

Original Article

Environmental Risk Modeling of Maintenance Processes in Zanjan's Transmission and High-Voltage Electrical Substations Using Innovative Integrated FMEA and ETBA Methods

Hamid Sarkheil,^{1*} Masoud Sadeghian,² Ahmad Talebi,² Armita Partovi Hajidehi¹

¹ College of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

² College of Environment, Department of Environment, Tehran, Iran

Introduction: Risk assessment, particularly in the environmental domain, serves as a fundamental tool for identifying, controlling, and mitigating the hazards associated with human and industrial activities. This process enables systematic management and prevention of adverse outcomes by conducting a comprehensive analysis of potential threats. Through the application of reduction, elimination, and substitution strategies, high-severity and high-likelihood risks can be identified and mitigated to lower levels. Such measures facilitate the balance between human activities and environmental protection, effectively preventing further ecosystem degradation. Integrating environmental risk assessment into various stages of project planning and implementation ensures that potential threats are identified and managed effectively, minimizing negative impacts. This approach plays a vital role in fostering sustainability and responsibly managing natural resources, ultimately enhancing the quality of life and preserving these resources for future generations.

Material and Methods: This study investigates environmental issues in the maintenance processes of transmission and high-voltage electrical substations in Zanjan during 2018, using two models: Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA). A total of 64 risks were identified in each model.

Results and Discussion: The integration of these two methods allowed for a comprehensive identification of environmental hazards, including risks such as energy losses, harm to birds and animals, and hazardous waste. Recommendations for risk control and management were provided, such as fencing the equipment and sealing canal entrances and exits to prevent animals from entering. The analysis outcomes included identifying energy types and their sudden or unwanted release, evaluating barriers and energy control systems, calculating risk numbers, assessing barrier efficiency, and proposing actions for risk reduction and the resulting residual risk.

Conclusion: In this study, risk assessment was conducted using the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA) methods, which demonstrated that the level and identification of risks were similar in both approaches. Among the most significant risks identified was energy loss, for which

* Corresponding Author Email Address: Sarkheil@ut.ac.ir

mitigation strategies such as network optimization, equipment upgrades, proper maintenance planning, and reducing leaks were recommended. For moderate risks, such as harm to animals and birds, solutions like fencing equipment, insulating busbars, and studying animal behavior in the region were suggested. In managing hazardous waste, such as mineral oils, the study recommended developing comprehensive guidelines, proper collection, and delivery to recycling centers. Additionally, reducing water and electricity consumption was emphasized through measures such as drip irrigation, energy-efficient equipment, and double-glazed windows. Finally, for managing administrative waste and minimizing paper use, the study advocated for the development of digital systems and promoting awareness and training in waste segregation, which significantly contribute to pollution reduction and continuous improvement.

Keywords: Failure Mode and Effects Analysis, Energy Trace and Barrier Analysis, Power Industry, Transmission and High-Voltage Substation, Maintenance

مدلسازی ریسک زیست محیطی فرآیند تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق

توزیع برق زنجان با استفاده از روش‌های نوین یکپارچگی FMEA و ETBA

حمید سرخیل^۱، مسعود صادقیان^۲، احمد طالبی^۲، آرمینا پرتوی حاجی دهی^۱

^۱ گروه فرآوری و محیط زیست معدنی، دانشکده مهندسی معدن، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

سابقه و هدف: ارزیابی ریسک به‌ویژه در حوزه زیست‌محیطی ابزاری کلیدی برای شناسایی، کنترل و کاهش مخاطرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و صنعتی است. این فرآیند با تحلیل جامع تهدیدهای موجود، امکان مدیریت نظام‌مند و پیشگیری از پیامدهای منفی را فراهم می‌کند. با به‌کارگیری رویکردهای کاهش، حذف و جایگزینی، می‌توان ریسک‌های با شدت و احتمال بالا را شناسایی و به سطح پایین‌تری کاهش داد. این اقدامات به ایجاد تعادل میان فعالیت‌های انسانی و حفاظت از محیط‌زیست کمک کرده و از تخریب بیشتر اکوسیستم‌ها جلوگیری می‌کند. ادغام ارزیابی ریسک زیست‌محیطی در مراحل مختلف برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌ها تضمین می‌کند که تهدیدها شناسایی و کنترل شده و تأثیرات منفی به حداقل ممکن برسد. این فرآیند نقش مهمی در ایجاد محیطی پایدار و مدیریت صحیح منابع دارد، که در نهایت به ارتقاء کیفیت زندگی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده منجر می‌شود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به بررسی مسائل محیط زیست در بخش فرآیند تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق توزیع برق در استان زنجان در سال ۱۳۹۷، با استفاده از دو مدل؛ ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات^۱ و ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظت‌ها^۲ پرداخته شده است. که در هر یک از مدل‌های مورد اشاره، تعداد ۶۴ ریسک شناسایی شد.

نتایج و بحث: در نتیجه تلفیق این دو روش ریسک‌های محیط‌زیستی به طور کامل شناسایی شد. که از آن جمله می‌توان به ریسک تلفات انرژی، آسیب به پرندگان و حیوانات، پسماندهای ویژه اشاره نمود. در پایان برای کنترل و مدیریت ریسک پیشنهاداتی ارائه شد. که از آن جمله: محصور کردن تجهیزات با فنس، بستن وروی و خروجی کانال‌ها برای جلوگیری از ورود حیوانات به داخل کانال را می‌توان نام برد. نتایج این تحلیل شامل شناسایی انواع مختلف انرژی و نحوه رها شدن ناگهانی و غیرمنتظره آن‌ها، شناسایی انواع موانع و سیستم‌های کنترل انرژی،

[†] Corresponding Author Email Address: Sarkheil@ut.ac.ir

[‡] Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

[§] Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA)

تعیین اهدافی که ممکن است تحت تأثیر آزادسازی ناخواسته انرژی قرار گیرند، محاسبه مقادیر ریسک مربوطه، ارزیابی عملکرد موانع و سیستم‌های کنترل انرژی، و ارائه توصیه‌هایی برای کاهش سطح ریسک و تعیین مقدار ریسک باقیمانده بود.

نتیجه گیری: این مطالعه با استفاده از دو روش FMEA و ETBA به ارزیابی جامع ریسک‌های زیست‌محیطی در فرآیند تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق‌توزیع برق استان زنجان پرداخته شد با شناسایی و تحلیل ۶۴ ریسک، نشان داده شد که سطوح شناسایی ریسک‌ها در هر دو روش مشابه است. از مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی شده، تلفات انرژی بود که کاهش آن از طریق اصلاح و توسعه شبکه، بهینه‌سازی تجهیزات، برنامه‌ریزی مناسب برای تعمیرات و کاهش نشتی‌ها پیشنهاد شد. برای ریسک‌های متوسط نظیر آسیب به حیوانات و پرندگان، راهکارهایی چون محصور کردن تجهیزات با فنس، عایق‌کاری باسبارها، و مطالعه رفتارشناسی حیوانات منطقه ارائه شد. در زمینه مدیریت پسماندهای خطرناک، مانند روغن‌های معدنی، تدوین دستورالعمل‌های جامع، جمع‌آوری مناسب و تحویل به مراکز بازیافت پیشنهاد شد. همچنین، کاهش مصرف آب و برق با اقداماتی از جمله استفاده از آبیاری قطره‌ای، تجهیزات کم‌مصرف و پنجره‌های دوجداره تأکید گردید. در نهایت، برای مدیریت پسماندهای اداری و حذف کاغذ از فرآیندهای اداری، توسعه سیستم‌های دیجیتال و فرهنگ‌سازی در تفکیک و مدیریت پسماند مطرح شد که نقش مؤثری در کاهش آلودگی‌ها و بهبود مستمر ایفا می‌کند.

واژه های کلیدی: حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن، ردیابی انرژی‌ها و تجزیه و تحلیل حفاظ‌ها، صنعت برق، پست انتقال و فوق توزیع، تعمیر و نگهداری

مقدمه

امروزه اثرات ناشی از مخاطرات محیط زیستی، موجب نگرانی‌های عده‌ای شده است. در دهه‌های اخیر توجه به عواقب محیط زیستی‌ها و برنامه طرح‌ها و ریسک مربوط به وقوع آن به نحو مختلف مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است. یکی از مقوله‌های مهم در این عرصه که کمتر به آن توجه شده، ارزیابی ریسک محیط زیستی است که می‌تواند به عنوان ابزار مناسبی برای بررسی آثار فعالیت‌های بشر بر محیط زیست به کار رود (Abbasi, 2013; Sarkheil et al., 2016).

باتوجه به رشد و توسعه تکنولوژی‌های نوین و لزوم بکارگیری نیروی برق جهت بهره برداری از این تکنولوژی‌ها مصرف برق و به تبع آن صنعت تولید، انتقال و توزیع برق در همه کشورها از جمله کشورمان رشد زیادی داشته است. با توجه به اینکه حیطه‌های جدید اثرگذاری صنعت برق بر انسان‌ها و محیط زیست مطرح می‌باشد (Rahmani and Omidari, 2015)، لازم است اثرات سوء احتمالی آن‌ها مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد و به منظور حذف، پیشگیری و یا کنترل حوادث و پیشامدهای ناگوار و بحران‌های احتمالی تدابیر لازم اتخاذ گردد (Eskandari et al., 2012). مدیریت ریسک با برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هدایت و کنترل فعالیت‌ها و دارایی‌های سازمان، اثرات سوء بر عملکرد و اقتصاد را که ممکن است بر اثر حوادث رخ دهد، به حداقل ممکن کاهش می‌دهد (Heidi et al., 1999). به طور کلی، ریسک‌ها را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد، اما می‌توان به حد قابل قبول کاهش داد (Sarkhil, and Tavakli, 2015; Sarkheil et al., 2017). بنابراین هدف مدیریت ریسک ایجاد یک چارچوب نظام مند و مستمر به منظور شناسایی، ارزیابی، حذف، کنترل، پیشگیری، کاهش و ابلاغ ریسک‌ها است. لذا در فرآیند مدیریت ریسک، تصمیمات بر اساس مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و سطوح ریسک تعیین شده اتخاذ می‌گردد (Andrew, 2003; Allen et al., 2009). در بخش فرآیند تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق توزیع برق در استان زنجان به دلیل نیاز به تعمیر، نصب و جایگزینی تجهیزات الکترونیکی (رله‌های حفاظتی، تابلوهای برق، تابلوهای مخابراتی و...)، انتشار گاز هگزا فلوراید گوگرد¹ روغن‌های ترانس، مقره‌های سرامیکی، اسید سولفوریک، گازوئیل، زباله و مواردی از این قبیل آلودگی محیط زیست و وجود شرایط نایمن برای پرسنل و تجهیزات وجود خواهد داشت که شناسایی دقیق آن‌ها و بررسی ابعاد حوادث احتمالی و ارتباط جمعی بین این حوادث و ریسک‌ها می‌تواند سودمند باشد.

در طول سالیان گذشته فرآیند شناسایی علل ریشه‌ای حوادث و نقص سیستم‌ها مراحل مختلفی را پشت سر گذاشته است. تا امروزه با پیشرفت روز افزون علم سبب شده از روش‌های مهندسی دقیقی نسبت به مدیریت انرژی و کنترل ریسک در راستای

¹ Sulfur hexafluoride (SF₆)

سیستم های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیستی (HSE) اقدام شود (Sarkheil and Rahbari, 2016; Sarkheil *et al.*, 2020). تکنیک ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها به عنوان ابزاری جهت تجزیه و تحلیل اصولی علل حوادث مورد استفاده قرار می گیرد، روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها، یک فرآیند تجزیه و تحلیل نظام مند است که با بررسی انرژی های موجود در سیستم و موانع موجود برای کنترل آن، به شناسایی خطرات کمک می کند (Kavousi, 2016; Rezaei, and Ghadiri, 2011). روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها جهت تعیین علت هایی که ممکن است به بروز یک حادثه یا ضایعه کمک کند بسیار مفید است (Pinto, 2014; Habibi *et al.*, 2011).

روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها برای ارزیابی قابلیت اطمینان و صحت روش های کنترلی خطرات که در یک سیستم به کار رفته است، کاربرد دارد (Abbasi *et al.*, 2011; Ericson, 2005). همچنین روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر محیط زیست یک روش کیفی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی است که قصد و هدف آن فراهم کردن ابزاری برای تسهیل کار شرکتها است به طوری که توسعه تولید با ملاحظات محیطی همراه شود (Barendsa *et al.*, 2011). از بین تکنیک های ارزیابی ریسک یاد شده روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن تنها روش تحلیلی در ارزیابی ریسک است که بهتر می تواند خطرات بالقوه موجود در محدوده ها را ارزیابی و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند (Liu *et al.*, 2023). از مزایای این روش می توان مناسب بودن آن در ارزیابی کمی ریسک و مطمئن بودن این روش برای پیش بینی مشکلات و تشخیص موثرترین راه حل پیشگیری از خطرات اشاره نمود (Jensen *et al.*, 2001; Sarkheil, 2021).

برای مدلسازی ریسک های محیط زیستی تعمیر و نگهداری پست های انتقال و فوق توزیع برق در استان زنجان بر مبنای روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها و حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن قبل از شروع فرایند لازم است نسبت به تشکیل تیم ارزیابی اقدام شود. بنابراین بدلیل تخصصی بودن فرایند، ملاک عمل برای انتخاب تیم ارزیابی تخصص و سمت افراد و میزان آشنایی آنها با مفهوم ایمنی و ارزیابی ریسک بود که براین اساس از هر واحد، متخصص مربوطه جهت عضویت در تیم انتخاب می شود، که شامل کارشناس خط، کارشناس پست، کارشناس مخابرات، کارشناس ایمنی، کارشناس بهره برداری، اپراتور پست می باشد. بعد از تشکیل تیم ارزیاب، فرایند ارزیابی با توجه به مدل های پیشنهادی به شرح زیر می باشد.

مواد و روش‌ها

ارزیابی ریسک با استفاده از روش اجرایی ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظ‌ها

- ۱- اولین گام در اجرای ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظ‌ها شناسایی فعالیت‌ها، خدمات و محصولات و شناسایی انواع انرژی‌های مرتبط با پروژه یا فرایند می‌باشد. برای شناسایی انواع خطرات بالقوه یا انرژی‌های موجود در سیستم، در این مرحله هرگونه مواد، مکانیسم و یا فرایند کاری که از پتانسیل آزادسازی انرژی و آسیب به اهداف سیستم برخوردار است گزارش تهیه می‌شود، هرگونه انرژی که آزادسازی آن در سیستم، پتانسیل آسیب به اهداف سیستم را دارد به عنوان انرژی‌های ناخواسته در نظر گرفته می‌شود. لیست انواع انرژی که می‌تواند در ارتباط با یک پروژه وجود داشته باشد مطابق جدول ۱ جمع آوری می‌شود.
- ۲- برای هر کدام از انواع جریان انرژی باید محل‌هایی را که منشا ایجاد انرژی بوده مشخص نموده و همچنین باید مسیرهای جریان انرژی یا همان اهداف بالقوه و مواردی که موانع قادر به ایجاد حفاظت کافی نباشد نیز مشخص شوند. کار ردیابی انرژی بوسیله مطالعه سیستم و دستورالعمل‌های عملیاتی مقدور می‌شود. تجزیه و تحلیل موانع یا کنترل‌کننده‌های سیستم نیز باید به دقت صورت پذیرد. موانع می‌تواند به شکل‌های مختلفی مانند دیوارها، نرده‌ها، عایق‌ها، فاصله، موانع زمانی و... باشند.
- ۳- تعیین ریسک مربوط به خطرات آزاد شدن انرژی‌های ناخواسته و ناگهانی در سیستم با استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک که به صورت کد ارزیابی ریسک^۱ است، انجام می‌شود. یکی از معروف‌ترین روش‌ها برای ارزیابی کیفی یا نیمه کمی در صنایع استاندارد نظامی آمریکا (MIL-std-882) است، که در آن شدت واقعی از صدمات که به سیستم یا محیط وارد می‌شود و احتمال وقوع خطر با توجه به احتمال نسبی رخداد یک حادثه به صورت کیفی طبقه بندی می‌شوند. سپس با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری، که با تلفیق عناصر شدت و احتمال خطر به دست می‌آید، شرایط مناسب برای پذیرش و یا رد ریسک‌های شناسایی شده صورت می‌گیرد. (مطابق جداول شماره ۲ الی شماره ۵)
- ۴- اقدامات اصلاحی و ارائه توصیه‌ها و پیشنهادات به منظور ایمن نمودن پروژه ارائه می‌شود. این اقدامات می‌تواند شامل برنامه‌هایی باشد که با تمرکز بر کاهش احتمال وقوع، شدت و یا هردو ارائه می‌شوند.

¹ Risk Assessment code (RAC)

جدول ۱- چک لیست انواع انرژی (شیرالی، ۱۳۸۵ با اصلاحات)

Table 1. Checklist of types of energy (Shirali, 2006 with amendments)

۱	انرژی الکتریکی	۴۳	انرژی گرمایی
۲	جریان های متداول مستقیم یا متناوب	۴۴	تابشی
۳	انرژی الکتریکی ذخیره شده/ تخلیه الکتریکی	۴۵	جابجایی
۴	تابش های الکترومغناطیس	۴۶	همرفت
۵	جریانات/ ولتاژهای القایی	۴۷	هدر رفت گرما
۶	کنترل کننده ولتاژها/ جریانات الکتریکی	۴۸	سیکل گرمایی
۷	جرم/ جاذبه/ ارتفاع	۴۹	تولید گرما
۸	سقوط فرد از ارتفاع/ زمین خوردن	۵۰	عوامل سبب شناسی/ اتیولوژیک
۹	ریزش/ سقوط اشیاء	۵۱	ویروس
۱۰	اشیاء معلق	۵۲	باکتری
۱۱	انرژی جنبشی/ چرخشی	۵۳	قارچ
۱۲	چرخ ها / چرخ دنده ها / ماشین آلات	۵۴	انگل
۱۳	حرکت فن/ پره های ملخی	۵۵	مسمومیت های بیولوژیک
۱۴	فشار/ حجم/ حرکت جنبشی	۵۶	انرژی تابشی
۱۵	افزایش فشار و ترکیب/ انفجار	۵۷	یونیزان
۱۶	افزایش خلأ	۵۸	غیر یونیزان
۱۷	ریزش مایع/ حالت شناوری/ افزایش و یا کاهش سطح مایع	۵۹	میدان های مغناطیسی
۱۸	انبساط سیالات/ جهش سیالات	۶۰	اشیاء یا موجودات زنده
۱۹	خارج شدن شیء از حالت حلقوی	۶۱	اعمال و عکس العمل های افراد
۲۰	حرکت هوا	۶۲	عکس العمل های حیوانات
۲۱	حرکت زمین/ حفاری و خاک برداری	۶۳	تاثیر درختان و بوته ها
۲۲	انرژی جنبشی خطی	۶۴	بلاایای طبیعی
۲۳	پرتابه ها، موشک ها/ هواپیمای در پرواز	۶۵	زمین لرزه
۲۴	چکش ها، پایه کوب ها، قسمت های متحرک	۶۶	سیل/ غرق شدن
۲۵	قیچی ها، پرس ها	۶۷	بهمن/ ریزش کوه
۲۶	وسایل نقلیه/ تجهیزات متحرک	۶۸	رانش زمین
۲۷	فنرها، اشیاء تحت فشار	۶۹	فشاردگی
۲۸	صدا/ ارتعاش	۷۰	آوار
۲۹	صدا	۷۱	جریانات آب زیرزمینی

۳۰	ارتعاش	۷۲	یخبندان
۳۱	نم / رطوبت	۷۳	آتشفشان
۳۲	انرژی ناشی از مواد شیمیایی	۷۴	شرایط جوی
۳۳	بیهوشی آور / خفگی آور شیمیایی	۷۵	جهت، تراکم، سرعت باد
۳۴	خوردگی	۷۶	باران
۳۵	مواد روان کننده / حلال ها / محلول ها	۷۷	برف
۳۶	مواد قابل تجزیه / فسادپذیر	۷۸	الکترواستاتیک / برق
۳۷	مواد ته نشین شده / پسمانده	۷۹	ذرات گردوغبار / آئروسول ها / پودرها
۳۸	قابل انفجار	۸۰	درخشندگی خورشیدی / نور خورشید
۳۹	مواد اکسید کننده / قابل احتراق / خود سوز	۸۱	هدر رفت آب
۴۰	مواد قابل پلیمریزاسیون	۸۲	هدر رفت انرژی گاز
۴۱	مواد سمی / سرطان زا / آسیب زا (تراژوژن)	۸۳	باران اسیدی / ابرهای بخار
۴۲	مواد زائد / آلوده کننده	۸۴	هوا (معتدل / سرد / یخبندان، وارونگی هوا)

جدول ۲- طبقه بندی شدت حادثه (استاندارد MIL-std-88213)

Table 2. Classification of accident severity (MIL-std-88213 standard)

تعریف	طبقه	نوع خطر
مرگ یا از بین رفتن سیستم	1	فاجعه بار
جراحات، بیماری یا آسیب های وارده به سیستم شدید است	2	بحرانی
جراحات، بیماری یا آسیب های وارده به سیستم کم است	3	مرزی
جراحات، بیماری یا آسیب های وارده به سیستم بسیار جزئی است	4	جزیی

جدول ۳- درجات مختلف احتمال وقوع حادثه (MIL-std-882B)

Table 3. Different degrees of accident probability (MIL-std-882B)

پیامد	سطح	احتمال وقوع
احتمالا به طور مکرر اتفاق می افتد	A	مکرر (۱-۱۰) $X > 1$
بصورت متعدد در مدت زندگی یک آیتم اتفاق می افتد	B	محتمل (۲-۱۰) $1 > X > 2$
احتمالا بعضی وقت ها اتفاق می افتد	C	محتمل (۳-۱۰) $2 > X > 3$

محتمل ($3-10 > X > 4-10$)

D غیر محتمل است، اما ممکن است احتمالا اتفاق بیافتد.

محتمل ($X < 4-10$)

E بسیار احتمال وقوع آن کم است و می توان فرض کرد که خطر اتفاق نخواهد افتاد.

جدول ۴- ماتریکس ارزیابی ریسک (محمد فام، ۱۳۹۰)

Table 4. Risk assessment matrix (Mohammed Pham, 2011)

شدت خطر احتمال وقوع	فاجعه بار	بحرانی	مرزی	جزیی
مکرر (A)	1A	2A	3A	4A
محتمل (B)	1B	2B	3B	4B
گاه به گاه (C)	1C	2C	3C	4C
ناچیز (D)	1D	2D	3D	4D
غیر محتمل (E)	1E	2E	3E	4E

جدول ۵: معیارهای تصمیم گیری براساس شاخص ریسک (محمد فام، ۱۳۹۰)

Table 5. Decision criteria based on risk index (Mohammed Pham, 2011)

معیار ریسک	طبقه بندی ریسک
غیر قابل قبول	1A1B1C2A2B3A
نامطلوب	1D2C2D3B3C
قابل قبول با نیاز به تجدید نظر	1E2E3D3E4A4B
قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر	4C4D4E

ارزیابی ریسک با استفاده از روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن

پس از تشکیل تیم ارزیاب و جمع‌آوری اطلاعات لازم، ارزیابی ضریب تخریب محیط زیستی به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط زیست انجام می‌شود (Dadashiet et al., 2024; Hosseinpour et al., 2024). بر این اساس، عدد اولویت ریسک مورد نظر از ضرب سه پارامتر رتبه شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی محاسبه می‌شود. نحوه امتیازدهی به این صورت می‌باشد که برای پارامترها اعدادی بین ۱ تا ۵، نمره‌دهی می‌شود، به طوری که در شدیدترین حالت‌ها امتیاز ۵ و در کم‌ترین حالت‌ها امتیاز ۱ به پارامتر مورد نظر تعلق می‌گیرد. (طبق جداول ۷ و ۸) (وزدانی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۶: گستردگی جنبه زیست محیطی (وزدانی و همکاران، ۱۳۹۶)

Table 6. Extent of the environmental aspect (Vazdani et al., 2017)

امتیاز	معیار
۵	آلودگی خارج از سایت
۴	آلودگی کل سایت را در بر می‌گیرد
۳	آلودگی بخش اعظمی از سایت را در بر می‌گیرد
۲	آلودگی بخش کوچکی از سایت را در بر می‌گیرد
۱	آلودگی غیر قابل توجه

جدول ۷: احتمال وقوع جنبه زیست محیطی (وزدانی و همکاران، ۱۳۹۶)

Table 7. Probability of environmental aspect (Vozdani et al., 2017)

امتیاز	معیار
۱	یک بار در ماه یا کمتر
۲	چند بار در ماه
۳	چند بار در هفته
۴	روزی یک بار
۵	مداوم

جدول ۸: شدت تاثیرات جنبه زیست محیطی (وزدانی و همکاران، ۱۳۹۶)

Table 8. Intensity of environmental effects (Vozdani et al., 2017)

امتیاز	معیار
۱	تاثیرات بسیار کم
۲	تاثیرات کم زیست محیطی/ ایجاد کمی مزاحمت یا ناراحتی جزئی
۳	تاثیرات متوسط زیست محیطی/ مصرف منابع طبیعی و انرژی
۴	تاثیرات قابل ملاحظه زیست محیطی/ تاثیرات سوء بر انسان و سایر موجودات زنده/ برهم زنده تعادل اکوسیستم

به طور کلی در روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن هیچ عدد اولویت ریسک مبنایی وجود ندارد که بتوان داده‌ها را با آن مقایسه و سطوح ریسک‌ها را تعیین کرد. به همین دلیل در این تحقیق، به منظور تعیین سطح ریسک و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری استفاده شد. به این منظور ابتدا یک شاخص ریسک یا حد اطمینان ریسک، تعیین و سپس بر اساس آن سطوح ریسک‌ها مشخص گردید. بنابراین، پس از محاسبه عدد اولویت ریسک‌های به دست آمده که نشان دهنده ضریب تخریب محیط زیستی است، از رابطه‌های آماری ذیل جهت طبقه‌بندی سطوح ریسک استفاده شد.

رابطه محاسبه میانگین حسابی داده‌ها:

رابطه (۱):

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

رابطه محاسبه انحراف معیار:

رابطه (۲):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

X = میانگین حسابی

N = تعداد داده‌ها

X_i (RPN) = داده‌ها

و با توجه به رابطه‌های فوق، کلیه جنبه‌ها در سه دسته جنبه‌هایی با سطح ریسک پایین^۱، جنبه‌هایی با سطح ریسک متوسط^۲ و جنبه‌هایی با سطح ریسک بالا^۳ قرار گرفت و برای هر یک از آنها اقدامات اصلاحی و کنترلی پیشنهاد شد تا سطح ریسک آنها تقلیل یابد (وزدانی و همکاران، ۱۳۹۶).

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به مدل ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها

در ارزیابی ریسک به روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوطه که همه موارد به تفصیل در جدول شماره ۹ آمده است (برای بررسی دیگر موارد جدول ۹ رجوع شود به پیوست شماره ۱)، در مجموع ۶۴ ریسک شناسایی شد که ریسک‌ها و انرژی‌های شناسایی شده با تفکیک فراوانی هر دسته در شکل ۱ و ۲ آورده شده است. در مجموع ۵۲ مورد از ریسک‌های شناسایی شده غیرقابل قبول و نامطلوب بودند که لازم است با برنامه ریزی مناسب و با اجرای موارد پیشنهادی و کنترلی نسبت به حذف و یا کاهش ریسک تا محدوده قابل قبول اقدام شود.

جدول ۹: ردیابی ریسک به روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها

Table 9. Risk tracking by energy tracking and protection analysis

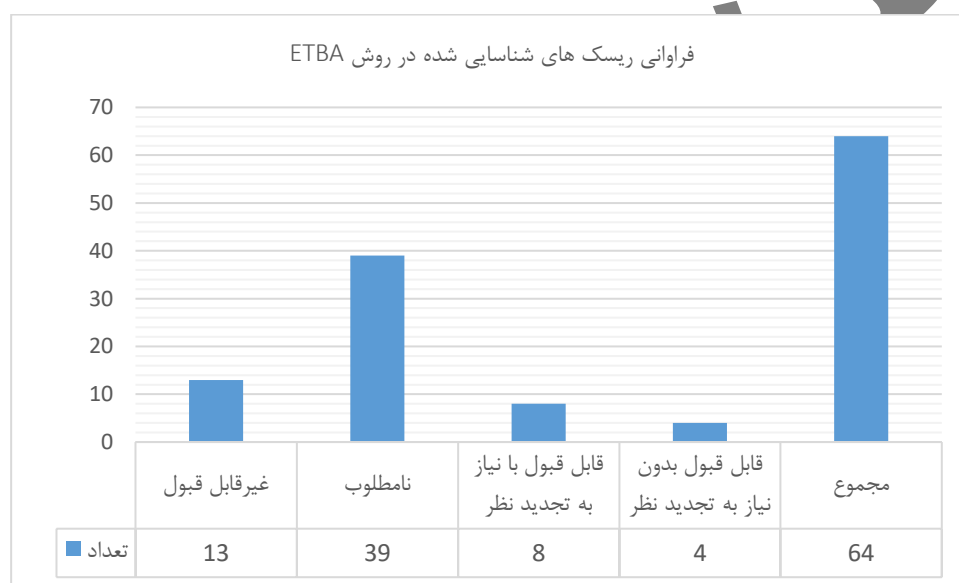
ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها (ETBA)							
ردیف	فعالیت‌ها/خدمات/محصولات	نوع انرژی	توصیف رویداد ناخواسته	اهداف بالقوه در معرض تماس	حفاظ‌های موجود در مسیر جریان	ارزیابی کارایی کنترل‌کننده‌ها	کنترل و توصیه‌های پیشنهادی
۱	نمونه برداری روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن معدنی، میست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	طراحی و نصب شیر گازی بر روی محل نمونه برداری	کافی نیست	نصب بشکه دربار در محل پست‌ها آزمایشگاه، قرار دادن ظروف مناسب زیر شیرهای نمونه گیری و انتقال به موقع بشکه‌های پر شده به انبار مرکزی برای تحویل به شرکت‌های دارای مجوز بازیافت پسماندهای ویژه
۲	فیدرهای فشار متوسط	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انفجار و آتش سوزی	آلودگی هوا، آسیب به حیوانات		کافی نیست	بازدید و سرویس به موقع، استفاده از اجناس با کیفیت، جلوگیری از نفوذ حشرات و حیوانات، نصب خاموش کننده اتوماتیک بر روی فیدر

¹Low Risk (L)

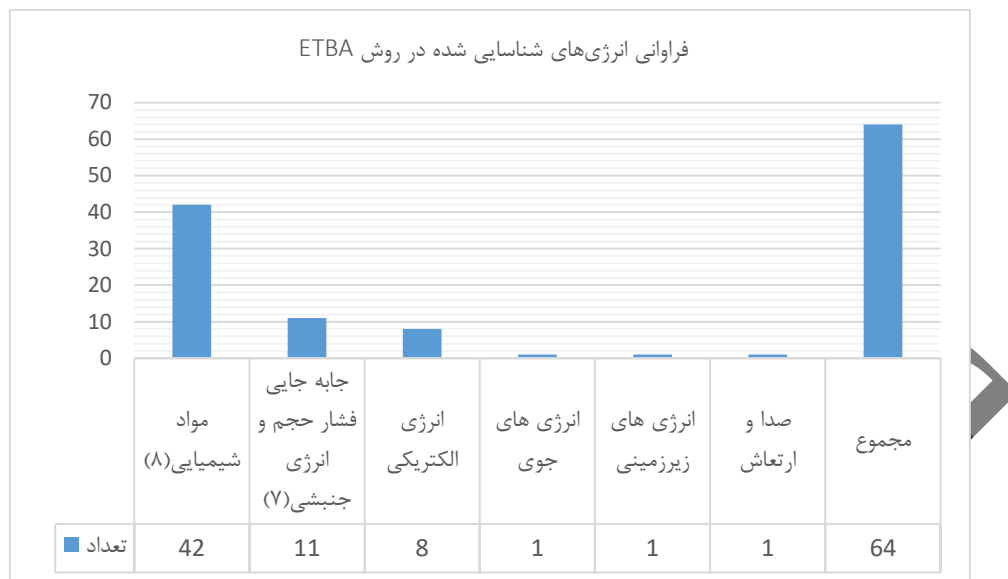
² Medium risk(M)

³ High Risk(H)

۳	فعالیت‌های شبکه مخابراتی بی سیم	انرژی الکتریکی	میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط		A۳	کافی نیست	رعایت فاصله استاندارد در ایجاد تاسیسات جدید
---	---------------------------------	----------------	----------------	-------------------	--	----	-----------	---



شکل ۱: نمودار فراوانی ریسک‌های شناسایی شده در روش ETBA
 Fig. 1- Frequency diagram of risks identified in the ETBA method



شکل ۲: نمودار فراوانی انرژی‌های شناسایی شده در روش ETBA
 Fig. 2- Frequency diagram of energies detected in ETBA method

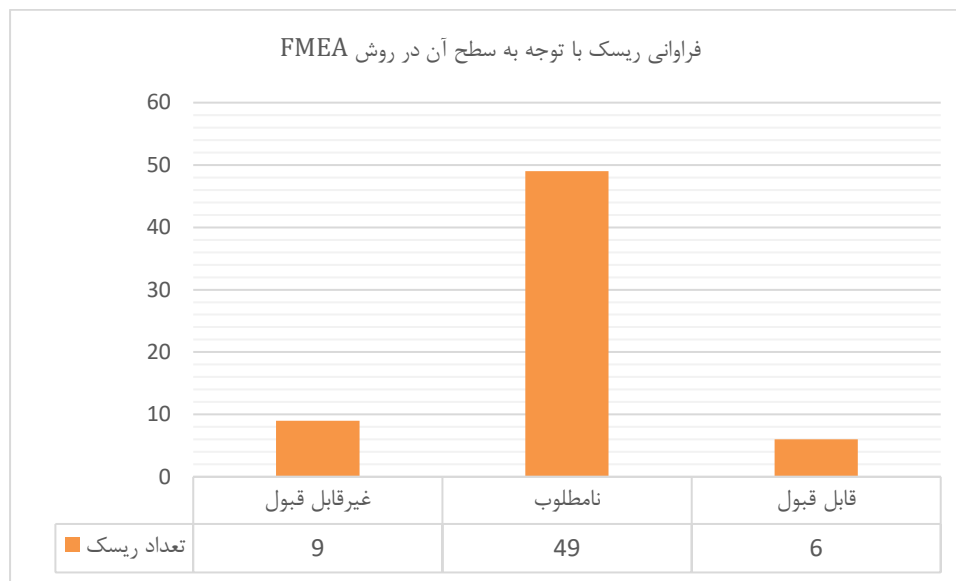
تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن:

پس از شناسایی اثرات ناشی از تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق توزیع و تعیین محیط‌های تحت تأثیر، ۶۴ ریسک ناشی از آن شناسایی گردید که توسط شاخص‌های موجود در روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن ارزش‌گذاری گردیدند که در جدول ۱۰ به تفصیل آمده است (برای بررسی دیگر موارد جدول ۱۰ رجوع شود به پیوست شماره ۲). و شکل ۳ فراوانی ریسک‌ها با توجه به سطح آن‌ها (قابل قبول، نامطلوب، غیرقابل قبول) که توسط شاخص‌های موجود در روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن ارزش‌گذاری شده است، نشان می‌دهد.

جدول ۱۰: ردیابی ریسک به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن

Table 10. Risk tracking by the method of failure modes and analysis of its effects

حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن								
ردیف	فعالیت‌ها/ خدمات/ محصولات	جنبه زیست محیطی	پیامدها	کنترل‌های موجود	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره آلودگی	کنترل و توصیه های پیشنهادی
۱	نمونه برداری روغن	نشت روغن معدنی، میست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	طراحی و نصب شیر گازی بر روی محل نمونه برداری	۴	۲	۱	۸
۲	فیدرهای فشار متوسط	انفجار و آتش سوزی	آلودگی هوا، آسیب به حیوانات	سرویس دوره‌ای	۴	۱	۲	۸
۳	فعالیت‌های شبکه مخابراتی بی سیم	میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط		۲	۵	۱	۱۰



شکل ۳: نمودار فراوانی ریسک‌ها با توجه به سطح آن‌ها (قابل قبول، نامطلوب، غیر قابل قبول) در روش FMEA

Fig. 3- Risk frequency diagram according to their level (acceptable, unfavorable, and unacceptable) in the FMEA method

با توجه به نتایج آماری بدست آمده از نرم‌افزار SPSS، میانگین برای ۶۴ داده (ریسک‌ها)، $9/8$ و انحراف معیار $4/7$ به دست آمد. به دنبال آن، مقادیر حد بالا، حد متوسط و حد پایین ریسک به شرح زیر محاسبه گردید و در جدول ۱۱ سطوح مختلف ریسک بر اساس عدد اولویت ریسک شرح داده شده است:

$$\text{حد بالا} = \sigma + 9.8 \cong 15$$

$$\text{حد پایین} = \sigma - 9.8 \cong 5$$

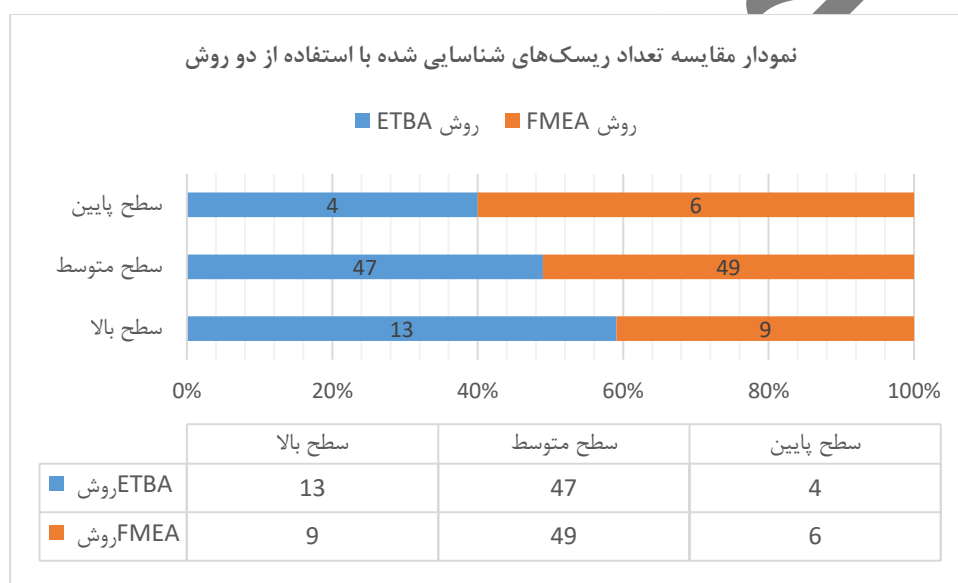
جدول ۱۱: سطوح مختلف ریسک بر اساس عدد اولویت ریسک

Table 11. Different risk levels based on the risk priority number

توضیحات:	عدد اولویت ریسک:
قابل قبول و دارای شرایط طبیعی	کمتر از حد پایین ریسک ($RPN < 5$)
دارای شرایط غیرطبیعی و در حد متوسط	بین حد بالا و حد پایین ریسک ($5 < RPN < 15$)

مطابق تقسیم، ۶ ریسک دارای سطح کم، ۴۹ ریسک دارای سطح متوسط و ۹ ریسک در سطح بالا قرار گرفتند. که در نهایت اقدامات اصلاحی با هدف کاهش سطح ریسک‌هایی که دارای شرایط نامطلوب و غیرقابل قبول هستند جهت کاهش ریسک تا سطح قابل قبول ارائه شد.

در شکل ۴، ریسک‌های شناسایی شده از روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها و روش ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر اساس سطح ریسک با یک دیگر مقایسه شده است.



شکل ۴: نمودار مقایسه تعداد ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از دو روش

Fig. 4- Comparison chart of the number of identified risks using two methods

توجه: در نمودار بالا تعداد ریسک‌های نامطلوب و قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر استخراج شده با استفاده از مدل ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها در سطح متوسط در نظر گرفته شد.

هر دو روش FMEA و ETBA مورد استفاده در این تحقیق، ابزارهای کارآمد و نظام‌مندی برای شناسایی و ارزیابی ریسک هستند، اما روش‌شناسی و نقاط تمرکز آن‌ها منجر به دستاوردهای مشابه در شناسایی ریسک‌های محیط زیستی شده است. به طوریکه در جدول ۱۲، جنبه‌های تحلیلی در این خصوص ارائه شده است.

جدول ۱۲: جنبه‌های اصلی مورد بررسی در روش‌شناسی و نقاط تمرکز روش‌های شناسایی و ارزیابی ریسک در تحقیق حاضر

Table 12. Key Aspects and Focus Areas of Methodologies for Risk Identification and Assessment in the Present Study

شماره	جنبه اصلی	توصیف
۱	ماهیت مکمل دو روش	روش FMEA با تأکید بر شناسایی حالات شکست و اثرات مرتبط با آن‌ها، به شناسایی ریسک‌های عملکردی و عملیاتی تجهیزات می‌پردازد. در مقابل، روش ETBA با تمرکز بر ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ‌ها، انواع انرژی‌های آزادشده و نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر محیط زیست را مورد بررسی قرار می‌دهد. اگرچه این دو روش از رویکردهای متفاوتی بهره می‌گیرند، ماهیت مکمل آن‌ها موجب شده که هر دو روش به شناسایی ریسک‌های کلیدی مشابهی نظیر تلفات انرژی، آسیب به حیات وحش، و مدیریت پسماند منجر شوند. این هم‌پوشانی به دلیل جامعیت و گستردگی دامنه تحلیل در هر دو روش است.
۲	تمرکز بر ریسک‌های محیط زیستی	هر دو روش به‌طور ویژه بر ریسک‌های محیط زیستی تمرکز داشته‌اند که منجر به همگرایی نتایج شده است. برای مثال، ریسک‌های مرتبط با تلفات انرژی یا پسماندهای خطرناک در هر دو روش به دلیل اهمیت زیست‌محیطی و تأثیر بالای آن‌ها در اولویت شناسایی قرار گرفته‌اند. این هم‌پوشانی نشان‌دهنده کارایی روش‌های انتخاب‌شده برای اهداف این تحقیق است.
۳	ویژگی‌های خاص سیستم‌های توزیع برق	سیستم‌های توزیع برق، به دلیل ماهیت عملیاتی و تجهیزات فنی مشابه، الگوهای ریسک یکسانی را نشان می‌دهند. این مسئله باعث شده که هر دو روش به‌طور مشابه ریسک‌های مرتبط با این سیستم‌ها را شناسایی کنند. برای مثال، نشت روغن معدنی یا برخورد پرندگان با تجهیزات برقدار از چالش‌های رایج در این زیرساخت‌ها هستند که در هر دو روش مورد تأکید قرار گرفته‌اند.
۴	نیاز به تفسیر عمیق‌تر در مورد علل نتایج مشابه	شباهت نتایج این دو روش ممکن است به دلیل تمرکز بر حوزه‌های خاصی از ریسک‌ها باشد، در حالی که تحلیل سایر جنبه‌های ریسک (مانند ریسک‌های اقتصادی یا اجتماعی) می‌تواند به نتایج متنوع‌تری منجر شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی از ترکیب این دو روش با رویکردهای دیگری نظیر تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یا مدل‌سازی مونت‌کارلو استفاده شود تا ابعاد مختلف ریسک‌های زیست‌محیطی و فنی مورد بررسی قرار گیرد.

در نهایت، نتایج حاصل از مطالعه حاضر، کارایی و جامعیت هر دو روش را در شناسایی ریسک‌های محیط زیستی نشان می‌دهد، اما تحلیل دقیق‌تر تفاوت‌ها و شباهت‌های نتایج می‌تواند به بهبود استراتژی‌های مدیریت ریسک در سیستم‌های توزیع برق کمک کند.

لازم به ذکر است که ریسک‌های شناسایی‌شده در این مطالعه عمدتاً بر پایه منابع درون‌سازمانی و فرآیندهای مرتبط با تعمیر و نگهداری پست‌های انتقال و فوق توزیع برق متمرکز بوده‌اند. با این حال، ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی می‌تواند به طور مستقیم

یا غیرمستقیم به منابع برون سازمانی نیز مرتبط باشد، مانند عوامل خارجی نظیر تأثیرات آب و هوایی، حوادث طبیعی، یا دخالت‌های انسانی خارج از کنترل سازمان. در این پژوهش، موضوع پدافند غیرعامل به صورت جامع پوشش داده نشده است، اما اهمیت آن در مدیریت ریسک‌های برون سازمانی انکارناپذیر است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مطالعات تکمیلی و مستقل با تمرکز بر شناسایی و مدیریت ریسک‌های ناشی از منابع برون سازمانی و تهدیدات مرتبط با پدافند غیرعامل انجام گیرد. این مطالعات می‌توانند شامل ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌ها در برابر تهدیدات طبیعی و انسانی، تدوین راهبردهای پیشگیرانه و برنامه‌های واکنش اضطراری باشند که نقش مهمی در تکمیل مدیریت جامع ریسک ایفا خواهند کرد.

باید در نظر داشت که ریسک‌های مرتبط با فاز تعمیر و نگهداری معمولاً با ریسک‌های فاز بهره‌برداری تفاوت‌های قابل توجهی دارند، زیرا ماهیت فعالیت‌ها، اهداف و الزامات هر فاز در چرخه عمر سیستم‌های توزیع برق متفاوت است. در فاز بهره‌برداری، تمرکز اصلی بر تضمین عملکرد پایدار و ایمن تجهیزات است، و ریسک‌ها عمدتاً شامل خرابی‌های پیش‌بینی نشده، نوسانات بار، و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از عملیات روزمره می‌باشند. در مقابل، در فاز تعمیر و نگهداری، ریسک‌ها بیشتر مرتبط با فعالیت‌های انسانی، دسترسی به تجهیزات، و احتمال بروز حوادث حین اجرای عملیات نگهداری یا تعمیرات هستند. برای ایجاد یکپارچگی مناسب بین فازهای مختلف چرخه عمر سیستم‌های توزیع برق، پیشنهاد می‌شود از رویکردهای مدیریت چرخه عمر دارایی، استفاده شود. این رویکرد شامل تدوین یک چارچوب یکپارچه برای ارزیابی و مدیریت ریسک‌ها در طول چرخه عمر سیستم، از طراحی و بهره‌برداری تا تعمیر و نگهداری و حتی بازنشستگی تجهیزات، است.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که دو روش ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ‌ها و حالات شکست و تحلیل اثرات ابزارهای بسیار کارآمدی برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی هستند. هر دو روش توانستند ریسک‌های مهم و سطح بالایی را که تهدیدکننده ایمنی، محیط زیست و عملکرد سیستم‌ها هستند، به‌طور دقیق شناسایی کرده و پیشنهادهایی عملی برای مدیریت و کاهش آن‌ها ارائه دهند.

ریسک‌های شناسایی شده و راهکارهای کاهش آن‌ها

ریسک تلفات انرژی: این ریسک به عنوان یکی از چالش‌های اصلی شناسایی شد. برای کاهش آن می‌توان اقداماتی مانند اصلاح و بهبود شبکه‌های برق، بهره‌برداری بهینه از ظرفیت ترانسفورماتورها، سرویس و نگهداری دوره‌ای تجهیزات، نوسازی دستگاه‌ها، کاهش

نشتی‌ها و استفاده از تجهیزات باکیفیت را به کار گرفت. این اقدامات نه تنها بهره‌وری انرژی را بهبود می‌بخشند، بلکه خطرات مرتبط با تلفات انرژی را نیز به حداقل می‌رسانند.

آسیب به پرندگان و حیوانات: برخورد پرندگان و حیوانات با تجهیزات برقرار یکی دیگر از ریسک‌های شناسایی شده بود. راهکارهایی نظیر محصور کردن تجهیزات با فنس، انسداد ورودی و خروجی کانال‌های کابل، استفاده از عایق‌بندی روی هادی‌ها و باسبارها، بهره‌گیری از سیستم‌های التراسونیک و مطالعه رفتار زیستی گونه‌های جانوری منطقه پیشنهاد شد. این اقدامات می‌توانند با حفظ تنوع زیستی، تداخل زیست‌محیطی را به حداقل برسانند.

مدیریت پسماندهای خطرناک: مواد مخاطره‌آمیز مانند روغن معدنی و پسماندهای الکترونیکی نیازمند مدیریت ویژه‌ای هستند. تدوین دستورالعمل‌های مدیریت پسماند، نصب بشکه‌های درب‌دار در محل پست‌ها و آزمایشگاه‌ها، پیشگیری از نشت روغن به زمین و تحویل به شرکت‌های مجاز برای امحا یا بازیافت، از جمله راهکارهای مؤثر در این زمینه هستند. این اقدامات نه تنها خطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند، بلکه زمینه بازیافت پایدار را نیز فراهم می‌کنند.

کنترل مصرف آب: برای مقابله با هدررفت آب و افزایش بهره‌وری مصرف، روش‌هایی نظیر شناسایی و رفع نشتی لوله‌ها، استفاده از آبیاری قطره‌ای برای فضای سبز، نصب شیرهای الکترونیکی و مخازن سیفون با حجم کمتر و همچنین نظارت دوره‌ای بر سیستم‌های مصرف پیشنهاد شد. این اقدامات به‌طور مستقیم در کاهش مصرف آب و جلوگیری از هدررفت منابع مؤثر هستند.

مدیریت مصرف برق: برای کاهش مصرف برق، اقداماتی مانند نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از لامپ‌های LED در تمامی تأسیسات، نصب سنسورهای حرکتی برای روشنایی، کنترل روشنایی محوطه با ساعت فرمان نجومی و ایجاد اتاقک‌های شیشه‌ای در اتاق‌های کنترل توصیه شد. این اقدامات همراه با آموزش و فرهنگ‌سازی می‌توانند مصرف انرژی را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهند. مدیریت پسماندهای اداری: با هدف کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، استفاده از سیستم‌های دیجیتال برای حذف کاغذ از فرایندهای اداری توصیه شد. راه‌اندازی سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)، دیجیتالی کردن مکاتبات، و ایجاد دستورالعمل‌هایی برای تفکیک پسماند و جمع‌آوری مجزا از جمله راهکارهای عملی در این زمینه است.

مدل‌های ردیابی انرژی و تحلیل حفاظ‌ها و حالات شکست و تحلیل اثرات با شناسایی انواع انرژی‌ها، نحوه آزادسازی ناگهانی آن‌ها، اهداف آسیب‌پذیر، کارایی حفاظ‌ها، و ارائه اقدامات پیشنهادی برای کاهش ریسک، ابزارهایی نظام‌مند و مؤثر برای مدیریت ریسک‌های محیط زیستی هستند. این تکنیک‌ها نه تنها برای سیستم‌های موجود بلکه برای طراحی سیستم‌های جدید نیز کاربرد دارند و می‌توانند خطرات پنهان یا نادیده گرفته شده در مراحل اولیه طراحی را شناسایی کنند. در نهایت، حتی با رعایت کامل مقررات و اقدامات کاهش

ریسک، بخشی از خطرات باقی خواهند ماند که باید به عنوان ریسک‌های اجتناب‌ناپذیر پذیرفته شوند. اما استفاده از این تکنیک‌ها، امکان کاهش چشمگیر این خطرات و افزایش ایمنی و پایداری سیستم‌ها را فراهم می‌کند.

References

منابع

- Abbasi, M., 2013. Environmental risk assessment and management of Alborz province electricity distribution company using FMEA method. The Third Environmental Planning and Management Conference, University of Tehran, Tehran.
- Abbasi, S., Bakhtom, S., Ziaei, M., and Arghami, S., 2015. Comparison of Risk Assessment Using HAZOP and ETBA Techniques: Case Study of a Gasoline Refinery Unit in Iran. *J. Hum. Environ. Health Promot.*, 1(1), pp. 19–27.
- Allen, H. Hu., Hsu, C. W., Kuo, T. C., and Wu, W.-C., 2009. Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 7142–7147.
- Andrew, J., 2003. Is Probabilistic Risk Assessment the Answer? *The Journal of the RAC*, First Quarter, pp. 5–12.
- Barendsa, D.M., Oldenhofa, M.T., Vredenburgta, M.J., and Nautab, M.J., 2012. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. *J. Pharmaceut. Biomed. Anal.*, 64–65, pp. 82–86.
- Dadashi, T., Hosseinpour, S., and Mohammadi, A., 2024. A comprehensive protocol for evaluating health, safety, and environmental risks of hospital solid waste through FMEA technique. *MethodsX*, 12, 102760. DOI: [10.1016/j.mex.2024.102760](https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102760).
- Ericson, A., 2005. Hazard Analysis Techniques for System Safety. Third edition. New Jersey: Wiley & Sons, pp. 335–351.
- Eskandari, R., Soltani, A., Safari, M.A., and Yazdani, A.A., 2012. Risk assessment of the environmental crises of Alborz Province Electricity Distribution Company. The First International Conference on Environmental Crises in Iran and its Improvement Solutions, Islamic Azad University, Ahvaz Science and Research Branch, Kish Island.
- Habibi, E., Zare, M., Barkhordari, A., Yousefi, H.A., and Morowatisharifabad, M.A., 2011. The Comparison of ETBA and HAZOPS Techniques. *Process Safety Progress*, 30(4), pp. 356–359.
- Heidi, M., 1999. Assessment of risk by employees in hazardous workplaces. *Safety Science Monitor*, 3, pp. 45–56.
- Hosseinpour, S., Dadashi, T., and Mohammadi, A., 2024. Comprehensive analysis of hospital solid waste levels and HSE risks using FMEA technique: A case study in northwest Iran. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100646. DOI: [10.1016/j.cscee.2024.100646](https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100646).
- Jensen, C., Johansson, M., Lindahl, M., and Magnusson, T., 2001. Environmental Effect Analysis (EEA) - Principles and Structure. Department of Technology, University of Kalmar, Sweden.
- Kavousi, M., 2016. Energy tracking and protection analysis in the nitrogen production unit of the 7th South Pars Refinery using the ETBA method. The First National Energy Systems Conference, Islamic Azad University, Lamard Branch, Lamard.

- Liu, P., Shen, M., and Geng, Y., 2023. Risk assessment based on failure mode and effects analysis (FMEA) and WASPAS methods under probabilistic double hierarchy linguistic term sets. *Computers & Industrial Engineering*, 186, 109758. DOI: [10.1016/j.cie.2023.109758](https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109758).
- Mohammadfam, I., and Kianfar, A., 2010. Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in Evaluation of Health, Safety, and Environmental (HSE) Hazards (Case Study: Oil Storage of National Iranian Oil Products Distribution Company). *J. Environ. Sci. Technol. (JEST)*, 12, pp. 39–49.
- Rahmani, S., and Omidari, M., 2015. Safety risk assessment in the electricity distribution process using the improved ETBA method and its ranking with VIKOR and TOPSIS models in a fuzzy environment. *Occupational Health and Safety Quarterly*, 6(1), pp. 12–25.
- Rezaei, M., and Ghadiri, M., 2011. Identification of Risks and Their Management by Energy Trace and Barrier Analysis Technique (ETBA) in the Viscosity Decreasing Unit of one of the country's Oil Refinery Companies. *The Fourth National Congress of HSE Managers & Experts of Oil Ministry, Tabriz*, pp. 52–57.
- Sarkheil, H. and Tavakli, J., 2015. *Inherent Safety*. Jihad University Publications. Amir Kabir University of Technology Unit. First edition.
- Sarkheil, H., Azimi, Y., and Rahbari, S., 2016. Modeling the assessment of air environmental quality using fuzzy logic in Pars Special Economic and Energy Zone; A case study in Asalouye, Bidkhon and Shirin regions. *Environmental Science and Technology Quarterly*.
- Sarkheil, H., Azimi, Y., and Jafari Aghdash, J., 2017. An Innovative Permit to Work System Disconformities Identification (PTWDI) in the Commissioning and Start-Up Phases of South Pars Gas Complex. *International Journal of Occupational Hygiene*, 9(1), pp. 1–8.
- Sarkheil, H., and Rahbari, S., 2016. HSE Key Performance Indicators in HSE-MS Establishment and Sustainability: A Case of South Pars Gas Complex, Iran. *International Journal of Occupational Hygiene*, 8(1), pp. 45–53.
- Sarkheil, H., Tahery, B., Rayegani, B., Ramezani, J., Goshtasb, H., and Jahani, A., 2020. Evaluating the current status of the national health, safety, and environment management system for integration, harmonization, and standardization of environmental protection. *Health Risk Analysis*, 1, pp. 18–24. DOI: [10.21668/health.risk/2020.1.02.eng](https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.02.eng).
- Sarkheil, H., 2021. Risk and incident analysis on key safety performance indicators and anomalies feedback in South Pars Gas Complex. *Results in Engineering*, 9, 100210. DOI: [10.1016/j.rineng.2021.100210](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100210).
- Vazdani, S., Sabzegbaei, G., Dashti, S., and Chiraghi, M., 2017. Application of FMEA technique in environmental risk assessment. *The 4th International Conference on Environmental Planning and Management*, University of Tehran, Faculty of Environment, Tehran.

جدول ۹: ردیابی ریسک به روش ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها

Table 9: Risk tracking by energy tracking and protection analysis

ردیابی انرژی و تجزیه و تحلیل حفاظها (ETBA)							
ردیف	فعالیت‌ها/ خدمات/ محصولات	نوع انرژی	توصیف رویداد ناخواسته	اهداف بالقوه در معرض تماس	حفاظ‌های موجود در مسیر جریان	سطح ریسک	ارزیابی کارایی کنترل کننده ها
۱	نمونه برداری روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن معدنی، میست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	طراحی و نصب شیر گازی بر روی محل نمونه برداری	B۳	کافی نیست
۲	تست روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن معدنی، مست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	تهویه موضعی	B۳	کافی نیست
۳	سیرکوله روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن	آلودگی آب، خاک و هوا		C۴	کافی است
۴	تست‌های شیمیایی	مواد شیمیایی (۸)	نشت مواد شیمیایی	آلودگی آب، خاک و هوا	تهویه موضعی	C۳	کافی نیست

۵	فعالیت‌های اداری	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	مصرف گاز	کاهش منابع	نصب شیرهای ترموستاتی ک در رادیاتورها، استفاده از ساعت فرمان نجومی و سنسور حرکتی	A۴	کافی نیست	نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از لامپ‌های LED، ایجاد اتاقک‌های شیشه‌ای اپراتور داخل اتاق کنترل، نصب سنسور حرکتی و ساعت فرمان نجومی برای کنترل روشنایی محوطه پست‌ها، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۶		جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انفجار گاز	آسیب به تجهیزات، محیط زیست		D۲	کافی نیست	بازدید دوره‌ای، استفاده از تجهیزات گازی استاندارد، نصب دتکتور گاز
۷	فعالیت‌های اداری	انرژی الکتریکی	مصرف برق	کاهش منابع	نصب شیرهای ترموستاتی ک در رادیاتورها، استفاده از ساعت فرمان نجومی و سنسور حرکتی	A۳	کافی نیست	نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از لامپ‌های LED، ایجاد اتاقک‌های شیشه‌ای اپراتور داخل اتاق کنترل، نصب سنسور حرکتی و ساعت فرمان نجومی برای کنترل روشنایی محوطه پست‌ها، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۸		جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	مصرف آب	کاهش منابع	استفاده از آبیاری قطره‌ای و شیرهای کم مصرف و چشم الکترونیکی	A۳	کافی نیست	استفاده از آبیاری قطره‌ای، استفاده از شیرهای کم مصرف، شیرهای چشم الکترونیکی، استفاده از مخازن سیفون با حجم کمتر، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف

۹	فعالیت‌های اداری	مواد شیمیایی (۸)	تولید فاضلاب	کاهش منابع	استفاده از آبیاری قطره‌ای و شیرهای کم مصرف و چشم الکترونیکی ، اتصال به فاضلاب شهری	A۳	کافی نیست	استفاده از آبیاری قطره‌ای، استفاده از شیرهای چشم الکترونیکی، استفاده از مخازن سیفون با حجم کمتر، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۱۰	فعالیت‌های اداری	مواد شیمیایی (۸)	تولید پسماند خشک (کاغذ، CD، پلاستیک، نایلون و ...)	کاهش منابع	اتوماسیون اداری برای نامه‌ها و ایجاد شبکه ارتباط داخلی	B۳	کافی نیست	ایجاد سیستم یکپارچه سازمانی ERP و حذف کاغذ و انجام مکاتبات، مرخصی، مأموریت و انتقال فایل‌ها درون شرکت کاملاً به صورت سیستمی، فرهنگ‌سازی و آموزش، تفکیک پسماند با تدوین دستورالعمل و تعیین محل‌های جمع‌آوری مجزا برای پسماندها
۱۱	تعمیر و نگهداری کامپیوتر	مواد شیمیایی (۸)	قطعات کامپیوتری، پرینتر، کارتریج	آلودگی آب، خاک و هوا	جمع‌آوری و انتقال به انبار	A۲	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند (ایجاد محل جمع‌آوری مناسب برای ضایعات الکترونیک، انتقال ایمن و ارسال جهت بازیافت)
۱۲	سم‌پاشی درختان	مواد شیمیایی (۸)	استفاده از سم	آلودگی هوا و خاک		C۳	کافی نیست	استفاده از درختانی با نیاز کمتر به سمپاشی/سمپاشی در روزهای تعطیل، استفاده از سموم با آسیب کمتر به محیط زیست
۱۳	نظافت و شستو شو	مواد شیمیایی (۸)	استفاده از مواد شوینده، آب	آلودگی آب و خاک/کاهش منابع		B۲	کافی نیست	استفاده از کاشی‌ها و سرامیک‌های آنتی باکتریال و خود تمیز شونده، صرفه‌جویی در مصرف آب با استفاده از شیرهای کم مصرف/آموزش و فرهنگ‌سازی در جهت استفاده بهینه از آب و مواد شوینده
۱۴	فعالیت‌های آشپزخانه	مواد شیمیایی (۸)	زباله‌های تر و خشک و پلاستیکی	آلودگی خاک		B۳	کافی نیست	ایجاد ضایعات کمتر، تفکیک زباله‌ها، استفاده حداقلی از ظروف یکبار مصرف و در صورت نیاز مواد تجدید پذیر
۱۵	تخلیه و بارگیری روغن تجهیزات حاوی روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن	آلودگی آب و خاک		C۲	کافی نیست	رعایت نکات ایمنی/آموزش و فرهنگ سازی/نظارت مستمر
۱۶	تخلیه و بارگیری مواد اسیدی	مواد شیمیایی (۸)	نشت اسید	آلودگی آب و خاک		C۲	کافی نیست	رعایت نکات ایمنی/آموزش و فرهنگ سازی/نظارت مستمر

۱۷	کارکرد لیفتراک و جرثقیل	مواد شیمیایی (۸)	دود/ نشتی روغن/ مواد سوختی	آلودگی آب و خاک	C۳	کافی نیست	بازدید دوره‌ای، معاینه فنی، بازدید فنی و سرویس دوره‌ای لیفتراک‌ها به صورت مستمر
۱۸	نگهداری و انبارش مواد شیمیایی، گاز و روغن	مواد شیمیایی (۸)	نشت مواد شیمیایی، روغن، گاز، انفجار	آلودگی آب و خاک	A۲	کافی نیست	رعایت دستورالعمل‌ها و ایمنی انبارداری، بازدید و کنترل دوره‌ای، نصب اطفاء حریق خودکار و دتکتور گاز، آموزش و فرهنگ‌سازی مستمر، برگزاری مانور
۱۹	تردد کامیون‌ها و تریلی‌های حمل کالا	مواد شیمیایی (۸)	دود/ نشتی روغن/ مواد سوختی	آلودگی آب و خاک و هوا	D۳	کافی نیست	رعایت دستورالعمل‌های ایمنی حمل و نقل، آموزش و فرهنگ‌سازی، برگزاری مانور برای شرایط‌های اضطراری
۲۰	نصب و راه اندازی ترانس‌های قدرت و فوق توزیع	مواد شیمیایی (۸)	نشتی روغن، ضایعات فلزی، ساختمانی، پخش سیلیکاژل	آلودگی آب و خاک	C۲	کافی نیست	استفاده از ظروف در محل نشتی/ جمع آوری و انتقال پسماندها به انبار و اقدام مطابق دستورالعمل‌ها/ نظارت و بازرسی مستمر
۲۱	اورهال تعویض- روغن کلیدهای روغنی ۲۰ کیلوولت	مواد شیمیایی (۸)	نشتی روغن	آلودگی آب و خاک	C۳	کافی نیست	استفاده از ظروف در محل نشتی/ تعویض کلیدهای روغنی با گازی
۲۲	بریکرهای گازی (SF6) فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انفجار	آلودگی هوا (اثر گلخانه ای)	C۲	کافی نیست	رعایت دستورالعمل، بازدید و سرویس دوره‌ای/ استفاده از دوربین لیزری GAS VUE جهت بازدید و تشخیص نشتی
۲۳	بریکرهای گازی (SF6) فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	نشت گاز (SF6)	آلودگی هوا (اثر گلخانه ای)	C۲	کافی نیست	رعایت دستورالعمل/ دقت در اتصالات، بازدید و سرویس دوره‌ای/ استفاده از دوربین لیزری VUE GAS جهت بازدید و تشخیص نشتی
۲۴	فیدرهای فشار متوسط	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انفجار و آتش سوزی	آلودگی هوا، آسیب به حیوانات	C۳	کافی نیست	بازدید و سرویس به موقع، جلوگیری از نفوذ حشرات و حیوانات، نصب خاموش کننده اتوماتیک بر روی فیدر

۲۵	نصب و راه اندازی باطری	مواد شیمیایی (۸)	اسید، قلیا	آلودگی آب و خاک و هوا	C۳	کافی نیست	استفاده از باطری های خشک، نگهداری اسید و قلیا در ظروف سر بسته جلوگیری از نشت آن، استفاده از تهویه دارای جاذب
۲۶	تعمیر یا تعویض باطری های معیوب	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات باطری آغشته به اسید یا قلیا	آلودگی آب و خاک و هوا	B۲	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت / نظارت مستمر / آموزش و فرهنگ سازی
۲۷	رنگ کاری تجهیزات	مواد شیمیایی (۸)	رنگ	آلودگی آب، خاک و هوا	C۲	کافی نیست	جمع آوری ظروف و پسماند و انتقال به انبار، استفاده از رنگ های سازگار با محیط زیست با پایه آبی
۲۸	کارکرد دیزل ژنراتور	مواد شیمیایی (۸)	گازوئیل، روغن صنعتی، قطعات معیوب دیزل	آلودگی آب، خاک و هوا	C۳	کافی نیست	استفاده از ظروف برای جلوگیری از نشت گازوئیل در زمان تعمیر، جمع آوری و انتقال پسماندها به انبار، بازدید دوره ای و سرویس دوره ای، استفاده از اتصالات مناسب
۲۹	تعویض درپوش های بتنی کانال ها	مواد شیمیایی (۸)	پسماند خشک	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	B۳	کافی نیست	استفاده از درپوش های نانو کامپوزیت
۳۰	تعویض سیم و کابل داخل کانال ها، تابلوهای برق	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	B۳	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۱	تمیز نمودن و روغن کاری تجهیزات پست	مواد شیمیایی (۸)	الکل، روغن صنعتی	آلودگی آب، خاک و هوا	B۴	کافی نیست	قراردادن ظرف در محل تمیز کاری و انتقال پسماندها به انبار (تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند)
۳۲	تعمیر یا تعویض تجهیزات پست	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	B۳	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند

۳۳	تعمیر یا تعویض سیم ارت	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات فلزی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	B۴	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت باز یافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۴	تعمیر و سرویس تابلوهای حفاظتی	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	C۳	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت باز یافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۵	تعویض مقره	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات مقره	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	B۳	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت باز یافت مطابق با دستورالعمل مدیریت پسماند.
۳۶	تعمیر و سرویس تابلوهای مخابراتی و بی سیم	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات الکترونیک و تجهیزات مخابراتی (خازن، مقاومت، سلف، رله، گوشی تلفن، آنتن و...)	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	B۲	کافی نیست	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت باز یافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۷	فعالیت های شبکه مخابراتی بی سیم	انرژی الکتریکی	میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط	رعایت فاصله استاندارد در ایجاد تاسیسات جدید	A۳	کافی نیست	
۳۸	احداث تأسیسات	مواد شیمیایی (۸)	پسماند فلزی، الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	C۲	کافی نیست	جمع آوری پسماندها مطابق دستورالعمل ها، نظارت بر اجرای دستورالعمل ها
۳۹		مواد شیمیایی (۸)	نخاله های ساختمانی، از بین بردن مراتع و منابع طبیعی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست، کاهش مراتع و منابع طبیعی	جمع آوری و انتقال به صورت غیر سیستمی	C۳	کافی نیست	جمع آوری پسماندها مطابق دستورالعمل ها، نظارت بر اجرای دستورالعمل ها، ساخت پست های کمپکت
۴۰		انرژی الکتریکی و آبی	مصرف منابع آب، برق	کاهش منابع		C۳	کافی نیست	نظارت بر اجرای دستورالعمل ها، صرفه جویی در مصرف آب و برق با استفاده از تجهیزات کم مصرف

۴۱	تردد ماشین آلات	مواد شیمیایی (۸)	دود/ نشتی روغن / مواد سوختی	آلودگی هوا	معاینه فنی خودرو	C۴	کافی است	معاینه فنی خودرو مطابق استاندارد، سرویس دوره‌ای خودرو، استفاده از خودروهای نو با آلاینده‌گی کمتر
۴۲	مونتاژ ترانس‌ها	مواد شیمیایی (۸)	نشتی روغن، پخش سیلیکاژل	آلودگی آب و خاک	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	D۲	کافی نیست	استفاد از ظروف برای جلوگیری از ریختن روغن روی زمین، استفاده از سیلیکاژل نارنجی به جای آبی، جمع آوری و انتقال پسماند به انبار مطابق قوانین
۴۳	کارکرد ترانس	انرژی الکتریکی	برق	برق گرفتگی پرندگان حیوانات	محصور کردن تجهیزات	D۱	کافی نیست	محصور کردن تجهیزات با فنس، بستن و روی و خروجی کانال‌ها برای جلوگیری از ورود حیوانات
۴۴		انرژی الکتریکی	میدان مغناطیسی	آلودگی محیط زیست		A۳	کافی نیست	رعایت فاصله استاندارد در ساخت ساختمان کنترل پست‌ها و رعایت آن در پست‌های شهری از مکان‌های عمومی و ساختمان‌های مسکونی
۴۵		صدا و ارتعاش	ایجاد لرزش و سر و صدا	آلودگی محیط زیست		A۳	کافی نیست	مهار کردن ترانس‌ها، سرویس به موقع استفاده از جاذب صدا و لرزه در زمان نصب و یا ساخت ترانس
۴۶		مواد شیمیایی (۸)	ضایعات سیلیکاژل آبی	آلودگی آب و خاک و هوا		C۳	کافی نیست	استفاده از سیلیکاژل نارنجی، مدیریت پسماند با تدوین دستورالعمل مناسب
۴۷		مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن	آلودگی آب و خاک و هوا، حریق	ایجاد حوضچه زیر ترانس، استقرار سیستم اطفاء دستی	C۲	کافی نیست	طراحی و مکان یابی مناسب جهت به حداقل رساندن آسیب‌ها، سرویس دوره‌ای، بازدید مستمر و موثر، اقدام فوری جهت رفع عیب
۴۸	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی	انفجار تجهیزات، آتش سوزی،	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	استقرار خاموش کننده‌های آماده به کار، آموزش اطفاء حریق، نظارت و بازدید تجهیزات	D۱	کافی نیست	بازدید و سرویس دوره‌ای، استفاده از تجهیزات با کیفیت، برگزاری مانور
۴۹		انرژی الکتریکی	میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط		A۳	کافی نیست	رعایت فاصله استاندارد در ساخت ساختمان‌های کنترل و ساخت پست‌های برق داخل شهر

۵۰	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	مواد شیمیایی (۸)	نشت روغن	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	C۲	کافی نیست	تعویض کابل‌های روغنی با نوع خشک، بازدید و سرویس دوره‌ای تجهیزات، استقرار ظروف مناسب برای استفاده در زمان وجود نشتی
۵۱		انرژی الکتریکی	تلفات انرژی	کاهش منابع	A۲	کافی نیست	اصلاح، بهبود و توسعه شبکه، استفاده مناسب از ظرفیت ترانسفورماتورها، داشتن برنامه مناسب سرویس تجهیزات، نوسازی تجهیزات، حداقل رساندن نشتی‌ها
۵۲		انرژی الکتریکی	برق	آسیب به پرندگان، حیوانات	D۱	کافی نیست	محصور کردن تجهیزات با فنس، بستن وروی و خروجی کانال‌ها برای جلوگیری از ورود حیوانات
۵۳		انرژی‌های جوی	باد، برف و باران، رعدوبرق، گردوغبار	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط کاهش منابع	C۲	کافی نیست	نظارت مستمر، رعایت دستورالعمل‌ها، مطالعه و پایش و شناسایی نقاط ضعف به صورت مستمر، مکان یابی مناسب و مقاوم سازی تجهیزات و تاسیسات در برابر شرایط بحرانی، آموزش نیروی انسانی، برگزاری مانور
۵۴		انرژی‌های زیرزمینی	زلزله، آب‌های زیرزمینی	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط کاهش منابع	D۲	کافی نیست	نظارت مستمر، رعایت دستورالعمل‌ها، مطالعه و پایش و شناسایی نقاط ضعف به صورت مستمر و مقاوم سازی، انتخاب محل مناسب جهت احداث پست، آموزش و برگزاری مانور
۵۵		جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	کپسول CO2	آلودگی خاک	E۴	کافی است	تست هیدرو استاتیکی، سرویس و نگهداری دوره‌ای
۵۶		جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	کپسول پودر و گاز	آلودگی هوا، خاک	E۴	کافی است	تست هیدرو استاتیکی، سرویس و نگهداری دوره‌ای
۵۷		مواد شیمیایی (۸)	مواد زائد آغشته به روغن، گریس، چسب و غیره	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	B۳	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار

۵۸	تعمیر و نگهداری تاسیسات	مواد شیمیایی (۸)	رنگ، ضایعات فلزی، پلاستیکی	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	B۳	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۵۹	ساختمان	مواد شیمیایی (۸)	تولید ضایعات لامپ‌های جیوه‌ای سوخته و چراغ‌های شکسته و فرسوده (قاب و حباب)	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	B۲	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۰		مواد شیمیایی (۸)	دتکتورهای معیوب سیم، روکش سیم	آلودگی خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	C۳	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۱	تعمیر و نگهداری سیستم اعلام و اطفاء حریق	جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انفجار سیلندر CO2	آلودگی خاک، محیط		E۲	کافی نیست	شارژ در محل مناسب و مطابق استاندارد
۶۲		جابه جایی فشار حجم و انرژی جنبشی (۷)	انجار سیلندر نیتروژن	آلودگی خاک، محیط		E۲	کافی نیست	شارژ در محل مناسب و مطابق استاندارد
۶۳	تعمیر و نگهداری سیستم اعلام و اطفاء حریق	مواد شیمیایی (۸)	ضایعات کپسول، قطعات کپسول	آلودگی خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	E۳	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۴		مواد شیمیایی (۸)	پودر کپسول‌های اطفاء، گاز CO2	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	E۳	کافی نیست	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار انجام شارژ در محیط دارای تهویه یا باز

پیوست ۲:

جدول ۱۰: ردیابی ریسک به روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن

Table 10: Risk tracking by the method of failure modes and analysis of its effects

حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن							
ردیف	فعالیت‌ها/ خدمات/ محصولات	جنبه محیط زیستی	پایامدها	کنترل‌های موجود	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره آلودگی
				کنترل و توصیه‌های پیشنهادی	سطح ریسک		

۱	نمونه برداری روغن	نشت روغن معدنی، میست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	طراحی و نصب شیر گازی بر روی محل نمونه برداری	۴	۲	۱	۸	نصب بشکه دربردار در محل پستها آزمایشگاه، قرار دادن ظروف مناسب زیر شیرهای نمونه گیری و انتقال به موقع بشکه‌های پر شده به انبار برای تحویل به شرکت‌های دارای مجوز بازیافت پسماندهای ویژه
۲	تست روغن	نشت روغن معدنی، میست روغن	آلودگی آب، خاک و هوا	تهویه موضعی	۴	۲	۱	۸	استفاده از تهویه با جاذب مناسب، سرویس تهویه و تعویض جاذب مطابق دستورالعمل‌ها، جمع آوری در ظروف دربسته و انتقال پسماند به انبار مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳	سیرکوله روغن	نشت روغن	آلودگی آب، خاک و هوا		۴	۱	۳	۱۲	استفاده از ظروف خالی در محل‌های اتصال برای جلوگیری از نشت‌های احتمالی، اطمینان از اتصالات، بازدید و نظارت مستمر، استفاده از لوله و شیلنگ نو و مناسب، رعایت دستورالعمل‌های ایمنی در نگهداری و حمل بشکه‌ها، استفاده از ظروف در بسته برای پسماند

۴	تست‌های شیمیایی	نشت مواد شیمیایی	آلودگی آب، خاک و هوا	تهویه موضعی	۳	۲	۱	۶	استفاده از تهویه با جاذب مناسب، سرویس تهویه و تعویض جاذب مطابق دستورالعمل‌ها، جمع‌آوری در ظروف دربسته و انتقال پسماند به انبار مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۵	فعالیت‌های اداری	مصرف گاز	کاهش منابع	نصب شیرهای ترموستاتیک در رادیاتورها، استفاده از ساعت فرمان نجومی و سنسور حرکتی	۱	۵	۱	۵	نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از لامپ‌های LED، ایجاد اتاقک‌های شیشه‌ای اپراتور داخل اتاق کنترل، نصب سنسور حرکتی و ساعت فرمان نجومی برای کنترل روشنایی، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۶		انفجار گاز	آسیب به تجهیزات، محیط زیست		۴	۱	۱	۸	بازدید دوره‌ای، استفاده از تجهیزات گازی استاندارد، نصب دتکتور گاز
۷		مصرف برق	کاهش منابع	نصب شیرهای ترموستاتیک در رادیاتورها، استفاده از ساعت فرمان نجومی و سنسور حرکتی	۲	۵	۲	۲۰	نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از لامپ‌های LED، ایجاد اتاقک‌های شیشه‌ای اپراتور داخل اتاق کنترل، نصب سنسور حرکتی و ساعت فرمان نجومی برای کنترل روشنایی، نظارت دوره‌ای برای کنترل مصرف

۸	فعالیت‌های اداری	مصرف آب	کاهش منابع	استفاده از آبیاری قطره‌ای و شیرهای کم مصرف و چشم الکترونیکی	۲	۵	۲	۲۰	استفاده از آبیاری قطره‌ای، استفاده از شیرهای کم مصرف و چشم الکترونیکی، استفاده از مخازن سیفون با حجم کمتر، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۹	فعالیت‌های اداری	تولید فاضلاب	کاهش منابع	استفاده از آبیاری قطره‌ای و شیرهای کم مصرف و چشم الکترونیکی، اتصال به فاضلاب شهری	۲	۵	۲	۲۰	استفاده از آبیاری قطره‌ای، استفاده از شیرهای چشم الکترونیکی، استفاده از مخازن سیفون با حجم کمتر، نظارت و بازدید دوره‌ای برای کنترل مصرف
۱۰		تولید پسماند خشک (کاغذ، پلاستیک، فایلون و ...)	کاهش منابع	اتوماسیون اداری برای نامه‌ها و ایجاد شبکه ارتباط داخلی	۲	۵	۱	۱۰	ایجاد سیستم یکپارچه سازمانی ERP و حذف کاغذ و انجام مکاتبات، مرخصی، مأموریت و انتقال فایل‌ها درون شرکت کاملاً به صورت سیستمی، فرهنگ سازی و آموزش، تفکیک پسماند با تدوین دستورالعمل و تعیین محل‌های جمع‌آوری مجزا برای پسماندها
۱۱	تعمیر و نگهداری کامپیوتر	قطعات کامپیوتری، پرینتر، کارتریج	آلودگی آب، خاک و هوا	جمع‌آوری و انتقال به انبار	۴	۲	۲	۱۶	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند(ایجاد محل جمع‌آوری مناسب برای ضایعات الکترونیک، انتقال ایمن و ارسال جهت بازیافت)

۱۲	سم پاشی درختان	استفاده از سم	آلودگی هوا و خاک	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	۴	۱	۲	۸	استفاده از درختان با نیاز کمتر به سمپاشی/سمپاشی در روزهای تعطیل، استفاده از سموم با آسیب کمتر به محیط زیست
۱۳	نظافت و شست و شو	استفاده از مواد شوینده، آب	آلودگی آب و خاک/ کاهش منابع	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	۲	۵	۱	۱۰	استفاده از کاشی‌ها و سرامیک‌های آنتی باکتریال و خود تمیز شونده، صرفه جویی در مصرف آب/آموزش و فرهنگ سازی در جهت استفاده بهینه از آب و مواد شوینده
۱۴	فعالیت‌های آشپزخانه	زباله‌های تر و خشک و پلاستیکی	آلودگی خاک		۱	۵	۲	۱۰	ایجاد ضایعات کمتر، تفکیک زباله‌ها، استفاده حداقلی از ظروف یکبار مصرف و در صورت نیاز مواد تجدید پذیر
۱۵	تخلیه و بارگیری روغن تجهیزات حاوی روغن	نشت روغن	آلودگی آب و خاک		۴	۱	۳	۱۲	رعایت نکات ایمنی /آموزش و فرهنگ سازی/ نظارت مستمر
۱۶	تخلیه و بارگیری مواد اسیدی	نشت اسید	آلودگی آب و خاک		۴	۱	۳	۱۲	رعایت نکات ایمنی /آموزش و فرهنگ سازی/ نظارت مستمر
۱۷	کارکرد لیفتراک و جرثقیل	دود/ نشتی روغن/ مواد سوختی	آلودگی آب و خاک		۲	۳	۱	۶	بازدید دوره‌ای، معاینه فنی، بازدید فنی و سرویس دوره‌ای لیفتراک‌ها به صورت مستمر
۱۸	نگهداری و انبارش مواد شیمیایی، گاز و روغن	نشت مواد شیمیایی، روغن، گاز، انفجار	آلودگی آب و خاک	برگزاری آموزش، نصب سیستم اعلان حریق،	۴	۱	۳	۱۲	رعایت دستورالعمل‌ها و ایمنی انبارداری، بازدید و کنترل دوره‌ای، نصب اطفاء

					نصب MSDS				حریق خودکار و دتکتور گاز، آموزش و فرهنگ سازی مستمر، برگزاری مانور
۱۹	تردد کامیون ها و تریلی های حمل کالا	دود/ نشتی روغن/ مواد سوختی	آلودگی آب و خاک و هوا	معاینه فنی	۲	۲	۱	۴	رعایت دستورالعمل های ایمنی حمل و نقل، آموزش و فرهنگ سازی، برگزاری مانور برای شرایط های اضطراری
۲۰	نصب و راه اندازی ترانس های قدرت و فوق توزیع	نشتی روغن، ضایعات فلزی، ساختمانی، بخش سیمکابل	آلودگی آب و خاک	نظارت، جمع آوری و انتقال پسماندها به انبار مرکزی	۴	۱	۳	۱۲	استفاده از ظروف در محل نشتی/ جمع آوری و انتقال پسماندها به انبار مرکزی و اقدام مطابق دستورالعمل ها/ نظارت و بازرسی مستمر
۲۱	اورهال تعویض- روغن کلیدهای روغنی	نشتی روغن	آلودگی آب و خاک	تعمیر و نگهداری بر اساس گزارش و سرویس سالیانه	۴	۱	۲	۸	استفاده از ظروف در محل نشتی/ تعویض کلیدهای روغنی با گازی
۲۲	بریکرهای گازی (SF6)	انفجار	آلودگی هوا (اثر گلخانه ای)	تعمیر و نگهداری بر اساس گزارش و سرویس سالیانه	۳	۱	۴	۱۲	رعایت دستورالعمل، بازدید و سرویس دوره ای/ استفاده از دوربین لیزری جهت GAS VUE بازدید و تشخیص نشتی
۲۳	بریکرهای گازی (SF6)	نشت گاز (SF6)	آلودگی هوا (اثر گلخانه ای)	تعمیر و نگهداری بر اساس گزارش و سرویس سالیانه	۳	۱	۴	۱۲	رعایت دستورالعمل/ دقت در اتصالات، بازدید و سرویس دوره ای/ استفاده از دوربین لیزری جهت VUE GAS

بازدید و تشخیص نشتی									
۲۴	فیدرهای فشار متوسط	انفجار و آتش سوزی	آلودگی هوا، آسیب به حیوانات	سرویس دوره‌ای	۴	۱	۲	۸	بازدید و سرویس به موقع، استفاده از اجناس با کیفیت، جلوگیری از نفوذ حشرات و حیوانات، نصب خاموش کننده اتوماتیک بر روی فیدر
۲۵	نصب و راه اندازی باطری	اسید، قلیا	آلودگی آب و خاک و هوا	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	۴	۱	۲	۸	استفاده از باطری‌های خشک، نگهداری اسید و قلیا در ظروف سربسته جلوگیری از نشت آن، استفاده از تهویه دارای جاذب
۲۶	تعمیر یا تعویض باطری‌های معیوب	ضایعات باطری آغشته به اسید یا قلیا	آلودگی آب و خاک و هوا	جمع آوری و انتقال به انبار	۴	۲	۲	۱۶	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق با دستورالعمل مدیریت پسماند./ نظارت مستمر/ آموزش و فرهنگ سازی
۲۷	رنگ کاری تجهیزات	رنگ	آلودگی آب، خاک و هوا	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	۳	۲	۲	۱۲	جمع آوری ظروف و پسماند رنگ و انتقال به انبار، استفاده از رنگ‌های سازگار با محیط زیست با پایه آبی
۲۸	کارکرد دیزل ژنراتور	گازوئیل، روغن صنعتی، قطعات معیوب دیزل	آلودگی آب، خاک و هوا		۲	۲	۲	۸	استفاده از ظروف برای جلوگیری از نشت گازوئیل در زمان تعمیر، جمع آوری و انتقال پسماندها به انبار، بازدید دوره‌ای و سرویس دوره‌ای برای جلوگیری از

نشت گازوئیل و یا روغن، استفاده از اتصالات مناسب									
۲۹	تعویض درپوش‌های بتنی کانال‌ها	پسماند خشک	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	تعویض درپوش‌های معیوب با سالم و خروج ضایعات از محیط	۱	۲	۳	۶	استفاده از کامپوزیت درپوش‌های نانو
۳۰	تعویض سیم و کلید داخل کانال‌ها، تابلوهای برق	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۳	۱	۲	۶	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۱	تمیز نمودن و روغن کاری تجهیزات پست	الکل، روغن صنعتی	آلودگی آب، خاک و هوا	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۳	۲	۱	۶	قراردادن ظرف در محل تمیزکاری و انتقال پسماندها به انبار (تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند)
۳۲	تعمیر یا تعویض تجهیزات پست	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۴	۲	۲	۱۶	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۳	تعمیر یا تعویض سیم ارت	ضایعات فلزی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۳	۱	۱	۳	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۴	تعمیر و سرویس تابلوهای حفاظتی	ضایعات فلزی و الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۴	۲	۱	۸	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۵	تعویض مقره	ضایعات مقره	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۳	۲	۲	۱۲	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق با دستورالعمل مدیریت پسماند.

۳۶	تعمیر و سرویس تابلوهای مخابراتی و بی سیم	ضایعات الکترونیک و تجهیزات مخابراتی (خازن، مقاومت، سلف، رله، گوشی تلفن، آنتن و...)	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۴	۲	۲	۱۶	جمع آوری و انتقال به انبار برای فروش جهت بازیافت مطابق دستورالعمل مدیریت پسماند
۳۷	فعالیت‌های شبکه مخابراتی بی سیم	میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط		۲	۵	۱	۱۰	رعایت فاصله استاندارد در ایجاد تاسیسات جدید
۳۸	احداث تأسیسات	پسماند فلزی، الکترونیکی	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست	جمع آوری و انتقال به انبار به صورت غیر سیستمی	۴	۱	۲	۸	جمع آوری پسماندها مطابق دستورالعمل‌ها، نظارت بر اجرای دستورالعمل‌ها، صرفه جویی در مصرف آب و برق با استفاده از تجهیزات و وسایل کم مصرف
۳۹		نخاله‌های ساختمانی، از بین بردن مراتع و منابع طبیعی،	آلودگی تصویری و تخریب محیط زیست، کاهش مراتع و منابع طبیعی	جمع آوری پسماندها به صورت غیر سیستمی	۳	۱	۲	۶	جمع آوری پسماندها مطابق دستورالعمل‌ها، نظارت بر اجرای دستورالعمل‌ها ساخت پست‌های کمپکت
۴۰		مصرف منابع آب، برق	کاهش منابع		۳	۱	۲	۶	جمع آوری پسماندها مطابق دستورالعمل‌ها، نظارت بر اجرای دستورالعمل‌ها، صرفه جویی در مصرف آب و برق با استفاده از تجهیزات
۴۱	تردد ماشین آلات	دود/ نشتی روغن/ مواد سوختی	آلودگی هوا		۲	۳	۱	۶	معاینه فنی خودرو، بازدید و سرویس دوره‌ای خودرو، استفاده از خودروهای نو با آلاینده‌گی کمتر

۴۲	مونتاژ ترانس‌ها	نشتی روغن، پخش سیلیکاژل	آلودگی آب و خاک		۴	۱	۲	۸	استفاد از ظروف برای جلوگیری از ریختن روغن روی زمین، استفاده از سیلیکاژل نارنجی به جای آبی، جمع آوری و انتقال پسماند به انبار مطابق قوانین
۴۳	کارکرد ترانس	برق	برق گرفتگی پرندگان حیوانات		۴	۱	۲	۸	محصور کردن تجهیزات با فنس، بستن وروی و خروجی کانال‌ها برای جلوگیری از ورود حیوانات
۴۴		میدان مغناطیسی	آلودگی محیط زیست		1	۵	۲	۱۰	رعایت فاصله استاندارد در ساخت ساختمان کنترل پست‌ها و رعایت آن در پست‌های شهری از مکان‌های عمومی و ساختمان‌های مسکونی
۴۵		ایجاد لرزش و سر و صدا	آلودگی محیط زیست		۱	۵	۲	۱۰	مهار کردن ترانس‌ها، سرویس به موقع استفاده از جاذب صدا و لرزه در زمان نصب و یا ساخت ترانس
۴۶	کارکرد ترانس	ضایعات سیلیکاژل آبی	آلودگی آب و خاک و هوا		۴	۱	۲	۸	استفاده از سیلیکاژل نارنجی، مدیریت پسماند با تدوین دستورالعمل مناسب
۴۷		نشت روغن	آلودگی آب و خاک و هوا، حریق	ایجاد حوضچه زیر ترانس، استقرار سیستم اطفاء دستی	۴	۱	۲	۸	طراحی و مکان یابی مناسب جهت به حداقل رساندن آسیب‌ها، سرویس دوره‌ای، بازدید مستمر و موثر، اقدام فوری جهت رفع عیب

۴۸	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	انفجار تجهیزات، آتش سوزی،	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	استقرار خاموش کننده‌های آماده به کار، آموزش اطفاء حریق، نظارت و بازدید تجهیزات	۴	۱	۳	۱۲	بازدید و سرویس دوره‌ای، استفاده از تجهیزات با کیفیت، برگزاری مانور
۴۹		میدان مغناطیسی	آلودگی هوا و محیط		۱	۵	۳	۱۵	رعایت فاصله استاندارد در ساخت ساختمان‌های کنترل و ساخت پست‌های برق داخل شهر
۵۰		نشت روغن	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط		۴	۱	۲	۸	تعویض کابل‌های روغنی با نوع خشک، بازدید و سرویس دوره‌ای تجهیزات، استقرار ظروف مناسب برای استفاده در زمان وجود نشتی
۵۱	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	تلفات انرژی	کاهش منابع	تعمیر و نگهداری مطابق برنامه	۳	۵	۲	۳۰	اصلاح، بهبود و توسعه شبکه، استفاده مناسب از ظرفیت ترانسفورماتورها، داشتن برنامه مناسب سرویس تجهیزات، نوسازی تجهیزات، حداقل رساندن نشتی‌ها

۵۲	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	برق	آسیب به پرندگان، حیوانات	استفاده از موانع خاردار در بالای گنتری‌ها، دکل‌ها و کراس آرم‌ها، استفاده از ایزولاتور در پوشینگ‌ها	۴	۱	۳	۱۲	محصور کردن تجهیزات با فنس، بستن وروی و خروجی کانال‌ها برای جلوگیری از ورود حیوانات، تشخیص عوامل تاثیر گذار و جذب کننده جانوران جهت ورود به محدوده، مطالعه انواع جانوران به لحاظ گونه زیستی و پراکندگی جهت رفتارشناسی و علت یابی حضور حیوانات در پست‌های فشار قوی و ارائه راهکارهای مقابله
۵۳	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	باد، برف و باران، رعد و برق، گرد و خاک	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط کاهش منابع	تهیه لجن کش، مقاوم سازی تجهیزات، اصلاح و بهینه سازی، سرویس و شستشوی مداوم	۴	۲	۳	۱۲	نظارت مستمر، رعایت دستورالعمل‌ها، مطالعه و پایش و شناسایی نقاط ضعف، مکان یابی مناسب و مقاوم سازی تجهیزات و تاسیسات در برابر شرایط بحرانی، آموزش نیروی انسانی، برگزاری مانور
۵۴		زلزله، آب‌های زیرزمینی	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط کاهش منابع	ساخت تاسیسات ضد زلزله، اصلاح و بهینه سازی	۴	۱	۳	۱۲	ساخت تاسیسات و تجهیزات مقاوم در برابر زلزله، نظارت مستمر، رعایت دستورالعمل‌ها، مطالعه و پایش و شناسایی نقاط ضعف و مقاوم سازی، انتخاب محل مناسب جهت

۵۵	کارکرد تجهیزات الکتریکی پست	کپسول CO ₂	آلودگی خاک	تست هیدرو استاتیکی، سرویس و نگهداری دوره‌ای	۱	۱	۲	۲	احداث پست، آموزش و برگزاری مانور
۵۶		کپسول پودرو گاز	آلودگی هوا، خاک	تست هیدرو استاتیکی، سرویس و نگهداری دوره‌ای	۲	۱	۱	۲	
۵۷	تعمیر و نگهداری تاسیسات ساختمان	مواد زائد آغشته به روغن، گریس، چسب و غیره	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها از محیط کار	۴	۱	۲	۸	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۵۸		رنگ، ضایعات فلزی، پلاستیکی	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	۴	۱	۲	۸	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۵۹		تولید ضایعات لامپ‌های جیوه‌ای سوخته و چراغ‌های شکسته و فرسوده (قاب و حباب)	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	۴	۱	۲	۸	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۰	تعمیر و نگهداری سیستم اعلام و اطفاء حریق	دتکتورهای معیوب سیم، روکش سیم	آلودگی خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	۳		۲	۶	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۱		انفجار سیلندر CO ₂			۴	۱	۲	۸	شارژ در محل مناسب و مطابق استاندارد
۶۲		انجار سیلندر نیتروژن			۴	۱	۲	۸	شارژ در محل مناسب و مطابق استاندارد

۶۳	تعمیر و نگهداری	ضایعات کپسول، قطعات کپسول	آلودگی خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	۳	۱	۲	۶	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار
۶۴	سیستم اعلام و اطفاء حریق	پودر کپسول های اطفاء، گاز CO2	آلودگی آب، هوا، خاک، محیط	جمع آوری و انتقال پسماندها	۲	۱	۲	۴	تدوین دستورالعمل مدیریت پسماند، جمع آوری پسماندها و انتقال به انبار انجام شارژ در محیط دارای تهویه یا باز