از مراحل، روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزارها است. بر اساس این تعریف، روش‌شناسی در برگیرنده روش‌های مختلفی است که در مراحل مختلف از حل مسئله به کار برده می‌شود.
- با الحاق واژه روش‌شناسی بر مفهوم متدولوژی، لازم است تا ارتباط آن با دو مفهوم نزدیک به آن، یعنی هستی‌شناسی^۱ و شناخت‌شناسی^۲ هم بررسی شود. هستی‌شناسی مربوط می‌شود به ماهیت نظام اجتماعی-اقتصادی حاکم و شناخت‌شناسی مربوط می‌شود به آن چه می‌توانیم درباره این نظام بدانیم؛ حال آنکه روش‌شناسی مربوط می‌شود به این که چگونه می‌توانیم آن شناخت را کسب کنیم. بنابراین، هستی‌شناسی منطقا بر شناخت‌شناسی و آن هم منطقا بر روش‌شناسی تقدم دارد [۳۹].
- در کنار روش و روش‌شناسی، مفهوم مدل قرار می‌گیرد. مدل^۳ مجموعه‌ای از مفاهیم مرتبط با هم است که برای نمایش یک واقعیت، به صورت خلاصه و ساده شده و برای درک بهتر به کار می‌رود. مدل‌ها بر حسب انسجام می‌تواند در گستره‌ای از مدل‌های ذهنی^۴ تا مدل‌های ریاضی^۵ بگنجد [۳۹].
- آخرین مفهوم چارچوب است. چارچوب مجموعه‌ای از قواعد و تعاریف است که نشان می‌دهد مسئله‌ی مورد نظر چه اجزایی دارد، ارتباط میان آن اجزاء چیست و چطور باید در مورد حل آن‌ها فکر کرد. چارچوب، نوعی مبانی (غالبا نظری) هدایت‌کننده برای دستیابی به علل وقوع یک پدیده اجتماعی است که می‌توان واقعیت یا بخشی از واقعیت را در مورد آن پدیده کشف کرد و به تبیین و تفسیر و تحلیل و تشریح پدیده مورد تحقیق پرداخت. بنابراین، چارچوب مفهومی فراتر از متدولوژی و مدل است و دربرگیرنده‌ی رویکرد حل مسئله است. برای حل یک مسئله می‌توان چارچوب‌های مختلفی داشت و هر چارچوب هم می‌تواند شامل چندین روش‌شناسی و مدل مرجع^۶ باشد [۳۹].

^۱ Ontology^۲ Epistemology^۳ در این جا تنها منظور مدل‌های مفهومی است.^۴ Conceptual models^۵ Mathematical models^۶ Reference model

▪ بر اساس تعریف ارائه شده از این مفاهیم، روش‌شناسی مفهومی است که مبنای تحقق مأموریت مطالعه‌ی حاضر قرار می‌گیرد که همان معرفی روش‌ها و ابزارها برای تدوین اسناد راهبردی است. به عبارت دیگر، می‌توان بیان نمود که در این بخش به تعیین روش پیشنهادی برای تدوین هر مؤلفه سند پرداخته می‌شود.

۵-۱- الزامات تدوین سند

در فرآیند سیاست‌گذاری در بخش‌ها و حوزه‌های مختلف کشور، توجه به سه موضوع به منظور عملیاتی شدن سند راهبردی از اهمیت بالایی برخوردار است. به عبارت دیگر، می‌توان مد نظر قرار دادن این مسائل را عاملی پراهمیت در موفقیت فرآیند سیاست‌گذاری و عملیاتی شدن آن‌ها برشمرد. اهمیت همگرایی و هم‌جهت‌سازی تلاش‌ها، وجود مبانی، اصول و ارزش‌های فکری و عملی مشترک و درنهایت، توافق جمعی در افق‌های نظری و عملیاتی در فرآیند سیاست‌گذاری بیان‌کننده این سه موضوع هستند. اگرچه این سه موضوع تا حدی شرایط عمومی لازم برای تدوین هر سند راهبردی (اسناد توسعه فناوری، اسناد صنعت، بخش و غیره) قلمداد می‌شود، اما علاوه بر این‌ها الزامات مختص اسناد توسعه صنعت نیز وجود دارند که لازم است در تدوین آن‌ها مورد توجه قرار گیرند.

از مجموعه این ملاحظات می‌توان به الزامات تدوین اسناد راهبردی رسید. این الزامات هم می‌توانند بیان‌کننده ویژگی‌های کلی خروجی‌ها و ارکان اصلی سند راهبردی باشد و هم می‌توانند به ملاحظات کلان فرآیند تدوین و اجرای سند اشاره کنند. بر این اساس، ضروری است تا دو دسته از الزامات، الزامات محتوایی و الزامات فرآیندی در نگارش اسناد راهبردی مورد بررسی قرار گیرند.

۱-۵-۱- الزامات محتوایی

برنامه‌های جامع توسعه حاصل از فرآیندهای مختلف برنامه‌ریزی، شامل مجموعه‌ای از اهداف، سیاست‌ها، راهبردها، فعالیت‌ها و منابع موردنیاز برای یک دوره زمانی مشخص می‌باشد. بررسی برنامه‌های توسعه چه در داخل و چه در خارج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های برنامه‌های جامع توسعه یکسان نبوده و هر برنامه توسعه بنا بر مقتضیات زمانی و مکانی، از مؤلفه‌های مختلف تشکیل شده است. این مؤلفه‌ها به شکل الزامات محتوایی که در فرآیند تدوین سند باید به آن تمرکز گردد تعریف می‌شوند [۳۹]:

انجام مقدمات

پیش از شروع مراحل اصلی نگارش سند، لازم است تا فرآیندهای مقدماتی برای تدوین آن‌ها پیگیری شود. تبیین فرض‌هایی که وابسته به موضوع مورد مطالعه می‌باشد، مانند ویژگی‌های حوزه مورد بررسی یا ماهیت تغییرات حوزه، یکی از این مقدمات است. تبیین فرض‌های اساسی که در ذهن سیاست‌گذاران وجود دارد و باید در تدوین سند هم در نظر گرفته شود، بخش دیگری از الزامات یک سند راهبردی است. برای مثال در نظر داشتن افق زمانی مطلوب سیاست‌گذاران در پیاده‌سازی راهبردها و سیاست‌ها نمونه‌ای از این فرض‌های اساسی است. حضور این مؤلفه را می‌توان در سند بخش هوافضای کشور و تحت عنوان منشور پروژه به وضوح مشاهده نمود. در این بخش که تحت عنوان منشور از آن یاد می‌شود، زمان‌بندی انجام کار، اهداف انجام طرح، خروجی‌های مورد انتظار از انجام آن و در نهایت ضرورت‌ها و الزامات به انجام رساندن آن بررسی شده است. تأکید بر مفروضات اساسی در سند تدوین شده موجب همراستایی سیاست‌ها و برنامه‌های تدوین شده توسط تحلیل‌گران با ویژگی‌های ذاتی موضوع مورد مطالعه و نیز سازگاری با چارچوب‌های ذهنی سیاست‌گذاران می‌شود. از این بابت حضور آن در سند جزئی از الزامات مطرح شده است.

توجیه‌پذیری فرآیند توسعه نیز دومین مؤلفه مقدمات نگارش یک سند است. در سند راهبردی بخش انرژی بادی کشور، به دلیل نبود اسناد بالادستی که ضرورت توسعه انرژی باد را توجیه نمایند، وجود این مؤلفه به شدت احساس گردید و در چارچوب سند گنجانیده شد. از میان اسناد راهبردی، شاید سند بخش باد جزء معدود اسنادی باشد که متشکل از توجیه‌پذیری همراه بیان اهداف و راهبردها است. داشتن دلیلی موجه برای توسعه، پیش‌نیازی ضروری در تدوین سند راهبردی است. توجیه‌پذیری توسعه و اشاره به آن در سند راهبردی می‌تواند در مشروعیت‌بخشی^۱ به توسعه حوزه مورد نظر در میان گروه‌های مختلف ذینفعان کمک کرده و به استواری و اجرایی شدن سیاست‌ها و راهبردهای تدوین شده بیانجامد.

تحلیل وضع موجود

در ابتدا و پیش از شروع هدف‌گذاری و تدوین سیاست‌ها، یک سند باید با رویکردی توصیفی به ارائه تصویری جامع از موضوع مورد مطالعه پردازد. این تصویر باید هم در برگیرنده آگاهی از حوزه مورد نظر باشد (دربرگیرنده جایگاه و ویژگی‌های موضوع مورد مطالعه در قبال سایر رقبا) و هم شناخت از نظام اقتصادی، اجتماعی، سیاسی (که صنعت می‌خواهد در آن توسعه پیدا کند) داشته باشد. در نظام جامع فناوری اطلاعات، این کار در قالب تعریف و شناخت هفت حوزه راهبردی (شهروندان ایرانی-اسلامی، منابع انسانی، تحقیق و توسعه و غیره) پیش از ارائه اهداف و راهبردها صورت پذیرفته است. در سند فناوری‌های

¹ Legitimize

میکروالکترونیک نیز در ابتدای سند، با شناخت بازارها، محصولات، صنایع و فناوری از یک طرف و آشنایی با حوزه‌های برنامه‌ریزی توسعه فناوری میکروالکترونیک مشتمل بر حوزه‌های بازار جهانی، حوزه بازار ملی و غیره از طرف دیگر، آگاهی نسبتاً جامعی از نظام فناورانه میکروالکترونیک حاصل شده است. آگاهی از ویژگی‌های ذاتی صنعت و خصوصیات نظام توسعه‌دهنده آن موجب روشن‌تر شدن مرزهای برنامه توسعه، بالا رفتن دانش تحلیل‌گران و سیاست‌گذاران و تدوین راهبردها و سیاست‌های هدفمندتر و کارا تر می‌گردد. این همان دلیلی است که ضرورت وجود این مؤلفه به‌عنوان یک الزام محتوایی را در سند آشکار می‌سازد.

ترسیم وضع مطلوب

برای نمایش شرایط مطلوبی که رسیدن به آن دنبال می‌شود، لازم است تا با انجام مطالعات آینده‌پژوهی، به ترسیم افق چشم‌انداز پرداخته شود. این چشم‌انداز همچنین باید در سطوح عملیاتی‌تر به صورت اهداف کلان و خرد ترجمه شود. یک سند توسعه باید همراستا با طرح‌ها و اهداف کلان طراحی شده در سطوح بالاتر و نیز هماهنگ با برنامه‌های سایر حوزه‌های هم‌ارز باشد. برای رعایت این یکنواختی در نگارش سند، ضروری است تا با یک برنامه‌ریزی بالا-به-پایین، به تدوین چشم‌انداز و اهداف همراستا با جهت‌گیری‌های بالادستی پرداخته شود. این ترسیم وضعیت مطلوب در قالب مؤلفه‌های ترسیم چشم‌انداز و آرمان‌های بلندمدت، هدف‌گذاری کلان، میانی و خرد تجلی می‌یابد. اسناد تدوین شده در داخل همانند سند راهبردی زیست فناوری، سند ملی سلول‌های بنیادی، راهبرد ملی فناوری نانو، سند توسعه فناوری پیل سوختی و نیز بسیاری از اسناد دیگر، همه بر ترسیم آینده مطلوب خود پرداخته‌اند. در بعضی از این اسناد، مانند سند ملی زیست‌فناوری، این تصویر از طریق تبیین آرمان‌های ملی در به‌کارگیری زیست فناوری و اهداف کلان توسعه این فناوری در کشور و در بعضی اسناد دیگر، مانند سند راهبردی جامعه اطلاعاتی ایران، با تدوین چشم‌انداز و مأموریت در پنج حوزه راهبردی مشتمل بر توسعه دسترسی به محیط شبکه، توسعه نیروی انسانی و غیره تصویر مطلوب نگاشته شده است.

ترسیم تصویر مطلوب در برنامه‌ریزی و فرآیند سیاست‌گذاری منجر به روشن شدن جهت و سمت و سوی مسیر توسعه شده و مقاصدی را که باید به آن دست پیدا کرد معین می‌نماید. همچنین، با وجود تصویر مطلوب، می‌توان به سنجش سطح موفقیت سیاست‌ها و برنامه‌های تدوین شده از طریق اندازه‌گیری میزان دستیابی به اهداف ذکر شده پرداخت و ارزیابی و پایش را به‌انجام رساند.

تحلیل شکاف و ارائه راه‌حل

در تمام اسناد بررسی شده، با شناخت وضع موجود از یک طرف و نیز داشتن تصویری از وضع مطلوب، تلاش می‌شود تا علل ایجاد شکاف میان این دو سطح شناسایی شده و نیز راه‌حلهایی برای مرتفع نمودن آن‌ها ارائه شود. در اسنادی نظیر سند توسعه فناوری پیل سوختی، این راه‌حل‌ها در قالب سه مؤلفه سیاست‌های کلان، راهبرد و اقدامات ارائه شده است. در مثالی دیگر و در راهبرد ملی نانو، این راه‌حل‌ها به شکل سه مؤلفه بیان می‌شود: سیاست‌های حاکم بر تمام سطوح برنامه، مشتمل بر ملاحظات کلان در حوزه‌های راهبری، راهبردی و اقتصادی و اجتماعی، که باید رعایت شوند؛ راهبردها که راه‌حل‌های سطوح میانی برای دستیابی به اهداف تعیین شده در سند هستند؛ و در نهایت برنامه‌های اجرایی که به تشریح جزئی‌تر راهبردها در سطح عملیاتی می‌پردازند. در نمونه‌ای دیگر و در مورد سند راهبردی توسعه بخش انرژی بادی ایران نیز راه‌حل‌های رسیدن از وضع موجود به وضع مطلوب در قالب راهبردها و سیاست‌ها بیان شده است. در راهبردها به موضوع شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار و رویکرد کلان توسعه آن‌ها پرداخته شده است و در سیاست‌ها نیز به تلاش در جهت رفع موانع پیش‌روی شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه انرژی بادی در ایران و تعریف اقدامات مقتضی توجه شده است.

در مجموع می‌توان این‌طور بیان داشت که وجود مؤلفه‌هایی از جنس مسیر و تحت عناوین راهبرد، اقدام (یا اقدامات) در تجویز راه‌حل‌ها برای رسیدن به وضعیت مطلوب ضروری است. در تدوین اسناد راهبردی، باید به جایگاه و تفاوت دو موضوع راهبرد و اقدام توجه شود. در این رابطه، اولین الزام داشتن تعریف روشنی از هر یک از این مفاهیم ارائه شده و ارائه مأموریتی مشخص برای آن‌ها است. پس از مشخص شدن این تمایز، الزام بعدی تدوین راهبرد کلان توسعه است. سند راهبردی باید قادر به پاسخ دادن به سوالات کلان سیاست‌گذاران باشد. پاسخ به این سوالات می‌تواند مشخص‌کننده بخشی از اهداف اصلی توسعه باشد. این سوالات پیرامون انتخاب سیستم‌های برتر (یا فناوری-کاربردهای برتر) و نیز رویکرد به توسعه (درون‌زا، برون‌زا و غیره) باشد. الزام سوم، ارائه اقدام‌هایی هم‌راستا با راهبردهای اتخاذی و به منظور رسیدن به اهداف کلان، میانی و کوتاه‌مدت است.

ارزیابی و پایش مستمر

فرآیند سیاست‌گذاری و اجرا به صورت یکباره محقق نمی‌شود، بلکه فرآیندی مستمر و مستلزم پایش^۱ است. بنابراین، برای حفظ پویایی اقدامات طراحی شده در سند، مناسب است تا یک مکانیزم برای

¹ Monitoring

بازنگری^۱ آن‌ها در نظر گرفته شود. توجه به وجود مؤلفه‌ای برای بازنگری برنامه‌های تدوین شده را باید به عنوان بخشی از اسناد راهبردی در نظر گرفت.

در اسنادی که تاکنون تدوین شده است، در چهار مورد تجربه در نظر گرفتن فرآیند ارزیابی^۲ (به طور ضمنی) در قالب تعریف شاخص‌های دستیابی به اهداف به چشم می‌خورد. در راهبرد ۱۰ ساله فناوری نانو، شاخص‌هایی در جهت دستیابی به اهداف تعیین شده و برآورده شدن مأموریت تعیین شده است. در نظام جامع فناوری اطلاعات نیز به طور ضمنی به این موضوع اشاره شده است که لازم است تا اجراکنندگان سند شاخص‌های اهداف کمی چشم‌انداز در حوزه‌های راهبردی را استخراج نموده و هر شش ماه یکبار اقدام به ارزیابی فرآیند توسعه نمایند. در سند راهبردی توسعه فناوری‌های میکروالکترونیک به تعیین شاخص‌هایی برای پایش و ارزیابی روند توسعه در هریک حوزه‌های چهارگانه توسعه فناوری اقدام شده است. به عنوان یک سند بالادستی نیز، در نقشه جامع علمی کشور شاخص‌های مطلوب علم و فناوری در حوزه‌های مختلف برای سنجش میزان پیشرفت در سطح کلان ارائه شده است.

جمع‌بندی

در مجموع و با برداشت از آنچه در قالب الزامات محتوایی ذکر شده در بالا بیان شد، می‌توان این‌طور بیان داشت که یک سند راهبردی لازم است تا خروجی‌های زیر را برآورده نماید:

(۱) چشم‌انداز یا اهداف بلندمدت توسعه

چشم‌انداز یا اهداف بلندمدت توسعه شامل افق بلندمدتی است که سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان فناوری قصد دارند پس از توسعه در یک دوره زمانی معین، بدان دست یابند. مثال واضح آن سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران است که چشم‌انداز کلان ۲۰ ساله کشور را مشخص نموده است.

(۲) مبانی توسعه

هدف غایی سیاست‌گذاران از توسعه است که به عنوان محور برنامه‌ریزی، مسیر کلان توسعه در مراحل بعدی را مشخص می‌کند.

(۳) راهبردهای توسعه

راهبردها مجموعه‌ای از اقدامات کلی و مشخص و مرتبط در جهت دستیابی به اهداف توسعه است.

(۴) اقدامات مورد نیاز یا برنامه‌های اجرایی

¹ Revising

² Evaluating

اقدامات ضروری یا برنامه‌های اجرایی جهت توسعه شامل طرح‌ها، پروژه‌ها و هرگونه اقدام لازم جهت دستیابی به آینده مورد نظر می‌باشد. بدیهی است که اقدامات مورد نظر باید دارای برنامه زمان‌بندی روشن و دقیق باشد.

۵) منابع موردنیاز^۱

در تمامی اسناد ملی توسعه، برای دستیابی به اهداف و انجام اقدامات، طرح‌ها و پروژه‌ها وجود منابع مالی نظیر بودجه و اعتبارات و نیز منابع غیرمالی نظیر نیروی انسانی توانمند، امکانات و تجهیزات موردنیاز می‌باشد. از این رو در تمام اسناد راهبردی، پیش‌بینی و تخصیص منابع مورد نیاز یکی از مؤلفه‌های اصلی و کلیدی در اجرای سند قلمداد می‌شود. بدیهی است که برپایه برنامه زمان‌بندی اقدامات پیش‌بینی شده، باید زمان در اختیار قرار گرفتن منابع مورد نیاز نیز به صورت شفاف و دقیق معین شود.

۶) مجریان و نهادهای مسئول

تعیین مجریان و نهادهای مسئول برای هر یک از اقدامات، طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط با توسعه به معنای تعیین نقش سازمان‌ها، نهادها و دستگاه‌های ذینفع و نیز تبیین مسئولیت و وظایف آن‌ها در حوزه توسعه موضوع مورد نظر است.

۱-۵-۲- الزامات فرآیندی

در کنار الزامات محتوایی که بیشتر از جنس خروجی‌های ضروری در یک سند بودند، لازم است تا با الزامات فرآیندی، بخشی دیگری از ملاحظات کلیدی فرآیند تدوین اسناد راهبردی را مشخص نمود. الزامات فرآیندی ویژگی‌هایی هستند که در مسیر نگارش یک سند باید مورد ملاحظه قرار گیرند. برخورداری یک سند از این ویژگی‌ها موجب اجرای دقیق‌تر و اثرگذارتر راهبردها و اقدام‌ها و در نتیجه، توسعه موفق‌تر صنعت در عمل می‌گردد. بر اساس مطالعات اسناد پیشین تدوین شده، مهمترین الزامات فرآیندی، که هدف رفع چالش‌های سیاست‌گذاری علم و فناوری را دنبال می‌کنند، مشتمل بر موارد زیر هستند [۳۹]:

- همسویی و امکان ارتباط با اسناد فرادستی. از مهمترین اسناد فرادستی، سیاست‌ها و برنامه‌های کلان ملی و صنعت هستند. در فرآیند تدوین اسناد راهبردی ضروری است تا ارتباط سند با الزامات فرادست مشخص شود.

¹ Resources

▪ توجه به اجماع حداکثری کنش‌گران بخش‌های مختلف در سیاست‌های اتخاذ شده یکی دیگر از مهمترین الزامات فرآیندی است. این هماهنگی از دو بعد باید به انجام برسد: اول اینکه تا حد امکان باید از فقدان فهم و اعتقاد مشترک میان تدوین‌کنندگان و مجریان سند کاسته شود. سندی موفق است که وفاق جمعی را داشته باشد، هر چند حداقلی باشد. زیرا این فهم مشترک و اجماع میان بازیگران اصلی و تأثیرگذار بر سند است که منجر به اجرای آن شده و موجبات موفقیت هر سندی را تضمین می‌نماید. همچنین، لازم است تا به منظور کاهش چالش‌های آتی و تسهیل امور، به ایجاد توان جمعی در تحقق اهداف با هماهنگی با نهادهای فرابخشی نیز تمرکز گردد. دوم اینکه لازم است تا وفاق جمعی میان دستگاه‌های مختلف اجراکننده نیز وجود داشته باشد. یکی از مشکلات اسناد راهبردی، سهم‌خواهی دستگاه‌های مختلف در فرآیند تدوین و اجرای آنهاست. این موضوع خوب است، ولی نباید مانعی در جهت اجرای اسناد باشد. در واقع، خوب است که دستگاه‌ها و ارگان‌های اجرایی مختلف، در فرآیند تدوین و اجرای اسناد راهبردی مشارکت داشته باشند، ولی باید همزمان، افرادی خبره، افتراقات نظرات را جمع‌بندی کرده و به مراجع بالادست جهت تصویب ارائه نمایند. بنابراین، لازم است تا نوعی وفاق در مجموعه حاصل گردد.

▪ لزوم توجه به سطح و عمق هر فناوری موضوعی مهم دیگری است که باید در تدوین اسناد راهبردی به عنوان یک الزام فرآیندی به آن توجه شود. مشکل عمده این است که تدوین اسناد راهبردی باب شده است، بدون اینکه سطح و عمق آن مورد توجه قرار بگیرد. اسناد راهبردی مختلف، از فناوری‌های خاص مانند پیل سوختی گرفته تا هوافضا که یک بخش تلقی می‌شود، علی‌رغم وجود تفاوت آنها در گستره کاربرد و عمق فناوری، با یک سبک تدوین می‌شوند و در یک مرجع مورد تصویب قرار می‌گیرد. اصلاح این روند موضوعی جدی و الزامی ضروری است.

۶-۱- روش‌شناسی تدوین سند

در این بخش، در ابتدا، تدوین یک متدولوژی مناسب (در قالب یک روش‌شناسی) برای تدوین سند راهبردی مرتبط با محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق دنبال می‌شود که منطبق بر نیازهای موجود و با بهره‌گیری از ادبیات روز باشد. این روش‌شناسی پیشنهادی باید بومی بوده و متناسب با خصوصیات حوزه‌های راهبردی (که غالباً نوظهور نیز هستند) و ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی ایران - که مهمترین آنها در حال توسعه بودن است - طراحی شده باشد.

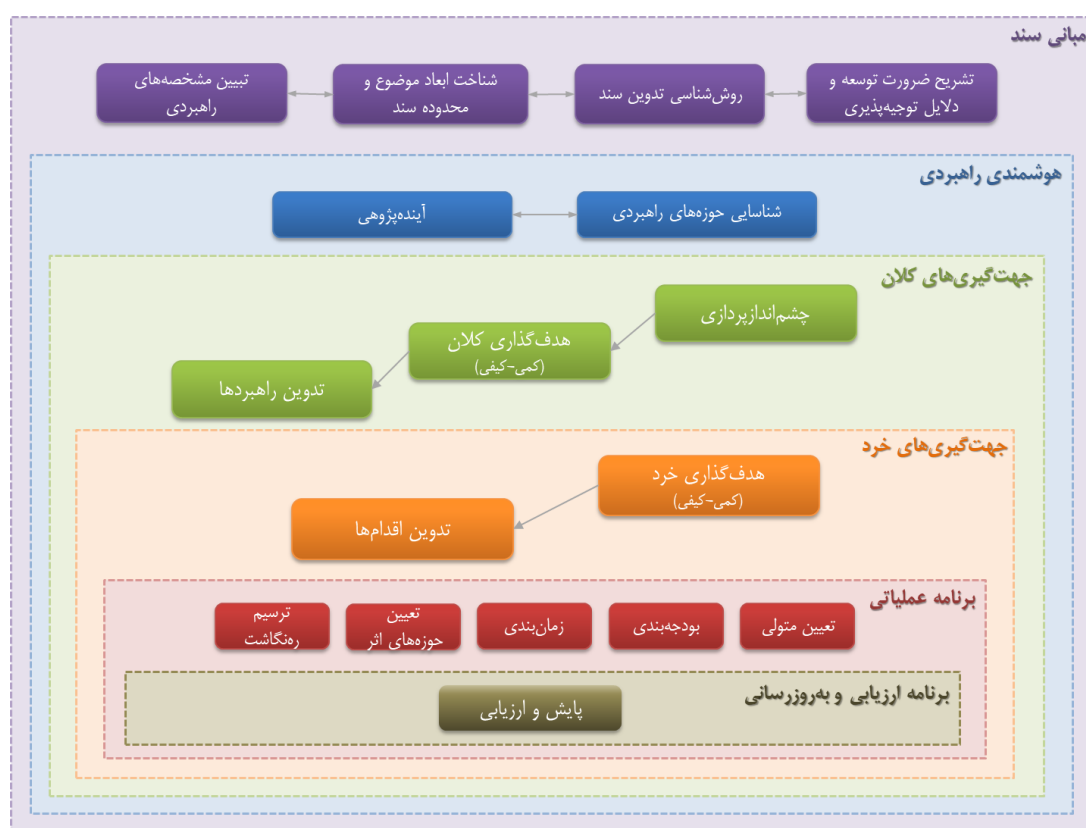
در راستای تعیین روش‌شناسی پیشنهادی و به منظور تدوین سند راهبردی HSE در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق، از روش‌شناسی معرفی شده توسط مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور بهره خواهیم گرفت. روش‌شناسی معرفی شده توسط مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، از طریق بررسی مجموعه‌ای از اسناد راهبردی در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ توسعه پیدا کرده است که مشتمل بر ۱۳ سند زیر است:

- سند ملی فناوری‌های زیستی جمهوری اسلامی ایران،
- سند راهبرد ملی توسعه علوم و فناوری سلول‌های بنیادی،
- راهبرد آینده: راهبرد ده ساله توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران،
- نظام جامع فناوری اطلاعات کشور،
- سند راهبرد ملی توسعه فناوری پیل سوختی کشور،
- سند راهبردی جامعه اطلاعاتی ایران،
- سند راهبرد ملی توسعه بخش انرژی بادی ایران،
- سند راهبردی توسعه فناوری میکرو الکترونیک،
- سند راهبردی امنیت فضای تبادل اطلاعات کشور،
- سند نقشه جامع علمی کشور،
- سند نقشه راه توسعه فناوری‌های صنعت گاز کشور،
- سند توسعه هوافضای کشور،
- و سند راهبرد ملی توسعه علوم و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر کشور

همچنین، این روش‌شناسی از طریق مصاحبه با خبرگان، شناخت نیازهای اسناد راهبردی توسعه بر اساس مطالعات نظری، بررسی روش‌ها و مدل‌های موجود در ادبیات برای رفع این نیازها و طراحی یا استفاده از روش‌های مبتنی بر این ادبیات بومی‌سازی شده است.

در مطالعات صورت گرفته توسط مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، به منظور شناخت نیازهای یک سند راهبردی، مطالعات گسترده‌ای بر اسناد تدوین شده تا زمان حاضر در ایران صورت پذیرفته و مصاحبه با متخصصین و سیاست‌گذاران طراح و مجری این اسناد نیز انجام شده است. به منظور آگاهی یافتن از نحوه پاسخ‌دهی به این نیازهای مطرح در یک سند راهبردی، مرور ادبیات جامعی بر رویکردها و روش‌های موجود در ادبیات و مرتبط با مفاهیم اسناد راهبردی توسعه فناوری صورت پذیرفته است. کنار هم قرار دادن این مفاهیم، انجام مقایسه میان ابعاد مختلف آن‌ها و در نهایت نحوه به کار بردن روش‌های برگزیده در تدوین اسناد، یکی از مهمترین ویژگی‌های متمایزکننده این مطالعات نسبت به سایر مطالعات مشابه

است. بر اساس دانش حاصل از این مطالعات، روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه پیشنهاد شده است. در تدوین این روش‌شناسی تلاش بر آن بوده است تا دغدغه‌های واقعی سیاست‌گذاران در راهبری و جهت‌دهی به توسعه حوزه‌های فناورانه پوشش داده شود. بر این اساس می‌توان ادعا نمود که روش‌شناسی پیشنهادی از کامل‌ترین چارچوب‌های نظری موجود در ادبیات و مبتنی بر واقعیت است که راهبری نظام‌مندی از مراحل توسعه را ارائه می‌کند. از این رو، به منظور تدوین روش‌شناسی سند حاضر نیز با بهره‌گیری از همان روش‌شناسی معرفی شده توسط مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور در مرجع [۳۹]، سعی شده است که با اعمال برخی تغییرات جزئی، روش‌شناسی پیشنهادی تفاوت چندانی با روش‌شناسی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور نداشته باشد. روش‌شناسی پیشنهادی از شش سطح اصلی تشکیل شده است که عبارتند از مبانی سند، هوشمندی راهبردی، جهت‌گیری‌های کلان، جهت‌گیری‌های خرد، برنامه عملیاتی و برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی. شمای کلی روش‌شناسی پیشنهادی در شکل ۱-۳ آورده شده است.



شکل ۱-۳: روش‌شناسی تدوین سند محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق

در ادامه توضیح خلاصه‌ای از شش مؤلفه روش‌شناسی پیشنهادی ارائه می‌شود.

مبانی سند

به عنوان اولین سطح از روش‌شناسی، مبانی سند مقدمات لازم برای شروع تدوین اسناد راهبردی را ارائه می‌کند. مبانی سند متشکل از چهار مؤلفه اصلی زیر است:

- ضرورت توسعه و دلایل توجیه‌پذیری: هر عاملی برای توسعه، نیازمند داشتن یک ضرورت و دلایلی موجه است. ضرورت توسعه با مشخص نمودن هدف غایی سیاست‌گذاران از توسعه حوزه مورد نظر و تنظیم جهت‌گیری‌های خرد و کلان بر مبنای این هدف غایی، محرکی در مسیر توسعه به وجود می‌آورد. توسعه موفق یک صنعت نیازمند برخورداری از مشروعیت میان تمام گروه‌های ذینفع است. این مشروعیت را می‌توان از طریق توجیه‌پذیری موضوع سند حاصل نمود. توجیه‌پذیری توسعه به الزام در اجرای راهبردها، سیاست‌ها و اقدام‌ها در میان تمام سطوح تصمیم‌گیرنده، اجراکننده و استفاده‌کننده منجر می‌شود.
- روش‌شناسی تدوین سند: این مؤلفه با تعیین مسیر تدوین سند و همچنین با مشخص کردن الزامات محتوایی و فرآیندی تدوین سند، مسیر را برای تدوین سند و هماهنگ‌سازی نتایج با یکدیگر هموار می‌سازد.
- شناخت ابعاد موضوع و محدوده سند: ضروری است تا سطح تحلیل از بعد جغرافیایی و نیز افق زمانی مورد نظر سیاست‌گذاران نیز به عنوان مفروضات اساسی اثرگذار بر فرآیند توسعه در ابتدای کار مشخص شود. شناخت ابعاد موضوع و محدوده سند، به عنوان جزئی از مبانی سند به انجام این مهم می‌پردازد.
- تبیین مشخصه‌های راهبردی: این مؤلفه با بررسی جایگاه موضوع مورد بررسی از ابعاد ماهیت^۱، پارادایم فناوریانه^۲ و چرخه عمر^۳، تصویری از خصوصیات حوزه راهبردی مورد مطالعه به سیاست‌گذار و تحلیل‌گران ارائه می‌نماید. آگاهی از این مشخصه‌های راهبردی بر نوع تصمیم‌گیری در مراحل بعدی اثرگذار خواهد بود.

تدوین مجموعه این مؤلفه‌ها در سطح مبانی سند در یک فرآیند بازخوردی و در ارتباط با هم صورت می‌پذیرد. به عبارت دیگر، توالی خاصی برای تدوین مؤلفه‌های این سطح نمی‌توان قائل شد و آن‌ها را

¹ Nature of technology

² Technological paradigm

³ Life cycle

باید در ارتباط با هم تدوین کرد. وجود پیکان‌های دوطرفه در میان این مؤلفه‌ها در شکل ۳-۱ نیز ناظر بر همین مدعاست.

هوشمندی راهبردی

هوشمندی راهبردی^۱ سطحی از یک روش‌شناسی پیشنهادی است که منجر به تغییر حالت برنامه‌ریزی راهبردی از حالت منفعلانه^۲ به حالت فعالانه^۳ می‌شود. این سطح به دنبال کسب آگاهی از موضوع مورد بررسی با داشتن نگاهی رو به آینده است. نتایج حاصل از آن بر تصمیم‌گیری در مورد کلیه جهت‌گیری‌های کلان و خرد تاثیرگذار خواهد بود. هوشمندی راهبردی از دو مؤلفه اصلی تشکیل شده است:

- شناخت حوزه‌های راهبردی: پیش از شروع هر نوع تصمیم‌گیری پیرامون موضوع لازم است تا از اجزای تشکیل‌دهنده حوزه کلان موضوع و کاربردهای مختلف آن اطلاع حاصل نمود. صحبت راجع به یک حوزه در سند راهبردی باید همراه با معین نمودن زیرحوزه‌ها و نیز کاربردهای مورد نظر از آن باشد. مؤلفه‌ی شناخت حوزه‌های راهبردی به تشریح این اجزا و کاربردها می‌پردازد.

- آینده‌پژوهی: در مطالعات آینده‌پژوهی در مورد حوزه‌های راهبردی شناسایی شده با داشتن نگاهی به آینده صحبت می‌شود. در این مؤلفه به تحلیل سناریوهای پیش‌رو در توسعه راهبردی، روندهای ظهور و گسترش فناوری‌های جدید و جایگزین و سایر فعالیت‌های مرتبط با جایگاه موضوع مورد بررسی در آینده پرداخته می‌شود. آینده‌پژوهی به کاسته شدن از عدم قطعیت پیش‌روی توسعه در آینده کمک کرده و تصمیمات پایاتری را برای سیاست‌گذاران به ارمغان می‌آورد.

ارتباط میان این دو مؤلفه نیز به صورت تعاملی صورت می‌پذیرد. به این معنی که بر اساس سناریوهای موجود، حوزه‌های راهبردی شناسایی می‌شوند و حوزه‌های شناسایی شده، در قالب سناریوهای پیش‌رو می‌گنجند.

جهت‌گیری‌های کلان

با معین شدن مبانی سند و هوشمندی راهبردی، بسترهای لازم برای شروع تصمیم‌گیری‌های راهبردی فراهم می‌گردد. به عنوان اولین مرحله در تصمیم‌گیری‌های راهبردی، باید جهت‌گیری‌های کلانی که به عنوان خطوط هدایت‌کننده در کلیه تصمیمات و برنامه‌های بعدی اثرگذار است مشخص گردند. در سومین سطح از روش‌شناسی پیشنهادی، با رویکردی بالا-به-پایین (هدف‌محور) آینده‌ای مطلوب برای توسعه

¹ Strategic intelligence

² Reactive

³ Proactive

ترسیم می‌گردد. این آینده‌ی مطلوب در قالب چشم‌انداز، اهداف کلان و راهبردهای دستیابی به فناوری تعریف می‌شود:

- چشم‌اندازپردازی: در ابتدا لازم است تا بر مبنای اصول ارزشی و نیز با استفاده از مدل‌های تدوین چشم‌انداز موجود در ادبیات، چشم‌انداز مطلوب، در تعامل با ذینفعان، معین شود. چشم‌انداز دورنمایی از دستیابی به نهایت اهداف در افق زمانی انتهایی برنامه است. این چشم‌انداز به‌عنوان یک راهنما در کلان‌ترین سطح، بر اهداف، راهبردها، سیاست‌ها و اقدامات تدوین شده در سایر سطوح اثرگذار خواهد بود.
- هدف‌گذاری کلان: اهداف کلان مجموعه‌ی مقاصد بلندمدتی هستند که در جریان برنامه‌ریزی برای نیل به چشم‌انداز طراحی شده پیش‌بینی می‌شوند و کلیه تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ها در جهت نیل به آن‌ها می‌باشد. در این مؤلفه، با نگاهی بالا-به-پایین به تدوین اهداف کلان پرداخته می‌شود. برای این منظور، با در نظر داشتن چشم‌انداز طراحی شده، در قالب ابعاد مختلف اقتصادی، زیست-محیطی، اجتماعی و فناورانه و با استفاده از نظرات افراد متخصص و سیاست‌گذاران، به تعیین نمودن اهداف کلان پرداخته می‌شود. این اهداف را می‌توان ترجمه‌ی قابل حصول کمی و یا کیفی از چشم‌انداز تعریف شده قلمداد نمود.
- تدوین راهبردها: با در نظر گرفتن اهداف کلان، ضروری است تا به سوالات اساسی سیاست‌گذاران در مسیر دستیابی به این اهداف پاسخ داده شود. این مأموریت با تدوین راهبردها به انجام می‌رسد. راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. جهت‌گیری‌هایی که در قالب راهبردها مشخص می‌شوند عبارتند از تصمیم‌گیری در مورد رویکرد توسعه^۱، اولویت‌های توسعه^۲ و سبک اکتساب^۳.

جهت‌گیری‌های خرد

جهت‌گیری‌های خرد تعیین‌کننده‌ی اهداف، تصمیمات و برنامه‌های میانی و خرد هستند که برای رسیدن به چشم‌انداز و اهداف کلان ترسیم شده ضروری هستند. این جهت‌گیری‌ها باید در چارچوب راهبردهای کلان تدوین شود. هدف‌گذاری خرد و تدوین اقدام‌ها اجزای تشکیل‌دهنده‌ی این مؤلفه هستند:

¹ Development approach

² Development priorities

³ Achivement style

▪ هدف‌گذاری خرد: در این مرحله لازم است تا با رویکردی پایین-به-بالا (مسئله‌محور)^۱ به هدف‌گذاری برای توسعه پرداخته شود. داشتن این نگاه مستلزم پایش محیط، شناسایی مشکلات، کشف مزیت‌ها و محرک‌های موجود در توسعه راهبردی است. رفع موانع و تقویت محرک‌ها را می‌توان به عنوان اهداف خرد توسعه قلمداد نمود. به توجه به اهداف بالادستی و نیز در نظر گرفتن همراستایی اهداف خرد تعیین شده با آن‌ها، لازم است تا به همراستا نمودن و سازگار نمودن آن‌ها با هم نیز اقدام شود. به عبارت دیگر، اهداف خرد باید قادر باشند ملاحظات اهداف کلان تعیین شده را برآورده نمایند. این اهداف خرد می‌توانند هم ماهیتی کمی به خود گیرند و هم ماهیتی کیفی.

▪ تدوین اقدام‌ها: اقدام‌ها جهت‌گیری‌های انتخابی در سطوح میانی و خرد هستند. این جهت‌گیری‌ها در قالب انجام فعالیت‌هایی مشخص هستند که دولت‌ها متولی انجام آن می‌باشند (مانند تاسیس یک سازمان یا تولید یک محصول). در تدوین اقدام‌ها باید از میان راه‌های مختلف برآورده نمودن اهداف خرد، راه‌های برگزیده توسعه انتخاب شوند.

همان‌طور که مشخص است، تدوین اقدام‌ها با تدوین راهبردها و هدف‌گذاری خرد با هدف‌گذاری کلان دارای ارتباطات دو طرفه و تعاملی هستند. به عبارت دیگر، با نگارش جهت‌گیری‌های خرد، محتوای جهت‌گیری‌های کلان می‌تواند دچار اصلاحاتی شده و در عوض، این اصلاحات خود بر جهت‌گیری‌های پشتیبان اتخاذ شده تاثیرگذاری کند. این روابط دوطرفه از ماهیت و ویژگی‌های محیط پیچیده امروزی و نشانه‌هایی از برنامه‌ریزی بر مبنای تفکر سیستمی هستند.

برنامه عملیاتی

پنجمین سطح از روش‌شناسی به دنبال اجرای جهت‌گیری‌های کلان و خرد طراحی شده در قالب برنامه‌های مشخص و عملیاتی است. در این سطح لازم است تا به تشریح ابعادی از سیاست‌ها و اقدامات تعریف شده پرداخته شود که به عملیاتی شدن آن‌ها در مسیر توسعه کمک نماید. این سطح را می‌توان متشکل از چهار مؤلفه اصلی دانست:

▪ تعیین متولی: این مؤلفه با نگاشت نهادی بر اقدام‌ها و سیاست‌های تعریف شده، مشخص‌کننده‌ی وظایفی است که کنش‌گران درگیر در توسعه صنعت باید از آن پیروی کنند.

¹ Issue-based

- بودجه‌بندی: از آنجا که وجود منبع مالی مستمر یکی از اصلی‌ترین (و شاید مهمترین) عوامل توسعه موفق است، ضروری است تا پیش‌بینی منابع مالی لازم برای هریک از اقدام‌های تعریف شده مشخص گردد.
- زمان‌بندی: به منظور پایدار نمودن و قابل پیش‌بینی نمودن برنامه‌های حمایتی، مناسب است تا برنامه‌ها برای دوره‌های زمانی مشخص و محدود طراحی و اجرا شوند. با این کار می‌توان به روشن و در کنترل بودن بودجه موردنیاز، فراهم شدن امکانات، ارزیابی بهتر نتایج و دستاوردها و امکان اصلاح، بازنگری و ایجاد تطابق بیشتر در برنامه‌ها با شرایط زمان، اشاره کرد.
- ترسیم رهنگاشت^۱: رهنگاشت یا نقشه‌راه برنامه عملیاتی بیانگر ارتباط میان اهداف کلان، اهداف خرد، راهبردها، منابع و مجریان است که در طول مراحل قبلی استخراج شده‌اند. با ترسیم این نقشه، تصویری کلان از مسیر توسعه متشکل از بخش‌های مختلف آن و ارتباط بخش‌ها با هم مشخص می‌گردد.

برنامه ارزیابی و بروزرسانی

به منظور حفظ پویایی، آگاهی از میزان تأثیر راهبردها و نیز سطح برآورده شدن اهداف، لازم است تا چارچوبی برای ارزیابی روند توسعه راهبردی نیز معین گردد. توسعه موفق نیازمند بازبینی سیاست‌ها و برنامه‌ها در دوره‌های زمانی معین است. برای این منظور، لازم است تا راهبردها و اقدامات و میزان اثرگذاری آن‌ها در مسیر دستیابی به اهداف سنجیده شده و بر اساس نتایج حاصل، تصمیم مقتضی برای بازنگری سند مورد نظر از میان سه حالت نوشتن دوباره سند، تنظیمات اجزای سند یا برخورد با چالش‌ها اتخاذ شود.

۷-۱- تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

سیستم، یک مفهوم نظری قابل پیاده‌سازی در زمینه‌های کاربردی مختلف است. تعریف سیستم در هر زمینه کاربردی، از جمله در فرآیند تدوین اسناد راهبردی ضروری است. از جمله ابعاد تعریف سیستم، می‌توان به تعیین سطح اثرگذاری سیستم، بازه زمانی اثرگذاری سیستم و محدوده اثرگذاری سیستم اشاره کرد. بر این اساس، لازم است تا در اسناد راهبردی نیز به تعیین سطح تحلیل، افق زمانی برنامه‌ریزی و مرزبندی فنی مورد مطالعه، اشاره شود. سطح تحلیل مشخص می‌کند اندازه مجاز حوزه اثر و سطح

¹ Roadmap

تاثیرگذاری بر محیط (منطقه‌ای^۱، ملی^۲، فراملی^۳) چقدر است. همچنین، بخشی^۴ یا فناورانه بودن سند نیز در سطح تحلیل سند مشخص می‌شود. افق برنامه‌ریزی معین‌کننده بازه زمانی مورد انتظار برای رسیدن به چشم‌انداز و تحقق اهداف توسعه است و مرزبندی فنی هم باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه نتایج برخوردار باشد [۴۰]. این سه گام در روش‌شناسی پیشنهادی در قالب شناخت ابعاد موضوع و محدوده سند به انجام می‌رسد. اهمیت تعیین سطح تحلیل، افق برنامه‌ریزی و مرزبندی سیستم از این جهت است که مانند تمام مؤلفه‌های مبانی سند، نتیجه آن بر خروجی مؤلفه‌های بعدی اثرگذار بوده و دشواری آن نیز از سبب این است که روش مشخص و مدونی برای آن وجود ندارد. بنابراین، در این قسمت سعی می‌شود تا با مشخص کردن ابعاد و زوایای مختلف موضوع مورد بررسی، به شناخت ابعاد موضوع و محدوده سند کمک شود.

از این رو، در این بخش، ابعاد سند راهبردی با محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ابتدا سطح تحلیل بر پایه‌ی تبیین محدوده جغرافیایی تعیین می‌شود و در ادامه، افق زمانی تحلیل بر پایه‌ی بررسی بازه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت و مرزبندی فنی تبیین خواهد شد.

۱-۷-۱- تعیین سطح تحلیل

با توجه به میزان تاثیرگذاری موضوع مورد بررسی و نوآوری‌های آن 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 به تصمیم‌گیری درمورد زیربخش‌های ملی با پتانسیل اقتصاد فناورانه می‌پردازد (مانند خوشه‌های صنعتی و قطب‌های فناورانه)، سطح ملی بیان‌گر تصمیمات مرتبط با توسعه اقتصادی و فناورانه مرتبط با حوزه‌های موجود در یک کشور است. سطح فراملی نیز بیان‌گر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است. از بعدی دیگر (فرای جغرافیا)، اسناد راهبردی می‌توانند در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین گردد. سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه‌ی یک صنعت خاص (مشمول بر فناوری‌ها آن) می‌پردازد (مانند صنعت خودرو). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند سلول خورشیدی) را هدف

¹ Local

² National

³ Beyond National

⁴ Sector-based

مطالعه قرار می‌دهد. پیش از شروع هرگام دیگر در تدوین اسناد راهبردی، لازم است تا وضعیت سطح تحلیل در هر دو بعد (جغرافیا و تخصص) تعیین گردد. مشخص شدن این سطح در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاست‌گذاری و تدوین راهبرد موثر خواهد بود.

در راستای موضوع سند راهبردی با محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق، از آنجا که حوزه تاثیرگذاری سیستم‌های HSE به صورت کلان بر تمامی حوزه‌های جغرافیایی کشور تاثیر خواهد گذاشت و اهداف و راهبردهای آتی بر منطقه خاصی از موضوع سند متمرکز نخواهد بود، لذا به نظر می‌رسد که سطح جغرافیایی تحلیل در سند حاضر، سطح ملی باشد.

همچنین، سطح تخصصی تدوین سند نیز در سطح بخشی تعریف شده است. سطح بخشی مورد توجه در سند حاضر، صنعت برق کشور خواهد بود و در سند حاضر تلاش خواهد شد تا پروتکل‌ها، سیستم‌ها، دستورالعمل‌ها، فناوری‌ها و راهکارهای HSE با اولویت، به منظور به‌کارگیری در سطح صنعت برق، ارزیابی و هدفگذاری شوند. هر چند که در محدوده سند حاضر به بررسی برخی فناوری‌های مرتبط با توسعه محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی نیز پرداخته خواهد شد، لیکن این امر خللی در تعیین سطح بخشی سند مورد نظر ایجاد نمی‌کند.

۱-۷-۲- تبیین افق زمانی تحلیل

ماهیت اسناد راهبردی با در نظرگیری افق‌های برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌ها معنی پیدا می‌کند. دلیل برنامه‌ریزی آینده و افق‌های برنامه‌ریزی بلندمدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن و تغییرات احتمالی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرآیند تصمیم‌گیری اثرگذار است. در نظرگیری این افق‌های بلندمدت امکان انجام رفتار فعالانه در توسعه فناوری را مهیا می‌نماید.

در عمل، معمولاً تفاوت زیادی میان افق‌های برنامه‌ریزی تعیین شده در موردهای مختلف وجود دارد. این اختلاف‌ها معمولاً به دلیل تفاوت موضوعات مورد بحث و فاکتورهای اثرگذار بر توسعه سیستم مورد مطالعه است. بازه برنامه‌ریزی متوسط ۵ تا ۱۰ سال به‌طور معمول برای اسناد راهبردی فناورانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه در مواردی این بازه می‌تواند به ۳ سال تقلیل پیدا نموده و تا ۱۵ سال نیز ممکن است طولانی شود.

در این خصوص بررسی تجربیات گذشته در توسعه فناوری‌های نوین یکی از شاخص‌های مهم در جهت تعیین افق زمانی به حساب می‌آید. در این راستا، به بررسی افق زمانی تدوین سند در برخی اسناد تدوین

شده حوزه HSE پرداخته شده است. عناوین این اسناد، کشور یا سازمان تدوین‌کننده آنها و افق زمانی تحقق اسناد در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول ۱-۲ بررسی افق زمانی تدوین اسناد پیشین در حوزه HSE

ردیف	عنوان سند	کشور یا سازمان تدوین‌کننده	افق زمانی سند	بازه تحقق سند
۱	برنامه استراتژیک ایمنی و بهداشت شغلی کمیسیون اروپا [۴۱]	آژانس اروپایی ایمنی و بهداشت کار ^۱	۵ سال	۲۰۲۰ - ۲۰۱۵
۲	برنامه استراتژیک کمیسیون ایمنی و بهداشت [۴۲]	کمیسیون ایمنی و بهداشت بریتانیا ^۲	۳ سال	۲۰۰۴ - ۲۰۰۱
۳	برنامه استراتژیک ایمنی و بهداشت شغلی [۴۳]	کشور مالت	۵ سال	۲۰۲۰ - ۲۰۱۵
۴	استراتژی ایمنی و بهداشت [۴۴]	شرکت شبکه ول ^۳	۵ سال	۲۰۲۰ - ۲۰۱۵
۵	چشم‌انداز ۲۰۲۱ فروم ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست امارات متحده عربی [۴۵]	فروم ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست امارات متحده عربی ^۴	۵ سال	۲۰۲۱ - ۲۰۱۷
۶	برنامه استراتژیک ایمنی و بهداشت محیطی دانشگاه فلوریدا [۴۶]	دانشگاه فلوریدا ^۵ امریکا	۵ سال	۲۰۲۱ - ۲۰۱۶
۷	برنامه استراتژیک ۵ ساله ایمنی [۴۷]	شرکت سیمان کانادا ^۶	۵ سال	۲۰۲۱ - ۲۰۱۷
۸	برنامه استراتژیک بهداشت و ایمنی شغلی صنایع کوچک و متوسط مالزی [۴۸]	کشور مالزی	۵ سال	۲۰۲۰ - ۲۰۱۶
۹	سند چشم‌انداز ۱۰ ساله بهداشت، ایمنی و محیط زیست [۴۹]	دانشگاه تبریز	۱۰ سال	۱۴۰۴ - ۱۳۹۴
۱۰	محورهای اصلی اداره کل HSE و پدافند غیرعامل وزارت نفت [۵۰]	وزارت نفت ایران	۱۸ سال	۱۴۱۵ - ۱۳۹۷

همانطور که مشخص است، در اسناد راهبردی مرتبط با HSE بررسی شده، افق زمانی تدوین اسناد بسیار با یکدیگر متفاوت بوده و از ۳ سال تا ۱۸ سال متغیر است. البته مشاهده می‌شود که اکثر این

¹ European Agency for Health and Safety at Work

² UK Health and Safety Commission

³ WEL Networks

⁴ UAE HSE Forum

⁵ Florida University

⁶ Cementation Canada Inc.

اسناد در بازه زمانی ۵ ساله تدوین شده‌اند. از این رو به نظر می‌رسد که محدودیتی برای تعیین افق زمانی تدوین اسناد وجود ندارد. از سوی دیگر، با بررسی اسناد تدوین شده در حوزه صنعت برق کشور علی‌الخصوص با موضوعات مرتبط با محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی، اسنادی همچون سند راهبردی و نقشه راه فناوری مدیریت آلاینده‌ها (هوا، آب و خاک) در صنعت برق ایران [۵۱]، سند راهبردی و چشم‌انداز بلندمدت وزارت نیرو [۲۸]، سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه HSE در بخش انتقال صنعت برق [۵۲] و سایر اسناد راهبردی فناوری که عمدتاً توسط پژوهشگاه نیرو تدوین شده‌اند، به چشم می‌خورند. افق زمانی تحلیل تمامی این اسناد برابر با ۱۰ سال در نظر گرفته شده است، لیکن باید توجه نمود که از تازیش شروع اکثر آنها بیش از ۵ سال نیز سپری شده است.

با توجه به جمیع اسناد بررسی شده و با در نظر گرفتن این نکته که دانش HSE در صنعت برق همچنان به آن درجه از بلوغ نرسیده است که با توجه به وضعیت موجود بتوان دورنمای بلندمدتی را برای آنها تصویر نمود، به نظر می‌رسد که افق زمانی کوتاه‌مدت برای تدوین سند راهبردی توسعه HSE در صنعت برق مناسب باشد. از این رو، **افق زمانی مناسب برای تدوین سند محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق برابر با ۵ سال** پیشنهاد می‌گردد تا علاوه بر افزایش توان برنامه‌ریزی سند، همخوانی و همسانی سند با سایر اسناد صنعت برق نیز حفظ گردد.

طبیعتاً لحاظ نمودن افق زمانی ۵ ساله (از سال ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۴) این امکان را فراهم خواهد آورد تا پس از اتمام دوره زمانی ۱۴۰۴ (پایان برنامه ۲۰ ساله چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران)، بر اساس قوانین بالادستی کشور و نیز با توجه به تحولات جدید در خصوص سیستم‌های HSE در صنعت برق، هر گونه بازنگری احتمالی در اسناد راهبردی صنعت برق کشور و از جمله همین سند، با سرعت و انعطاف بیشتری صورت گیرد و برنامه اجرایی متناسب با شرایط جدید، برای دوره زمانی ۵ ساله دوم تدوین گردد.

۱-۷-۳-مرزبندی توصیفی

با تعریف نظام‌های توسعه به عنوان شبکه‌ای از عوامل متعامل^۱ در یک حوزه و اثرگذار بر فرآیند تولید، انتشار و بهره‌برداری، برای هر حوزه‌ای از سطوح مختلف تحلیلی را می‌توان در نظر گرفت. بر این اساس، تحلیل راهبردی را می‌توان بر سه قسم تحلیل یک حوزه دانشی، تحلیل یک محصول، یا تحلیل مجموعه‌ای

^۱ Interrelated

از محصولات مرتبط به هم با هدف برآوردن کارکردی خاص^۱ مورد بررسی قرار داد [۵۳]. انتخاب سطح تحلیل بر شناسایی اجزای درون سیستم و روند تحلیل‌های آتی اثرگذار خواهد بود. سه سطح تحلیل نام برده شده در جدول ۱-۳ معرفی شده‌اند.

جدول ۱-۳ واحدهای تحلیل توسعه فناوری [۵۳]

سطح تحلیل	موضوع
حوزه دانشی	تاکید بر فناوری و زیرفناوری‌های آن با رویکرد قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات مختلف
محصول	محوریت قرار گرفتن یک محصول و بررسی فناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با آن
بلوک‌های شایستگی	هدف تحلیل بررسی یک بازار خاص و مجموعه‌ی بهم پیوسته‌ای از محصولات مورد نیاز یک حوزه

از نگاه مرزبندی توصیفی، در سند حاضر، فناوری‌های HSE صنعت برق بر روی استفاده از دسته‌ای از راهکارها، دستورالعمل‌ها و فناوری‌ها شامل دانش فنی و محصول در بخش‌های تولید و توزیع صنعت برق متمرکز هستند. بنابراین، در شرایط فعلی، واحد تحلیل مناسب برای توسعه و سیاست‌گذاری فعالیت‌های HSE در بخش تولید و توزیع صنعت برق کشور، سطح بلوک‌های شایستگی است. همچنین، به منظور تشریح دقیق‌تر محدوده تعریف^۲ سند حاضر، مناسب است تا برخی توضیحات تکمیلی در ادامه ارائه شود. به منظور تعیین محدوده سند حاضر باید به این نکته توجه شود که این اصل که مؤلفه‌های محیط‌زیست، ایمنی و بهداشت و ریسک‌های مرتبط با آنها بر یکدیگر تأثیر گذاشته و از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند، با مطالعات متعدد و براساس تحلیل حوادث بزرگ به اثبات رسیده است. بر همین اساس، امروزه مباحث مرتبط با محیط زیست، ایمنی و بهداشت در صنایع بزرگ کشور، از نقش و جایگاه مهم و اساسی در مبانی تصمیم‌گیری و مدیریتی برخوردار هستند به گونه‌ای که شناخت رویکردها، دستورالعمل‌ها، نظام‌نامه‌ها، راهبردها و فناوری‌ها در راستای کنترل و کاهش مخاطرات زیست محیطی، بهداشت و ایمنی کارکنان و تجهیزات (HSE) از مهمترین نیازهای صنایع در کلیه سطوح است که صنعت برق نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. در ادامه، به منظور حصول برداشت یکسان از واژه‌ها و اصطلاحات

^۱ این کارکرد خاص می‌تواند به عنوان مثال بخش حمل و نقل و یا سلامت باشد. این سطح در ادبیات بلوک‌های شایستگی نام می‌گیرد.

^۲ Scope

به کار رفته در هر سه حوزه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست، مفاهیم اساسی هر یک از این حوزه‌ها و محدوده تمرکز سند در هر یک از حوزه‌ها به صورت خلاصه تشریح خواهد شد.

▪ بهداشت (Health): سلامت کار یا بهداشت حرفه‌ای، به سلامت افراد در محل کار یا در رابطه با شغل فرد می‌پردازد. تمرکز جدی آن، شناسایی و تعیین ویژگیهای عوامل خطر و پیشگیری از ایجاد آسیب و آموزش است. عواملی که به مرور زمان باعث تهدید سلامت و ایجاد بیماری در شاغلین صنعت برق در حوزه تولید و توزیع می‌گردد غالباً شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی، ارگونومیک، مکانیکی، بیولوژیکی و روانی است که شناسایی این عوامل در صنعت تولید و توزیع برق یکی از اهداف این پروژه است. پس از شناسایی، راهبردهای پیشگیری، آموزش‌های لازم، دستورالعمل‌ها، آیین‌نامه‌ها و پروتکل‌های مورد نیاز مشخص می‌شوند. لازم به ذکر است که محدوده پروژه حاضر در بخش بهداشت، بر روی بهداشت کارکنان و افراد متمرکز خواهد بود.

▪ ایمنی (Safety): مفهوم ایمنی با عبارتهای مختلفی تعریف می‌گردد که در غالب این موارد، به درجه دور بودن از خطر یا درجه رهایی از خطر به عنوان مفهوم ایمنی اشاره شده است. در صنعت برق، مجموعه‌ای از مخاطرات ایمنی وجود دارد که در صورت عدم رفع آن مغایرتها، احتمال بروز حادثه افزایش می‌یابد. به طور کلی، در حوزه ایمنی در فعالیتهای مربوط به صنعت برق، سه نوع سیستم ایمنی باید لحاظ شود. دسته اول مربوط به ایمنی در عملیات (نظیر حفاری، کار در ارتفاع، جوشکاری و برشکاری، ایمنی تجهیزات)، دسته دوم مربوط به ایمنی در پروژه‌ها (نظیر ایمنی انبار، مدیریت حریق، محصورسازی، علائم هشداردهنده) و دسته سوم شامل ایمنی اشخاص در پروژه‌ها (نظیر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی) می‌باشد. بسیاری از ملاحظات ایمنی در قسمتهای مختلف صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع مشابه یکدیگر است. براساس دسته‌بندی که به آن اشاره شد، در پروژه حاضر، این نوع از ملاحظات تحت عنوان ملاحظات عمومی در این پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرند و اگر در موردی خاص نیاز به راهبردی ویژه باشد در دسته ملاحظات اختصاصی به طور ویژه به آن پرداخته می‌شود.

▪ محیط‌زیست (Environment): محیط‌زیست مجموعه‌ای از هواکره (اتمسفر)، خاک‌کره (لیتوسفر) و آب‌کره (هیدروسفر) می‌باشد که بستر و منابع حیات و فعالیت انسان و دیگر موجودات زنده و وجود موجودات بی‌جان و نیز پدیده‌های طبیعی را فراهم می‌کند. در بحث

محیط‌زیست در پروژه حاضر، با توجه به اینکه فناوری‌های کاهش و کنترل آلاینده‌ها در حوزه تولید در "سند راهبردی و نقشه راه فناوری مدیریت آلاینده‌ها (هوا، آب و خاک) در صنعت برق ایران" گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو مورد بررسی قرار گرفته است، بنابراین بررسی این فناوری‌ها در پروژه حاضر مدنظر نمی‌باشد و علاقمندان در صورت نیاز می‌توانند جهت آشنایی با این فناوری‌ها به سند مذکور مراجعه نمایند. در حوزه محیط‌زیست، در پروژه حاضر، شناسایی کلیه دستورالعمل‌ها و پروتکل‌ها، نظام‌نامه‌ها، رویکردها، راهبردها و سیستم‌های ارتقاء محیط‌زیست در حوزه تولید و توزیع صنعت برق مدنظر خواهد بود.

۸-۱- تبیین مشخصه‌های راهبردی

به منظور تبیین مشخصه‌های راهبردی، نیاز است تا در ابتدا برخی مفاهیم مرتبط با سند تعریف شود. از جمله این مفاهیم، سه مفهوم علم، فناوری و تکنیک هستند که دارای مفاهیمی بسیار نزدیک به هم‌اند ولی براساس سطح عمومیت، هدف و شرایط پذیرش، با هم تفاوت دارند [۵۴]:

- علم^۱، دانشی عمومی است که هدف آن پیشرفت دادن سطح درک درباره طبیعت و رخدادهای موجود در آن است و پذیرش آن بر اساس توانایی در عدم وجود تضاد در میان اجزای تعریف شده‌اش می‌باشد.
- فناوری^۲ دانشی عمومی است که به دنبال شناسایی راه‌حل‌های عمومی برای مشکلاتی خاص است و پذیرش آن براساس توانایی به کاربردن عملیاتی آن است.
- تکنیک^۳ دانشی خاص است که به منظور حل مشکلی خاص به وجود آمده است و پذیرش آن بر اساس میزان تناسب^۴ آن با مورد استفاده است.

در ادبیات مدیریت فناوری، تعاریف و تعبیر مختلف دیگری نیز از فناوری ارائه شده است که منعکس‌کننده نقطه نظرات متفاوت محققین و صاحب‌نظران این رشته است. اکثر محققین بر این نکته اتفاق نظر دارند که فناوری عبارت است از کاربرد علم در جهت مرتفع کردن نیازهای زندگی انسان [۵۵]. برخی علاوه بر علم، تجارب و مهارت‌های انسان را نیز به مؤلفه‌های فناوری اضافه کرده‌اند. بدین ترتیب

¹ Science

² Technology

³ Technique

⁴ Appropriateness

فناوری عبارت است از دانش و مهارت‌های لازم برای تولید کالا و یا ارائه خدمات که حاصل قدرت فکری و شناخت انسان و ترکیب قانون‌های موجود در طبیعت می‌باشد [۵۶]. دسته‌ای از تعاریف به جزء سومی اشاره کرده و فناوری را مجموعه‌ای از ابزارها^۱، مهارت‌ها^۲ و دانش اطلاعات^۳ معرفی نموده‌اند [۵۷]. در نهایت، عده‌ای از محققین معتقدند که جزء چهارمی را نیز باید برای تعریف فناوری در نظر گرفت که از آن تحت عنوان سازمان‌افزار^۴ یاد می‌شود [۵۸]. این مؤلفه از فناوری به هنر استفاده از ابزار، مهارت‌ها و دانش اطلاعات موجود برای تحقق اهداف سازمان مربوط می‌گردد.

به طور کلی، تعاریف ارائه شده برای فناوری را می‌توان به سه دسته طبقه‌بندی نمود [۵۹]:

- تعاریف کلی که در واقع به تعریف فناوری نمی‌پردازند بلکه سعی در معرفی آن به عنوان یک فاکتور کلیدی موفقیت دارند (مثال: فناوری، عامل ایجاد ارزش افزوده).
- تعاریف عام که سعی در بیان مشخصات کلی فناوری دارند، بدون توجه به حوزه‌ای که فناوری در آن به کار گرفته می‌شود (مثال: فناوری، ترکیب سیستماتیک از ابزار، روش‌ها، دانش، اطلاعات و مهارت‌های نیروی انسانی).
- تعاریف خاص که فناوری را به عنوان کاربرد یک زمینه علمی^۵ یا ترکیب چند زمینه علمی در حوزه‌ای خاص از کاربرد^۶ معرفی می‌کنند. (مثال: پیل سوختی، کاربرد زمینه علمی الکتروشمی در خودرو).

تعریفی که از فناوری در این مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبارت است از:

"فناوری کاربرد علم، تجربه و مهارت‌های انسانی در جهت مرتفع کردن نیازهای اجتماعی است. فناوری در مجموعه‌ای از ابزار، مهارت‌ها و دانش و اطلاعات جلوه می‌کند که به اجزاء فناوری معروف هستند. نه تنها عدم حضور یکی از این اجزاء، بلکه عدم هماهنگی میان آنها در کارایی و اثربخشی فناوری مؤثر است." این تعریف می‌تواند گستره وسیعی از مفاهیم را تحت عنوان فناوری تحت پوشش قرار دهد. از این رو، با تکیه بر تعریف حاضر می‌توان تمامی سیستم‌ها، رویه‌ها، پروتکل‌ها و دستورالعمل‌های HSE را نیز تحت عنوان فناوری شناخت. بنابراین، در ادامه مراحل تدوین سند، علی‌رغم اینکه تلاش خواهیم کرد تا حدالامکان از اتلاق واژه فناوری به مفاهیم سند خودداری شود، لیکن هرگاه صحبت از فناوری به میان

¹ Technoware/Hardware

² Humanware/Brainware

³ Infoware/Software

⁴ Orgaware

⁵ Discipline

⁶ Application

بیاید، منظور همین تعریف گسترده و عام از فناوری خواهد بود. لذا، وجود برداشت‌های مختلف از فناوری بر عدم قطعیت در تدوین گام‌های ضروری در سند توسعه فناوری می‌افزاید. برای مهار این عدم قطعیت ضروری است تا به ارائه یک طبقه‌بندی از ابعاد فناوری پرداخته شود.

هر فناوری را می‌توان برحسب ویژگی‌های متمایزکننده در گروه و دسته‌ای از فناوری‌ها جای داد. به منظور داشتن نتایج دور از انحراف، اسناد راهبردی باید بر اساس ویژگی‌های خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر، لازم است تا از ابزارهای آینده‌نگاری و نیز تدوین راهبرد به صورت متناسب با هر گروه فناوری استفاده نمود. برای محقق شدن این هدف، ضروری است تا جایگاه فناوری مورد نظر را با ارائه یک طبقه‌بندی از مفهوم فناوری تعیین نمود.

در طبقه‌بندی فناوری با ابعاد مختلف، فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. این کار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های هم گروه را در مراحل بعدی تدوین سند تسهیل خواهد نمود. در این قسمت، از میان طبقه‌بندی‌های مختلفی که در ادبیات برای فناوری ارائه شده است، تنها به مواردی اشاره می‌شود که قابلیت کاربرد در متدولوژی را دارا بوده و بر مؤلفه‌های آن اثرگذار باشد.

فناوری‌ها را می‌توان از منظر ماهیت کاربردی طبقه‌بندی نمود که شامل بررسی سابقه، پیچیدگی، تناسب، حوزه استفاده، موقعیت راهبردی و پارادایم فناورانه است. همچنین، طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر چرخه عمر نیز در متمایزسازی فناوری‌ها بسیار حائز اهمیت است. چنین الگویی را می‌توان در خصوص تبیین مشخصه‌های راهبردی HSE در بخش تولید و توزیع صنعت برق نیز پیاده‌سازی نمود. این مهم در ادامه تشریح خواهد شد. همچنین، لازم به ذکر است که در ارائه این طبقه‌بندی‌ها سعی شده است تا از توجه صرف به مفهوم فناوری پرهیز شده و تمامی رویه‌های HSE در تعیین مشخصه‌های راهبردی در نظر گرفته شوند.

۹-۱- بررسی سابقه

بر اساس سابقه حضور، گزینه‌های راهبردی را می‌توان به دو دسته جدید^۱ در مقابل موجود^۲ تقسیم کرد. گزینه‌های جدید عبارتند از آن‌هایی که برای اولین بار در یک مرز بنگاهی، ملی و یا بخشی وارد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، نرم افزار جدیدی که برای طراحی محصول به کار گرفته

^۱ New Technologies

^۲ Current Technologies

می‌شود و جایگزین روش دستی طراحی می‌گردد. گزینه راهبردی جدید لزوماً یک موضوع نوظهور^۱ نیست بلکه می‌تواند سال‌ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد.

با تعریف ارائه شده، معیار تشخیص موضوع جدید از موضوع موجود، سابقه حضور آن موضوع در داخل مرزهای بنگاهی و یا ملی است. منظور از سابقه حضور، همان شکل‌گیری بازار برای موضوع مورد بررسی است. موضوعاتی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء گزینه‌های موجود قلمداد کرد. در عین حال آن دسته از مواردی که برای آن‌ها در کشور بازاری شکل نگرفته است، حتی اگر در کشورهای دیگر وارد بازار شده باشند، متعلق به دسته گزینه‌های جدید خواهند بود.

سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق، تلفیقی از مؤلفه‌های موجود و جدید هستند. برای برخی از این سیستم‌ها، مانند وسایل حفاظت فردی و استفاده از عایق‌های الکتریکی و مغناطیسی روی تجهیزات، بازار رقابتی وجود دارد و برای برخی دیگر، مانند فناوری دفع سلول‌های فتوولتائیک مستعمل در نیروگاه‌های خورشیدی، هنوز بازاری ایجاد نشده است. از این رو، در قالب سند حاضر سعی خواهد شد که تمامی سیستم‌های HSE در صنعت برق اعم از جدید و موجود مورد توجه قرار گیرند و راهبردهایی برای توسعه آن‌ها ارائه شود. تبیین موجود یا جدید بودن هر یک از سیستم‌های HSE صنعت برق در بخش هوشمندی راهبردی در گزارش بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۱۰-۱- بررسی پیچیدگی

پیچیدگی منجر به تقسیم‌بندی گزینه‌ها به دو گروه پیشرفته^۲ در مقابل ساده^۳ می‌گردد. واژه "پیشرفته" اشاره به گزینه‌هایی دارد که دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- مرکب بودن: این گزینه‌ها معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند. به همین دلیل از پیچیدگی بالایی برخوردارند.
- علم‌محوری: برخلاف گزینه‌های ساده، سهم دانش علمی در این گزینه‌ها به مراتب از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است. به همین دلیل کاربران این مؤلفه‌ها را عمدتاً مهندسين و دانشمندان تشکیل می‌دهند.

¹ Emerging Technologies

² High Technologies

³ Low/Medium Technologies

▪ چرخه عمر کوتاه: معمولاً فناوری‌های پیشرفته دارای طول عمر کوتاهتری نسبت به فناوری‌های ساده هستند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی و یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقشی حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری‌های جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوری‌ها و جایگزینی آنها با فناوری‌های پیشرفته نوظهور مشاهده خواهد شد.

▪ سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمت: به نظر برخی از صاحب‌نظران، فناوری عامل تبدیل ورودی‌ها (مواد، انرژی، سرمایه و غیره) به خروجی‌ها (کالا و خدمات) است. در یک برداشت ساده قیمت تمام شده یک کالا/خدمت از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در مورد محصولات/خدمات تولید شده به کمک فناوری‌های پیشرفته، نسبت هزینه ورودی‌ها به هزینه‌های تبدیل ناچیز است. به عبارت دیگر سهم و ارزش مواد بکار رفته بسیار کاهش یافته و قیمت محصول، ناشی از فناوری بکار رفته در آن می‌باشد.

▪ هزینه بالای تحقیق و توسعه: موضوعات پیشرفته به علت طبیعت بین‌رشته‌ای بودن و پیچیدگی آنها نسبت به موضوعات ساده، سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می‌کنند. از طرفی کوتاه بودن دوره عمر این موضوعات فرصت کمی را برای بازگشت سرمایه فراهم می‌کند. به همین دلیل هزینه‌های تحقیق و توسعه به ازای هر واحد محصول تولید شده به کمک این روش‌ها، به مراتب از هزینه‌های مشابه در محصولات تولید شده به کمک روش‌های ساده بیشتر است.

ویژگی‌های ذکر شده برای گزینه‌های پیشرفته را می‌توان به عنوان معیارهایی برای تمییز دادن موضوعات پیشرفته از ساده استفاده نمود.

سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق به نوعی موضوعی پیشرفته محسوب می‌گردند. این سیستم‌ها به علت آن که نیازمند بهره‌گیری از حوزه‌های دانشی گوناگون (مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی عمران، مهندسی صنایع، مدیریت و غیره) هستند، از جمله موضوعات پیشرفته محسوب می‌شوند. همچنین، این سیستم‌ها تا حد زیادی متکی به سطح گسترده‌ای از دانش هستند که به نوعی آنها را کاملاً علم‌محور می‌نماید. به خصوص در مورد سیستم‌های جدید نظیر استفاده از فناوری‌های زیستی برای کنترل آلاینده یا تصفیه پساب نیروگاه و یا به کارگیری فناوری‌های حرارتی و

شیمیایی برای بازیافت مدول‌های فتوولتاییک در نیروگاه‌های خورشیدی باید گفت که این نوع سیستم‌ها در صنعت برق کشورهای توسعه‌یافته نیز در حال مطالعه و بررسی هستند و کاملاً نوین می‌باشند. لذا می‌توان گفت که هزینه تحقیق و توسعه برای این دسته از سیستم‌ها نیز بسیار زیاد است.

در مورد طول عمر باید گفت که در حوزه محیط‌زیست، تغییر و توسعه سیستم‌ها از سرعت بالایی برخوردار هستند. لذا، از آنجا که سه مؤلفه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست توأماً از یکدیگر تأثیر می‌گیرند، می‌توان انتظار داشت که سرعت توسعه فناوری در دو حوزه ایمنی و بهداشت هم بالا باشد. ضمن اینکه در حوزه بهداشت شغلی، با توجه به پیدایش آلاینده‌های نوظهور در حوزه تولید صنعت برق، توسعه فناوری‌ها و سیستم‌های بهبود دهنده بهداشت حرفه‌ای با سرعت بالا ضروری است. هرچند به نظر می‌رسد که با توجه به سرعت رشد بالای سیستم‌های HSE در جهان، می‌توان اینگونه فرض کرد که توسعه سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق نیز سرعت بالایی دارند، اما این مسئله لزوماً به این معنی نیست که طول عمر این سیستم‌ها کوتاه است. روال مرسوم در صنعت برق آن است که آن دسته از سیستم‌ها که در تجربیات واقعی امتحان خود را پس داده‌اند و شرایط مناسبی را محقق نموده‌اند، مورد توجه قرار می‌گیرند. از این رو، پس از ورود یک سیستم جدید به بازار برق، در صورتی که سوابق آن در کشورهای دیگری که از مدت‌ها قبل آن را تجربه کرده‌اند مؤید کارآمدی آن باشد، طبیعتاً این نوع سیستم می‌تواند مدت‌ها مورد توجه دست‌اندرکاران صنعت برق قرار گیرد و لزوماً با آمدن یک سیستم جدید، استفاده از سیستم‌های پیشین منسوخ نخواهد شد.

از منظر کالا/خدمات، مسئله اصلی در حوزه HSE این است که بسیاری از فناوری‌های این حوزه همچنان در اختیار چند کشور محدود توسعه‌یافته قرار دارند و جزئیات این فناوری‌ها در اختیار دیگر کشورها قرار نگرفته است. به عنوان مثال فناوری‌های جداسازی CO₂ از گاز دودکش و تبدیل آن به سوخت، یا فناوری‌های بازیافت سلول‌های فتوولتاییک در نیروگاه‌های خورشیدی تنها در اختیار چند کشور توسعه‌یافته است. لذا هزینه تبدیل در این سیستم‌ها بسیار بالا خواهد بود. همچنین، برای سیستم‌های HSE در صنعت برق همچنان بازار رقابتی شکل نگرفته است که این امر خود مؤکد پیشرفته بودن این سیستم‌ها خواهد بود.

با این اوصاف می‌توان گفت که سیستم‌های HSE صنعت برق در زمره سیستم‌های پیشرفته محسوب می‌گردند؛ لیکن این نکته نیز حائز اهمیت است که با توجه به تنوع سیستم‌های HSE در صنعت برق، نمی‌توان در خصوص پیشرفته یا ساده بودن آنها به طور کلی نظر داد.

همچنین، باید خاطرنشان کرد که هر چند برخی از سیستم‌های HSE در صنعت برق کشور تا حدودی شناخته شده بوده و جزء فناوری‌های ساده به حساب می‌آیند، لیکن این سیستم‌ها همچنان از جمله

سیستم‌های کم‌کاربرد محسوب می‌شوند. این امر خود تا حدی نشانگر پیشرفته بودن دانش HSE در وجه تجاری‌سازی آن است.

در خصوص سیستم‌های موجود HSE در صنعت برق نیز ذکر این نکته ضروری است که هدف این سیستم‌ها افزایش قابلیت اطمینان و ضریب ایمنی، ارتقاء سلامت و بهداشت شغلی و حفظ محیط زیست است که نیازمند مجموعه‌ای از دانش‌های مختلف می‌باشد. از این رو، سیستم‌های پیشرفته در این حوزه نیز قابلیت بروز دارند.

با این احتساب می‌توان سیستم‌های HSE در صنعت برق را جزء سیستم‌های پیشرفته قلمداد کرد. هر چند که ممکن است برخی از زیرسیستم‌های این حوزه از سیستم‌های ساده به شمار روند. تبیین ساده یا پیشرفته بودن هر یک از زیرسیستم‌های HSE صنعت برق در بخش هوشمندی راهبردی در گزارش بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۱۱-۱- بررسی تناسب

بر طبق این معیار، گزینه‌ها را می‌توان در گروه گزینه‌های مناسب^۱ در مقابل نامناسب^۲ جای داد. واژه مناسب، به گزینه‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک طرف و منابع موجود (از جمله منابع فناورانه) از طرف دیگر داشته باشند. بنابراین گزینه مناسب لزوماً یک سیستم پیشرفته یا نوظهور نیست. به عنوان مثال، استفاده کارآ و مؤثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی مورد نیاز از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه یا کمتر توسعه‌یافته این است که همواره می‌خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای توسعه‌یافته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری‌های پیچیده و پیشرفته انجام می‌دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام این انتقال در کشورهای گیرنده فناوری وجود ندارد. این در حالی است که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می‌توانند بطور مؤثری آنها را در رسیدن به اهدافشان کمک نماید. اینجاست که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر، به منزله گزینه‌های مناسب توسعه در نظر گرفته می‌شوند.

از منظر تناسب با نیاز باید گفت که همان‌گونه که داده‌ها و یافته‌ها نشان می‌دهد، صنعت برق از نظر ماهیت، صنعتی پرمخاطره است که تعداد زیادی از حوادث شغلی در آن وجود دارد و در صورت بروز این

^۱ Appropriate Technologies

^۲ Inappropriate Technologies

حوادث، اثرات جبران‌ناپذیری بر نیروی کار که مهمترین سرمایه اصلی هر سازمانی محسوب می‌شود، وارد می‌گردد. ضمن اینکه، وقوع این حوادث، دارایی‌ها، مواد و اموال، محیط‌زیست و شهرت و اعتبار سازمان مربوطه را نیز به خطر می‌اندازد. با توجه به پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و سیاسی در وقوع حوادث شغلی و عدم رعایت نکات ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در صنعت برق (که در بخش توجیه‌پذیری همین گزارش به تفصیل به آن‌ها پرداخته شده است)، توجه ویژه به مبحث HSE در این صنعت و بررسی دستورالعمل‌ها، راهبردها، فناوری‌ها و پروتکل‌های مربوطه جهت ارتقا HSE در صنعت برق از نقش و جایگاه مهم و اساسی برخوردار است.

مسلماً استقرار و توسعه فرهنگ HSE در صنعت برق، به عنوان یکی از زیرساخت‌های ضروری در این زمینه است که نیازمند تعهد مدیریت و کارکنان و آموزش‌های مناسب افراد جهت ارتقاء سطح آگاهی کارکنان می‌باشد. تشریح اهداف و رسالت‌های سیستم مدیریت، ایجاد سیستم‌های مناسب تشویق و تنبیه، ارزیابی عملکرد HSE کارکنان به منظور ایجاد بازخورد کاری، افزایش توانایی افراد در پیشگیری از بروز حوادث و افزایش مهارت آنها در به کارگیری سیستم‌ها و ابزارالات مناسب به هنگام کار در رده‌های مختلف صنعت، از جمله راهکارهای مؤثر در توسعه فرهنگ HSE است. لذا، لزوم به کارگیری این موارد در نیروگاه‌های کشور شاید منجر به تناسب استفاده از این سیستم‌ها با شرایط فعلی کشور گردد.

در عین حال باید زمینه تحقیق و توسعه و وجود مراکز تحقیقاتی در کشور نیز مورد توجه قرار گیرد که با توجه به وجود مراکز تحقیقاتی و آموزشی در کشور و امکان مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی به نظر می‌رسد که می‌توان سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE را برای توسعه در صنعت برق کشور مناسب تشخیص داد. لذا، از منظر زیرساخت‌های لازم جهت بکارگیری سیستم‌های نوین به هر حال باید توجه داشت که این مسئله خالی از موانع نخواهد بود و طبیعتاً برای هر سیستم باید جداگانه ارزیابی شود. از این رو، به طور کلی، سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق کشور جزء گزینه‌های مناسب تلقی می‌گردند، هر چند که ممکن است برخی از زیرسیستم‌ها به دلیل عدم توانمندی کشور در توسعه آنها به عنوان سیستم‌های نامناسب در نظر گرفته شوند. تعیین مناسب یا نامناسب بودن هر یک از زیرسیستم‌های HSE صنعت برق به طور دقیق در مراحل بعدی طرح با استفاده از ابزارهای تحلیل استراتژیک و به منظور تدوین راهبردهای توسعه انجام خواهد شد.

۱-۱۲- بررسی حوزه کاربرد

از نظر حوزه کاربرد، گزینه‌ها به دو دسته محصول^۱ در مقابل فرآیند^۲ تقسیم می‌شوند. رویکردهای محصول عبارتند از رویکردهایی که در ترکیب کالا/خدمت بکار گرفته می‌شوند و رویکردهای فرآیند، رویکردهایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا ارائه یک خدمت بکار برده می‌شوند. از این منظر باید گفت که سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE ترکیبی از رویکردهای محصول و فرآیند می‌باشد. به عنوان مثال استفاده از عایق صوتی/الکتریکی/مغناطیسی روی تجهیزات، وسایل حفاظت فردی یا کاتالیست‌های کاهنده NO_x به عنوان رویکردهای محصول محور تلقی می‌شوند، در حالی که دانش فنی مرتبط با کنترل و پایش آلاینده‌ها، افزایش سطح ایمنی و یا ارتقاء سلامت شغلی متعلق به رویکردهای فرآیندی خواهند بود. تعیین حوزه کاربرد هر یک از زیرسیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق در بخش هوشمندی راهبردی در گزارش بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۱-۱۳- بررسی موقعیت راهبردی

بر حسب موقعیت راهبردی، گزینه‌ها را می‌توان به دو گروه کلیدی یا راهبردی^۳ در مقابل متعارف یا معمولی تقسیم کرد. لفظ "کلیدی یا راهبردی" به گزینه‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی ایفا نمایند. به عنوان مثال، چنانچه هدف راهبردی یک بنگاه افزایش نوآوری در محصولات یا خدمات باشد، فناوری‌هایی که در طراحی، مهندسی، ساخت و آزمایش نمونه استفاده می‌شوند، می‌توانند نقش کلیدی ایفا نمایند. بدیهی است چنانچه هدف راهبردی سازمان تغییر کند، فناوری‌های کلیدی نیز متناسب با آن تغییر خواهند کرد. بنابراین فهرست گزینه‌های کلیدی ثابت نیست و ممکن است با گذشت زمان دچار تغییر شود.

گزینه‌های متعارف یا معمولی عبارتند از گزینه‌هایی که تسلط بر آنها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر، امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با گزینه‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود.

¹ Product Technologies

² Process Technologies

³ Core/Strategic Technologies

گونه‌هایی دیگر نیز از دسته‌بندی بر حسب موقعیت راهبردی وجود دارد. در بعضی از منابع، گزینه‌ها را از بعد راهبردی به سه دسته حیاتی^۱، پایه^۲ و خارجی^۳ تقسیم کرده‌اند. دسته اول شامل مؤلفه‌هایی است که بعنوان اهرم رقابتی سازمان شناسایی شده‌اند. به عبارت دیگر تسلط به این مؤلفه‌ها برای کسب موقعیت برتر رقابتی لازم و ضروری است. دسته دوم شامل مؤلفه‌هایی است که برای فعالیت در یک حوزه خاص ضروری است و دسته سوم مترادفند با مؤلفه‌های متعارف یا معمولی که قبلاً تشریح شد.

فورد^۴ [۶۰] نیز فناوری‌های راهبردی را در قالب دو نوع فناوری‌های راهبردی (یا کلیدی) بالفعل و فناوری‌های راهبردی بالقوه تقسیم می‌کند. به عقیده وی فناوری‌ها به سه دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

- فناوری‌های پایه: فناوری‌های ضروری که اثر رقابتی کمی دارند و توسط رقبا بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- فناوری‌های کلیدی: فناوری‌هایی که اثر راهبردی بالایی دارند و به خوبی در محصولات و فرآیندها تجسم یافته‌اند.
- فناوری‌های پیشگام^۵: فناوری‌هایی که به‌صورت بالقوه، اثر راهبردی بالایی دارند و در حال تجربه به وسیله برخی از رقبا هستند.

در خصوص سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق باید گفت این فناوری‌ها به نوعی فناوری‌های راهبردی قلمداد می‌شوند. زیرا از یک سو بر افزایش نوآوری در حوزه‌های ارتقاء بهداشت شغلی، افزایش ایمنی و حفظ محیط‌زیست متکی هستند و از سوی دیگر با توجه به اینکه به دلیل مسائلی همچون تحریم ممکن است امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی و ملی محدود شود، دستیابی به این گزینه‌ها می‌تواند برای صنعت برق کشور در حکم ضرورت باشد. از آنجا که ایمنی و حفاظت از جان کارکنان سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف صنعت برق و کاهش اثرات سوء تولید انرژی بر محیط‌زیست در صنعت برق یکی از مسائل زیربنایی را تشکیل می‌دهد، بنابراین می‌توان گفت که یکی از مقوله‌های بسیار مهم در ارتباطات درون و برون سازمانی صنعت برق، تعاملات لازم در زمینه کاهش ضایعات همراه با کاهش و کنترل حوادث و حفظ سلامت کارکنان از طریق سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE می‌باشد. بدین ترتیب، از این منظر، سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق از موقعیت راهبردی مناسبی برخوردار هستند.

¹ Critical

² Basic

³ External

⁴ Ford

⁵ Pacing

بدیهی است که با توجه به گستره وسیع سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق، ممکن است توسعه برخی زیرسیستم‌ها به لحاظ راهبردی و کلیدی بودن اولویت‌دار و حاوی ارزش و اهمیت بیشتری باشند، که این امر در مراحل آتی این سند راهبردی به منظور تدوین راهبردهای توسعه هر یک از زیرسیستم‌ها مشخص خواهد شد.

۱۴-۱- بررسی پارادایم‌های فناوریانه

توجه به تفاوت الگوهای نوآوری^۱ که در میان صنایع و زمینه‌های فناوریانه مختلف وجود دارد موضوع مهمی است که مد نظر قرار دادن آن می‌تواند در انتخاب مدل مناسب توسعه موثر باشد. این موضوع در ادبیات علمی این حوزه تحت عنوان مسیر فناوریانه^۲ یا پارادایم فناوریانه^۳ مطرح می‌شود. از این رو، در این بخش از گزارش نیز بدون تغییر عنوان، سعی در بهره‌گیری از این منطق در تعیین پارادایم‌های تغییرات راهبردی سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE خواهیم داشت. مشخص کردن این مسأله که پارادایم فناوریانه یک فناوری چیست و دارای چه ویژگی‌هایی است، در انتخاب مدل مناسب توسعه آن بسیار مهم است. با توجه به ابعاد و تنوعی که در صنایع مختلف وجود دارد، چهار مسیر عمومی فناوریانه زیر شناسایی شده است [۶۱]:

- پارادایم تأمین‌کننده محور^۴: در این مسیر توانمندی در تحقیقات داخلی بسیار ضعیف بوده و منشأ نوآوری در خارج از بنگاه قرار دارد. در پارادایم تأمین‌کننده محور، عامل تحولات فناوریانه تأمین‌کنندگان، سازندگان مواد و قطعات ورودی بنگاه‌ها می‌باشند. تحول فناوریانه نیز در قالب کاستن از هزینه‌ها تا ایجاد یک محصول جدید به ظهور می‌رسد. این مسیر فناوریانه بیشتر به صنایع قدیمی مانند کشاورزی و نساجی مربوط می‌شود. در این گونه صنایع، تمرکز عمدتاً بر بهبود و اصلاح در روش‌های تولید و ورودی‌ها می‌باشد و نوآوری در محصول دیده نمی‌شود.
- پارادایم مقیاس محور^۵: در این پارادایم، انباشت فناوریانه از طریق طراحی، ساخت و به کارگیری سیستم‌های تولید در مقیاس کلان بدست می‌آید. اتومبیل‌سازی و صنایع فراآوری فلزات، صنایع مرتبط با این مسیر می‌باشند. در این گونه صنایع، اختراع به‌تنهایی نمی‌تواند به ایجاد انباشت

¹ Innovation Pattern

² Technological Trajectory

³ Technological Paradigm

⁴ Supplier-Dominated

⁵ Scale-Intensive

فناورانه کمک نماید. بلکه پیاده کردن اختراع در فرآیندهای تولید و توان تولید با ظرفیت انبوه می‌تواند به کسب مزیت‌های اقتصادی ناشی از انباشت فناوری منجر شود. در این شرایط، منشاء ایجاد نوآوری، تحقیق و توسعه انجام شده در توسعه نوآوری‌های محصول و فرآیند است. هدف از این انباشت فناورانه ایجاد مزیت رقابتی از طریق کاهش هزینه‌ها است.

■ پارادایم تأمین تخصصی^۱ محور: در این مسیر فناورانه، بنگاه‌ها اغلب کوچک بوده و برای سیستم‌های پیچیده تولید، پردازش اطلاعات و توسعه محصول، ورودی‌هایی در قالب ماشین‌آلات، قطعات، ابزارآلات و نرم‌افزار فراهم می‌کنند. انباشت فناورانه در این مسیر از طریق نوآوری برای محصولاتی که مورد استفاده در سایر بنگاه‌ها هستند حاصل می‌گردد. بنگاه‌های تأمین کننده تخصصی از منافع تجربه عملیاتی کاربران پیشرو در قالب اطلاعات، مهارت‌ها و شناسایی اصلاحات و بهبودهای ممکن بهره می‌برند. تمرکز اصلی در این پارادایم به جای قیمت، بر سر قابلیت اطمینان و بهبود عملکردی محصولات است. شرکت‌های تولیدکننده ماشین‌آلات نمونه‌ای از بنگاه‌های فعال در این پارادایم فناورانه هستند.

■ پارادایم دانش پایه^۲ محور: در این پارادایم، محور انباشت فناورانه عمدتاً از طریق آزمایشگاه‌های R&D بنگاه‌ها بدست می‌آید و تا حد زیادی به دانش، مهارت‌ها و روش‌هایی که در تحقیقات دانشگاهی بدست می‌آید وابسته است. صنایع شیمیایی و الکترونیک از نمونه‌های بارز این مسیر می‌باشند. اکتشافات بنیادی (الکترومغناطیس، امواج رادیویی، اثر ترانزیستوری، شیمی ترکیبی و بیولوژی مولکولی) موجب باز شدن بازارهای محصولات جدید در بازه وسیعی از کاربردهای بالقوه می‌شود. جهت‌گیری اصلی انباشت فناورانه در بنگاه‌ها، جستجو برای بازارهای محصولات جدید و مرتبط با تکنولوژی می‌باشد. در نتیجه، مأموریت اصلی راهبرد فناوری پایش و بهره‌برداری از پیشرفت‌های بوجود آمده در تحقیقات برای توسعه محصولات مرتبط با تکنولوژی و کسب دارایی‌های تکمیلی برای بهره‌برداری از آنها و شکل‌دهی مجدد بخش‌های عملیاتی و واحدهای کسب و کار در راستای تحولات فناورانه و فرصت‌های بازار می‌باشد. انباشت فناورانه در این مسیر از طریق نوآوری در محصول و فرآیند و در جهت کاستن از هزینه و افزایش عملکرد صورت می‌پذیرد.

با توجه به توضیحات ارائه شده، مشخص است که پارادایم فناورانه سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق از نوع پارادایم مقیاس‌محور و یا پارادایم دانش‌محور می‌باشد چرا که علی‌رغم توسعه برخی از

¹ Specialized Supplier

² Science-Based

سیستم‌های HSE در صنعت برق، همچنان انجام مطالعات و تحقیقات پایه‌ای و کاربردی برای توسعه انواع سیستم‌ها، بهبود عملکرد سیستم‌ها و مطالعات کاربرد سیستم‌های مختلف HSE در صنعت برق جزو عوامل اصلی برای توسعه این سیستم‌ها محسوب می‌شود. از طرفی، کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE از طریق بروز نوآوری در محصولات قابل عرضه به صنعت برق کاملاً مشهود است و پیدا کردن بازار و توسعه آن برای محصولات و سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE از طریق بنگاه‌های مختلف صنعت برق کاملاً مطلوب می‌باشد. تعیین پارادایم هر کدام از زیرسیستم‌های HSE در صنعت برق با دوره عمر هر یک از این زیرسیستم‌ها نیز در ارتباط می‌باشد به نوعی که بسیاری از زیرسیستم‌های موجود دارای پارادایم مقیاس‌محور بوده و اکثر سیستم‌های جدید از پارادایم دانش پلایه بهره می‌برند. تعیین پارادایم فناورانه هر یک از سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE صنعت برق در بخش هوشمندی راهبردی در گزارش بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۱۵-۱- بررسی چرخه عمر

سیستم‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه‌بندی سیستم در طول مراحل چرخه عمر به نمایش گذاشت. تغییر ویژگی‌های عملکردی سیستم و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر سیستم است. تغییر حجم ارائه سیستم در بازار برحسب زمان نیز چرخه عمر محصول-بازار را نشان می‌دهند. در ادامه طبقه‌بندی ویژگی‌های سیستم از نگاه هریک از این دو نوع چرخه عمر بیان می‌گردد.

۱۵-۱-۱- چرخه عمر محصول - بازار

هر سیستم به صورت مجزا از محیط، قادر به ایفای نقش خود نخواهد بود و باید به صورت جزئی از یک محیط پیچیده، متشکل از سیستم‌های دیگر در نظر گرفته شود. بر اساس تعبیر استیل^۱ [۶۲] توسعه یک سیستم جدید به مانند یک جیگزاپازل^۲ است، به طوری که ورود یک سیستم جدید، نیازمند تغییر در سایر اجزاء اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به همین دلیل، معمولاً ظهور یک سیستم جدید با ممانعت محیط موجود روبه‌رو شده و در شرایطی ممکن است با شکست هم مواجه شود. این موضوع جذابیت جایگزینی سیستم‌ها را پایین می‌آورد. اما از آنجا که توسعه، عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است،

¹ Steele

² Jigsaw Puzzle

اتکا تنها بر سیستم‌های گذشته نیز از توان رقابت‌پذیری می‌کاهد. بنابراین، برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی، لازم است تا بهینه‌ترین شرایط برای ورود یک سیستم برآورده شود. چرخه عمر محصول - بازار مفهومی است که می‌تواند به طور جامع به عنوان ابزاری مفهومی برای تحلیل رفتار فروش کالا مورد استفاده قرار گیرد.

چرخه عمر محصول - بازار، منحنی فروش را برای بازه‌ی زمانی ورود تا خروج محصولات از بازار به نمایش می‌گذارد. این چرخه عمر می‌تواند هم در محیط داخل کشور و هم در محیط بین‌المللی به نمایش مرحله محصول - بازار بپردازد. بسیاری از محققین از چرخه عمر محصول - بازار به عنوان ابزاری برای شناسایی راهبردها و سیاست‌های ورود به بازار یا تولید یک کالا بهره گرفته‌اند. معمولاً مراحل چرخه عمر محصول - بازار بین ۴ تا ۶ مرحله تقسیم‌بندی می‌شود [۶۳، ۶۴، ۶۵ و ۶۶] که مهمترین این مراحل (مورد توافق غالب نویسندگان)، عبارتند از: معرفی^۱ (جنینی)، رشد^۲، بلوغ^۳ و زوال^۴. همچنین، بعضاً اولین مرحله از چرخه عمر محصول - بازار را به عنوان تحقیق و توسعه نیز در نظر گرفته‌اند که این مرحله بیشتر از اینکه بر بازار محصول متمرکز باشد بر خلق و توسعه دانش پایه فناوری تمرکز دارد.

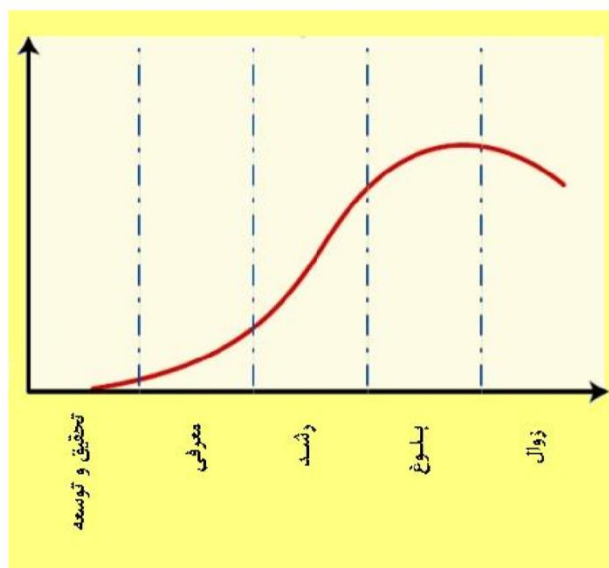
یک محصول در ابتدا با یک نام تجاری خاص به بازار عرضه می‌شود. این مرحله، مرحله معرفی نام دارد. پس از شناخت اولیه محصول در بازار، فروش محصول رشد سریعی را تجربه می‌کند و در مدت زمان کوتاه با افزایش فزاینده‌ای روبرو می‌شود. این مرحله تحت عنوان مرحله رشد شناخته می‌شود. پس از آن، شدت رشد فروش کاسته شده و فروش محصول با نرخ کاهنده بهبود می‌یابد تا سرانجام به اوج خود می‌رسد. این مرحله بلوغ نام دارد. با رسیدن به مرحله بلوغ، از میزان فروش محصول در بازار کاسته شده و محصول در مرحله زوال از چرخه عمر خود قرار می‌گیرد. شکل ۴-۱ میزان فروش محصول در هر یک از دوره‌های عمر محصول - بازار را نشان می‌دهد. طول هر یک از این مراحل از محصولی به محصول دیگر متفاوت است. بعضی از محصولات به طور مستقیم از مرحله معرفی به مرحله بلوغ خود می‌رسند و رشد قابل توجهی را در هر یک از مراحل چرخه عمر از خود نشان نمی‌دهند در حالی که بعضی دیگر از محصولات ممکن است سریع مورد اقبال عموم قرار گرفته و رشد چشمگیری داشته باشند.

¹ Introduction

² Growth

³ Maturity

⁴ Decline



شکل ۴-۱: میزان فروش محصول در چرخه عمر محصول - بازار

تغییراتی که در چرخه عمر محصول - بازار روی می‌دهد با استفاده از پارامترهای زیر قابل بررسی است:

- ساختار بازار (که نشان‌دهنده تعداد تولیدکنندگان محصول است)
- قیمت فروش محصول در بازار
- تغییرات حجم بازار
- راهبرد بازاریابی بنگاه‌ها
- سود فروش بنگاه‌ها
- نوع تحول فناورانه

جدول ۴-۱ به نمایش تغییرات این معیارها در طول چهار مرحله اصلی چرخه عمر محصول - بازار پرداخته است. ویژگی این معیارها در مراحل مختلف چرخه عمر می‌تواند به عنوان چارچوبی برای شناسایی مرحله بازار هدف مرتبط با گزینه‌های راهبردی استفاده شود. براساس مراحل چرخه عمر محصول - بازار، نتایج زیر را می‌توان حاصل نمود:

- نوع اکتساب فناوری: در مراحل معرفی و رشد به دلیل انحصار چندجانبه در ساختار بازار، امکان همکاری فناورانه یا خرید فناوری چندان میسر نمی‌باشد. بنابراین در گزینه‌هایی که بازار جهانی آن‌ها نیز در مراحل معرفی یا رشد قرار دارد، اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های مبتنی بر توسعه درون‌زا در اولویت بیشتری قرار می‌گیرد. اما در گزینه‌هایی که دارای بازاری بالغ می‌باشند، به دلیل تعدد در رقبا و پدید آمدن بازار مناسب خرید و نیز شکست قیمت‌ها، توسعه بنیادین گزینه معقولانه

نبوده و مناسب است تا از سیاست‌های مبتنی بر انتقال فناوری و یا توسعه فناوری با تکیه بر توانمندی نیروهای خارجی بهره گرفته شود.

- نقش دولت: به دلیل پایین بودن سود بنگاه در مراحل ابتدایی این چرخه، تمایل واحد خصوصی به مشارکت در فعالیتهای توسعه‌ای این محصولات پایین می‌باشد. بنابراین نقش دولت در هدف‌گذاری و تعریف اقدامات تحقیقاتی-توسعه‌ای پررنگ‌تر خواهد بود. در طرف مقابل، در گزینه‌های دوره‌های بلوغ با توجه به حاشیه سود بالاتر و تمایل بنگاه‌ها به مشارکت در تولید و توسعه، نقش سیاست‌گذاری دولت و تلاش در جهت تسهیل و تنظیم‌گری فعالیتهای انجام شده توسط کنش‌گران خصوصی و عمومی برجسته‌تر می‌باشد.

جدول ۴-۱: مقایسه مراحل مختلف چرخه عمر محصول - بازار

ردیف	معرفی	رشد	بلوغ	زوال
ساختار بازار	انحصار چندجانبه	در حال رشد	تشبیت تعداد رقبا	تعداد رقبا در این مرحله در حال کاهش است
راهبرد بنگاه‌ها	تشبیت بازار و تلاش جهت ترغیب مصرف‌کنندگان به خرید محصول	نفوذ در بازار، تلاش در جهت تشبیت علامت تجاری بنگاه در بازار	تلاش در جهت حفظ سهم بازار خود	آمادگی جهت خروج از بازار
سود بنگاه‌ها	قابل چشم‌پوشی	در حال افزایش	به بالاترین مقدار خود می‌رسد	رشد صفر و یا منفی است
قیمت فروش	در این مرحله قیمت فروش به دلیل هزینه‌های اجرا و سربار تولید بالاست	در این مرحله قیمت فروش محصول ثابت است و در انتهای این دوره شروع به کاهش می‌کند	قیمت به دلیل وجود تعداد زیاد رقیب و کاهش تقاضای محصول در حال کاهش است	قیمت به پایین‌ترین مقدار ممکن می‌رسد
فروش محصول	فروش محصول به دلیل عدم اقبال عمومی پایین است	فروش محصول از رشد قابل توجهی برخوردار است	از رشد فروش کاسته شده است	رشد فروش در حال کم شدن است و رشد منفی اتفاق می‌افتد
نوع تحول	تحول در محصول نهایی	تحول در محصول نهایی	تحول در فرآیند ساخت محصولی واحد	تحول در فرآیند ساخت محصولی واحد

با توجه به معیارهای تعیین چرخه عمر محصول - بازار سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق، می‌توان گفت که ساختار بازار این حوزه همچنان به درستی شکل نگرفته و در حال حاضر به صورت بازارهای

محلی در حال رشد می‌باشد. معدود بنگاه‌های فعال در این حوزه دارای سود بسیار اندکی هستند و اکثراً سعی در بهبود فرهنگ استفاده از این سیستم‌ها و بازسازی دارند. لیکن، از جهت آنکه حوزه دانشی سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE تا حدودی پیشرفت کرده و دستاوردهای زیادی داشته است، نوع تحول این حوزه هم به صورت تحول در فرآیند ساخت محصولات و هم به صورت تحول در محصول نهایی می‌تواند بروز کند. لذا، مرحله عمر محصول - بازار سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق تقریباً مرحله معرفی محصول - بازار خواهد بود. وضعیت هر یک از معیارهای سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق به منظور تعیین مرحله عمر محصول - بازار در جدول ۵-۱ نشان داده شده است.

تعیین مرحله عمر محصول - بازار هر یک از زیرسیستم‌های HSE در صنعت برق از طریق بهره‌گیری از مفهوم سطح آمادگی بازار^۱ در بخش هوشمندی راهبردی (در زمان حال) و آینده‌پژوهی (در زمان آینده) در گزارش بعدی انجام خواهد گرفت.

جدول ۵-۱: مرحله عمر محصول - بازار سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق

ردیف	معرفی	رشد	بلوغ	زوال
ساختار بازار	انحصار چندجانبه	در حال رشد	تثبیت تعداد رقبا	تعداد رقبا در این مرحله در حال کاهش است
راهبرد بنگاه‌ها	تثبیت بازار و تلاش جهت افزایش	نفوذ در بازار، تلاش در جهت تثبیت	تلاش در جهت حفظ سهم بازار خود	آمادگی جهت خروج از بازار

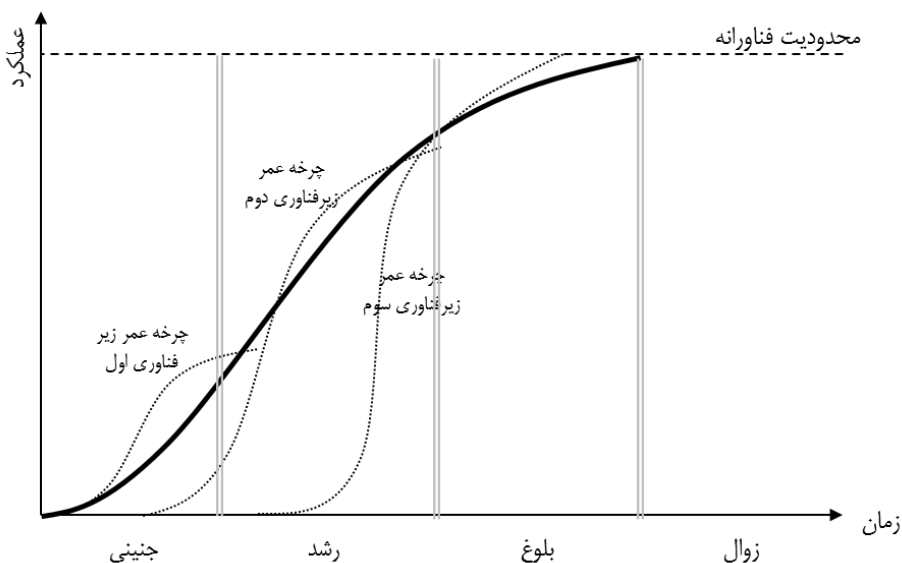
¹ Market Redeanes Level (MRL)

		علامت تجاری بنگاه در بازار	مصرف‌کنندگان به خرید محصول	
رشد صفر و یا منفی است	بالاترین مقدار خود می‌رسد	در حال افزایش	قابل چشم‌پوشی	سود بنگاه‌ها
قیمت به پایین‌ترین مقدار ممکن می‌رسد	قیمت به دلیل وجود تعداد زیاد رقیب و کاهش تقاضای محصول در حال کاهش است	در این مرحله قیمت فروش محصول ثابت است و در انتهای این دوره شروع به کاهش می‌کند	در این مرحله قیمت فروش به دلیل هزینه‌های اجرا و سربار تولید بالاست	قیمت فروش
رشد فروش در حال کم شدن است و رشد منفی اتفاق می‌افتد	از رشد فروش کاسته شده است	فروش محصول از رشد قابل توجهی برخوردار است	فروش محصول به دلیل عدم اقبال عمومی پایین است	فروش محصول
تحول در فرآیند ساخت محصولی واحد	تحول در فرآیند ساخت محصولی واحد	تحول در محصول نهایی	تحول در محصول نهایی	نوع تحول فناورانه

۱-۱۵-۲- چرخه عمر سیستم

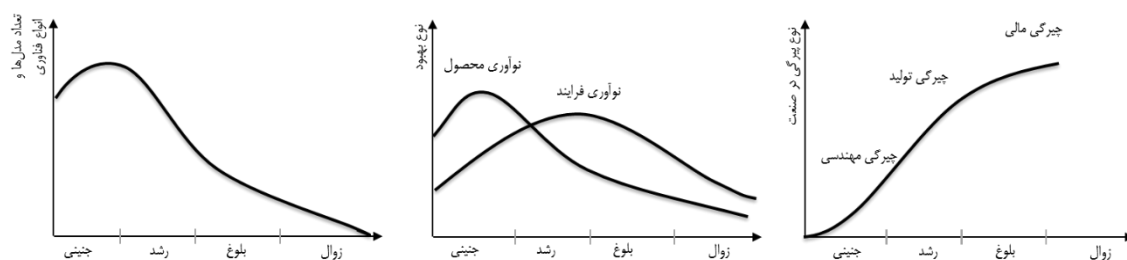
چرخه عمر سیستم، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک سیستم را در طول زمان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، محل قرارگیری یک سیستم در چرخه عمر، متأثر از منحنی‌های چرخه عمر زیرسیستم‌های وابسته به آن می‌باشد. از آنجا که سیستم‌های پیچیده غالباً از سیستم‌های دیگری در سطوح پایین‌تر تشکیل شده‌اند، چرخه عمر آن‌ها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها است (شکل ۵-۱). این منحنی دارای چهار مرحله جنینی (مرحله تحقیقات و توسعه)، رشد (مرحله رقابت در بازار بر مبنای دانش فنی)، بلوغ (مرحله رقابت در بازار بر مبنای قیمت) و زوال (مرحله خروج از بازار) است. زمانی که یک سیستم به محدودیت طبیعی^۱ خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با سیستم‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین، لازم است تا سیستم‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه‌ریزی برای توسعه سیستم‌های موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.

¹ Technological Limits



شکل ۵-۱: ارتباط چرخه عمر سیستم با چرخه عمر زیرسیستم‌ها [۵۵]

با استفاده از سه معیار تنوع مدل‌های موجود^۱، نوع بهبودهای صورت گرفته^۲ و نوع چیرگی موجود در صنعت^۳، می‌توان به صورت کیفی جایگاه هر سیستم را در چرخه عمر سیستم معین نمود. شکل ۶-۱ نشان‌دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر سیستم است.



شکل ۶-۱: وضعیت معیارهای سنجش مرحله عمر سیستم [۶۶]

در حوزه سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق، می‌توان گفت از آنجا که در این حوزه تعداد مدل‌ها و انواع دستورالعمل‌ها بسیار زیاد هستند و در زمینه‌های گسترده و متفاوت نیز کاربرد دارند، لذا هنوز رویکردهای این حوزه همگرا نشده و به نوعی در مراحل جنینی یا رشد قرار دارند. از طرفی، نوع

¹ Number of Model and Product Type

² Type of Improvement

³ Industry Domination

بهبود سیستم‌های HSE در صنعت برق، همانطور که در بخش قبل اشاره شد، تلفیقی از نوآوری محصول و نوآوری فرآیند می‌باشد که این امر مرحله عمر سیستم را مرحله رشد یا بلوغ تعیین می‌کند. از طرفی از آنجا که همچنان بسیاری از محصولات و خدمات قابل ارائه در حوزه HSE برای کاربرد در صنعت برق تجاری‌سازی نشده‌اند و اکثر پیشرفت‌های این حوزه در حوزه خلق و توسعه دانش می‌باشد، می‌توان گفت که نوع چیرگی این حوزه از نوع چیرگی مهندسی است که در مرحله جنینی و رشد بروز می‌کند. مبتنی بر توضیحات ارائه شده، با تقریب مناسبی می‌توان مرحله عمر سیستم‌های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق را مرحله رشد دانست. لازم به ذکر است که تعیین مرحله عمر هر یک از زیرسیستم‌های HSE در صنعت برق از طریق بهره‌گیری از مفهوم سطح آمادگی فناوری^۱ در بخش هوشمندی راهبردی (در زمان حال) و آینده‌پژوهی (در زمان آینده) در فصل بعدی انجام خواهد گرفت.

¹ Technology Redeanes Level (TRL)

فصل دوم: هوشمندی راهبردی

هدف از هوشمندی راهبردی، درک ماهیت حوزه تخصصی نه تنها در زمان حال، بلکه در بسترهای آینده است. برای این منظور باید هم به شناسایی فناوری‌ها و سیستم‌ها پرداخت و هم به کندوکاو آینده پیرامون آن‌ها. خروجی بدست آمده از این مولفه به عنوان ورودی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از حوزه‌های شناسایی شده در این مولفه، می‌توان به هدف‌گذاری و تعیین راهبردها در مولفه جهت‌گیری کلان پرداخت. همچنین، بینش بدست آمده از آینده‌پژوهی بر کلیه اجزای جهت‌گیری‌های کلان، از منظر داشتن نگاه به آینده (در نظرگیری سناریوهای مختلف، روندهای آتی تحقیق و توسعه و غیره) اثرگذار خواهد بود.

۱-۲- شناسایی حوزه‌های راهبردی

به منظور تصمیم‌گیری در مورد جهت‌گیری‌های کلان (مشمول بر راهبردها و سیاست‌ها) و نیز انجام مطالعات آینده‌پژوهی، لازم است تا در ابتدا اجزاء و زیرسیستم‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزه‌های راهبردی برای استناد به این اجزاء استفاده می‌شود. حوزه‌های راهبردی در برگرفته دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها، و یا هر دو. در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، منظور از حوزه راهبردی، قطعات و زیرفناوری‌های تشکیل‌دهنده آن است. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، حوزه‌های راهبردی مشتمل بر استفاده از نانوفناوری‌ها در صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی بوده و معنی کاربرد را به خود می‌گیرد. در نهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، حوزه راهبردی را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به صورت توأمان) دانست، مانند استفاده از پیل سوختی SOFC در کاربردهای قابل حمل. در یک جمع‌بندی:

" حوزه راهبردی مجموعه‌ای از حالات مختلف به کار رفتن زیرفناوری‌ها و زیرسیستم‌های دارای زمینه

دانشی مشترک در کاربردهای مختلف محصولی یا فرایندی است."

لازم به ذکر است که HSE در صنعت برق متشکل از کاربرد و زیرفناوری به صورت توأمان است. در ادبیات مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه‌های راهبردی ارائه گردیده است. با دقت بر ویژگی‌های هر روش و نیز انجام مقایسه میان آن‌ها از یک طرف، و با توجه به ویژگی‌های موجود HSE در صنعت برق از طرف دیگر، می‌توان روش مناسب برای شناسایی حوزه‌های راهبردی را انتخاب نمود. لذا، در ادامه به توضیح مختصر روش‌ها و مقایسه میان آنها پرداخته می‌شود.

۲-۲- نگرش زنجیره ارزش

این روش توسط مایکل پورتر در سال ۱۹۸۵ ارائه گردیده است. او هر بنگاه را مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی می‌داند که به منظور طراحی، تولید، بازاریابی، فروش و خدمات پس از فروش محصول یا خدمات انجام می‌شوند. این فعالیت‌ها به دو دسته فعالیت‌های اصلی و فعالیت‌های پشتیبانی تقسیم می‌شوند. فعالیت‌های اصلی، شامل تولید محصول/خدمات، فروش و انتقال به خریدار و خدمات پس از فروش می‌باشد. فعالیت‌های پشتیبانی به عنوان حمایت‌کننده فعالیت‌های اصلی بوده و شامل تهیه مواد اولیه، فناوری، نیروی انسانی و غیره می‌باشد. مایکل پورتر معتقد است که هر فعالیت با ارزش در این زنجیره، اعم از فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی در برگیرنده یک یا چند فناوری می‌باشد. فناوری در تمام فعالیت‌های توسعه (چه فعالیت‌های اصلی و چه فعالیت‌های خرد) نهفته است. با جایگزین نمودن فعالیت‌های زنجیره ارزش ترسیم شده برای توسعه، بنگاه قادر به شناسایی حوزه‌های راهبردی خواهد بود. مراحل شناسایی حوزه‌ها با این روش به صورت زیر است:

❖ توسعه زنجیره ارزش بنگاه

❖ شناسایی حوزه‌های موجود به کار رفته در هر فعالیت

❖ شناسایی حوزه‌های جدیدی که قابلیت استفاده در فعالیت‌های زنجیره ارزش را دارا می‌باشند.

۳-۲- نگرش فرایندی

فرایند به صورت مجموعه‌ای از فعالیت‌ها تعریف می‌شود که ورودی را به خروجی تبدیل می‌کند. این تبدیل به منظور ایجاد نتایج ارزشمند برای مشتریان داخلی و خارجی صورت می‌پذیرد [۱۶]. هر بنگاه یا سازمان از سه نوع فرایند تشکیل شده است [۱۷]: فرایندهای اصلی، فرایندهای خرد، و فرایندهای مدیریتی. فناوری در تمام فرایندهای بنگاه که ورودی‌ها را به خروجی تبدیل کرده و برای مشتری ارزش‌آفرینی می‌کنند، به چشم می‌خورد. در این میان، فناوری‌های راهبردی نیز فناوری‌هایی هستند که در فرایندهای کلیدی بنگاه به کار رفته‌اند یا قابلیت استفاده دارند. فرایندهای کلیدی نیز فرایندهایی هستند که بیشترین نقش را در موفقیت بنگاه دارا می‌باشند.

برای استفاده از این روش، در ابتدا زنجیره اصلی فرایند شناسایی می‌شود و فرایندهای کلیدی آن معین می‌گردد. از آنجا که هر فرایند متشکل از چندین فعالیت می‌باشد، با شناسایی فناوری‌های مرتبط با هر فعالیت، می‌توان حوزه راهبردی را انتخاب نمود. جهت تکمیل شناسایی، شناخت فناوری‌های رقیبی که در هر فعالیت می‌توانند جایگزین فناوری فعلی باشند نیز به عمق شناسایی کمک شایانی می‌نماید. فناوری‌های شناسایی شده می‌توانند از نوع سخت افزاری، نرم افزاری و یا مهارت‌های فناورانه و مانند آن باشند. البته معمولاً در فرایندهای تولیدی، تعداد فعالیت‌ها و فناوری‌های شناسایی شده زیاد بوده و همگی نیز از وزن و اهمیت یکسان برخوردار نیستند. لذا ارزیابی حوزه‌های شناسایی شده به عنوان قدم ضروری بعدی تعریف می‌گردد. دو مزیت عمده برای رویکرد فرایندمحور در برابر زنجیره ارزش فناوری را می‌توان تمرکز بر نتایج به جای کارکردها / وظایف و داشتن یک نگاه یکپارچه به شناسایی فناوری نام برد. این روش معمولاً برای شناسایی فناوری‌های فرایندی (مانند فناوری‌های فرایند تولید یک محصول) در سطح بنگاه و یا صنعت به کار می‌رود.

۴-۲-نگرش QFD

این روش یکی از ابزارها و روش‌های به کار گرفته شده در مدیریت کیفیت جامع^۱ بوده و به دنبال شناخت انتظارات مشتریان از محصول/خدمات ارائه شده می‌باشد. این روش ابزار مناسبی برای شناسایی فناوری‌های محصول/خدمات است. در این روش، خواسته‌ها و نیازهای مشتریان، به عنوان یک ورودی دریافت شده و سپس در قالب خصوصیات کیفی، تبیین گشته و مبنای کار مهندسين برای برآورده نمودن خواست مشتری قرار می‌گیرد. مهندسين این خصوصیات کیفی را با فعالیت‌های مربوطه ارتباط داده و فناوری‌های موجود یا جدیدی را که بتواند در این زمینه به آنها کمک کند، شناسایی می‌کنند. این ابزار، روشی سیستماتیک برای شناخت انتظارات مشتری و اعمال این انتظارات در محصول می‌باشد و روش علمی جهت طراحی، مهندسی و تولید محصول ارائه می‌نماید. به علاوه، این روش ارزیابی عمیقی از فناوری‌های موجود و یا آینده محصول ارائه می‌کند.

استفاده از روش QFD در شناسایی فناوری مستلزم مراحل زیر است:

- ترجمه نیازهای مشتری به ویژگی‌های کیفیتی از طریق ماتریس کیفیت
- ارتباط دادن ویژگی‌های کیفیتی به ماتریس کارکردهای محصول/سرویس
- شناسایی فناوری‌هایی که برای تأمین کارکردهای محصول/سرویس به کار رفته و موجب بهبود عملکرد کلی آن می‌شود.

روش QFD راهی برای شناسایی حوزه‌های فناوری‌های کلیدی، ارزیابی اولیه آن‌ها و انتخاب حوزه‌های منتخب در سطح بنگاه است. به طور کلی، جهت شناسایی کاربردهای فناوری موجود در یک بنگاه اقتصادی معمولاً از نگرش فرآیندی و زنجیره ارزش برای فناوری‌های فرآیندهای تولید و از نگرش QFD برای زیرفناوری‌های محصول استفاده می‌گردد.

۵-۲-نگرش نگاشت فناوری

برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. رسم یک نگاشت به تصمیم‌گیران در بحث و تبادل نظر کمک می‌کند. نگاشت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات میان فناوری‌ها پرداخته، یک راه ایده‌آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات

¹ Total Quality Management (TQM)

بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیقی از موضوع، حتی برای افراد ناآشنا، می‌شود. نگاشت فناوری معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در یک تعریف ساده، عموماً یک نگاشت، شامل تعدادی گره^۱ و خط^۲ می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین کاربردهای نگاشت فناوری برای مدیران، برنامه‌ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرایندهای بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آنها بر محصولات و خدماتشان می‌باشد. از این روش می‌توان برای شناسایی حوزه‌های فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربرد نیز استفاده نمود. چهار روش شناخته شده زیر، برای ترسیم نگاشت فناوری وجود دارد که با توجه به نیاز تحلیل‌گران و برنامه‌ریزان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این چهار روش عبارتند از:

- نگاشت تاریخی^۳: این نوع نگاشت بیشتر به منظور تعیین مسیر و روندیابی تغییرات و پیشرفت فناوری استفاده می‌شود.
- نگاشت همبستگی کلمات^۴: بر اساس تعداد انتشارات و حق ثبت اختراعاتی که در یک دوره زمانی ظهور می‌کنند، روند رشد دانش با این روش تعیین می‌گردد. این فعالیت باعث می‌گردد جهت‌گیری‌های علمی و تمرکز متخصصان که احتمالاً بیشترین تغییرات فناورانه را به دنبال خواهد داشت روشن گردد.
- نگاشت علی و معلولی^۵: در نگاشت نوع سوم به روابط علی و معلولی یک فناوری و موضوعات تاثیرگذار بر روی آن توجه و این اثرات ترسیم می‌گردند.
- نگاشت مفهومی^۶: این نگاشت به ترسیم موضوعات و مفاهیم مرتبط با یک فناوری از منظر مورد علاقه می‌پردازد. با این نگاشت می‌توان حوزه‌های فناورانه را به صورت مبسوط ترسیم کرده و مورد بررسی قرار داد.

¹ Node

² Link

³ Chronological Mapping

⁴ Co-word based Mapping

⁵ Cognitive Mapping

⁶ Conceptual Mapping

۶-۲- انتخاب روش مناسب شناسایی حوزه‌های راهبردی

در این قسمت، چهار روش ذکر شده در شناسایی حوزه‌های راهبردی از منظر محدودیت‌ها و مزیت‌هایشان با هم مقایسه می‌گردد. هر یک از این روش‌ها دارای سطح توانمندی‌های متفاوتی، از شناسایی زیرفناوری‌های محصول در یک بنگاه گرفته تا شناسایی کاربرد فناورانه در سطح ملی هستند. برای انجام بهتر مقایسه می‌توان از ماتریس ارائه شده توسط آراستی و باقری مقدم [۱۸] استفاده نمود (جدول ۱-۲). این ماتریس می‌تواند به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری در انتخاب روش مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱-۲: مقایسه روش‌های شناسایی حوزه‌های راهبردی

شناسایی-ارزیابی	شناسایی	
QFD	نگاشت فناوری	فناوری‌های محصول
نگرش فرایند محور-QFD	زنجیره ارزش پورتر	فناوری‌های فرایند
	نگاشت فناوری	کاربردهای فناورانه

بر اساس این ماتریس، برای شناسایی فناوری‌های محصول در سطح بنگاه، استفاده از روش QFD و نیز برای شناسایی کاربردهای فناورانه در سطح ملی یا بخشی، نگرش نگاشت فناوری مناسب خواهد بود. به طریق مشابه، در مورد شناسایی فناوری‌های فرایند، سه نگرش زنجیره ارزش فناوری، نگرش فرایند محور و QFD قابل استفاده در سطح بنگاه هستند. با توجه به اینکه هدف این سند تعیین جهت‌گیری‌های کلان توسعه HSE در صنعت برق در سطح ملی است و همچنین کاربردهای HSE در صنعت برق مورد توجه سند خواهد بود، روش نگاشت فناورانه به عنوان روش منتخب شناسایی حوزه‌های راهبردی HSE در صنعت برق مورد استفاده قرار خواهد گرفت. از این پس، از این روش با عنوان روش ترسیم درخت فناوری در سند نام برده می‌شود.

۷-۲- ترسیم درخت فناوری

از بین روش‌های شناخته شده برای شناسایی حوزه‌های راهبردی و با توجه به ویژگی‌های HSE در صنعت برق، روش ترسیم درخت فناوری به منظور شناخت حوزه‌های راهبردی انتخاب شده است. به منظور ترسیم درخت فناوری‌های HSE در صنعت برق، با بررسی ادبیات نظری این حوزه این نتیجه حاصل شد که کاربردهای HSE در صنعت برق را می‌توان به طور کلی به سه حوزه عمده «سلامت»، «ایمنی» و «محیط‌زیست» تقسیم نمود. با توجه به توضیحات ارائه شده، درخت فناوری HSE در صنعت

برق در هر یک از سه بخش مذکور در ادامه ارائه خواهد شد. هدف از ترسیم این درخت فناوری ایجاد سهولت در بررسی زیرفناوری‌ها و زیرسیستم‌ها در مراحل بعدی طرح در راستای اولویت‌بندی فناوری‌ها و تدوین راهبردهای کلان توسعه HSE در صنعت برق است. لذا، در مراحل بعدی تدوین سند، درخت فناوری ارائه شده در این بخش مبنای تکمیل پرسشنامه‌ها و تعیین اولویت‌های توسعه خواهد بود. در بخش‌های بعدی این گزارش به تشریح زیرفناوری‌ها و زیرسیستم‌های هر شاخه از درخت فناوری پرداخته خواهد شد.

۸-۲- حوزه سلامت

بر اساس اعلام سازمان بین‌المللی کار^۱ در سال ۲۰۱۹، سالانه ۳۴۰ میلیون حادثه ناشی از کار اتفاق می‌افتد [۱] که در صورت تبدیل این تعداد حادثه به روز، ساعت، دقیقه و ثانیه می‌توان اذعان کرد که در هر ثانیه، تقریباً ۱۱ حادثه شغلی در دنیا رخ می‌دهد. اگر قربانی هر حادثه، فقط یک نفر در نظر گرفته شود، مفهوم آن این است که در هر ثانیه، حداقل سلامتی ۱۱ نفر به خطر می‌افتد. ضمن اینکه آمار ذکر شده، آمار حوادث ثبت شده در سازمان‌های ذی‌صلاح است در حالی که حوادث زیادی رخ می‌دهد که هیچ مرجعی آنها را ثبت نمی‌نماید. بر اساس آمار سازمان ایمنی و بهداشت شغلی^۲، در هر سال به طور متوسط ۱۲۹۷۶ مورد از آسیب‌های شغلی و ۸۶ مورد از مرگ و میر ناشی از حوادث شغلی مربوط به کارکنانی است که در صنعت برق (بخش‌های تولید، توزیع و انتقال برق) کار می‌کنند [۲]. کارکنان شاغل در صنعت برق، با طیف وسیعی از مخاطرات بهداشت شغلی مواجه هستند. در صورت بروز این حوادث، اثرات جبران‌ناپذیری بر نیروی کار که مهمترین سرمایه اصلی هر سازمانی محسوب می‌شود، وارد می‌گردد. به منظور موفقیت در هر صنعتی، علاوه بر برقراری شرایط مورد نیاز تولید، حفظ و ارتقا سلامت نیروی انسانی، حذف و یا به حداقل رساندن عوامل مؤثر در ایجاد مخاطرات و حوادث بهداشت شغلی ضروری است.

^۱ International Labor Organization (ILO)

^۲ Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

شناسایی مخاطرات شغلی به عنوان یک گام در راستای ارتقاء سلامت شغلی کارکنان محسوب می‌گردد. در این گزارش عمده مخاطرات شغلی که کارکنان صنعت برق در دو حوزه تولید و توزیع با آن مواجه هستند در دو محور اصلی ملاحظات عمومی و اختصاصی بررسی می‌گردد.

۲-۸-۱- ملاحظات عمومی بهداشت شغلی

۲-۸-۱-۱- مشکلات ارگونومی

اختلالات اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار یک مسئله جدی با پیامدهای بزرگ اقتصادی است. این اختلالات در نواحی مختلف بدن از جمله گردن، شانه، بازو، مچ و کمر رخ می‌دهد که از این میان، کمردرد بیشترین شیوع را دارد [۳، ۴]. از جمله اعمالی که سبب به وجود آمدن این اختلالات می‌شوند وضعیت نامناسب بدن، حرکات تکراری، حمل بار سنگین، هل دادن و کشیدن بار می‌باشند [۵]. سایر عوامل خطر ساز در پیدایش اختلالات اسکلتی-عضلانی عوامل روحی، سازمانی و وابسته به فرد می‌باشند [۶]. عواملی مانند ارتعاش و کاهش دمای محیط کار، سبب افزایش خطر صدمه به سیستم اسکلتی-عضلانی می‌شود. همچنین، شیوع این اختلالات در نتیجه عواملی مانند سن، شاخص توده بدن، وجود استرس در محیط کار، استعمال دخانیات یا وجود بیماری‌های زمینه‌ای اسکلتی-عضلانی افزایش می‌یابد [۷]. در بیشتر محیط‌های کاری از جمله واحدهای مختلف صنعت برق، کارکنان با انواع مختلفی از عوامل خطر اختلالات اسکلتی-عضلانی مواجهه دارند [۸]. در بررسی انجام شده توسط فرهادی و همکارانش در سال ۲۰۱۵ روی ۲۱۵ نفر از کارکنان نیروگاه برقابی سیمره دریافتند که کمردرد شایع‌ترین عارضه اسکلتی - عضلانی در میان پرسنل است [۹]. صادقی‌پور و همکارانش [۱۰]، با بررسی روی ۶۴ نفر از کارکنان شرکت توزیع برق بوشهر دریافتند که بیشترین اختلالات اسکلتی - عضلانی زنان در ناحیه فوقانی پشت و برای مردان در ناحیه کمر مشاهده می‌شود که با افزایش BMI و درصد چربی بدن، میزان بروز این اختلالات افزایش می‌یابد.

در تحقیق دیگری، میزان شیوع ناهنجاریهای اسکلتی - عضلانی کارکنان شرکت توزیع نیروی برق استان مرکزی مورد بررسی قرار گرفت [۱۱]. نتایج نشان داد که بیشترین میزان اختلالات در کارکنان قرائت کنتور و سپس کارکنان اداری وجود دارد.

امروزه محققین عنوان می‌کنند که از مهمترین ریسک فاکتورها و علل ارگونومیک منجر به این اختلالات، بار بیومکانیکی بیش از حد، تکراری و نامناسب می‌باشد که این خود می‌تواند ناشی از خطاهای انسانی و غیر انسانی مانند دستگاهها و ابزارهای مورد استفاده باشد [۱۲]. عدم فعالیت بدنی منظم و اتخاذ وضعیت‌ها و عادات حرکتی نامناسب نیز می‌تواند در کنار این ریسک فاکتورها خطر اختلالات اسکلتی عضلانی را بیشتر کند [۱۳].

ارائه برنامه‌های منظم آموزشی در زمینه پوسچر و ارگونومی صحیح جهت پیشگیری از بروز آسیب‌های بیشتر کارکنان توصیه می‌شود. نیاز به بهبود وضعیت کاری در تعداد زیادی از مطالعات انجام شده به اثبات رسیده است که نشان دهنده وجود یک رابطه مستقیم بین پوسچرهای نامطلوب و اختلال عملکرد و یا درد در قسمتهای مختلف دستگاه اسکلتی - عضلانی است. بر همین اساس راهکارهای زیر جهت افزایش سطح سلامتی این کارکنان ارائه می‌شود:

۱. برگزاری کارگاه‌های آموزشی ارگونومیک صحیح و اتخاذ پوسچر صحیح
۲. آموزش حرکات اصلاحی جهت جبران اختلالات اسکلتی مرتبط با پوسچر
۳. اتخاذ یک یا دو دوره زمانی کوتاه جهت اجرای حرکات نرمشی با هدف کاهش فشار بر ساختار اسکلتی عضلانی در حین کار
۴. ایجاد تنوع در وظایف کاربران رایانه و کاهش ساعت کار با رایانه
۵. غربالگری افراد دارای اختلالات اسکلتی عضلانی شدید و ارائه یک دوره درمانی کامل و جامع

۲-۸-۱-۲ نویز صوتی

در سال‌های اخیر، آلودگی صوتی یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت زندگی انسان‌ها در سراسر جهان است. بر اساس گزارشات سازمان بهداشت جهانی (WHO) اختلالات روان‌شناختی ناشی از صدا اثرات ناخوشایندی بر کیفیت زندگی مرتبط با سلامت دارد. با گسترش شهرها و قرارگرفتن تأسیسات صنعت برق در محدوده شهری، اهمیت کاهش آلودگی صوتی ناشی از این تأسیسات بیش از پیش شده است. مواجهه طولانی مدت با صدا می‌تواند داری اثرات متعددی مانند تداخل در مکالمه، اختلال در خواب، کاهش عملکرد ذهنی و نهایتاً کاهش شنوایی شاغلین باشد [۱۴].

از جمله منابع تولید کننده آلودگی صوتی در تجهیزات مربوط به شبکه توزیع برق می‌توان به ترانسفورماتورهای قدرت و خطوط توزیع اشاره نمود. نیروگاهها نیز دارای تجهیزات متعددی مانند بوستر پمپ‌ها، کندانسورها، فن‌ها، بویلرها، دریچه‌های بخار، دریچه‌های کنترل و کمپرسورها می‌باشند که با توجه به ماهیت این تجهیزات، آلودگی صوتی بالایی در محیط بسته اطراف آنها تولید می‌شود [۱۵، ۱۶]. ساده ترین روش مقابله با این نوع آلودگی‌ها استفاده از دیواره برای جذب صدا است. دیوارهای حائل صوتی، موادی متراکم برای جلوگیری از نفوذ صدا هستند. این دیوارها می‌توانند در سمت مشخص و یا در همه اطراف منابع تولید نویز به کار روند.

استفاده از محفظه‌های آکوستیکی به منظور ایزولاسیون نویز صوتی تولید شده به طور بالقوه بیشترین کاهش نویز را در مقایسه با سایر روش‌ها فراهم می‌کند. گستره معمول کاهش نویز با استفاده از محفظه‌های آکوستیکی ۲۰-۳۰ dB می‌باشد که حتی با افزودن تمهیدات ایزولاسیون خاص می‌توان به کاهش نویز تا ۴۰ dB نیز دست یافت [۱۷]. مسئله اصلی در ارتباط با محفظه‌های صوتی، هزینه اولیه بالای آنها می‌باشد. همچنین این محفظه‌ها، مشکلاتی را در زمینه دسترسی کارکنان به تجهیز ایجاد می‌نماید که نیاز است طراحی این محفظه‌ها به صورت هوشمندانه انجام گیرد.

در هر صورت، کارشناس بهداشت حرفه‌ای واحد HSE باید قبل از هرگونه اقدام جهت سنجش سر و صدا نسبت به تهیه نقشه محیط کار، محل استقرار تجهیزات و ماشین آلات و پست‌های کار افراد، مشخص

نمودن منابع صوتی مستقیم و غیر مستقیم و انواع میدان‌های صوتی اقدام نماید. اندازه‌گیری به منظور سنجش میزان مواجهه کارگر باید در ناحیه شنوایی و نقاط توقف یا تردد کارگران انجام شود. کارکنانی که میزان مواجهه آنها با صدا از حدود مواجهه مجاز سر و صدا بیشتر می‌باشد، لازم است که در برنامه حفاظت شنوایی (HCP^1) شرکت داده شوند. در صورتی که نتایج حاصل از سنجش صدا در محیط کار با استانداردهای مورد پذیرش منطبق نباشد لازم است که نسبت به تهیه فهرست افراد در معرض خطر اقدام شده و این افراد توسط متخصص تحت پایش و کنترل (شنوایی سنجی) قرار گیرند.

۲-۸-۱-۳- عوامل شیمیایی

❖ برای بیش از نیم قرن از سال ۱۹۳۰، از میله‌های جوشکاری پوشش داده شده با آزیست برای جوشکاری استفاده می‌شد و علت این امر مقاومت بالای آزیست در برابر جریان الکتریکی است [۱۸]. با توجه به این مسئله، لازم است که میله‌های جوشکاری قدیمی مورد بررسی قرار گیرند و در صورت لزوم و غیرقابل استفاده بودن، در محل مناسب و با شیوه صحیح، دپو شوند. به طریق مشابه، لباسهای جوشکاری، دستکش‌ها و پیش بندهای مربوطه نیز با آزیست پوشش داده می‌شد که از کارگران در دمای بالای شعله محافظت کند. همه موارد ذکر شده نیز باید قبل از استفاده بررسی شده و در صورت لزوم دپو شوند. در حال حاضر، واشرهای فلنجی که توسط کارگران بخش تعمیر و نگهداری خراشیده شده و یا دور انداخته می‌شوند نیز دارای آزیست هستند و در مواجهه با آنها باید احتیاط لازم در نظر گرفته شود.

❖ حتی زمانی که کارگران جوشکاری نمی‌کنند و صرفاً ناظر بر کار جوشکاری هستند، در معرض اشعه UV و بخارات سمی حاصل از جوشکاری هستند [۱۹]. این بخارات ممکن است حاوی فلزاتی نظیر آلومینیوم، آنتیموان، آرسنیک، برلیوم، کادمیوم، کروم، کبالت، مس، آهن، سرب، منگنز، نقره، مولیبدن، نیکل، قلع، تیتانیوم، وانادیوم و روی و آلاینده‌های هوا نظیر اکسید نیتریک، دی اکسید نیتروژن، مونوکسید کربن، ازن، فلورید هیدروژن، آزیست، دی اکسید کربن و سایر مواد خطرناک باشند.

¹ Hearing Conservation Program

❖ به هنگام جابجایی و انتقال دی اکسید کربن به سیستم‌های اطفای حریق، کارگران باید جوانب احتیاط را با توجه به مخاطرات بروندی دی اکسید کربن در نظر بگیرند.

❖ ورقه‌های صنعتی Micarta که یک کامپوزیت ترموالاستیک است در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی و حوزه توزیع به عنوان عایق الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۰]. این ورقه‌ها از فنول و فرم آلدئید تشکیل شده است که روی یک پایه الیاف کتان قرار دارند. عملیات تعمیر و تعویض این عایق‌ها می‌تواند کارگران را در مواجهه با فنول و فرم آلدئید قرار دهد.

❖ در حوزه توزیع، ترمومترهای جیوه در آزمایشگاه و سوئیچ‌ها، کنترلرها و رله‌های قدیمی جیوه شکسته باید به درستی جابجا شوند در غیر این صورت می‌توانند کارگران را در معرض جیوه قرار دهند. احتمال مواجهه با جیوه برای کارکنان آزمایشگاه و کارگران واحد تعمیر و نگهداری در نیروگاه‌ها نیز وجود دارد. از دید جیوه برای تهیه شناساگر (معرف) Nessler استفاده می‌شود که این معرف برای تشخیص و شناسایی نشت آمونیاک کاربرد دارد. از تیوسیانات جیوه برای شناسایی یون‌های کلرید در آب استفاده می‌گردد که بعضاً این تست آزمایشگاهی را روی آب خروجی مبدل‌های حرارتی انجام می‌دهند. همچنین برخی محلول‌های بافر pH نیز حاوی کلرید جیوه هستند. در برخی از تست‌های آزمایشگاهی هنوز به دماسنج‌های جیوه‌ای نیاز است که در صورت شکسته شدن، خطر آزاد شدن جیوه را به همراه دارد. سوئیچ‌های شناور قدیمی نیز ممکن است حاوی جیوه باشند که در صورت آسیب دیدن، جیوه را در هوا آزاد می‌کنند.

❖ لحیم‌کاری با لحیم قلع/سرب (۸۰/۲۰) در کارگاه‌های مربوطه بدون تهویه مناسب می‌تواند کارگران را در معرض رزینی به نام ACGIH TLV قرار دهد که محصول جانبی حین فرآیند لحیم‌کاری است و حساسیت‌های پوستی نظیر التهاب، تورم، خارش و تاول به همراه دارد. در این فرآیند، سرب به حدی گرم نمی‌شود که مخاطرات تنفسی به دنبال داشته باشد اما تجمع آن روی سطوح در طولانی مدت می‌تواند منجر به مشکلات گوارشی برای کارگران شود.

۲-۸-۱-۴- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

از سال ۱۹۸۲ تحقیقات متعددی در رابطه با تماس شغلی با میدان مغناطیسی و عوارض ناشی از آن مانند احساس خستگی، تحریک پذیری، سردرد، کم شدن اشتها، تغییر الگوی ¹EEG، بی حسی، کاهش فشار خون و غیره انجام شده است [۲۱]. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس‌های بزرگتر از ۳ هرتز و کمتر از ۳۰۰۰ هرتز به طور کلی به عنوان میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم (²ELF) شناخته شده‌اند [۲۲]. میانگین مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی در مشاغلی که با تجهیزات الکتریکی سروکار دارند، بیش از سایر مشاغل نظیر مشاغل دفتری گزارش شده است. پست‌های برق، ژنراتورها در نیروگاه‌های حرارتی، خطوط انتقال، خطوط توزیع، دستگاه‌های صنعتی و همچنین لوازم الکترونیکی برقی، برخی منابع رایج شناخته شده از میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم محسوب می‌شوند که باعث مواجهه کارکنان با میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و الکترومغناطیسی می‌شوند. همچنین از آنجا که بسیاری از پست‌ها توسط مناطق مسکونی یا تجاری احاطه شده شده‌اند، ممکن است مردمی که در نزدیکی آنها زندگی می‌کنند، در معرض این میدان‌های مغناطیسی باشند. اثرات احتمالی مواجهه با میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم به طور قابل توجهی موجب نگرانی عام و انگیزه تحقیقاتی مراکز علمی جهان شده است. میدان‌های الکترومغناطیسی می‌تواند منجر به پیری زودرس شوند و تأثیر قابل توجهی بر سیستم‌های متابولیک شامل افزایش میزان گلوکز خون و میزان چربی، تأثیر بر سیستم عصبی مرکزی و سیستم‌های قلبی و عروقی و ایمنی سایر بافت‌ها داشته باشند. میدان‌های الکترومغناطیسی ممکن است خطر ابتلا به بیماری‌هایی نظیر سرطان، لوسمی، تومور مغزی، سقط جنین خود به خودی، آلزایمر و میزان خودکشی را در کارگران تا ۲ الی ۳ برابر افزایش دهند [۲۳]. مطالعه شریفی و همکاران [۲۴] در سال ۱۳۸۸ در پست‌های فشار قوی ۲۳۰ کیلوولت شهر تهران گزارش کرد که مواجهه طولانی مدت با میدان‌های مغناطیسی با وجود پایین‌تر بودن از حدود مجاز شغلی استاندارد کمیسیون بین المللی حفاظت غیر یونی

¹ Electroencephalography

² Extremely Low Frequency

سبب تشدید اختلالات اعصاب و روان از جمله اختلال در خواب شده است. یوسفی و نصیری [۲۵] نیز مطالعه خود را روی ۱۰۳ نفر از کارکنان پست‌های فشار قوی شهر تهران انجام داد. وی علائم افسردگی، پارانویا، وسواس فکری و عملی، حساسیت در روابط بین فردی، اضطراب، پرخاشگری، فوبیا و روان پریشی را بر اساس نتایج پرسشنامه گزارش نمود.

به هر حال در حوزه تولید، نتایج سنجش چگالی شار مغناطیسی در تجهیزات نیروگاه‌های حرارتی نشان داد که حداکثر و حداقل مقادیر در مجاورت ژنراتورها ($17/6 \mu T$) و کابل‌های برق 63 kV ($1/03 \mu T$) می‌باشد [۲۶]. همان گونه که نتایج نشان می‌دهد در گروه‌های شغلی موجود در نیروگاه‌ها، مقدار مواجهه حتی در حالت حداکثر، کمتر از استاندارد کشوری مواجهه شغلی در فرکانس ۵۰ هرتز ($0/5 \text{ mT}$) می‌باشد. مطالعات مشابهی نیز انجام گرفته که همگی نشان دهنده عدم تجاوز از حدود مجاز است [۲۴، ۲۷، ۲۸]. محققان در حوزه توزیع نیز بررسی‌های میدانی به منظور سنجش مواجهه شغلی افراد با امواج پست‌ها و برخی اجزای شبکه توزیع انجام دادند. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده مقادیر اندازه‌گیری شده در خطوط شبکه توزیع نیز با حدود تماس مجاز شغلی اعلام شده از سوی وزارت بهداشت فاصله بسیار قابل توجهی داشته است [۲۹].

هرچند مقادیر اندازه‌گیری شده در حوزه تولید و توزیع حکایت از عدم اثرات مضر این میدان‌ها بر روی افراد دارد، اما رعایت فواصل مجاز و همچنین کاهش زمان مواجهه می‌تواند از اثرات احتمالی قید شده جلوگیری نماید. پیشنهاد می‌گردد افرادی که به صورت خط گرم بر روی شبکه توزیع برق کار می‌کنند، برنامه کار را به صورت منقطع انجام دهند و استراحت منظم را در دستور کار ساعات کار روزانه قرار دهند. حتی الامکان برای به حداقل رسیدن امواج، کار به صورت سرد انجام گرفته و برقرار انجام نشود. همچنین استفاده از ابزارهای مناسب سنجش مواجهه نظیر دستگاه‌های دوزیمتری، طراحی مطالعات اپیدمیولوژیک و بلند مدت و یا انجام آزمایشات دوره‌ای مانند بررسی سطح استرس‌های اکسیداتیو در خون کارکنان در نیروگاه‌های حرارتی و حوزه توزیع ضروری به نظر می‌رسد.

۲-۸-۱-۵ عوامل بیولوژیکی

با توجه به اینکه نیروگاه‌ها عمدتاً در محیط‌های دور افتاده و غیر شهری قرار دارند، وجود حشرات و جانوران موذی در این محیط‌ها دور از انتظار نمی‌باشد و بنابراین برنامه‌ریزی برای حصول اطمینان از ایمنی، سلامت و رفاه کارکنان در هنگام فعالیت در نیروگاه با توجه به محیط‌های باز اطراف آن حیاتی است. این موجودات با گزش و نیش خود علاوه بر مزاحمت برای انسان، خطر مسمومیت، تحریک و آلرژی شدید و حتی مرگ پرسنل را به همراه خواهند داشت. همچنین امکان انتقال عوامل بیماری‌زا به روش‌های مختلف از طریق حشرات و جانوران موذی میسر بوده و می‌تواند اپیدمی‌های بزرگی ایجاد نماید که علاوه بر به خطر انداختن جان کارکنان منجر به توقف فعالیت‌های تولیدی و صنعتی گردد. به همین ترتیب در حوزه توزیع نیز خطر نیش زدن حشرات و جانوران موذی به هنگام قرائت کنتور، کار روی لوازم اندازه‌گیری و کار روی تابلوهای برق گزارش شده است [۳۰].

رعایت نکات در خصوص کنترل و نظارت بر برنامه‌های مبارزه با حشرات و جانوران موذی الزامی است. جهت کنترل زیان‌های ناشی از حشرات و جوندگان باید از خدمات شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات سمپاشی و مبارزه با آفات و جوندگان که دارای مجوز صلاحیت لازم از وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بوده و مورد تأیید واحد HSE در سازمان مربوطه می‌باشند، استفاده نمایند.

شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات سم‌پاشی و مبارزه با حشرات و جوندگان مکلف هستند آموزش‌های لازم در خصوص بهسازی محیط، نحوه کاربرد تجهیزات سمپاشی و تجهیزات حفاظت فردی، روش‌های مبارزه، نحوه جلوگیری از آلودگی محیط به سموم و مواد شیمیایی، رعایت نکات حفاظتی و ایمنی را به کلیه کارکنان ارائه نمایند. برنامه زمان‌بندی مناسب جهت انجام سمپاشی و طعمه‌گذاری باتوجه به نوع ناقلین و جانوران موذی شناسایی شده، توسط اداره خدمات و پشتیبانی شرکتها طرح ریزی شده و بطور مستمر صورت پذیرد. کلیه پرسنل که در مواجهه با حشرات و جوندگان هستند باید دوره‌های آموزشی کوتاه مدت لازم در زمینه شناخت مشکلات ناشی از آفت و جوندگان را طی نموده و با اصول ساده و کاربردی جهت مقابله با آنها آشنا شوند.

۲-۸-۲- ملاحظات اختصاصی بهداشت شغلی

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، بسیاری از ملاحظات بهداشت شغلی در قسمت‌های مختلف صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع مشابه یکدیگر است که این نوع از ملاحظات تحت عنوان ملاحظات عمومی سلامت در این گزارش مورد بررسی قرار گرفت. بخشی از ملاحظات بهداشت شغلی در صنعت برق به طور ویژه به حوزه خاصی از صنعت برق مربوط می‌باشد که تحت عنوان ملاحظات اختصاصی سلامت در اینجا به آن پرداخته می‌شود. در ادامه، ملاحظات اختصاصی بهداشت شغلی در صنعت برق با تمرکز بر حوزه تولید و توزیع مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۸-۲-۱- ملاحظات بهداشت شغلی در حوزه تولید

۲-۸-۲-۱-۱- نیروگاه‌های حرارتی

❖ عوامل زیان آور شیمیایی

متداول‌ترین نوع مخاطرات شغلی در نیروگاه‌های حرارتی به طیف وسیعی از مواد شیمیایی مربوط می‌باشد که سلامت کارکنان نیروگاه را به مخاطره می‌اندازد. گاز حاصل از احتراق، مواد شیمیایی موجود در سوخت، آمونیاک در سیستم SCR، سیلیکای بلوری و سولفات کلسیم موجود در گچ در واحد FGD و اسیدها و بازهای مورد استفاده در خنثی سازی پساب نیروگاه نمونه‌ای از این مواد شیمیایی است که کارگران به هنگام کار در نیروگاه در مواجهه با آنها قرار دارند. در ادامه، بخش اعظمی از این مواد شیمیایی در نیروگاه‌های حرارتی و خطرات احتمالی آنها برای سلامت کارکنان ارائه شده است.

❖ گاز و دوده حاصل از احتراق: گاز دودکش شامل دی اکسید کربن، ذرات جامد، مونو کسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای گوگرد است. در صورت وجود نشتی در فرآیند FGD (گوگردایی گاز دودکش) در نیروگاه، احتمال مواجهه کارگران با آلاینده‌های گاز دودکش وجود دارد. به علاوه، نشت آب بندی‌های اطراف فن‌های القایی، فن‌های بوستر و یا دمپرهای تنظیم‌کننده جریان هوا نیز به عنوان سایر منابع انتشار دی اکسید گوگرد گزارش شده‌اند. امکان مواجهه کارگران با گاز دودکش حین تعمیر نشتی داکت‌ها و یا پروب‌های آسیب دیده در واحد FGD نیز وجود دارد [۲۰].

علاوه بر گاز حاصل از احتراق، دوده حاصل از احتراق نیز به عنوان یکی از عوامل شیمیایی است که کارکنان نیروگاه‌های حرارتی با آن مواجه هستند. این دوده روی بخش داخلی لوله‌های کوره بویلر ته‌نشین می‌شود و به منظور حفظ بازده بویلر و جلوگیری از گرفتگی در مسیر جریان گاز، از سوت بولوتر برای زدودن این دوده استفاده می‌شود. این دوده مخلوطی از کربن، اسید سولفوریک و هیدروکربن‌های آروماتیک سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشد که به هنگام تمیز کردن سوت بولوترها، کارگران مربوطه را در مواجهه با این ترکیبات قرار می‌دهد. به علاوه، کارگران به منظور دسترسی به شیرهای بخار نیز مجبور هستند که چهار چوب سوت بولوترها را باز کنند و لذا بدین ترتیب در معرض ذرات دوده نیز قرار می‌گیرند. همچنین، تعمیر و بازرسی پراب‌ها و مانیتورهای مربوط به سیستم پایش انتشار (CEM)، خصوصاً روی دیواره داخلی قبل از ورود گاز حاصل از احتراق به دودکش، با فرض وجود ناشی در سیستم می‌تواند کارگران را در مواجهه با ذرات دوده و همچنین گاز حاصل از احتراق قرار دهد [۲۰].

❖ نشت آمونیاک در سیستم SCR: از آمونیاک در فرآیند احیای انتخابی کاتالیستی به منظور کاهش انتشار NO_x استفاده می‌شود. در این فرآیند، گاز آمونیاک به گاز دودکش تزریق شده و حین عبور از یک کاتالیست، با یکدیگر واکنش داده و نیتروژن و بخار آب تشکیل خواهد شد. نشت آمونیاک از این فرآیند و یا از مخازن ذخیره مربوطه می‌تواند کارگران واحد را در معرض خطرات ناشی از مواجهه با آمونیاک قرار دهد.

❖ در اکثر توربین‌های بخار مدرن، از یک سیستم کنترل الکترو هیدرولیکی تحت عنوان EHC استفاده می‌شود که در آن از یک سیال مخصوص مقاوم در برابر آتش با فشار بالا به عنوان محرک شیر توربین و همچنین در سیستم سوپاپ توربین استفاده می‌شود [۳۱]. به هنگام سرویس‌کاری سیستم EHC، به عنوان مثال چک کردن و یا تعویض اتصالات O رینگ و یا تمیزکاری، کارگران در معرض بخار تری فنیل فسفات موجود در این سیال مقاوم در برابر آتش قرار می‌گیرند. امکان جذب تری فنیل فسفات از طریق پوست

وجود دارد و برای این ماده بر اساس استانداردهای موجود یک TLV تعریف شده است. به هر حال، تری فنیل فسفات در غلظت‌های بالاتر از مقدار مجاز می‌تواند روی سیستم عصبی اثر گذار باشد.

❖ سیلیکای بلوری و سولفات کلسیم: گچ استفاده شده در واحد FGD نیروگاه حاوی سیلیکای بلوری و سولفات کلسیم است. کارگران به هنگام تعمیر نوار نقاله‌های حامل گچ و یا تعمیر واحد FGD ممکن است در معرض گچ و در نتیجه سیلیکای بلوری قرار بگیرند [۲۰]. به علاوه، سیلیکای بلوری می‌تواند در ماده ساینده سند بلاست نیز وجود داشته باشد. به هنگام انتقال این ماده به مخازن نگهدارنده، از یکسری سطوح بدون پوشش استفاده می‌شود که امکان پراکنده کردن این ماده را در محیط فراهم می‌کند.

❖ الیاف سرامیکی نسوز (RCF1) یک الیاف شیشه‌ای سنتزی است که به منظور تهیه عایق نسوز بویلر از آن استفاده می‌شود. برای این ماده طبق استانداردهای OSHA، یک حداکثر مقدار مجاز (PEL2) و بر اساس استانداردهای انجمن ACGIH یک TLV3 تعریف شده است [۳۲]. به هنگام نصب، تعویض یا جدا کردن عایق، کارگران در مواجهه با RCF قرار می‌گیرند. RCF منجر به خارش پوست، سوزش چشم و مشکلات تنفسی حتی سرطان ریه می‌شود.

❖ آرسنیک: امکان مواجهه کارکنان آزمایشگاه در نیروگاه‌های حرارتی با آرسنیک آلی وجود دارد، زمانی که محلول‌های اکسید فنیل آرسین را تهیه کرده و در تیترا تورهای آمپومتريک جهت تعیین مقدار کلر موجود در آبهای لوله مورد استفاده قرار می‌دهند. البته آرسنیک در مقدار کم نیز در گرد و غبار حاصل از خاکستر بادی وجود دارد. حضور آرسنیک تغلیظ شده در نواحی سوپرهیت و گرمایش مجدد بویلر نیز به اثبات رسیده است [۲۰].

¹ Refractory Ceramic Fiber

² Permissible Exposure Limit

³ Threshold Limit Value

❖ پشم شیشه، ماده دیگری است که در نیروگاه‌های حرارتی از آن استفاده شده و در صورت تنفس می‌تواند به ریه آسیب برساند. به هنگام تعویض، تعمیر و یا نصب عایق‌های پشم شیشه (به عنوان مثال در پمپ‌های خوراک بویلر و یا توربین‌ها)، احتمال مواجه با ذرات پشم شیشه وجود دارد [۲۰].

❖ ترکیبات کلردار: در نیروگاه‌های حرارتی، حلال‌های کلردار شامل ۱-۱-۱-تری کلرو اتان، متیلن کلراید، ۱-۲-دی کلرو اتیلن و تری کلرو اتیلن به مقدار وافر وجود دارند [۲۰]. از این مواد به عنوان مایعات برش‌کاری در ماشین‌کاری به منظور کاهش اصطکاک، تمیزکننده سطوح به منظور از بین بردن اکسیدها و سایر مواد ناخواسته روی سطوح هادی، به عنوان ماده از بین برنده گریس روی سطوح، از بین برنده گل و سایر آلاینده‌های ایجاد شده روی برد مدار ناشی از ساخت و تعمیرکاری و به عنوان از بین برنده رنگ و اپوکسی روی سطوح استفاده می‌شود. این حلال‌ها به خودی خود حاوی مواد خطرناک هستند و یا طی فرآیندهای جوشکاری، برش‌کاری و یا خردایش امکان تبدیل آنها تحت تابش نور فرابنفش به گاز کشنده فسژن وجود دارد. بنابراین لازم است که از مواد جایگزین ایمن‌تری به جای حلال‌های کلردار استفاده نمود و یا کارگران باید از این حلال‌ها در محیط‌های باز و به دور از مکان‌هایی از آنها استفاده کنند که فرآیندهای جوشکاری، برش‌کاری یا خردایش در حال انجام شدن است.

در برج خنک کننده، جهت تصفیه شیمیایی آب از کلر برای گند زدایی و از اسیدها برای کنترل pH آب برج خنک کننده استفاده می‌شود که هر کدام خطرات مربوط به خود را دارد. بنابراین افرادی که با این مواد سر و کار دارند حتماً بایستی از خطرات احتمالی این مواد و نحوه کار با آن آشنایی پیدا کنند. کارگران به هنگام تزریق مواد شیمیایی به صورت دستی مواظب چشم‌ها بوده و حتماً از دستکش استفاده کنند. از تماس مستقیم دست با آب کولینگ به علت حضور مواد شیمیایی خودداری شود.

❖ سرب: مواجه با سرب ممکن است در نیروگاه‌های قدیمی حین تعمیر لوله‌های قدیمی‌تر و تمیزکاری لوله‌های سرب اتفاق بیفتد. فرآیند تمیزکاری می‌تواند منجر به جدا شدن سرب از دیواره لوله و مواجه کارگران با سرب شود. همچنین، خطر مواجه با سرب به هنگام تعویض فیلترهای روغن در تجهیزات سنگین

دوار وجود دارد. این فیلترها با آلیاژی از قلع و سرب به نسبت ۲۰ به ۸۰ پوشش داده شده‌اند اگر چه در حال حاضر، فیلترهای جدید با پوششی از روی و قلع جایگزین فیلترهای قدیمی شدند اما در واحدهای نیروگاهی قدیمی، احتمال استفاده از فیلترهای قدیمی در تجهیزات سنگین وجود دارد [۲۰]. همچنین عملیات جوشکاری روی برنج و برنز و سایر مواد نیز می‌تواند احتمال مواجهه با سرب را به همراه داشته باشد. به علاوه، سالیان زیادی از سرب، در رنگ به عنوان رنگدانه، به عنوان عامل خشک کننده سریع، افزاینده دوام رنگ، حفظ ظاهر رنگ و عامل مقاومت در برابر رطوبت برای جلوگیری از خوردگی استفاده می‌گردید. فرآیند رنگ‌زدایی در نیروگاه، امکان مواجهه کارگران با سرب را فراهم می‌سازد.

❖ ترکیبات PCB: امکان مواجهه کارگران با ترکیبات PCB علاوه بر سرب، به هنگام پوشش‌زدایی یا رنگ‌زدایی وجود دارد. پوشش‌های قدیمی نظیر پوشش دهنده‌های سطوح فلزی، محلول‌های ریخته‌گری فیلمی برای پوشش کاری الکتریکی و برخی جلادهنده و پوشش‌های ضد آب نیز به خودی خود حاوی ترکیبات PCB هستند که خاصیت مقاومت در برابر خوردگی دارند. ترکیبات PCB امروزه ممکن است در رنگ نیز وجود داشته باشد که یک ترکیب ناخواسته از تولید رنگدانه‌های فتالوسیانینی و رنگدانه‌های آزو می‌باشد [۳۳]. رنگدانه‌های فتالوسیانینی در ایجاد رنگ سبز یا آبی و رنگدانه‌های آزو در ایجاد رنگ‌های زرد، قرمز یا نارنجی مشارکت دارند. یک بررسی در سال ۲۰۰۹ نشان داد که نمونه‌های گرفته شده از رنگ‌های خریداری شده در آن سال، حاوی PCB-11 و PCB-209 در محدوده غلظت ۲ تا ۲۰۰ ppb هستند [۲۰].

❖ امواج رادیویی غیر یونیزه

معمولاً روی پشت بام نیروگاه‌های حرارتی، یک آنتن رادیویی (RF) وجود دارد (شکل ۱-۱) که امکان تشعشع امواج رادیویی غیر یونیزه را فراهم می‌کند. لازم است که کمیته ارتباطات فدرال (FCC)، در مورد چنین آنتنی، ارزیابی ریسک مربوطه را انجام دهد و بر این اساس، اقدامات کنترلی مناسب برای حفاظت کارگران صورت پذیرد. جهت احتیاط بیشتر لازم است که در ورودی نیروگاه، تابلوهای هشدار دهنده نصب

شود تا به افرادی که وسایل پزشکی کاشته شده در بدن دارند، هشدار لازم داده شود چون امکان تداخل امواج رادیویی این آنتن با وسایل پزشکی کاشته شده در بدن وجود دارد.



شکل ۱-۲: آنتن رادیویی نصب شده روی پشت بام نیروگاه [۲۰]

❖ تشعشعات یونیزه کننده

آجر نسوز محفظه احتراق قابلیت انتشار تشعشعات یونیزه کننده دارد. آجر معمولاً ترکیبی از خاک رس و مواد معدنی و مخلوطی از سیلیکا و آلومینا و کائولن می‌باشد. به طور معمول، سنگ معدن اولیه برای تهیه آجر نسوز، در کنار مواد رادیو اکتیو طبیعی نظیر اورانیوم و توریم یافت می‌شود. این مواد رادیو اکتیو در آجر نهایی باقی می‌ماند. به علاوه، زمانی که زغال سنگ قیری در محفظه احتراق می‌سوزد تا بخار تولید شود، حجم زغال به اندازه ۸۵ درصد کاهش می‌یابد و در نتیجه مقادیر ناچیز مواد رادیو اکتیو طبیعی موجود در زغال سنگ (اورانیوم و توریم) تا ۱۰ برابر مقدار اولیه تغلیظ می‌شود [۳۴]. این مواد که $TENORM^1$ نامیده می‌شوند در خاکستر بادی، bottom ash و لجن بویلر باقی می‌ماند (شکل ۲-۲). این مواد در تماس با RCF می‌توانند به آن خاصیت رادیو اکتیویته منتقل کنند. به هنگام خروج الیاف نسوز سرامیکی RCF از محفظه احتراق، میزان تشعشع اشعه آلفا از این مواد به اندازه $60 \mu Rem/h$ گزارش شده است در حالی که تشعشع اشعه بتا از آن ناچیز و غیر قابل اندازه گیری است. این مقدار از تشعشع بر سلامت کارگران اثر سو به همراه ندارد اما دفع این مواد پسماند را با چالش روبرو می‌سازد. از آنجا که مطابق برخی قوانین موجود، در مورد موادی که میزان تشعشع مواد رادیو اکتیو آنها از $50 \mu Rem/h$ بیشتر است، اخذ مجوز از

¹Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material

اداره حفاظت در برابر اشعه (Radiation Protection) مورد نیاز است و پرسنل مربوطه باید از این قوانین مطلع باشند.



شکل ۲-۲: (الف) ورودی محفظه احتراق، (ب) الیاف نسوز سرامیکی داخل محفظه احتراق [۲۰]

در واحدهای نیروگاهی که از اسپکتروسکوپی فلورسانس اشعه ایکس (XRF) پرتال به منظور شناسایی ترکیب عناصر موجود در ماده بدون اثر تخریب‌پذیری استفاده می‌کنند نیز باید اقدامات پیشگیرانه به منظور جلوگیری از مواجهه افراد با تشعشعات اشعه ایکس انجام شود. به عنوان مثال با استفاده از برجسب Energized یا de-Energized، به فرد هشدار لازم داده شود.

به علاوه، بسیاری از جوشکاران از الکترودهای حاوی ۲ درصد تنگستن سوخته استفاده می‌کنند که به هنگام جوشکاری گرد و غباری حاوی اکسید رادیواکتیو توریم آزاد می‌کند. در صورت عدم وجود تهویه مناسب در محل، امکان تجمع این ذرات رادیواکتیو روی سطوح وجود دارد و بدین ترتیب وارد فضا شده و ممکن است توسط کارگران استنشاق شوند. اگر چه مدیریت مناسب محیط و استفاده از تهویه مناسب و همچنین آموزش کارگران اقدامات کنترلی بسیار مهمی در این زمینه محسوب می‌شوند اما جایگزین کردن الکترودها با گزینه‌های ایمن‌تر بهترین اقدامات پیشگیرانه می‌باشد. به عنوان مثال برای کار با جریان DC

می‌توان از الکترودهای تنگستن سریم‌دار و یا لانتانیوم‌دار و برای کار با جریان AC می‌توان از الکترودهای تنگستن زیرکونیوم‌دار استفاده نمود.

کارگرانی که به منظور تغییر جهت نوار نقاله یا فعالیت‌های نظیر آن، در نزدیکی جدا کننده‌های مغناطیسی^۱ کار می‌کنند، در مواجهه با تشعشعات یونیزه کننده قرار دارند و برای حفاظت از آنها باید اقدامات کنترلی مناسب صورت پذیرد [۲۰].

❖ عوامل بیولوژیکی

منابع آب مورد استفاده در نیروگاه‌ها نیز ممکن است حاوی مواد خطرناک منحصر به فردی باشند. به عنوان مثال، آب رودخانه‌ها یکی از منابع آبی است که در نیروگاه‌ها برای زدودن گرد و غبار از آن استفاده می‌شود. امکان مواجهه کارگران با آب رودخانه به هنگام استفاده از آب رودخانه حین فرآیند تمیزکاری و از بین بردن گرد و غبار و سایر فرآیندهای مشابه وجود دارد. در سال ۲۰۱۵، یک گونه جلبک سبز سمی در رودخانه اوهایو آمریکا شناسایی شد که ۶۳۶ مایل آب رودخانه را آلوده کرده بود [۳۵].

برج خنک کننده یک محیط گرم و مرطوب می‌باشد که علیرغم وجود تجهیزات لازم برای تصفیه شیمیایی آب، محل مناسبی برای رشد انواع باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. بنابراین با رعایت اقدامات ایمنی در برج خنک کننده هیچگاه نباید مدت زمانی طولانی در بخش حوضچه قرار گرفت. احتمال رشد باکتری‌های لژیونلا در برج‌های خنک کننده گزارش شده است [۳۶]. این باکتری‌ها معمولاً در سیستم‌های آبرسانی، منابع آبی، سیستم‌های تهویه مرکزی، کولرهای آبی و رطوبت‌سازها زندگی کرده و از طریق انتشار قطرات ریز آب در هوا منتشر می‌شوند. نوعی از بیماری سینه پهلوی (بیماری لژیونر) توسط این گونه از باکتری‌ها ایجاد می‌شود. کارگرانی که روی پمپ‌های برج خنک کننده و یا تجهیزات جانبی آن کار می‌کنند و یا مسئول جمع‌آوری نمونه از برج هستند و یا مسئولیت تمیزکاری غربال‌ها را دارند و یا اینکه

^۱ وسایلی که برای شناسایی اشیاء خارجی مورد استفاده قرار می‌گیرند

مواد شیمیایی را به سیستم گردش آب اضافه می‌کنند، در مواجهه با این باکتری‌ها قرار دارند و باید از وسایل حفاظتی مناسب استفاده کنند.

۲-۸-۲-۱-۲- نیروگاه‌های حرارتی Peaker

نیروگاه‌های حرارتی Peaker به نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که معمولاً در زمانی کار می‌کنند که پیک تقاضا برای تولید برق بالاست. این نیروگاه‌ها از گاز طبیعی، دیزل و یا هر دو به عنوان سوخت استفاده می‌کنند.

❖ استرس روانی

استرس روحی، خطری است که اپراتورهای کنترل این نوع نیروگاه‌ها با آن روبرو هستند. این اپراتورها به مدت طولانی مجبور به انجام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و تست و آزمون‌های مربوطه هستند که بعضاً تکراری و کسل‌آور می‌باشد و صرفاً در زمان پیک تقاضا و به صورت ناگهانی مجبور به راه‌اندازی واحد هستند. بنابراین به هنگام نیاز به خدمات این نوع نیروگاه‌ها، فشار روانی زیادی بر اپراتورهای اتاق کنترل این نوع نیروگاه‌ها وارد می‌شود از آنجا که مجبور به راه‌اندازی واحد بدون عیب و نقص هستند و در صورت بروز مشکل، مسئولیت پیامدهای حاصله با اپراتور می‌باشد. همچنین، در برخی مواقع لازم است که فشار روانی زیادی را برای انجام تعمیرات مربوطه در مدت زمان بسیار کوتاه تحمل کنند. به علاوه، در صورتی که واحد مربوطه در زمان مقرر راه‌اندازی نشود، خسارات مالی جبران ناپذیری وارد خواهد شد که مسئولیت آن بر عهده اپراتور مربوطه است.

❖ خستگی چشم

در این نوع نیروگاه‌ها، نشستن و مانیتور کردن تعداد زیادی صفحه نمایش در اتاق کنترل به مدت طولانی، منجر به خستگی چشم می‌شود مخصوصاً اگر صفحات نمایش کوچک باشد [۲۰].

❖ نشت مواد یا وارونگی دما در خروجی دیزل

تکنسین‌هایی که مسئول تعمیر و نگهداری دوره‌ای توربین هستند در برخی موارد و برای مدت کوتاهی در معرض خروجی دیزل قرار دارند. این مسئله زمانی حائز اهمیت است که ناشی مواد و یا وارونگی دما در محفظه نگهدارنده خروجی وجود داشته باشد. مواد خروجی دیزل براساس استانداردها و دسته بندی آژانس بین المللی تحقیقات روی سرطان (IARC) جز گروه یک مواد سرطان‌زا محسوب می‌شوند و براساس تئوری، مقدار ایمن و مجاز برای این دسته از مواد سرطان‌زا وجود ندارد.

۲-۸-۲-۱-۳- نیروگاه‌های بادی

❖ عوامل شیمیایی

❖ برلیم، سیلیکای بلوری و آزبست: یکی از اجزا حیاتی توربین‌های بادی، سیستم ترمز است که نقش مهمی در حفظ ایمنی و کارایی توربین دارد. در توربین‌های بادی، دو سیستم ترمزگیری مستقل شامل ترمزگیری آیرودینامیکی و ترمزگیری مکانیکی در نظر گرفته می‌شود که نقش کاهش سرعت دوران تا حد معین را دارند. در هر صورت، لازم است که لنت ترمزها به صورت دوره‌ای توسط تکنسین‌ها تمیز و ذرات گرد و خاک از سطح آن پاک شود. این ذرات به دلیل اصطکاک و سایش فلزات با سطوح تشکیل می‌شود. آنالیز این ذرات، حضور برلیم، سیلیکای بلوری و آزبست را محتمل می‌داند [۲۰].

❖ ترکیبات فنولی: اسلیپ رینگ (Slip ring) در توربین بادی یک وسیله الکترومکانیکی است که امکان انتقال سیگنال‌های برق و انرژی را از یک ساختار ایستا به چرخشی فراهم می‌کند. به طور معمول، اسلیپ رینگ از دو بخش اساسی تشکیل شده است که شامل برس (Brush) و رینگ فلزی می‌باشد. برس که بخش ثابت بوده از جنس گرافیت یا فلز است و معمولاً به صورت یک سیم واحد یا فنری می‌باشد که به انتهای آن قسمتی برای برقراری تماس با رینگ نصب شده است. با چرخش رینگ فلزی، برس روی قطر خارجی رینگ ساییده شده و جریان الکتریکی یا سیگنال را به رینگ فلزی هدایت می‌کند.

کربن گرافیت، کاربید سیلیکونی و رزین‌های خام تا غلظت ۱۰ درصد وزنی به عنوان ترکیبات برس کربنی گزارش شده است [۲۰]. MSDS این برسها اطلاعاتی درباره ترکیب رزین ارائه نداده است اما سایش مکانیکی برس کربنی بر روی رینگ خارجی و یا گرمایش عملیاتی برس منجر به ایجاد ذرات گرد و غبار

می‌شود. در فرآیند تمیزکاری اسلیپ رینگ، ذرات گرد و غبار ایجاد شده روی سطح برس‌های کربنی در هوا پراکنده می‌شوند. کارکنانی که در تماس با این ذرات گرد و غبار قرار می‌گیرند اذعان کرده‌اند که طعم شیرینی را در دهان خود احساس می‌کنند. بنابراین احتمال آن می‌رود که رزین موجود در این برس‌ها، یک رزین فنولی باشد (ترکیبات فنولی با طعم شیرین شناخته می‌شوند). رزین‌های فنولی حاوی زایلین نیز هستند. آنالیز ذرات گرد و غبار ایجاد شده از سایش برس کربنی نشان می‌دهد که مقدار فنول و زایلین بیش از حد مجاز PEL نمی‌باشد [۲۰]. در هر صورت، آنالیز این ذرات نشان می‌دهد که ترکیبات فنولی موجود در آنها می‌تواند منجر به بیماریهای گوارشی شود و خطراتی را برای پوست و چشم به همراه داشته باشد. بنابراین استفاده از وسایل حفاظت شخصی برای پرسنل حین کار و تمیزکاری برسهای کربنی ضروری است.

❖ ترکیبات سرطان‌زا در درزگیرهای توربین‌های بادی: MSDS درزگیرهای به کار رفته در توربین‌های بادی وجود زایلین، پلیمر پلی ایزوسیانات، متیل بنزن، متیلن دی فنیل دی ایزوسیانات (MDI) و وینیل کلراید را گزارش داده است [۲۰]. وینیل کلراید یک ماده سرطان‌زا و MDI یک تحریک کننده پوستی و تنفسی است که می‌تواند منجر به ایجاد حساسیتهای تنفسی و پوستی شود. اگر چه آنالیز هوای اطراف درزگیرها، عدم وجود مقادیر قابل ملاحظه‌ای از این آلاینده‌ها را نشان می‌دهد اما استفاده از وسایل حفاظت شخصی برای کارکنان به هنگام تماس با درزگیرها و آموزش آنها ضروری است تا خطر ایجاد بیماریهای تنفسی و پوستی به حداقل برسد.

❖ سر و صدا و اتوکسین

نردبان‌های داخل برج توربین بادی توسط دریچه‌های فلزی بزرگی پوشیده شده است. امکان دسترسی به فضای بالای برج از طریق این نردبان‌ها میسر می‌گردد. (شکل ۳-۲)



شکل ۳-۲: نردبان برج توربین بادی (نما از بالا) [۲۰]

کارگران هرگز نباید به این دریاچه‌ها ضربه بزنند از آنجا که شدت صدای ناشی از ضربه ۱۴۴ dBA است و این در حالی است که ماکزیمم حد مجاز OSHA برای شدت صوت ۱۴۰ dBA گزارش شده است [۳۷]. از سوی دیگر برای کارگرانی که بیش از ۱۰ ساعت شیفت کاری، در معرض سروصدای ناشی از ضربه آچار شلاقی برای پیچاندن پیچ و مهره‌های گیربکس توربین بادی هستند، حد مجاز TWA^1 صوت dBA ۸۶ تعریف شده است. این در حالی است که چون در این موارد مدت زمان شیفت کاری بیش از ۸ ساعت است، OSHA مقدار مجاز صوت را ۸۳ dBA تعیین کرده است. در واقع ساعت کاری، براساس رابطه (۱) بر مقدار مجاز پارامتر مورد نظر اثر گذار می‌باشد [۲۰]:

$$\text{Action Level} = 90 + 16.61 \times \log 50 / (12.5 \times \text{number of hours worked}) \quad (1)$$

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حضور مواد شیمیایی اوتوتوکسین در کنار سر و صدا می‌تواند اثر هم‌افزایی روی ایجاد مشکلات شنوایی و تعادلی به همراه داشته باشد [۳۷]. به گونه‌ای که براساس نتایج مقالات، سروصدا به تنهایی دارای ریسک فاکتور ۴ و اوتوتوکسین (به عنوان مثال تولوئن) به تنهایی دارای ریسک فاکتور ۵ و حضور همزمان این دو پارامتر دارای ریسک فاکتور ۱۰ برای ابتلا به مشکلات شنوایی هستند. حال آنکه، اوتوتوکسین‌ها نظیر تولوئن، بوتانول، اتانول، اتیل بنزن، هپتان و زایلن‌ها در تمیزکننده‌های ترمز، کابل، ضد زنگ‌ها، درزگیرها، روانکارهای سنتزی، رنگ‌ها و سایر محصولات دیگر وجود دارند و کارگران

¹ Time Weighted Average

توربین‌های بادی به طور مداوم در تماس این مواد هستند. این مواد می‌توانند مستقیماً جذب پوست شوند و بنابراین کنترل مناسب و استفاده از وسایل حفاظت شخصی جهت جلوگیری از به وجود آمدن مشکلات شنوایی کارگران ضروری است. لازم به ذکر است که احتمال ابتلا به مشکلات شنوایی در کارگران سیگاری ۷۰ درصد بیشتر از کارگران غیرسیگاری است.

❖ مشکلات اسکلتی - عضلانی

اغلب توربین‌های بادی و خطوط انتقال در ناحیه وسیعی از زمین قرار گرفته‌اند. بنابراین به منظور انجام بازرسی‌های مربوطه، سرکارگران مجبور هستند که مسافت زیادی را در مدت زمان طولانی با ماشین بین خطوط انتقال و توربین‌های بادی طی کنند. پدیده WBV^1 (ارتعاش کل بدن) زمانی اتفاق می‌افتد که بدن برای مدت طولانی روی یک شیء (نظیر اتومبیل) قرار بگیرد که در حال لرزش است [۳۸]. در این حالت، ارتعاشات مکانیکی از وسیله مورد نظر به داخل بدن در فرکانس‌های مختلف منتقل می‌شود که می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات اسکلتی - عضلانی و کمر درد شود. بنابراین انجام تست‌ها و آزمون‌های مربوطه به منظور ارزیابی WBV کارگران توسط کارشناس با تجربه و مجرب ضروری است.

به علاوه، کارگران در توربین بادی به منظور تعمیرات دوره‌ای و انجام بازرسی‌های گیربکس و ژنراتور، باید از نردبان‌های داخل برج بالا بروند. گیربکس که چرخش آرام پره‌ها را به روتور سرعت بالا منتقل می‌کند و همچنین ژنراتور که وظیفه آن تولید برق متناوب است، قطعات ماشینی بزرگ و حجیمی هستند که در بالای برج توربین بادی در محفظه‌ی اتوبوس سائز به نام nacelle نگهداری می‌شوند. ارتفاع برج در توربین با ظرفیت‌های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال در آمریکا، در نیروگاه‌های توربین بادی ۱/۵ مگاواتی، ۱/۸ مگاواتی و ۲ مگاواتی، ارتفاع برج به ۲۱۲، ۲۶۲ و ۲۵۶ فوت می‌رسد. به هر حال، بالا رفتن از این ارتفاع که تا ۴۰۰ فوت هم گزارش شده است، با مشکلات ارگونومی همراه است و استفاده از تجهیزات کمکی

¹ Whole Body Vibration

جهت کمک به تکنسین‌ها به هنگام بالا رفتن از برج ضروری است (شکل ۴-۲) و بدین ترتیب خطر احتمال سقوط را نیز کاهش می‌دهد.



شکل ۴-۲: تجهیزات بالا برنده کمکی برای بالا رفتن از برج توربین بادی [۲۰]

❖ عوامل بیولوژیکی

از آنجا که نیروگاه‌های توربین بادی معمولاً در نواحی دور افتاده قرار دارند، بنابراین خطر وجود مار و عنکبوت و به دنبال آن خطر نیش زدگی توسط این جانوران افزایش می‌یابد. به منظور کاهش تعداد قربانیان در این گونه حوادث، ضروری است که نیروگاه با یک مرکز امداد هوایی قرارداد داشته باشد تا در مواقع اضطراری، امکان کمک رسانی تسریع یابد. به علاوه، در نواحی مرطوب، حتی روی سطح رنگ‌های ضد کپک احتمال تشکیل کپک در بدنه داخلی برج وجود دارد. وجود ذرات مرطوب روغن و مواد معدنی نیز به تشکیل کپک کمک می‌کند. بنابراین تمیز نگهداشتن این سطوح عاری از کپک نیز یک چالش محسوب می‌شود.

۲-۸-۲-۱-۴- نیروگاه‌های خورشیدی

❖ مشکلات ارگونومی

به منظور نگهداری پنل‌های خورشیدی، سطح پنل‌ها باید به طور دوره‌ای از فضولات پرندگان و خفاش‌ها تمیز شود. بدین منظور، از یکسری پمپ با موتور کم قدرت استفاده می‌شود که امکان حمل آنها به صورت کوله پشتی وجود دارد. کارگران مجبور هستند که این پمپ‌ها را به همراه تجهیزات جانبی آنها (قلاب‌ها و

دستگیره‌های کششی) به مدت طولانی حمل کنند. چنین فعالیتی بدون مشاوره با یک ارگونومیست مجرب، می‌تواند منجر به بیماریهای اسکلتی-عضلانی گردد از آنجا که کارگران مربوطه مجبور هستند که به صورت ایستاده پمپ‌های تمیزکاری را به مدت طولانی و پنل به پنل حمل کنند.

❖ مخاطرات بیولوژیکی

از آنجا که نیروگاه‌های خورشیدی همانند نیروگاه‌های بادی در نواحی دور افتاده قرار دارند، احتمال ابتلا کارگران به بیماریهای ناشی از نیش حشرات وجود دارد و خطر ابتلا به بیماریهایی نظیر بیماری لایم ناشی از کنه، ویروس West Nile ناشی از پشه، تب Dengue و ویروس زیکا گزارش شده است [۲۰].

❖ تابش اشعه UV

با توجه به اینکه نیروگاه‌های خورشیدی در مکان‌هایی قرار دارند که میزان تابش نور خورشید بالا است و کارگران به مدت طولانی در معرض نور خورشید قرار دارند، امکان ابتلا آنها به بیماریهای پوستی ناشی از تابش اشعه فرابنفش افزایش می‌یابد.

۲-۸-۲-۱-۵- نیروگاه‌های زیست توده

با توجه به افزایش روز افزون استفاده از منابع تجدید پذیر در تولید گرما و انرژی، آگاهی از مسائل ایمنی و سلامت کارکنانی که در این حوزه فعالیت می‌کنند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در نیروگاههای زیست توده، در مراحل تخلیه سوخت، غربالگری، خردایش، حمل سوخت و جابجایی آن در سیلو، کارگران در مواجهه با خطرات شغلی قرار دارند [۳۹]. در حین فرآوری سوخت خام، پراکنده شدن قارچ و باکتری‌ها در هوا مهمترین دغدغه برای کارگران در این نوع نیروگاهها محسوب می‌شود. بررسی‌ها نشان از غلظت بالای بیوآیروسها در حین تخلیه کود گیاهی و تراشه‌های چوب (به عنوان سوخت) دارد [۴۰]. به علاوه، مشکلات عضلانی ناشی از گرد و غبار مواد آلی در مرحله تخلیه و مشکلات شیمیایی ناشی از ترکیبات فرار آلی نیز گزارش شده است [۳۹]. در ادامه، مهمترین مخاطرات شغلی در این نوع نیروگاهها مورد بررسی قرار گرفته است.

❖ حضور میکروارگانیسم‌ها در سوخت خام و فرآوری نشده

غالب سوخت‌های جامد زیستی فرآوری نشده حاوی مقادیری از باکتری و قارچ هستند. داده‌های جدول ۲-۲ نشان می‌دهد که سوخت‌های جامد بازیافتی (SRF^۱) بیشترین مقدار باکتری‌ها و قارچ‌ها را در میان سوخت‌های زیستی دارند، اگرچه در مقایسه با سایر سوخت‌های زیستی، مقدار بیوآیروسل کمتری را در هوا آزاد می‌کنند.

جدول ۲-۲: غلظت میکروارگانیسم‌ها (cfu/g) در نمونه‌های سوخت جمع‌آوری شده از نیروگاه‌ها [۳۹]

سوخت	قارچ‌های مزوفیل	قارچ‌های مقاوم به گرما	باکتری‌های مزوفیل	اکتینوباکتری-های مزوفیل	اکتینوباکتری‌های ترموفیل
تراشه‌های چوب	9.3×10^4 – 1.5×10^7	1×10^3 – 3.6×10^6	2.5×10^5 – 2.4×10^8	2.7×10^4 – 1×10^6	$< 1 \times 10^2$ – 2.7×10^4
گنده درخت	6.8×10^5	3×10^4	1.6×10^6	1.8×10^5	2×10^2
پوست درخت	9.3×10^3 – 5.2×10^7	5.6×10^4 – 1.5×10^6	4.2×10^5 – 1.6×10^6	$< 1 \times 10^2$ – 1.8×10^5	1×10^4 – 3×10^6
خاک اره	2.5×10^5 – 9.5×10^5	1.5×10^3	3.7×10^7	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$
لجن خشک شده با گرما	1×10^2 – 4×10^2	$< 1 \times 10^2$	1.4×10^4	1.8×10^3	$< 1 \times 10^2$
مخلوطی از سوخت‌ها	4×10^2 – 2.5×10^7	1.6×10^3 – 4×10^7	4.3×10^4 – 1.1×10^8	1.8×10^3 – 5.1×10^6	2.2×10^3 – 7.3×10^4
کود گیاهی	7.2×10^4 – 3.7×10^5	6×10^2 – 3.8×10^4	1.5×10^6 – 11×10^6	$< 1 \times 10^2$ – 1.8×10^5	$< 1 \times 10^2$ – 2×10^2
سوخت جامد بازیافتی	5.4×10^6 – 4.8×10^7	5.9×10^4 – 7.1×10^5	5.1×10^7 – 1.1×10^{10}	$< 1 \times 10^2$ – 2.7×10^4	$< 1 \times 10^2$ – 7.5×10^6

کود گیاهی در مقایسه با SRF حاوی مقادیر کمتری از باکتری‌های مزوفیل است اما بیشترین غلظت باکتری‌های مزوفیل در محیط‌های کاری حین تخلیه آن آزاد می‌شود (جدول ۳-۲). با توجه به اینکه داده‌ها نشان می‌دهد که غلظت اندوتوکسین در نواحی تنفسی^۲ رانندگان تخلیه بار کود گیاهی بالا می‌باشد بنابراین می‌توان اینگونه برداشت کرد که این باکتری‌ها غالباً از نوع باکتری‌های گرم منفی^۳ هستند که منجر به ایجاد بیماری می‌شوند.

^۱ Solid Recovered Fuel

^۲ شعاع ۳۰ cm متری از بینی و دهان فرد

^۳ Gram-negative

جدول ۳-۲: غلظت میکروارگانیسم‌ها (cfu/m^3) در هوا حین فرآیند تخلیه سوخت و آماده‌سازی و فرآوری آن در

نیروگاه [۳۹]

اکتینوباکتری‌های ترموفیل	اکتینوباکتری‌های مزوفیل	باکتری‌های مزوفیل	قارچ‌های مقاوم به گرما	قارچ‌های مزوفیل	سوخت
$< 1 \times 10^2$ – 1.2×10^4	4.6×10^2 – 8.9×10^5	$< 2.3 \times 10^2$ – 9.5×10^5	$< 2.3 \times 10^2$ – 1.1×10^7	4.5×10^2 – 1.4×10^7	تخلیه تراشه- های چوب
< 92	73 – 92	$92 - 2.2 \times 10^2$	$73 - 1.8 \times 10^2$	2.8×10^2 – 8.8×10^2	اتاق نظارت حین تخلیه تراشه‌های چوب
$< 2.4 \times 10^2$	2.9×10^3	2.1×10^3	2.6×10^2	3.3×10^3 – 5.7×10^3	تخلیه کننده درخت
$< 6.3 \times 10^2$	1.7×10^4 – 2.8×10^4	3.8×10^5 – 2.3×10^6	1.3×10^3 – 1.9×10^3	3.7×10^4 – 1.6×10^5	تخلیه کود گیاهی
$< 8.3 \times 10^2$	9×10^2	5.5×10^3	1.9×10^4	2×10^4 – 2.3×10^4	تخلیه SRF (سوخت جامد بازیافتی)
$< 6.1 \times 10^2$	$< 6.1 \times 10^2$	$< 2.8 \times 10^2$ – 1.2×10^3	$< 6.1 \times 10^2$	$< 2.8 \times 10^2$ – 6.1×10^2	کابین لودر حین تخلیه SRF
1.2×10^2 – 3.4×10^3	1.1×10^3 – 2.1×10^3	1.2×10^2 – 4.1×10^3	5.3×10^2 – 2×10^4	4×10^2 – 5.6×10^4	غربالگری و آسیاب کردن
3.1×10^2	1.7×10^3	4.7×10^2	8.7×10^3	1.5×10^4 – 1.8×10^4	نوار نقاله
$< 3.8 \times 10^2$	3.4×10^2 – 4.8×10^4	1.2×10^2 – 6.5×10^4	4.3×10^3 – 1.3×10^4	8.4×10^3 – 7×10^4	سیلو

داده‌های جدول ۲-۲) نشان می‌دهد که غلظت قارچ‌های مقاوم به گرما و اکتینوباکتری‌های ترموفیل در

تراشه‌های چوب، پوست درخت و SRF بیشتر از کود گیاهی است. به نظر می‌رسد که مخلوطی از سوخت‌ها

نیز برای رشد میکروباکتری‌ها بسیار مستعد باشد. اکتینوباکتری‌ها، آسپرژیلوس فامیگاتوس، پنی سیلیوم

(قارچ کپکی سبز) و مخمرها متداول‌ترین گونه‌ها در این میان هستند [۳۹]. دلیل این امر می‌تواند به خاصیت

خود گرمایشی زیست توده در انبار مربوط باشد که منجر به رشد این میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. زمانی که

مواد آلی با مقدار رطوبت کافی برای یک مدت طولانی انبار می‌شوند، احتمال رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم

می‌شود. انبار کردن سوخت‌های زیستی^۱ در فضای آزاد نیز می‌تواند حداقل منجر به افزایش آلاینده‌های میکروبی تراشه‌های چوب شود. با خشک کردن سوخت‌های زیستی می‌توان از فرآیند تکثیر میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کرد. همان گونه که داده‌های جدول ۲-۲) نشان می‌دهد لجن خشک شده با گرما حاوی مقادیر اندکی از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد که اثر حرارت روی توقف رشد میکروارگانیسم‌ها را تأیید می‌کند.

❖ مواجهه کارگران با میکروارگانیسم‌ها حین تحویل سوخت خام

کارگران به هنگام تخلیه سوخت خام و فرآوری نشده با مقادیر بالایی از گرد و غبار مواد آلی مواجه می‌شوند. معمولاً رانندگان مجبور هستند که حین نمونه‌گیری از سوخت، باز و بسته کردن درهای کامیون حمل سوخت و تمیز کردن آن چندین مرتبه وارد اتاق تخلیه سوخت شوند و در نتیجه در مواجهه با میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند. بالاترین و کمترین میزان غلظت گرد و غبار قابل استنشاق حین تخلیه به ترتیب مربوط به کود گیاهی و SRF می‌باشد (جدول ۲-۴). متوسط غلظت گرد و غبار قابل استنشاق برای تراشه‌های چوب، کود گیاهی و پوست درخت پنج برابر بیشتر از میزان مجاز غلظت گرد و غبار مواد آلی در یک شیفت ۸ ساعته کاری^۲ در محیط‌های ساکن (5 mg/m^3) است [۴۱]. غلظت این پارامتر در نواحی تنفسی رانندگان کامیون برای تمامی سوخت‌ها به غیر از کود گیاهی کمتر از میزان مجاز غلظت گرد و غبار مواد آلی در یک شیفت ۸ ساعته کاری می‌باشد.

جدول ۲-۴: غلظت گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق (mg/m^3) و اندوتوکسین (EU m^{-3}) در محیط‌های ساکن

و نواحی تنفسی رانندگان کامیون حمل سوخت حین تخلیه سوخت در نیروگاه [۳۹]

سوخت	سالن تحویل سوخت (محیط ساکن)		نواحی تنفسی رانندگان کامیون	
	گرد و غبار مواد آلی	اندوتوکسین	گرد و غبار مواد آلی	اندوتوکسین
تراشه‌های چوب	$3-43/0$	$8-26700$	$1/5$	$36-140$
پوست درخت	$5-25/0$	450	$1/3-6/7$	$11-44$

¹ Biofuels

² Occupational Exposure Limit (OEL_{8hours})

کود گیاهی	۸۷-۳۳	۹۶	<۴/۱۲-۵	۵۹۰-۵۸
SRF	<۱/۶	۱۶	<۱/۸	۴۹-۱۷

گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق حاوی مقادیر زیادی بیوآیروسول هستند و در نتیجه مقدار اندوتوکسین نیز در حین تخلیه سوخت بالاترین مقدار است (جدول ۴-۲). داده‌های جدول ۴-۲ نشان می‌دهد که غلظت اندوتوکسین چندین برابر میزان مجاز پیشنهادی یعنی 90 EU m^{-3} است که اثرات نامطلوبی را بر سلامت کارگران در کوتاه مدت به همراه دارد. همان گونه که داده‌های جدول ۳-۲ نشان می‌دهد غلظت میکروبها حین تخلیه سوخت بیش از 10^4 cfu m^{-3} است که این پارامتر نیز سلامت کارگران را تهدید می‌کند. بالاترین غلظت قارچ‌ها در هوا مربوط به تخلیه تراشه‌های چوب است در حالی که تخلیه کود گیاهی بالاترین میزان غلظت باکتری‌ها را در هوا آزاد می‌کند.

یافته‌ها نشان می‌دهد که بالاترین غلظت کل ترکیبات آلی فرار (TOVC) حین تخلیه سوخت‌ها ۶ برابر مقدار مجاز توصیه شده برای صنایع یعنی $3000 \mu\text{g m}^{-3}$ است [۳۹]. ترکیبات آلی فرار اصلی در هوا آلفا پینن، دلتا کارن، بتا پینن، لیمونن و سایر مونو تِرپِن‌ها ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) می‌باشد. بخش اعظمی از ترکیبات آلی فرار از درخت کاج و چوب نرم صنوبر حاصل می‌شود.

نظارت بر فرآیند تخلیه سوخت از یک اتاق مجزا می‌تواند تاحدی مواجه کارگران با عوامل خطرناک را کاهش دهد. اگر چه در برخی موارد دیده شده است که هوا از سالن تخلیه سوخت از طریق دریچه‌ها و پنجره‌ها به اتاق کنترل راه می‌یابد. به علاوه، رانندگان به منظور نمونه‌گیری از سوخت و یا تمیز کردن کامیون مجبور هستند که وارد سالن تخلیه سوخت شوند.

در حین آماده‌سازی نمونه‌های سوخت در آزمایشگاه‌ها، زمانی که در بشکه حاوی سوخت باز می‌شود، غلظت گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق در نواحی تنفسی کارگران به 10 mg m^{-3} می‌رسد که این مقدار، حد مجاز غلظت گرد و غبار مواد آلی در مدت زمان ۱۵ دقیقه ($\text{OEL}_{15 \text{ min}}$) می‌باشد [۳۹].

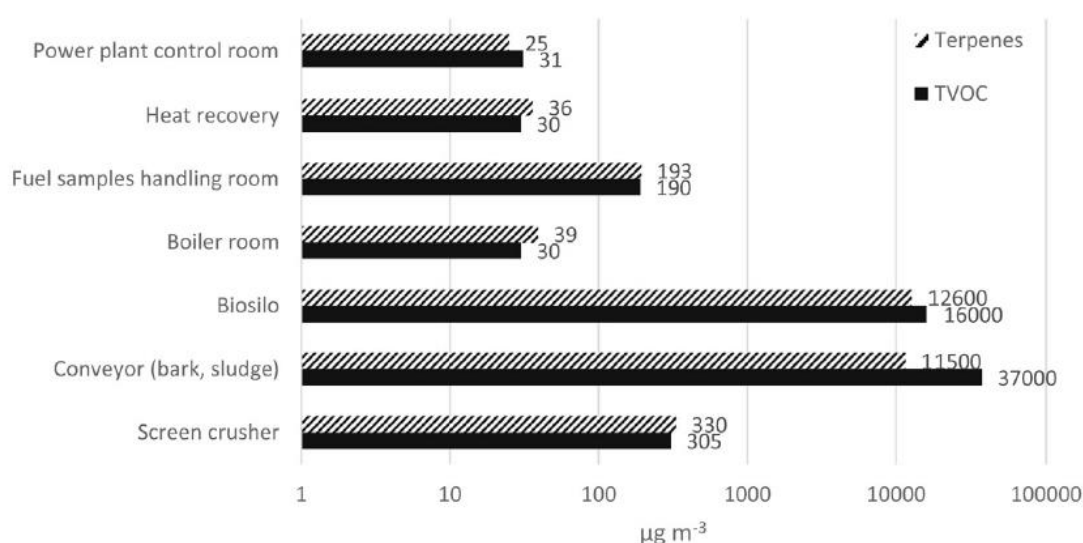
❖ مواجه کارگران حین فرآوری سوخت خام

ساختمان‌های غربالگری و آسیاب، نوارهای نقاله و فضا‌های زیر سیلوها به عنوان مکان‌هایی هستند که امکان مواجهه کارگران با سوخت حین فرآوری و آماده‌سازی وجود دارد (جدول ۳-۲). در حین انجام فرآیند غربالگری و آسیاب، غلظت بیوآیروس‌ها (قارچ‌ها تا 56000 cfu m^{-3} و اندوتوکسین تا 130 EU m^{-3}) بالاست [۳۹]. بالاترین غلظت گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق در مواجهه کوتاه مدت مربوط به زمانی است که کارگران مجبور هستند که به واحدهای غربالگری و آسیاب کردن سوخت SRF بروند، این پارامتر در این مورد ۱/۵ برابر مقدار $\text{OEL}_{15 \text{ min}}$ می‌باشد. حین تمیزکاری غربال‌های SRF، غلظت اندوتوکسین در نواحی تنفسی کارگران تا 570 EU m^{-3} ثبت شده است. بالاترین مقدار غلظت گرد و غبار مواد آلی قابل استنشاق در مواجهه طولانی مدت مربوط به زمانی است که کارگران الک‌ها و غربال‌های SRF را تمیز می‌کنند که این مقدار ۸۶ درصد مقدار $\text{OEL}_{8 \text{ hour}}$ گزارش شده است.

غلظت ترکیبات گوگرددار در واحد بازیافت حرارت نیز بالاست و باید به عنوان یکی از مخاطرات شغلی کارگران در نیروگاه‌های زیست توده در نظر گرفته شود. متوسط غلظت سولفید هیدروژن و مرکپتان در واحد بازیافت حرارت، به ترتیب ۲۴ درصد و ۶۰ درصد مقدار $\text{OEL}_{8 \text{ hour}}$ (۵ ppm و ۰/۵ ppm) گزارش شده است [۳۹]. مقدار ناچیزی (۰/۱ ppm) از دی متیل سولفید نیز در این واحد وجود دارد. به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب روی سطوح انتقال حرارت بویلر و همچنین جلوگیری از خوردگی ناشی از کلریدهای قلیایی موجود در سوخت، استفاده از افزودنی‌هایی نظیر سولفور یا سولفات آمونیوم در نیروگاه‌های زیست توده در حال افزایش است. این بدان معنی است که ملاحظات ایمنی و سلامت نیز باید به موازات مراحل جدید فرآیندی در نظر گرفته شود. در صورت عملکرد نامناسب بویلر، حضور مونو کسید کربن در اتاق بویلر طی یک شیفت کامل کاری گزارش شده است. داده‌ها نشان می‌دهد که امکان مواجهه کارگران هنگام شستشوی کف سیلو با دی اکسید کربن ناشی از تخمیر سوخت نیز وجود دارد و غلظت آن (ppm) ۵۰۰۰ در مواجهه طولانی مدت بیشتر از $\text{OEL}_{8 \text{ hour}}$ می‌باشد [۳۹]. لازم به ذکر است که یافته‌ها حاکی از آن است که همزمان با افزایش غلظت CO_2 در هوا، غلظت اکسیژن هوا کاهش می‌یابد که نشان دهنده

جانشینی CO_2 به جای اکسیژن موجود در هواست که در هر صورت به حدی نیست که کارگران را در معرض خطر جدی قرار دهد. برخی از باکتری‌ها، مخمرها به خصوص باکتری‌های بی‌هوازی نظیر کلاستریدها قابلیت تبدیل کربن موجود در سوخت به مواد شیمیایی نظیر کربوکسیلیک اسید، استون، بوتانول و اتانول را دارند به گونه‌ای که حضور این ترکیبات در سالن تخلیه و واحد آسیاب کردن سوخت و همچنین نوار نقاله‌ها و سیلوها دیده شده است.

شکل ۵-۲) نشان می‌دهد که بالاترین غلظت کل ترکیبات آلی فرار در نزدیکی نوار نقاله حامل پوست درخت و لجن خشک دیده شده است که ۱۲ برابر حد مجاز آن در صنایع یعنی $3000 \mu g m^{-3}$ است. ترکیبات آلی اصلی در این نواحی، استیک اسید $2300 \mu g m^{-3}$ ، مونو ترپن‌ها $11500 \mu g m^{-3}$ و اتانول $7200 \mu g m^{-3}$ می‌باشد.



شکل ۵-۲: غلظت ترپن‌ها و کل ترکیبات آلی فرار در قسمتهای مختلف نیروگاه حین فرآوری سوخت [۳۹]

در نزدیکی سیلوهای ذخیره‌ساز، غلظت TVOCها، $5/3$ برابر حد مجاز آن است و این ترکیبات غالباً دلتا کارن $3700 \mu g m^{-3}$ ، آلفا پینن $3600 \mu g m^{-3}$ و بتا پینن $2100 \mu g m^{-3}$ می‌باشد [۳۹]. در صورتی که عملیات فرآوری سوخت در تجهیزات کاملاً بسته و محصور انجام شود، غلظت بیوآیروسل‌ها و گرد و غبار در نزدیکی این واحدها ناچیز است، به عنوان مثال اگر فرآیند خشک کردن لجن در خشک‌کن‌ها

و نوار نقاله‌های Enclosed انجام شود، کارگرانی که در اتاق خشک‌کن وظیفه نظارت و پایش را بر عهده دارند، در معرض مقادیر ناچیزی از بیوآیروس‌ها قرار می‌گیرند. در هر صورت زمانی که تمیزکاری یا تعمیر این خشک‌کن‌ها و نوار نقاله‌ها ضروری باشد، این تجهیزات باید باز شوند و در نتیجه کارگران در معرض غلظت بسیار بالاتری از بیوآیروس‌ها قرار می‌گیرند.

۲-۸-۲-۱-۶- نیروگاه‌های زمین گرمایی

❖ آلاینده‌های گازی

در حین حفاری یا عملیات تأسیسات ممکن است خرابی‌هایی ایجاد شود و منجر به آزاد شدن مواد افزودنی و مایعات حفاری سمی و مایعات زمین گرمایی شود. این مواد معمولاً فلزات سنگین، اسیدها و سایر آلاینده‌ها را به همراه دارند.

H₂S و جیوه مهمترین آلاینده هوا در این نوع نیروگاه‌ها است. در حین حفاری در سیکلهای باز ممکن است این گازها از سازندهای زیرزمینی منتشر شود [۴۲]. ممکن است متان نیز یکی از گازهای زیرزمینی باشد. کارگران مربوطه به هنگام حفاری باید از ماسک‌های تنفسی و وسایل حفاظت شخصی در برابر این آلاینده‌ها استفاده کنند.

❖ آلودگی صوتی

حفاری چاه‌ها با تولید سر و صدای بیش از ۱۰۰ دسیبل همراه است [۴۲]. در حین تخلیه بخار به محیط نیز امکان تولید آلودگی صوتی وجود دارد. بنابراین در چنین شرایطی، کارکنان مربوطه باید از وسایل حفاظت شنوایی استفاده کنند.

❖ فوران آب گرم

در نیروگاه‌های زمین گرمایی از آب‌های گرم زیرزمینی با دمایی بیش از ۱۰۰ °C برق تولید می‌شود. احتمال فوران آب گرم از دریچه‌های مربوطه به هنگام تمیزکاری تجهیزات در زمان اورهال و یا زمان

بهره‌برداری و عملیات گزارش شده است [۴۳]. در صورتی که به کارگران هشدار و آموزش لازم در این زمینه داده نشده باشد، احتمال سوختگی و جراحت کارگران وجود دارد.

۲-۲-۸-۲ بهداشت شغلی در حوزه توزیع

یکی از مهمترین سرمایه‌های هر سازمان، نیروی انسانی آگاه، با تجربه و کاردان است. یک سازمان با اتکا به نیروی پرتوان انسانی خود می‌تواند در جهت خودکفایی اقتصادی و صنعتی گام بردارد. اما در این رهگذر مخاطرات مختلفی وجود دارد که هر لحظه نیروی انسانی را در معرض تهدید قرار می‌دهد. از این رو باید با آگاهی از خط مشی بهداشت شغلی و رعایت مقررات و دستورالعمل‌های مربوطه، کارکنان را از خطرات دور نمود و این سرمایه با ارزش را حفظ کرد. مخاطرات شغلی که کارکنان حوزه توزیع ممکن است با آنها مواجه شوند در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که مواردی نظیر مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی، آلودگی صوتی و خطر وجود حشرات و جانوران موزی از جمله مخاطراتی است که پرسنل شاغل در حوزه توزیع با آنها روبرو می‌باشد که به صورت مشترک در بخش تولید صنعت برق نیز وجود دارد و در بخش ملاحظات عمومی بهداشت شغلی مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش به مخاطراتی اشاره شده است که به طور ویژه کارکنان حوزه توزیع صنعت برق با آنها روبرو هستند و سلامت آنها را به خطر می‌اندازد.

۲-۲-۸-۲-۱ انتشار SF_6

گاز SF_6 یک گاز بیرنگ، بی‌بو، بی‌مزه و اشتعال ناپذیر است که به دلیل خاصیت دی الکتریک بالاتر نسبت به نیتروژن و سمیت کمتر نسبت به PCBها، در صنعت برق به عنوان عایق گازی در پست‌های برق، ترانسفورماتورها، خازن‌ها، خطوط انتقال و سایر تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به کار می‌رود. اگرچه SF_6 به عنوان یک گاز خنثی از لحاظ فیزیولوژیکی شناخته می‌شود اما محصولات حاصل از تجزیه آن که بر اثر قوس الکتریکی، جرقه و یا پدیده کرونا تولید می‌شود، سمی هستند و حاوی ترکیبات فلورین و یا گوگرد می‌باشند و بنابراین منجر به نگرانی‌هایی در سالهای اخیر شده است. بخارات و گازهای حاصل از این

محصولات، محرک سیستم تنفسی، چشم و پوست هستند. بنابراین تنفس غلظت نسبتاً پایینی از این ترکیبات، حس خفگی، سرفه و تنگی نفس را به همراه دارد. جدول ۵-۲) مقادیر $OEEL^1$ بروز شده برای SF_6 و برخی محصولات حاصل از تجزیه آن را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۲: مقادیر حدود مواجهه شغلی SF_6 و برخی محصولات حاصل از تجزیه آن حاوی فلورین و گوگرد [۴۴]

ترکیب شیمیایی	TLV	PEL
SF_6	۱۰۰۰ ppm	۱۰۰۰ ppm
فلورید کربنیل (COF_2)	۲ ppm	-
فلوریدها (F)	2.5 mg m^{-3}	2.5 mg m^{-3}
فلورین (F_2)	۱ ppm	۰/۱ ppm
فلورین هیدروژن (HF)	۳ ppm	۳ ppm
سولفید هیدروژن (H_2S)	۵ ppm	۱۰ ppm
دی اکسید گوگرد (SO_2)	۲ ppm	۲ ppm
پنتاfluorید سولفور (S_2F_{10})	۰/۰۱ ppm	۰/۰۱ ppm

آموزش کارگران برای رعایت دستورالعمل‌ها و پروتکل‌ها خصوصاً هنگام جابجایی SF_6 در این راستا حائز اهمیت است. استفاده از وسایل حفاظت شخصی نظیر دستکش، عینک و ماسک مراقبت از سقوط نکردن کپسول‌های حاوی SF_6 یا غلت ندادن آنها و همچنین جلوگیری از حرارت مستقیم این کپسول‌ها نیز توصیه می‌شود، به گونه‌ای که دمای آنها از 50°C بالاتر نرود. نمونه‌ای از گاری گاز برای حمل کپسول‌های حاوی SF_6 که به کارگران امکان جابجایی آنها را در شرایط ایمن می‌دهد، در شکل ۶-۲) نشان داده شده است.

¹ Occupational Exposure Limit



شکل ۶-۲: یک گاری حامل کپسول‌های SF₆ جهت جابجایی آنها [۴۵]

از آنجا که گاز SF₆ از کپسول‌ها و سیلندرهای مربوطه به داخل مخزن گاز تجهیزات الکتریکی منتقل می‌شود، شیرها و رگولاتورها باید در صورت نیاز تعمیر و یا تعویض شده و گیج‌های فشار باید به طور منظم کالیبره شوند. استفاده از دستکش‌های مناسب هنگام کار کردن با لوله‌ها در فشار بالا، شیرها یا اتصالاتی که خطر رها شدن ناگهانی در مورد آنها وجود دارد توصیه می‌شود. نحوه پر کردن دستگاه باید به گونه‌ای صورت پذیرد که آزاد سازی گاز SF₆ به محیط به حداقل برسد. پس از پر کردن محفظه، باید از گازبندی بودن دستگاه اطمینان حاصل شود.

برای کار در فضاهای بسته و محیط‌های فاقد تهویه می‌توان از جاروبرقی ویژه قابل حمل برای جمع‌آوری ذرات حاصله استفاده نمود. هنگام کار کردن با محصولات جامد حاصل از تجزیه شدن SF₆، مواد جاذب سطحی یا کیسه‌های جاروبرقی حاوی این مواد، کارگران باید آگاه باشند محصولات گازی حاصل از تجزیه که جذب سطحی شده‌اند ممکن است آزاد شوند، بنابراین باید احتیاط‌های لازم را انجام دهند. استفاده از لباس کارهای بدون جیب، کلاه‌دار، نفوذ ناپذیر که می‌چسبند داشته باشند و روی کفشها و دستکش‌ها را بگیرند، ضروری است. به منظور کار در یک محیط بسته که حاوی SF₆ تجزیه شده باشد، استفاده از ماسک تنفسی تمام صورت با مخزن هوا ضروری است. در چنین محیط‌های باید آشکارسازهای تجاری برای اندازه‌گیری

از آنجا که اکثر وظایف سیمبازان به صورت دستی انجام می‌شود، مکانیزه‌سازی بیشتر، گردش‌های نوبت کاری مناسب، آموزش حمل و جابجایی دستی بارها و بهبود وضعیت‌های مناسب حین انجام فعالیت به کاهش خطر ارگونومیکی این دسته از کارگران کمک می‌کند.

۲-۸-۲-۳- استرس شغلی واحد دیسپاچینگ

برای کنترل هر شبکه قدرت نیاز به یک سیستم دیسپاچینگ وجود دارد تا راهبری سیستم قدرت را انجام دهد. به علت حیاتی بودن حفظ شبکه قدرت، سیستم کنترل آن باید دارای قابلیت اطمینان بسیار بالا بوده و احتمال وقوع خرابی در آن ناچیز باشد و همچنین اطلاعات به سرعت بین مراکز و تجهیزات شبکه منتقل شود. کارکنان این واحد به دلیل ماهیت کار در این واحد با استرس و فشار زیادی روبرو هستند که در صورت عدم کنترل می‌تواند مشکلاتی نظیر افسردگی، غیبت از محیط کار، خستگی مفرط و اختلال در تمرکز به همراه داشته باشد. توجه به فیزیولوژی کار، پیش بینی استراحت کافی، گردش نوبت کاری مناسب و استفاده از روانشناس اجتماعی در صورت لزوم می‌تواند در این راستا جهت کاهش استرس شغلی مؤثر باشد.

۲-۸-۳- درخت فناوری

درخت فناوری‌های حوزه سلامت به صورت شکل (۷-۲) است:



شکل ۷-۲: درخت فناوری‌های حوزه سلامت

۹-۲- حوزه ایمنی

مفهوم ایمنی با عبارت‌های مختلفی تعریف می‌گردد که در غالب این موارد، به درجه دور بودن از خطر یا درجه رهایی از خطر به عنوان مفهوم ایمنی اشاره شده است. در صنعت برق، مجموعه‌ای از مخاطرات ایمنی وجود دارد که در صورت عدم رفع آن مغایرتها، احتمال بروز حادثه افزایش می‌یابد. به طور کلی، در حوزه ایمنی در فعالیت‌های مربوط به صنعت برق، سه نوع سیستم ایمنی باید لحاظ شود. دسته اول مربوط به ایمنی در عملیات (نظیر حفاری، کار در ارتفاع، جوشکاری و برشکاری، ایمنی تجهیزات)، دسته دوم مربوط به ایمنی در پروژه‌ها (نظیر ایمنی انبار، مدیریت حریق، محصورسازی، علائم هشداردهنده) و دسته سوم شامل ایمنی اشخاص در پروژه‌ها (نظیر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی) می‌باشد.

به بیان دیگر، ایمنی در پروژه‌ها به منظور پایش کل پروژه از لحاظ خطر و دستورالعمل‌های لازم برای حفظ امنیت نظیر محصورسازی، نصب علائم هشدار دهنده، سیستم ایمنی برق، سیستم ایمنی حریق، سیستم ایمنی در انبار و سیستم ایمنی در بلایای طبیعی نظیر زلزله و طوفان‌های مهیب، رعد و برق و سیل می‌باشد.

ایمنی در عملیات شامل ارزیابی خطراتی است که کارکنان در هنگام فعالیت‌ها و عملیات در محیط کار، امکان مواجه دارند و می‌توان با ملاحظات آن خطرات را برطرف نمود. از جمله این موارد می‌توان به کار در ارتفاع، کار با تأسیسات برق‌دار، گود برداری و خاک برداری، بتن ریزی، جوشکاری و برشکاری، حمل بار، وسایل بالابرنده و جرثقیل و کار با وسایل حمل و نقل سنگین اشاره کرد.

ایمنی اشخاص مربوط به بخشی از حوزه ایمنی است که به کمک آموزشها و تجهیزات حفاظت فردی، شرایط ایمنی را برای افراد فراهم می‌سازد. در اختیار داشتن تجهیزات فردی و آموزش استفاده از آنها و همچنین استفاده ایمن از ابزار نمونه‌ای از مثالهای بارز در این حوزه می‌باشد. پس از شناسایی خطر و پایش شدت آن لازم است که لوازم متناسب با خطر تهیه شوند و آموزش لازم برای استفاده از آنها داده شود. به علاوه، نظارت به همراه بازرسی لوازم به صورت پیوسته انجام گردد.

بسیاری از ملاحظات ایمنی در قسمت‌های مختلف صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع مشابه یکدیگر است. براساس دسته‌بندی که به آن اشاره شد، در پروژه حاضر، این نوع از ملاحظات تحت عنوان ملاحظات عمومی ایمنی در این پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرند و اگر در موردی خاص نیاز به راهبردی ویژه باشد در دسته ملاحظات اختصاصی به طور ویژه به آن پرداخته می‌شود. در ادامه، ملاحظات عمومی ایمنی و اختصاصی در صنعت برق با تمرکز بر حوزه تولید و توزیع مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۹-۱- ملاحظات عمومی

۲-۹-۱-۱- ایمنی عملیاتی

همان گونه که پیش‌تر اشاره شد، ایمنی در عملیات شامل ارزیابی خطراتی است که کارکنان در هنگام فعالیتها و عملیات در محیط کار، امکان مواجه دارند. این خطرات در صنعت برق، صرفنظر از حوزه تولید، انتقال و یا توزیع، شامل کار در ارتفاع، برق گرفتگی، حمل بار و کار در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی می‌باشد که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته و ملاحظات ایمنی مربوطه در مواجهه با این خطرات ارائه شده است.

۲-۹-۱-۱-۱- کار در ارتفاع

در صنعت برق در مراحل ساخت و تعمیر و نگهداری بسیاری از فعالیتها در ارتفاع صورت می‌گیرد. مدیریت کار در ارتفاع نیاز به برنامه‌ریزی مناسب و تخصیص منابع کافی دارد. روشهای کاهش خطر به ترتیب اولویت عبارتند از [۱]:

- ❖ حذف یا کاهش نیاز به کار در ارتفاع، در مرحله برنامه‌ریزی، طراحی و نصب که در صورت امکان باید تغییراتی با هدف حذف نیاز به کار در ارتفاع صورت پذیرد. به عنوان مثال انجام ساخت سازه نگهدارنده و کارهای جانبی در سطح زمین و سپس بلند نمودن ساختار کامل و انتقال به موقعیت، به شرطی که امکان‌پذیر و مقرون به صرفه باشد. امروزه به کمک انواع ربات‌ها یا پهبادها می‌توان بسیاری از عملیات کار در ارتفاع را حذف نمود.

❖ در صورتی که امکان حذف کار در ارتفاع وجود ندارد، از تجهیزات کار یا روش‌های دیگر برای جلوگیری از سقوط استفاده شود. قبل از استفاده از تجهیزات لازم است که سیستم‌های حفاظتی جمعی، مانند حفاظت لبه یا گارد محافظ برای جلوگیری از سقوط نصب شوند. علاوه بر این، برای کاهش پیامدهای سقوط می‌توان شبکه‌های ایمنی یا کیسه‌های هوا را مورد استفاده قرار داد.

علاوه بر موارد فوق، نکات زیر نیز باید به عنوان روش‌های جلوگیری از وقایع کار در ارتفاع و سقوط در نظر گرفته شود:

❖ برای کار در ارتفاع ضروری است که مناطق امن جهت عبور و مرور کارگران و جلوگیری از سقوط اشیا ایجاد و نگهداری شود.

❖ تمام کارکنانی که در حال کار در ارتفاع هستند، لازم است که در مورد استفاده از سیستم‌های حفاظتی کار در ارتفاع و سیستم‌های نجات، آموزش دیده و صلاحیت لازم را داشته باشند.

❖ کارگران باید به ابزار مناسب تثبیت کننده موقعیت کاری مجهز باشند، همچنین اطمینان حاصل شود که اتصالات سیستم‌های تثبیت کننده موقعیت کاری با اجزایی که به آن‌ها متصل هستند، سازگار است.

❖ در صورت استفاده از داربست و نردبان جهت کار در ارتفاع و سهولت دسترسی، رعایت الزامات ایمنی مربوطه مانند استفاده از کمربند ایمنی و کلاه ایمنی الزامی است. به علاوه، داربست و نردبان از لحاظ استحکام و ایمنی باید مطابق با الزامات و آیین نامه ایمنی اداره کار بوده و قبل از شروع کار از سالم بودن آن‌ها اطمینان حاصل شود.

❖ اعمال معیاری برای حفاظت ۱۰۰ درصد (مثلاً کار در ارتفاع ۲ متری و یا گاهی اوقات در ارتفاع ۷ متری که به نوع فعالیت بستگی دارد) لازم است. سامانه‌های حفاظت از سقوط باید متناسب با ساختمان برج‌ها و حرکات لازمه، فرود، نزول و حرکت از جایی به جای دیگر برای افراد باشند.

- ❖ اطمینان حاصل شود که تجهیزات بالابر به درستی ارزیابی شده و نگهداری می‌شوند و اپراتورهای بالابر به درستی آموزش دیده‌اند. هنگام کار در ارتفاع، هر جا که امکان پذیراست باید تمام ابزار و تجهیزات با یک تسمه یا طناب محکم شده باشند و در صورت امکان باید از تورهای ایمنی استفاده شود. کارگران برای بالا بردن ابزار، از کیسه ابزار استاندارد و تأیید شده استفاده کنند. از نصب یا تعمیر و نگهداری در شرایط آب و هوایی بد و به ویژه محل‌هایی که خطر رعد و برق وجود دارد، اجتناب شود. ارائه و آماده‌سازی یک طرح نجات اضطراری با جزئیات روش نجات کارکنان برای مواقعی که در ارتفاع گیر کرده یا ناتوان شده‌اند، ضروری است.
- ❖ کمربندها و طناب‌های حفاظتی باید مطابق استاندارد باشند. از کمر بند می‌توان به‌عنوان نگهدارنده ابزار کار علاوه بر مورد استفاده اصلی آن (که تأمین حفاظت کارگر می‌باشد) نیز استفاده نمود. وجود هر نوع حلقه و قلاب فلزی اضافی در کمر بند جز آنچه در استاندارد ذکر شده باشد، غیر ضروری است.
- ❖ قبل و بعد از استفاده از کمربندها و طناب‌های ایمنی باید برای حصول اطمینان از بی‌عیب بودن، آن‌ها را مورد بازدید قرار داد. به طناب‌های ایمنی نباید نیروی ضربه‌ای وارد ساخت و از آن باید فقط برای عملیات نجات اضطراری مانند پایین آوردن افراد استفاده نمود. قطر چنین طناب‌هایی باید از ۱۶ میلی متر (۵/۸ اینچ) کمتر نباشد و جنس آن‌ها نیز از نایلون یا ماده مشابه با استحکام زیاد باشد و باید قبل از فرسوده و کهنه شدن تعویض شوند.
- ❖ کارگران باید زمان کار در ارتفاع از سیستم ایمنی ثانویه نیز استفاده کنند.
- ❖ قبل از اقدام به صعود از تیرها، نردبان‌ها، داربست‌ها و سایر تأسیسات مرتفع مشابه ضروری است که بررسی لازم از نظر تعیین مقاومت آن‌ها در برابر نیروهای اضافی یا اهرمی که بر آن‌ها وارد خواهد شد، به‌عمل آید.

❖ در مواردی ممکن است صعود از تیرها یا تأسیسات مشابه ایمن نباشد قبل از اقدام به عمل باید

آن‌ها را به وسیله مهار کردن، حائل کردن یا روش‌های قابل قبول دیگری، ایمن نمود.

❖ تجهیزات بالابر باید به نحو مطمئن و مؤثری به زمین وصل شوند در غیر این صورت این تجهیزات

برق‌دار تلقی شده و باید در موقع استفاده از آن‌ها در نزدیکی خطوط یا تجهیزات برق‌دار در اطراف

آن حصارها و موانعی بوجود آورد.

❖ قبل از بلندکردن دیرک وسیله بالابر، پایه‌های حایل خودروی مربوطه باید به‌منظور حفظ تعادل و

تحکیم آن تنظیم شده و بدنه خودرو به نحو مطمئن و مؤثری به زمین وصل شود. در صورتی که

برقراری اتصال زمین عملی نشود، باید در اطراف خودرو موانع حفاظتی احداث شود و خودرو جزء

تجهیزات برق‌دار تلقی گردد.

❖ قبل از قرار دادن دیرک بالابر در وضع کار باید کلیه کنترل‌ها (چه در خودرو و چه در سبد) مورد

بازدید و آزمون قرار گیرند تا بی‌نقص بودن آن‌ها محرز شده و اطمینان حاصل شود که آماده به

کار می‌باشند. جهت کسب اطلاعات بیشتر به آیین نامه کار در ارتفاع مراجعه شود [۱].

۲-۹-۱-۱-۲- برق گرفتگی

برق گرفتگی به عنوان یکی از این مخاطرات شغلی در صنعت برق معرفی شده است، به گونه‌ای

که پس از صنعت ساختمان، بیشترین تعداد حوادث مربوط به برق گرفتگی در صنعت برق رخ می‌دهد.

در مطالعات انجام شده توسط رحمانی و همکارانش [۲]، فاکتورهای توصیفی آسیب‌ها در شرکت

توزیع برق استان البرز طی مدت ۸ سال (۲۰۱۲-۲۰۰۵) بررسی شده است و دریافتند که اکثر آسیب‌ها،

سوختگی ناشی از برق گرفتگی می‌باشد و در ۷۵ درصد موارد، بی احتیاطی کارکنان، علت حادثه تشخیص

داده شده است. برق گرفتگی کارگر پست فشار قوی در حین کار در جاده مخصوص کرج در مهر ۹۸، برق

گرفتگی دو مأمور اداره برق روی ترانس در اصفهان در آبان ۹۸ و برق گرفتگی مأمور اداره برق بستک استان

هرمزگان حین انجام وظیفه در آذر ۹۸ نمونه‌هایی از این نوع حوادث هستند.

خطر برق گرفتگی در زمان تعمیرات، راه اندازی یا نصب تجهیزات الکتریکی وجود دارد که در این موارد باید از سیستم "Lockout/Tagout" استفاده شود. در این صورت اطمینان حاصل می‌شود که دستگاه مورد نظر کاملاً ایزوله شده است و جریان الکتریسیته در آن وجود ندارد و در حین تعمیرات هم جریانی به آن وارد نمی‌شود. برای این منظور، لازم است که تعمیرکار/نصاب دستگاه را خاموش کرده و آن را قبل از انجام تعمیرات از منبع انرژی جدا کند. سپس دستگاه خاموش شده را قفل کرده و علامت گذاری کند تا از جریان ناخواسته الکتریسیته جلوگیری شود. لازم است که احتمال انتشار انرژی انباشته شده الکتریکی یا دوباره انباشته شدن انرژی تا سطح مدنظر قرار گیرد. برای جلوگیری از بروز جراحات در اثر انتشار انرژی انباشته شده، قفل باید طوری کار گذاشته شود که هیچ فردی بدون استفاده از کلید یا ابزارهای مخصوص بازکننده قفل یا با استفاده از وسایل غیرمعمول مانند قفل شکنها توانایی باز کردن آن را نداشته باشد. Lockout/Tag out برچسب هشداردهنده‌ای است که تعمیرکار آن را روی دستگاه قرنطینه شده قرار می‌دهد و به کارمندان هشدار می‌دهد در هنگامی که وی مشغول تعمیر دستگاه است آن را به منبع انرژی متصل نکنند. برچسب باید به گونه‌ای نصب شود که در حین کار از بین نرود یا به راحتی جدا نشود.

برق گرفتگی در سطوح مختلفی شامل برق گرفتگی در ولتاژ بالا، شوک الکتریکی، قوس الکتریکی و انفجار الکتریکی همراه با آزاد سازی گرما و نور زیاد اتفاق می‌افتد. برق گرفتگی در ولتاژ بالا می‌تواند در حین نصب و راه اندازی تجهیزات الکتریکی اعم از برقراری اتصالات، اینورترها، پست‌های برق و حفاظتهای الکتریکی، کابل کشی‌ها و سایر امور مربوطه اتفاق بیفتد. قوس الکتریکی که بدلیل عبور جریان قوی الکتریسیته از داخل هوا اتفاق می‌افتد، با آزاد سازی گرما و نور همراه است که مواد در تماس نزدیک با منابع بالقوه قوس الکتریکی، مانند جعبه انشعاب، باید دارای کمترین قوس الکتریکی و میزان اشتعال پذیری مطابق با استانداردهای ملی ایران باشد [۳]. به علاوه، استفاده از دستگاه آشکارساز قوس الکتریکی برای قطع جریان در صورت بروز قوس الکتریکی ضروری است. با توجه به محل نصب دستگاه، قابلیت محافظت از مدول تک یا مجموعه‌های از مدولها توسط دستگاه فوق وجود دارد.

۲-۹-۱-۳- جابجایی بار و تجهیزات

عملیات باربرداری نیاز به استفاده از پرسنل مجرب، برنامه ریزی، ارتباط مؤثر و سطح بالایی از نظارت در هنگام انجام باربرداری دارد و نکات ایمنی لازم به هنگام حمل بار و تجهیزات باید رعایت شود. به عنوان مثال اطمینان حاصل شود که تمام اطلاعات مربوط به بار از جمله اندازه، وزن، روش زنجیرکردن و نقاط اتصال شناخته شده هستند. از مناسب بودن تجهیزات بالابر اطمینان کافی حاصل گردد به گونه‌ای که کابل قادر به تحمل و حمایت از بار، در شرایط مناسب بوده و تمام بازرسی‌های مورد نیاز انجام شده باشد. جراثیل باید دارای گواهینامه مورد تأیید اداره کار/سازمان ملی استاندارد ایران باشد. لازم است که تمام ناظران، اپراتورهای تجهیزات و زنجیرها با وسایل باربری و تکنیکهای بالابری آشنا، آموزش دیده و صلاحیت-دار باشند. به منظور جلوگیری از هر گونه دسترسی غیرمجاز به مناطق باربری، نواحی ممنوعه باید مشخص و حفاظت شود. هنگام جابه جایی و بارگیری‌های بزرگ، از مناسب بودن شرایط آب و هوایی برای انجام کار اطمینان حاصل شود. تجهیزات باربری سنگین معمولاً پارامترهای عملیاتی ایمن را در راهنمای عملیات خود دارند و در هر زمانی نباید از این پارامترها تخطی کرد.

۲-۹-۱-۴- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

تجهیزات و پست‌های برق موجود در نیروگاه‌های حرارتی و حوزه توزیع صنعت برق، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید می‌کنند که منجر به مواجه کارکنان با این میدان‌ها می‌شوند. تا حد زیادی نگرانی سلامتی در مواجه با میدان‌های مغناطیسی با فرکانس قدرت (۵۰-۶۰ Hz) است و مطالعات اندکی تأثیراتی را در مواجه با میدان‌های الکتریکی در فرکانس قدرت نشان می‌دهد [۴]. تداخل میدان‌های مغناطیسی ناشی از خطوط برق، پست‌ها و دیگر تجهیزات الکتریکی با ارگانسیم‌های زنده هنوز مورد بحث و تحقیق دانشمندان بوده و نتایج مطالعات آزمایشگاهی نشان دهنده اثرات احتمالی این میدان‌ها بر ارگانسیم‌های زنده است. برخی برنامه‌های ایمنی عملیاتی در این زمینه عبارتند از:

❖ شناسایی پتانسیل پرتوهای میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، ممیزی پرتوهای میدان‌های

الکتریکی و مغناطیسی در پروژه‌های جدید و استفاده از کارگران آموزش دیده در این زمینه

❖ استقرار و شناسایی مناطق ایمن از پرتوهای میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با سایر مناطق و

محدود کردن دسترسی کارگران

❖ استفاده از تجهیزاتی که به دستگاه‌های هشدار دهنده مجهز هستند تا در سطح معینی از پرتوها

اخطار دهند.

۲-۹-۱-۲- ایمنی در پروژه

ایمنی در پروژه‌ها به منظور پایش کل پروژه از لحاظ خطر و دستورالعمل‌های لازم برای حفظ

ایمنی می‌باشد که در صنعت برق صرفنظر از حوزه تولید، انتقال و یا توزیع، شامل سیستم اتصال به زمین،

محافظت در برابر الکتریسیته و ضربه الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه، معضلات تردد افراد و وسایل نقلیه،

حریق و ایمنی ساختمان‌های اداری می‌باشد که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته و ملاحظات ایمنی مربوط

به هر یک از این مخاطرات ارائه شده است.

۲-۹-۱-۲-۱- سیستم اتصال به زمین

همزمان با آماده‌سازی فونداسیون، نصب سیستم اتصال به زمین ضروری است. سیستم اتصال زمین باید

مطابق با استانداردهای مربوطه نصب گردد که در ادامه به اصول اولیه آن‌ها اشاره شده است [۵].

❖ در موقع برقراری اتصال زمین (در مورد کار روی خطوط برق‌دار و بی‌برق) انتهای مربوط به

زمین باید ابتدا وصل شده و سپس انتهای دیگر با استفاده از وسایل مناسب وصل و یا قطع

گردد.

❖ در موقع برچیدن اتصال زمین باید ابتدا وسیله اتصال زمین با استفاده از وسایل کار عایقی یا

سایر وسایل مناسب از خطوط یا تجهیزات باز شود.

❖ به منظور رفع خطر از کارکنان و حصول اطمینان از سرعت عمل وسایل حفاظتی باید در موقع

استفاده از الکترودهای زمین، مقاومت زمین آن‌ها به حد کافی پایین باشد.

❖ اتصال زمین از طریق برج‌ها با استفاده از بست مخصوص برج که قادر به هدایت جریان‌های اتصالی

پیش بینی شده باشد، عملی گردد.

❖ یک هادی اتصال زمین که به زمین برج یا الکتروود زمین دفن شده یا کوبیده شده، وصل می‌گردد،

باید قادر به هدایت جریان‌های اتصالی پیش بینی شده بوده و حداقل قابلیت هدایت آن معادل یک

هادی از جنس مس به مقطع ۳۵ میلی متر مربع باشد.

۲-۹-۱-۲- حفاظت در برابر الکتریسته ساکن و ضربه الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه

یکی از نکات مهم در بحث ایمنی در برق، حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ است. اضافه ولتاژ به وجود

آمده در خطوط برق و وسایل الکتریکی، خطرات بسیار زیادی را برای وسایل و افراد مجاور آن ایجاد می‌کند.

اضافه ولتاژ تولیدی در خطوط، توسط عوامل داخلی یا بیرونی ایجاد می‌شود.

عوامل بیرونی مانند صاعقه و رعد و برق، بیرون از شبکه قدرت وجود دارند که برخورد آن‌ها به ادوات

الکتریکی به خصوص در شبکه‌های دارای سیم‌های هوایی، یکی از دلایل عمده اضافه ولتاژ محسوب می‌شوند.

دامنه اضافه ولتاژهای صاعقه اساساً مستقل از طراحی سیستم‌ها است. در حالیکه اضافه ولتاژهای ایجاد

شده به وسیله عوامل داخلی مانند کلیدزنی با ازدیاد ولتاژ کاری سیستم افزایش می‌یابند.

به هر حال، از جمله مواردی که ممکن است موجب بروز آسیب به عملکرد درست تجهیزات و

دستگاه‌های شبکه‌های تأسیسات برق و خسارت به آن‌ها و حتی خطراتی برای جان انسان‌ها شود، اضافه

ولتاژهای گذرا در تأسیسات برق یا همان پست‌های برق و تأسیسات فشار ضعیف و اضافه ولتاژهای ناشی از

کلیدزنی و همچنین اضافه ولتاژهای فوق گذرا می‌باشد که در اثر صاعقه به وجود می‌آیند.

محافظت در مقابل اضافه ولتاژ ناشی از اثرات صاعقه در ساختمان و به خصوص ساختمان‌هایی که

در آن تجهیزات، دستگاه‌ها و سیستم‌های تأسیسات برقی مانند دستگاه‌های الکترونیکی حساس، شبکه‌های

کامپیوتری و سیستم‌های IT به طور گسترده و قابل ملاحظه‌ای مورد استفاده باشند، لازم است [۵].

۲-۹-۱-۲-۳- حفاظت در برابر آتش سوزی

برای مقابله با حریق باید تجهیزات لازم نظیر کپسول آتش نشانی سیار و ثابت فراهم گردیده و کارکنان آموزشهای لازم را دیده باشند. برای اطلاعات بیشتر به آیین‌نامه پیشگیری و مبارزه با آتش سوزی در کارگاهها مراجعه شود [۶].

۲-۹-۱-۲-۴- سیستم تردد افراد و وسایل نقلیه

مناطق ممنوعه باید توسط تابلوهای مناسب، مشخص شود و دربهای ورودی آنها نیز کنترل گردد تا بدین وسیله از ورود افراد و وسایل نقلیه غیر مجاز جلوگیری به عمل آید. همچنین لازم است علائم هشدار دهنده مناسب به شکل کاملاً مشخص در پیرامون محل نصب گردند. وسایل نقلیه و عابرین برای تردد در این مناطق باید با اخذ مجوز عبور و یا پروانه کار، از مسیرهای تعیین شده مجاز استفاده نمایند. این دستورالعمل مطابق با استاندارد [۵] بوده و برای دریافت اطلاعات بیشتر می‌توان به آن مراجعه نمود.

۲-۹-۱-۲-۵- ایمنی ساختمان‌های اداری

ساختمان‌های اداری به علت بیشترین تمرکز و تردد نیروی انسانی و بالاترین پیامد در صورت وقوع حادثه، از اهمیت به سزایی برخوردار هستند. لذا جلوگیری از مخاطرات و اتخاذ روش‌های کنترلی بسیار ضروری است. وظایف و مسئولیت‌ها در هر ساختمان باید مشخص باشد. در صورت نیاز به اصلاحات در ساختمان، نیاز به شناسنامه اصلاحات و برنامه اصلاحی می‌باشد [۵].

شناسنامه ساختمان باید شامل مشخصات عمومی ساختمان نظیر سیستم‌های اعلان و اطفای حریق، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی، استحکام و مقاومت در برابر حریق، آسانسورها، مقابله با شرایط اضطراری، کمک‌های اولیه، درب‌های خروجی اضطراری، علائم هشدار و راهنمای ایمنی باشد. سایر اطلاعات مورد نیاز باید حسب مورد و با نظر اداره خدمات تخصصی و ضمن هماهنگی با اداره ایمنی اضافه شود.

برنامه اصلاحی شامل مواردی نظیر تعیین شاخص‌های ارزیابی، الویت بندی، تدوین برنامه اصلاحی، برنامه مقابله با شرایط اضطراری و بحران، نکات ایمنی و آتش نشانی، پلکان‌ها و راهروها، درب‌ها، روشنایی، تهویه و صدا، ایمنی برق ساختمان، تجهیزات و ملزومات اداری، وسایل اعلان و اطفاء حریق است.

این دستورالعمل مطابق با استاندارد [۵] می‌باشد که شامل ایمنی انبار، ایمنی در بلایای طبیعی و محصور سازی است. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توان به این مرجع مراجعه نمود.

۲-۹-۱-۳- ایمنی فردی

یکی از مهمترین سرمایه‌های هر سازمان، نیروی انسانی است که هر سازمان با اتکا به آن می‌تواند در جهت خودکفایی اقتصادی و صنعتی گام بردارد. اما در این رهگذر مخاطرات مختلفی وجود دارد که هر لحظه نیروی انسانی را در معرض تهدید قرار می‌دهد. ایمنی فردی مربوط به بخشی از بحث ایمنی است که به کمک آموزشها و تجهیزات حفاظت فردی، شرایط بی‌خطری را برای افراد مهیا می‌کند و این سرمایه با ارزش را حفظ می‌کند.

استفاده از تجهیزات حفاظت فردی نظیر کلاه ایمنی مخصوص، عینک محافظ، چکمه، لباسهای ضد آتش و جلیقه‌های ایمنی، ابزارهای عایق شده، وسایل حفاظت در برابر سقوط و حفاظت از قوس الکتریکی، دستکش‌های گرم جهت جلوگیری از برق گرفتگی، دستکشهای عایق ولتاژ متناسب با سطح ولتاژ محل کار ضروری است [۵، ۷].

دستکش عایق الکتریکی که اغلب به عنوان "دستکش‌های گرم" نامیده می‌شود، اولین خط دفاع در برابر شوک الکتریکی است که همواره باید با دستکش‌های محافظ چرمی روی آن‌ها پوشیده شوند و قبل از هر بار استفاده مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این، بازنگری مجدد دستکش‌ها یا جایگزینی آن‌ها در فواصل زمانی منظم (شش ماه پس از قرار دادن در اختیار کارکنان) ضروری می‌باشد. استفاده از ابزار دستی عایق بندی شده نیز فرد را از اثرات شوک حفاظت خواهد کرد [۷].

وجود جعبه کمک‌های اولیه که حاوی تدارکات و تجهیزاتی است که در صورت لزوم بتوان با آن اقدام به انجام کمک‌های اولیه نمود، الزامی است.

لازم است که تمام ناظران، اپراتورهای تجهیزات و زنجیرها با وسایل باربری و تکنیکهای بالابری آشنا، آموزش دیده و صلاحیت‌دار باشند. جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد حمل بار توسط افراد به "آیین نامه بهداشتی حمل بار دستی" [۸] مراجعه شود.

۲-۹-۲- ملاحظات اختصاصی ایمنی

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، بسیاری از ملاحظات ایمنی در قسمتهای مختلف صنعت برق اعم از تولید، انتقال و توزیع مشابه یکدیگر است که این نوع از ملاحظات تحت عنوان ملاحظات عمومی ایمنی در این گزارش مورد بررسی قرار گرفت. بخشی از ملاحظات ایمنی در صنعت برق به طور ویژه به حوزه خاصی از صنعت برق مربوط می‌باشد که تحت عنوان ملاحظات اختصاصی ایمنی در اینجا به آن پرداخته می‌شود. در ادامه، ملاحظات اختصاصی ایمنی در صنعت برق با تمرکز بر حوزه تولید و توزیع مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲-۹-۲- ملاحظات ایمنی حوزه تولید

تولید برق در کشور از دو روش نیروگاه‌های حرارتی شامل نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی و نیز نیروگاه‌های غیر حرارتی شامل نیروگاه‌های برقابی، زمین گرمایی، بادی و خورشیدی انجام می‌شود. به نظر می‌رسد که با توجه به تفاوت در فرآیند تولید برق در این دو نوع نیروگاه، نوع مخاطرات و ملاحظات ایمنی در این دو دسته نیروگاه متفاوت باشد. بنابراین در این گزارش، حوزه تولید صنعت برق از منظر ملاحظات ایمنی، به دو بخش نیروگاه‌های حرارتی و نیروگاه‌های غیر حرارتی تقسیم بندی شده است که در ادامه مخاطرات و چالش‌های ایمنی مربوط به هر نوع نیروگاه مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۱-۲-۹-۲- نیروگاه‌های حرارتی

صنعت برق یکی از صنایع زیربنایی و مادر محسوب شده و نقش بی‌بدیلی در توسعه سایر صنایع و رشد اقتصادی کشور ایفا می‌کند. در ایران، عمده برق کشور از طریق منابع فسیلی به دلیل ساختار و سبد انرژی کشور تأمین می‌شود و نرخ تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی همواره نقش تاثیرگذاری در تأمین برق

مطمئن کشور ایفا می‌کند. اهداف اساسی چون تولید و تأمین برق پایدار در نیروگاه‌های حرارتی حکم می‌کند که طبق یک برنامه ریزی اصولی، جامع و دقیق با سرویس و بازبینی‌های منظم و با در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی در واحدها و تجهیزات مختلف، توقف تولید را به حداقل رسانده و ضمن افزایش راندمان تولید، ایمنی کار دستگاه‌ها و پرسنل بهره بردار را افزایش داد. بدین منظور، شناسایی مخاطرات واحدها و تجهیزات مختلف و انجام اقدامات پیشگیرانه جهت افزایش ضریب ایمنی ضروری است. براساس بررسی‌های انجام شده، مهمترین مخاطرات موجود در نیروگاه‌های حرارتی و اقدامات لازم جهت تقلیل این مخاطرات در ادامه آورده شده است.

❖ مخاطرات واحد ذخیره‌سازی و جابجایی سوخت

محل قرارگیری مخزن باید به گونه ای باشد که از هرگونه برخورد و تصادف محافظت شود و هیچگونه پاشش سوختی نباید در حین بارگیری و پر کردن آن به محیط رخ دهد. همچنین مخازن باید دارای سیستم های کنترلی جهت پیشگیری از نشتی و سیستم تهویه و خروج بخارات باشند. در صورتی که مخزن ذخیره در ارتفاعی قرار گیرد که به علت وجود نیروی جاذبه، جریان به صورت ثقلی به سمت دیسپنسرهای برقرار شود، لازم است تا در خروجی مخزن و قبل از ورود جریان به سیستم لوله‌کشی و دیسپنسرهای یک شیر قطع کن برقی تعبیه شود. هنگامی که دیسپنسر کار نمی‌کند، حتی در صورت وجود خرابی و نشتی در لوله ها و شیلنگ ها، به علت بسته بودن شیر برقی جریانی از مخزن خارج نمی‌گردد و به بیرون نشت نمی‌کند. آموزش، نظارت دقیق، تعمیر و نگهداری مخزن ذخیره و خطوط لوله انتقال ضروری است. کنترل دمای مخزن و مایع درون آن، عدم اخلاص در سیستم تخلیه بخارات برای مدت بیش از ۲ ساعت، جلوگیری از هرگونه نشتی و خرابی در مخزن، لوله ها و اتصالات و استفاده از رنگ و پوشش‌های ضد حریق برای مخازن روزمینی از جمله مواردی است که لازم است که برای ایمنی هر چه بیشتر واحد مخزن سوخت در نظر گرفته شود. کد استاندارد NFPA 30A الزامات مفصل‌تری در این خصوص در اختیار قرار می‌دهد [۹].

❖ ملاحظات ایمنی واحد دمین

در واحد دمین، آب خام از نمک و یون عاری می‌شود و سپس با اسید سولفوریک و سود سوزآور مورد تصفیه قرار می‌گیرد تا مقدار pH آن روی ۹ تنظیم شود. آب خروجی از این واحد، از طریق لوله‌کشی در تانک دمین ذخیره می‌گردد. در واحد دمین، شستشوی محلهای آلوده شده به دلیل سرریز شدن اسید سولفوریک و یا سود حین تخلیه، استفاده از وسایل اطفای حریق و حذف منبع احتمالی اشتعال ضروری است [۱۰].

❖ مخاطرات مربوط به بویلر

معمولاً چهار مشکل اصلی جبران ناپذیر در بویلرها اتفاق می‌افتد که شامل ذوب شدن سطح، شوک حرارتی، انفجار محفظه احتراق و افزایش فشار بخار داخل بویلر است [۱۱]. به منظور جلوگیری از بوجود آمدن حوادث و مشکلات مذکور و به منظور ارتقا ایمنی بویلر، اقداماتی نظیر ثبت داده‌های بویلر، چک کردن آب سطح داخل بویلر، بررسی و بازبینی شیرهای اطمینان، بررسی دوره‌ای عملکرد سیستم حفاظتی شعله و چک کردن اسکنر شعله توصیه می‌شود. تمامی بویلرهای مدرن مجهز به سیستم حفاظتی شعله هستند که عملکرد مشعل را پایش می‌کند. در صورتی که مشعل خاموش شود، این سیستم کنترلی، مسیر ورود سوخت را مسدود می‌کند. با توجه به نقش کلیدی سیستم کنترلی مذکور لازم است که بصورت دوره‌ای چک و بررسی شود. خوردگی در بویلر، مسئله دیگری است که باید جدی گرفته شود. خوردگی اساساً از اکسیژن آب بویلر ناشی می‌شود. به منظور حذف اکسیژن از آب خوراک بویلر، از عملیات حرارت دهی و یا فرآیندهای تصفیه شیمیایی استفاده می‌شود. حرارت دهی منجر به حذف اکسیژن و دی اکسید کربن موجود در آب می‌شود. در تصفیه شیمیایی از مواد شیمیایی رباینده اکسیژن به عنوان افزودنی استفاده می‌گردد. سولفیت سدیم یکی از مواد متداولی است که بدین منظور استفاده می‌شود. سولفیت سدیم با اکسیژن موجود در آب بویلر ترکیب شده و به صورت سولفات سدیم در کف بویلر جمع می‌شود. با استفاده از شیرهای تخلیه کف بویلر، سولفات سدیم تجمع یافته خارج می‌گردد. به هنگام اضافه کردن مواد شیمیایی

به آب ورودی بویلر استفاده از وسایل حفاظتی نظیر شیلد صورت ضروری است. به هنگام تخلیه بویلر توسط شیرهای کف آن لازم است که بویلر با Load کم کار کند و سطح آب داخل آن در حالت نرمال^۱ باشد. به منظور اطمینان از عدم وجود بخار در بویلر، شیر Vent باید باز شود و به محض تخلیه بخار احتمالی، دستگیره‌ها باز و دریچه‌های Manhole برداشته شده و آب داخل بویلر به طور کامل تخلیه گردد. در صورتی که آب داخل بویلر به سرعت خارج نشود، لجن و رسوب ته‌نشین شده روی سطوح براحتی تمیز نمی‌شود. به هنگام باز کردن شیرهای بخار باید از دستکش‌های مخصوص استفاده شود تا از سوختگی احتمالی جلوگیری شود. سرویس کردن پمپ‌های بویلر به منظور اطمینان از دمای یاطاقان‌ها و بررسی لرزش احتمالی پمپ ضروری است. فرآیند سرویس کردن پمپ‌ها باید همزمان با سایر برنامه‌های تعمیر و نگهداری انجام شود تا کمترین اثر را روی عملکرد واحد داشته باشد. در حین سرویس‌کاری، به منظور اطمینان از عدم سایش، یاطاقان‌ها باید بررسی شوند و در صورت لزوم از روانکار استفاده شود. لازم است که هم‌ترازی و عدم سایش اتصالات انعطاف‌پذیر چک شده و این اتصالات به طور کامل با آب شسته شود. در صورتی که داده‌های لاگ شیت بویلر نشان می‌دهد که پمپ آب ورودی بویلر به خوبی کار نمی‌کند، ممکن است نیاز به خارج کردن پمپ از مدار عملیاتی باشد.

با وجود رعایت تمام موارد ایمنی همواره احتمال وقوع حادثه وجود دارد. پس از وقوع حادثه در بویلر لازم است که گزارش حادثه تکمیل شود. این گزارش معمولاً حاوی اسم فرد حادثه دیده، تاریخ، زمان و مکان حادثه، سرپرست شیفت و شرایط وقوع حادثه می‌باشد. این گزارش جهت ارائه به شرکت بیمه و جلوگیری از تکرار وقوع حادثه ضروری است.

❖ ملاحظات ایمنی مربوط به توربین و ژنراتور

¹ Normal Operating Water Level (NOWL)

- ❖ پیش بینی طول عمر: در مورد تجهیزات دوار مکانیکی لازم است که پیش بینی‌های طول عمر برای اجزای مربوطه از جمله سیستم‌ها و اجزای محافظت ایمنی، انجام شود تا ثابت شود که توربین گاز و یا ژنراتور می‌تواند با سطح خطر قابل تحمل در طول عمر قابل پیش بینی خود کار کند.
- ❖ تغییرات و تعویض: کلیه تغییرات و به روزرسانی‌ها در سیستم‌های حفاظتی و اجزای مربوط به ایمنی باید برای دستیابی به سطح قابل تحمل خطر انجام شود. نگهداری دوره‌ای سیستم‌های حفاظتی و اجزای مربوط به ایمنی باید برای اطمینان از ایمنی برنامه‌ریزی شود.
- ❖ ارزیابی ریسک: به منظور مشخص شدن اینکه آیا توربین گاز و تجهیزات مرتبط می‌توانند باعث صدمه به افراد شوند یا تهدیدی برای زندگی افراد یا محیط زیست باشد یا می‌تواند صدمات هم زمان قابل توجهی ایجاد کند لازم است که ارزیابی ریسک انجام شود. نتایج ارزیابی‌ها باید مستند باشد و در مواردی که اقدامات کاهش خطر انجام می‌شود، ضروری است که از اینکه اقدامات اضافی خطرات اضافی را ایجاد نمی‌کند، اطمینان حاصل گردد. هنگام ارزیابی ریسک باید خطرات شناسایی شده از بین بروند و یا خطرهای باید به میزان قابل تحمل برای پیامدهای مرتبط کاهش یابد.
- ❖ سر و صدا: با توجه به اینکه سطح صدا در اطراف توربین بیش از ۸۵ دسی بل می‌باشد، استفاده از محافظ گوش برای اپراتور مربوطه و همچنین علائم هشدار دهنده در منطقه الزامی است.
- ❖ حفاظ: استفاده از حفاظ مناسب اطراف قطعات متحرک توربین از جمله ملاحظات ایمنی مربوط به این دسته از تجهیزات در نیروگاه‌های حرارتی می‌باشد. لوله‌های محافظ باید طوری طراحی شوند که در برابر حداکثر بارهای قابل پیش بینی از جمله شرایط عملیاتی گذرا و غیر عادی (به عنوان مثال فشار کمپرسور توربین گاز) مقاومت کنند بدون اینکه منجر به خرابی پوشش آن شود.
- ❖ لرزش: در مواردی که میزان لرزش در خط شافت محرک افزایش یابد و منجر به ایجاد موقعیت‌های خطرناک شود، تجهیزات نظارت بر لرزش باید نصب شود تا به طور مداوم هرگونه تشدید را کنترل کرده و اقدامات مناسب انجام شود.

❖ پایداری و جابجایی: تکیه گاه‌های یاتاقان، محافظ‌ها و در صورت استفاده از قاب‌های پایه، باید در محیط آنها به گونه‌ای نصب شوند که در تمام وقایع قابل پیش بینی در موقعیت مورد نظر خود باقی بمانند.

❖ سیستم ورودی هوای کمپرسور توربین گاز: فیلتراسیون ورودی هوا باید به گونه‌ای انجام شود که در صورت ورود آلودگی‌های جوی، آلودگی‌های هوا از واحدهای مجاور و محیط‌های مرطوب را به حداقل برساند از آنجا که می‌تواند منجر به خرابی زودرس اجزای توربین گاز شود [۱۲]. در مواردی که شرایط دما و رطوبت سایت می‌تواند باعث ایجاد یخبندان در سیستم ورودی کمپرسور توربین گاز شود، لازم است که برای جلوگیری از تجمع مقادیر خطرناک یخ، اقدامات مناسبی صورت گیرد.

❖ سیستم‌های روغن کاری و هیدرولیک: ایزوله کردن توربین و ژنراتور از منابع اشتعال نظیر ایزوله کردن روغن سرمایش یا مخزن هیدروژن از جمله اقدامات کاهش خطر در برابر مه آلوده شدن روغن قابل اشتعال در حضور سطوح گرم می‌باشد.

به منظور آگاهی بیشتر از الزامات ایمنی مربوط به کمپرسور و توربین گاز می‌توان از استاندارد ISO 12100 استفاده نمود.

❖ مخاطرات مربوط به مخزن ذخیره آمونیاک

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در صورت نشت آمونیاک از مخزن و یا خطوط لوله مربوطه، غلظت آمونیاک تا فاصله ۵۰۰ متری مخزن، ppm ۹۰۰۰۰ می‌باشد که حدود ۶۰ درصد حداقل غلظت قابل اشتعال گاز آمونیاک است [۱۳]. غلظت آمونیاک تا حدود ۱/۷ کیلومتری مخزن معادل ppm ۱۰۵۵۵ می‌باشد که حدود ۱۵ درصد حداقل غلظت قابل اشتعال گاز آمونیاک است. باید توجه داشت که در صورت انفجار ابر بخار تشکیل شده، فشار موج انفجار تا فاصله حدود ۷۵۵ متری مخزن معادل 2 Ib/in^2 خواهد بود که می‌تواند منجر به آسیب جدی ساختمانها گردد. بنابراین انجام بازرسی‌هایی مطابق با پیشنهاد شرکت سازنده در ارتباط با شیرهای اطمینان مخازن آمونیاک و تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری، نقش مؤثری در محدود نمودن اثرات زیانبار انتشار این مواد سمی خواهد داشت.

❖ مخاطرات مربوط به برج خنک کننده

برج‌های خنک کننده سازه‌های بلند مرتبه با تجهیزات سنگین و ادوات در حال حرکت هستند که در صورت عدم رعایت موارد ایمنی ممکن است حوادث جدی برای افراد و سایر تجهیزات به وجود آورند. پیشگیری و رعایت نکات ایمنی قبل از وقوع حادثه همواره بهتر از راه حل جویی‌هایی پس از بروز حادثه می باشد. در ادامه به برخی ملاحظات ایمنی در برج خنک کننده اشاره شده است.

❖ خطرات ناشی از کار با تجهیزات مکانیکی: زمانی که پرسنل جهت انجام تعمیرات فن و تجهیزات مربوط به آن، در قسمت تنوره فن قرار می گیرند حتماً اپراتورها را از این مسئله آگاه نمایند. لازم است که اپراتورها مطمئن شوند که فن از قسمت اصلی خاموش است و یک برچسب جهت اطلاع افراد بر روی کلید مربوط به آن نصب شده است. برای رعایت ایمنی بیشتر، باید کلید مربوط به حرکت فن قبل از ورود به تنوره فن در حالت خاموش قرار بگیرد.

❖ خطرات ناشی از تماس با آب داغ: اگر برای انجام کارهای تعمیرات و بازرسی، لازم است که وارد سیستم توزیع آب برج خنک کننده شوند، از خاموش بودن پمپ‌های آب گردشی، اطمینان حاصل شود. در این مواقع، هرگونه تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود آب به سیستم توزیع آب گرم و ریختن آب داغ بر روی افراد، باید در نظر گرفته شود.

❖ خطر برق گرفتگی: برج‌های خنک کننده، مجموعه‌ای از آب و الکتریسیته را در خود جای داده‌اند، پس احتمال برق گرفتگی برای افرادی که در این سیستم‌ها مشغول به کار هستند وجود دارد. لازم است که همواره تجهیزات الکتریکی و سیم کشی‌های مربوطه به دقت مورد بازرسی قرار گیرند. در هنگام رعد و برق و باد و طوفان شدید هیچگاه نباید از برج خنک کننده بالا رفت، زیرا امکان برق گرفتگی وجود دارد. جهت رعایت اقدامات ایمنی در برج خنک کننده باید تجهیزات ایمنی لازم در بالای برج‌های خنک کننده برای مقابله با این پدیده در نظر گرفته شود.

❖ خطر آتش سوزی: در برج‌های چوبی و برج‌هایی که دارای پرکن‌های پلاستیکی می‌باشد، علیرغم وجود مقادیر بسیار زیاد آب درون این برج‌ها، احتمال آتش سوزی وجود دارد. باور کردنی نیست که یک برج خنک کننده قابلیت احتراق و آتش سوزی داشته باشد، ولی بسیاری از این قبیل برج‌ها وجود داشته که در اثر بی‌مبادلاتی افراد و استعمال دخانیات، دچار حریق شده است. به همین دلیل استعمال دخانیات برای افراد اپراتور، در این قبیل برج‌ها ممنوع می‌باشد. در صورتی که برج‌های چوبی مدت زمان زیادی خارج از سرویس باشد، چوب‌ها خشک شده و احتمال آتش سوزی وجود دارد.

❖ افرادی که با حلال‌ها و رزین‌ها سر و کار دارند باید از خطرات مربوط به آن آگاه شوند. رزین‌های پلی استری در هنگام مخلوط شدن، واکنش‌های گرمازا ایجاد می‌کنند. همچنین پارچه‌های آغشته به روغن و یا تجهیزات مربوط به روغن کاری، احتمال آتش سوزی را افزایش می‌دهند. بنابراین جهت رعایت اقدامات ایمنی در برج خنک کننده هر گونه کار گرم نظیر جوشکاری و یا برشکاری باید با صدور مجوز از واحد ایمنی صورت پذیرد.

❖ شرایط اضطراری در برج خنک کننده: شرایط اضطراری در برج خنک کننده عبارتست از شرایطی است که در صورت عدم رفع سریع ممکن است خسارات سنگین به خود برج خنک کننده و حتی تجهیزات دیگر وارده نموده و یا سلامتی و جان پرسنل را به خطر بیاندازد [۱۴]. ضمن آگاهی کامل پرسنل باید راه‌های کنترل و اقدامات مورد نیاز از پیش آموزش داده شود تا از بروز اتفاقات ناگوار و خسارت به سیستم به موقع جلوگیری شود. در ادامه به بررسی برخی از شرایط اضطراری در برج خنک کننده پرداخته می‌شود.

الف) نشت اسید: به منظور کنترل pH آب برج خنک کننده، اسید تزریق می‌شود. بروز اشکال در پمپ‌های تزریق اسید، سبب نشتی و ورود بیش از حد اسید به آب شده و مشکلاتی را در سیستم ایجاد می‌کند. ورود اسید به آب باعث کاهش pH آب شده و زمانی که pH آب به میزان اسیدی می‌رسد شرایط اضطراری در برج خنک کننده به وجود می‌آید، لایه محافظ که توسط بازدارنده‌های خوردگی ایجاد شده است، تخریب شده و خوردگی افزایش می‌یابد. کاهش pH آب در اثر نشت اسید در سیستم، در برج‌های

بتنی، سیمان حوضچه را شدیداً مورد حمله قرار می‌دهد که این امر باعث افزایش سختی آب و ایجاد رسوبات می‌گردد و همچنین به ساختمان برج صدمه وارد می‌کند.

در صورت بروز نشت اسید در سیستم، لازم است که پمپ اسید از سرویس خارج شود و کنترل کننده pH تنظیم و یا تعمیر گردد. در صورتی که نشت اسید زیاد باشد باید شیر زیر آب و همچنین شیر مربوط به ورود آب جبرانی به حوضچه باز شود تا pH به حد نرمال برسد و همچنین مواد شیمیایی بازدارنده به سیستم آب تزریق شود. در صورت نشت اسید، برای کنترل pH هیچگاه نباید از مواد قلیایی مانند سود استفاده شود.

(ب) مشکلات ناشی از قطع برق: در صورت قطع برق، قسمت‌های الکتریکی برج نظیر پمپ‌های آب چرخشی و فن‌ها متوقف می‌شود. در سیستم‌های بزرگ معمولاً پمپ توربینی بصورت اتوماتیک وارد سرویس شده تا گردش آب قطع نگردد. اما با توقف فن‌ها به هر حال مقدار آب تبخیر شده کاهش یافته و سطح آب درون حوضچه بالا می‌رود. اگر فن‌ها برای مدت طولانی خارج از سرویس باشند، به علت بالا آمدن سطح آب ممکن است لازم باشد شیر آب به مقدار زیادی باز شود.

(ج) مشکلات ناشی از یخ زدگی: برج‌های خنک کننده طوری طراحی می‌شوند که حداکثر سطح تماس بین هوا و آب، به منظور افزایش انتقال حرارت ایجاد شود که این نوع طراحی، در فصول سرد سال به دلیل کاهش دمای هوای محیط و کاهش بار حرارتی اعمال شده به برج، باعث ایجاد یخ زدگی در قسمت‌های مختلف برج می‌شود. در صورتی که یخ زدگی به صورت لایه‌های نازک در قسمت صفحات ورودی هوا باشد مشکلات چندانی را ایجاد نمی‌نماید و به نوعی قابل قبول است.

ولی اگر یخ زدگی به مقدار زیاد در قسمت پرکن‌ها ایجاد شود باعث ایجاد شرایط اضطراری در برج خنک کننده و کاهش سطح انتقال حرارت و در برخی موارد گرفتگی مسیرها شده و عملکرد این بخش را با مشکل روبرو می‌سازد که باعث افزایش دمای آب می‌شود. لازم به یادآوری است که یخ زدگی در بخش پرکن‌ها از آنجاییکه با ازدیاد حجم همراه است باعث ایجاد ترک و شکستگی این قسمت‌ها نیز می‌شود.

روش‌های کنترل یخ زدگی با توجه به نوع برج، نحوه‌ی توزیع آب گرم و تجهیزات مکانیکی متفاوت است اما موارد زیر در تمامی شرایط یکسان است:

- ❖ یخ زدگی ارتباط مستقیم با میزان هوای عبوری از برج دارد یعنی با کاهش میزان هوا، می‌توان مانع از تشکیل یخ شد.
- ❖ یخ زدگی به بار حرارتی که به برج اعمال می‌شود بستگی دارد، یعنی هرچه بار حرارتی و دمای آب گرم ورودی به برج کمتر باشد امکان یخ زدگی بیشتر است.
- ❖ امکان یخ زدگی در پرکن‌ها، رابطه معکوس با میزان آب ورودی به پرکن‌ها دارد. یعنی هرچه آب بیشتری بر روی پرکن‌ها ریخته شود امکان یخ زدگی کمتر است.

۲-۹-۲-۱-۲- نیروگاه‌های خورشیدی

باتوجه به رشد روزافزون مصرف انرژی و محدودبودن ذخایر انرژی فسیلی و از طرف دیگر آلاینده‌های ناشی از مصرف این نوع سوخت، کشور ایران نیز مانند سایر کشورهای در حال توسعه برای دستیابی به انرژی‌های تجدیدپذیر برنامه‌ریزی نموده است. به طوری که براساس برنامه ششم توسعه، سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک به ۵٪ کل ظرفیت برق کشور خواهد رسید. اما این صنعت نیز مانند سایر صنایع در مرحله ساخت و بهره‌برداری نیاز به رعایت الزامات محیط زیست بهداشت و ایمنی برای به حداقل رساندن آسیب‌ها و صدمات ناشی از فعالیتهای خود دارد.

❖ انعکاس نور

در زمان نصب مدولهای خورشیدی که در نزدیکی فرودگاه هستند، باید دقت شود که زاویه انعکاس نور برای برج مراقبت ایجاد مشکل نکند. با تغییر محل قرارگیری ساختگاه نیروگاه و یا مدولها به راحتی می‌توان این مشکل را بر طرف کرد. در چنین مواردی که احتمال بروز مشکل برای ناوبری هوایی وجود دارد، باید مجوزهای لازم از سازمان هواپیمایی کشوری اخذ شود.

❖ کنترل تردد

با توجه به امکان دسترسی عمومی به مجموعه نیروگاه خورشیدی و یا تأسیسات الکتریکی نیروگاه، قبل از احداث و راه اندازی باید به منظور اطمینان از ایمنی و جلوگیری از حادثه، نسبت به شناسایی موارد لازم، اقدام نمود. اقدامات پیشگیری و کنترل برای مدیریت مسائل دسترسی عمومی عبارتند از:

❖ در جاده‌های دسترسی از درب کنترل (گیت) ورود و خروج استفاده شود.

❖ از آنجا که دسترسی عمومی به ساختگاه نیروگاه خورشیدی توصیه نمی‌شود، پیشنهاد می‌گردد به منظور ممنوعیت از دسترسی عمومی، مجوز تردد در محوطه صادر شود.

❖ حصار کشی و محصور نمودن ساختگاه نیروگاه و محل پست مطابق با استاندارد انجام شود و همچنین از علائم هشدار دهنده (به طور مثال برای خطر برق گرفتگی، ورود افراد متفرقه ممنوع) نیز استفاده شود.

❖ برای حصار کشی ترجیحاً از موانع طبیعی استفاده شود و در غیر این صورت از فنس کشی فلزی استفاده شود.

❖ تابلوها و صفحات اطلاعات در مورد خطرات ایمنی و امنیتی عمومی و اطلاعات تماس اضطراری در محلهای اصلی و پرتردد نصب گردد.

❖ به منظور نظارت بیشتر بر محوطه نیروگاه می‌توان به استفاده از دوربین های حفاظتی در اطراف نیروگاه اشاره کرد.

❖ جابجایی صفحات خورشیدی

به هنگام جابجایی و نصب صفحات خورشیدی، باید مراقب بود تا صفحات شیشه ای دچار شکستگی و خردشدگی نشوند. استفاده از دستکش‌های مخصوص و ضد برش الزامی است. برای جلوگیری از آسیب به کارگران در موقع حمل بار، باید آموزشهای لازم را دیده باشند.

❖ شوک الکتریکی

از آنجائی که مدولهای فتوولتاییک زمانی که در معرض تابش خورشید قرار می‌گیرند قادر به تولید توان و ولتاژ و جریان از نوع مستقیم هستند، هنگام نصب، مخصوصاً زمان سیم کشی الکتریکی، اقدامات زیر باید برای جلوگیری از ایجاد شوک الکتریکی در نظر گرفته شود [۱۵]:

برای سیم کشی از اتصال دهنده‌های مقاوم در برابر آب استفاده شود به طوری که قسمت برق دار آن در معرض تماس قرار نگیرد یا سایر روشهای مناسب برای جلوگیری از ایجاد شوک الکتریکی، استفاده شود. در این راستا، استفاده از دستکش‌های عایق متناسب با سطح ولتاژ کار، استفاده از ابزارهای عایق‌بندی، اجتناب از کار در زمان بارندگی، پرهیز از راه رفتن و یا کار روی صفحات خورشیدی و نصب سیستم اتصال به زمین برای تجهیزات و تأسیسات توصیه می‌شود.

❖ سیستم اتصال به زمین و حفاظت در برابر صاعقه

اتصال به زمین یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد ایمن سیستم‌های فتوولتاییک می‌باشد. در صورتی که ولتاژ مستقیم سیستم از ۵۰ ولت بیشتر باشد، حتماً یکی از هادی‌ها باید اتصال به زمین شود. جزئیات روش ایمن و صحیح اتصال به زمین سیستم‌های فتوولتاییک به طور کامل در استاندارد NEC690 توضیح داده شده است [۱۶].

در صورتی که مدولهای خورشیدی بر روی سقف نصب شده باشند، باید سیستم حفاظتی خطای زمین بر روی واحد نصب شود. اگر هادی حامل جریان در بیش از یک نقطه زمین شود، بخشی از جریان که باید از الکتروود زمین عبور کند از سیم‌های زمین می‌گذرد.

مدولهای خورشیدی به منظور جلوگیری از آتش سوزی باید دارای سیستم حفاظ خطای زمین باشد. سیستم حفاظت خطای زمین باید بر روی مبدل نصب شود و به گونه‌ای عمل کند که اگر جریان زمین از یک آمپر بیشتر باشد، آنگاه مبدل، تغذیه سیم‌های زمین نشده را متوقف سازد و سیمی که به سیم زمین متصل شده است را باز کند. باید تمامی قسمت‌های فلزی واحد فتوولتاییک که حامل جریان نیستند مطابق با استاندارد NEC 690.45 فارغ از سطح ولتاژ سیستم، زمین شوند. با توجه به نصب مدولهای

فتوولتاییک در فضای آزاد، احتمال برخورد صاعقه به آن‌ها وجود دارد. در اثر برخورد صاعقه ولتاژ بسیار زیادی تولید میشود که باعث آسیب رساندن به مدولهای فتوولتاییک خواهد شد.

همچنین در اثر صاعقه و اختلاف پتانسیلی که در سیستم زمین به وجود می‌آید، احتمال آسیب به اینورتور و دستگاههای اندازه گیری نیز بسیار زیاد خواهد بود. بنابراین لازم است سیستم حفاظت در برابر صاعقه برای نیروگاههای خورشیدی نصب گردد.

❖ قوس الکتریکی

مدولهای فتوولتاییک، منابع الکتریکی جریان مستقیم DC هستند. با توجه به نحوه شکل گیری قوس الکتریکی و قطع آن در مدارهای DC که به یکباره شکل می‌گیرد و به دلیل اینکه قوس الکتریکی به طور خودکار قطع نمی‌شود، منابع DC توجه خاصی را می‌طلبند. منابع متداول قوس الکتریکی در مدولهای فتوولتاییک عبارتند از [۱۵]:

- ❖ وجود ترکهایی (کریستالی یا لایه نازک) در سلولهای خورشیدی
- ❖ عدم وجود فاصله کافی بین بخشهای دارای اختلاف پتانسیل
- ❖ پیوند نامناسب اتصالات بین سلولها
- ❖ پیوند نامناسب اتصالات به باسبار
- ❖ اتصال نامناسب باسبار به پایانه سیم کشی و یا اتصالگر
- ❖ فاصله آزاد ناکافی برای انقباض حرارتی بین مواد که منجر به خستگی مکانیکی تجهیزات می‌شود.

به هر حال، طراحی مدولها باید به گونه‌ای باشد که احتمال خطر قوس الکتریکی کاهش یابد. مواد در تماس نزدیک با منابع بالقوه قوس الکتریکی، مانند جعبه انشعاب، باید دارای کمترین قوس الکتریکی و میزان اشتعال پذیری مطابق با استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۱۱۲۷۴ و ۲-۶۱۷۳۰ باشد. این ویژگی سبب

کاهش خطر آتش سوزی در هنگام بروز قوس الکتریکی می‌شود. همچنین دستگاه آشکارساز قوس الکتریکی برای قطع جریان در صورت بروز قوس الکتریکی مورد نیاز است.

❖ سایه‌دار شدن

سایه‌اندازی صفحات خورشیدی ناشی از عوامل مختلفی نظیر سایه پنل‌ها یا ردیف‌های مجاور ناشی از طراحی غیر اصولی، درختان و پوشش گیاهی، ساختمان‌ها و موانع سایه‌انداز همچون سیم برق، ستون انتقال برق، دکل‌های مخابراتی و فضولات پرندگان می‌باشد [۱۵]. سایه‌اندازی به طور قابل توجهی بر روی عملکرد مولد خورشیدی تأثیر می‌گذارد. در صورت سایه‌اندازی بر روی یک ماژول یا حتی بخش کوچکی از آن، عملکرد سلول‌های دارای سایه به مصرف‌کننده، تبدیل شده و انرژی تولیدی سایر سلول‌ها را مصرف می‌کنند. اگر چه کلیه سلول‌های سری شده با سلول دارای سایه از طریق دیود هرزگرد (bypass) از مدار خارج می‌شوند، کاهش توان در این شرایط رخ می‌دهد. همچنین در صورتی که سایه‌اندازی ایجاد شده پس از یک مدت زمان طولانی، رفع نگردد، مشکل نقطه داغ نقطه‌ای (hot spot) در آن رخ داده که موجب آسیب ماژول خورشیدی خواهد شد.

یک روش معمول برای حفاظت در برابر سایه، استفاده از دیودهای کنارگذر است که به صورت موازی با سلولهای مورد نظر متصل می‌شوند. از آنجایی که مشخصه‌های مستقیم و معکوسی که سلول فتوولتاییک با همدیگر متفاوت است، دیود باید به گونه‌ای ساینبدی شود که در هنگام بروز سایه در تمام یا قسمتی از یک یا چند سلول از تشکیل نقاط داغ موضعی جلوگیری شود. دیود کنار گذر باید توانایی عبور جریان مجموعه سلولها را داشته باشند. فعال شدن دیود در خلال یک رویداد وقوع سایه در سلول نباید موجب افزایش بیش از حد گرمای دیود و مواد اطراف آن شود. دیود باید با استفاده از یک روش مقاوم و قابل اعتماد، به صورت مناسب نصب و متصل شود. کیفیت دیود و روش نصب باید از لحاظ میزان دوام مورد ارزیابی قرار گرفته باشد. اگر دیودها به صورت مکانیکی نصب شده باشند، برای حصول اطمینان از اتصال مناسب در طول زمان نگهداری باید تحت شرایط میدانی شبیه سازی شده، تحت آزمون قرار گیرند.

۲-۹-۲-۱-۳- نیروگاه‌های بادی

بازار تأمین انرژی یک بازار رقابتی است که در آن تولید برق در نیروگاه‌های بادی در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت‌های فسیلی برتری‌های نوینی را پیش روی کاربران قرار داده است. از برتری‌های نیروگاه‌های بادی این است که در طول مدت زمان عمر خود، سال‌های زیادی را بدون نیاز به هزینه سوخت تولید خواهند کرد، در حالی که هزینه دیگر منابع تولید انرژی در طول این سال‌ها افزایش خواهند یافت. با توجه به اهمیت گسترش نیروگاه‌های بادی، رعایت الزامات ایمنی در این نیروگاه‌ها در کنار توسعه آنها ضروری است. در ادامه، مهمترین ملاحظات ایمنی در نیروگاه‌های بادی ارائه شده است.

❖ پرتاب پره و یخ

شکست پره روتور می‌تواند به "پرتاب" پره روتور یا بخشی از آن منجر شود، که ممکن است بر ایمنی عمومی تأثیر بگذارد. احتمال خطر پرتاب پره بسیار کم است [۳]. اگر تجمع یخ در پره‌ها در شرایط آب و هوایی خاص در مناطق سردسیر رخ بدهد، قطعات یخ ممکن است در زمان کارکرد از روتور جدا شده و پرتاب گردند و یا اگر توربین در حالت خاموش باشد، به زیر پره سقوط نمایند. برای حفاظت از پرتاب یخ یا شکست پره، توربین‌ها باید در یک فاصله قابل قبول از یکدیگر و مناطق حساس مجاور قرار بگیرند تا ایمنی تأمین گردد.

استراتژی‌های مدیریت ریسک پرتاب پره عبارتند از:

❖ رعایت فاصله قابل قبول بین توربین‌ها و مکان‌های پر جمعیت: حداقل فاصله قابل قبول

۱/۵ برابر ارتفاع توربین (برج + شعاع روتور) است [۳]، البته مدل‌سازی نشان می‌دهد که

فاصله تئوری پرتاب پره می‌تواند با اندازه، شکل، وزن و سرعت پره‌ها و ارتفاع توربین متفاوت

باشد. توصیه می‌شود که حداقل فاصله قابل قبول برای رعایت محدودیت‌های سر و صدا و

سوسو زدن، برای حفاظت بیشتر از مناطق حساس مسکونی حفظ شود.

❖ با انتخاب توربین‌های بادی طراحی شده مطابق با تأییدیه/گواهی نامه معتبر (به عنوان

مثال IEC 61400-1) می‌توان احتمال شکست پره را کاهش داد.

- ❖ کسب اطمینان در خصوص نصب و نگهداری درست سیستم‌های حفاظت از رعد و برق
- ❖ انجام بازرسی دوره‌ای از پره‌ها
- ❖ توربین‌های بادی به سنسورهای ارتعاش تجهیز گردد تا بتوان به هر گونه عدم تعادل در پره‌های روتور واکنش نشان داد و در صورت لزوم توربین را خاموش کرد.
- استراتژی‌های مدیریت ریسک پرتاب یخ عبارتند از:
 - ❖ ایجاد فاصله قابل قبول
 - ❖ ایجاد محدودیت در کارکرد توربین‌ها در شرایط آب و هوایی که می‌تواند منجر به افزایش یخ شود.
 - ❖ توربین‌ها با آشکارسازهای یخ تجهیز شوند و در صورت وجود یخ، توربین متوقف شود.
 - ❖ اگر توربین‌ها نیاز به ادامه کار در شرایط یخ‌زدگی داشته باشند و یا در یک مکان دور افتاده قرار دارند که احتمال حضور افراد کم است، نصب علائم هشدار دهنده حداقل به فاصله یک قطر روتور از توربین بادی در تمام جهات انجام پذیرد.
 - ❖ نصب علائم هشدار دهنده در نقطه ورود به تاسیسات انرژی باد
 - ❖ اطمینان حاصل شود که برای شرایط یخ‌زدگی در دستورالعمل‌های کاری اقدامات احتیاطی نظیر متوقف کردن توربین‌های بادی قبل از این که کارکنان تعمیر و نگهداری به سایت دسترسی پیدا کنند ذکر گردیده باشد.
- ❖ هواپیمایی
 - (الف) ایمنی هواپیما: یک مزرعه انرژی باد ممکن است به طور مستقیم از طریق برخورد بالقوه یا تغییر مسیرهای پرواز تأثیر مستقیمی بر ایمنی هواپیما داشته باشد [۳]. اقدامات پیشگیرانه و کنترل برای مقابله با این تأثیرات عبارتند از:

❖ قبل از نصب، مطابق با مقررات ایمنی حمل و نقل هوایی، با سازمان‌های مرتبط با حمل و

نقل هوایی تماس گرفته شود.

❖ در صورت امکان از قرار دادن نیروگاه‌های بادی در نزدیکی فرودگاه‌ها، مناطق پرواز کم

ارتفاع نظامی و یا مسیرهای پرواز شناخته شده اجتناب گردد. اثرات تجمعی مربوط به

محل توربین‌های انرژی باد در داخل یا در نزدیکی مسیرهای پرواز و به خصوص مناطق

پرواز کم ارتفاع باید در نظر گرفته شود.

❖ استفاده از چراغ‌های چشمک‌زن^۱ و علامت گذاری بر روی برج‌ها / پره‌های توربین، مشورت

با مسئولین مربوطه و آشنا به زمینه‌های مربوط به حمل و نقل هوایی تا الزامات نورپردازی

مناسب و علامت گذاری‌ها مطابق با استانداردهای ملی انجام شود [۳]. در صورت نبودن

استانداردهای ملی، به راهنماهای مناسب و دستورالعمل‌های بین المللی مراجعه شود.

(ب) رادار هواپیمایی: وجود تأسیسات نیروگاه‌های بادی در نزدیکی مراکز رادار، ممکن است

بر عملکرد رادار تأثیر بگذارد و به دلایل مختلف نویز ایجاد کند و عملکرد رادار را با اختلال مواجه

نماید. به همین دلیل باید اثرات نیروگاه‌های بادی بر عملکرد رادار مورد توجه قرار گیرد. اقدامات

پیشگیری و کنترلی برای مقابله با این تأثیرات عبارتند از:

❖ در جانمایی و طراحی تأسیسات نیروگاه‌های بادی، طراحی هندسی، محل توربین‌ها و تغییرات

در مسیرهای ترافیکی هوایی در نظر گرفته شود.

❖ اعمال تغییرات در طراحی رادار، از جمله جابجایی و یا انتقال راداری که تحت تأثیر قرار

می‌گیرد.

❖ استفاده از سیستم‌های رادار جایگزین برای پوشش منطقه

¹ Anti-Collision Lighting

❖ جهت پیشگیری و تعیین اقدامات کنترلی باید با مقامات مربوطه حمل و نقل هوایی مشورت

شود.

❖ ایمنی دریایی

نصب توربین‌های بادی خشکی یا دریایی در نزدیکی بنادر یا خطوط شناور شناخته شده می‌تواند مخاطرات جدی ناشی از برخورد یا تغییر ترافیک کشتی را ایجاد کند که ایمنی حمل و نقل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ایجاد ترافیک اضافی در هنگام ساخت و ساز نیز می‌تواند این خطرات را افزایش دهد.

مسیرهای کابلی و سایر زیرساخت‌های مرتبط به توربین‌های دریایی، نیاز به بررسی دقیق محل و ساختگاه نصب دارند تا فاکتورها و عوامل مختلفی مانند شرایط خشکی، بناهای تاریخی، مسیرهای خطوط انتقال نیرو (کابل‌های دریایی) موجود و خطوط لوله و زمینه‌های ماهیگیری را جهت به حداقل رساندن اثرات و خطرات شناسایی و پیشگیری کند.

توربین‌های بادی خشکی نیز به دلایل مطرح شده در ایجاد اختلال امواج در عملیات راداری و کنترلی خطوط ناوبری و حمل و نقل دریایی می‌تواند باعث اختلال و مانع از شناسایی کشتی‌ها و همچنین امکان عملیات عادی و حمل و نقل شوند همانند مواردی که در رادار خطوط هوایی ذکر گردید. اقدامات پیشگیری و کنترل برای مقابله با این تأثیرات عبارتند از [۳]:

❖ در مرحله امکان سنجی طرح و نیز پیش از نصب، مطالعات لازم با توجه به قوانین ایمنی

حمل و نقل دریایی انجام شود و با مقامات نظارتی دریایی مشورت شود.

❖ در صورت امکان از نصب توربین‌های بادی و تأسیسات بادی در نزدیکی بنادر و خطوط

شناور شناخته شده، اجتناب شود.

❖ از چراغ‌های چشمک‌زن و علامت گذاری بر روی برج‌ها / پره‌های توربین، برای روشنایی و

علامت‌گذاری استفاده شود. با تعامل با مقامات دریایی، مقررات و قوانین مربوطه مشخص

شود. همچنین باید از کشتی‌های نگهبانی استفاده کرد. به منظور کاهش اختلال برای دیگر

کاربران دریایی در طول فاز ساخت و ساز در اطراف هر توربین و واحدهای ساخت و ساز

باید از علائم هشدار دهنده ایمنی استفاده نمود.

❖ تداخل الکترومغناطیسی

توربین‌های بادی به طور بالقوه می‌توانند با سیستم‌های مخابراتی تداخل الکترومغناطیسی ایجاد کنند (به عنوان مثال، ایستگاه‌های مایکروویو، تلویزیون و رادیو). این تداخل می‌تواند ناشی از انسداد مسیر، ایجاد سایه و انعکاس، پراکندگی یا باز تابش نور باشد [۳]. طبیعتاً تأثیرات بالقوه به موقعیت قرارگیری توربین بادی نسبت به فرستنده و گیرنده، ویژگی‌های تیغه روتور، ویژگی‌های سیگنال ارسالی، ویژگی‌های گیرنده فرکانس و ویژگی‌های انتشار موج رادیویی در فضای محلی بستگی دارد.

تأثیر بر سیستم‌های مخابراتی می‌تواند شامل مواردی باشد که در سیستم‌های پخش رادیویی و سیستم‌های نقطه به نقطه هستند. اقدامات پیشگیرانه و کنترلی برای رسیدگی به تأثیرات بر سیستم‌های مخابراتی عبارتند از:

❖ اصلاح موقعیت و محل قرار دادن توربین‌های بادی برای جلوگیری از تداخل مستقیم فیزیکی با سیستم‌های ارتباطی نقطه به نقطه؛ انجام مطالعات لازم و اخذ مشاوره با اپراتورهای مربوطه که می‌تواند در تعیین موقعیت ارتباطات مخابراتی و حریم‌های آن که برای به حداقل رساندن اثرات استفاده می‌شود، کمک کند.

❖ نصب آنتن چرخشی

❖ اصلاح آنتن موجود

❖ نصب تقویت کننده برای تقویت سیگنال

اقدامات پیشگیری و کنترل برای رسیدگی به تأثیرات بر روی پخش تلویزیونی عبارتند از:

توربین بادی دور از آنتن و فرستنده تلویزیونی نصب شود.

اگر تداخل در حین عملیات تشخیص داده شد، آنتن با کیفیت بالاتر یا آنتن جهت دار نصب شود.

آنتن به سمت یک فرستنده پخش جایگزین، هدایت شود.

❖ نصب تقویت کننده و جابجایی آنتن راه‌حل‌های دیگر در این راستا می‌باشد.

❖ حمل بار غیرعادی (حمل و نقل تجهیزات)

باتوجه به تجهیزات نیروگاه‌های بادی، چالش اصلی، حمل و نقل قطعات توربین بادی (تیغه، برج توربین، نایسل و ترانسفورماتور و جرثقیل) به محل احداث نیروگاه است. مطالعات لجستیک، ترافیکی و حمل و نقل باید موارد مربوطه را در جاده‌های عبوری، پل‌ها، محورها، گذرگاه‌ها / زیر گذرها، پیچ‌های تند و خدمات عمومی، ایستگاه‌های تخلیه و بارگیری مجدد در صورت نیاز یا اسکان مجدد، ارزیابی کند. به منظور کاهش اثرات جانبی از جمله ترافیک و یا تأخیر برای دیگر کاربران جاده و احتمال تأثیرات دیگر بر جوامع محلی در مجاورت مسیر پیشنهادی، لازم است که برنامه‌ریزی‌های لازم و مدیریت ترافیک جهت حمل و تحویل بار خارج از ساعات پیک و استفاده از مسیرهای مناسب تأیید شده، انجام شود. گاهی جهت حمل و نقل تجهیزات نیاز است مجوز عبور کسب شود و یا با همراهی اسکورت تأیید شده (نیروی پلیس) انجام شود.

❖ سایه‌های متحرک

سوسو زدن سایه هنگامی رخ می‌دهد که آفتاب از پشت توربین بادی عبور می‌کند و ایجاد سایه می‌نماید. در هنگام چرخش روتر و تیغه‌ها، سایه‌های ایجاد شده از همان نقطه گذر می‌کند و باعث می‌شود تا جلوه‌ای به نام سایه متحرک ایجاد شود. سوسو زدن سایه ممکن است مناطق با جمعیت‌های بالقوه حساس مثلاً مناطق مسکونی، محل کار، محل آموزش و یا فضاهای بهداشتی و تأسیسات که در نزدیکی محل تأسیسات نیروگاه‌های بادی قرار دارند را تحت تأثیر قرار دهد.

با توجه به فاصله بین توربین‌های بادی و جمعیت‌های بالقوه در خشکی، سوسو زدن سایه معمولاً به عنوان یک مساله مهم برای تأسیسات انرژی باد در مناطق دریایی محسوب نمی‌شود. پتانسیل سوسو زدن سایه احتمالاً در عرض‌های جغرافیایی بالاتر از اهمیت بیشتری برخوردار است از آنجا که خورشید در

آسمان پایین‌تر بوده و بنابراین سایه‌های طولانی تری دارد. افزایش طول سایه باعث می‌شود که اثرات سوسو زدن منطقه وسیعی را تحت تأثیر قرار دهد.

در مکان‌هایی که پذیرنده‌های حساس وجود دارند، نرم افزار موجود می‌تواند برای مدل سوسو زدن سایه به منظور شناسایی فاصله‌ای که ممکن است اثرات سوسو زدن سایه وجود داشته باشد مورد استفاده قرار گیرد. همان نرم افزار نیز می‌تواند به طور معمول برای پیش بینی زمان و طول مدت وقوع سوسو زدن سایه‌ها در شرایط واقعی آب و هوایی در جمعیت‌های خاص واقع در منطقه برای اثرات احتمالی بالقوه سوسو زدن سایه مورد استفاده قرار گیرد.

اگر پیدا کردن موقعیت تأسیسات نیروگاه‌های بادی / توربین‌ها، طوری که پذیرنده‌های همجوار هیچ گونه اثرات سوسوی سایه را تجربه نکنند، امکان پذیر نباشد، نباید در بدترین شرایط مدت زمان اثر سوسوی سایه در یک گیرنده حساس در حد ۳۰ ساعت در سال و ۳۰ دقیقه در روز بیشتر باشد [۳]. اقدامات پیشگیری و کنترل برای جلوگیری از تأثیرات مهم سوسو زدن سایه عبارتند از:

- ❖ انتخاب محل مناسب برای سایت توربین‌های بادی برای جلوگیری از سوسو زدن سایه‌ها
- ❖ زمانی که سوسو زدن سایه بیش از حد باشد می‌توان برای خاموش کردن توربین‌های بادی برنامه‌ریزی کرد. همچنین در زمانی که نور خورشید از تیغه روتور یا برج در یک جهت خاص بازتاب می‌شود، باید تلالو تیغه یا برج، در نظر گرفته شود، چراکه تأثیر بالقوه‌ای بر جوامع دارد. با این حال، با توجه به این که توربین‌های بادی با رنگ‌های مات و غیر بازتابی رنگ آمیزی می‌شوند، در توربین‌های بادی مدرن امروزی، تلالو تیغه یا برج به عنوان موضوع مهمی در نظر گرفته نمی‌شود.

۲-۹-۱-۴- نیروگاه‌های زمین گرمایی

زمینی که حیات بشر بر روی آن جاری است، منبع بسیار عظیمی از انرژی گرمایی است. انرژی زمین گرمایی در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و از فروپاشی عناصر رادیواکتیو در عمق زمین نشأت گرفته است. از این انرژی که به صورت حرارت از اعماق زمین به سطح هدایت می‌شود، تقریباً توانی

معادل با ۴۲ میلیون مگاوات حرارت از کل سطح کره زمین قابل استحصال است، که در صورت توسعه فناوری استخراج، به تنهایی قادر خواهد بود، کلیه نیازهای انرژی امروز و آینده بشر را تأمین کند. انرژی زمین گرمایی در دهه‌های اخیر رشد شگرفی داشته است و لذا برای بهره‌برداری صحیح از این دارایی‌ها، توجه به ملاحظات ایمنی جهت افزایش عمر میدان ضروری می‌باشد. آنچه که این نوع نیروگاه‌ها را از سایر نیروگاه‌ها متمایز می‌کند، حفر چاه‌ها، تعمیر و نگهداری آنها، فوران گیرها، اسیدکاری چاه و وجود پمپ‌های حرارتی در این نوع نیروگاه‌ها می‌باشد که ملاحظات ایمنی مربوط به آنها در ادامه ارائه شده است.

❖ حفر چاه‌ها

❖ وجود یک ناظر فنی به صورت ۲۴ ساعته برای نظارت بر بهتر انجام شدن عملیات حفاری و کاهش مخاطرات مؤثر و لازم می‌باشد.

❖ در شرایطی که ناظر فنی در محل چاه حضور نداشته باشد، شخصی که از طرف شرکت کارفرما در محل چاه حاضر می‌باشد باید با شرکت پیمانکار تماس گرفته و از اخذ مجوز انجام عملیات حفاری از طرف یک شخص مسئول مطمئن شود. رئیس چاه باید جزئیات این عملیات را در گزارش نیمروز حفاری منعکس نماید.

❖ به تعداد کافی وسایل اطفاء حریق باید در محل هر دکل حفاری موجود باشد و این وسایل باید طبق یک برنامه مرتباً بازرسی شده و همیشه آماده بکار باشند.

❖ یک تابلوی عبور ممنوع برای افرادی که مجاز نیستند باید در مدخل جاده دکل نصب گردد.

❖ تمامی وسایل برقی در فاصله ۳۰ متری چاه باید از مواد ضد آتش ساخته شده و هیچ گونه کابل برق بدون پوشش در این فاصله نباید وجود داشته باشد.

❖ مخازن بنزین و گازوئیل باید به فاصله حداقل ۵۰ متری از محل دکل قرار داشته و در صورت بروز نشت باید بلافاصله نسبت به تعمیر آنها اقدام شود.

❖ همواره باید دو کپسول اکسیژن در شرایط بکارگیری در نزدیکی سکوی حفاری موجود باشد. همچنین باید به تعداد کلیه افراد دکل ماسک گاز در محل وجود داشته باشد.

❖ نگهداری و تمیز کردن چاه‌ها

تعمیر و نگهداری از چاه‌های زمین گرمایی در دستیابی برای موفقیت و بهره‌برداری بهینه از این منابع بسیار مهم می‌باشد و تا حد امکان از وقوع حوادث در نیروگاه‌های زمین گرمایی جلوگیری می‌کند. برداشت و ثبت داده‌های سرچاهی از جمله برداشت منظم داده‌های فشار و دبی و ثبت و نگهداری آنها در یک سیستم مناسب از مهم‌ترین کارهای تیم بهره‌برداری به شمار می‌آید که در راستای نگهداری چاه انجام می‌شود. این داده‌ها شامل فشار سرچاهی، دبی خروجی از چاه، فشار/دمای درون چاهی، ثبت داده‌های همزمان چاه تولیدی و تزریقی، نمونه‌های شیمی سیالات، نمونه‌های بخار و برداشت ذرات خوردگی و آنالیز آنها می‌باشد.

اغلب عملیاتهای تعمیر چاه‌های زمین گرمایی برای تمیز کردن مواد معدنی رسوب داده در چاه می‌باشند، معمولاً مواد معدنی نهشته شده در چاه و چسبیده به چاه از نوع کلسیت، سیلیکا و سولفید می‌باشند. از آنجایی که این رسوبات سفت و سخت بوده و بر طرف کردن آنها از دیواره چاه بسیار سخت می‌باشد، استفاده از کویل تیوبینگ برای رفع رسوبات پیشنهاد می‌گردد. استفاده از جت کردن آب سرد و پمپ کردن آب به چاه‌های مجاور که قبلاً کشته شده اند، اسید کاری و تزریق مواد شیمیایی نیز در سایر میادین کاربرد دارد.

❖ فوران‌گیرها

فوران چاه ممکن است در حین حفاری سازند، لوله بالا یا لوله پایین (tripping)، راندن لوله‌های جداری، راندن رشته تکمیلی و غیره رخ دهد. لازم است قبل از آنکه فوران چاه خسارتی را به بار آورد توسط تجهیزات مناسب، چاه ایمن شود. قسمت اصلی سیستم کنترل، طغیان شکن یا فوران گیر¹ می‌باشد. پس از پایان عملیات حفاری هر قسمت از چاه، فوران گیرها باید باز شده و کوبه‌های آنها خارج گردیده و و پس از تمیز و گریس کاری شدن مجدداً سرهم گردد. پس از سرویس، درزگیرهای کلاهک‌ها باید

¹ Blow Out Preventer (B. O. P)

آزمایش فشار شده و در صورت نیاز تعویض گردند. یک سری کامل از تمام این درزگیرها باید همراه هر فوران گیر در محل چاه موجود باشد.

کلیه فوران گیرها باید بصورت سالیانه در یک کارگاه مجهز بازرسی و سرویس شده و تمام آکنده‌های لاستیکی آنها تعویض گردد. پس از سرهم کردن مجدد فوران گیرها باید با دو برابر فشار مجاز آنها آزمایش فشار شوند.

آکند و فوران گیر و کلیه قسمت‌های لاستیکی فوران گیرها باید در یک اتاق تاریک مجهز به تهویه هوا بر روی قفسه‌های چوبی نگهداری شوند. وسایل لاستیکی در حالت آویزان نگهداری نشود. محل نگهداری آنها باید از موتورهای مولد برق و سقفهای فلزی دور باشد.

❖ اسیدکاری

یکی از روش‌های متداول تمیز کردن چاه‌ها، اسیدکاری است. قبل از شروع عملیات مسائل ایمنی باید بین ناظر فنی، رئیس چاه، مسئول اسیدکاری و کلیه افرادی که در عملیات شرکت دارند مورد بررسی قرار بگیرد.

دو نفر از افراد گروه اسیدکاری باید در اطراف مخازن اسید، از پمپ‌های اسیدکاری و خطوط اسیدکاری مراقبت کرده و از نزدیک شدن افراد غیر مسئول و وسایل نقلیه تا فاصله ۳۰ متری وسایل فوق جلوگیری بعمل آورند. هنگام اسیدکاری باید جاده ورود به محل چاه مسدود شده و از ورود وسایل نقلیه غیرمجاز به محوطه چاه جلوگیری بعمل آید. کلیه افراد گروه اسیدکاری و کارکنان دکل که در عملیات اسیدکاری دخالت دارند، قبل از شروع عملیات باید به کلاه با ماسک مخصوص، دستکش مخصوص اسیدکاری، کفش‌های لاستیکی و لباس مناسب مجهز شوند.

❖ تعمیر و نگهداری پمپ‌های حرارتی

نصب یک پمپ حرارتی باید با نظارت یک کارشناس و مطابق استانداردها انجام گیرد. سرویس و تعمیر لازم باید توسط یک پیمانکار ماهر، تقریباً یک بار در سال انجام شود. در سیستم‌های باز ممکن است که

رسوبات معدنی در داخل مبدل‌های حرارتی و پمپ حرارتی حاصل شود، بنابراین باید به طور منظم، این امر بازرسی شده و توسط یک محلول اسیدی ضعیف، تمیز گردد. در سیستم‌های بسته پمپ‌های حرارتی به تعمیر و نگهداری کمتری نیاز دارند، از آنجا که خوب آب بندی شده‌اند و رسوبات معدنی و فلزی کمتر در آنها نفوذ می‌کنند.

۲-۹-۲-۱-۵- نیروگاه‌های برقابی

نیروگاه‌های آبی از جنبه‌های زیادی با انواع دیگر نیروگاه‌های سامانه قدرت، که عمدتاً در ردیف نیروگاه-های حرارتی قرار می‌گیرند، تفاوت دارند، هرچند این نیروگاه‌ها نیز مانند سایر نیروگاه‌ها دارای اجزای اصلی ضروری برای تولید قدرت، یعنی توربین، ژنراتور، گاورنر و تحریک کننده مجهز به دستگاه تنظیم ولتاژ می‌باشند. بررسی ۹۸۵ حادثه در ۱۲۶۰ نیروگاه برقابی در طی ۸ سال نشان می‌دهد که از میان حوادث در این نیروگاه‌ها، عمدتاً وقوع سیل، آتش‌سوزی و مشکلات تجهیزات مکانیکی گزارش شده است [۱۷]. بنابراین در ادامه ملاحظات ایمنی لازم جهت جلوگیری از وقوع این حوادث و کاهش میزان خطر ناشی از آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

❖ ملاحظات ایمنی در هنگام وقوع سیل

به هنگام تعیین محل نیروگاه، ارزیابی خطرات ناشی از رانش زمین، انسداد مسیرها، غرق شدن و سایر مخاطرات احتمالی در آینده باید با نظر کارشناسان مربوطه انجام شود.

در مواقعی که احتمال بارندگی شدید وجود دارد، لازم است که ظرفیت تخلیه افزایش یابد. به منظور افزایش ظرفیت تخلیه می‌توان از یک جت پمپ استفاده نمود. به منظور افزایش سطح ایمنی، بازرسی دوره‌ای از پمپ‌های تخلیه و تجهیزات کنترلی مربوطه توصیه می‌شود. در مورد دریچه‌های آبگیر، کلیه قطعات و اجزای در معرض هوا و یا در دسترس، از نظر خوردگی، خرابی رنگ یا هر نوع صدمه دیگر بازرسی شود. مجرای آبرسان اصلی، تخلیه و قسمت پایین دست دریچه اصلی بازرسی شود. در مواردی که دریچه

محافظ موجود است، قسمت بالادست نیز بازرسی شود و اگر امکان دارد دریچه در کل مسیر عملکرد، حرکت داده شود.

آزمایش انسداد دریچه‌های آبگیر نیروگاه به صورت دوره‌ای لازم می‌باشد (با توجه به دستورالعمل‌های سازنده و یا مشاور بهره‌بردار)، تا نیاز به تعمیر آنها مشخص گردد. برخی دریچه‌ها، در حالت تعادل فشار مورد آزمایش قرار می‌گیرند و بعضی دیگر که قابلیت بسته شدن اضطراری را در شرایط حداکثر جریان آب دارا می‌باشند، تحت فشار آزمایش می‌شوند.

در شرایط اضطراری مثل عمل نکردن شیر ورودی توربین، دریچه‌های تنظیمی توربین، شکستگی پین-های برشی مربوط به دریچه‌های تنظیمی توربین و یا عدم کنترل گاورنر روی دریچه‌های تنظیمی، فقط دریچه محافظ می‌تواند جهت انسداد جریان استفاده گردد. منظور از این آزمایش، حصول اطمینان از عملکرد این دریچه‌ها در مواقع بهره‌برداری اضطراری می‌باشد. به هنگام اعزام نیروها به نیروگاه در بارندگی شدید، دو خودرو باید اختصاص داده شود که یکدیگر را ساپورت کنند.

در مواقعی که میزان بارندگی شدید و بیش از مقدار پیش‌بینی شده است، به منظور جلوگیری از ورود گل و لای لازم است که عملیات بهره‌برداری متوقف شود. در نهایت توصیه می‌شود که به منظور کاهش خطرات ناشی از وقوع سیل از یک جدول زمان‌بندی استفاده شود و تدارکات اولیه بر اساس این جدول و مشاوره با کارشناسان هواشناسی انجام شود.

❖ آتش‌سوزی

از آنجا که بسیاری از نیروگاه‌های آبی معمولاً اپراتور ندارند، بنابراین مقابله اولیه با وقوع حریق بسیار مشکل خواهد بود. لذا لازم است که یک برنامه‌ریزی مناسب برای اطفای حریق انجام شود و همکاری و تعامل نزدیکی با واحد آتش‌نشانی منطقه صورت گیرد.

از آنجا که احتمال محاصره اتاق کنترل در آتش زیاد است، مسیرهای فرار باید مرتباً چک شود و پرسنل اتاق کنترل آموزش لازم را در این زمینه دیده باشند. به علاوه، دسترسی به خاموش کننده‌های سیار نیز ضروری است.

در بسیاری از نیروگاه‌ها برای حفاظت ژنراتور در برابر آتش سوزی و جلوگیری از توسعه آتش از سامانه تخلیه گاز دی اکسیدکربن استفاده می‌شود. معمولاً دی اکسیدکربن در فضای داخلی محفظه ژنراتور تخلیه می‌شود، لیکن این گاز از طریق بازشدگی‌های محفظه، به فضاهای بیرون محفظه سرایت می‌کند و به دلیل سنگین تر بودن دی اکسیدکربن از هوا در ترازهای پایین تر نیروگاه قرار می‌گیرد. تجمع گاز دی اکسیدکربن در فضا برای انسان مهلک است و در صورت تخلیه آن به خاطر حفاظت تجهیزات، شرایط خطرناکی را برای کارگران و افرادی که در اتاقک توربین یا سایر مناطق و طبقات واقع در ترازهای پایین تر نیروگاه کار می‌کنند، ایجاد می‌نماید.

بنابراین به محض تخلیه دی اکسیدکربن افراد باید به سرعت از این مناطق تخلیه شوند. اقدامات ذیل، به عنوان حداقل کارهای لازم برای ایمنی افراد در هنگام تخلیه دی اکسیدکربن توصیه می‌شود:

❖ سامانه‌های هشدار دهنده برای ضرورت تخلیه کارکنان و بازدیدکنندگان باید در محل‌های

در معرض خطر نصب شود. در برخی از فضاها این سامانه می‌تواند با سامانه‌های هشدار

دهنده تخلیه افراد برای سایر موارد خطرناک و شرایط اضطراری در نیروگاه ادغام شود،

ولی حتماً باید سامانه هشدار در اثر تخلیه گاز دی اکسیدکربن نیز فعال گردد.

❖ اخطارهای صوتی و چراغ‌های گردان باید همراه با هم در مناطق پر سروصدا مانند اتاقک

توربین مورد استفاده قرار گیرد.

❖ اخطارهای صوتی تخلیه مناطق در معرض خطر گاز دی اکسیدکربن، باید به صورت مستقل

و واضح بوده و از انواع دیگر اخطارهای صوتی قابل تشخیص باشد.

❖ کارکنان نیروگاه باید از ضرورت تخلیه مناطق خطر به هنگام وقوع تخلیه دی اکسید کربن

آگاه شوند و مطابق با دستورالعمل‌های تدوین شده برای تخلیه مناطق، آموزش داده شوند.

❖ به بازدیدکنندگان از نیروگاه نیز باید در مورد انواع آلام‌ها و تشخیص آنها از یکدیگر و

نحوه تخلیه مناطق در مواقع اضطراری آگاهی داده شود.

❖ نیروگاه باید از نظر مسیرهای خروج و علایم مشخص کننده مناطق ایمن از سایر مناطق،

برای این وضعیت خاص، بررسی شود تا از نظر ایمنی افراد الزامات و شرایط لازم را برآورده

نماید.

❖ سامانه‌های اخطار دهنده بعد از عملکرد سامانه حفاظتی دی اکسید کربن ژنراتور باید به

صورت منظم آزمایش شود.

❖ ایمنی توربین آبی

به منظور تشخیص زود هنگام هر گونه خرابی در تجهیزات نیروگاهی، بازرسی دوره‌ای آنها شدیداً

توصیه می‌شود. هدف از این بازرسی‌ها، بررسی تجهیز یا واحد، به منظور اطمینان از صحت کارکرد آن

می‌باشد. بسته به مورد بازرسی، بازرسی‌های عادی ممکن است روزانه (یا در هر شیفت)، هفتگی و یا ماهانه

باشد.

با توجه به اینکه اجزای اصلی در نیروگاه‌های برقی، یعنی ژنراتور، گاورنر و تحریک کننده مجهز به

دستگاه تنظیم ولتاژ مشابه نیروگاه‌های حرارتی می‌باشد، لذا در این قسمت، صرفاً به انجام اقدامات لازم

جهت ایمنی توربین آبی اشاره شده است.

طی بازدیدهای روزانه بهره‌بردار نیروگاه از وضعیت توربین آبی، ضمن بازرسی کلی و عمومی روزانه، باید

به سطح صدا و ارتعاشات واحد توجه نماید. بازرسی سامانه تخلیه آب و سطح آب درپوش فوقانی توربین،

بازرسی آب بند محور اصلی از نظر دما و نشتی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. لازم است در پایان هر سال

گزارش جامع بازرسی‌ها و نگهداری مربوط به توربین تهیه شود. این گزارش‌ها از الزامات و پیش نیازهای

تهیه و نیز بازنگری برنامه نگهداری می‌باشد. براساس این گزارش‌ها زمان انجام تعمیرات فوق العاده اجزای توربین پیش بینی می‌شود.

به علاوه، آزمایش‌های تشخیص نیز از جمله فعالیت‌های مربوط به نگهداری است که پس از انجام آن ضرورت و وسعت تعمیرات موردنیاز برای اجزا واحدها و یا تجهیزات دیگر نیروگاه مشخص تر می‌شود و براساس آن برنامه‌ریزی برای تعمیرات کامل تر و یا اساسی می‌تواند انجام گیرد. برای مثال می‌توان از تست فشار قوی سیم پیچی‌ها با ولتاژ متناوب، تست فشارقوی با ولتاژ مستقیم، اندازه‌گیری میزان تخلیه جزئی، سفتی گوه‌ها، تست‌های مغناطیسی هسته ژنراتور، تست‌های افت ولتاژ سیم‌پیچی قطب‌ها، تست نسبت تبدیل ترانسفورماتورها و تست‌های اتصال زمین نام برد.

۲-۹-۲-۲- ملاحظات ایمنی در حوزه توزیع

وجود خطوط توزیع مطمئن، یکپارچه و بهم پیوسته از جمله ملزومات توسعه صنعت برق در هر کشور است. بنابراین توجه به مقررات ایمنی در این حوزه طی مراحل ساخت و بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر تأسیسات برق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که بخشی از این ملاحظات در بخش ملاحظات عمومی مورد بررسی قرار گرفت و در این بخش، ملاحظات اختصاصی ایمنی در حوزه توزیع ارائه شده است.

۲-۹-۲-۲-۱- کار روی تجهیزات بی برق (سرد)

کار بر روی شبکه‌ها و تجهیزات الکتریکی باید همواره در شرایط بی برقی صورت گیرد مگر اینکه برق‌دار بودن مستمر این تجهیزات الزامی باشد. در تمام این شرایط کارگران برق‌کار باید واجد صلاحیت‌های کافی باشند و ضوابط ایمنی بر رفتارهای آنان حاکم بوده و تجهیزات حفاظت فردی مناسب نیز در دسترس آن‌ها باشد. باید توجه شود مفهوم بی‌برقی ممکن است تصویری اشتباه از ایمن بودن محدوده یا تجهیز بی‌برقی شده را در ذهن افراد ایجاد نماید، در صورتیکه برای ایجاد ایمنی کامل در این محدوده، باید زنجیره‌ای از اقدامات دقیق به اجرا درآید. قطع اشتباه مدار دیگری به جای شبکه مورد نظر، عدم قطع کامل کلیدهای مسیر، بازگشت برق از شبکه بی‌برقی شده، برق‌دار شدن شبکه بی‌برقی از شبکه دیگر، وصل مجدد شبکه به وسیله اتوکلوزرها، القاء ولتاژ بسیار بالا به محدوده بی‌برقی و موارد دیگر نمونه‌هایی از علل و زمینه‌های به

مخاطره افتادن تجهیزات یا شبکه‌های بی‌برق شده می‌باشند. بنابراین بی‌برق نمودن محدوده، تنها یکی از اقدامات لازم در ایمن سازی محدوده کار با شبکه یا تجهیزات می‌باشد. جهت کار روی این خطوط، ملاحظات ایمنی ذیل حائز اهمیت است [۱۸]:

❖ صدور مجوز کار: هدف از صدور اجازه کار، نحوه صدور آن و شرح عملیات، تعیین محدوده کار به

صورت دقیق بر روی نقشه یا کروکی، تعیین نقاط برق‌دار مجاور، زمان شروع و خاتمه کار، تحویل و تحول محیط کار، ابطال فرم اجازه کار می‌باشد. در صورتیکه عملیات مورد نظر بر یک شبکه واحد توسط چند گروه اجرایی صورت می‌گیرد، لازم است برای هر اکپ یک اجازه کار جداگانه با رعایت همه الزامات فوق صادر شود. با توجه به جنبه‌های مسئولیتی فرم اجازه کار، سرپرست گروه تنها پس از حصول شرایط زیر مجاز به امضا آن خواهد بود:

(الف) مأمور مانور چهار عمل جداسازی، تست و تخلیه و زمین کردن را در حضور اکپ انجام دهد.

(ب) فرم اجازه کار از نظر نوع کار و زمان و محدوده کار و تاریخ صحیح باشد.

(ج) وضعیت جوی برای انجام کار مناسب باشد.

❖ شناسایی و بررسی منابع تغذیه: شناسایی تمامی منابع تغذیه کننده قطعی و احتمالی ثابت یا

موقت محیط قبل از شروع کار ضروری است. این منابع تغذیه شامل کلیدها و تجهیزات قطع و وصل در مسیر آنها می‌باشد.

❖ شناسایی و قطع برق منابع تغذیه (کلید زنی): مرحله بعد در فرآیند کار به روش سرد، قطع

برق منابع تغذیه کننده برق محدوده عملیات می‌باشد. قطع برق منابع تغذیه برق با استفاده از روش‌های کلیدزنی الکتریکی و توسط باز کردن یا بستن کلیدهای متوسط صورت می‌گیرد. بعد از خاتمه کلید زنی لازم است کلید با ابزار مناسب قفل شده و بر روی آن علامت هشدار نیز نصب شود. بعد از آنکه بار شبکه به نحو صحیح و اصولی قطع گردید، تمام جدا کننده‌های (سکسیونرها، تیغه‌ها، فیوزها و مانند آن) مربوط به تمام منابع قطع گردد. از تداوم حالت بی‌برقی و پیشگیری از ورود برق مولدهای مشترکین به شبکه بی‌برق شده و از تخلیه بار خازن‌های مستقل و پرقدرت به

شبکه با اتصال آنها به زمین اطمینان اصل شود. تمام تجهیزات خودکار مانند کلیدهای اتو ترانسفورماتور باید به صورت دستی خاموش شوند.

❖ تخلیه هادی‌ها یا تجهیزات بی‌برق شده از بار ساکن: خطوط و شبکه‌های برق در حالت

بی‌برقی می‌توانند متأثر از برخی شرایط مانند اصابت صاعقه، حرکت ابرها، القاء از طریق خطوط برق‌دار بالاتر و ... دارای پتانسیل الکتریکی در حد چند کیلو ولت شوند که می‌تواند در صورت تماس با دست کارگران موجب شوک الکتریکی و پیامدهای دیگر شود. در این شرایط لازم است با ابزار مناسب (تفنگ پرتاب سیم تخلیه) در ابتدا این پتانسیل الکتریکی به زمین تخلیه و هنگام کار نیز از دستکش استفاده شود. تمام منابع ذخیره انرژی مانند خازن‌های اصلاح ضریب قدرت، تمام برق‌گیرها و سایر تجهیزات برق ذخیره‌ای در صورت وجود در محل نیز باید به روش ایمن از انرژی احتمالی به زمین تخلیه شوند و اتصال زمین آنها باید تا پایان عملیات، زمین شده باقی بماند.

❖ نصب ارتینگ حفاظتی: با توجه به اینکه در فرآیندهای عملیاتی توزیع برق امکان برق‌دار شدن

مجدد محدوده بی‌برق شده به علل مختلف وجود دارد، باید تمام فازهای شبکه و تجهیزات به طور مؤثر با ابزار مناسب متصل به زمین گردد. به عنوان طلایی‌ترین قانون طلایی "شبکه برق موقعی ایمن محسوب می‌گردد که کلیه خطوط مرتبط به محیط کار با استفاده از ارتینگ حفاظتی زمین شده باشد و نقاط متصل به زمین به صورت عینی قابل مشاهده باشند".

۲-۹-۲-۲- کار روی شبکه گرم (برق‌دار)

کار بر روی شبکه‌ها و تجهیزات الکتریکی در شرایطی که شبکه‌ها و تجهیزات الکتریکی متصل به منابع تغذیه الکتریکی برق‌دار یا تجهیزاتی که دارای توان ذخیره‌سازی میدان الکتریکی هستند، کار در شرایط برق‌دار یا در اصطلاح کار در شرایط گرم نامیده می‌شود. رعایت استانداردها و ضوابط فنی ایمنی کار با ولتاژ بالا شامل برق با جریان مستقیم و جریان متناوب الزامی می‌باشد. همچنین رعایت حریم خطوط و قوانین آن نیز الزامی می‌باشد. به هنگام کار در نزدیکی خطوط انتقال برق‌دار، باید خطوط را

بی برق نمود چنانچه انجام این کار عملی نباشد باید مواظبت شدیدی در حفظ حداقل فواصل مجاز لازم طبق جدول ۶-۲ به عمل آید.

جدول ۶-۲: حداقل فواصل مجاز برای جریان متناوب [۱۸]

ولتاژ بین فازها (Kv)	حداقل فاصله مجاز کار یا فاصله مجاز کار با پرس‌های عایق (m)
۱۱ و کمتر	۰/۶
بالاتر از ۱۱ تا ۳۳	۰/۷
۶۳	۰/۹
۱۳۲	۱
۲۳۰	۱/۵
۴۰۰	* ۳/۵

* این فاصله را می‌توان کمتر گرفت به شرطی که فاصله انتخاب شده از فاصله قسمت‌های برق‌دار خط تا قسمت‌های زمین شده کمتر نباشد

❖ طناب‌هایی که در نزدیکی خطوط برق‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از مواد غیر هادی باشند.

❖ عایق‌بندی تجهیزات برقداری که در مجاورت محل کار وجود دارند، ضروری است.

❖ هنگام کار روی مدار برقدار تماس فرد مجری با اشخاص و تجهیزات زمین شده ممنوع می‌باشد.

❖ در شرایط جوی غیر عادی (رعد و برق) انجام هر گونه کار روی خط برقدار ممنوع است.

❖ حداقل فواصل هوایی مجاز کار بر روی خطوط برق‌دار با دست لخت (جدول ۷-۲) باید بر روی صفحه‌ای از ماده غیر هادی و بادوام، چاپ و در داخل سبد یا حوالی آن به نحوی نصب شود که به وسیله اپراتور دیرک قابل دیدن باشد.

❖ توصیه می‌شود برای کنترل حداقل فواصل هوایی مجاز کار بر روی خطوط برق‌دار از میله‌های اندازه‌گیری از جنس عایق استفاده شود

جدول ۷-۲: حداقل فواصل هوایی مجاز کار روی خطوط برق‌دار با دست لخت برای جریان متناوب [۱۹]

ولتاژ بین فازها (Kv)		فاصله برای ولتاژ حداکثر (m)
		فاز به زمین
		فاز به فاز
۱۱ و کمتر		۰/۶
بالاتر از ۱۱ تا ۳۳		۰/۷
۶۳		۰/۹
۱۳۲		۱
۲۳۰		۱/۵
۴۰۰		۳/۵
		۶*

* این فاصله را می‌توان کمتر گرفت به شرطی که فاصله انتخاب شده از فاصله قسمت‌های برق‌دار خط تا قسمت‌های زمین شده کمتر نباشد

❖ در موقع نزدیک شدن به یک مدار برق‌دار یا دور شدن از آن یا انجام اتصال بین سبد و مدار، فواصل مشخص شده در جدول (۷-۲) باید بین کلیه قسمت‌های عایق شده دیرک بالابر و هر نوع قسمت‌های زمین شده دیگر (شامل قسمت زیرین دیرک و خودرو) رعایت شود.

❖ در سبد وسیله بالابر برای اتصال قسمت عایق شده به خط یا تجهیزات برق‌دار باید پوسته‌ای از جنس هادی با وسیله هادی مناسب دیگری تعبیه گردد.

❖ کارکنان باید با استفاده از کفش‌هایی از جنس هادی یا بست‌های ساق پا یا طریقه مناسب دیگری به پوسته سبد وصل گردند. همچنین آنها موظفند کلیه اشیاء فلزی از قبیل ساعت، انگشتر و غیره را در هنگام کار از خود دور نمایند [۱۹].

❖ در موارد لزوم با توجه به ولتاژ کار، باید از پرده الکترواستاتیک مناسب یا لباس هادی استفاده شود.

❖ قبل از اینکه کارکنان با قسمت برق‌داری که بر روی آن کار خواهد شد تماس حاصل نمایند پوسته‌های سبد باید به طور مطمئنی به قسمت برق‌دار متصل شده و تا خاتمه کار بر روی آن قسمت، باقی بمانند.

❖ در موقع استقرار سبد عایق دیرک بالابر در نزدیکی یک مقره میخی برق‌دار یا یک زنجیره از

مقره‌های بشقاب‌ی برق‌دار حداقل فاصله بین کلیه قسمت‌های سبد و انتهای زمین شده مقره یا

زنجیره باید مطابق جدول (۲-۷) رعایت شود.

❖ طناب‌هایی از جنس غیر هادی را می‌توان بین خط و زمین (به شرطی که به کمک سبد نگهداری

نشوند) مورد استفاده قرار داد.

❖ بررسی سطح ولتاژی که قرار است کار بر روی آن انجام شود ضروری است. روش کار با توجه به

ولتاژ تجهیزات متفاوت است. جدول (۲-۸) ملاحظات ایمنی کار روی خطوط گرم بر اساس ولتاژ

آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۸: ملاحظات ایمنی کار روی خطوط گرم بر اساس ولتاژ اسمی تجهیزات [۱۸]

ولتاژ اسمی	ملاحظات ایمنی و روش کار
۶۰۰ ولت و پایین‌تر	- عدم انجام کار بر روی خطوط یا تجهیزات خیس - عدم انجام کار در شرایط وجود اتمسفر (گاز، بخار و ذرات) قابل اشتعال و انفجار - حفاظت محل انجام کار از ورود افراد غیر مجاز - قرار دادن پوشش عایقی مناسب بر روی سایر تجهیزات برق‌دار مجاور به خصوص هادی حفاظتی و خنثی در صورت امکان به مخاطره افتادن ایمنی محل کار - پوشاندن تمام نقاط اتصال و سرهای آویزان سیم‌های برق‌دار محل با عایق مناسب
۶۰۰-۷۵۰ ولت	- هنگام کار بر روی شبکه‌های ثانویه برق‌دار باید دستکش، عایق کلاس صفر با روکش چرمی پوشیده شود. - کارگرانی که بر روی اینگونه خطوط کار می‌کنند باید دارای صلاحیت کار با ولتاژهای بالاتر را داشته باشند. - کار در هر زمان باید تنها بر روی یک هادی برق‌دار انجام شود. - تمام تجهیزات و خطوط برق‌دار دیگر که قابل دسترس هستند باید با استفاده از عایق مناسب پوشانده شده و از دسترس خارج شده باشند.

• انجام کار تحت نظارت مستقیم و مستمر حداقل یک سرپرست مجرب و با صلاحیت یا یک برقکار درجه ۱ انجام شود. کارگران به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشند در فاصله‌های کمتر از حدود تعیین شده به مدارات، تجهیزات و ابزار برق‌دار در این سطح ولتاژ نزدیک گردند. • استفاده از تجهیزات ایمنی و لوازم خط گرم، توسط کارگران برقکار و غیر برقکاری که در محدوده دسترسی به شبکه‌های برق‌دار قرار دارند، الزامی است. • هادی‌های برق‌دار نباید بیشتر از ۴۵ سانتی متر بالا، پایین یا جابه‌جا گردند.	بالتر از ۱۰۰۰ ولت
---	--------------------------

همان گونه که داده‌های جدول ۸-۲) نشان می‌دهد هنگام کار با تجهیزات خطوط گرم، استفاده از پوشش‌های عایقی مناسب ضروری است. اطمینان از سالم بودن این پوشش‌ها با استفاده از تست عایقی توسط تجهیزات تست سیار باید بررسی شود. همچنین پوشش‌ها از لحاظ ترک خوردگی و یا وجود شکاف عمیق نیز باید چک شوند. در مورد دستکش‌های عایق باید دقت شود که استفاده از دستکش‌های ضد اسید و دستکش‌های لاستیکی مخصوص بنایی فاقد ارزش ایمنی در صنعت برق می‌باشند. در شرایطی که به هنگام کار در شبکه‌های برق دار، علاوه بر دست‌ها، بازو و ساعدها نیز در معرض خطر قرار داشته باشند، لازم است که از آستین‌های لاستیکی عایق استفاده شود. آستین‌های عایق همواره باید در محفظه‌ای در بسته و دور از حرارت بخاری، رادیاتورها و یا دیگر منابع گرمایش مصنوعی نگهداری شوند. همواره باید به این نکته توجه نمود که آستین‌ها در حالت فشردگی و یا تا زده نباشند. قبل از هر گونه استفاده از آستین‌های عایق، باید آنها را از قسمت درونی و بیرونی مورد بازرسی چشمی قرار داد.

۲-۹-۲-۳- کار روی دکل‌ها

برای کار روی دکل‌ها و بناها برای کارکنان حوزه توزیع، ملاحظات ایمنی عمومی که در بخش ۱-۱ اشاره شد، لازم الاجرا می‌باشد. در این بخش به طور اختصاصی، موارد ایمنی مربوط به کار روی دکل‌ها و بناها در حوزه توزیع مورد بررسی قرار گرفته است.

دکل‌های توزیع برق باید از جنس چوب، استیل، بتون، آلومینیم و فایبرگلاس ساخته شوند. فاصله دکل‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از ۶۰ متر باشد. حداقل ارتفاع دکل‌ها از سطح زمین ۱۲ متر و حداکثر ارتفاع آنها باید از ۳۰ متر کمتر باشد [۱۹].

هنگام کار روی دکل، بستن طناب یا تسمه کمربند ایمنی به دور پایه قبل از صعود ضروری است و پرسنل مربوطه باید با توجه به نوع پایه آموزش لازم را برای صعود دیده باشد. پرسنل موظف است به هنگام صعود، طناب دستی را به منظور انتقال لوازم با خود همراه داشته باشد و از ابزار کار سالم و عایق مناسب استفاده نماید. از دستکش عایق نباید برای صعود و فرود از پای‌های برق استفاده نمود. برای این کار دستکش چرمی را باید با دستکش عایق تعویض نمود.

در صورت نیاز به استفاده از نردبان با ارتفاع بیش از ۳ متر، ضمن مهار به پایه، نفر دوم همکاری را داشته باشد. در صورت نیاز به نفر دوم برای انجام دادن کار روی یک پایه، صعود نفر دوم باید پس از استقرار کامل نفر اول انجام پذیرد. در صورت استفاده از نردبان نیز مقررات ایمنی خاص آن الزامی است. گروه اجرایی موظف است که قبل از هرگونه عملیات اجرایی، واحد اتفاقات را در جریان امر قرار دهند. چنانچه وضعیت شبکه به طریقی باشد که برای پرسنل یا اهالی یا تأسیسات خطر آفرین باشد باید شبکه بلافاصله از نزدیکترین محل بی‌برق گردد.

پس از خاتمه کار، وصل فیدر روشنایی معابر، جمع‌آوری لوازم ایمنی و ابزار کار، عادی‌سازی محیط، اطمینان از رفع خطر و اعلام پایان کار به گروه اتفاقات توسط سرپرست ضروری است.

۲-۹-۲-۴- حریم تجهیزات و دکل‌های برق

برای کلیه تجهیزات انتقال و توزیع برق باید حریم در نظر گرفته شود. این حریم جهت حفاظت تجهیزات از بادهای محلی، تماس با درختان و شاخه‌ها، قطع برق، آتش سوزی جنگل و سایر خطراتی که امکان صدمه زدن به سیستم برق را دارند در نظر گرفته می‌شود.

- عرض حریم‌های در نظر گرفته شده برای خطوط توزیع بر اساس استاندارد ۱BS، برای هر ۱۰ کیلو ولت، یک متر می‌باشد که در کشور ما، برای هر ۵ کیلوولت، ۱ متر در نظر گرفته می‌شود [۱۹].
- خاکبرداری در حریم خطوط توزیع زیرزمینی باید به صورت کاملاً کنترل شده انجام شود.
- ساخت و ساز ساختمان‌ها در مجاورت خطوط توزیع زیرزمینی باید محدود گردد.
- نگهداری مداوم تجهیزات هوایی شبکه توزیع برق و نیز ممانعت از رشد درختان مجاور این تجهیزات ضروری است. به طور معمول ارتفاع درختان در حریم خطوط توزیع، حداکثر ۴/۵ متر در نظر گرفته می‌شود.
- جهت جلوگیری از رشد و ازدیاد گیاهان و درختان واقع در حریم تجهیزات شبکه توزیع، استفاده از علف کش‌ها به منظور کنترل گونه‌هایی که سریع رشد می‌کنند، توصیه می‌شود. به شرط آن که علف کش‌ها و سموم مورد استفاده اثرات جانبی بر محیط زیست نداشته باشند.

۲-۹-۲-۲-۵- شاخه زنی

با توجه به شروع فصل سرما و افزایش میزان بارندگی، با هدف جلوگیری از بروز حوادث ناشی از شکستگی شاخه‌های درختان و قطع احتمالی شبکه‌های برق، عملیات آزادسازی حریم با حضور ناظران شهرداری اجرایی می‌شود. در این خصوص لازم است که پرسنل مربوطه آموزش‌های لازم را در مورد چگونگی آزادسازی شبکه دیده باشند.

❖ ایمن سازی محیط کار توسط مخروطی و علائم هشدار دهنده انجام شود و در صورت نیاز با استفاده از نوار هشدار و مسدود نمودن مسیر از عبور و مرور افراد و وسایل نقلیه از زیر محل کار جلوگیری شود.

❖ استقامت مکانیکی درخت قبل از صعود بررسی گردد.

- ❖ در صورت استفاده از نردبان مقررات ایمنی خاص آن مراعات شود.
- ❖ شخص باید زاویه مناسب در خلاف جهت سقوط درخت یا شاخه داشته باشد.
- ❖ استفاده از دستکش عایق متناسب با ولتاژ شبکه ضروری است.
- ❖ در صورت نیاز به قطع شاخه‌ای بزرگ یا تنه درخت که در بالای شبکه قرار دارد، باید ابتدا با طناب عایق در جهت مخالف شبکه مهار شده و سپس قطع گردد.
- ❖ انجام عملیات شاخه‌زنی با تجهیزاتی مانند اره موتوری یا اره‌های بنزینی یا دیگر تجهیزاتی که دسته متصل به آن عایق نیست، در خطوط برق‌دار ممنوع می‌باشد.
- ❖ وجود اره با دسته بلند عایق (اره دستی قابل نصب بر روی استیک عایق یا اره هیدرولیک خط گرم) که عایقی دسته آن متناسب با ولتاژ شبکه باشد در اکیپ خط گرم ضروری می‌باشد. همچنین دندان‌های اره تیز باشد تا خستگی زودرس سیمبان باعث حادثه نشود.
- ❖ با توجه به برق‌دار بودن شبکه باید به سیم‌های پنهان در لابلای شاخه‌ها توجه کرد تا از برخورد به پرسنل و یا آسیب زدن به شبکه جلوگیری شود.
- ❖ در صورتی که نیاز به قطع شاخه‌ای قطور یا تنه درخت توسط اره موتوری یا تجهیزات غیر عایق باشد، ابتدا باید توسط تجهیزات با دسته عایق، سرشاخه‌ها و شاخه‌هایی که در محدوده شبکه هستند، پاکسازی شده و پس از اطمینان از دور بودن شاخه یا تنه مورد نظر از خطوط برق‌دار، اقدام به قطع آن شود.
- ❖ هنگام بریدن یا خارج کردن شاخه‌های متصل به شبکه دقت شود که با تنش به شبکه، باعث برخورد سیم‌ها به یکدیگر و در نتیجه سیم پارگی، آسیب زدن به شبکه و یا آسیب به وسایل برقی مشترکین نشود.

❖ انجام شاخه‌زنی همراه با تعمیرات خط گرم ممنوع می‌باشد.

۲-۹-۲-۲-۶- نصب تیر

در خصوص حفر چاله و نصب تیر به شکلی برنامه‌ریزی شود که تیر در حداقل فاصله زمانی در چاله نصب شود. محصور نمودن محل چاله، نصب تابلو و علائم هشدار دهنده خبری و انتخاب محل مناسب جهت استقرار ماشین آلات در این زمینه ضروری است. گروه حفاری باید از ماسک و عینک استفاده نماید. جمع‌آوری علائم هشدار دهنده خبری در محل، قبل از عادی سازی محیط ممنوع است. گذاشتن درب پوش و ریختن خاکها در اطراف چاله نیز الزامی است. بارگیری، تخلیه و نصب پایه برابر دستورالعمل‌های فنی تدوین شده انجام گیرد. سرپرست باید از استقرار و استحکام کامل پایه اطمینان حاصل کند.

در صورت برخورد با عوامل مشکوک و خطرآفرین در هنگام حفر چاله و نصب تیر مراتب فوراً به سرپرست گروه گزارش شود.

۲-۹-۲-۲-۷- ایمنی مشترکین خانگی

❖ برق گرفتگی

به منظور جلوگیری از برق گرفتگی مشترکین خانگی، رعایت اصول ایمنی ذیل از سوی مصرف کنندگان الزامی است:

سیم‌کشی ساختمان به افراد متخصص سپرده شود تا مقطع کابل‌های ساختمان متناسب با قدرت دستگاه و وسایل برقی مورد استفاده انتخاب گردد.

حداقل فاصله بین شبکه و بنای ساختمانی مسکونی تحت هر شرایطی باید از جانب مالکین ساختمان‌ها رعایت شود. رعایت این حریم در ساخت و سازها، احداث خطوط جدید و تحویل انشعاب برق به متقاضیان ضروری است.

برای حفاظت از جان افراد خانواده در برابر خطرات برق، کلید قطع جریان نشتی برق توسط افراد متخصص تهیه و با اصول صحیح در محل مناسب نصب شود.

مسیر سیم‌های داخل دیوار عموماً به صورت مستقیم و با زاویه ۹۰ درجه در گوشه‌ها است. بنابراین باید توجه داشت که در مسیر سیم برق، میخ به دیوار کوبیده نشود.

هنگام تعویض لامپ، کلید، پریز یا تعمیر هر وسیله برقی به خصوص کولر حتماً در حالت خاموش قرار داده شود. پس از قطع کردن فیوز، بعد از آزمایش با فازمتر و اطمینان از بی‌برق بودن وسیله به آن دست زده شود. همواره از زیرپایی عایق و مقاوم استفاده شود. برای تعمیرات در ارتفاع، از چهار پایه‌های چوبی استفاده شود.

از دست کاری کنتور یا فیوز برق اصلی خودداری شود. در صورت بروز مشکل با مدیریت برق منطقه‌ای تماس گرفته شود.

❖ قطع و وصل انشعاب مشترکین

۱- مجریان موظفند قبل از اجرای کار موضوع قطع برق و یا وصل برق را به اطلاع مشترکین برسانند.

۲- قبل از قطع و وصل باید مدار بدون بار گردد. به عبارت دیگر، کلید اصلی مشترک قطع گردد.

۳- جهت قطع کابل مشترک، ابتدا فاز و سپس نول جدا گردد.

۴- قبل از وصل برق، از سالم بودن مدار اطمینان حاصل گردد.

❖ حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ

سیستم نیروی برق از یک شبکه توزیع فشار متوسط که انواع مختلفی دارد به شبکه توزیع فشار ضعیف می‌رود و به خانه‌های مصرف کننده می‌رسد. ولتاژ ۲۰ کیلو ولت شبکه‌های توزیع سه فاز، توسط ترانسفورماتور به ولتاژ ۴۰۰ ولت بین دو فاز و ۲۳۰ ولت بین فاز و نول کاسته شده و در اختیار مصرف

کننده‌ها قرار می‌گیرد. از به هم وصل شدن یک سر سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور نقطه مرکزی یا نول بوجود می‌آید.

در صورت بروز اتصالی بین فاز و نول، به منظور پیشگیری از اضافه ولتاژ در نول باید وسایل حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ در مدار قرار داده شود. در این راستا از کلید مینیاتوری استفاده می‌شود که اجازه نمی‌دهد ولتاژ روی نول باقی بماند.

قطع نول موجب برقراری ولتاژ بین فازها و نول (نول شناور) می‌شود که از بین رفتن عایق بندی و سوختن حدود دو سوم لوازم و تجهیزات برقی را به دنبال دارد. بنابراین برای جلوگیری از قطع نول باید تمهیدات لازم انجام گیرد.

در مورد مصارف برقی سه فاز موتوری یا دیگر وسایل برقی مشابه که قطع فاز یا جابجایی فاز موجب بروز آسیب و خسارت در این دستگاه‌ها می‌شود، باید وسیله حفاظتی مناسبی در نظر گرفته شود که در این راستا به طور معمول از رله کنترل فاز استفاده می‌شود.

رله در حالت کنترل کاهش ولتاژ برای حفاظت تجهیزاتی که در اثر افت ولتاژ آسیب می‌بینند به کار برده می‌شود. این رله معمولاً دارای یک تنظیم ولتاژی - تنظیم زمانی است و در صورت افت ولتاژ شبکه تا حد تنظیم شده و پس از زمان تنظیم شده عمل می‌کند.

رله در حالت کنترل اضافه ولتاژ برای حفاظت شبکه در برابر اضافه ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً دارای دو تنظیم زمانی و ولتاژی است. در صورت افزایش بیش از حد ولتاژ شبکه و رسیدن به هدف تنظیم شده در زمان تنظیم شده عمل می‌کند. این رله‌ها معمولاً در خروجی ژنراتورها و روی باس بار اصلی نصب مؤثر می‌شود.

۲-۹-۳-درخت فناوری

درخت فناوری‌های حوزه ایمنی به صورت شکل (۷-۲) است:



شکل ۸-۲: درخت فناوری‌های حوزه ایمنی

۱۰-۲- حوزه محیط زیست

در زمان طراحی نیروگاه‌ها و خطوط انتقال و توزیع در صنعت برق، ملاحظات زیست محیطی با توجه به موارد متعددی در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از: نوع فناوری، سایت منتخب، ساخت و ساز، کیفیت، نوع و مقدار سوخت مصرفی در نیروگاه‌های حرارتی، ملاحظات هیدرولوژیکی در نیروگاه‌های برقی و بخار، اندازه ردپای پروژه در محیط زیست، انتقال سوخت، آلودگی‌های ناشی از عملیات، نوع تجهیزات حمایتی و سرویسهای لازم، استفاده از زیرساخت موجود و نیروی انسانی بومی و برنامه‌های تعمیرات و بازسازی. هدف نهایی از این مطالعات، ایجاد یک ردپای پاک در حین ساخت و ساز و بهره‌برداری است. به طوریکه پروژه از ابتدا تا انتها، همزمان در شرایط مطلوب زیست محیطی و اقتصادی کار کند. به این منظور باید پتانسیل‌های اثرگذار در حین ارزیابی‌های زیست محیطی مشخص شوند. این اثرات در محدوده‌های محیط زیست فیزیکی، محیط زیست بیولوژیکی و محیط زیست اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی هستند. البته میزان اثرگذاری به محل قرارگیری تجهیزات بستگی دارد و مطالعات با توجه به طول عمر بیش از ۳۰ سال واحد به شکل ارزیابی اثرات در طولانی مدت انجام می‌شود [۱].

محیط زیست فیزیکی شامل آب (آبهای سطحی، زیرزمینی و کیفیت آب)، هوا و اقلیم (کیفیت هوا، حضور آلودگیها، هواشناسی)، خاک و ژئولوژی، نویز، ارتعاشات و تشعشعات و چشم انداز بصری و منابع زیبایی شناسی است.

محیط زیست بیولوژیکی شامل گیاهان، جانوران، اکوسیستم‌ها (زمینی، تالاب، آبی و دریایی) که شامل اکوسیستم‌های حساس، گونه‌ها و زیستگاه‌های در معرض خطر و مناطق حفاظت شده است.

وضعیت اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی منطقه نیز محیط زیست مخصوص خود را دارد. جمعیت، اقتصاد، ویژگیهای اجتماعی و سلامت نمونه‌هایی از وضعیت اجتماعی است. همچنین زیرساختهای منطقه نظیر حمل و نقل، سلامت عمومی، ارتباطات و انرژی نیز بر محیط زیست پروژه اثرگذارند. منابع مورد استفاده از زمین در برنامه‌های فرهنگی، رسوم تاریخی و باستان‌شناسی و وجود مراکز تفریحی، تراکم جمعیت و مراکز

تجاری و صنعتی در منطقه مورد مطالعه جزء محورهایی است که در ارزیابی‌های زیست محیطی پروژه باید منظور گردد [۱].

پتانسیل اثرات یا پیامدهای احتمالی زیست محیطی پروژه تولید و توزیع برق تا حد امکان باید سنجیده شود. انواع این تأثیرات می‌تواند به شکل مستقیم، غیرمستقیم و تجمعی باشد. تأثیرات مستقیم ناشی از یک فعالیت خاص مربوط به پروژه در همان زمان و مکان پروژه است اما تأثیرات غیرمستقیم ناشی از اقدامات در یک پروژه خاص است که ممکن است در همان لحظه یا بعد از مدتی مشهود شود، اما قابل پیش بینی است. این تأثیرات شامل اثرات القایی رشد، تغییرات ناشی از تغییر اقلیم، تراکم جمعیت، سرعت رشد و تأثیرات آب و هوا بر اکوسیستم است. تأثیرات تجمعی، اثرات افزایشی پروژه پیشنهادی بر روی یک مورد خاص است. اثرات زیست محیطی هر پروژه مخصوص خود سایت پروژه است مثل ژئولوژی و خاک، هیدرولوژی، اکوسیستم، اقلیم، تراکم جمعیت در حوالی پروژه و می‌تواند مثبت یا منفی باشد. اثرات مثبت مثلاً به روزرسانی نیروگاه و بهبود تجهیزات آن است که آلودگی را کم می‌کند. البته اثرات زیست محیطی در هر پروژه منحصر بفرد است. با این حال چندین زمینه مشترک بین انواع این فعالیت‌ها وجود دارد، تقریباً تمامی آنها نیاز به پاکسازی زمین، شکل دهی، ساخت تأسیسات و ساختارهای پشتیبانی، ساخت و ساز یا بهبود راههای دسترسی دارند. همچنین بسیاری از پروژه‌ها ممکن است شامل ساخت و بهره‌برداری‌های موقتی نظیر کارگاه‌های ساختمانی، انبارهای موقت و دفتر مهندسين ساخت باشند. این فعالیت‌ها تأثیراتی مرتبط بر محیط زیست فیزیکی و بیولوژیکی دارند [۱].

مخاطرات زیست محیطی در کل طول چرخه کاری اعم از طراحی، نصب، ساخت، بهره‌برداری و اتمام عمر مفید وجود دارند. البته اثرات زیست محیطی می‌توانند شدت اثر، دامنه و درجه اهمیت متفاوتی داشته باشند.

در این گزارش محورهای مورد بررسی در اثرات زیست محیطی پروژه‌های تولید و توزیع برق در دو محور اصلی ملاحظات عمومی و اختصاصی بررسی می‌گردد. در ملاحظات عمومی محورهای مشترک انواع

نیروگاه‌ها و خطوط توزیع بررسی و موارد خاص مربوط به هر نوع از تجهیزات و سیستم‌ها در قسمت ملاحظات اختصاصی تبیین می‌گردند.

۲-۱۰-۱- ملاحظات عمومی محیط زیست

همانطور که در مقدمه ذکر شد محیط زیست عمومی در حوزه‌های محیط زیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی تقسیم‌بندی و بررسی می‌گردد.

۲-۱۰-۱-۱- محیط زیست فیزیکی

۲-۱۰-۱-۱-۱- رئولوژی و خاک

در ارزیابی زیست محیطی در مرحله طراحی باید مستندسازی رئولوژی، خاک، توپوگرافی منطقه‌ای که تجهیزات قرار است در آن قرار بگیرد، در قالب فرمها، جداول، نقشه و غیره تهیه گردند. همچنین نقشه تأثیرات احتمالی، کاملاً مشخص شود. اطلاعات مربوط به سازمان‌های مسئول تهیه شوند و اگر اطلاعات قابل اطمینانی وجود ندارند نمونه‌برداری‌ها انجام گردد.

مناطق مستعد زلزله، از جمله فراوانی و شدت زمین لرزه‌ها و حداکثر زمین لرزه اتفاق افتاده مشخص شوند. این اطلاعات برای نیروگاه‌هایی که شامل سازه‌های بزرگ، ذخیره سوخت، مخازن آب، کانالها و سازه‌های بن بست هستند، لازم است. برخی از نیروگاه‌ها از اتفاقات زمین شناسی اثر می‌گیرند. کلیه پروژه‌هایی که شامل سدهای آبی یا استخرهای خنک کننده آب هستند در اثر زلزله ممکن است در معرض خرابی قرار بگیرند. بنابراین مطالعات زلزله شناسی منطقه کمک شایانی به ساخت ایمن با درجه مناسب برای تجهیزات می‌کند تا در صورت وقوع زلزله، احتمال خرابی و آلودگی زیست محیطی وجود نداشته باشد [۱].

اگر سایت در نظر گرفته شده برای نیروگاه در فاصله ۳۰ کیلومتری از یک منطقه آتشفشانی فعال باشد، اطلاعات در مورد ویژگی‌های کلی آتشفشانی منطقه باید ارائه شود. این اطلاعات شامل گذشته فوران‌ها، دوره‌ها و مناطقی که تحت تأثیر فوران‌ها قرار دارند، می‌باشد [۱].

جمع آوری اطلاعات در مورد پتانسیل فرسایش خاک، ترکیب شیمیایی هر نوع خاک و در دسترس بودن و مناسب بودن خاک برای ساخت و ساز هر نوع نیروگاه لازم است. بررسی خاک شامل نوع خاک، توزیع اندازه ذرات و خصوصیات مهندسی آن لازم است. از جمله خصوصیات مهندسی می‌توان به پایداری، عمق لایه‌های مختلف، نفوذپذیری، پتانسیل نشست، فرسایش، وضعیت کاربری فعلی و پتانسیل رشد رویشی اشاره نمود. البته لازم است مراقبت ویژه‌ای در مورد مطالعه خاکهایی که به فرسایش حساس‌تر هستند، انجام شود. تمام پروژه‌های تولید برق، پتانسیل اصلاح مسیر روان‌آبها را دارند و ممکن است بر بستر رسوبی مستقر شوند، بنابراین داده‌های کافی خاک باید فراهم شود تا مدل‌های انتقال مسیر روان‌آب نتایج معنی‌داری داشته باشند [۱].

ساخت و ساز پروژه‌های نیروگاهی به جز موارد خاص نظیر بازسازی توربین بادی، شامل فعالیت‌هایی است که روی ژئولوژی خاک اثرگذارند. پاکسازی زمین جهت تدارک شرایط مناسب سایت، خاکبرداری و انفجار و جابجایی خاک‌ها و زمین، تخلیه و دفع سنگ‌ها و خاکهایی که طی این فعالیت‌ها به محیط فعلی اضافه شده‌اند، استفاده و ذخیره‌سازی سوخت و روان‌کننده‌ها و دیگر ترکیبات شیمیایی در طی ساخت و ساز و جمع آوری تجهیزات ساخت و ساز بر کیفیت خاک اثرگذار هستند. پاکسازی زمین و شکل دادن آن پوشش گیاهی را از بین می‌برد و سطح زمین را تغییر می‌دهد. توپوگرافی منطقه آسیب دیده می‌تواند باعث افزایش تراکم خاک و فرسایش شود. تغییر توپوگرافی سایت، پتانسیل ایجاد لغزش زمین را در پی دارد که البته به نوع خاک و میزان تغییرات بستگی دارد. تغییر هیدرولوژی و تغییر جهت جریان روان‌آبها و همچنین سخت بودن خاک باعث فرسایش ناشی از باد نیز می‌شود. اگر کنترل فرسایش خاک و کنترل پایداری انجام گیرد این تأثیرات می‌تواند کوتاه مدت باشد [۱].

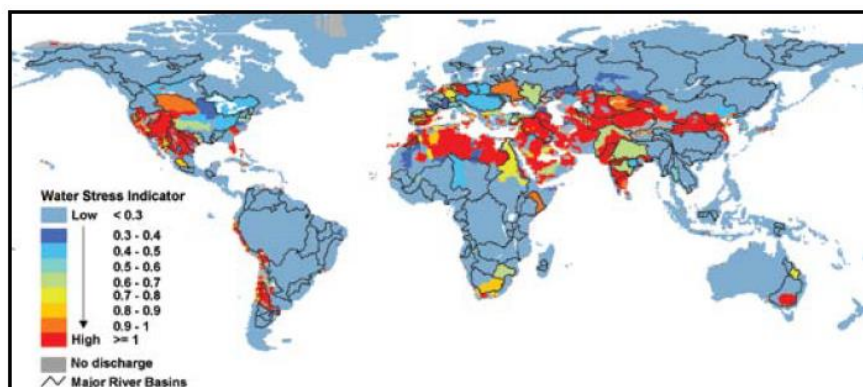
دفع زباله‌های جامد و ریختن روغن، سوخت و مواد شیمیایی هم اثرات نامطلوبی به همراه دارد. از انواع ضایعات جامد تولید شده در طول فعالیت‌های ساخت واحد می‌توان به درختان و سایر پوشش‌های گیاهی که در طول آماده‌سازی زمین کنده شده‌اند، ابزارهای قالب‌گیری، مصالح ساختمانی ناقص یا شکسته شده

و غیرقابل مصرف، ضایعات بتنی، زباله‌های ناشی از تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات، ضایعات خرابی‌های ساخت‌ها و ضایعات بسته بندی و پالت و جعبه اشاره نمود. دفع انواع مواد جامد در کارگاه‌های ساختمانی و نصب تجهیزات نیروگاه و انبارداری و توزیع سوخت مورد استفاده می‌تواند خاک را آلوده کند. در حین ساخت و ساز، زباله‌های خطرناک نظیر روغنهای استفاده شده، مواد جاذب آلوده، لامپهای سوخته شده، باتری‌های استفاده شده، ظروف مواد سمی، تایرها، قطعات مستعمل و ضایعات آوار نیز تولید می‌شود.

یک از منابع آلوده کننده خاک، فعالیت‌های مربوط به حمل و نقل و نگهداری سوخت و مواد شیمیایی است. کلیه مراحل سوخت‌رسانی و تانک‌های ذخیره باید همواره بازرسی شوند تا نشتی اتفاق نیفتد و سیستم‌های کنترل مربوطه همواره در سرویس باشند. گاز کلر برای تصفیه آب، اسیدها برای شستشوی تجهیزات، آمونیاک در سیستم SCR و ترافیک کامیونها در حمل و نقل سوخت باید به درستی کنترل شوند. در صنعت برق تجهیزاتی هستند که از روغن‌ها در ترانسفورماتورها و سوئیچ‌ها برای خنک کردن و عایق الکتریکی استفاده می‌کنند. اگر این مواد نشت کنند می‌توانند خاک را آلوده کنند. PCBها به طور گسترده در تجهیزات بزرگ تا سال ۲۰۰۰ به عنوان روغن عایق استفاده می‌شد. اما استفاده از آن به دلیل اثرات مضر احتمالی بر سلامتی انسان و محیط زیست متوقف شد. امروزه ترانسفورماتورها و سوئیچ‌ها از روغنهای تصفیه شده با استاندارد ASTM D3487 استفاده می‌کنند. روغنهای عایق در مقادیر زیاد در ایستگاه‌های الکتریکی بزرگ وجود دارند که نشت آنها آلودگی مهمی برای خاک محسوب می‌گردد [۱].

۲-۱-۱-۱۰-۲- منابع آب

پس از کشاورزی، نیروگاهها عامل کاهش سطح آبهای زیرزمینی هستند. باید میزان مصرف آب در صنعت برق به شکل منطقه‌ای ارزیابی شود و مطالعات آینده نگری در مورد میزان مصرف آب و نحوه کنترل آن در نیروگاه انجام شود. در شکل (۱۳-۲) مشخص است که در بین کشورهای دنیا، ایران در منطقه با تنش آبی بالا است و توجه بیشتر به میزان مصرف آب در نیروگاهها ضروری است [۲، ۳].



شکل ۹-۲: گستره جغرافیایی وضعیت منابع آب [۳]

تمامی واحدهای نیروگاهی برای عملیات به آب نیاز دارند و فقط نیروگاه‌های بادی از این موضوع مستثنی هستند. حتی واحدهای خورشیدی برای شستشوی رفلکتورها و سطوح شیشه‌ای از آب استفاده می‌کنند. مقدار برداشت آب با توجه به در دسترس بودن آن ارزیابی می‌شود. مخصوصاً اگر واحد در مناطقی با کمبود آب قرار داشته باشد. اگر از روان‌آبها و آب‌های سطح زمین استفاده شود، آب اضافی وارد خاک می‌شود و تحت تأثیر پوشش گیاهی قرار گرفته و عموماً باعث تغییر کیفیت آب نمی‌شود.

استفاده از نیروگاه حرارتی تأثیر قابل توجهی در منابع آب دارد و بخش برق به این منابع آب وابسته است. سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده تخمین زد که ۴۱ درصد از برداشت‌های آب شیرین برای عملیات برق حرارتی، در درجه اول برای نیازهای برج خنک کننده بود. بنابراین بخش انرژی از تغییرات در منابع آب بسیار آسیب پذیر است، به ویژه مواردی که ممکن است ناشی از تغییرات احتمالی آب و هوایی باشد. در دوره‌های خشکسالی، این نیروگاه‌ها ممکن است در معرض خاموش شدن و محدودیت‌های مربوط به آب قرار داده شوند. یکپارچه سازی مؤثر انرژی و برنامه‌ریزی سیاست‌های آب نیاز به شناسایی تأثیرات منحصربفرد و تجمعی است که نوع نیروگاه‌ها روی منابع آب دارد. تغییرپذیری و عدم اطمینان مرتبط با مصرف آب در انواع فناوری‌های تولید برق باید مشخص باشد [۳].

داده‌ها نشان می‌دهند که بالاترین فاکتورهای مصرف آب برای کلیه فناوری‌ها به دلیل استفاده از برج‌های خنک کننده تبخیری تقریباً حدود ۱۰۰۰ گالن بر مگاوات ساعت تولید برق است [۳]. کمترین

مصرف آب عملیاتی در برق ناشی از انرژی باد، فناوری‌های خورشیدی و CSP استرلینگ خورشیدی و چرخه ترکیبی گاز طبیعی است که از فناوری‌های خنک کننده خشک استفاده می‌کنند. بالاترین فاکتورهای مصرف آب در منابع تجدیدپذیر مربوط به واحدهای زمین گرمایی و هیدروالکتریک است. فناوری‌های جذب کربن و کاهش آلاینده‌ها ممکن است نیاز به ملاحظات آب داشته باشد تا از عواقب منفی محیطی ناخواسته بر منابع آب جلوگیری کند. این امر را می‌توان با برنامه‌ریزی سیاستگذاری انرژی و انرژی یکپارچه برطرف کرد، زیرا در دسترس بودن آب در حوزه‌های خاص ممکن است نفوذ این فناوری‌ها و پیکربندی‌های آنها را محدود کند.

منابع آب به دو شکل سطحی و زیرزمینی در دسترس هستند که در ادامه اثرات زیست محیطی سیستم‌های تولید و توزیع برق بر این منابع بررسی می‌گردد.

الف) آبهای سطحی: در مطالعات زیست محیطی باید ارزیابی از منابع آبهای سطحی در حوالی پروژه انجام شود که شامل آنالیز مشخصات آبخوان‌ها نظیر کیفیت آب، دبی، الگوی زهکشی، ویژگی روان‌آب، خاک، پوشش گیاهی و پوشش‌های غیرقابل نفوذ است. این اطلاعات در نقشه‌های توپوگرافی منطقه باید گنجانده شود. کلیه منابع آبهای سطحی و مسیرهای سیلاب در منطقه مشخص گردند. امکانات در دسترس شامل ایستگاه‌های نظارت، نقاط تخلیه، رودخانه‌ها، نهرها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها و سایر آبهای اطراف باید به خوبی شناسایی شوند. مصارف آب در دوره زمانی و در زمان حال در سطح منطقه باید جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل شوند و اطلاعات در مورد متوسط جریان روزانه، ماهانه و سالانه، حداکثر و حداقل دبی در ماه، حوادث روان‌آب و حوضه آبخیز همراه با رودخانه‌های نوسانات فصلی در منطقه و حجم تالاب در دریاچه و مخزن در دوره‌های ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله مهیا گردند.

برای پروژه‌های برق‌آبی که جریان رودخانه یا نهرها را تغییر می‌دهند یا پروژه‌های دیگری که به حجم قابل توجهی آب عملیاتی (به عنوان مثال: نیروگاه‌های حرارتی با تقاضای آب زیاد برای خنک کننده) نیاز دارند باید تنظیم محیط زیستی حق‌آبه انجام شود.

مدیریت آبخیز در پروژه‌های تولید انرژی اهمیت بسیاری دارند که شامل آبهای سطحی و زیرزمینی و کیفیت آنها است. باید درک دقیقی از تأثیر پروژه بر کیفیت و کمیت آب حاصل شود. البته تأثیرات تجمعی سایر فعالیت‌ها در این رابطه در حوزه آبریز نیز باید لحاظ گردد. یک رویکرد ارزیابی تأثیرگذاری آبخیز شامل ده مرحله است که مراحل یک تا شش به طور مستقیم اعمال می‌شود. برای مراحل هفت تا نه مربوط به مدیریت زیست محیطی است و در مرحله ده اطمینان حاصل می‌شود که ذینفعان در طراحی و تحلیل پروژه نقش دارند.

- (۱) نقشه مرزهای آبخیزداری در منطقه پروژه تهیه شود.
- (۲) الگوی زهکشی و ویژگی‌های روان‌آب در منطقه آبخیز باید مشخص گردد.
- (۳) رودخانه پایین دست، تالاب، دریاچه و سایر پیکره‌های آبی باید مشخص شوند.
- (۴) کیفیت آب موجود در منابع مشخص شود.
- (۵) میزان مصرف فعلی و پیش بینی شده شامل آبهای آشامیدنی، آبیاری، آبی پروری، صنعت، تفریح، پشتیبانی از آبزیان و غیره در منابع آب باید مشخص شوند.
- (۶) ماهیت و میزان آلاینده‌های دفع شده به حوضه آبریز مشخص گردد.
- (۷) میزان تخلیه آلاینده‌های اضافی پیش بینی شده از فعالیت‌های پروژه تعیین شود.
- (۸) تأثیر پروژه روی آب مصرفی و غیرمصرفی مشخص گردد.
- (۹) سایر تحولات احتمالی اضافی دیگر را که برای آبخیزداری برنامه‌ریزی یا پیش بینی شده است، شناسایی شود.
- (۱۰) ذینفعان درگیر در حوزه آبخیز شناسایی و با همراهی و مشارکت آنها مراحل پروژه پیش رود.

جنبه مهم ارزیابی زیست محیطی در توسعه و ارائه کیفیت پایه آبهای سطحی، نظارت بر داده‌هایی است که قبل از شروع پروژه باید جمع آوری شود. همچنین داده‌های کیفیت قبلی هم باید گردآوری شوند تا به مبانی پروژه فعلی کمک کنند.

برای پروژه‌های برق‌آبی و پروژه‌هایی که مقدار قابل توجهی فاضلاب تخلیه دارند، این داده‌ها باید با نتایج حاصل از نظارت بر کیفیت آب سطحی اضافه شود. نوسانات فصلی در دبی و کیفیت آب مشخص شوند.

قبل از اجرای برنامه یک برنامه نمونه‌گیری و آنالیز انجام شود. در این طرح باید منطقه نمونه‌گیری، تکنیک نمونه‌گیری، پارامترهای شیمیایی و روشهای آنالیز مشخص شود. در انتخاب پارامترهای شیمیایی باید جنس آلودگی‌های تخلیه شده به آبهای سطحی مدنظر قرار گیرد. این پارامترها شامل، pH، دما، هدایت الکتریکی، COD، TSS، TDS و غیره است [۱].

پیش بینی می‌شود سایت مورد نیاز در زمان ساخت و ساز، مخصوصاً زمانی که در مسیر روان آبها قرار می‌گیرد، منبع آلودگی آب باشد. چنین آلودگی ممکن است در مرحله اولیه دوره ساخت و ساز، هنگام درجه بندی سایت و خاکبرداری برای فونداسیون و پر کردن پستی‌ها اتفاق بیفتد. در طی این مرحله، رواناب آب باران بیش از حد نرمال خاک / لجن حمل می‌کند و همین امر می‌تواند مشکل انسداد جریان آب و عدم دریافت آب در پایین دست را به همراه داشته باشد [۴].

ب) آبهای زیر زمینی: مقدار استفاده از آبهای زیرزمینی به نوع و اندازه پروژه بستگی دارد. به عنوان مثال، یک نیروگاه بادی نیازی به ارزیابی اطلاعات آبهای زیرزمینی ندارد. اما دیگر انواع نیروگاه‌ها ممکن است بر کمیت و کیفیت آبهای زیرزمینی اثر بگذارند. پروژه‌های برقابی، مخارن بزرگ آب ایجاد می‌کنند و بدیهی است که روی مقدار آب در سفره‌های زیرزمینی اثر می‌گذارند. انبارهای نگهداری سوخت در نیروگاه‌های سوخت در نیروگاه‌های حرارتی بطور بالقوه می‌توانند بر کیفیت آبهای زیر زمینی اثر گذار باشند. آب مصرفی در برج‌های خنک کننده و استخرهای سردسازی نیز بر کیفیت آبهای زیرزمینی اثر

دارند. در مورد پروژه‌هایی که آبهای زیرزمینی تحت تأثیر آنهاست، در بخش ارزیابی زیست محیطی باید بستر و سفره‌های آبهای زیر زمینی و خصوصیات آبخوان از جمله هیدرولیک، رژیم و جهت جریان برای هر سفره آبی مشخص شود. اثرات ساختارهای ژئولوژیکی و آبهای سطحی باید روی نقشه مشخص شوند، تمام چاه‌ها، قنات‌ها و اطلاعات آنها شامل جریان‌ها، سطح آب و عمق چاه باید روی نقشه مشخص شود [۱].

بهتر است مدلسازی جهت جریان آبهای زیرزمینی انجام گردد که برای این امر نیاز به اطلاعات کافی، مناسب و منطبق بر واقعیت است. اگر این داده‌ها وجود ندارند باید طرح نمونه‌گیری و آنالیز آبهای زیرزمینی انجام شود تا داده‌های مناسب تهیه شوند [۲].

تلاش‌های بیشتر جهت استفاده از سیستم‌های خنک کننده خشک یا ترکیبی برای تأسیسات سوخت فسیلی در مرحله طراحی باید مورد توجه باشد. استفاده از آبهای تصفیه شده مانند فاضلاب شهری، رویکرد دیگری است که می‌تواند تأثیر بخش برق را در منابع آب شیرین و تأسیسات تصفیه خانه فاضلاب کاهش دهد. در دسترس بودن قانونی و فیزیکی فاضلاب شهری، به ویژه در مناطق روستایی، می‌تواند یک عامل محدود کننده در استفاده گسترده آن باشد و هزینه‌های این منابع باید مورد بررسی قرار گیرد [۳].

بسیاری از واحدهای در حال بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند که در حال حاضر با توجه به کاهش سطح این آبها باید مطالعه در مورد منابع آبی جدید اعم از آبهای تصفیه شده فاضلاب شهری و تغییر تکنولوژی با مصرف آب کمتر باید مورد توجه باشد. همچنین انواع سناریوهای زیست محیطی برای نظارت و مدیریت پساب و فاضلاب باید مشخص گردد [۲].

در مرحله تعمیرات، مقداری زیادی پساب به دلیل شستشوی تجهیزات ایجاد می‌گردد که حتی ممکن است حاوی فلزات سمی و اسیدیت نامطلوب باشد و لازم است که این آب تصفیه شود و همچنین استاندارد مطلوب برای بازگشت به محیط یا تخلیه در حوضچه‌های مربوطه را داشته باشد.

۲-۱۰-۱-۱-۳- هوا و اقلیم

الف) هواشناسی و هواشناسی: درک موقعیت هواشناسی منطقه پروژه برای برنامه‌های پایش هوای پروژه مخصوصاً در نیروگاه‌های حرارتی و همچنین برای توازن مصرف آب مورد نیاز مهم است. داده‌ها در دوره‌های زمانی مختلف از ایستگاه‌های هواشناسی باید جمع‌آوری و تحلیل شوند. این داده‌ها شامل حداقل اطلاعات بارش باران (کل بارندگی، شدت بارندگی و مدت زمان)، جهت باد، سرعت، تشعشع خورشید، سرعت تبخیر، فشار بارومتریک و تغییرات دما است. برای پروژه‌های بزرگ اگر اطلاعاتی در نزدیک سایت موجود نیست یک ایستگاه هواشناسی باید مستقر شود و برای حداقل یک سال داده‌ها را جمع‌آوری کند و تمامی آنها روی نقشه‌های ارزیابی زیست محیطی وارد شوند [۱].

ب) کیفیت هوا و مقدار آلودگی موجود: آلودگی هوا در پروژه‌های تولید انرژی، گرد و غبار و گازهای گلخانه‌ای تجهیزات در ساخت و ساز و انتشار گازهای دودکش در نیروگاه‌های احتراقی در طول بهره‌برداری حائز اهمیت است. کنترل کیفیت هوا نیز در بالادست و همچنین در پایین دست تجهیزات باید انجام شود. ارزیابی‌ها باید شامل استفاده از مقدار زیادی نمونه و همچنین روشهای محاسبه آلاینده ثانویه منتشر شده از تجهیزات باشد [۲].

به هنگام پاکسازی و شکل دادن زمین در موقع ساخت و ساز، گرد و غبار ایجاد می‌شود. بخش زیادی از گرد و غبار تشکیل شده از ذرات با قطر بیش از ۱۰ میکرون تشکیل شده‌اند و در حدود چند صد متر اطراف محل ته‌نشین می‌شوند. ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون به کمک باد به مسافت‌های طولانی‌تری می‌روند و به مناطق پر جمعیت می‌رسند. این انتشار گرد و غبار کوتاه مدت است [۱].

در حمل و نقل سوخت، انتشار آلاینده‌ها از جمله PM_{10} , CO, VOC, NO_x , SO_2 از آگزوز خودروها و وسایل سنگین ایجاد می‌شود که به دلیل موتورهای احتراقی ماشین‌آلات سنگین و ژنراتورها منتشر می‌شوند [۱].

بسیاری از پروژه‌های تولید برق شامل پست‌های برق، ترانسفورماتور و سوئیچ‌ها هستند. گازهای عایق مثل فلئوئورکربن‌ها و هگزا فلوراید گوگرد، گاز گلخانه‌ای هستند. چندین گاز گلخانه‌ای شامل CO_2 , N_2O , CH_4 , SF_6 ، هیدروفلئوئور کربن و پرفلوئورکربن در صنعت برق وجود دارند. CO_2 به عنوان اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای و N_2O از نیروگاه‌های احتراقی منتشر می‌شوند. متان از انواع نیروگاه‌ها ممکن است از واحدهای احتراقی که گاز طبیعی استفاده می‌کنند به دلیل نشتی در لوله‌ها، کمپرسور و شیرها و رگلاتورها منتشر شود. همچنین متان از فرآیندهای بیویزیست توده بی هوازی در هاضم پسماند آلی در گیاهان و نیروگاه زیست توده یا رسوبات آلی در سدهای برقابی نیز منتشر می‌شود. در بین انواع نیروگاه‌ها، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای در نیروگاه‌های حرارتی - احتراقی هستند که از سوخت فسیلی با زیست توده استفاده می‌کنند [۱].

۲-۱-۱-۴- نويز و ارتعاشات

اگر امکان پیش بینی مقدار نويز و ارتعاشات قبل از شروع ساخت پروژه وجود داشته باشد، باید در گزارش ارزیابی زیست محیطی قبل از ساخت مطالعه شود. پیش از شروع ساخت باید سطح نويز مخصوصاً در زیستگاه‌های حساس یا محل‌های سکونت نزدیک به سایت بررسی و اندازه‌گیری شود. باید مشخص شود که در نزدیکی سایت، زیستگاه حیواناتی که به لرزش و سر و صدا حساس هستند وجود دارد یا خیر. آیا سایت پروژه در نزدیکی اقامتگاه فصلی یا دائمی، هتل، متل، مدارس، بیمارستان و مهد کودک، زیارتگاه و امامزاده، اردوگاه و مکانهای تفریحی و زیستگاه‌های حساس مثل مناطق لانه‌سازی و زاد و ولد حیوانات و پرندگان قرار دارد. نظارت نويز باید توسط کارشناسان آموزش دیده در دوره‌های مشخص و به دفعات کافی به لحاظ آنالیز آماری باشد [۱].

در هنگام ساخت و ساز، صدا و لرزش در پروژه‌های تولید انرژی و انتقال ایجاد می‌شود و فعالیت‌های انفجار، ساخت و ساز و حمل و نقل وجود دارد. این کار را می‌توان به دو گروه، کار عمرانی و نصب مکانیکی تقسیم کرد. برخی فعالیت‌های عمرانی ممکن است آلودگی صوتی ایجاد کند. کار برش، حفر و بتن‌ریزی به

ویژه در هنگام فصل خشک، ممکن است آلودگی گرد و غبار ایجاد کند. کار نصب تجهیزات شامل جابجایی قطعات فولاد و استفاده از وسایلی مانند بالابر، جرثقیل، میکسر، دستگاه جوش و غیره ممکن است گرد و غبار، سر و صدا و آلودگی‌های گازی ایجاد کند [4].

در ترانسفورماتورها و سوئیچ‌ها نیز منبعی از سر و صدا و سایر نویز وجود دارد. سر و صدا در توربین‌های بادی می‌تواند قابل توجه باشد در حالیکه مزارع خورشیدی بدون سرو صدا هستند [۱].

۲-۱-۱-۱-۵- منابع زیبایی شناسی^۱

منابع زیبایی شناسی در سه بخش، اثرات پروژه بر منابع بصری و مناظر، تأثیرات بر وضوح دید مخصوصاً به دلیل آلودگی هوا و افزایش آلودگی نور قابل بررسی است. تأثیرات بصری پروژه‌های صنعت برق با نوع پروژه متغیر است. نوع، مکان، خطوط دید و مکانهای دیدنی در محدوده پروژه متغیر است.

اطلاعات پایه در مورد نماها و مکان‌های دیدنی که می‌توانند تحت تأثیر پروژه پیشنهادی باشند باید تهیه گردند. آبشارها، چشم انداز غروب و طلوع خورشید، ساختارهای فرهنگی، باستانی و تاریخی را با تهیه تصاویر پانوراما می‌توان ثبت کرد تا اثرات سایت نیروگاهی بر روی آنها مطالعه شود [۱].

آلودگی نور و نور مصنوعی بیش از حد یا مزاحم در تمام انواع نیروگاه‌ها می‌تواند مشکل ایجاد کند. سطح آلودگی نور با اندازه‌گیری میدانی یا مدلسازی ریاضی اندازه‌گیری و یک نقشه کانتور نور از منطقه تهیه گردد. منابع آلودگی نور شامل چراغهای مورد استفاده در هنگام ساخت و ساز در شب برای کار، روشنایی بیرونی و داخلی ساختمان و سازه، روشنایی امنیتی در شب، چراغ‌های روشنایی در سایت، روشنایی وسایل نقلیه که مقدار آن با ترافیک آنها به داخل سایت ارتباط دارد و همچنین تابش خیره کننده پنل‌های خورشیدی است [۱].

¹ Aesthetic resources

۲-۱۰-۱-۲- محیط زیست بیولوژیکی

اولین اثرات بر محیط زیست بیولوژیکی، خاک آلوده و آب و هوای آلوده و همچنین تغییر جریان در آبهای سطحی هستند. با این حال منابع بیولوژیک می‌توانند با تغییر کاربری زمین، افزایش فعالیت‌های انسانی در حوالی پروژه اثرپذیرند. این امر باعث افزایش فشار به طبیعت و منابع طبیعی در محدوده متأثر به دلیل تجمع نیروی انسانی در اطراف پروژه است.

اطلاعات بیولوژیکی منطقه برای ارزیابی زیست محیطی شامل آبریان، اکوسیستم‌های زمینی و تالاب در مجاورت سایت انرژی، اکوسیستم محلی و تنوع زیستی است. باید مشخص شود که منطقه از لحاظ تنوع زیستی در چه مرتبه اهمیتی (ملی یا بین‌المللی) برخوردار است. در ارزیابی شرایط پایه اکوسیستم‌های آبرزی، زمینی و تالاب در محدوده پروژه باید مراحل زیر انجام شود:

❖ جمع‌آوری اطلاعات در مورد تنوع زیستی از طریق بررسی نقشه‌ها، گزارش‌ها، سازمان‌های مربوطه

❖ تهیه نقشه از تمام زیستگاه‌های مهم از جمله مناطق حفاظت شده، مسیرهای مهاجرت، مناطق اقامت موقت (جفت‌گیری، تخم‌گذاری و لانه‌سازی)

❖ مشخص کردن زمان‌های مهم برای فعالیت‌های فصلی (لانه‌سازی، پرورش، مهاجرت و غیره)

❖ خصوصیات اکولوژیکی زیر منطقه پروژه بر اساس اندازه هر زیستگاه، وضعیت موجود و مقدار آن، غنای زیستگاه/گونه، شکنندگی اکوسیستم، اندازه جمعیت گونه‌ها یا گونه‌های مهم در معرض انقراض، نادر بودن هر گونه یا زیستگاه باید مشخص شود.

❖ آیا اطراف سایت مورد نظر منطقه حفاظت شده، پارک ملی، جنگلی یا ذخیره حیات وحش وجود دارد.

❖ آیا اطراف سایت مورد نظر، اولویت حفاظت به لحاظ تنوع زیستی بالا خواهد بود و در آینده ممکن است به منطقه حفاظت شده تبدیل شود

- ❖ آیا گونه‌های خاصی وجود دارند که ممکن است با استقرار نیروگاه مورد تهدید قرار بگیرند.
- ❖ مدیریت محیط زیست منطقه باید سایت‌های آتی مورد حفاظت را مشخص کند و مفاد قانونی مربوط به تنوع زیستی، حفاظت گونه‌ها و غیره باید مرور شوند.
- ❖ نظرات ذینفعان را در مورد اینکه سایت برای مناطق اطراف که باستانی و میراث فرهنگی هستند، تهدیدی دارد دریافت گردد [۱].
- ارزیابی هر نوع اکوسیستم اعم از آبی، زمینی یا تالاب به قضاوت حرفه‌ای و مشارکت اکولوژیست‌های آموزش دیده است. اگر اطلاعات کافی در دسترس نیست برای جمع‌آوری اطلاعات مذکور باید کارهای میدانی قابل توجهی انجام داد [۱].

۲-۱۰-۱-۱-۲ پوشش گیاهی

- لازم است که اطلاعات جامعی از پوشش گیاهی منطقه جمع‌آوری شود. بهترین منابع مردم محلی، سازمانهای مربوطه (جنگل‌داری، کشاورزی و محیط زیست) و دانشگاه‌ها هستند. نتایج به شکل نقشه پوشش گیاهی منطقه باید تهیه شود. شناسایی گونه‌ها، نادر بودن، اثر آنها در جامعه بومی و گونه‌های در معرض خطر باید انجام گیرد [۱].

۲-۱۰-۱-۲-۲ جانوران

- برای گونه‌های زمینی، نقشه‌ها حاوی اطلاعات مناطق پرورش، مناطق آشیانه و زاد و ولد، راهروهای مهاجرتی (در صورت وجود) تهیه شوند. اطلاعات مربوط به ماهی‌ها، صدف و سایر گونه‌های آبی شامل توزیع مکانی و زمانی، مرحله‌های زندگی هر گونه، اطلاعات مربوط به سن و دوره رشد و زمان‌بندی تخم‌ریزی است [۱].

۲-۱-۱-۲-۳- اثرات بر اکوسیستم

فراتر از نگاه موردی به گیاهان و جانوران به طور مستقل در ارزیابی اثرات زیست محیطی، نیاز به یکپارچه شدن یعنی پرداختن به روابط بین جنبه‌های بیوفیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اثرات آینده وجود دارد و برای پرداختن به این موضوع باید توصیف یکپارچه‌ای از اکوسیستم محیط زیستی داشت.

در این رویکرد باید روابط ذاتی و پیچیده بین بیوفیزیک، اقتصاد و اجتماع را تشخیص داد. این پیوندها مزایای زیادی دارد که سهم بهزیستی انسان و افزایش ظرفیت اکوسیستم را در پی دارد. آیین‌نامه‌های بین المللی مربوطه توسط UNEP و دیگر سازمانهای بین المللی منتشر شده است. این ارزیابی یکپارچه، خدمات اکوسیستم سیستماتیک‌تر و منظم‌تری را ارائه می‌دهد. ارزیابی یکپارچه اثرات و وابستگی پروژه به خدمات اکوسیستم و پیامدهای آن بسیار سودمند است. چارچوب فکری این رویکرد شامل:

- ❖ چه خدمات اکوسیستمی برای جوامع محلی مهم است؟
- ❖ کدام قسمت از پروژه تأثیر قابل توجهی روی اکوسیستم دارد؟
- ❖ اثرات یک سرویس اکوسیستمی و خدمات یا اکوسیستم دیگر چگونه است؟
- ❖ سطح زیربنایی تنوع زیستی و ظرفیت فعلی اکوسیستم برای ادامه حیات چیست؟
- ❖ عواقب این نوع تأثیرات خدمات اکوسیستمی بر بهزیستی انسان (معیشت، سلامت، درآمد، امنیت و ...) چیست؟
- ❖ عوامل محرک مستقیم و غیرمستقیم تغییرات اکوسیستم که در عرضه و استفاده از خدمات مطالعات اکوسیستمی تأثیر می‌گذارد چیست؟ چگونه پروژه به تغییر این عوامل محرک مستقیم و غیرمستقیم کمک خواهد کرد.
- ❖ خدمات اکوسیستم با ذینفعان مختلفی در ارتباط است و هرگونه تغییرات در آن به سود یک عده و ضرر دیگران خواهد بود.

کنترل فرسایش، آلودگی هوا و آب و حذف آلاینده که باعث می‌شود خطرات و فرصتهای ناشی از خدمات اکوسیستم را بهبود بخشد [۱].

الف) اکوسیستم یا گونه‌های زمینی: مواردی هستند که ممکن است روی زمین مشاهده شوند. پستانداران، پرندگان، خزندگان، دوزیستان، بی مهرگان، درختان، درختچه‌ها، چمن‌ها، قارچها، خزها و میکروب‌ها نمونه‌هایی از گونه‌های زمینی هستند. اثرات احتمالی بر روی اکوسیستم گونه‌های زمینی که شامل تالاب‌ها و مناطق ساحلی نیز می‌شوند عبارتند از:

❖ تخریب، اصلاح یا تکه تکه شدن زیستگاه

❖ اختلال در رفتار از جمله، تغذیه، مهاجرت، پرورش، لانه‌سازی، زاد و ولد

❖ اثرات مستقیم شامل: مسمومیت بدلیل تماس مستقیم با مواد خطرناک یا گودال‌های آب آلوده، برق گرفتگی و سوختگی، آسیب دیدن از پره‌های توربین بادی، افزایش شکار توسط انسان‌هایی که به خاطر پروژه به منطقه آمده‌اند.

تخریب یا تکه تکه شدن اکوسیستم‌های زمینی تا حد زیادی با پاکسازی زمین همراه است که شامل شکل دادن زمین، خاکبرداری محل تأسیسات و حمل و نقل زیاد در جاده‌ها و راه‌ها یا ایجاد راه آبهای جدید است که می‌تواند قسمتی از اکوسیستم را در آب فرو ببرد. این ممکن است یک منطقه نسبتاً کوچک باشد یا مثل حوضچه‌های خنک کننده یا چند صد هکتار از سد یک نیروگاه آبی باشد [۱].

استفاده بیش از حد از چوب برای سوخت توسط کارگران در مرحله ساخت و ساز یا بهره برداری می‌تواند منجر به جنگل زدایی شود. همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور غیر مستقیم، اکوسیستم را تخریب می‌کند. بدلیل اسیدی بودن گازهای دودکش، در پایین دست تخریب یا کاهش پوشش گیاهی رخ خواهد داد.

آتش سوزی‌ها یک دلیل دیگر از بین رفتن اکوسیستم است که با افزایش تعداد انسان‌ها در مجاورت پروژه، احتمال آتش سوزی ناشی از انسان افزایش می‌یابد.

ساخت جاده‌ها می‌تواند دسترسی به اکوسیستم موجود را تکه تکه کند و در مسیرهای مهاجرتی وقفه ایجاد کند. ایجاد جاده‌های دسترسی برای پروژه می‌تواند دسترسی انسان‌ها به آن مناطق را باز کند و باعث ایجاد آزار و اذیت برای گونه‌های جانوری یا برداشت بی رویه از گونه‌های گیاهی شود. برخی از اکوسیستم‌ها برای بقای گونه‌ها نسبت به سایرین بسیار مهم هستند. آن دسته از اکوسیستم‌هایی که مسیرهای مهاجرتی، محل لانه‌سازی و زاد و ولد و برکه‌های آب زیادی دارند. این مناطق در ارزیابی‌های زیست محیطی باید کاملاً مشخص شوند و توجه ویژه‌ای به آنها شود. البته ممکن است برخی از تجهیزات موجود در پروژه‌های تولید و انتقال برق فضاهایی را برای لانه‌سازی برای برخی گونه‌ها ایجاد کند. این پروژه‌ها ممکن است رفتار حیوانات را به طرق مختلف مختل کند. اگر پروژه اردوگاهی به عنوان مسکن کارگران داشته باشد، حیوانات به سراغ زباله‌ها می‌روند و عادات تغذیه و تعامل آنها با انسان تغییر می‌کند. کاشت گونه‌های غیربومی در اطراف پروژه می‌تواند زندگی گونه‌های جانوری را مختل کند. سر و صدا، لرزش، روشنایی و حرکت وسایل نقلیه هم فعالیت حیوانات را مختل می‌کند. آلودگی نور برای حیات وحش یک تهدید است، حیوانات در مسیریابی سردرگم می‌شوند و رابطه بین طعمه و شکار را تغییر داده و آسیبهای بیولوژیکی ایجاد می‌شود. الگوهای روزانه و شبانه طبیعی در روند زندگی تغییر ایجاد می‌کند و پویایی اکولوژیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیرات مستقیم بر روی حیات وحش می‌تواند ناشی از افزایش شکار، دفع نامناسب زباله‌های جامد و مایع و تماس مستقیم حیوانات با اجزای پروژه باشد. شایع‌ترین شکل تماس حیوانات با برق از طریق تماس با تجهیزات پستها است. برخورد پرندگان با برجهای خورشیدی و پتانسیل نابینایی توسط پنل‌های خورشیدی وجود دارد. خطر برخورد پرندگان با خطوط برق در زمانیکه در حال مهاجرت هستند یا گروه‌هایی که شبانه حرکت می‌کنند وجود دارد. برخورد پرندگان و خفاش‌ها ممکن است منجر به قطع برق و آتش-سوزی شود.

ب) اکوسیستم و گونه‌های آبی: زندگی آندسته از گونه‌هایی که ممکن است در آب زندگی کنند تحت تأثیر عوامل زیر ممکن است مخاطره بیفتد:

❖ آلودگی آب

❖ تغییر در شدت جریان آب در آبهای سطحی

❖ تغییر مستقیم زیستگاه‌های آبی

❖ جراحت یا مرگ و میر ناشی از تماس مستقیم با تجهیزات داخل آب مثل توربین نیروگاه

برقایی و افزایش جمعیت انسانی در حوالی منطقه و افزایش ماهیگیری

❖ آسیب زیستگاه به خاطر سر و صدا یا اختلال بینایی

اجرای پروژه‌ها بر کمیت و کیفیت آبهای منطقه اثر می‌گذارند و پتانسیل تأثیرگذاری بر گونه‌های آبی موجود در آن آبها را دارند. مثلاً تخلیه آب با درجه حرارت بالا و آلودگی شیمیایی می‌تواند بر فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماهی، سخت پوستان و غیره اثر گذار باشد. آب تخلیه شده از سدهای برقایی معمولاً دمای پایین‌تری نسبت به سد دارند که می‌تواند باعث تغییرات اکوسیستم و ترکیب گونه‌ها شود. تغییر در شدت جریان آب می‌تواند ترکیب اکوسیستم را تغییر دهد. این نوع تغییرات در اکوسیستم معمولاً می‌تواند منجر به تهاجم گونه‌های غیرومی شود. تخریب کل زیستگاه آبی می‌تواند به خاطر ساخت و ساز یا احداث جاده‌های دسترسی اتفاق بیفتد و اگر چنین فعالیت‌هایی نیاز به ساخت و ساز داخل تالاب یا نهرها داشته باشد باعث از دست دادن مجموعه متنوعی از اکوسیستم آبی می‌شود. همچنین احداث کابل‌های انتقال برق در کف دریا، پوشش گیاهی، صخره‌های مرجانی و غیره را مختل می‌کند [۱].

۲-۱-۱-۲-۴- گونه‌ها یا زیستگاه‌های در معرض خطر یا تهدید

این گونه‌ها زیرمجموعه‌ای از موجودی کامل گیاهی و جانوران در منطقه پروژه و منطقه تحت تأثیر آن هستند. به کمک مروری بر گزارشات جهانی، ملی، محلی، سازمان‌های مردم نهاد و مصاحبه با افراد بومی می‌توان آنها را تشخیص داد. البته بانک اطلاعات بین المللی برای گونه‌های در معرض خطر وجود دارد [۱].

۲-۱۰-۱-۲-۵- مناطق حفاظت شده

مناطق حفاظت شده در گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی باید کاملاً برجسته شوند. مرزهای مناطق حفاظت شده در قیاس با محدوده نفوذ پروژه مشخص شوند. این اطمینان باید حاصل شود که محدوده نفوذ اثرات پروژه به حدود و مرزهای مناطق حفاظت شده نمی‌رسند. همچنین برنامه‌های مدیریتی و آینده در مورد مناطق حفاظت شده باید بررسی شوند تا مناطقی که در حال حاضر حفاظت شده نیستند اما در آینده در اولویت حفاظت قرار می‌گیرد نیز در نقشه باید مشخص شود. سایت‌های دارای پوشش گیاهی قابل توجه یا منطقه حساس به محیط زیست نیازمند حساسیت بیشتر هستند [۱، ۴].

۲-۱۰-۱-۳- محیط زیست اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی

۲-۱۰-۱-۳-۱- توصیف شرایط اجتماعی، اقتصادی

این زیربخش اطلاعات توصیفی و کمی برای منطقه اطراف پروژه را مشخص می‌کند که شامل:

- ❖ جمعیت (سن، جنسیت، ترکیب قومی، مذهب، زبان و سطح تحصیلات)
- ❖ فعالیت‌های اقتصادی (صنعتی، تجاری، کشاورزی، تعداد کارمندان، تعداد کارفرماها، درآمد، مالیات، میزان رضایت، ارتباطات و خدمات)
- ❖ آمار جنایت
- ❖ نرخ سواد
- ❖ انجمن‌های مردم نهاد
- ❖ سطح سلامت عمومی و ایمنی (بیماری‌ها در محدوده پروژه، ارزیابی از سطح بهداشت فردی و حرفه‌ای موجود، ارزیابی از سطح میدان الکترومغناطیسی، سهم بومی منطقه در مشارکت در پروژه)

۲-۱-۱-۳-۲- زیرساخت‌ها

این زیرمجموعه باید شامل اطلاعات توصیفی و کمی در مورد حال و آینده باشد. زیر ساخت‌های برنامه-ریزی شده شامل حمل و نقل، سلامت عمومی، ارتباطات و انرژی است.

الف) حمل و نقل: باید نقشه مسیرها (جاده، راه آهن، فرودگاه و خطوط لوله) و سطح ترافیک آنها در سه زمینه مشخص شود. شرایط آنها اعم از وضعیت فرسودگی، مواد و برنامه‌های نگهداری (زمان، عامل انجام کار و نحوه انجام کار) مشخص شود. همچنین الگوی ترافیکی و تراکم در جاده‌ها که در طول ساخت و بهره‌برداری پروژه بر روی آن اثرات متعددی ایجاد می‌شود نیز تعیین گردد. سطح ایمنی و ظرفیت نیز پارامتر دیگری است که باید تحلیل شود [۱].

ب) سلامت عمومی: در این مرحله باید اطلاعاتی از زیرساخت‌های عمومی سلامت در حوزه‌های آب آشامیدنی، فاضلاب، سیستم مدیریت پسماند جامد در نقشه تهیه شوند و اطلاعات کمی در مورد زیرساخت-های موجود این سیستم‌ها شامل ظرفیت و برنامه‌های دیگر برای گسترش یا تغییر فناوری یا مدیریت سیستم جمع آوری گردد.

اطلاعات در حوزه آب آشامیدنی شامل منابع، کیفیت قبل و بعد از تصفیه، دسترسی و روند آن تهیه شود. اطلاعات در مورد سیستم فاضلاب شامل مقدار آن در جریان و تخلیه، تصفیه، دفع لجن (در صورت وجود) و روندها است. همچنین در مورد سیستم مدیریت پسماند جامد، مقدار، سیستم جمع آوری، برنامه بازیافت و امکانات دفع (منطقه، ظرفیت و مدیریت) نیز اطلاعاتی جمع آوری کردند.

ج) ارتباطات و انرژی: شامل انواع سیستم‌های ارتباطی در منطقه پروژه و زیرساخت‌های مرتبط با آنها نظیر خطوط انتقال و برج‌های مایکروویو است و اطلاعات انرژی شامل نوع و منابع انرژی در محدوده پروژه شامل تجهیزات تولید، خطوط توزیع و انتقال و تجهیزات ذخیره‌سازی است [۱].

۲-۱۰-۱-۳-۳- منابع فرهنگی، باستان‌شناسی و تاریخی

تمامی این منابع در مرزهای پروژه و نواحی که از پروژه تأثیر می‌گیرند باید مشخص شوند. این اطلاعات در سازمان‌های مربوطه و یونسکو وجود دارند و در تهیه گزارش ارزیابی زیست محیطی باید از این مناطق بازدید شود و مشخص شود که این مناطق از لحاظ ارزش فرهنگی چه اهمیتی دارند.

۲-۱۰-۱-۳-۴- کاربری اراضی

زیرمجموعه باید اطلاعاتی در مورد کاربری اراضی در داخل و اطراف پروژه بدهد. این اطلاعات به شکل نقشه که مکان، اندازه و فاصله تا پروژه را نشان می‌دهد باید تهیه گردند. این نقشه اراضی به طور مشخص باید مراکز جمعیت، اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی، مسیرهای سیل و کانالهای آب و آب بندها و غیره، مناطق ساحلی، مناطق حفاظت شده، تالاب‌ها، دیگر مناطق حساس زیست محیطی، مناطق تفریحی و توریستی و مناطق حساس فرهنگی و باستانی را مشخص کنند [۱].

اطلاعات در مورد مراکز جمعیت باید شامل تعداد، اندازه و موقعیت آنها نظیر مدارس، گورستان‌ها، مساجد و معابد و زیارتگاه‌ها، تراکم مسکن و ساختمان‌های عمومی است. اطلاعات مربوط به مناطق گردشگری و تفریحی نیز شامل تعداد، اندازه و مکان آن است و حتی فرصت‌ها و پتانسیل‌های گردشگری منطقه بر مبنای منابع طبیعی یا فرهنگی باید مشخص شود [۱].

تملك زمین اولین گام اساسی در ساخت پروژه است که ممکن است نیازمند به دست آوردن زمین مردم، آواره ساختن آنها از محل اقامتشان و تغییر وضعیت معاش باشد که یکی از تأثیرات عمده برای هر پروژه بزرگ است. زمین‌های اطراف شهرها ممکن است برای کشاورزی، کوره آجرپزی، مرتع و کارگاه‌های کوچک استفاده شود. بنابراین استفاده، برای ساخت یک نیروگاه به معنی از دست دادن این مشاغل است. اما با صنعتی شدن بیشتر منطقه، این امر کمتر قابل توجه خواهد بود. در هر صورت، این تغییر کاربری بر توسعه توپوگرافی و فیزیوگرافی محلی تأثیر خواهد گذاشت [۴].

۲-۱۰-۲- ملاحظات اختصاصی محیط زیست

۲-۱۰-۲-۱- ملاحظات محیط زیست در حوزه تولید

۲-۱۰-۲-۱-۱- نیروگاه‌های حرارتی

اثرات زیست محیطی این نوع نیروگاه‌ها عبارتند از آلودگی هوا، راندمان انرژی و گازهای گلخانه‌ای، مصرف آب و تولید پساب، پسماندهای جامد، مواد شیمیایی، تبخیر سوخت و سر و صدا^۱ است. این نوع نیروگاه‌ها سهم مهمی در تغییرات آب و هوایی و اقلیم دارند. این نیروگاه‌ها معمولاً در مناطقی قرار دارند که تمرکز جمعیت وجود دارد و بنابراین انتشار آلاینده‌ها به دلیل اثرات سوء آن بر سلامت افراد مهم‌تر است [۵].

در ادامه، به بررسی اثرات زیست محیطی نیروگاه‌های حرارتی با جزئیات بیشتر پرداخته شده است.

❖ آلودگی هوا

سهم زیادی از آلودگی هوای نیروگاه‌های حرارتی شامل آلاینده‌های اولیه تولید شده در سیستم احتراق سوخت‌های فسیلی یا زیست توده شامل CO, PM, NO_x, SO₂ و گازهای گلخانه‌ای نظیر CO₂ است. سازمان بهداشت جهانی حدود مجاز برای آلاینده‌ها را در این نیروگاه‌ها مشخص کرده است. به نظر می‌رسد اگر این حدود رعایت نشود اثرات متعددی زیست محیطی و سلامت خواهند داشت [۶].

بر اساس نوع سوخت و کیفیت آن مواد دیگری نظیر اکسیدهای فلزات سنگین، ترکیب هالیدها مثل هیدروژن کلراید، دی اکسین، فوران، هیدروکربنهای نسوخته و دیگر ترکیبات آلی فرار (VOC) ممکن است منتشر شوند. این ترکیبات اخیر، مقدار کمتری نسبت به آلاینده‌های اصلی احتراقی منتشر می‌شوند اما اثرات چشمگیری روی محیط زیست دارند چون سمی و مقاوم هستند. اکسیدهای نیتروژن و گوگرد در تولید آلاینده‌های ثانویه مثل اسیدها و ازن نقش دارند. مقدار و نوع آلودگی هوا در سیستم‌های احتراقی به پارامترهایی نظیر نوع سوخت (مازوت، گاز طبیعی، زیست توده، ذغال سنگ)، نوع و طراحی واحد احتراق

¹ noise

(موتورهای درون سوز، توربین گازی، بویلر و ..)، نوع راهبری سیستم احتراق و اندازه‌گیری و کنترل آلاینده‌ها در حین و بعد از احتراق بستگی دارد. در ایران عمده سوخت نیروگاه‌های حرارتی، گاز طبیعی، مازوت و گازوئیل است. استفاده از سوخت پاک‌تر (گاز طبیعی) به سیاست‌های انرژی کشور بستگی دارد که در این مورد تکنولوژی احتراق و سوددهی اقتصادی و اثرات زیست محیطی باید لحاظ شود [۵].

یکی از مهمترین اقدامات برقراری سیستم کنترل کیفیت هوا است که با توجه به نوع واحد و محل قرارگیری آن می‌تواند به صورت فصلی و پیوسته انجام شود. این اطلاعات کمک مهمی در مدیریت آلودگی هوای نیروگاه‌های حرارتی می‌کند. این امر به عنوان یکی از برنامه‌های جدی برای شرکت مادر تخصصی برق حرارتی در دست اجرا است [۵].

❖ آلودگی آب

پساب‌ها در نیروگاه‌های حرارتی شامل آب هدر رفت^۱ خنک کن‌ها، پساب شستشوی بویلرها، انبار مواد، فلزات و پساب‌های با حجم کمتر مربوط به پمپ آب شستشو، آب هدر رفت بویلر، پساب آزمایشگاه و بهداشتی و واحد تصفیه آب (RO و IE) است. حجم پساب به تکنولوژی واحد مربوطه بستگی دارد. البته جایگزین کردن روش‌های خشک مثل استفاده از دمنده برای حذف دوده‌ها روی سطوح انتقال حرارت می‌تواند به کاهش پساب تولیدی کمک کند.

دمای پساب روی اکوسیستم اثر گذار است و بدین ترتیب موضوع رشد درختان و گیاهان به مخاطره می‌افتد. ترکیب مواد موجود در پساب باید همواره ارزیابی شود تا خطرات ثانویه‌ای مثل آلودگی سمی، تغییر pH محیط و غیره اتفاق نیفتد [۵].

واحدهای حرارتی علاوه بر سیستم خنک کننده در سیستم FGD و دیگر تجهیزات تصفیه گازهای دودکش نیز به آب نیاز دارند که برای تأمین آن به تانک ذخیره، لوله کشی و سیستم انتقال آب نیاز است که می‌تواند اثرات قابل توجهی روی مقدار آب و دسترسی به آن داشته باشد [۱].

¹ Blow down

انتخاب سیستم خنک کننده ممکن است نقش مهمی در توسعه ترکیب آینده انرژی داشته باشد. تفاوت بین سیستم‌های خنک کننده می‌تواند تأثیرات زیست محیطی قابل توجهی بر منابع آب محلی داشته باشد. بکارگیری فناوریهای خنک کننده مرطوب، مصرف آب نسبتاً زیاد و در نتیجه برداشت آب نسبتاً زیاد را به منطقه تحمیل می‌کند و منجر به نگرانی در منطقه‌ای می‌شود که در حال حاضر فاقد آب است. با توجه به عدم قطعیت در سناریوهای آینده، در دسترس بودن آب و آسیب پذیری‌های مورد انتظار نیروگاهها، استفاده از فناوریهای جایگزین خنک کننده می‌تواند به عنوان یک مزیت برای امنیت انرژی برای تأسیسات نیروگاهی حرارتی باشد [۳].

❖ پسماند

نیروگاه‌های حرارتی که از ذغال سنگ، mazout و زیست توده به عنوان سوخت استفاده می‌کنند، بیشترین پسماند جامد را تولید می‌کنند. چون این سوخت‌های خاکستر زیادی در احتراق تولید می‌کنند. پسماندهای حاصل از تصفیه پساب‌ها، لجن‌های برج‌های خنک کن نیز جزء این دسته از مواد هستند. پسماندهای جامد دیگری مثل مواد لایروبی شده از استخرهای خنک کننده، مواد خارج شده از برج‌های خنک کننده مثل رسوبات و غیره نیز نوع دیگری از پسماندهای جامد تولیدی هستند [۱].

خاکسترها معمولاً به عنوان پسماند سمی شناخته نمی‌شوند مگر آنکه مقدار قابل توجهی فلزات سنگین، مواد رادیواکتیو و مواد آلی خطرناک نظیر آروماتیک‌های چند حلقه‌ای داشته باشند. برای هر واحد باید خاکستر ارزیابی شود تا مشخص شود که در دسته مواد سمی هست یا خیر [۵]. همچنین دوده و ذرات معلق جمع آوری شده توسط تجهیزات کنترل آلودگی نیز این شرایط را دارند. با توجه به نوع سوخت ممکن است وانادیوم، آرسنیک، سلنیوم، جیوه و غیره در خاکستر وجود داشته باشد [۱].

اگر نیروگاه حرارتی از تجهیزات تصفیه گازهای دودکش استفاده می‌کند معمولاً پسماند جامدی تولید می‌شود به عنوان مثال پسماند سیستم FGD که حاوی گوگرد است و خاک را آلوده می‌کند یا کاتالیست‌های مستعمل واحدهای SCR که معمولاً دارای فلزات سنگین هستند [۱].

یکی از مهمترین اقدامات، مدیریت خشک پسماندها است. انتقال پسماند به چرخه مصرف یا بازیابی مواد با ارزش از پسماند و یا قرار دادن آنها در لندفیل استاندارد به طوریکه آب و خاک را متأثر نکند.

❖ سرو صدا

بیشترین سرو صدا در نیروگاه‌های حرارتی مربوط به ژنراتور توربین است، برخی تأسیسات مکانیکی نظیر موتورهای رفت و برگشتی، دمنده‌ها، فن‌ها و کمپرسور نیز سرو صدا دارند. معمولاً محل تردد کارکنان با فاصله مناسب از این تجهیزات است. اما استفاده از محدود کننده‌های صدا مثل تجهیزات اکوستیک، بستن محیط‌های پرسرو صدا، استفاده از صدا خفه کن و مواد جاذب صدا می‌تواند این آلاینده را کم کند. در نیروگاه‌هایی که از سوخت مایع مثل مازوت و گازوئیل یا از سوخت جامد مثل ذغال سنگ و بیومس استفاده می‌کنند، حمل و نقل سوخت یا کامیون، تانکر یا قطار یک منبع سرو صدا است [۱].

۲-۱۰-۲-۱-۲- نیروگاه‌های خورشیدی

تأسیسات نیروگاه‌های خورشیدی، معمولاً در طول عملیات بهره‌برداری، انتشار آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای به همراه ندارند. در چرخه تولید برق تأسیسات فتوولتاییک آب مصرف نمی‌شود ولی مقدار کمی آب برای شستشوی مدول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اثرات زیست محیطی مربوط به ساخت و ساز، بهره‌برداری و جمع‌آوری تأسیسات نیروگاه‌های خورشیدی میتواند شامل اثرات فیزیکی روی محیط و زمین محل احداث نیروگاه (مانند تغییر در مکانیک خاک محل احداث، سرو صدا یا تأثیر بصری) و تنوع زیستی باشد. با توجه به این که معمولاً ساختگاه‌های احداث نیروگاه‌های خورشیدی در مکانهای دور از دسترس واقع شده‌اند، ممکن است در طول ساخت و ساز سایت با چالش‌های تدارکاتی حمل و نقل تجهیزات و مواد مواجه باشند. ساخت جاده‌های دسترسی برای انتقال دادن تجهیزات نیروگاه خورشیدی به نقاط دور افتاده ممکن باعث تأثیرات زیست محیطی بر مناطق بکر و نسبتاً دست نخورده، از جمله تأثیر نامطلوب بر تنوع زیستی گردد. مسائل محیط زیستی مربوط به مرحله ساخت، بهره‌برداری و جمع‌آوری تأسیسات و امکانات نیروگاه‌های خورشیدی عبارتند از [۷]:

❖ تغییر کاربری زمین

❖ عملیات خاکبرداری

❖ استفاده از منابع طبیعی

❖ عملیات ساخت و ساز ساختمانی

❖ چرخه حیات انتشار گازهای گلخانه‌ای

❖ منظره و تأثیرات بصری

❖ تولید صدا

❖ تغییر کاربری زمین

یکی از مسائل مهم در نیروگاه‌های خورشیدی، مسئله اختصاص زمین برای استقرار تأسیسات نیروگاه است. مطابق با دستورالعمل خرید تضمینی برق جاری در کشور، در این نوع نیروگاه‌ها بسته به نوع سیستم و فناوری بکار رفته در آن، برای اخذ زمین از منابع طبیعی مجوز داده می‌شود. بر این اساس برای نیروگاه‌های فتوولتاییک با مدولهای کریستالی، از ۱۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ مترمربع به ازاء هر مگاوات، زمین مورد نیاز است. اگرچه نیروگاه‌های بادی نیز مساحت مشابهی را اشغال می‌کنند اما در آنها همچنان امکان کشاورزی وجود دارد. با استقرار نیروگاه‌های خورشیدی در مناطق مستعد به لحاظ پتانسیل تابش و در زمین‌های بی کیفیت مانند معادن متروکه می‌توان اثر تغییر کاربری زمین را کاهش داد. همچنین این نوع تأسیسات در مقیاس متوسط و یا کوچک می‌توانند بر بام و یا نمای ساختمانهای بزرگ تجاری یا به عنوان عایق صدا در بزرگراهها و غیره نصب گردند. میزان تأثیر احداث نیروگاه‌های خورشیدی بر اکوسیستم‌های طبیعی به عواملی مانند توپوگرافی منطقه، فاصله از آثار طبیعی ملی و اکوسیستم‌های حساس بستگی دارد.

یکی دیگر از اثرات استفاده از مدولهای خورشیدی، امکان بالارفتن دمای هوای محیط ساختگاه است. در این نوع نیروگاهها بخشی از نور خورشید که به طور طبیعی از سطح زمین منعکس می‌شود، جذب مدولها می‌گردد و می‌تواند باعث افزایش دما در محل احداث و یا ساختگاه نیروگاه شود. ضمن آنکه عملیات خاکبرداری، تسطیح و یا تغییرات دیگر در خاک می‌تواند بر خاک منطقه، نوع پوشش گیاهی و یا کاربرد کشاورزی ساختگاه احداث نیروگاههای خورشیدی به ویژه برای نیروگاههای بزرگ که سطح وسیعی را تحت پوشش قرار می‌دهند، تأثیرات منفی به همراه داشته باشد. به منظور حفظ پوشش گیاهی بهتر است خاک سطحی که حاوی بذر گیاهان است، جمع آوری گردد و پس از پایان عملیات ساخت نیروگاه دوباره در محیط پخش گردد. جزئیات این موضوع در مطالعات زیست محیطی باید با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد.

❖ مصرف آب

در مرحله آماده سازی ساختگاه نیروگاه خورشیدی، آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در فرآیند تولید برق، آبی مصرف نمی‌شود و در مرحله بهره‌برداری فقط آب برای تمیزکاری مدولها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه در فرآیند تولید برق از نیروگاههای فتوولتایک، آب به صورت مستقیم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد ولی می‌تواند بر روی هیدرولوژی آب منطقه اثر گذار باشد. به عنوان مثال، این تأسیسات می‌تواند باعث کاهش شارژ آبهای زیر زمینی و پدیده فیلتراسیون آب باران توسط پوشش خاک و همچنین افزایش احتمال وقوع سیل در منطقه بشود.

❖ مواد شیمیایی

مقدار و نوع مواد شیمیایی مورد استفاده در مرحله ساخت سلولها و تولید مدولها، به نوع سلول مورد استفاده در مدول، مقدار تمیزکاری مورد نیاز و ضخامت سیلیکون بستگی دارد. فرآیند تولید سلولهای فتوولتایک برای کارگرانی که در معرض خطر استنشام گرد و غبار سیلیکون هستند، خطرناک است. تعداد مواد خطرناک در فناوریهای پیشرفته‌تر بیشتر است. به عنوان مثال، فتوولتایک نازک دارای مواد

سمی بیشتری از جمله گالیوم آرسنیک، دیسلسین گالیم، دی اکسید مس و تلورید کادمیوم نسبت به سلول‌های مبتنی بر سیلیکون سنتی هستند. در مراحل بهره برداری، سلولهای تلورید کادمیوم هیچ خطر زیست محیطی را ایجاد نمی‌کنند، ولی در صورت بروز آتش سوزی، گازهای سمی تولید می‌نماید. سلولهای با ترکیبات عنصر مس در مقایسه با سلولهای تلورید کادمیوم خطرات بالقوه کمتری دارند. اگر خطرات این مواد نادیده گرفته شود، می‌تواند تهدید جدی برای محیط زیست و سلامت عمومی داشته باشد. باتوجه به ارزشمند و نادر بودن این عناصر، انگیزه مالی قوی برای بازیافت آنها وجود دارد. با این حال، چرخه زندگی نیروگاه‌های خورشیدی در مقایسه با شکل‌های معمول تولید انرژی الکتریکی شامل مواردی است که به مراتب کم خطرتر هستند به عنوان مثال انتشار کادمیوم از نیروگاه‌های زغال سنگ سوز بیش از کادمیومی است که ممکن است در اثر آتش‌سوزی مدول‌های خورشیدی منتشر شود. بنابراین می‌توان برای حفظ محیط زیست، تمهیدات جداگانه‌ای را برای برچیدن آلاینده حاصل از این نیروگاه‌ها و مدولهای آنها لحاظ نمود که در طبیعت پراکنده و رها نشوند. برگ اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی برای تمام مواد بکار رفته در ساختار سلول‌های خورشیدی خصوصاً فلزات سمی باید توسط مالک یا دستگاه نظارت از سازنده یا طراح تجهیز مربوطه درخواست و در اختیار مالک و پیمانکار قرار گیرد.

❖ چرخه حیات گازهای گلخانه‌ای

بی تردید، در طول عملیات بهره‌برداری از نیروگاه‌های خورشیدی، انتشار گازهای گلخانه‌ای تقریباً صفر اس. ولی در سایر مراحل چرخه حیات سیستم‌های فتوولتاییک، گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شود. برخی از این مراحل شامل تولید مدول‌های فتوولتاییک و سایر قسمت‌های مرتبط، حمل و نقل، نصب و راه اندازی سایت، روند تعمیر و نگهداری، حتی جمع‌آوری، دفن و بازیافت تأسیسات است. همچنین می‌توان به بکارگیری گاز سولفور هگزار فلوراید به عنوان عایق در پستهای الکتریکی نیز اشاره نمود که یک گاز گلخانه‌ای مهم است. مطالعات نشان می‌دهد که فناوری‌های جدید فتوولتاییک، با به حداقل رساندن انتشار دی اکسید کربن از برترین انواع انرژی محسوب می‌گردند. همانطور که توضیح داده شد، این میزان انتشار

شامل تولید و حمل و نقل مواد مورد نیاز برای نصب مدول فتوولتایک و تأسیسات الکتریکی نیز است. انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در طول چرخه حیات نیروگاههای فتوولتایک نسبت به نیروگاههای سوخت فسیلی، در هرکیلووات ساعت بسیار کمتر است، زیرا اکثر گازهای گلخانه‌ای منتشره ناشی از عملیات ساخت مدولها است.

❖ چشم انداز

یکی دیگر از تأثیرات مهم زیست محیطی، تأثیرات بصری است که ممکن است سیستم‌های فتوولتایک در مناطق و ساختمانها داشته باشند. همچنین باید اثرات بازتابش این تأسیسات را نیز در نظر گرفت. این تأثیر نیروگاههای خورشیدی در مقیاس بزرگ، بیشتر بوده و باید از نصب و راه‌اندازی این تأسیسات در مناطق مجاور جاذبه‌های طبیعی، جاذبه‌های توریستی، سایت‌های باستان شناسی، مناطق زیست محیطی و سایر مکانهای مشابه اجتناب شود. زمین‌های بایر و بلا استفاده و زمینهای باکیفیت پایین برای کشاورزی معمولاً مناسب‌ترین مکان برای احداث نیروگاههای خورشیدی هستند. لازم به ذکر است که نیروگاههای از نوع شناور نسبت به سایر نیروگاهها از آلودگی منظره بالاتری برخوردار هستند، مخصوصاً زمانی که در مکان‌هایی نظیر پارک‌ها یا مناطق تفریحی به کار گرفته شوند.

❖ صدا

سر و صدای ایجاد شده در مرحله آماده‌سازی سایت و نصب تجهیزات می‌تواند باعث مزاحمت برای ساکنان منطقه و یا فرار حیوانات وحشی گردد. این عملیات شامل خاکبرداری و تسطیح، ساخت جاده‌ها و حمل و نصب تجهیزات می‌باشد. به منظور به حداقل رساندن اثرات بهتر است فعالیت‌های ساخت و آماده سازی سایت در طول روز به انجام رسد.

موتورهای خورشیدی معمولاً سر و صدای کمتری نسبت به موتورهای احتراق داخلی دارند. موتورهای استرلینگ نیز کم صدا هستند و بیشترین عامل تولید کننده سر و صدا در موتورهای استرلینگ، فن خنک کننده رادیاتور آن است [۱].

❖ تنوع زیستی

تأسیسات نیروگاه‌های خورشیدی، در مراحل ساخت و ساز می‌توانند بر روی تنوع زیستی منطقه تأثیرات منفی داشته باشند. نمونه‌هایی از این اثرات شامل جابجایی حیات وحش، تبدیل/تخریب زیستگاه می‌باشد. لذا مکان‌یابی مناسب سایت از اثرات نامطلوب بر تنوع زیستی جلوگیری نموده و اثرات را به حداقل می‌رساند. مدول‌های خورشیدی از نوع شناور در آب می‌توانند مشکلات زیر را برای اکوسیستم‌های آبی ایجاد نمایند:

- ❖ ممکن است بر روی مناطق حفاظت شده و حساس محیط زیست تأثیر گذار باشند.
- ❖ باعث کاهش پتانسیل رشد جلبکها به دلیل کاهش انتشار نور خورشید و در نتیجه کاهش فتوسنتز شوند.
- ❖ مدول سیلیکون و پلی اتیلن با چگالی بالا ممکن است کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد.
- ❖ با توجه به عبور کابلها از زیر آب احتمال حوادث الکتریکی و تأثیر منفی بر اکوسیستم وجود دارد.
- ❖ ممکن است ماهیگیری و سایر فعالیتهای حمل و نقل در مسیرهای آبی را تحت تأثیر قرار دهد.
- ❖ باز یافت

یکی از مسائل مهم زیست محیطی نیروگاه‌های خورشیدی، بجا ماندن تأسیسات و تجهیزات بعد از پایان عمر نیروگاه است که جهت باز یافت آن مطابق با قوانین کشور و دستورالعمل‌های وزارت نیرو، نسبت به جمع آوری و باز یافت تأسیسات نیروگاهی پس از پایان عمر آن و تعطیلی نیروگاه می‌بایست اقدام نمود. یکی از تجهیزات اصلی در این نیروگاهها، مدولهای فتوولتاییک می‌باشد. تجربه نشان داده است که در نیروگاهها بیشتر از مدولهای سیلیکونی استفاده میگردد. مدولهای فتوولتاییک که در کشور بیشتر مورد استفاده قرار میگیرند، از ۷۶٪ شیشه، ۱۰٪ پلاستیک، ۸٪ آلومینیوم، ۵٪ سیلیکون و ۱٪ فلز و مدولهای فیلمی از ۸۹٪ شیشه پلاستیک، ۶٪ آلومینیوم و ۱٪ فلز تشکیل گردیده‌اند. مهمترین بخش این مدولها فلز بکار رفته در آنها است. در برخی از انواع مدولهای فتوولتاییک که در آنها از فلزاتی مانند کادمیوم،

کروم و سرب استفاده شده است باعث شده تا بازیافت آنها اهمیت پیدا کند. مدول‌ها معمولاً توسط شیشه و یا فایبرگلس، بصورت کپسولی محافظت می‌گردند و از ایمنی بالایی برخوردار هستند. اما وقتی که محافظ آن شکسته شود یا مدولها آسیب بینند، این مواد قابلیت نشت به محیط اطراف را خواهند داشت. بنابراین این تجهیزات تا زمان بازیافت باید در محل مناسب نگهداری شوند تا از نشت مواد سمی به محیط زیست جلوگیری گردد.

باتوجه به سابقه و طول عمر جوان بکارگیری سامانه‌های فتوولتاییک در جهان یک رویه و فرآیند تجربه شده و قابل استنادی برای بازیافت این مدولها در جهان تاکنون پیاده سازی نشده است. لیکن برای این موضوع نیز تدابیری اندیشیده شده و در برخی از کشورها راهکارهایی تعریف شده است که در این قسمت به آنها اشاره می‌گردد.

❖ تدوین قوانین تشویقی برای کارخانجات تولید کننده مدول‌های فتوولتاییک نسبت به جمع-

آوری محصولات مستهلک شده و اقدام به بازیافت آنها یکی از این موارد است. این روش در برخی از کشورها در حال مطالعه و بررسی می‌باشد.

❖ عقد قرارداد با تأمین کننده تجهیزات جهت تعهد به جمع‌آوری و بازیافت تجهیزات که این

شیوه باید توسط مالک سامانه اجرایی شود. این روش در برخی از قراردادهای نیروگاه‌های بزرگ در دنیا لحاظ شده است.

روشهای بازیافت مدولهای فتوولتاییک با توجه به اجزا تشکیل دهنده آنها، بیشتر بر پایه جداسازی فریم-

های آلومینیومی و بازیافت آلومینیوم، استفاده از از روشهای شیمیایی و یا حرارتی برای جداسازی صفحات محافظ از سلول فتوولتاییک، خرد کردن و جداسازی اجزا (شامل شیشه، سیلیکون و فلز نوارهای فلزی) و انجام فرآیندهای بازیافت بر مبنای جنس مواد و اجزای جدا شده، تعریف شده است. محدودیت این موضوع، بالا بودن هزینه و عدم صرفه اقتصادی در خصوص بازیافت می‌باشد، چرا که فرآیندهای جایگزین پرهزینه هستند و حجم زباله حاصل از این مدولها در مقایسه با سایر صنایع نسبتاً پایین است. لذا، باتوجه به طول

عمر این سامانه‌ها و کاهش هزینه‌های تولید با تدوین قوانین زیست محیطی این موارد قابل اصلاح و تأمین منابع مالی خواهد بود [۷].

۲-۱۰-۲-۱-۳- نیروگاه‌های بادی

فعالیت‌های ساخت و ساز برای تأسیسات انرژی باد معمولاً شامل پاکسازی زمین برای آماده‌سازی سایت و راه‌های دسترسی می‌باشد. فعالیت‌های اصلی مرحله ساخت عبارتند از حفاری و بتن ریزی، فعالیت جرثقیل برای تخلیه و نصب تجهیزات، ساخت و نصب زیرساخت‌های مرتبط، نصب و راه اندازی هادی‌های سربار یا مسیرهای کابل روی زمین و زیرزمین و راه اندازی تجهیزات جدید. همچنین عملیات جمع‌آوری سایت ممکن است شامل حذف زیر ساخت‌های پروژه و بازسازی محل باشد.

اثرات زیست محیطی مربوط به ساخت و ساز، بهره‌برداری و جمع‌آوری تأسیسات انرژی باد می‌تواند شامل اثرات فیزیکی روی محیط مانند سر و صدا یا تأثیر بصری و تنوع زیستی مؤثر بر پرندگان و خفاش‌ها باشد. با توجه به این که معمولاً سایت‌های نیروگاه‌های بادی در مکان‌های دور از دسترس واقع شده‌اند، در طول ساخت و ساز سایت، پیمانکاران و مجریان پروژه با چالش‌های تدارکاتی نظیر حمل و نقل سازه‌های بلند، سخت و سنگین مانند پره‌ها و ناسل توربین مواجه هستند. ساخت جاده‌های دسترسی در مناطق بکر و نسبتاً دست نخورده برای حمل و نقل تجهیزات باد به نقاط دور افتاده ممکن است منجر به بروز اثرات نامطلوب زیست محیطی و اثرات منفی بر تنوع زیستی گردد.

شناخت شرایط خاص سایت و موقعیت جغرافیایی برای مزرعه توربین بادی مهم است. باید الگوی مهاجرتی موجود و نقشه‌هایی از ویژگی‌های جغرافیایی مثل غارها، معادن متروکه که ممکن است محل زندگی خفاش‌ها در نزدیکی سایت پیشنهادی باشد، تهیه گردد. پرندگان و خفاش‌ها ممکن است از پره‌های توربین بادی هم آسیب ببینند. این آسیب به اندازه، سرعت چرخش، زمان کار، نوع برج و فاصله‌ها بستگی دارد. همچنین به منطقه زیستگاه از لحاظ وجود غارها و صخره‌ها در حوالی آن و رفتار پرندگان و خفاش‌ها (فصل مهاجرت، شکار و ...) مرتبط است. از دست رفتن خفاش‌ها اثرات ثانویه‌ای نیز دارد چون خفاش‌ها

در کنترل حشرات و آفات کشاورزی و کنترل جمعیت آنها نقش دارند. بیشترین مرگ و میر پرندگان در توربین بادی غالباً به دلیل برخورد با تیغه پره‌ها است [۱].

مسائل محیط زیستی مربوط به مرحله ساخت، بهره‌برداری و جمع‌آوری تأسیسات و امکانات پروژه

نیروگاه‌های بادی عبارتند از:

❖ چشم‌انداز و اثرات بصری

❖ سر و صدا

❖ تنوع زیستی

❖ سایه‌های متحرک

❖ کیفیت آب

با توجه به ماهیت تأسیسات انرژی باد، بخش محیط زیست ممکن است با سایر بخش‌های محیطی و اجتماعی دارای اثرات تجمعی باشد. ارزیابی اثرات تجمعی تأسیسات انرژی باد در نزدیکی مناطق حساس مانند مناطقی که از ارزش تنوع زیستی بالایی برخوردار هستند، بسیار حائز اهمیت است.

❖ چشم‌انداز و تأثیرات بصری

محل تأسیسات انرژی باد، به ویژه اگر در نزدیکی مناطق مسکونی باشد و یا از مکان‌های گردشگری و تفریحی قابل مشاهده باشد، ممکن است بر روی چشم‌انداز این مناطق اثر بگذارد. تأثیرات بصری مربوط به نیروگاه‌های بادی عموماً مربوط به توربین‌های نصب شده و خصوصیات آن‌ها از قبیل رنگ، ارتفاع و تعداد توربین‌ها است. همچنین ترانسفورماتورها و خطوط انتقال نیز در به هم زدن هارمونی تصویری منطقه اثر دارند. برخی از این تأثیرات ممکن است از اثر متقابل تأسیسات نیروگاه‌های بادی با چشم‌انداز طبیعی اطراف آن و یا چشم‌انداز دریایی به وجود آید.

اثرات توربین‌های بادی بر روی مناطق حفاظت شده و شناخته شده ملی و بین‌المللی که دارای تنوع زیستی و ویژگی‌های منحصر به فرد میراث فرهنگی می‌باشند باید مورد توجه ویژه قرار گیرد و پیشنهاد می‌گردد در مرحله ارزیابی و مشاوره نقشه‌های بصری این مناطق تهیه شده و از مناظر مهم آن عکس‌برداری گردد.

به منظور کاهش تبعات منفی نیروگاه‌های بادی بر چشم‌انداز و آلودگی بصری مناطق اطراف، بهترین اقدام قرار دادن و طراحی زیرساخت‌های مربوط به انتقال برق و اطلاعات در مسیرهای دسترسی زیرزمینی است. توجه به طرح، اندازه و مقیاس توربین در ارتباط با چشم‌انداز اطراف و طبیعت دریایی و گیرنده‌های بصری اطراف (مانند ساکنان مناطق مسکونی / مناطق تفریحی) الزامی است.

همچنین باید به توربین‌های نزدیک به شهرک‌ها، مناطق مسکونی و دیگر گیرنده‌های بصری توجه شود تا در صورت امکان اثرات بصری و تأثیرات آن بر مناطق مسکونی به حداقل برسد. سایر عواملی که می‌توان برای به حداقل رساندن اثرات بصری در نظر گرفت، عبارتند از:

- ❖ توجه جامعه ورودی (کارکنان غیربومی و خانواده‌های آن‌ها) به طرح و تأسیسات انرژی باد
- ❖ حفظ اندازه و طراحی یکنواخت توربین (به عنوان مثال نوع توربین و برج و همچنین ارتفاع)
- ❖ مطابقت با استانداردهای خاص موجود در کشور سازنده توربین، برای حمل و نقل هوایی / دریایی و الزامات زیست محیطی
- ❖ با کاهش زیرساخت‌های سایت، از جمله تعداد جاده‌ها، دفن خطوط و پست‌های برق، اجتناب از انباشت مواد حفاری یا بقایای ساخت و ساز، حذف یا انتقال توربین‌های غیر قابل استفاده می‌توان ساختارهای جانبی در سایت کاهش داد.
- ❖ برای مقابله با فرسایش خاک ناشی از عملیات پاک تراشی زمین‌ها باید بلافاصله بذر گونه‌های محلی روی زمین پاشیده شوند.

❖ سر و صدا

سر و صدا عمدتاً در مرحله ساخت نیروگاه‌های بادی بیشتر است. برای محافظت از ساکنان محلی باید سر و صدای مرحله ساخت محدود و کنترل شود. عملیات انفجار، حفاری، ساخت جاده‌ها و حمل و نصب توربین‌ها از جمله فعالیت‌هایی هستند که سبب تولید سر و صدا می‌شوند.

در محیط‌های دریایی، سر و صدا و ارتعاش ناشی از ساخت و سازهای دریایی مانند عملیات اجرای فوندانسیون می‌تواند بر زندگی جانوران دریایی تأثیر بگذارد. تأثیرات زیست محیطی حاصل از انتشار صدا در زیر دریا بسته به ویژگی ساحل و حساسیت گونه‌های دریایی می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین باید با ارزیابی مشخص شود کجا و چه زمانی سر و صدای زیر آب بر زندگی جانوران دریایی تأثیر می‌گذارد و اقدامات مناسب برای مقابله با آن تعیین و اجرا گردد.

در مرحله بهره برداری توربین‌های بادی با مکانیزم‌های مختلفی صدا تولید می‌کنند که می‌توانند تقریباً به منابع مکانیکی و آیرودینامیکی تقسیم بندی شوند. مکانیسم‌های اصلی شامل گیربکس، ژنراتور و موتورهای گردشی است که هر کدام صداها را تولید می‌کنند. سایر سیستم‌های مکانیکی، مانند فن‌ها و موتورهای هیدرولیک نیز می‌توانند منجر به انتشار صدا شوند. صدای مکانیکی توسط سطح توربو و توسط حفره‌ها در موتورخانه منتشر می‌شود. تلاقی هوا با پره‌های توربین موجب ایجاد سر و صدای آیرودینامیکی از طریق فرآیندهای مختلف می‌شود چون هوا از بین پره‌ها عبور می‌کند. ارزیابی تأثیرات صدا باید طبق اصول زیر انجام شود:

❖ گیرنده با توجه به حساسیت محیطی (انسان، دام و یا حیات وحش) انتخاب شود.

❖ مدل‌سازی مقدماتی باید برای میزان تحقیقات مورد نیاز پروژه انجام شود. مدل‌سازی

مقدماتی نیروگاه‌های بادی باید بر روی گیرنده‌های حساس در فاصله دو کیلومتری از این

تأسیسات متمرکز شود.

اقدامات پیشگیرانه و کنترلی سر و صدا به طور عمده مربوط به طراحی استاندارد و محل نصب مناسب توربین است. با توربین‌های مدرن، نویز مکانیکی معمولاً به طور قابل توجهی کمتر از نویز آیرودینامیکی است و بهبود مستمر در طراحی پره‌ها باعث کاهش سرعت آن نمی‌شود. توصیه‌های بیشتر برای کنترل سر و صدا شامل موارد زیر می‌باشد:

❖ به کارگیری توربین‌ها در حالت کمترین تولید سر و صدا

❖ به کارگیری دیوار عایق صوت به عنوان مانع مناسب در اطراف ساختمانهای اداری یا

مسکونی

❖ تنوع زیستی

نیروگاه‌های بادی، در مراحل ساخت و ساز، بهره برداری، تعمیر و نگهداری و جمع‌آوری تأسیسات، توانایی ایجاد اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی تنوع زیستی مناطق خشکی و دریایی را دارند. نمونه‌هایی از اثرات شامل مرگ و میر ناشی از برخورد پرندگان و خفاش‌ها با پره‌های توربین است. جابجایی حیات وحش، تبدیل/تخریب زیستگاه، حساسیت پستانداران دریایی نسبت به سر و صدای تأسیسات نیروگاه‌های بادی دریایی از دیگر اثرات این تأسیسات می‌باشد. در محیط‌های دریایی، آبریان جذب ساختارهای جدید می‌شوند که می‌تواند روی زیستگاه‌های موجود تأثیرگذار باشد و گونه‌های جدید، مانند حلزون‌ها، صدف‌ها، مرجان‌ها و پوشش‌های گیاهی زیر آب را جذب زیستگاه کنند. محل فعالیت توربین‌ها ممکن است مسیر حرکت روزانه خفاش‌ها و پرندگان را تغییر دهد. مکان‌یابی مناسب سایت از اثرات نامطلوب بر تنوع زیستی جلوگیری نموده و اثرات را به حداقل می‌رساند. انتخاب سایت باید شامل موارد زیر باشد:

❖ توجه به عدم مجاورت تأسیسات انرژی بادی پیشنهادی به مناطق دارای ارزش تنوع زیستی

بالا

❖ با توجه به محل تأسیسات دریایی، کنترل و بازنگری زیستگاه‌های مهم جانوران دریایی، به

ویژه ماهی‌ها، پستانداران دریایی و لاک پشت‌های دریایی (مانند مناطق تغذیه، پرورش و

زاد و ولد) و سایر زیستگاه‌ها به عنوان محل زندگی بچه‌ها /نوزادها، صدف‌های کف زی
الزامی است.

ممکن است اطلاعات مربوط، پس از بررسی محدوده و موقعیت طرح، برای انجام ارزیابی اثرات زیست
محیطی روی تنوع زیستی برای انتخاب سایت نهایی کافی نباشد. در این صورت بررسی تنوع زیستی هنگام
نصب تجهیزات هواشناسی برای فصل‌های مختلف سال صورت گیرد. بررسی تنوع زیستی بهتر است که به
صورت دوره‌ای انجام شود تا بتواند برای طراحی و توسعه پروژه، با توجه به ارزش تنوع زیستی موجود در
منطقه مفید واقع شود. در این نوع مطالعات باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

❖ مسائل مربوط به سایت: توجه به زیستگاه‌ها، موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی و مجاورت

نیروگاه‌های بادی با مناطق دارای ارزش تنوع زیستی بالا

❖ مسایل مربوط به گونه‌های خاص: باید گونه‌های گیاهی و جانوری دارای ارزش تنوع زیستی

بالا، گونه‌های حفاظت شده ملی یا بین المللی و گونه‌هایی که در معرض خطر برخورد با
تأسیسات نیروگاه‌های بادی هستند، مورد مطالعه قرار گیرند. به عنوان مثال، گونه‌هایی که
در اثر افزایش شدت و یا چرخش باد، احتمال خطر برخورد با تأسیسات را دارند، عبارتند
از پرندگان مهاجر و پرندگانی که به صورت گروهی پرواز می‌کنند. برخی از گونه‌ها نیز
ممکن است جذب تأسیسات انرژی باد شوند، که می‌تواند خطر بالقوه برخورد را افزایش
دهد. گونه‌هایی که در معرض خطر برخورد با خطوط و تأسیسات انتقال برق قرار دارند
شامل پرندگان نسبتاً سنگین با محدودیت مانور مانند خانواده عقاب‌ها و لک لک‌ها
می‌باشند.

❖ سایه‌های متحرک

سوسو زدن سایه هنگامی رخ می‌دهد که آفتاب از پشت توربین بادی عبور می‌کند و ایجاد سایه می‌نماید.
در هنگام چرخش روتور و تیغه‌ها، سایه‌های ایجاد شده از همان نقطه گذر می‌کند و باعث می‌شود تا

جلوه‌ای به نام سایه متحرک ایجاد شود. سوسو زدن سایه ممکن است مناطق با جمعیت‌های بالقوه حساس مثلاً مناطق مسکونی، محل کار، محل آموزش و یا فضاهای بهداشتی و تأسیساتی که در نزدیکی محل نیروگاه‌های بادی قرار دارند را تحت تأثیر قرار دهد.

با توجه به فاصله بین توربین‌های بادی و جمعیت‌های بالقوه در خشکی، سوسو زدن سایه معمولاً به عنوان یک مسئله مهم برای تأسیسات انرژی باد در مناطق دریایی محسوب نمی‌شود. پتانسیل سوسو زدن سایه احتمالاً در عرض‌های جغرافیایی بالاتر از اهمیت بیشتری برخوردار است از آنجا که خورشید در آسمان پایین‌تر بوده و بنابراین سایه‌های طولانی‌تری دارد. افزایش طول سایه باعث می‌شود که اثرات سوسو زدن منطقه وسیعی را تحت تأثیر قرار دهد.

در مکان‌هایی که پذیرنده‌های حساس وجود دارند، نرم افزار موجود می‌تواند برای مدل سوسو زدن سایه به منظور شناسایی فاصله‌ای که ممکن است اثرات سوسو زدن سایه وجود داشته باشد مورد استفاده قرار گیرد. همان نرم افزار نیز می‌تواند به طور معمول برای پیش بینی زمان و طول مدت وقوع سوسو زدن سایه‌ها در شرایط واقعی آب و هوایی در جمعیت‌های خاص واقع در منطقه برای اثرات احتمالی بالقوه سوسو زدن سایه مورد استفاده قرار گیرد.

در صورتی که پیدا کردن موقعیت تأسیسات نیروگاه‌های بادی / توربین‌ها، طوری که پذیرنده‌های همجوار هیچ گونه اثرات سوسوی سایه را تجربه نکنند، امکان پذیر نباشد، در بدترین شرایط باید مدت زمان اثر سوسوی سایه در یک گیرنده حساس حداکثر ۳۰ ساعت در سال و ۳۰ دقیقه در روز باشد.

اقدامات پیشگیری و کنترل برای جلوگیری از تأثیرات مهم سوسو زدن سایه عبارتند از:

❖ انتخاب محل مناسب برای سایت توربین‌های بادی برای جلوگیری از سوسو زدن سایه‌ها که ایجاد می‌شود.

❖ زمانی که سوسو زدن سایه بیش از حد باشد می‌توان برای خاموش کردن توربین‌های بادی برنامه‌ریزی کرد.

❖ در زمانی که نور خورشید از تیغه روتور یا برج در یک جهت خاص بازتاب می‌شود، باید تلالو تیغه یا برج، در نظر گرفته شود، چراکه تأثیر بالقوه ای بر جوامع دارد. با این حال، با توجه به این که توربین‌های بادی با رنگ‌های مات و غیر بازتابی رنگ آمیزی می‌شوند، در توربین‌های بادی مدرن امروزی، تلالو تیغه یا برج به عنوان موضوع مهمی در نظر گرفته نمی‌شود.

❖ آب

نصب پایه‌های توربین، کابل‌های زیرزمینی، جاده‌های دسترسی و زیرساخت‌های اضافی دیگر می‌تواند موجب افزایش فرسایش، تراکم خاک، افزایش فاضلاب و رسوب گذاری آب‌های سطحی شود. نصب پایه‌های توربین و کابل‌های زیرزمینی ممکن است بستر دریا را تخریب کرده و موقتاً رسوب‌های معلق در آب را افزایش دهد، بنابراین کیفیت آب کاهش می‌یابد و به طور بالقوه بر گونه‌های دریایی و ماهیگیری تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، نصب سازه‌های دریایی به دلیل تغییرات در حرکات آب ممکن است باعث فرسایش موضعی بستر دریا شود.

اقدامات پیشگیرانه و کنترلی برای کاهش و کنترل تأثیرات نامطلوب بر کیفیت آب عبارتند از:

❖ اجرای یک فرآیند مناسب انتخاب سایت که امکان دخالت اجزای سازنده پروژه را با

ماهیگیری تجاری یا تفریحی و زیستگاه گونه‌های دریایی در نظر می‌گیرد.

❖ برنامه ریزی برای زمان ساخت، نصب و جمع‌آوری اجزای سازنده توربین بادی، به طوری

که با دوره‌های حساس زندگی جانوران تداخل نداشته باشد.

❖ استفاده از فوران، پرده حباب و تله رسوب: انجام چنین فعالیت‌هایی در آب‌های کم عمق یا

در مناطق جزر و مد می‌تواند مواد و گل ولای ناشی از عملیات اجرایی را از زیستگاه‌های

حساس دور نگه دارد [۸، ۹].

۲-۱۰-۱-۴- نیروگاه‌های زیست توده

❖ زمین و خاک

در نیروگاه‌های زیست توده فضای زیادی به پسماندها اختصاص می‌یابد. البته در یک نوع پسماند این نوع نیروگاه اثر مثبتی بر خاک دارد و زمانی است که مزارع جنگلی، ذرت و غیره کشت می‌شوند تا از پسماند آنها برای سوخت و انرژی استفاده شود. البته این نوع نیروگاه نیز به مدیریت صحیح نیاز دارد چون این حجم از زراعت می‌تواند محتوای ارگانیک و مواد مغذی خاک را کم کند. سموم دفع آفات و کود شیمیایی نیز باید با مدیریت مطلوب استفاده شود تا اثرات مثبت زیست محیطی این نوع نیروگاه‌ها مشاهده شود [۱].

در نیروگاه‌های زیست توده نیز خاکسترهای احتراقی بیومس ممکن است حاوی مواد سمی و فلزات سنگین باشند که باید بررسی شیمیایی شوند [۱].

شیرابه یا روان‌آب ذخیره سازی مواد در این نوع نیروگاه‌ها یک عامل آلاینده آب محسوب می‌گردد [۱].

❖ هوا

برخی از سوخت‌های زیست توده فلزات سمی نظیر جیوه، آرسنیک، کادمیوم، هالیدها مثل HF و مواد نسوخته منتشر می‌کنند. این آلاینده ممکن است در مقادیر کم ساطع شوند اما مقدار کم آنها نیز اثر قابل توجهی در محیط از لحاظ سمیت و پایداری دارد [۱].

البته اگر استفاده از زیست توده با مدیریت درست و پایدار باشد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به سوخت فسیلی به شدت کاهش می‌دهد. مقدار دی اکسید کربنی که در اثر سوختن زیست توده آزاد می‌شود، تقریباً برابر با همان مقدار مورد نیاز برای رشد گیاهان برای تولید همان مقدار زیست توده است بنابراین دی اکسید کربن در چرخه کامل قرار می‌گیرد و خالص انتشار CO₂ صفر است. اگرچه مقداری سوخت برای مراحل کاشت، برداشت و حمل و نقل و پردازش زیست توده مورد نیاز است با این حال مقدار انتشار CO₂ در قیاس با نیروگاه فسیلی اندک است. اگر از منابع تجدیدپذیر برای تولید سوخت زیست توده استفاده شود، سهم خالص در گرم شدن کره زمین صفر خواهد بود. به هر حال محققان، در مزایای استفاده از زیست توده به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای اختلاف نظر دارند. برخی از آنها معتقدند که زیست توده باعث افزایش انتشار N₂O به دلیل استفاده از کود در مراتع مربوطه است. تغییر کاربری زمین برای تولید

زیست توده نیز بر چرخه کربن اثر دارد. اما با وجود این اختلاف نظر مهم، نظر غالب آن است که نیروگاه زیست توده باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود و در نتیجه این یک مزیت مهم محسوب می‌گردد [۱].

❖ سر و صدا

حمل و نقل و جابجایی سوخت یکی از منابع ایجاد سر و صدا در این نوع نیروگاه‌هاست. در پروژه‌های زیست توده که از سوختن چوب استفاده می‌کنند، افزایش میزان جنگل دارای اثرات مثبت و منفی است. از یک طرف انگیزه‌ای برای مدیریت دقیق‌تری برای منابع جنگلی ایجاد می‌شود و در نتیجه بهبود سلامت جنگل حاصل می‌شود. از طرفی می‌تواند نابودی زیستگاه دیگر گونه‌هایی که مورد توجه نیستند را حاصل کند و فضای سبز ناپایداری ایجاد گردد.

۱۰-۲-۱-۵- نیروگاه‌های زمین گرمایی

❖ پسماند جامد

این نوع نیروگاه‌ها مقدار قابل توجهی ضایعات جامد تولید نمی‌کنند اما زمانی که از سیستم‌های حلقه باز استفاده می‌شود مقدار زیادی گوگرد، سیلیس و رسوب کربنات تولید می‌شود این مواد در آبهای اعماق زمین هستند. این مواد باید مورد ارزیابی قرار بگیرند و با توجه به غلظت موادی نظیر آرسنیک، جیوه، وانادیوم، نیکل، کلرید و دیگر فلزات سنگین می‌توانند در معرض مواد خطرناک قرار بگیرند. این ضایعات معمولاً خشک می‌شوند و دفن می‌گردند، بنابراین محل دفن آنها ممکن است خاک را آلوده کند و بر کیفیت خاک اثرگذار شود حتی در هنگام حمل و جابجایی نیز احتمال آلوده کردن خاکها در طی مسیر وجود دارد [۱].

❖ زمین

برداشت آب زمین گرمایی می‌تواند باعث فروپاشی زمین در اراضی پوشیده از سفره‌های آب شود. البته اگر سیکل بسته باشد و آب مجدداً به آبخوان برگردد ممکن است از فرونشست اجتناب شود. فعالیت‌های پیشرفته زمین گرمایی نظیر تحریک مخزن پتانسیل، ایجاد زمین لرزه را در پی دارد و ممکن است ساکنین

محلی را نگران کند و باعث لرزش ساختمان‌ها و ترک خوردن آنها شود. البته شدت این لرزه‌ها حداکثر ۳/۴ ثبت شده است. اما به هر حال نگرانی در مورد آنها وجود دارد [۱].

❖ آب

این واحدها نیز از برج‌های خنک کننده استفاده می‌کنند و وضعیت آنها تقریباً مشابه نیروگاه‌های بخار است. به منظور حذف گوگرد در بخار همراه ممکن است از سیستم FGD استفاده شود که مشابه مباحث مطرح شده در نیروگاه‌های حرارتی است [۱].

استخراج و تزریق مجدد آب در این نوع نیروگاه‌ها ممکن است بر کیفیت و کمیت آب زیرزمینی اثر گذارد. نمونه‌هایی از تأثیرات خاص شامل ورود گل حفاری و مایعات مربوطه به سفره‌های کم عمق آب، کاهش دبی چشمه‌های آب گرم به دلیل استخراج زیاد آب برای نیروگاه است. در حین حفاری یا عملیات تأسیسات ممکن است خرابی‌هایی ایجاد شود و منجر به آزاد شدن مواد افزودنی و مایعات حفاری سمی و مایعات زمین گرمایی شود. سیستم‌های حلقه بسته تقریباً مناسب‌تر هستند زیرا به محیط زیست، گازها یا مایعات وارد نمی‌شوند البته باید طراحی چاه‌های تزریق به درستی باشد تا سفره‌های آب‌های زیرزمینی کم عمق آلوده نشوند [۱].

❖ هوا

تولید گازهای گلخانه‌ای نیروگاه‌های زمین گرمایی در مقایسه با سوخت‌های مبتنی بر احتراق ناچیز است. H_2S و جیوه مهم‌ترین آلاینده هوا در این نوع نیروگاه‌ها است. در حین حفاری در سیکل‌های باز ممکن است این گازها از سازندهای زیرزمینی منتشر شود. ممکن است متان نیز یکی از گازهای زیرزمینی باشد. اگر چه تأثیر این آلاینده‌ها بر کیفیت هوا ناچیز است [۱].

❖ سر و صدا

با حفاری چاه‌ها، سر و صدای موقت اما با شدت بیش از ۱۰۰ دسیبل ممکن است ایجاد شود. در حین تخلیه بخار به محیط نیز ممکن است سر و صدا ایجاد شود که بر محیط زیست و اکوسیستم اثر منفی به همراه خواهد داشت [۱].

۲-۱۰-۲-۱-۶- نیروگاه‌های برقابی

یکی از منابع مهم تجدیدپذیر تولید برق، نیروگاه‌های برقابی هستند. اما این نیروگاه‌ها در معرض ملاحظات پیچیده زیست محیطی قرار دارند. میزان اثرگذاری این نوع نیروگاه بر محیط زیست به اندازه، نوع، محل و غیره بستگی دارد.

❖ آب

یکی از مهمترین اثرات زیست محیطی این نیروگاه بر آب است، در این میان می‌توان به اثر روی آب‌خیزها، حق برداشت آب، تنوع زیستی وابسته به آب و رسوبات، تغییر مورفولوژی جریان آب در بالا دست و پایین دست اشاره نمود. لازم به ذکر است که تغییرات اقلیم بر عملکرد نیروگاه‌های برقابی اثرگذار است. در طی دوره‌های خشکسالی، عمق مخزن و بالطبع آن میزان برق تولیدی کم می‌شود. مخصوصاً در مناطقی که رقابت در تأمین آب وجود دارد و تحت بحران آب هستند. لازم به ذکر است که معمولاً این شرایط، همزمان با فصل تابستان است که اوج تقاضای برق نیز وجود دارد.

به علت تغییرات اقلیمی، در مواقعی که حجم بارندگی بسیار زیادتر از حد معمول می‌شود، احتمال طغیان وجود دارد که تجهیزات در معرض خطر قرار می‌گیرند. حجم رسوبات بالا می‌رود که ساییدگی توربین را شدت می‌بخشد. در طراحی واحدهای جدید برقابی اثرات تغییر اقلیم باید به خوبی مطالعه شود [۱۰].

حجم آب پشت سدها تأثیرات بالقوه‌ای بر کیفیت و کمیت آب دارد. حجم آب پشت سد، سطح سفره‌های آب در مجاورت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت آب در پایین دست، آب چاه‌ها، چشمه‌ها، جریانهای سطحی می‌تواند تغییر کند و این تأثیرات می‌تواند برعکس باشد. پروژه‌های برقابی مسیر عبور جریان آب را

ممکن است تغییر دهند. انحرافات خواه موقتی در حین ساخت یا دائمی برای تولید برق، اکوسیستم جریان آب را تغییر می‌دهد. در حین آبیگری سد، جریان آب در پایین دست به شدت کاهش می‌یابد. مدیریت رها سازی سدها باید به تقاضای پایین دست همزمان با تولید انرژی توجه ویژه‌ای داشته باشد. رسوبات پشت سدها کیفیت آب پایین دست را تغییر می‌دهد و باعث فرسایش خاک‌های پایین دست سد می‌شوند. رسوبات در پشت سد باعث کاهش کدورت آب در پایین دست می‌شود و باعث می‌شود رسوبات رودخانه شسته شوند و در نتیجه فرسایش در رودخانه پایین دست اتفاق می‌افتد. معمولاً بعد از یک دهه از ساخت سد، بسترهای رودخانه در پایین دست معمولاً تا چند متر فرسایش می‌یابد و این فرسایش به طول دهها یا صدها کیلومتر گسترش می‌یابد. تعمیق بستر رودخانه می‌تواند سطح آب را در رودخانه کاهش دهد و برخی از چاه‌ها و چشمه‌های اطراف را به دلیل ملاحظات هیدرولیکی تحت تأثیر قرار دهد [۱].

یکی از مهمترین مشکلات، امکان آلودگی حجم آب پشت مخزن است. به عنوان مثال با توجه به کانی‌های موجود در بستر مخزن آب، امکان انحلال فلزات مثل جیوه، وانادیوم و همچنین سولفیدها وجود دارد [۱۰].

سایر مسائل مربوط به کیفیت آب که به طور بالقوه با مخازن مرتبط است شامل تجمع مواد مغذی به دلیل رشد میکروباکتری‌ها و گیاهان آبی است که منجر به فرسایش و کاهش اکسیژن محلول در آب می‌شود. تغییرات دما در مخزن نیز بر مقدار اکسیژن محلول و مواد شیمیایی اثر می‌گذارد [۱].

❖ تنوع زیستی

با احداث یک واحد برقابی، منطقه وسیعی دچار تغییرات فیزیکی می‌شود که طبیعتاً تنوع زیستی، سبک زندگی اجتماعی، سبک کشاورزی، آثار باستانی، بهداشت عمومی و جابجایی و مهاجرت نیروی انسانی را در پی دارد. حجم زیادی از خاک برداشته می‌شود تا مخزن سد احداث شود. با توجه به جنس مواد و سنگها مقداری از مواد معدنی موجود در مخزن در آب حل می‌شود و کیفیت آب را تغییر می‌دهد و بالطبع کیفیت آب پایین دست تغییر می‌کند که این تغییرات بر روی تنوع زیستی، سبک زندگی اجتماعی، اقتصادی

و رفاه مردم در حوالی منطقه اثرگذار است و حتی می‌تواند باعث جابجایی جمعیت گردد. در واقع اگر مدیریت HSE نیروگاه برقابی ضعیف باشد جنگل زدایی، کشاورزی ناپایدار و تنوع زیستی اتفاق می‌افتد. باید در انتخاب محل نیروگاه برقابی اطمینان حاصل کرد که برای اکوسیستم منطقه، آب کافی و با کیفیت مطلوب و رژیم جریان آب مناسب محفوظ است. با احداث نیروگاه برقابی خطوط انتقال، جاده‌ها نیز در منطقه احداث می‌شوند که تبعات زیست محیطی آنها نیز وجود دارند.

سدهای نیروگاه برقابی، اکوسیستم زمینی را کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهد. تمیز کردن بستر رودخانه به دلیل وجود سدهای آبی باعث فرسایش بستر رودخانه می‌شود که می‌تواند دسترسی‌های قبلی آب را کاهش دهد و باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شود.

اگر در اکوسیستم، ماهی مهاجر وجود داشته باشد مسئله اصلی آن است که زمین‌های تخم‌ریزی آنها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مثلاً ممکن است زمین مناسب تخم‌ریزی در بالا دست سد باشد در حالی که ماهی‌ها در پایین دست متمرکز هستند. تکثیر علفهای هرز آبی در محل سد باعث کاهش اکسیژن محلول و منجر به فرسایش و مرگ و میر گونه‌های آبی می‌شود. در تکنولوژی‌های برقابی هیدروکنتریک یا instream که از سد یا مخزن آبی استفاده نمی‌کنند، اثرات بر روی زندگی ماهی‌ها کمتر است در صورتی که از یک توربین سرعت پایین استفاده شود تا فرصت به ماهی برای دور کردن از ضربه را بدهد. این نوع توربین‌ها دارای اختلاف فشار کمتری هستند که باعث آسیب کمتر آنها به اکوسیستم می‌شود. با این حال این فناوری‌ها جدید هستند و اثرات آنها بر اکوسیستم کمتر مطالعه شده است [۱].

❖ هوا

مخزن سد یک نیروگاه برقابی مانند یک دریاچه در انتشار گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً متان مشارکت دارد. از آنجا که فرآیندهای بیوشیمیایی در پایین مخزن آب منجر به تولید این گاز می‌شود و می‌تواند در همان مخزن به مواد دیگری تبدیل شود.

❖ پسماند جامد

در مخازن آبی این نیروگاه‌ها ممکن است پسماندهای جامد به علت لایروبی تولید شود [۱].

❖ سر و صدا

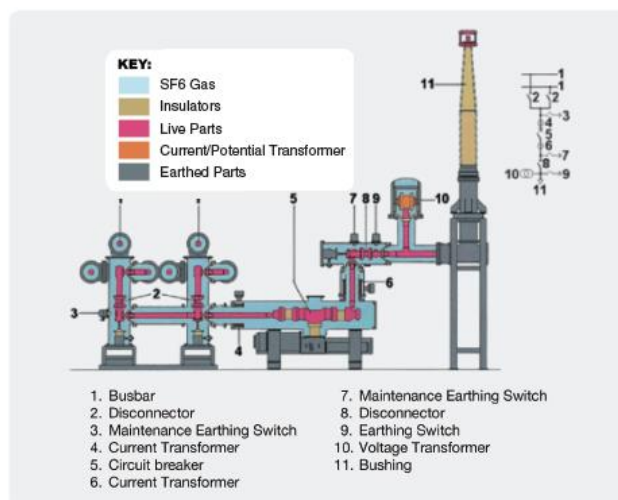
منبع اصلی سر و صدا در این نوع نیروگاه‌ها، توربین‌ها، ژنراتورها، کمپرسورها و سیستم تخلیه سرریز و کانال رهاسازی آب است.

۲-۱۰-۲-۲- ملاحظات محیط زیست در حوزه توزیع

خطوط توزیع برق به طور معمول انتشار آلودگی زیست محیطی قابل توجهی ندارند. در مرحله ساخت و ساز و تعمیرات ممکن است گرد و غبار یا روان‌آب آلوده یا پسماند جامدی ایجاد شود. با این حال برنامه‌های نظارت با دیدگاه زیست محیطی بر کلیه فعالیتهای شبکه توزیع بر پایه روشهای مستقیم و غیرمستقیم نیاز است [۱۱]. بخش اعظمی از این ملاحظات جز ملاحظات عمومی در نظر گرفته می‌شود که پیش‌تر اشاره شد. ملاحظات اختصاصی با در نظر گرفتن دیدگاه زیست محیطی در حوزه توزیع در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱۰-۲-۱- انتشار SF₆

یکی از آلاینده‌های مهم در سیستم توزیع، SF₆ است که به عنوان عایق در تجهیزات الکتریکی شبکه توزیع وجود دارد. SF₆ یک دی الکتریک بسیار خوب است که البته می‌تواند با آب واکنش دهد و اسید هیدروفلوئوریک تولید کند. این اسید یک گاز گلخانه‌ای قوی است که می‌تواند تا ۳۲۰۰ سال در اتمسفر باقی بماند. بنابراین ملاحظات عدم نشت آن بسیار مهم است. شکل (۱۰-۲) شماتیکی از مقدار SF₆ مصرفی در یک سوئیچ را نشان می‌دهد [۱۲].



شکل ۱۰-۲: شماتیک حجم گاز SF₆ در یک سویچ [۱۲]

به علاوه، در سالهای اخیر اثرات گاز SF₆ به عنوان یک گاز گلخانه‌ای بر گرمای کره زمین مورد توجه قرار گرفته است. پارامتر GWP¹ این گاز ۲۳۹۰۰ برابر گاز CO₂ گزارش شده است [۱۳]. با توجه به اثرات این گاز روی سلامت و محیط زیست، محققان در پی یافتن جایگزین‌هایی برای SF₆ هستند که اثرات مخرب کمتری بر سلامت انسان و محیط زیست به همراه داشته باشد. جایگزین گاز SF₆ علاوه بر اثر گلخانه‌ای کمتر باید ویژگی‌های گاز SF₆ نظیر ثابت دی الکتریک بالا، دمای جوش پایین، غیر سمی بودن، قدرت بالای خاموش کنندگی قوس، غیر قابل اشتعال بودن، عدم تخریب لایه ازن، غیر خورنده بودن، خنثی بودن از لحاظ شیمیایی، پایداری بالا، در دسترس بودن و قابلیت حمل و نقل آسان را دارا باشد. جایگزین‌های این گاز از لحاظ قدرت عایقی و قطع کنندگی در تحقیقات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است [۱۴].

(الف) گازهای طبیعی فشرده مانند N₂ و CO₂

قدرت عایقی گازهای طبیعی کمتر از SF₆ است و در صورتی که به تنهایی به عنوان جایگزین این گاز مورد استفاده قرار گیرند، ابعاد محصولات تولید شده بسیار بزرگ خواهد بود. CO₂ یکی از بهترین گازها

¹ Global Warming Potential

از لحاظ خاموش کنندگی قوس است اما ویژگی‌های دی الکتریکی و قطع کنندگی آن ضعیف‌تر از SF₆ می‌باشد.

(ب) ترکیبات خانواده فلوراید

ترکیبات این خانواده خواص دی الکتریک و نقطه جوش بالایی دارند. غیر سمی، غیر خوردنده و اشتعال ناپذیرند و GWP و ODP¹ پایینی دارند. از این خانواده Novec 5110 با فرمول شیمیایی CF₃C(O)CF(CF₃) و Novec 4710 با فرمول شیمیایی (CF₃)₂CFCN که در شرایط محیطی مایع هستند، پس از ترکیب با هوا یا CO₂ به عنوان جایگزین گاز SF₆ در پست‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۴].

امکان استفاده از کیانوکتون، هیدروفلوروفین و هوای سنتزی به عنوان جایگزین SF₆ در حال حاضر در دست بررسی است. از لحاظ تجاری، ترکیب هوای خشک، CO₂ یا N₂ با یک عایق جامد مانند اپوکسی رزین جهت طراحی پست‌های برق SIS² و یا استفاده از فلوروکتون Novec 5110 به عنوان عایق مورد توجه قرار گرفته است. خصوصیات Novec 5110 شامل مقدار GWP کوچکتر از یک، دمای جوش °C ۲۶/۹، استقامت دی الکتریک ۱/۴ برابر گاز SF₆، اشتعال ناپذیری و غیر مؤثر بودن بر لایه اوزون است [۱۴]. همچنین فلورونیتریل Novec 4710 از لحاظ عایقی و قطع کنندگی می‌تواند جایگزین گاز SF₆ باشد. از جمله ویژگی‌های این ماده می‌توان به GWP برابر ۲۱۰۰، دمای ذوب °C ۴/۷-، استقامت دی الکتریک دو برابر گاز SF₆، اشتعال ناپذیری و بدون اثر تخریبی بر لایه اوزن اشاره کرد.

انتشار SF₆ در حین نصب، نگهداری و نشت حین بهره‌برداری اتفاق می‌افتد. پتانسیل انتشار آن در شکل (۱۱-۲) مشاهده می‌شود. نگهداری و تعمیرات ضعیف احتمال شدت انتشار آن را افزایش می‌دهد.

¹ Ozone Depletion

² Solid Insulator Switchgear



شکل ۱۱-۲: پتانسیل نشر SF₆ [۱۴]

فعالیت‌هایی که برای کاهش انتشار SF₆ لازم است عبارتند از [۱۵]:

الف) تبیین سیاست‌ها، پرتکل‌ها و استانداردهای عملیاتی برای مستقر کردن مدیریت چرخه عمر SF₆

شامل پوشش تمام تجهیزات، اجازه نوآوری دادن، تعیین مسئول، آموزش و قدرتمند کردن کارکنان

ب) تعیین روشهایی برای اندازه‌گیری و محاسبه موجودی گاز و نحوه کنترل آن مثل برچسب زدن

سیلندرهای موجود، استفاده از برگه‌های ورود و خروج سیلندرها به انبار، تهیه نرم افزارهایی که قابلیت

پیگیری داشته باشند نظیر بارکد مخصوص و غیره.

ج) مدیریت صحیح در مورد خرید و حمل و نقل SF₆، انتخاب اندازه بهینه سیلندر و بهترین سیستم

جایابی

د) آموزش سالانه کارمندان در رابطه با کار با تجهیزات لازم تا این امکان فراهم شود تا کارکنان درک

درستی از اثرات زیست محیطی و سلامتی SF₆ داشته باشند.

ه) ارائه برنامه‌ای برای بازیافت و دفع ایمن تجهیزات حاوی SF₆

۲-۱۰-۲-۲-۲- نشت مواد روغنی در ترانس‌ها

٢-١٠-٢-٢-٣- اثرات بصری

❖ رعایت ملاحظات عمومی، در طول طراحی، خطوط برق و حریم آنها

❖ بررسی صحیح در ارتباط با تغییرات در مجاورت خطوط نیرو

❖ طراحی و استقرار خطوط برق و ایست‌های فرعی با توجه به رعایت چشم‌اندازها، دورنماها

و اهمیت دادن به محیط زیست و ویژگی های اجتماعی منطقه

❖ جلودگیری از استقرار خطوط انتقال و توزیع برق با ولتاژ بالا در اطراف مناطق مسکونی

❖ عبور خطوط انتقال و توزیع نیروی برق از زیرزمین (در نواحی که مناطق مسکونی و صنعتی

بسیار متراکم اند)

۲-۱۰-۲-۲-۴- میدان‌های مغناطیسی

آلودگی الکترومغناطیسی نوع دیگری از آلودگی‌هایی است که توسط خطوط شبکه توزیع ایجاد می‌شود. امواج الکترومغناطیس ساطع از این خطوط نیز بر پوشش گیاهی منطقه اثرگذار است. تأثیر امواج الکترومغناطیس بر تغییر جوانه زنی، کاهش کلروفیل، تغییر در اندازه بوته و عملکرد محصولات گزارش شده است. آزمایش‌های انجام شده روی بذره‌های گندم در حریم شبکه‌های توزیع نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی شبکه توزیع برق موجب کاهش رشد گیاه گندم می‌شود [۱۶]. در بررسی دیگری، ملکی و همکارانش نشان دادند که میدان الکترومغناطیسی موجب کاهش طول، وزن و سرعت جوانه زنی گیاه زیره می‌شود [۱۷].

۲-۱۰-۲-۲-۵- برخورد و برق گرفتگی پرندگان

دکل‌ها و خطوط برق، توانایی بالقوه در ایجاد خطر برق گرفتگی پرندگان را دارند. بسیاری از پرندگان به ویژه گونه‌های صیاد، دکل‌های برق را برای نشستن و یا آشیانه‌سازی مورد استفاده قرار می‌دهند. اگر دنباله‌های یک پرنده به صورت یک پل جای خالی بین دو قسمت حامل انرژی و یا یک قسمت حامل انرژی و فلز اتصال به زمین را به یکدیگر وصل نماید، جریان الکتریسیته از پل عبور کرده تا خلاء را پر نماید و بدین ترتیب پرنده دچار برق گرفتگی می‌شود.

به عنوان پدیده‌ای رایج، پرندگان بیشتر به هنگامی که سیم‌های هادی جریان (هدایت کننده) نزدیک به یکدیگر قرار گرفته باشند، دچار برق گرفتگی می‌شوند. از آنجا که سیم‌های هادی خطوط توزیع نسبت به خطوط انتقال ولتاژ بالا به یکدیگر نزدیک‌ترند، پرندگان بیشتر تمایل به نشستن روی خطوط مذکور را دارند که در نتیجه برق گرفتگی از طریق این خطوط توزیع، افزایش می‌یابد، علی‌رغم آنکه ولتاژ این

خطوط پائین‌تر است. لازم به ذکر است که برخورد پرندگان با خطوط توزیع برق اگر در مسیر کوچ و مهاجرت پرندگان باشد، می‌تواند بارها رخ دهد که این امر به خاموشی برق و آتش سوزی می‌انجامد. جهت جلوگیری و کنترل تصادم و برق گرفتگی پرندگان رهنمودهای زیر توصیه می‌گردد:

❖ طراحی خطوط توزیع باید به گونه‌ای صورت پذیرد که تا حد امکان در مسیر مهاجرت پرندگان نباشد.

❖ رعایت فضای ۱/۵ متری بین خطوط انتقال و توزیع برق الزامی است، همچنین اگر فاصله‌گذاری امکان پذیر نیست، تجهیزات در زمین کار گذاشته شده و با روکش‌های مخصوص پوشانده شوند.

❖ در مناطق حساس مثل زیستگاه‌های طبیعی بحرانی، خطوط انتقال و توزیع در زیرزمین نصب گردد.

❖ نصب اشیایی جهت تقویت میدان دید پرندگان از جمله بالن‌ها، بازدارنده‌ها و منحرف کننده‌ها ضروری است.

جایگاه‌های مناسب برای لانه سازی پرندگان (بالتر از محل عبور سیم‌های برق) و یا موانع لازم جهت جلوگیری از برق گرفتگی پرندگان ایجاد شود.

۲-۱۰-۳-درخت فناوری

درخت فناوری‌های حوزه محیط‌زیست به صورت شکل (۷-۲) است:



شکل ۱۲-۲: درخت فناوری‌های حوزه محیط‌زیست

۱۱-۲- آینده پژوهی

آینده پوچ و خالی نیست؛ بلکه مملو از مفروضات پنهان است. برای مثال، بسیاری از مردم فروپاشی اکوسیستم زمین را در آینده‌ای نزدیک انتظار دارند، درحالی‌که دیگران معتقدند که اکوسیستم موجود به طور نامحدود باقی خواهد ماند. یک رویکرد دوراندیشی به دنبال تجزیه و تحلیل و سپس برجسته نمودن مفروضات زیربنای چنین دیدگاه‌هایی خواهد بود.

آینده پژوهی منعکس‌کننده این موضوع است که چگونه از دل تغییرات^۱ و تداوم‌های^۲ امروزی، واقعیت‌های فردا متولد می‌شوند. مفهوم آینده پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع^۳، الگوها^۴ و عوامل تغییر یا ثبات، به نگاشت آینده‌های جایگزین^۵ و ایجاد آینده^۶ و چشم‌انداز^۷ کمک می‌کند [۱]. بحثی وجود دارد که آیا آینده پژوهی یک هنر^۸ است یا یک علم^۹. به طور کلی، آینده پژوهی می‌تواند به عنوان یک شاخه از علوم اجتماعی و به موازات رشته تاریخ در نظر گرفته شود. زیرا به همین صورت که تاریخ گذشته را مطالعه می‌نماید، آینده پژوهی آینده را در نظر می‌گیرد. آینده پژوهی به دنبال درک هرآن چیزی است که احتمالاً ادامه پیدا می‌کند و هر آن چیزی که می‌تواند به طور موجه (حق به جانب) تغییر کند. بنابراین، بخشی از این رشته به دنبال درکی سیستماتیک و الگومحور از گذشته و حال است و احتمال وقایع و روندهای^{۱۰} آینده را تخمین می‌زنند. برخلاف علوم فیزیکی که یک سیستم مشخص تر و محدودتر مورد مطالعه قرار می‌گیرد، آینده پژوهی سیستم‌های بزرگ‌تر و پیچیده‌تر جهان را در بر می‌گیرد. آینده پژوهی یک حوزه میان‌رشته‌ای است که تغییرات دیروز و فردا را مطالعه می‌کند و نظرات و استراتژی‌هایی حرفه‌ای و غیرحرفه‌ای را با توجه به آینده جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌نماید. آینده پژوهی در فارسی معادل لغت Futures Studies است. البته در ادبیات این رشته اصطلاحات معادل دیگری نیز یافت می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از

¹ Changes
² Continuity
³ Resources
⁴ Templates
⁵ Alternative Futures
⁶ Future
⁷ Vision
⁸ Art
⁹ Science
¹⁰ Trend

• Strategic Foresight

• Futuristics

• Futures Thinking

• Futuring

• Futorology

• و Futurism [۲].

معمولاً سه عامل آینده‌پژوهی را از تحقیقات سایر علوم متمایز می‌کند (اگرچه همه این علوم با درجات متفاوتی با هم همپوشانی دارند): (۱) آینده‌پژوهی اغلب نه تنها آینده‌های محتمل بلکه آینده‌های ممکن و مرجح را نیز بررسی می‌نماید. (۲) آینده‌پژوهی معمولاً تلاش دارد تا دیدی همه‌جانبه یا سیستماتیک به دست آورد که بر بینشی از یک طیف رشته‌های متفاوت مبتنی است. (۳) آینده‌پژوهی مفروضاتی که پشت دیدگاه‌های غالب و متضاد آینده وجود دارد را باز می‌کند.

با بررسی ادبیات نظری این حوزه، تعاریف مشهور ارائه شده برای آینده‌پژوهی به شرح زیر می‌باشند:

- تعریف اسلاتر^۱: حوزه پژوهشی پیچیده، پردامنه و جهان‌گستری که مباحث و مسائل پیشرو در آینده را کانون توجه و تمرکز اصلی خود قرار می‌دهد [۳].
- تعریف وندل بل^۲: هدف آینده‌پژوهی کشف یا اختراع آینده‌های ممکن^۳، آینده‌های محتمل^۴ و آینده‌های مرجح^۵ و همچنین آزمایش و ارزیابی آنها می‌باشد [۴].
- تعریف عنایت‌الله^۶: عبارت است از مطالعه نظام‌مند آینده‌های ممکن، آینده‌های محتمل و آینده‌های مرجح و استعاره‌ها و دیدگاه‌هایی که این آینده‌ها را ایجاد می‌کنند [۵].

¹ Richard Slauther

² Wendell Bell

³ Possible Futures

⁴ Probable Futures

⁵ Preferable Futures

⁶ Sohail Inayatullah

۱۲-۲- ادبیات نظری

۱۲-۲-۱- تفاوت آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری

آینده‌پژوهی معمولاً روی پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت متمرکز نیست. همچنین، اکثر برنامه‌ریزی‌های استراتژیک که برنامه‌های عملیاتی را برای آینده‌های ترجیحی با افق زمانی یک تا سه ساله توسعه می‌دهند نیز آینده‌ها را در نظر نمی‌گیرند. تنها برنامه‌ها و استراتژی‌هایی با افق زمانی بلندمدت که مخصوصاً تلاش دارند وقایع محتمل آینده را پیش‌بینی نمایند، بخشی از حوزه آینده‌پژوهی خواهند بود. در منابع فارسی، گاهی از لغت Foresight به عنوان آینده‌پژوهی تعبیر می‌شود. لیکن، لازم به ذکر است که عبارت مناسب برای لغت Foresight اصطلاح آینده‌نگاری می‌باشد [۲]. از این رو مناسب است که در این بخش مروری بر تعاریف آینده‌نگاری نیز ارائه گردد. تعاریف مشهور ارائه شده توسط صاحب‌نظران در مورد اصطلاح آینده‌نگاری به شرح زیر می‌باشند:

- تعریف هورتون^۱: آینده‌نگاری فرایند توسعه طیفی از دیدگاه‌ها در مورد راه‌های امکان‌پذیر برای توسعه آینده است که ایجاد درکی کافی در خصوص این دیدگاه‌ها منجر به تصمیم‌گیری‌هایی می‌شود که بهترین فردای ممکن را خلق می‌کند [۶].
- تعریف مایلز^۲ و کینان^۳: آینده‌نگاری فرایندی سیستماتیک، مشارکتی و گردآورنده ادراکات آینده است که چشم‌اندازی میان‌مدت تا بلندمدت را با هدف اتخاذ تصمیمات روزآمد و بسیج اقدامات مشترک بنا می‌سازد [۶].
- تعریف بن مارتین^۴: آینده‌نگاری فرایند نظام‌مند برای نگاه به آینده بلندمدت علم، تکنولوژی، محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع می‌باشد که با هدف شناسایی تکنولوژی‌های عام نوظهور و تقویت حوزه‌های تحقیقات استراتژیکی صورت می‌گیرد که احتمالاً بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی را به همراه دارند [۶].

¹ Avrill Horton

² Ian Miles

³ Michael Keenan

⁴ Benjamin Reymond Martin

- تعریف جورجیو^۱: آینده‌نگاری فناوری یک ابزار نظام‌مند است که به ارزیابی آن دسته از پیشرفت‌های علمی و فناوری می‌پردازد که می‌توانند تأثیر شگرفی بر رقابت‌پذیری صنعتی، تولید ثروت و کیفیت زندگی داشته باشند [۶].

- تعریف پاپر^۲ و کینان: یک فرایند جمعی و باز هدفمند اکتشاف آینده‌نگر است که شامل مشورت و تأمل بین بازیگران ناهمگن پیرامون عرصه‌های علم و فناوری می‌باشد که نگاه آن فرموله کردن استراتژی‌ها و چشم‌اندازهای مشترکی می‌باشد که بهترین نظر و جهت‌گیری را نسبت به فرصت‌ها و تهدیدهای آینده دارند [۶].

- تعریف اسلاتر: فرایند آگاهانه‌ای است که به منظور افزایش آگاهی و درک انجام می‌گیرد و از طریق پویش و رصد آینده و شفاف‌سازی موقعیت‌های در حال ظهور انجام می‌پذیرد [۷]. آینده‌نگاری یک ظرفیت عام است که فرد را قادر می‌سازد تا در باب آینده بیندیشد و احتمالات آینده را بررسی، مدل‌سازی و خلق کرده و در مقابلش نشان دهد. این توانایی بر پایه توانایی‌های نظام ذهنی-عصبی مغز انسان بنا شده است که از پیوندهای رشته‌های عصبی به منظور انجام روش‌های پیچیده ادراک که کارکرد تسهیل و حمایت‌کننده دارند بهره می‌برد [۳].

همچنین، اسلاتر آینده‌نگاری راهبردی^۳ را چنین تعریف می‌کند:

"توانایی خلق و نگهداری یک دیدگاه رو به جلوی با کیفیت، جامع و کارکردی و توانایی

به‌کارگیری بینش‌های برخاسته از سازمان به شیوه‌های مفید و کاربردی. آینده‌نگاری راهبردی

مفاهیم مدیریت^۴ راهبردی، برنامه‌ریزی^۵ راهبردی و آینده‌پژوهی را یکپارچه می‌سازد [۸]."

در رابطه با تفاوت آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری نظرات متفاوتی وجود دارد. برخی این دو واژه را هم‌معنی می‌دانند و معتقدند به یک مفهوم اشاره دارند (هر چند اختلافات بسیار اندکی دارند)، اما فقط به واسطه اینکه توسط افراد متفاوتی خلق شده‌اند اسامی متفاوت گرفته‌اند [۹]. عده‌ای دیگر، اما آینده‌نگاری را زیرمجموعه و یکی از روش‌های آینده‌پژوهی می‌دانند. نمایشی از نحوه نگرش این دسته از خبرگان به ادبیات آینده‌پژوهی در شکل ۱۳-۲ و شکل ۱۴-۲ نشان داده شده است. بخشی از این دسته از خبرگان معتقدند که آینده‌نگاری تعدادی از روش‌های آینده‌پژوهی را به کار می‌گیرد تا به صورت خاص آینده علم

¹ Luk Georgiou

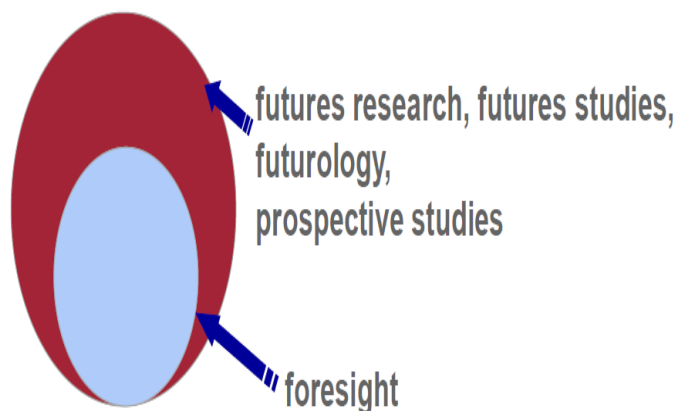
² Rafael Popper

³ Strategic

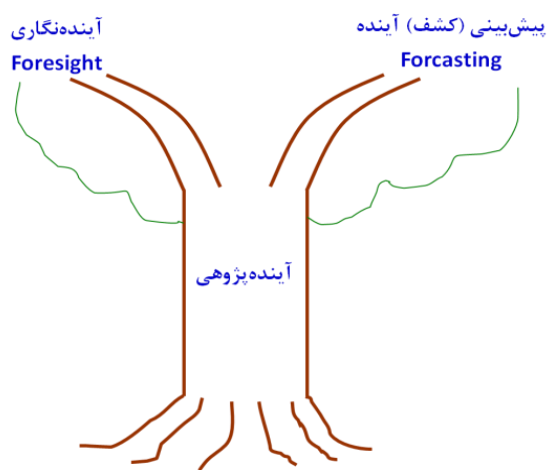
⁴ Management

⁵ Planning

و فناوری را ترسیم کند و به همین دلیل است که واژه آینده‌نگاری در اکثر مواقع با واژه فناوری همراه است که مفهوم آینده‌نگاری فناوری^۱ را شکل می‌دهد. عده دیگری از صاحب‌نظران نیز هستند که معتقدند آینده‌نگاری فصل مشترک سیاست‌گذاری^۲، برنامه‌ریزی و آینده‌پژوهی است.



شکل ۱۳-۲: رابطه آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی از نظر مرجع [۱۰]



شکل ۱۴-۲: رابطه آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی از نظر مرجع [۱۱]

به دلیل وجود ابهامات مذکور در ادبیات موضوع، کارشناسان آینده‌پژوهی مرکز ملی فضای مجازی به منظور ایجاد یک ادبیات مشترک، تعریف دقیق‌تری از آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری را ارائه داده‌اند که در

^۱ Technology Foresight

^۲ Policy Making

طرح حاضر مبنای مرزبندی بین دو مفهوم آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری قرار گرفته است. این تعاریف به شرح زیر هستند:

- آینده‌پژوهی: عبارت است از مطالعه نظام‌مند آینده‌های ممکن، آینده‌های محتمل و آینده‌های مرجح؛ و استعاره‌ها و دیدگاه‌هایی که این آینده‌ها را ایجاد می‌کنند.
- آینده‌نگاری: یکی از ابزارهای آینده‌پژوهی است که با به‌کارگیری روش‌های دیگر (مانند دلفی و سناریو) و یکپارچه‌سازی خروجی آن‌ها، آینده مطلوب و مرجح را مشخص و ترسیم می‌کند و مسیر دستیابی به آن را نیز می‌نگارد!

بر اساس تعاریف نهایی ارائه شده برای دو مفهوم آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری، لازم به ذکر است که حدود تعریف مسئله بخش حاضر در حوزه آینده‌پژوهی تعریف شده است و به دنبال مطالعه آینده‌های محتمل خواهد بود. لیکن هدف کلی پروژه حاضر در حوزه آینده‌نگاری بوده و سعی در ترسیم آینده مرجح و تعیین راهبردهای دستیابی به آینده مرجح دارد.

به علاوه، نکته حائز اهمیتی که در بخش حاضر باید مد نظر قرار گیرد، تفاوت آینده‌پژوهی با چشم‌اندازنویسی است. اگر چه تمرکز آینده‌پژوهی و چشم‌اندازنویسی هر دو بر آینده (خصوصاً آینده مطلوب) است، لیکن تفاوت‌هایی در تعریف آینده در دو رویکرد مذکور وجود دارد؛ بیانیه چشم‌انداز بر مبنای علایق داخلی و اولویت‌های درونی تدوین می‌گردد، اما آینده‌پژوهی مبتنی بر عوامل و علایق بیرونی خواهد بود. به این مفهوم که در تبیین چشم‌انداز، نظرات متولیان فناوری نیز حتماً باید در تبیین آینده لحاظ گردد، در حالی که در آینده‌پژوهی، صرفاً تغییرات و ثبات‌های فضای فناوری است که آینده مرجح را برای متولیان روشن می‌سازد. از این رو، اثرگذاری مطالعات آینده‌پژوهی بر تصمیم‌ها، گرایش‌ها و برنامه‌ریزی‌هایی اتفاق می‌افتد که تبیین بیانیه چشم‌انداز بر مبنای آن‌ها صورت می‌پذیرد. به عبارت دیگر، می‌توان اشاره کرد که آینده‌پژوهی مطالعه‌ای است که با تعیین چگونگی تغییرات آینده به تدوین بیانیه چشم‌انداز مناسب و واقع‌گرایانه کمک خواهد کرد. از این رو، در پروژه حاضر، تدوین بیانیه چشم‌انداز برای HSE در صنعت برق با کمک گرفتن از مطالعات آینده‌پژوهی انجام می‌پذیرد.

در ادامه، برخی از مفاهیم مورد استفاده در آینده‌پژوهی به منظور آشنایی بیشتر تحلیلگران با این حوزه ارائه خواهد شد.

۲-۱۲-۲-قوانین آینده

وقتی تکه ابری متراکم می‌شود، آسمان تیره می‌شود و برگ‌ها در هوا سرگردان می‌گردند، می‌فهمیم که طوفان خواهد شد. در می‌یابیم که بعد از طوفان، باران زمین‌های پایین‌دست را سیراب خواهد کرد و فردا آسمان شفاف خواهد شد. تمام این وقایع در آینده رخ خواهد داد اما چطور آن‌ها را پیش‌بینی کنیم؟ یکی از مهم‌ترین نکاتی که در پیش‌بینی وقایع به ما کمک می‌کند این است که بدانیم الگوهای ساختاری به طور مکرر تکرار می‌شوند و تمامی این الگوها در یک چارچوب با یکدیگر در ارتباط‌اند.

در طول تاریخ بشریت همواره انسان‌ها در تلاش بوده‌اند که روش‌هایی برای پیش‌گویی آینده پیدا کنند؛ مانند نگاه کردن به ستاره‌ها و گوی کریستالی و غیره. اما در سال‌های اخیر خصوصاً بعد از جنگ جهانی دوم، دانشمندان و محققان بسیاری که خود را آینده‌پروژه می‌نامند، روش‌های کمی^۱ و کیفی^۲ متعددی را تهیه کرده‌اند. منطق آن‌ها آینده‌پژوهی بر مبنای عقلانیت است. آنچه که این آینده‌پژوهان را با غیب‌گوها و رمالان جدا می‌سازد، عقلانیت حاکم بر روش‌ها است. علاوه بر این، باز نگه داشتن مسائل مربوط به آینده و حوادث محتمل آن در روش علمی آینده‌پژوهی فرق مهم این حوزه با غیب‌گویی و صحبت از آینده قطعی و محتوم می‌باشد. به نظر آینده‌پژوهان، آینده کماکان در حال ساخته شدن است. آینده امری است که مردم می‌توانند آن را با اقدامات هدفمند خود طراحی کرده و شکل دهند. پیش‌بینی محتوم و هر نوع غیب‌گویی در مورد آینده مردود و بی‌معنی است. به نظر آینده‌نگران، آینده از قبل طراحی نشده بلکه پهنه گسترده‌ای است که مردم توانایی‌های مختلفی برای شکل دادن به آن دارند. در نظر آینده‌پژوهان یکی از دلایل اصلی اینکه آینده مبهم است و عدم قطعیت بالایی دارد این است که ما می‌توانیم بر آن تأثیر گذاریم و مسیر حوادث را تغییر دهیم و الا هیچ چیز مبهمی وجود نمی‌داشت.

با توجه به ادامه داشتن و یکپارچگی حوادث از گذشته به آینده، آینده‌پژوهی یک کار شدنی است. از سوی دیگر، تغییرات سریع جامعه کنونی آینده‌پژوهی را به یک اضطرار و فوریت تبدیل می‌کند. امروزه تغییرات تکنولوژیکی و اجتماعی، با سرعت بالایی که قبلاً وجود نداشت، در حال رخ دادن است. بدون درک آینده، با مشکلات زیادی در تصمیم‌گیری‌ها مواجه خواهیم شد. تصمیم‌های خوب بستگی کامل به دورنگری خوب دارد. زندگی امروزی با گذشته بسیار متفاوت است. در این دنیای پر تغییر دیگر سنت‌های قدیمی آینده ما را شکل نمی‌دهند بلکه ما باید خودمان آینده را خلق کنیم تا بتوانیم خود، سازمان و

¹ Quantitative

² Qualitative

جامعه را در برابر تغییرات جهانی آماده سازیم. شرایط جدید جهانی فرصت‌های بیشماری برای جوامعی که برای دورنگری اهمیت قائل‌اند ایجاد کرده است اما برای جوامعی که از آینده‌نگری بهره نبرده‌اند این شرایط جدید حاوی تغییرات عمیق و فاجعه‌بار در ساختار آن‌ها می‌باشد. در نهایت لازم به ذکر است که در فرایند آینده‌پژوهی، همواره باید قوانین آینده را مورد توجه قرارداد. برخی از این قوانین توسط صاحب‌نظران این حوزه مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

وروس^۱ برای آینده سه قانون عمده را ذکر کرده است [۱۲]:

- آینده از پیش تعیین شده نیست، یک آینده محتوم و از پیش تعیین شده وجود ندارد، بلکه می‌توان بدیل‌هایی بالقوه از آینده را در نظر گرفت.
- آینده قابل پیش‌گویی نیست؛ حتی بر فرض اینکه آینده محتوم و از پیش تعیین شده باشد، باز هم نمی‌توان آینده را پیش‌گویی کرد، چه رسد به اینکه معتقدیم آینده محتوم و از پیش تعیین شده نیست.
- آینده‌هایی که رخ می‌دهند می‌توانند متأثر از اقدامات و تصمیمات امروز ما باشند.

۲-۱۲-۳- پارادایم‌های آینده‌پژوهی

دو پارادایم اصلی در تاریخ آینده‌پژوهی وجود داشته است که عبارتند از پارادایم اکتشافی و پارادایم هنجاری. این دو پارادایم را می‌توان به صورت کلی چنین تعریف کرد:

- در پارادایم اکتشافی، آینده بر اساس روندها و وضعیت‌های موجود فعلی و گذشته پیش‌بینی می‌شود.
- در پارادایم هنجاری آینده‌ای متصور می‌شود و مسیر رسیدن به آن به صورت بازگشتی تعیین می‌گردد.

لازم به ذکر است که در پارادایم اکتشافی سعی بر این است که با مطالعه حوادث گذشته و حال و با توجه به روندهای حاکم در زمینه‌های مختلف، آینده یا آینده‌های مختلفی را که احتمال به وقوع پیوستن آن‌ها وجود دارد، تشریح و توصیف کرد؛ یعنی این روش‌ها هر آنچه را که در آینده می‌تواند به وجود آید،

¹ Joseph Voros

توصیف می‌نمایند. بدین ترتیب تصویر یا تصویرهایی از آینده به دست می‌آید که هر کدام برنامه‌ریزی خاصی را نیاز دارد. در این حالت محققان شرایط محتمل و ممکن را شرح می‌دهند.

در پارادایم هنجاری، بیشتر تمرکز بر روی شرایطی است که آینده "باید" حاوی آن باشد. یعنی با توجه به ارزش‌ها و ترجیحات^۱ فردی یا سازمانی می‌تواند تصویر یا تصویرهایی از آینده مطلوب به دست آورد و پس از کشف این آینده‌ها، با برنامه‌ریزی گام به گام رسیدن به آن آینده مطلوب را کشف کرده و مورد بررسی قرار داد.

البته لازم به ذکر است که روش‌های آینده‌نگری یا آینده‌پژوهی از ساختاری غیر قابل انعطاف پیروی نمی‌کنند؛ یعنی هر آینده‌پژوه می‌تواند با توجه به تخصص خود در زمینه‌های مختلف روش‌های مختلفی را استفاده نمایند. جدول ۹-۲) این دو پارادایم را با هم مقایسه می‌کند.

در پروژه حاضر، با توجه به هدف پروژه که همان کسب دانش کافی از وضعیت فناوری در آینده است، پارادایم آینده‌پژوهی، پارادایم اکتشافی خواهد بود و سعی خواهد شد که بر اساس وضعیت‌های موجود فعلی، آینده‌های ممکن و محتمل پیش‌بینی شوند.

جدول ۹-۲: تمایز پارادایم‌های اصلی آینده‌پژوهی

پارادایم اکتشافی	پارادایم هنجاری
رویکرد به بیرون ^۲ دارد، یعنی برنامه‌ریزی از زمان حال شروع می‌شود و رو به آینده می‌رود.	رویکرد به درون ^۳ دارد، یعنی برنامه‌ریزی از زمان آینده شروع می‌شود و با پس‌نگری به زمان حال می‌رسد.
سؤالاتی از این قبیل: روندهای آینده چیست؟ آن‌ها به کجا می‌روند؟ آینده چگونه خواهد بود؟	سؤالاتی از این قبیل: چه آینده‌ای امکان‌پذیر است؟ کدام آینده مطلوب می‌باشد؟ مسیر رسیدن به آینده مطلوب چیست؟ آیا این آینده اتفاق می‌افتد؟
نوعی جبرگرایی در آن وجود دارد.	در آن جبرگرایی وجود ندارد.
آینده نتیجه علی و معلولی گذشته و حال است. آینده ثابت، صلب و محتوم است که تاریخ و قوانینش حال را به آینده تبدیل می‌کند.	در اینجا مفهوم غایت‌انگاری بروز می‌کند. نیروی انسان را در ساخت آینده و تاریخ در نظر می‌گیرد و تلاش می‌کند با این نگاه، آینده را بسازد.
انسان ناظر بیرونی است و تنها به اکتشاف آینده می‌تواند بپردازد.	پیش‌بینی از حالت انفعالی در آمده و به صورت افعالی بروز می‌نماید و آدمی جایگاه و منظر بیرونی و مشاهده‌گر خود را تغییر می‌دهد.

^۱ Periorities

^۲ Outward

^۳ Inward

۲-۱۲-۴-نگرش‌ها نسبت به آینده

- گودت^۱ معتقد است که در کل پنج نگرش نسبت به آینده وجود دارد [۱۳]:
- نگرش منفعل^۲: کسی که تغییرات را می‌پذیرد.
 - نگرش واکنشی^۳: کسی که منتظر اعلان تغییر است تا واکنش نشان دهد.
 - نگرش پیش‌فعال^۴: کسی که برای تغییرات قابل پیش‌بینی آماده است و پیشگیری را بهتر از درمان می‌داند.
 - نگرش فراکنشی^۵: کسی که اقداماتی را برای رسیدن به آینده‌های مطلوب انجام می‌دهد.
 - نگرش پیش‌بین^۶: کسی که از رویکردهای گذشته بهره می‌گیرد تا به یک رویکرد دست یابد.
- گودت معتقد است که پیش‌بینی امری ضروری در عصر حاضر است و دو دلیل دارد [۱۳]:
- شتاب گرفتن تغییرات سیاسی، اجتماعی و فناوری باعث شده است که به یک چشم‌انداز دراز مدت نیاز باشد. در واقع می‌توان چنین گفت که یک خودروی سریع‌تر به چراغ‌های پرنورتری نیاز دارد!
 - عوامل جبری که ماهیت ذاتی رفتارها و ساختارهای مختلف هستند ما را ملزم می‌سازند که الآن بکاریم تا در آینده محصول مورد نظر را برداشت کنیم.
- پیش‌بینی اقدامات را روشن و روشن‌گرانه می‌سازد و به آن‌ها معنی و جهت می‌بخشد. اگر نسبت به آینده جهت‌گیری وجود نداشته باشد، زمان حال بی‌معنا خواهد بود. لذا تمام پروژه‌ها باید به وسیله تمایلات و مطلوبات به پیش رانده شوند.

۲-۱۲-۵-انواع آینده

در آینده‌پژوهی با طیفی از آینده رو به رو هستیم و آینده‌های بدیل را بررسی می‌کنیم. این آینده‌ها می‌توانند نتیجه کاوش‌های اکتشافی و یا کاوش‌های هنجاری ما باشند. لازم است تا آینده‌هایی بدیل شناسایی و تعریف شوند و بر اساس میزان احتمال و میزان مطلوبیت دسته‌بندی گردند. انواع آینده‌ها در

¹ Michel Godet

² Passiv

³ Reactive

⁴ Preactive

⁵ Proactive

⁶ Anticipative

حوزه آینده‌پژوهی در شکل ۱۵-۲) نشان داده شده است. انواع آینده‌ها و تعاریف آن‌ها به شرح زیر هستند [۱۴]:

- آینده‌های بالقوه^۱: این عالم آینده‌اندیشی است که تمام دسته‌های آینده را در خود جای داده است، حتی آینده‌هایی که تصور نشده‌اند. عموماً وقتی آینده‌پژوهان از آینده‌های بدیل صحبت می‌کنند، اصطلاح آینده‌های بالقوه را به عنوان کل آینده‌های بدیل به کار می‌برند.
- آینده‌های ممکن^۲: این دسته مبتنی بر این سؤال است که چه چیزی ممکن است رخ دهد؟ وسیع‌ترین دسته از عالم آینده‌های بالقوه است، زیرا این آینده‌ها، باز باقی می‌مانند تا توسط دانش جدید (دانش‌هایی که ممکن است ما حتی فعلاً در اختیار نداشته باشیم) به کار گرفته شوند و به چیزهایی دست یابند که در حال حاضر دور از دسترس هستند. این دسته شامل تمام آینده‌هایی است که می‌توانند کشف، ابداع، واری، ارزیابی و پیشنهاد شوند؛ حتی اگر مسیر و چگونگی تحقق آن‌ها مشخص نباشد.
- آینده‌های پذیرفتنی^۳: این آینده‌ها مبتنی بر این سؤال هستند که چه چیزی می‌تواند رخ دهد؟ این دسته شامل تمام آینده‌هایی است که شامل منطق و دانش فعلی بشر هستند.
- آینده‌های محتمل^۴: این آینده‌ها مبتنی بر این سؤال هستند که چه چیزی به احتمال زیاد رخ خواهد داد؟ در اغلب موارد این آینده‌ها نتیجه ادامه رخدادهای گذشته تا امروز و ادامه روندهای فعلی تا آینده هستند. مطالعه و برون‌یابی روندها در شناسایی این دسته مفید هستند. این دسته شامل تمام آینده‌هایی است که به احتمال زیاد رخ خواهند داد.
- آینده‌های مرجح^۵: این آینده‌ها مبتنی بر این سؤال هستند که ما تمایل داریم کدام آینده‌ها رخ بدهند؟ این دسته با دسته‌های قبلی یک تفاوت بزرگ دارد و آن این است که این آینده بیشتر جنبه عاطفی دارد در حالی که دسته‌های دیگر به جنبه‌های اطلاعات و دانش انسان مرتبط می‌شوند. به عبارت بهتر، این دسته شامل تمام آینده‌های مطلوب است که برانگیزاننده و تهییج‌کننده هستند.

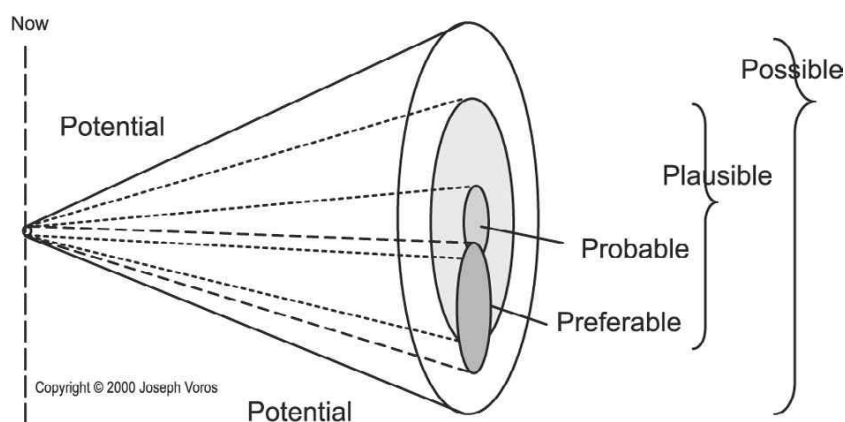
¹ Potential future

² Possible future

³ Plausible future

⁴ Probable future

⁵ Preferable future



شکل ۱۵-۲: انواع آینده در آینده‌پژوهی [۱۳]

همچنین، عنایت‌الله [۱۵] نیز دسته‌هایی دیگر از آینده را این‌گونه تعریف کرده است:

- آینده‌های مستعمل^۱: اگر تصویری که از آینده برای خود متصور هستیم، ساخته خود ما نباشد و از جایی قرض گرفته شده باشد به آن آینده مستعمل می‌گویند. به عنوان مثال، برخی از شهرهای آسیای دور الگوی پیشرفت خود را بر اساس شهرهای غربی انتخاب می‌کنند.
- آینده‌های مطرود^۲: آینده‌هایی هستند که به دلیل اینکه در حال حاضر در اولویت‌های ما نیستند، مغفول می‌مانند و اگر پاندول زمان به مکان مقابل برگردد، ممکن است این غفلت برای ما مرگ‌آور باشد. ممکن است ما به آن چیزهایی که باعث موفقیت ما شده است بیش از حد وابسته باشیم و سایر اهداف، ارزش‌ها و قابلیت‌های مهم را یکپارچه نسازیم. درست است که اولویت‌ها مهم هستند، اما به ندرت در گذر زمان ثابت می‌مانند. هومر می‌گوید: برتری‌های ما نقص‌کننده ما هستند.

۱۳-۲- گونه‌های آینده‌پژوهی

عنایت‌الله معتقد است که آینده‌پژوهی بر چهار گونه می‌باشد [۱۶]:

- آینده‌پژوهی مبتنی بر پیش‌بینی: این نوع آینده‌پژوهی مبتنی بر علوم تجربی و اجتماعی است. در آینده‌پژوهی مبتنی بر پیش‌بینی (که عده‌ای به آن empiricist یا تجربی نیز می‌گویند)، زبان خنثی فرض می‌شود و در پدید آمدن جهان واقعی مشارکت ندارد. زبان صرفاً به توصیف واقعیت می‌پردازد

¹ Used Futures

² Disowned Futures

و یک پیوند نامرئی بین نظریه و داده است. پیش‌بینی مبتنی بر این فرض است که بر جهان جبرگرایی حاکم است و آینده را می‌توان شناخت. به هر حال این دیدگاه مزیتی برای کارشناسان، متخصصان و اقتصاددانان است چرا که آینده تبدیل به حوزه‌های تخصصی و مکانی جهت شبیه‌سازی می‌شود. به‌طور کلی، گفتمان راهبردی در این چارچوب بیش از همه با اطلاعات ارزشمند سیطره دارد زیرا زمان مناسب و دامنه پاسخ‌های مقابله با تهدیدات را ارائه می‌کند. پیش‌بینی خطی تکنیکی است که بیش از سایر تکنیک‌ها به منظور آینده‌پژوهی مبتنی بر پیش‌بینی به کار گرفته می‌شود. در این گونه از سناریوها به جای آن که جهت پیشنهاد دیدگاه‌ها و جهان‌بینی‌های بدیل استفاده شود به‌عنوان انحراف‌های جزئی از محور هنجار استفاده می‌گردند.

- آینده‌پژوهی تعبیری: این آینده‌پژوهی مبتنی بر پیش‌بینی نیست، بلکه مبتنی بر ادراک تصاویری از آینده است که با هم رقابت می‌کنند. در آینده‌پژوهی تعبیری، هدف پیش‌بینی نیست بلکه بصیرت یافتن است. حقیقت نسبی فرض می‌شود و زبان و فرهنگ دوشادوش هم در خلق جهان واقعی مشارکت دارند. ما از طریق مقایسه و ارزیابی تصاویر متفاوت از آینده به بصیرت‌هایی درباره شرایط دست می‌یابیم. این نوع آینده‌پژوهی کم‌تر فنی است و اسطوره‌شناسی اهمیتی معادل با ریاضیات دارد. مأموریت اصلی این رویکرد معرفت‌شناختی است. در حالی که چشم‌اندازها در اغلب موارد در محور این رویکرد تعبیری قرار دارند، نقش ساختار نیز مهم است. از این گونه در برنامه‌ریزی و تحلیل سیاست‌های فرهنگی و برای هدف‌گذاری یا تحلیل اثر بهره گرفته می‌شود.

- آینده‌پژوهی نقادانه: از تفکر پس‌اساختاری نشأت گرفته و در پی این است که چه کسی از یک آینده خاص سود می‌برد و کدام متدولوژی‌ها به روش‌های خاصی از آینده‌پژوهی بها می‌دهند. هدف آینده‌پژوهی نقادانه و انتقادی پیش‌بینی یا مقایسه نیست، بلکه به دنبال این است که واحدهای تحلیل را مسئله‌ساز کند و آینده را بی‌تعریف سازد. به طور مثال، ما به پیش‌بینی جمعیت نمی‌پردازیم بلکه به این امر می‌پردازیم که چگونه مقوله جمعیت در گفتمان مطرح می‌شود. آینده‌پژوهی انتقادی بر این امر تصریح دارد که وضعیت موجود شکننده است و صرفاً ناشی از غلبه یک گفتمان خاص و یا یک روش دانستن خاص بر دیگران است. هدف تحقیق انتقادی برهم زدن روابط فعلی قدرت می‌باشد که این امر را از طریق مسئله‌سازی برای مقوله‌ها و دسته‌بندی‌های ما، فراخواندن مکان‌های دیگر و فراخواندن سناریوهای دیگر آینده انجام می‌دهد.

- آینده پژوهی یادگیری مشارکتی حین اقدام: این گونه، روشی دموکراتیک تر است. در آینده پژوهی نوع چهارم، یادگیری مشارکتی حین عمل، کلید و محور توسعه تخمین های محتمل، ممکن و مرجح آینده بر اساس دسته های ذینفعان است. در واقع هر یک از ذینفعان آینده های مدنظر خود را بر مبنای فرضیه های شان ایجاد می کنند و مشخص می کنند چه چیزی برای آن ها حیاتی است. آینده از طریق مشارکت عمیق ساخته می شود. یادگیری محتوایی جای خود را به یادگیری فرایندی می دهد. در نتیجه آینده در اختیار کسانی قرار می گیرد که به آن علاقه مندند. از این گذشته، هیچ پیش بینی یا چشم انداز کامل و بی نقصی وجود ندارد. آینده به طور مستمر مورد بازنگری و پرسش قرار می گیرد. نه تنها محصول، سیستم و فرایند مورد پرسش قرار می گیرند، بلکه در مورد تصویر آینده نیز پرسش می شود. چه کسی مالک آن است؟ چگونه در فناوری گردش می یابد؟ آیا این تصویر چشم انداز ساز است؟ آیا فنی است؟ آیا یک بیانیه رسمی چشم انداز وجود دارد و اگر وجود دارد آیا به هدایت تصمیم گیری می پردازد یا صرفاً تشریفاتی است؟ این گونه از آینده پژوهی بیشتر به منظور تصمیم گیری های جمعی و ارائه راهکارهای حل چالش استفاده خواهد شد.
- با مرور چهار گونه آینده پژوهی معرفی شده توسط عنایت الله، به نظر می رسد که رویکرد مورد استفاده در این بخش باید مبتنی بر گونه آینده پژوهی تعبیری باشد تا بتواند بدون دخل و تصرف به توصیف آینده پردازد و اطلاعات لازم را برای متخصصان حوزه HSE در صنعت برق فراهم آورد.

۱۴-۲- نیروهای مؤثر بر آینده

در رویکرد جدید آینده پژوهی، وقوع آینده وابسته به برهم کنش نیروهای مختلفی در نظر گرفته می شود که در سه دسته فشار حال، کشش آینده و اثر گذشته تحت عنوان رؤس مثلث آینده (شکل ۱۶-۲) دسته بندی می گردند. در ادامه به تشریح این سه دسته نیرو پرداخته شده است.



شکل ۱۶-۲: مثلث نیروهای مؤثر بر آینده [۱۷]

- کشش آینده: از این دسته نیروها تحت عنوان تصویرهای رقیب آینده نیز یاد می‌شود و همان‌طور که از اسم این دسته مشخص است این تصاویر اثر کششی داشته و بر اثر این نیروهای کششی وضع موجود به سمت آینده سوق پیدا می‌کند. از رویکردهای مبتنی بر تحقق آینده با استفاده از این دسته نیروها، تدوین بیانیه چشم‌انداز و حرکت در مسیر تحقق آن می‌باشد.
 - فشار حال: از منظر آینده‌پژوهی، یکی از دسته نیروهای مؤثر بر وقوع آینده وضعیت کنونی و روند جاری است. روندها (الگوهای پایدار تغییر در حوزه‌های مختلف) ویژگی، ماهیت و دلایل وقوعی دارند که این دلایل می‌تواند سبب حرکت وضعیت کنونی به آینده شود و به عبارتی می‌توان گفت که نقش نیروهای پیشران جهان، جامعه، سازمان و یا صنعت به سمت آینده را بازی می‌کنند.
 - وزن گذشته: وزن گذشته یا نیروی مقاومت در برابر تغییر، نیرویی است که با در نظر گرفتن گذشته به عنوان واقعیت‌های حاکم، مانعی در برابر حرکت به سمت تصویرهای آینده مطلوب می‌شود. این نیروها اینرسی سیستم در مقابل تغییر و حرکت به سمت آینده هستند که می‌توانند آینده را به جهتی خلاف آینده مطلوب سوق دهند. با توجه به این مسئله آینده‌های مختلفی قابل تصور است و دیگر مفهومی به نام آینده قطعی وجود ندارد.
- لازم به ذکر است که در آینده‌پژوهی به هر سه دسته نیروهای مؤثر باید توجه شود و برنامه‌ریزی مناسب باید به گونه‌ای انجام پذیرد که این نیروها و اثرات آن‌ها کمتر اثر منفی بر وقوع آینده مطلوب را داشته و تا حد امکان آینده‌های محتمل را به سمت آینده‌های مطلوب سوق دهند.

۱۵-۲- ضرورت آینده پژوهی

بسیاری از حوادث و رویدادهای آینده قابل پیش‌بینی هستند. دخالت انسان در این روند موجبات تغییر و تحولات مطلوب را ایجاد خواهد کرد. اما در اغلب موارد اشتغال به زمان حال و تلاش در جهت رفع مشکلات موجود، مانع از آن می‌شود که مدیران و تصمیم‌گیرندگان به آینده بی‌اندیشند؛ حال آنکه مشکلات کنونی ناشی از عدم شناخت آینده‌ای بوده است که اینک زمان حال نامیده می‌شود. به بیان روشن‌تر، بحران‌ها و مشکلات کنونی، موجه‌ترین دلیل برای اندیشیدن پیرامون دربارهی آینده است. ناگفته پیداست که بحران‌های امروز نتیجه قهری نپرداختن به موانع و مشکلات، قبل از بروز آن‌ها به شکل بحران است.

عامل دیگری که پرداختن به آینده را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد، در سرعت تحولات نهفته است. ورود محصولات فناورانه تازه به بازارها، رقابتی فراگیر در حوزه‌ی اقتصاد و فرهنگ را موجب خواهد شد و قطب‌های تازه‌ای را در عرصه دانش و فناوری پدیدار خواهد کرد. در این کشاکش و جدال نفس‌گیر، بقا و افزایش سهم از ثروت و قدرت جهانی عمده‌ترین دغدغه‌های دولت‌ها، ملت‌ها و پیمان‌های فراملی است. تردیدی نیست که جهان آینده جولانگاه تحولات و ناپایداری‌ها است و تنها کسانی یارای ایستادگی در برابر تندباد رویدادها و حوادث را دارند که به شیوه‌ای کنش‌گرانه و پیش‌دستانه به پیشواز تغییر بشتابند و حتی خود، عامل و کنش‌گر تغییرهای دلخواه باشند. ماندگاری و توسعه در جهان فرارو نیازمند کشف و شناسایی پیش‌دستانه رویدادها و معماری جهان دلخواهی است که می‌تواند زادگاه آرمان‌های یک سازمان یا ملت باشد. دستیابی به این توانمندی نیازمند چیرگی بر دانش راهبردی آینده‌پژوهی و کاربست آن در عرصه عمل و رقابت‌های آینده است. حرکت و طی طریق در این محیط ابهام و دودلی جز با رازگشایی از رویدادهای در حال شکل‌گیری، امکان‌پذیر نخواهد بود. بی‌سبب نیست که اینک دانش آینده‌پژوهی عمده‌ترین مغزافزار و دست‌افزار در قلمرو تصمیم‌سازی و رقابت‌های گوناگون است.

از این رو، باید توجه داشت که حضور عاملان در روند تحولات آینده، کاهش تهدیدات و افزایش فرصت‌ها و گزینه‌ها، نیازمند رویکردی آینده‌پژوهانه است که امکان کنشگری در رخدادهای آینده را فراهم می‌سازد.

۱۶-۲- اهمیت آینده‌پژوهی

سرعت تغییرات آن‌چنان سرسام‌آور است که دیگر نمی‌توان با روش‌های سنتی با آن‌ها کنار آمد. «اگر با تغییرات همگام نشوید، زیر چرخ عظیم تغییر خرد خواهید شد». اما آیا امکانی برای اطلاع یافتن از آینده برای ما وجود دارد؟ قطعاً در مورد آینده هیچ چیز یقینی وجود ندارد و این از اصول اولیه آینده‌شناسی است. اما اصل دیگری هم وجود دارد که بیان می‌دارد انسان می‌تواند در سرنوشت آینده تأثیرگذار باشد. در این میانه دانشی زاده می‌شود که سعی می‌کند با پیش‌بینی عوامل مؤثر در تغییرات آینده به صورتی دوگانه، هم مهار تغییرات را در دست گیرد و هم جامعه را برای این تغییرات آماده کند. آینده‌پژوهی فراتر از پیش‌بینی است و ادعای پیش‌گویی هم ندارد. آینده‌پژوهی هنر شکل دادن به آینده است، به آن شکل که آینده را می‌خواهیم. کسانی که این دانش را در دست دارند هم اکنون هم به آینده جهان به دلخواه و مطلوب خود، شکل می‌دهند. می‌توان کشورها و جوامعی را دید که نتوانستند خود را با تحولات سازگار کنند و از این جهت از هم فروپاشیدند. آن‌ها ذات تغییر را درست نشناختند. آینده‌شناسی از این منظر دانش شناخت تغییرات است. شناخت آینده از حیاتی‌ترین علوم مورد نیاز هر انسانی است.

جیمز ایگلوی^۱، آینده‌شناس و مدیر شبکه جهانی تجارت بیان می‌دارد که اگر بخواهیم انسان خوبی باشیم، ناگزیر باید آینده‌پژوه باشیم. از منظر آزادی انسان، تصور آینده‌های گوناگون و سپس انتخاب میان آن‌ها موضوع بسیار حائز اهمیتی است. عکس این مدعا هم درست است. برای اینکه آینده‌پژوه خوبی باشیم، باید بخواهیم که انسان خوبی باشیم، و به عبارت دیگر، نگران رفاه و سعادت دیگران باشیم. در این راستا لازم است بصیرت افراد نسبت به آینده به دانشی فراتر از اینکه «آینده چه هست؟» و حتی فراتر از اینکه «چه می‌تواند باشد؟» مجهز شود. جان کلام این است که این بصیرت باید به احساسی از اینکه «آینده چه باید باشد؟» مسلح گردد. همچنین، ریچارد اسلاتر، بنیان‌گذار مرکز مطالعات آینده استرالیا معتقد است که در قرن بیست و یکم بایستی تفکر آینده‌نگرانه رواج یافته و مورد پذیرش همگانی قرار گیرد؛ درست همان‌طور که تفکر درباره‌ی گذشته و حال چنین شده است. در غیر این صورت مطمئناً راه دشواری را در پیش رو خواهیم داشت.

¹ James Igloy

۱۷-۲-اهداف آینده پژوهی

اهداف و کاربردهای متنوعی برای آینده پژوهی در نظر گرفته می شود که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شناخت و درک صحیح از مسائل نوظهور و جدید و تعیین نحوه برخورد و مواجهه با آنها
- انجام برنامه ریزی های بلندمدت و کوتاه مدت و پیشگیری از نتایج زیان بار بروز رویدادهای پیش بینی نشده
- مطالعه و تحقق درخصوص رشد فناوری در آینده و بهره گیری از آنها به منظور تعیین مسیر تحقیق و توسعه
- جهت دهی فناوری های آینده به منظور دستیابی به اهداف ملی و کلان کشور
- ایجاد نگرشی سیستماتیک، منظم و منطقی نسبت به تحولات آینده زندگی بشری

۱۸-۲-روند آینده HSE در صنعت برق

در بخش های قبل به تشریح تعاریف اولیه و مبانی آینده پژوهی پرداخته شد. همچنین، در فصل قبل در رابطه با انواع زیرفناوری ها و زیرسیستم های HSE در صنعت برق توضیحاتی ارائه گردید. لذا، در این بخش از گزارش می بایست به روند توسعه، تحولات و پیشرفت فناوری های مختلف HSE و ارتباط و تاثیر متقابل آنها در صنعت برق و انرژی پرداخته شود. لیکن، از آنجا که گونه آینده پژوهی انجام شده در این پروژه از جنس آینده پژوهی تعبیری است (همانطور که در بخش ۱-۶ بیان شد)، در فصل حاضر سعی در پیش بینی روند تغییرات آینده HSE نخواهیم داشت. دلیل این موضوع این است که علی رغم مطالعات و جستجوهای مختلف کتابخانه ای و میدانی انجام شده، این نتیجه حاصل شد که روند توسعه HSE در هر نیروگاه و صنعت کاملاً وابسته به رویکردها و جریان های تفکری داخلی آن نهاد بوده و نمی توان برداشت همگرایی را نسبت به روندهای متفاوت داشت. همچنین، آینده HSE صنعت برق مبتنی بر توسعه فناوری های نوین نیست و بیشتر به تکامل و اجرایی سازی پروتکل ها و رویه های اجرایی باز می گردد. از این رو، در این بخش از گزارش سعی شده است تا نتایج مطالعات انجام گرفته در راستای شناسایی فناوری ها و سیستم های نوین HSE در صنعت برق در درخت فناوری منعکس گردد و در بخش آینده پژوهی گزارش نشود.

نتیجه گیری

در گزارش حاضر، به تبیین دلایل توجیه پذیری و ضرورت تدوین سند راهبردی محیط زیست، بهداشت و ایمنی در بخش های تولید و توزیع صنعت برق پرداخته شد. در این راستا، ضرورت پرداختن به موضوع سند از منظر اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و قانونی مورد بررسی قرار گرفت و ضرورت تدوین سند تشریح گردید. همچنین، مفهوم سند راهبردی و روش شناسی تدوین آن نیز مورد نظر قرار گرفته و روش پیشنهادی برای تدوین سند حاضر معرفی شد. در انتها نیز علاوه بر تعیین محدوده مطالعات و گستره تدوین سند، مشخصه های راهبردی مرتبط با موضوع سند بررسی و تشریح شدند.

در گزارش حاضر سعی بر آن بوده است تا الزامات اولیه را برای ورود به مرحله بعدی تدوین سند، یعنی مرحله هوشمندی راهبردی، فراهم سازیم و با داشتن اطلاعات کلی اولیه بتوانیم فازهای بعدی را با دقت بیشتر و مبتنی بر روش شناسی علمی و کارشناسی شده پیش ببریم. امید است که مطالب ارائه شده در گزارش مرحله اول پروژه بتواند راهگشای مراحل بعدی بوده و ما را در تدوین هر چه بهتر ادامه سند یاری کند. لازم به ذکر است که مطالب ارائه شده در گزارش این مرحله صرفاً به منظور تبیین محدوده تدوین سند و روش تدوین بوده است و خروجی های آن به صورت مستقل رویکرد مشخصی را برای توسعه پیشنهاد نمی کنند.

در مرحله بعدی از پروژه حاضر، زیرسیستم های ارتقاءدهنده HSE در صنعت برق در حوزه تولید و توزیع شناسایی شده و طبقه بندی خواهند شد.

فهرست منابع

1. International Labour Organization, 2019, https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm.
2. Rahmani, A., Khadem, M., Madreseh, E., Aghaei, H.-A., Raei, M., and Karchani, M., 2013, Descriptive study of occupational accidents and their causes among electricity distribution company workers at an eight-year period in Iran, *Safety and health at work*, 4(3) 160-165.
3. Douglas J. Smith IEng, Power Plant Accidents are Still a Concern, 2001, <https://www.power-eng.com/2001/08/01/power-plant-accidents-are-still-a-concern/#gref>.
4. Haag, M., 2017, 2 Killed in Power Plant Explosion Near Tampa, Florida, *The New York Times*, <https://www.nytimes.com/2017/06/29/us/tampa-big-bend-power-plant-accident.html>.
5. Proctor, D., 2017, *News & Technology for the Global Energy Industry*. <https://www.powermag.com/report-human-error-to-blame-in-fatal-india-plant-accident/>
۶. خبرگزاری مهر، ۱۳۸۸، <https://mehrnews.com/news/876920>
۷. مهدوی، ا. و نورایی، پ.، ۱۳۹۴، مطالعه موردی : حوادث شرکت توزیع نیروی برق استان کرمانشاه، بیستمین کنفرانس توزیع برق.
۸. نقوی کنجین، ز.، یزدانی دماوندی، ع. ۱۳۹۰، بررسی حوادث شغلی شرکت توزیع نیروی برق استان البرز از سال ۱۳۸۴ الی ۱۳۸۸، هفتمین همایش سراسری بهداشت حرفه ای.
۹. علیزاده، ش.، نجومی، س.، رسول زاده، ی.، ورمزیار، س.، زرانژاد، ع.، عباسی، م.، بررسی مطالعات مرتبط با حوادث شغلی از ابتدای سال ۱۳۸۰ الی پایان ۱۳۹۳ در ایران: مرور سیستماتیک.

10. Mosavi, S., 2002, Epidemiology and etiology of orthopedic accidents during work, *Journal of rehabilitation (UWRS)*, 29-34.

11. Pope, R., 1994, Structural Deficiencies of Natural Draught Cooling Towers at UK Power Stations. PART 1: Failures at Ferrybridge and Fiddlers Ferry, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*. 1-10.

۱۲. غلام زاده، ب.، ۱۳۹۷، پیشگیری و بررسی علل حادثه ی نیروگاه حرارتی سهند بناب، دومین همایش بین المللی مهندسی برق، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات.

۱۳. معاضدی، ا.، ۱۳۸۰، تحلیل علل وقوع یک حادثه در نیروگاه منتظر قائم و ارائه راه حل جهت پیشگیری از حوادث مشابه، شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق.

۱۴. بیمه ایران، خسارات بزرگ پرداختی بیمه آتش سوزی،
<https://iraninsurance.ir/%D8%AE%D8%B3%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A8%D8%B2%D8%B1%DA%AF-%D9%BE%D8%B1%D8%AF%D8%A7%D8%AE%D8%AA%DB%8C-%D8%A8%DB%8C%D9%85%D9%87-%D8%A7%D8%AA%D8%B4-B2%DB%8C.%D8%B3%D9%88%D>

۱۵. بیمه ایران، خسارات بزرگ پرداختی بیمه آتش سوزی، -
<http://iraninsurance.ir/%D8%AE%D8%B3%D8%A7%D8%B1%D8%AA-%D9%BE%D8%B1%D8%AF%D8%A7%D8%AE%D8%AA%DB%8C-%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DA%AF%D8%A7%D9%87-%D9%85%D8%B3%D8%AC%D8%AF-%D8%B3%D9%84%DB%8C%D9%85%D8%A7%D9%86>

۱۶. امینی، ف.، زاده، م.ش.، فتاحی، ل.ص.، توانپور، م.، سلیمانپور، پ.آ.، فرمد، م.، قهرمانی، ن.گ. و خودی، م.، ۱۳۹۷، تراز نامه انرژی سال ۱۳۹۵، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو.

17. Shafie-Pour, M. and Ardestani, M., 2007, Environmental damage costs in Iran by the energy sector, *Energy Policy*. 4413-4423.

18. Council, D.P., 2013, Technical Support Document:-Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis-Under Executive Order 12866, *Environmental Protection Agency*.

۱۹. وزارت نیرو، ۱۳۹۸، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید نیروی برق در سال ۱۳۹۷، شرکت مادر تخصصی توانیر.

20. Macías, P. and Islas, J., 2010, Damage costs produced by electric power plants: An externality valuation in the Mexico City Metropolitan Area, *Science of the total environment*. 4511-4523.

21. Jorli, M., Van Passel, S., Sadeghi, H., Nasser, A., and Agheli, L., 2017, Estimating human health impacts and costs due to Iranian fossil fuel power plant emissions through the impact pathway approach, *Energies*. 21-36.

۲۲. امیراحمدی، ع.، امیراحمدی، م. و امیراحمدی، م.، ۱۳۹۷، میدان الکترومغناطیسی و پوشش گیاهی، چالش های صنعت برق در حوزه های سلامت و محیط زیست، پنجمین همایش و نمایشگاه محیط زیست و بحران های پیش رو

۲۳. ابدی، ط.، قاصدی، آ.س.، عابدی، ر. و روانبخش، م.، ۱۳۸۹، اثرات خطوط انتقال برق بر پوشش گیاهی اکوسیستم های طبیعی (مطالعه موردی: پارک جنگلی سراوان، گیلان)، همایش ملی سلامت، محیط زیست، و توسعه پایدار.

۲۴. قناتی، پ.، بهمنش، ف.، عبدالمالکی، پ. و قهرمانی نژاد، م.، ۲۰۱۳، حفظ تمامیت غشا و تحریک سامانه آنتی اکسیدان گیاه گندم تحت تأثیر میدان مغناطیسی ایستا و متناوب در فاز رویشی، *فرآیند و کارکرد گیاهی*، دوره ۲، شماره ۳، ۱۰-۱.

۲۵. فراهانی، س.، رضازاده، ع. و شاهوردی، م.، ۲۰۱۵، تأثیر میدان الکترومغناطیس و امواج فراصوت بر جوانه زنی بذر زیره سبز (*Cuminum cyminum*)، *پژوهش های بذر ایران*. دوره ۱، شماره ۲، ۱۱۸-۱۰۹.

26. Scott, A. and Seth, P., 2013, The political economy of electricity distribution in developing countries, *Overseas Development Institut*.

۲۷. قانون کار جمهوری اسلامی ایران، وزارت دادگستری – وزارت کار و امور اجتماعی، ۱۳۶۹.
۲۸. سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو، وزارت نیرو، ۱۳۹۰.
۲۹. ابلاغیه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۹۳/۰۳/۱۸.
۳۰. نظامنامه مدیریت محیط‌زیست، ایمنی، بهداشت و امور اجتماعی، وزارت نیرو، ۱۳۹۶/۰۵/۰۸.
31. Martin, B., 2001. Technology foresight in a rapidly globalizing economy, the Regional Conference on Technology Foresight for Central and Eastern Europe and the Newly Independent States, Vienna.
32. Foxon, T., Pearson, P., 2008. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime. *Journal of Cleaner Production*, 16 (1), 148-161.
33. Voss, J., Bauknecht, D., Kemp, R., 2006. Reflexive Governance for Sustainable Development. Edward Elgar Publishing.
34. Loorbach, D., 2010. Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. *Governance: An International Journal of Policy*, 23(1), 161-183.
35. Jessop, B., 1997. The Governance of Complexity and the Complexity of Governance: Preliminary Remarks on Some Problems and Limits of Economic Guidance, *In Beyond Market and Hierarchy. Interactive Governance and Social Complexity*. Edward Elgar Publishing
36. Jaeger, C.C., Barker, T., Edenhofer, O., Faucheux, S., Hourcade, J.C., Kasemir, B., O'Connor, M., Parry, M., Peters, I., Ravetz, J., 1997. Procedural leadership in climate policy: a European task. *Global Environmental Change*, 7 (3), 195-203
37. Edelenbos, J., 1999. Design and Management of Participatory Public Policy Making. *Public Management*, 1(4), 569-578.
38. Klijn, E.H., Koppenjan, J.F.M., 2000. Public management and policy networks Public Management, *International Journal of Research and Theory*, 2, 135-158.

۳۹. باقری مقدم، ن.، قاضی‌نوری، س.، معلمی، ع.، موسوی درچه، م.، ۱۳۹۷، روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های ملی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، شابک ۹۶۴-۹۷۸-۸۰۴۱-۹۲-

۷

40. Kaufmann, A., Tödtling, F., 2001. Science-industry interaction in the process of innovation: the importance of boundary-crossing between systems. *Research Policy*, 30 (5), 791-804.
41. European Agency for Safety and Health at Work, 2014. Strategic Plan for Safety and Occupational Health. <https://osha.europa.eu/en/about-eu-osha/what-we-do/mission-and-vision>
42. Britain Health and Safety Commission, 2001. Strategic Plan Summary, <https://www.hse.gov.uk/aboutus/strategiesandplans/hscplans/strategicplan0104/misc319a.pdf>
43. OSHA-Malta, 2015. Strategic Plan for Occupational Health and Safety. http://ohsa.org.mt/Portals/0/Docs/PoliciesProcedures/OHSA%20Strategic%20Plan%202014_%202020.pdf
44. Well Networks, 2015. Health and Safety Strategy. <https://www.wel.co.nz/UserFiles/WelNetworks/File/Final%20Health%20and%20Safety%20Strategy.pdf>
45. UAE HSE Forum, 2017. UAE 2021 Safety Goals. <http://www.hssreview.com/events/event-news/hse-forum---'realising-the-uae's-vision-2021-safety-goals'>
46. Florida University, 2016. Safety First: Environmental Health and Safety Strategic Plan. https://ehs.fiu.edu/_assets/images/about/ehs-strategic-plan.pdf
47. Cementation Canada Inc., 2017. Developing a 5 Year Strategic Safety Plan. https://www.workplacesafetynorth.ca/sites/default/files/resources/Mining_Steve%20Wrixon_Developing%20a%205%20Year%20Strategic%20Safety%20Plan_0.pdf
48. Malaysia Ministry of Industry, 2015. Strategic Plan for Occupational Safety and Health in SMI Sector

۴۹. دانشگاه تبریز، ۱۳۹۴، چشم‌انداز ۱۰ ساله بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست،
<https://www.yjc.ir/fa/news/6312920/> سند چشم‌انداز ۱۰-ساله -
بهداشت-ایمنی-و-محیط-زیست

۵۰. وزارت نفت ایران، اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست و پدافند غیرعامل، ۱۳۹۷، کتابچه اهداف و
محورهای اصلی اداره کل HSE و پدافند غیرعامل.

۵۱. پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی محیط‌زیست، ۱۳۹۴. سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری مدیریت
آلاینده‌ها (هوا، آب و خاک) در صنعت برق.

۵۲. پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی فشار قوی، ۱۳۹۸. سند راهبردی و نقشه راه توسعه HSE در بخش
انتقال صنعت برق.

53. Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., Rickne, A., 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research policy*, 31 (2), 233-245.
54. Chiesa, V., 2001. R & D strategy and organisation: managing technical change in dynamic contexts. *Imperial College Pr.*
55. Khalil, T.M., 2000. Management of Technology: The Key To Competitiveness And Wealth Creation. *McGraw-Hill*.
56. Sharif, N., 1998. Management of Technology Transfer & Development. *APCTT*.
57. Zeleny, M., 1986. High Management Technology, *Human Systems Management*, 6, 109-120.
58. APCTT, 1989. Atlas technology: a framework for technology planning. *Asian and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT) publication*.
59. Dussauge, P., Ramanantsoa, B., 1987. Technologie et stratégie d'entreprise. *EDISCIENCE International*
60. Ford, D., 1988. Develop your technology strategy. *Long Range Planning* 21, 85-95.
61. Pavitt, K., 1984. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research policy*, 13, 343-373.

62. Steele, L.W., 1986. Technology maturation and technology substitution. *New York: McGraw Hill*.
63. Iyigun, M., 2006. Clusters of invention, life cycle of technologies and endogenous growth. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30, 687-719.
64. Kim, B., 2003. Managing the transition of technology life cycle. *Technovation*, 23, 371-381.
65. Sekhar, J.A., Dismukes, J.P., 2009. Generic innovation dynamics across the industrial technology life cycle: Platform equation modeling of invention and innovation activity. *Technological Forecasting and Social Change*, 76, 192-203.
66. Steele, L.W., 1992. Technology maturation and technology substitution. *IEEE Engineering Management Review*, 18 (1), 11-24.

