Passive Defence
Vol. 15, No. 4, Winter 2024, Serial No. 60
ISSN: 2980-8030 , E-ISSN: 2008-6849

The Application of Deep Learning Method in the Management of Environmental Risks of Construction Projects with the View of Passive Defense

Amin Amraee , Seyed Azim Hosseini* , Farshid Farokhizadeh , Mohammad Hasan Haeri

*Associate Professor, Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 13/03/2024, Revised: 07/07/2024, Accepted: 22/09/2024, Published: 15/12/2024)
DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.4.7.0

ABSTRACT

The construction industry in Iran is considered one of the leading sectors in the economy and enjoys significant popularity among the people. This industry has also been a top choice for investment and has shown high returns based on published reports. Additionally, environmental risks associated with this industry have been of utmost importance, especially in recent years, for relevant authorities. This article focuses on environmental risk management in civil projects using the highly successful FMEA method and employing machine learning techniques. The main innovation of this research lies in simultaneously utilizing a novel machine learning method and risk management with the help of the FMEA method. The hybrid approach incorporates both descriptive and numerical modeling. Over 10 major projects in the metropolitan area of Tehran have been evaluated in this study, identifying more than 20 environmental risks. The prerequisite modeling using deep learning with FMEA was prepared, followed by modeling using a combination of artificial neural network and the MVO optimization algorithm. This study conducted extensive preprocessing to select the type of neural network and optimization algorithm. The research results demonstrate the effectiveness of the combined method employed. Four different types of neural networks and two optimization algorithms have been utilized based on specific evaluation criteria, with the most successful type being introduced. Finally, sensitivity analysis for identified environmental risks on the successful modeling has been performed, and the most significant risks have been identified using relative and absolute sensitivity methods.

Keywords: Risk Management, FMEA Method, Deep Learning, Civil Project, Environmental

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

* Corresponding Author Email: s.az.hosseini.t@gmail.com

پدافند غیرعامل

سال پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، (پیاپی ۶۰): صص ۱۱۱-۹۹

شاپای چاپی: ۶۹۴۹-۲۰۰۸ | **شاپای الکترونیکی:** ۸۰۳۰-۲۹۸۰

علمی –ترویجی

کاربرد روش یادگیری عمیق در مدیریت ریسک‌های محیط زیستی پروژه‌های عمرانی با دیدگاه پدافند غیرعامل

امین امرایی[۱]، سید عظیم حسینی[۲*]، فرشید فرخی زاده[۳]، محمد حسن حائری[۴]

DOR: 20.1001.1.20086849.1403.15.4.7.0

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵

چکیده

صنعت ساخت و ساز در کشور ایران از صنایع پیشرو در اقتصاد به شمار رفته و از اقبال قابل توجهی در نظر مردم نیز برخوردار است. این صنعت به عنوان گزینه اول در سرمایه‌گذاری نیز به حساب آمده و بیشترین بازدهی را بنا بر گزارشهای منتشر شده از خود نشان داده است. همچنین خطرات محیط زیستی ناشی از این صنعت نیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و از دغدغه‌های اصلی مسئولین ذیربط علی‌الخصوص در سالهای اخیر است. این مقاله به مدیریت ریسک محیط‌زیستی در پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش بسیار موفق FMEA و با کاربرد روشهای یادگیری ماشین پرداخته است. نوآوری اصلی تحقیق حاضر در به کار بردن همزمان روش نوین یادگیری ماشین و همچنین مدیریت ریسک به کمک روش FMEA است. روش ترکیبی حاضر از دو رویکرد توصیفی و مدلسازی عددی استفاده کرده است. در این مطالعه بیش از ۱۰ پروژه بزرگ در کلان شهر تهران ارزیابی شده و بیش از ۲۰ ریسک محیط‌زیستی شناسایی شده است. پیش‌نیاز مدلسازی به روش یادگیری عمیق به کمک FMEA تهیه شده و سپس مدلسازی با ترکیب روش شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی MVO انجام شده است. این مطالعه پیش پردازش‌های پر حجمی جهت انتخاب نوع شبکه عصبی و الگوریتم بهینه‌سازی انجام داده است. نتایج تحقیق نشان از کارایی مناسب روش ترکیبی به کار رفته می‌دهند. چهار نوع شبکه عصبی مختلف و دو نوع الگوریتم بهینه‌سازی بر اساس شاخص‌های ارزیابی مشخص استفاده شده‌اند و موفق‌ترین نوع آنها معرفی شده است. در نهایت آنالیز حساسیت برای ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی شده بر روی مدلسازی موفق معرفی شده، انجام شده و مهمترین ریسک‌ها به روش حساسیت نسبی و مطلق معرفی شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت ریسک، روش FMEA، یادگیری عمیق، پروژه عمرانی، محیط‌زیستی

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (s.az.hosseini.t@gmail.com)- نویسنده مسئول

[۳] استادیار، گروه مهندسی نگهداری و تعمیرات، دانشکده علوم و مهندسی دفاعی، دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین (ع)، تهران، ایران

[۴] استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۱- مقدمه

مدیریت ریسک محیط‌زیستی پروژه‌های عمرانی یکی از موضوعات مهم و پیچیده در زمینه محیط زیست است. این موضوع به بررسی و کنترل ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های ساخت و ساز بر روی منابع طبیعی، گونه‌های زیستی، اکوسیستم ها و سلامت انسان می‌پردازد. روش FMEA مخفف Failure Mode and Effect Analysis است که به‌معنی تحلیل حالات بالقوه خرابی و اثرات آن است. این روش یکی از روش‌های ارزیابی ریسک است که با شناسایی و رتبه‌بندی عوامل خطرناک و پیامدهای آنها بر سیستم‌ها و فرایندها، اقدامات پیشگیرانه و بهبودی را پیشنهاد می‌کند. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA به عنوان یک ابزار مدیریتی ارزش بالایی در سیاست گذاری ها و اجرای قوانین محیط‌زیستی دارد. این روش به عنوان یک ابزار مناسب جهت دستیابی به استاندارد انتشار آلاینده ها کمک می‌کند. همچنین این روش در تصمیم‌گیری‌های لازم برای انتخاب محل مناسب جهت استقرار صنایع و پروژه های عمرانی موثر است. تحلیل خطاها و اثرات حالت‌ها (FMEA) یک ابزار قدرتمند در مدیریت ریسک است که به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد تا خطرات و خطاهای ممکن در فرآیندها و فعالیت‌های خود را شناسایی و ارزیابی کرده و راهکارهای مناسب برای جلوگیری یا مدیریت این خطرات ارائه دهند. در زمینه مدیریت ریسک محیط‌زیستی، FMEA به عنوان یک ابزار کلیدی برای شناسایی و کاهش پتانسیل تأثیرات منفی بر محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی FMEA، افزایش اطمینان در فرآیندها و کاهش احتمال وقوع خطرات محیط‌زیستی است. با تحلیل سیستماتیک عوامل مخاطره‌آفرین و اثرات آنها، سازمان می‌تواند برنامه‌های موثری را برای مدیریت و کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی اجرا کند. در این سناریو، FMEA نه تنها به سازمان کمک می‌کند تا مشکلات محتمل در فرآیندها را شناسایی کند، بلکه امکان بهبود پیشگیری از این مشکلات و افزایش پایداری محیط زیستی را نیز فراهم می‌سازد. مراحل انجام ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA عبارتند از: ۱- شناسایی حالات بالقوه خرابی و عوامل خطرناک، ۲- شناسایی اثرات و پیامدهای حالات خرابی بر محیط زیست و سلامت انسان، ۳- ارزیابی شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت تشخیص حالات خرابی، ۴- محاسبه شاخص ریسک (RPN) برای هر حالت خرابی، ۵- - رتبه بندی حالات خرابی بر اساس شاخص ریسک و ۶- تعیین اقدامات پیشگیرانه و بهبودی برای کاهش ریسک.

مرور ادبیات فنی در زمینه مدیریت ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA یکی از مراحل مهم در انجام پژوهش های علمی است. این مرحله به پژوهشگر کمک می‌کند تا با آخرین دستاوردها، نظریه ها، مدل ها، روش ها و مطالعات مرتبط با موضوع پژوهش آشنا شود و بتواند فرضیات، روش شناسی، محدودیت ها و نتایج پژوهش خود را با استناد به منابع معتبر بیان کند. در این بخش تعدادی از مقالات داخلی و بین‌المللی معتبر در زمینه تحقیق ذکر می‌گردد: کتاب ارزیابی ریسک محیط‌زیستی FMEA: این کتاب الکترونیکی توسط سایت تخصصی دانشجویان بهداشت حرفه ای در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است و شامل مفاهیم و تعاریف، اهمیت، بخش های مورد نیاز، مراحل انجام و مثال هایی از ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA است. رضاییان و ایرانیان در سال ۱۳۹۷ به بررسی ارزیابی ریسک در پروژه‌های راه‌سازی بر مبنای استاندارد PMBOK (مورد مطالعه: پروژه ساخت پل کابلی شهرستان ساری) پرداختند. این تحقیق با رتبه‌بندی و تعیین مهم‌ترین ریسک‌های پروژه‌های راه‌سازی، به تعیین این مهم می‌پردازد که مهم‌ترین ریسک‌ها در کدام یک از حوزه‌ها قرار دارند. برای این منظور با استفاده از روش دلفی ریسک‌های پروژه شناسایی و سپس برای رتبه‌بندی این اطلاعات از فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. پس از پیاده‌سازی مدل شبکه‌ای تولیدشده در نرم‌افزار Super Decision، مدیریت هزینه و مدیریت زمان به عنوان ریسک‌پذیرترین حوزه‌های استاندارد PMBOK شناخته شده‌اند. امیدوار و نیرومند در سال ۲۰۱۷ به ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری (مطالعه موردی جرثقیل های سقفی) پرداختند. روش ارایه شده با اتکابه روش های AHP فازی, اعداد Z و GRP به ترتیب مشکل یکسان بودن وزن های مربوط به ریسک فاکتورها، عدم قطعیت موجود در داده ها (نظرات متخصصین) و اولویت بندی حالت های شکست را حذف نموده و نسبت به روش FMEA سنتی از توانایی بالاتری در اولویت بندی ریسک ها برخوردار می باشد. ارزیابی ریسک سدهای بتنی برقآبی با روش تلفیقی FEMA و RAMCAP با رویکرد پدافندغیرعامل، مطالعه موردی : سد بتنی لیرو تحقیق دیگری است که توسط فیضی و همکاران در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. ارزیابی ریسک های محیط‌زیستی در راهسازی به روش FMEA تحقیق دیگری است که توسط نمازی و همکاران در سال ۲۰۲۰ انجام شده است. طبق نتایج این تحقیق بالاترین سطح ریسک محیط‌زیستی در راهسازی عبارتست از: خاکبرداری و خاکریزی و برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه با سطح ریسک ۴۸، رگلاژ سطح ۳۶ . با مدیریت و اقدامات مناسب میتوان جهت حذف و کاهش اثرات منفی عملیات راهسازی اقدام نمود. چراغی و همکاران در سال ۲۰۱۹ به بررسی انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک زیست محیطی پروژه های ساخت و ساز با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری

(مطالعه موردی: پروژه مجتمع ساختمانی صبا) پرداختند. انتخاب استراتژی های مناسب پاسخ به ریسکها در پروژه های عمرانی یکی از دغدغه های ذینفعان پروژه می باشد. برای اولین بار از یک الگوریتم فرا ابتکاری برای انتخاب راهبردهای پاسخ به ریسک HSE پروژه های عمرانی استفاده شده است.

مقالات داخلی در این زمینه بررسی شده و تعداد ۲۰ مقاله در مدیریت ریسک پروژه های عمرانی داخلی منتشر شده است. پس از بررسی مقالات و تحقیقات داخلی به بررسی منتشرات بین‌المللی در زمینه تحقیق حاضر پرداخته شده است. روش‌های مدیریت ریسک خاکبرداری از طریق FMEA و FMECA تحقیقی است که توسط کومار و کومار در سال ۲۰۱۷ انجام شده است. این مقاله یک سیستم استراتژی مدیریت ریسک را برای برنامه نگهداری بهینه (OMP) خاکبرداری با بیل مکانیکی مورد بحث قرار می دهد. OMP شامل روش تحلیل عملکردی FMEA و FMECA است. برای توسعه یک سیستم عملیاتی موفق، ابتدا لازم است یک برنامه مدیریت ریسک ایجاد شود. یک برنامه مدیریت محتاطانه برنامه‌ای است که ایمنی را تضمین می‌کند و از نظر محیط‌زیستی و اقتصادی مسئولیت پذیر است. یک رویکرد جدید FMEA برای ارزیابی خطر آلودگی هوا ناشی از کشتیرانی در سال ۲۰۲۳ توسط Ceylan و همکاران انجام شده است. در این تحقیق تجزیه و تحلیل ریسک و یافته های ارائه شده به عنوان مرجعی برای ذینفعان دریایی برای جلوگیری از سناریوهای مضر مربوط به آلودگی هوای کشتی در نظر گرفته شده است. Semin *et al* در تحقیقشان در سال ۲۰۲۳ به ارزیابی ریسک و مدیریت آن برای آلودگی محیط‌زیستی در پالایشگاه نفت با استفاده از رویکرد FMEA پرداختند. همچنین مهمترین خطرات پتروشیمی شامل آلودگی هوا، کاهش کیفیت آب و به خطر انداختن سلامت عمومی منطقه بود. لذا پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش یا حذف ریسک‌ها و عوامل ایجاد مخاطرات محیط‌زیستی، دوره‌های بازرسی و پایش با توجه به ریسک‌های شناسایی‌شده، از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های مدیریتی باشد. Liu و همکاران در سال ۲۰۲۴ یک روش بهبود یافته FMEA بر اساس شبکه اعتماد متخصص برای مدیریت ریسک حمل و نقل دریایی ارایه کرده‌اند. در این مقاله برای نشان دادن ابهام و تردید در ارزیابی‌های کارشناسان و نشان دادن اطلاعات ارزیابی بیشتر، از مجموعه‌های فازی استفاده شده است و اثربخشی و برتری روش بهبود یافته FMEA از طریق مطالعه موردی و بحث بیشتر نشان داده شده است. بهبود روش FMEA می تواند به بهبود کارایی ارزیابی ریسک، حفاظت از محیط محیط‌زیستی دریایی و حفاظت از منافع سرمایه گذاران کمک کند.

هدف از بخش مقدمه، ارایه مبانی نظری پژوهش حاضر و مروری بر ادبیات فنی در این زمینه است. با مطالعه ادبیات فنی داخلی و بین‌المللی مشاهده می‌شود که روش FMEA در مدیریت ریسک محیط‌زیستی پرچمدار بوده و بیشترین کاربرد را از خود نشان داده است. همچنین ترکیب این روش با روشهای فراابتکاری در مدیریت ریسک استفاده شده و موفقیت قابل قبولی از خود نشان داده است. منتشرات داخلی نیز نشان داده است که در یک پروژه موردی یعنی ساختمان صبا در تهران از این روش و ترکیب آن با الگوریتم فرا ابتکاری NSGAII به صورت محدود استفاده شده و موفقیت خود را نشان داده است. بنابراین اهمیت و ضرورت تحقیق حاضر بسیار مشخص شده است. ساختار این مقاله پس از بخش مقدمه و مرور ادبیات فنی به بیان روش تحقیق پرداخته و مفاد مهم آن را بیان می‌کند. سپس به تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق پرداخته و کارایی روش ترکیبی کاربردی را به چالش می‌کشد. نهایتا با جمع‌بندی بحث به نتیجه‌گیری پرداخته و موارد مهم آنرا ارایه می‌دهد.

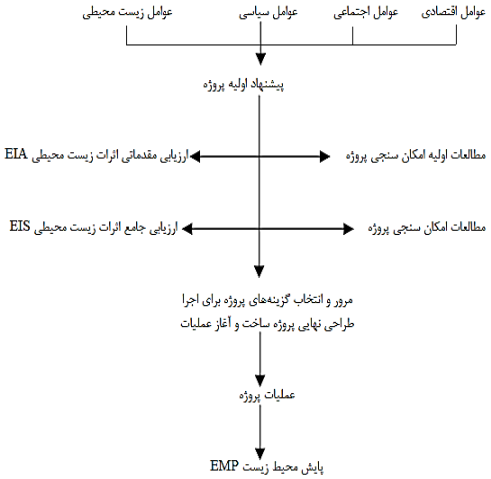
۲- مدیریت ریسک محیط‌زیستی

مفهوم کلی برنامه‌ریزی محیط‌زیستی عبارت است از تلاش هایی که در جهت تعادل و هماهنگی فعالیت های انسان در محیط زیست صورت می‌گیرد. این فعالیت ها عمدتاً بصورت برنامه‌های آبادانی و ساختمانی است که انسان به نفع خود ایجاد نموده و به این شکل برنامه‌ریزی محیط زیست در نهایت میبایست اثرات منفی این تأسیسات و فعالیت ها را بر محیط طبیعی خنثی نماید و این در حالیست که بسیاری از ناظران اظهار نگرانی می‌نمایند که علاقه انسان به توسعه صنعتی و اقتصادی منجر به خساراتی به محیط زیست می‌گردد که نتیجه این تغییرات و به دنبال آن به لحاظ کاهش منابع طبیعی و ذخایر و زیر زمینی، همبستگی مختل و اجتماعات انسانی از هم فرو خواهد پاشید و همچنین ایجاد هرگونه تغییر روش در طرق استفاده از زمین و طبیعت مجاور آن به ایجاد تغییرات محسوس نامطلوبی در محیط زیست منجر خواهد شد با این رویکرد پر واضح است وظیفه برنامه‌ریزان محیط زیست اتخاذ تدابیری به منظور کاهش سریع تأثیر منفی این تغییرات است و برای نیل به این هدف ضروریست که برنامه‌ریزان دو مفهوم زیربنایی را مورد استفاده قرار دهند اول اینکه هرگونه تجهیز کارگاه و تأسیسات عمرانی که در منطقه ای بنا می‌گردد، دارای نیازمندیهای بالقوه ای است که بنا بر شرایط ژئواستراتژیک مناطق تعیین، تنظیم و اجرا می‌گردد.

از دیدگاه محیط‌زیستی آلودگی خاک ناشی از ضایعات صنعتی و خطرناک؛ آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی ناشی از انتشارات فاضلابهای صنعتی و بهداشتی، انتشار مواد آلوده ساختمانی و روغنی به محیط و به طور کلی نفوذ هر گونه مواد آلاینده به محیط که موجبات آلودگی محیط بیولوژیکی و یا

انسانی را فراهم سازد، قابل تأمل می‌باشد. از این رو توجه به مسائل ایمنی و محیط زیستی به منظور حفظ سلامت و بهداشت افراد شاغل و ساکنین منطقه و نیز محافظت از اکوسیستم منطقه از اهمیت به سزایی برخوردار است. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی در صدد سنجش ریسکهای مربوط به محیط زیست است که بر اثر فعالیتهای ساخت و ساز و یا طرح‌های عمرانی صورت می‌پذیرد. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی یک گام فراتر از ارزیابی ریسک بوده است و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط زیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیط زیست متأثر و همچنین ارزشهای خاص محیط زیستی منطقه نیز در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته شده است. با توجه حساسیت صنعت ساخت و ساز و اینکه دارای قابلیتهای فراوان توسعه‌ای می‌باشد باید ارزیابی ریسک محیط‌زیستی صورت گیرد و تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک و با شناخت کامل از محیط زیست منطقه، میزان حساسیت محیط تحت تأثیر و همچنین ارزشهای محیط زیستی منطقه در تجزیه و تحلیل ریسک بکار گرفته می‌شود با این امید، که با شناسایی مخاطرات احتمالی و پیامدهای ناشی از آنها، تخمین و برآورد ریسک، پیشنهاد روشهای تقلیل ریسک و پیامدهای ناشی از آن و مدیریت ریسک در این صنعت بکار گرفته شود. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی دارای چهار مرحله است و این روش قادر است که اثرات رخدادهای ناخواسته را با اثراتی که فاجعه بار نمی‌باشند، مرتبط نماید. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی دارای چهار مرحله است: ۱- شناسایی خطر، ۲- ارزیابی خطر (ارزیابی دز- واکنش)، ۳- برآورد ریسک (ارزیابی خروجی‌ها) و ۴- برآورد ریسک (ویژگی‌های ریسک). همچنین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی بررسی خطراتی است که از رویدادهای طبیعی (سیل، رویدادهای آب و هوایی شدید و غیره)، تکنولوژی، اعمال و روش¬ها، فرآیندها، تولیدات، عوامل (شیمیایی، بیولوژیکی، رادیولوژی و ...) و فعالیت‌های صنعتی حاصل می‌شود و ممکن است اکوسیستم‌ها، حیوانات و مردم را تهدید نماید. تجزیه و تحلیل ریسک محیط‌زیستی برای سلامت انسان یک فرآیند تجزیه و تحلیل، ارزیابی، مدیریت و مخابره کردن ریسک سلامت انسان است که حاصل پخش شدن مواد آلوده کننده بر روی محیط زیستی است که انسانها در آن زندگی می‌کنند.

فرآیند تهیه گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA) برای اولین بار در سال ۱۹۶۹ میلادی با وضع قانون سیاست محیط‌زیستی ملی در آمریکا (NEPA) جنبه رسمی به خود گرفت. بعد از کنفرانس استکهلم در سال ۱۹۷۲ میلادی بسیاری از کشورها خود را موظف به انجام مطالعات EIA قبل از اجرای طرح ها نمودند. علیرغم اینکه اصل پنجاهم قانون اساسی به صورت واضح وظیفه همگان را حفاظت از محیط زیست در کشور ایران اعلام نموده است، با این حال انجام مطالعات EIA در ایران با وقفه ای در حدود ۲۵ سال و پس از صورت جلسه مورخ ۱۳۷۳/۱/۲۳ شورایعالی حفاظت محیط زیست کشور الزامی گردید. بر این اساس مجریان پروژه‌های بزرگ ملزم شدند به همراه گزارش‌های امکان‌سنجی و مکان یابی نسبت به تهیه گزارش جامع ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه ها اقدام نمایند. شکل (۱) وضعیت پیشنهادی اولین چک لیست ارزیابی محیط‌زیستی پروژه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): وضعیت پیشنهادی جایگاه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کشور

به‌طور کلی می توان عنوان نمود که انجام مطالعات ارزیابی اثرات محیط‌زیستی طرح های عمرانی در شناسایی عوامل و اثرات مخرب محیط زیست و همچنین ارائه راهکارهای کاهش و تقلیل اثرات منفی بسیار حائز اهمیت است به ویژه آنکه طی سال های اخیر با تاکید سازمان حفاظت محیط زیست، این راهکار منجر به ارائه یک برنامه مدیریت و پایش محیط‌زیستی می گردد.

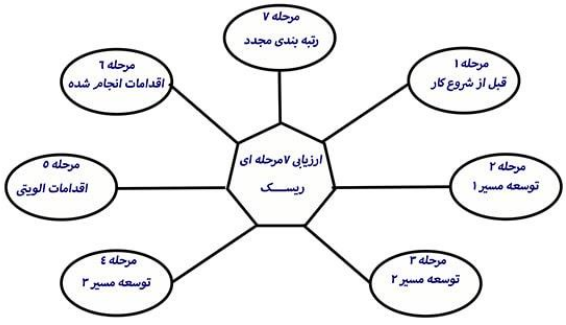
۳- روش FMEA

روش FMEA چندین دهه است که برای تجزیه و تحلیل شدت ریسک، شناسایی و کاهش شکست در فرآیندها و همچنین اصلاح سطح ایمنی در کسب و کارها مورد استفاده قرار می گیرد. این روش متناسب با صنعتی است که در آن به کار گرفته شده است. هدف از تدوین این روش، پیشگیری از آسیب هایی است که ممکن است به کاربر نهایی برسد و همچنین رعایت استانداردها و مقررات ایمنی کار است. در این مقاله از این روش برای پیش پردازش داده‌ها در مدلسازی به روش یادگیری عمیق استفاده خواهد شد. ارزیابی ریسک به روش FMEA اولین بار در دهه ۱۹۴۰ در ارتش آمریکا معرفی شد. بااین حال، استفاده این روش

زمانی افزایش یافت که مأموریت‌های فضایی سرنشین‌دار در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. سپس FMEA به‌عنوان یک روش کاهش ریسک در بسیاری از صنایع به کار گرفته شد تا جایی که استانداردهای خاصی تدوین شده است تا اطمینان حاصل شود که خطرات مناسب به‌درستی تعریف شده‌اند و کنترل آن‌ها قابل‌اجرا است.

روش FMEA یک روش سیستماتیک و پیشگیرانه برای ارزیابی یک فرآیند، به منظور شناسایی و بررسی چگونگی و زمان وقوع شکست است. این روش همچنین به بررسی تأثیراتی که این شکست بر بخش های مختلف پروژه می گذارد، می پردازد. در این روش بخش هایی که بیشترین نیاز به تغییر را دارند، نیز شناسایی خواهند شد. برای شناسایی شکست های بالقوه در مراحل مختلف چرخه عمر محصول ازجمله طراحی محصول، فرآیند تولید یا مونتاژ، کاربرد و خدمات آن از روش FMEA استفاده می شود. روش FMEA شامل مراحل زیر است: ۱- مراحل انجام هر فرآیند، ۲- مشکلات احتمالی در پروژه، ۳- علل شکست پروژه و ۴- پیامدهای شکست پروژه.

از روش FMEA برای بررسی مشکلات احتمالی استفاده می شود، قبل از آن که مشکلات واقعاً رخ دهد. تأکیدی که بر روش های پیشگیرانه در این روش وجود دارد، به صورتی است که حتی می تواند میزان آسیب احتمالی به کارکنان را تا حد زیادی پیش بینی کرده و حتی الامکان کاهش دهد. روش FMEA به ویژه در پروژه های نوپا، قبل از پیاده سازی آن ها و همچنین در ارزیابی تأثیرات ناشی از تغییرات پیشنهادی در پروژه هایی که مدت ها در حال اجرا است، بسیار مفید و حائز اهمیت است. ارزیابی میزان شکست و اثرات آن در ۷ مرحله انجام می شود. در تمامی این مراحل، فعالیت های کلیدی انجام خواهند شد. مراحل از هم جدا شده اند تا این اطمینان حاصل شود که اعضای هر تیم متناسب با هر مرحله انتخاب شده اند. در روش FMEA با توسعه رویکرد Quality – One، به جلوگیری و اجتناب از ایجاد مشکلات معمول که روند پروژه را کند یا بی اثر می‌کند، پرداخته می شود. مدل سه مسیره Quality – One، امکان اولویت بندی و استفاده بهینه از زمان تیم را فراهم می کند. شکل (۲) مراحل ارزیابی این روش را نشان می‌دهد.



شکل (۲): مراحل ارزیابی ریسک در روش FMEA

۴- روش تحقیق

پس از بیان مقدمه و مبانی نظری تحقیق حاضر، نوبت به ارایه روش تحقیق است. این پژوهش یک روش ترکیبی شامل روش توصیفی و مدلسازی می‌باشد که در چند مرحله انجام خواهد شد. مرحله اول شامل شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی در پروژه‌های ساخت و ساز است. سپس با ارزیابی به کمک روش FMEA ریسک‌های مهم شناسایی شده و پردازش داده‌های مرحله اول صورت می‌گیرد. پس از مرحله دوم و مشخص شدن نتایج تحلیل FMEA بانک اطلاعاتی مورد نیاز جهت مدلسازی به کمک روش یادگیری عمیق آماده است. مرحله بعدی پردازش اطلاعات موجود و نتایج ارزیابی مدیریت ریسک FEMA جهت مشخص نمودن پارامترهای ورودی و خروجی در مدلسازی به روش یادگیری عمیق خواهد بود. مرحله بعدی انتخاب شاخصهای ارزیابی جهت کنترل کارایی مدل ترکیبی یادگیری عمیق است. در انتهای تحقیق حاضر مدل ترکیبی به کار رفته می‌تواند در پروژه های ساخت و ساز کمک شایانی کرده و موجبات کاهش اثرات منفی محیط‌زیستی پروژه‌های عمرانی گردد.

۴-۱- مدیریت ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA

پس از شناسایی ریسک های محیط زیستی در صنعت ساخت و ساز که مهمترین آنها عبارتند از: سقوط از ارتفاع، پرتاب اجسام/ ذرات، سوختگی و آسیب پوستی، طراحی نامناسب ایستگاه کاری، ریزش سیالات آلوده، پسماند مواد غذایی، ضایعات نظافت دستگاه‌ها و ماشین آلات، قطعات تعویضی (حاصل از تعمیرات)، ضایعات برشکاری و جوشکاری و دفع زایدات که از استنتاندارد ISO 31000 -ISO 14001 - OHSAS 18001 بر اساس رویکرد FMEAبهره می گیرند، استراتژی‌های پاسخ به ریسک های مهم را شناسایی کرده و با استفاده از یک مدلسازی هوش مصنوعی برای به دست آوردن استراتژی مطلوب تر ارایه شده است. مدل مورد نظر برای ارزیابی و انتخاب پاسخ‌های ریسک محیط‌زیستی پروژه که ساختار شکست کار، رویدادهای ریسک، اقدامات کاهش ریسک زیست محیطی و تأثیرات آنها را به طور صریح با یکدیگر مرتبط می‌نماید ارایه شده است.

ابتدا با استفاده از رویکرد FMEA و استاندارد مدیریت ریسک SO 31000-ISO 14001-OHSAS 18001 اهمیت و اولویت ریسک های فعالیت های مهم و بحرانی در صنعت ساخت و ساز را شناسایی و سپس در ادامه بر اساس ریسک‌های مهم شناسایی شده و تمامی راهبردهای پاسخ به ریسک شناسایی خواهد شد. ریسک‌های محیط‌زیستی مهم بر اساس روش FMEA در جدول (۱) ارایه شده است، این ریسکها بر اساس ساختار شکست اجرای پروژه عمرانی در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی و انتخاب

پاسخ‌های ریسک زیست محیطی پروژه پیشنهاد می‌شود که ساختار شکست کار، رویدادهای ریسک زیست محیطی، اقدامات کاهش ریسک و تأثیرات آنها را به طور صریح با یکدیگر مرتبط می‌نماید. برای برقراری ارتباط بین مدل انتخاب پاسخ ریسکها با کل سیستم پروژه، در نظر گرفتن ساختار شکست کار به عنوان محور ارتباط ضروری می‌باشد. به عبارت دیگر، ساختار شکست کار تنها محوری است که می‌تواند به عنوان کانالی مهم در یکپارچه‌سازی سیستم جامع مدیریت پروژه با زیر سیستم‌های دیگر از قبیل مدیریت ریسک در نظر گرفته شود. ریسک‌های مهم طبقه‌بندی شده و فعالیت های مهم و بحرانی پروژه به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

جدول (۱): موارد مطرح در ریسک‌های محیطزیستی بر اساس FMEA برای پروژه‌های عمرانی

ردیف	ریسک محیطزیستی	شماره ریسک
۱	پسماند مصالح ساختمانی	R1
۲	آلودگی هوای محیط	R2
۳	آلودگی آب زیرزمینی	R3
۴	آلودگی خاک	R4
۵	سقوط از ارتفاع	R5
۶	مصرف زیاد انرژی	R6
۷	مصرف بی رویه آب	R7
۸	پسماند خشک کارگاهی	R8
۹	پسماند تر (مواد غذایی)	R9
۱۰	پرتاب اشیاء و اجسام	R10
۱۱	آتش‌سوزی و سطوح داغ	R11
۱۲	آلودگی صوتی	R12

مفهوم کلی برنامه‌ریزی محیطزیستی عبارت است از تلاش هایی که در جهت تعادل و هماهنگی فعالیت های انسان در محیط زیست صورت می‌گیرد. این فعالیت ها عمدتاً بصورت برنامه‌های آبادانی و ساختمانی است که انسان به نفع خود ایجاد نموده و به این شکل برنامه‌ریزی محیط زیست در نهایت می‌بایست اثرات منفی این تأسیسات و فعالیت ها را بر محیط طبیعی خنثی نماید و این در حالیست که بسیاری از ناظران اظهار نگرانی می‌نمایند که علاقه انسان به توسعه صنعتی و اقتصادی منجر به خساراتی به محیط زیست می‌گردد که نتیجه این تغییرات و به دنبال آن به لحاظ کاهش منابع طبیعی و ذخایر و زیرزمینی، همبستگی مختل و اجتماعات انسانی از هم فرو خواهد پاشید. همچنین ایجاد هرگونه تغییر روش در طرق استفاده از زمین و طبیعت مجاور آن به ایجاد تغییرات محسوس نامطلوبی در محیط زیست منجر خواهد شد، با این رویکرد پر واضح است که وظیفه برنامه‌ریزان محیط زیست اتخاذ تدابیری به منظور کاهش سریع تأثیر منفی این تغییرات است و برای نیل به این هدف ضروریست که برنامه‌ریزان دو مفهوم زیربنایی را مورد استفاده قرار دهند اول اینکه هرگونه تجهیز کارگاه و تأسیسات عمرانی که در منطقه ای بنا می‌گردد، دارای نیازمندیهای بالقوه ای است که بنا بر شرایط ژئواستراتژیک مناطق تعیین، تنظیم و اجرا می‌گردد.

مسایل اصلی مطرح در کشورهای مختلف را در خصوص کارگاه‌های عملیاتی می توان به مواردی همچون تولید گرد و غبار توسط تجهیزات ساخت وساز، آلودگی آب ناشی از تراوش و نفوذ مواد و مصالح ساختمانی و نیز آلودگی صوتی و لرزش حاصل از ماشین آلات ساخت وساز خلاصه نمود. رویکردهای کشورهای مختلف برای حل این مسایل بسیار شبیه یکدیگر هستند. با به کارگیری ماشین آلات پیشرفته ساخت وساز که حداقل میزان آلودگی صوتی و لرزش را ایجاد می کنند، در آینده ای نزدیک کارگاه‌های عملیاتی به گونه ای طراحی خواهند شد که تولید گرد و غبار به حداقل میزان خود برسد. مواد و مصالح ساختمانی باید در مخازن و کانتینرهایی که به صورت نفوذپذیر و تراوا (جهت تصفیه این مصالح) طراحی می شوند، ذخیره گردند. مقررات و استانداردهای زیست محیطی کشورهای مختلف باید برای به حداقل رساندن این گونه مسایل متداول و رایج، به حد کافی واضح و روشن باشند. کشورهایی که این گونه مسایل را قبلاً حل کرده اند، باید در حد کفایت، جهت تدارک اسناد و منابع اطلاعاتی در این خصوص کمک نمایند. این گونه اسناد و منابع اطلاعاتی، زمینه تبادل اطلاعات و انتقال تکنولوژی را بین کشورهای مختلف فراهم خواهند کرد.

جدول (۲): ساختار شکست برای تعریف ریسک‌های محیطزیستی بر اساس FMEA برای پروژه‌های عمرانی

ردیف	شرح ساختار شکست (فعالیت)	شماره فعالیت
۱	خاکبرداری و گودبرداری	A1
۲	آرماتور بندی	A2
۳	قالب بندی	A3
۴	بتن ریزی	A4
۵	اسکلت فلزی	A5
۶	تاسیسات مکانیکی	A6
۷	تاسیسات برقی	A7
۸	عایق کاری	A8
۹	نازک کاری	A9
۱۰	نما	A10

انجام مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های عمرانی در شناسایی عوامل و اثرات مخرب محیط زیست و همچنین ارائه راهکارهای کاهش و تقلیل اثرات منفی بسیار حائز اهمیت است به ویژه آنکه طی سال های اخیر با تاکید سازمان حفاظت محیط زیست، این راهکار منجر به ارائه یک برنامه مدیریت و پایش زیست محیطی می‌گردد. در این رابطه ذکر چند نکته ضروری است: نخست آنکه گزارش ارزیابی باید ساختاری منسجم داشته و از پرداختن به مطالب حاشیه ای و کم اهمیت اجتناب ورزد و مشکلات اصلی و مهمی را که طرح برای محیط زیست منطقه ایجاد می نماید به دقت شناسایی نمود و برای آن ها راهکار اجرایی ارائه نماید. مورد دوم آنکه در تجزیه و تحلیل اثرات، نمرات واقعی توسط مشاوران اعمال شود و این مشاوران همواره اخلاق زیست محیطی را ملاک خود قرار دهند. نکته سوم اینکه سازمان حفاظت محیط زیست نسبت به شناسایی مشاوران ذیصلاح براساس تعداد و نوع تخصص کارشناسانی که به صورت تمام وقت در اختیار دارند اقدام نموده و هر ساله فهرستی از مشاوران مورد تایید را براساس ارزیابی انجام شده و با رتبه بندی از طریق جراید و اینترنت منتشر نماید. در نهایت سازمان یک سیستم نظارتی منسجم و کارآمد را برای نظارت بر حسن اجرای راه کارهای تقلیل اثرات سوء و همچنین برنامه مدیریت و پایش زیست محیطی مستقر نموده، تا بتوان امیدوار بود نتایج حاصل از مطالعات ارزیابی به صورت عملی و اجرایی در طرح های عمرانی پیاده سازی شوند. در این مقاله از روش FMEA جهت ارزیابی ریسک محیط‌زیستی در پروژه‌های ساخت و ساز شهری به عنوان نماینده پروژه‌های عمرانی استفاده شده است. برای این منظور ابتدا شاخص‌هایی جهت احتمال وقوع ریسک محیط‌زیستی انتخاب شده است. جهت جمع آوری اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش از پروژه های در حال ساخت شهر تهران در مقیاس بزرگ مانند پروژه برج ایران زمین، برج ستین در شهرک قدس و چند مگاپروژه دیگر استفاده شده است تا جداول (۱) و (۲) تکمیل شوند.

بر اساس فلوچارت تحقیق حاضر، مراحل به ترتیب انجام شده است که به اختصار در ادامه توضیحاتی داده شده است. هر کدام از مراحل این پژوهش نیز می‌تواند به صورت جداگانه فلوچارت مستقلی داشته باشد. به عنوان مثال، مرحله اول شناسایی ریسک است: یکی از ریسک‌های محیط‌زیستی می‌تواند آلودگی هوای شهر به دلیل ترافیک ناشی از افزایش تردد وسایل نقلیه باشد. سپس در مرحله بعد ارزیابی احتمال و شدت اثرات آن ریسک است، احتمال: بالا (مثلاً ۸ از ۱۰)، زیرا با افزایش تعداد ساکنین و فعالیت‌های اقتصادی، تردد وسایل نقلیه افزایش می‌یابد. شدت اثرات: بالا (مثلاً ۹ از ۱۰)، زیرا آلودگی هوا می‌تواند به مشکلات سلامتی، کاهش کیفیت هوا، و تأثیرات مخرب بر محیط زیست شهری منجر شود. مرحله بعدی تعیین اولویت آن ریسک محتمل است: با ترکیب احتمال و شدت اثرات، مقدار ریسک محاسبه می‌شود: مثلا مقدار ریسک = احتمال × شدت اثرات = ۸ × ۹ = ۷۲ و در نهایت می‌توان اقدامات پیشگیرانه میتوان پیشنهاد داد، در این ریسک محتمل مانند توسعه حمل و نقل عمومی: افزایش استفاده از حمل و نقل عمومی و ایجاد سیستم‌های پایدار می‌تواند به کاهش تعداد وسایل نقلیه شخصی و در نتیجه کاهش آلودگی هوا کمک کند. ترویج استفاده از وسایل نقلیه صفرانتشار: ترویج استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی و هیبریدی و همچنین ارائه تسهیلات برای تشویق مردم به استفاده از آنها. بر اساس متدولوژی روش FMEA برای تمامی ریسک‌های قابل پیش بینی در جدول (۱) برای پروژه‌های عمرانی ارزیابی انجام شده است، هدف از این ارزیابی تعیین ریسک‌های مهم در جدول (۱) برای کاهش پارامترهای ورودی جدول مذکور است. بر اساس اصول و مبانی روشهای محاسبات نرم از جمله یادگیری عمیق (شبکه عصبی و الگوریتم بهینه سازی) هرچه تعداد پارامترهای ورودی بیشتر باشد نیاز به داده‌های بیشتری است. در حالیکه در پروژه حاضر از ۲۰ پروژه مقیاس بزرگ شهر تهران با روش پرسشنامه توصیفی اطلاعات جمع‌آوری شده است و سعی شده است تا با کنترل حداقل ۵ پرسشنامه برای هر پروژه قابل قبول باشد. بنابراین بانک اطلاعاتی پس از ارزیابی با روش FMEA حداقل ۱۰۰ ردیف داده ورودی و خروجی خواهد داشت.

شکل (۱): فلوچارت اجرای روش تحقیق

۵- پیاده‌سازی روش یادگیری عمیق

در این بخش به روش یادگیری عمیق پرداخته شده است. برای این منظور از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی پیچشی (CNN) و الگوریتم بهینه‌سازی چند متغیره (MVO) استفاده شده است. شبکه عصبی CNN نوعی جدیدی از شبکه‌های عصبی هستند که در دهه‌های اخیر معرفی شده‌اند. این شبکه‌ها نوع تخصصی از شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند که از یک عملیات ریاضی به نام کانولوشن به جای ضرب ماتریس عمومی حداقل در یکی از لایه‌های خود استفاده می‌کنند. یک شبکه عصبی CNN از یک لایه ورودی، لایه های پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده است. در هر شبکه عصبی پیش‌خور، هر لایه میانی پنهان نامیده می‌شود، زیرا ورودی و خروجی آن‌ها توسط تابع فعال‌سازی و تابع ویژگی نهایی پوشانده می‌شود. در یک شبکه عصبی کانولوشن، لایه‌های پنهان شامل لایه‌هایی هستند که عملیات ریاضی مورد نظر را انجام می‌دهند. معمولاً شامل یک لایه است که حاصل ضرب نقطه ای هسته کانولوشن را با ماتریس ورودی لایه انجام می‌دهد. در الگوریتم ConvNet در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های دسته‌بندی به «پیش‌پردازش» (Pre Processing) کمتری نیاز است. در حالیکه فیلترهای روش‌های اولیه به صورت دستی مهندسی شده‌اند، شبکه عصبی پیچشی (ConvNets)، با آموزش دیدن به اندازه کافی، توانایی فراگیری این فیلترها/مشخصات را کسب می‌کند. معماری ConvNet مشابه با الگوی اتصال «نورون‌ها» (Neurons) در مغز انسان است و از سازمان‌دهی «قشر بصری» (Visual Cortex) در مغز الهام گرفته شده است. هر نورون به محرک‌ها تنها در منطقه محدودی از میدان بصری که تحت عنوان «میدان تاثیر» (Receptive Field) شناخته شده است پاسخ می‌دهد. یک مجموعه از این میدان‌ها برای پوشش دادن کل ناحیه بصری با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. شکل (۲) نمونه‌ای از شبکه CNN را نشان می‌دهد.

الگوریتم MVO یک الگوریتم متاهیورستیک و مبتنی بر جمعیت است. یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت روند جستجو را به دو مرحله مهم تقسیم می‌کند: مرحله اکتشاف (exploration) و مرحله بهره برداری (exploitation). در این الگوریتم از مفاهیم سفید چاله و سیاه چاله برای کشف فضاهای جستجو و از مفهوم کرم چاله در بهره برداری از فضاهای جستجو استفاده می شود. فرض می‌شود که هر راه‌حل با یک جهان نشان داده شود و هر متغیر در هر جهان یک شیء در آن است. علاوه بر این، به هر راه حل یا جواب یک نرخ تورم اختصاص می‌یابد، که متناسب با مقدار عملکرد تابع تناسب مربوط به راه‌حل است. همچنین در این الگوریتم از اصطلاح زمان به جای تکرار استفاده شده، زیرا این یک اصطلاح رایج در نظریه و کیهان‌شناسی چند نظمی است. کدنویسی از طریق نرم‌افزار متلب (Matlab 9.5.1) انجام شده است.

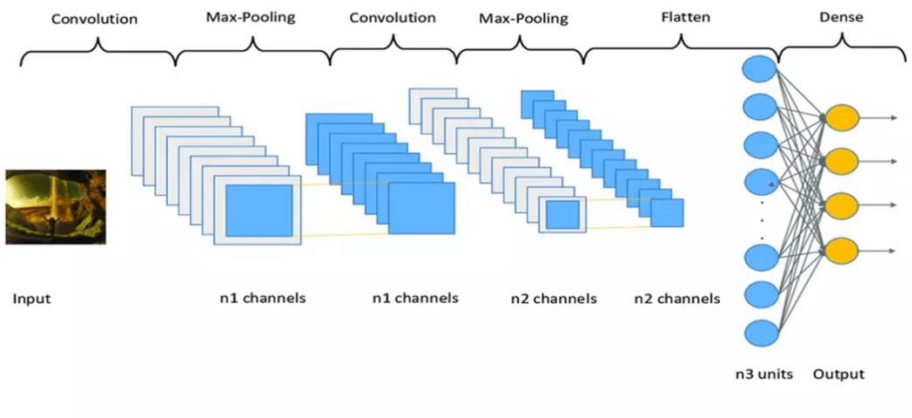
۵-۱- بانک اطلاعاتی

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA در پروژه‌های عمرانی در بخش قبل انجام شد تا بانک اطلاعاتی مورد نیاز و همچنین پارامترهای ورودی و خروجی مهم از این ارزیابی تعیین گردد. بنابراین پس از ارزیابی به روش FMEA تعداد شش پارامتر ورودی و دو پارامتر خروجی برای مدل‌سازی به کمک روش یادگیری عمیق معرفی شده‌اند. ریسک‌های محیط‌زیستی مهم شامل: آلودگی هوا (AP: Air Pollution)، آلودگی آب زیرزمینی (WP: Water Pollution)، آلودگی صوتی (NP: Noise Pollution)، پسماند ساختمانی (CW: Construction Waste)، مصرف بی رویه آب (UWC: Uncontrolled Water Consumption) و آلودگی خاک (SP: Soil Pollution) در ارزیابی مرحله اول مهمتر از سایر ورودیهای جدول (۱) شناسایی شده‌اند. همچنین نتایج ریسک‌های مورد بحث می‌تواند دو عواقب بر پروژه تحمیل کند: ۱- تاخیر زمانی (T) و ۲- هزینه اضافه (C) که به عنوان پارامترهای خروجی در نظر گرفته شده‌اند. واحد زمان به روز و واحد هزینه به میلیون تومان لحاظ شده است. تعدادی از داده‌های مورد استفاده در جدول (۳) ارایه شده اند. جدول (۵) خلاصه‌ای از تعدادی از داده‌های ورودی و خروجی مورد استفاده در بانک اطلاعاتی است.

جدول (۵): بانک اطلاعاتی تحقیق حاضر بر اساس پارامترهای ورودی و خروجی موثر

Outputs		**Inputs** (شدت ریسک مورد مطالعه بدون واحد است)					
T (روز)	**C** (میلیارد تومان)	**SP**	**UWC**	**CW**	**NP**	**WP**	**AP**
۱۵۰	۳۴/۷۵	۸/۷	۱۲/۵	۹/۵	۶/۷۵	۱۲	۱۸
۲۰۸	۵۱	۶/۵	۱۲/۸	۹/۵	۶/۷۵	۱۲	۱۸
۲۶۵	۶۶/۷۵	۷/۵	۱۳/۵	۹/۵	۶/۷۵	۱۲	۱۸
۳۰۵	۸۴/۷۵	۷/۳	۱۱/۵	۹/۵	۶/۷۵	۱۲	۱۸
۱۳۵	۴۴/۲۵	۷/۸	۱۱/۸	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۲۸۰	۷۹/۲۵	۹/۳	۱۴	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۱۶۳	۱۱۵/۲۵	۹/۵	۱۲/۳	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۱۵۸	۱۵۲/۲۵	۹/۱	۱۵/۳	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۲۸۵	۱۹۰/۲۵	۹	۱۶/۵	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۱۰۵	۲۳۰/۲۵	۹/۲	۱۱/۵	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۱۴۰	۲۷۰/۲۵	۸/۲	۱۲/۳	۴/۷۵	۱۵/۲۵	۴۰	۱۷
۱۵۵	۳۵	۸/۳	۱۳/۵	۱۹	۶/۷۵	۲۸	۱۸/۱
۱۷۷	۷۲	۸/۵	۱۴/۵	۱۹	۶/۷۵	۲۸	۱۸/۱
۱۹۳	۱۱۰	۸/۴	۱۸/۳	۱۹	۶/۷۵	۲۸	۱۸/۱

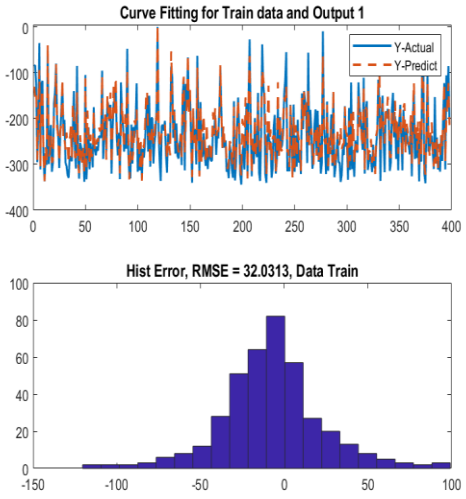
Inputs (شدت ریسک مورد مطالعه بدون واحد است)						Outputs	
AP	WP	NP	CW	UWC	SP	C (میلیارد تومان)	T (روز)
۱۸/۱	۲۸	۶/۷۵	۱۹	۱۴/۵	۸/۲	۱۴۹	۲۰۷
۱۸/۱	۲۸	۶/۷۵	۱۹	۱۶/۹	۸/۵	۱۸۸	۲۲۷
۱۸/۱	۲۸	۶/۷۵	۱۹	۱۷/۱	۷/۸	۲۲۷	۲۵۳
۱۸/۱	۲۸	۶/۷۵	۱۹	۱۵/۲	۷	۲۶۴	۲۹۸
۱۶/۴	۴۳	۱۵	۲	۱۴/۸	۷/۹	۴۳	۸۰
۱۶/۴	۴۳	۱۵	۲	۱۳/۵	۶/۸	۸۱	۱۴۲
۱۶/۴	۴۳	۱۵	۲	۱۶,۵	۱۰/۵	۱۱۳	۲۷۵
۱۶/۴	۴۳	۱۵	۲	۱۴/۲	۹/۸	۱۴۰	۱۹۷
۱۶/۴	۴۳	۱۵	۲	۱۳/۵	۴/۸	۱۷۰	۱۹۴



شکل (۲): تصویری از شبکه CNN مورد استفاده

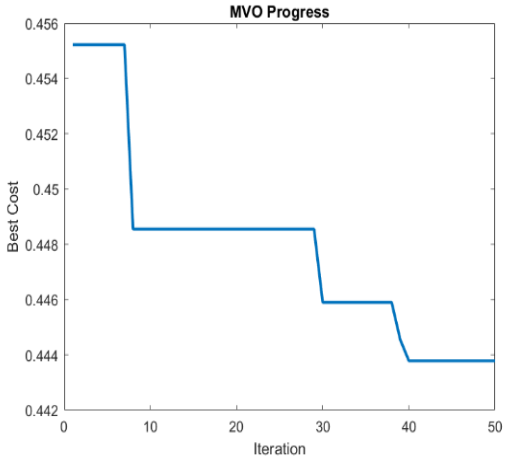
۵-۲- نتایج روش یادگیری عمیق

در این بخش جهت ارزیابی کارایی روش یادگیری عمیق از دو شاخص ارزیابی استفاده شده است. ضریب رگرسیون (R) و شاخص خطا (MSE) که در شکلهای ادامه ارایه شده‌اند. شاخصهای ارزیابی و همبستگی جهت بررسی کارایی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. تمامی شاخص‌های خطا و منحنی‌های آموزشی برای هر دو خروجی اخذ شده است و در بهترین کارایی با یکدیگر مقایسه شده‌اند تا ساختار بهینه معرفی گردد. این فرآیند در پیش پردازش روش یادگیری عمیق در شبکه عصبی و انواع آن نیز انجام شده است که به دلیل حجم بالای مقاله ارایه نشده است ولی قابل ارایه است. شکل (۳) نمونه‌ای از شبیه‌سازی و داده‌های هدف را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، عملکرد مناسبی در شکل (۳) مشاهده می‌گردد.



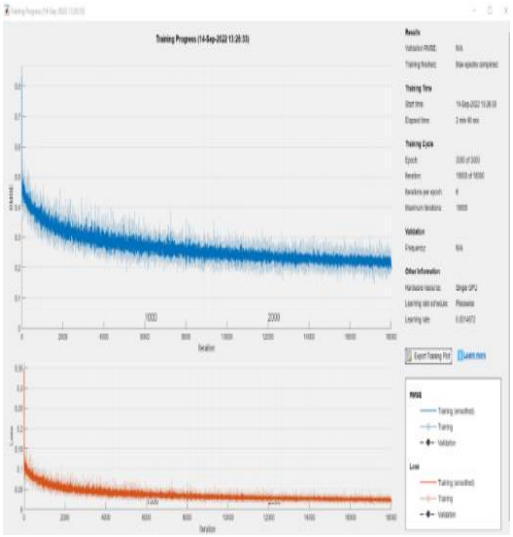
شکل (۳): دیاگرام آموزش یادگیری عمیق

شکل (۴) نمونه‌ای از میزان خطای حاصل بین داده‌های شبیه‌سازی شده و هدف کد ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم بهینه‌سازی Mvo را نشان می‌دهد. کد ترکیبی با کاهش شاخص خطا به اندازه ۰/۴۴ عملکرد مناسبی از خود نشان داده است. هدف از ترکیب الگوریتم بهینه‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی بهینه کردن وزن‌ها و بایاس‌ها شبکه عصبی در فرآیند مدلسازی پدیده مورد مدلسازی است.



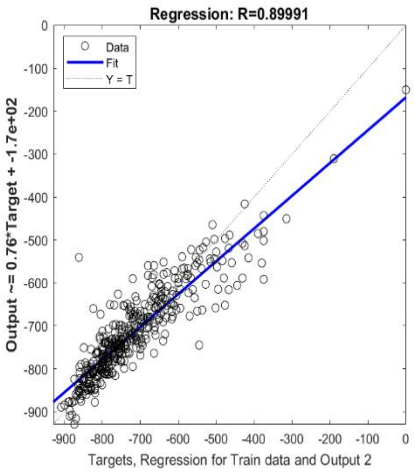
شکل (۴): منحنی عملکرد کد ترکیبی یادگیری عمیق

شکل (۵) نیز میزان شاخص خطای نهایی مدل ترکیبی (RMSE) را در مدل بهینه معرفی شده نشان می‌دهد. این مقدار برای مدل نهایی زیر ۰/۲ مشاهده شده که نشان دهنده عملکرد بسیار مناسب کد ترکیبی مورد استفاده دارد.



شکل (۵): منحنی آموزش کد ترکیبی یادگیری عمیق

شکل (۶) نیز نمونه‌ای از ضریب همبستگی حاصل از مدلسازی کد ترکیبی در خروجی ۱ است. همانگونه که مشاهده می‌شود مقدار ضریب همبستگی برابر ۹۰ درصد حاصل شده است که بر اساس تمامی معیارهای پذیرش عملکرد مدل یادگیری عمیق مانند Smith 1986 قابل قبول است.



شکل (۶): ضریب رگرسیون کد ترکیبی یادگیری عمیق

۵-۳- مقایسه با پژوهش‌های مشابه

مطالعه و بررسی پژوهش‌های داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که موضوع تحقیق حاضر شکاف تحقیقاتی موجود در این زمینه را نشان می‌دهد. پژوهش‌های مشابه در این زمینه از کاربرد الگوریتم‌های بهینه‌سازی در مدیریت ریسک‌ها در زمینه‌های مختلف را نشان می‌دهد. مانند تحقیق امیدوار و نیرومند در سال ۲۰۱۷ به ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری پرداختند. در این مطالعه نیز ابتدا از روش FMEA از ۱۳ مورد حالت شکست شناسایی‌شده به ۷ مورد کاهش پیدا کرده است و سپس با استفاده از روشهای AHP فازی و GRP به مدلسازی این پدیده پرداخته شده است. در نهایت با همگرایی مناسب نتایج مدلسازی از موفقیت قابل قبول این روش حکایت شده است.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

ارزیابی اثرات محیطزیستی (EIA) (Environmental Impact Assessment)، روشی است که در آن اثرات ناشی از انجام یک پروژه یا عملیات آن بر محیط زیست بررسی و پیش بینی می گردد تا در هنگام انجام پروژه، با توجه به شناخت وضعیت موجود و نوع اثرات، عملیات بصورتی انجام پذیرد تا کمترین اثر بر محیط زیست وارد گردد. ارزیابی اثرات محیطزیستی (EIA) درصدد، تلفیق مدیریت، برنامه ریزی، تجزیه و تحلیل داده ها و مشارکت های عمومی در ارزیابی های قبل از تصمیم گیری است. در یک تعریف مختصرتر می توان آن را ((رویکردی در جهت توسعه، به واسطه ارزیابی قبلی)) بیان نمود در حال حاضر فعالیتهای بیش از

حد بشر عاملی است که به طبیعت و محیط زیست صدمه می زند. محدود کردن این فعالیتها به دلیل نیاز انسان به غذا و انرژی ممکن نیست به همین دلیل کشورهای مختلف تلاش می کنند که آثار و پیامدهای این فعالیت ها مورد توجه و بررسی قرار گیرد. به این بررسی و آینده نگری ارزیابی آثار محیط زیستی می گویند. در ایران نیز برای ارزیابی آثار محیط زیستی برخی از طرحهای (پروژه های) صنعتی و عمرانی الزام قانونی وجود دارد که تصفیه آب و تصفیه فاضلاب یکی از این موارد است. . در واقع ارزیابی آثار محیط زیستی برای جلوگیری از اثر منفی طرح (پروژه) بر محیط زیست و کاهش هزینه ها است. در ارزیابی آثار محیط زیستی، آثار طرح (پروژه) بر محیط زیست پیش بینی می شود تا از آسیب به محیط زیست جلوگیری شود یا به کمک اقدامهایی برای اصلاح و کاهش آثار منفی طرح (پروژه) اقدام شود. ابتدا با استفاده از رویکرد FMEA و استاندارد مدیریت ریسک 18001 OHSAS-14001-ISO 31000-SO اهمیت و اولویت ریسک های فعالیت های مهم و بحرانی در صنعت ساخت و ساز را شناسایی و سپس در ادامه بر اساس ریسک‌های مهم شناسایی شده و تمامی استراتژی‌های پاسخ به ریسک شناسایی خواهد شد. ریسک‌های محیط‌زیستی مهم بر اساس روش FMEA در جدول (۱) ارایه شده است، این ریسکها بر اساس ساختار شکست اجرای پروژه عمرانی در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی و انتخاب پاسخ‌های ریسک زیست محیطی پروژه پیشنهاد می‌شود که ساختار شکست کار، رویدادهای ریسک زیست محیطی، اقدامات کاهش ریسک و تأثیرات آنها را به طور صریح با یکدیگر مرتبط می‌نماید. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی به روش FMEA در پروژه‌های عمرانی در بخش قبل انجام شد تا بانک اطلاعاتی مورد نیاز و همچنین پارامترهای ورودی و خروجی مهم از این ارزیابی تعیین گردد. بنابراین پس از ارزیابی به روش FMEA تعداد شش پارامتر ورودی و دو پارامتر خروجی برای مدلسازی به کمک روش یادگیری عمیق معرفی شده‌اند. ریسک‌های محیط‌زیستی مهم شامل: آلودگی هوا (AP: Air Pollution)، آلودگی آب زیرزمینی (WP: Water Pollution)، آلودگی صوتی (NP: Noise Pollution)، پسماند ساختمانی (CW: Construction Waste)، مصرف بی رویه آب (UWC: Uncontrolled Water Consumption) و آلودگی خاک (SP: Soil Pollution) در ارزیابی مرحله اول مهمتر از سایر ورودیهای جدول (۱) شناسایی شده‌اند. همچنین نتایج ریسک‌های مورد بحث می‌تواند دو عواقب بر پروژه تحمیل کند: ۱- تاخیر زمانی (T) و ۲- هزینه اضافه (C) که به عنوان پارامترهای خروجی در نظر گرفته شده‌اند. واحد زمان به روز و واحد هزینه به میلیون تومان لحاظ شده است. تعدادی از داده‌های مورد استفاده در جدول (۳) ارایه شده اند. سپس به مدلسازی یادگیری عمیق بر اساس فرمول ارایه شده در تحقیق حاضر پرداخته شده است. در این بخش به روش یادگیری عمیق پرداخته شده است. برای این منظور از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی پیچشی (CNN) و الگوریتم بهینه‌سازی چند متغیره (MVO) استفاده شده است. مدلسازی به کمک روش یادگیری عمیق نشان داده است که روش ترکیبی به کار رفته از کارایی قابل قبولی برخوردار است.

۷- مراجع

[1] A. Saeedi, and A. B. Darijani, "Considerations of passive defense in locating reservoir dams using AHP method," 2013. (In Persian) civilica.com/doc/1187532..

[2] Rajabali Hokmabadi, Esmaeil Zarei, Ali Karimi, (2022). Risk assessment using failure modes and effects analysis on the basis of SWARA-RE-VIKOR fuzzy multi-criteria decision-making methods: A case study of the city gate gas pressure reduction station, Iran Occupational Health, 19(1), 33. magiran.com/p2705204. In Persian.

[3] Jafar Nouri, Majid Abbaspour, and Mina Torabifard, "Assessment and management of environmental risks of an educational unit using FMEA method," Environmental Science and Technology, vol. 12, no. 3 (series 46), pp. 61-70, 1389, [Online]. Available: sid.ir/paper/469120/fa. In Persian.

[4] Iranian, Morteza and Rezaiyan, Javad, 2014, risk assessment in road construction projects based on PMBOK standard using ANP technique studied: Sari city cable bridge construction project, 11th international project management conference, Tehran, civilica.com/ doc/620723. In Persian.

[5] Faizi, Ehsan and Naqvi, Mohammad and Fakhraei, Hossein, 2019, risk assessment of hydroelectric concrete dams with FEMA and RAMCAP combined method with passive defense approach, case study: Liro concrete dam, civilica.com/doc/1187576. In Persian.

[6] Namazi, Seyed Islam and Mahmoudian, Saman and Alizadeh Anbardan, Saeed and Behrabar, Ahmed, 2019, Environmental Risk Assessment in Road Construction by FMEA Method, 6th International Conference on Environmental Engineering and Natural Resources, Tehran, civilica.com/doc/1039126. In Persian.

[7] Chiraghi, Esmail and Khalilzadeh, Mohammad and Chiraghi, Amirpoua and Rahimi, Yaser, 2018, choosing response strategies to the environmental risk of construction projects using meta-heuristic algorithms (case study: Saba construction complex project), civilica.com/doc/1288699. In Persian.

[8] Bahareh Sadeq Al-Waad, and Amirreza Azadmehr, "Evaluation of environmental risk caused by mine tailings dump using FMEA method using fuzzy theory," presented at the specialized conference on the application of mathematics in earth sciences. 2013, [Online]. Available: sid.ir/paper/837210. In Persian.

[9] Behrouz Khajovi, and Saeed Jafarirad, "Risk assessment of molybdenum chemical concentration unit of Sarchesme copper complex using FMEA method," Environmental Management and Sustainable Development, vol. 3, no. 10, pp. 7-12, 2018, [Online]. Available: sid.ir/paper/521480. In Persian.

[10] Azizi H, Mackialeagha M, Azadbakht B, Samadyar H. Assessment of Environmental and Health Risks of the Chemical Industry by Applying Fuzzy Logic: A Case Study in South Tehran, Iran. jhehp 2022; 8 (3) :144-153. URL: jhehp.zums.ac.ir/article-1-530-en.html. In Persian.

[11] Torab S, Dashti S. Risk Assessment of Health Safety and Environmental of Samangan Combined Cycle Power Plant using FMEA&SAW Integrated Model. Iranian Dam and Hydroelectric Powerplant 2022; 8 (31) :16-28. URL: http://journal.hydropower.org.ir/article-1-461-fa.html. In Persian.

[12] Narges Siamian, Kamran Nasir Ahmadi, and Razia Ehsan Amrei, "Health, safety and environmental risk assessment in the automotive industry based on FTA and FMEA methods," Environmental Research and Technology, vol. 5, no. 8, pp. 139-

153, 2019, [Online]. Available: sid.ir/paper/401474. In Persian.
[13] Sahar Karim Nia "Tehran Municipality Financial Management System: pathology and solutions in the light of a comparative study of ten cities: London, Zurich, New York, Toronto, Oakland, Vienna, Beijing, Tokyo, Dubai and Istanbul *". Legal Research, 21, 51, 1401, 513-544. doi:10.48300/jlr.2022.163707. In Persian.
[14] Emami, M. Modelling and Prediction of Coarse Grained Alluvium behavior by pressuremeter test results and Laboratory chamber. Diss. Doctoral Dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran. Iran, 2014, 10.26480/ees.02.2017.16.18. In Persian.
[15] Vazdani, Soghra & Sabzghabaei, Gholam & Dashti, Soolmaz & Cheraghi, Mitra & Alizadeh, Reza & Hemmati, Aazam. (2017). FMEA Techniques Used in Environmental Risk Assessment. Environment & Ecosystem Science. 1. 16-18. 10.26480/ees.02.2017.16.18.
[16] Mehdi Khezri; Maryam Farahani; Saeed Motahhari; Bita Azadbakht. "Environmental Risk Assessment of Hydrocarbon-Rich Sludge of a Gas Refinery Using the Integrated Approach of PMBOK Standard Risk Management and FMEA Technique: A Case Study". Journal of Advances in Environmental Health Research, 11, 4, 2023, 253-263. doi: 10.34172/jaehr.1316
[17] Alexander N. Semin; Marina V. Faminskaya; Vadim V. Ponkratov; Oksana N. Mikhayluk; Galina N. Shapoval. "Risk assessment and its management for environmental pollution in oil refinery using FMEA approach". Caspian Journal of Environmental Sciences, 21, 3, 2023, 603-622. doi: 10.22124/cjes.2023.6939.
[18] Benyamin Sadeghi; Mansour Sodagari; Hossein Nematollahi; Hamed Alikhani. "FMEA and AHP Methods in Managing Environmental Risks in Landfills: A Case Study of Kahrizak, Iran". Environmental Energy and Economic Research, 5, 2, 2021, 1-15. doi: 10.22097/eeer.2020.253735.1172.
[19] Darvishi, Sahar & Jozi, Seyed & Malmasi, Saeed & Rezaian, Sahar. (2019). Environmental risk assessment of dams at constructional phase using VIKOR and EFMEA methods (Case study: Balarood Dam, Iran). Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 26. 1-21. 10.1080/10807039.2018.1558396.
[20] Rahnamay Bonab, Shabnam & Osgooei, Elnaz. (2022). Environment risk assessment of wastewater treatment using FMEA method based on Pythagorean fuzzy multiple-criteria decision-making. Environment, Development and Sustainability. 1-31. 10.1007/s10668-022-02555-5.
[21] Hasan Azizi, Mina Mackialeagha , Bita Azadbakht, Hassan Samadyar, (2023). Identification and Assessment of health, safety and environmental risk factors of Chemical Industry using Delphi and FMEA methods (a case study), Anthropogenic Pollution Journal, 6(2), 39-47. magiran.com/p2544064.
[22] Emami, M. "Application of artifitial neural networks in pressuremeter test results." Master of Science thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (2009). doi: 10.22105/bdcv.2022.331778.1054.
[23] Amiri M, Zaeimdar M, Khaledi H, Rezaian S. Risk Assessment of Urban Waste Management through EFMEA and TOPSIS Methods (Case Study: District 6 of Tehran Municipality, Iran). jhehp 2022; 8 (4) :191-201. URL: http://jhehp.zums.ac.ir/article-1-543-en.html.
[24] Ceylan, Bulut Ozan & Akyar, Demir & Celik, Mehmet. (2023). A novel FMEA approach for risk assessment of air pollution from ships. Marine Policy. 150. 105536. 10.1016/j.marpol.2023.105536.
[25] Yeganeh, Ali & Younesi Heravi, Moein & Razavian, s & Behzadian, Kourosh & Shariatmadar, Hashem. (2021). Applying a new systematic fuzzy FMEA technique for risk management in light steel frame systems. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 21. 10.1080/13467581.2021.1971994.
[26] Adar, Elanur & İnce, Mahir & Karatop, Buket & Bilgili, Mehmet. (2017). The Risk Analysis by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fuzzy-FMEA of Supercritical Water Gasification System Used in the Sewage Sludge Treatment. Journal of Environmental Chemical Engineering. 5. 10.1016/j.jece.2017.02.006.
[27] Madarsara, Tayyebeh & Yari, Saeed & Saeidabadi, Hamzeh. (2019). Health and Safety Risk Assessment Using a Combined FMEA and JSA Method in a Manufacturing Company. Asian Pacific Journal of Environment and Cancer. 2. 63-68. 10.31557/apjec.2019.2.1.63-68.
[28] kobra setodemaram. "Health and Safety and Environmental Risk Assessment and Management in Urmia Sewage Treatment Plant by FMEA Method". Journal of Water and Wastewater Science and Engineering, 4, 1, 2019, 23-33. doi: 10.22112/jwwse.2019.154745.1119.
[29] Peide Liu, Yifan Wu, Ying Li, and Xiaoming Wu. 2024. An improved FMEA method based on the expert trust network for maritime transportation risk management. Expert Syst. Appl. 238, PA (Mar 2024). doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121705.
[30] Fernandes, Rafaela & Sieira, Ana & Filho, Armando. (2022). Methodology for risk management in dams from the event tree and FMEA analysis. Soils and Rocks. 45. 1-15. 10.28927/SR.2022.070221.
[31] Alizadeh, Seyed Shamseddin & Solimanzadeh, Yaghoob & Mousavi, Saeid & Safari, Gholam. (2022). Risk assessment of physical unit operations of wastewater treatment plant using fuzzy FMEA method: a case study in the northwest of Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 194. 10.1007/s10661-022-10248-9.
[32] Reza Fattahi; Reza Tavakkoli-Moghaddam; Mohammad Khalilzadeh; Nasser Shahsavari-Pour; Roya Soltani. "Risk Assessment by a New FMEA Model based on an Extended AHP Method under a Fuzzy Environment". Environmental Energy and Economic Research, 5, 4, 2021, 1-14. doi:10.22097/eeer.2021.263341.1180.
[33] Ebadzadeh, Farkhondeh & Monavari, S. & Jozi, Seyed & Robati, Maryam & Rahimi, Razieh. (2022). Combining the Bow-tie model and EFMEA method for environmental risk assessment in the petrochemical industry. International Journal of Environmental Science and Technology. 20. 10.1007/s13762-022-04690-y.
[34] Mohammad EmamiKorandeh; Negar Nourbakhsh. "Optimizing the Weight of Steel Structures using Artificial Neural Network Method". New Approaches in Civil Engineering, 4, 4, 2021, 63-77. doi: 10.30469/jnace.2021.131610.
[35] Hatefi, Mohammad ali and Hamid Reza Balilehvan. "Risk Assessment of Oil and Gas Drilling Operation: An Empirical Case using a Hybrid GROC-VIMUN-Modified FMEA Method." Process Safety and Environmental Protection (2022): n. pag. doi.org/10.1016/j.psep.2022.12.006.
[36] Pacana, Andrzej, and Dominika Siwiec. 2023. "Method of Fuzzy Analysis of Qualitative-Environmental Threat in Improving Products and Processes (Fuzzy QE-FMEA)" Materials 16, no. 4: 1651. doi.org/10.3390/ma16041651.