Industrial Management Studies
Vol. 22, No.72, Spring 2024; P 271-312
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2024.76648.2887

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 12/11/2023
Revised: 13/2/2024
Received: 12/11/2023
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Identification and Quantitative Analysis of Occupational Health and Safety Risks in Sustainable Construction Projects under Neutrosophic Space

Amir Hossein Soltaninia *
Ph.D. student in construction Management, Faculty of Civil, Architecture, and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Mahdi Ravanshadnia
Associate Professor, Department of Construction Management, Faculty of Civil, Architecture, and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Milad Ghanbari
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Tehran East Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Occupational Health and Safety (OHS) management significantly affects reducing costs, increasing productivity, and the social credibility of construction companies and plays a facilitating role in the transition towards sustainable development. This study aims to identify and quantitatively analyze OHS risks in sustainable construction projects in Iran. To do this, first, common OHS risks are identified by conducting library studies. Then, these risks are screened and localized for Iran's sustainable construction projects by surveying 13 experts, selected by the snowball sampling method, in a focus group meeting. Afterward, each risk's importance and priority are determined using the Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria (NGBWM) method, while applying a weight to each expert's opinion. The Neutrosophic sets theory provides the basis for obtaining accurate

* Corresponding Author: ah.soltaninia@gmail.com
How to Cite: Soltaninia, A. H., Ravanshadnia, M., & Ghanbari, M. (2024). Identification and Quantitative Analysis of Occupational Health and Safety Risks in Sustainable Construction Projects under Neutrosophic Space, *Industrial Management Studies, 22(72),* 271-314.

and more reliable results by considering the uncertainties in the experts' opinions. The findings showed that "the lack of sufficient safety skills of employees due to not allocating time to specialized safety training," "occupational injuries and diseases," "hazards caused by improper design and layout of the project site," "Weakness and inefficiency of occupational health and safety management personnel," and "Negligence and lack of planning for emergency maneuvers," with weights of 0.052, 0.036, 0.035, 0.032, and 0.028 respectively, are the most critical OHS risks in Iran's sustainable construction projects. Finally, reactive and preventive responses were proposed to face them in detail.

Introduction

The construction industry is one of the most dangerous industries worldwide, and Iran is no exception. According to reports from Iran's official institutions, 30-35% of work-related accidents occur in the construction sector. Furthermore, analysis of construction accidents indicates that 22% of accidents occur in the stages of preparation and demolition, while 61% occur during the construction phase (Alipour-Bashary et al., 2021). Research has revealed that sustainable construction projects pose a greater risk to health and safety than conventional construction processes. The health and safety of workers are essential aspects of social sustainability. However, the importance of health and safety risk assessment in sustainable construction projects is still in its early stages (Onubi et al., 2019). Given the complexity and challenges in the Occupational Health and Safety (OHS) risk assessment environment, it is crucial to develop a suitable mechanism for identifying and measuring safety risks in sustainable construction projects. This would enable finding the best solutions for risks that have a high probability of occurrence and severe consequences. The current research aims to answer the following main question: What are the key OHS risks in sustainable construction projects in Iran and the appropriate response and preventive actions for them?

Literature eview

Reviewing previous research shows that while risk management in construction projects is not a new concept, the focus on the safety of construction projects in recent years is a relatively recent development. Furthermore, with leading international companies in the construction industry increasingly embracing sustainable

development, there is a growing interest in integrating safety risk management with sustainable practices, making this perspective unique and novel. Previous studies on the safety risks of construction projects have typically categorized these risks within the dimensions of Health, Safety, and Environment (HSE), often neglecting other dimensions of safety risks. In contrast, the current research proposes to combine the three aspects of sustainable development (economic, social, and environmental) with the dimensions of HSE, thereby offering a more comprehensive framework for organizing the safety risks of construction projects. A significant research gap in this field lies in the evaluation and quantitative analysis of identified risks. To address this gap, the current research employs the Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria (NGBWM) method, which involves weighting experts' perspectives to provide a more robust and reliable assessment of safety risks.

Methodology

The current research was applied with a purposeful and descriptive survey approach. Data were collected from 13 project managers and executive officials in Iran's sustainable construction projects, sampled using the snowball method. Semi-structured interviews and two researcher-made questionnaires were employed to gather the required data. The research objectives were pursued through a proposed methodological framework comprising five main phases. In this study, Occupational Health and Safety (OHS) risks in sustainable construction projects were evaluated and analyzed within a neutrosophic space and through group decision-making. Following the identification of the final risks, the Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria (NGBWM) method was applied using the General Algebraic Modeling System (GAMS) to measure importance and determine high-ranked risks. The group decision-making approach aimed to mitigate bias in results and enhance decision accuracy by leveraging collective wisdom. Implementing the NGBWM method in the neutrosophic space helped reduce uncertainty in subjective judgments and enhance decision accuracy through the use of three or four-point estimates and consideration of possibility functions for experts' opinions.

Results

According to the results, 45 Occupational Health and Safety (OHS) risks were identified for Iran’s sustainable construction industry. The application of the Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria (NGBWM) method revealed that risks such as "lack of sufficient

safety skills of employees due to not allocating time to specialized safety training," "occupational injuries and diseases," "hazards caused by improper design and layout of the project site," "Weakness and inefficiency of OHS management personnel," and "Negligence and lack of planning for emergency maneuvers," respectively, had the most significant importance and the highest ranks, with weights of 0.052, 0.036, 0.035, 0.032, and 0.028.

Discussion

The inadequacy of specialized training programs in the field of safety has been identified as the root cause of many OHS risks in Iran's sustainable construction projects. The role of the human resources unit in enhancing and nurturing a skilled and knowledgeable workforce in the principles and standards of safety in sustainable construction projects is more crucial than ever. It is imperative to prioritize the quality of work and personal life of human resources. Designing an efficient incentive system, providing health insurance for employees, conducting periodic check-ups, and offering comprehensive training programs can serve as preventive measures to mitigate the occurrence of injuries and occupational diseases. These proactive steps not only enhance workplace safety but also contribute to the overall well-being and productivity of the workforce in sustainable construction projects.

Conclusion

The occurrence of safety risks in sustainable construction projects is multifaceted and does not solely stem from individual carelessness or unexpected accidents. Instead, these risks originate from various areas including social, managerial, structural, and health domains. Consequently, solely focusing on OHS risks in a one-dimensional manner and lacking a systematic and comprehensive view of this issue hinder managers and decision-makers from accurately understanding and analyzing the main sources of risks and implementing appropriate preventive measures.

Keywords: Safety management, Sustainable development, Risk assessment, Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria method, Single-Valued Triangular Neutrosophic numbers

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۸/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

ISSN: 2251/8029 eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیست و دوم، شماره ۷۲، بهار ۱۴۰۳، ص ۲۷۱ تا ۳۱۲

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2024.76648.2887

شناسایی و تحلیل کمّی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار در محیط نوتروسوفیک

امیرحسین سلطانی‌نیا * دانشجوی دکتری مدیریت ساخت، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

مهدی روانشادنیا دانشیار، گروه مدیریت ساخت، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

میلاد قنبری استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران

چکیده

مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای تأثیرات بسزایی بر کاهش هزینه، افزایش بهره‌وری و اعتبار اجتماعی شرکت‌های فعال در صنعت ساخت داشته و نقشی تسهیل‌گر در گذار آن‌ها به‌سوی توسعه پایدار ایفا می کند. با نگاهی بر آمارهای رسمی در پروژه‌های ساخت، اهمیت توجه به مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای از منظر پایداری بیش‌ازپیش نمایان می‌شود. پژوهش حاضر در قالب مطالعه کاربردی-پیمایشی و باهدف شناسایی و تحلیل کمّی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران انجام گرفت. با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و نظرسنجی با ۱۳ نفر از صاحب‌نظران فعال در پروژه‌های ساخت پایدار در جلسه گروه کانونی که به روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند، شناسایی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار انجام گرفت. سپس برای اهمیت‌سنجی و تعیین ریسک‌های اولویت‌دار، روش تصمیم‌گیری چندشاخصه بهترین بدترین گروهی نوتروسوفیک ضمن اعمال وزن به نظر خبرگان پیاده‌سازی شد. فضای حل نوتروسوفیک با اعمال عدم‌قطعیت‌های موجود در دیدگاه‌های خبرگان، زمینه را برای حصول نتایج دقیق و قابل‌اتکاتر فراهم می‌ساخت. یافته‌ها نشان داد که فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی، جراحات و بیماری‌های حرفه‌ای، خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه، ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت

* نویسنده مسئول: ah.soltaninia@gmail.com

حرفه‌ای و بی‌توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری به ترتیب با اوزان ۰/۰۵۲، ۰/۰۳۶، ۰/۰۳۵، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۸، کلیدی‌ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران بودند که در انتها اقدامات واکنشی و پیشگیرانه مقتضی برای مواجهه با آن‌ها ارائه شد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت ایمنی، توسعه پایدار، ارزیابی ریسک، روش تصمیمگیری چندشاخصه بهترین-بدترین گروهی نوتروسوفیک، اعداد نوتروسوفیک مثلثی تکارزشی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

صنعت ساخت یکی از صنایع مؤثر در رشد اقتصادی و تولید ناخالص ملی هر کشور است. در سال‌های اخیر با افزایش علاقه جهانی به توسعه پایدار، این مفهوم به همراه ساختمان‌های سبز به کانون توجه متخصصان در پروژه‌های ساخت تبدیل شده است (Hwang et al., 2018). مفهوم توسعه پایدار شامل سه بُعد اصلی اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است که اغلب، به‌عنوان عامل ایجاد تعادل بین «مردم»، «سودآوری» و «سیاره» شناخته می‌شود (Gupta, 2018). Amrutha و Geetha (۲۰۲۰) در پژوهشی با تحلیل محتوای داده‌ها نشان دادند که پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی بیش از پایداری اجتماعی موردبررسی قرار گرفته است. این مسئله با یافته‌هایی که نشان می‌دهند جنبه اجتماعی ضعیف‌ترین وجه پایداری است مطابقت دارد (Saeed et al., 2019). تمرکز اصلی توسعه اجتماعی بر سلامت و ایمنی افراد است زیرا کیفیت زندگی انسان به‌شدت به کاهش حوادث مربوط به‌سلامت و ایمنی بستگی دارد (Chen & Reniers, 2020). با توجه به این مهم، Nawaz و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تعدادی مطالعه موردی مختلف نشان دادند که ارتباط تنگاتنگی میان ایمنی افراد و توسعه پایدار وجود دارد. مطالعات آن‌ها نشان داد که چنانچه وقوع حادثه منجر به آسیب و جراحت فرد شود، این موضوع نه‌تنها کیفیت زندگی او را بدتر خواهد کرد بلکه شرایط زندگی اعضاء خانواده او نیز بدتر خواهد شد. بدین ترتیب، وجه اجتماعی توسعه پایدار لطمه خواهد دید.

صنعت ساخت به دلیل تعداد قابل‌توجه حوادث و صدمات مربوط به ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، صنعتی بدنام بوده است (Mohandes & Zhang, 2021). کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و بر اساس گزارش منتشره از سوی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۳۰ تا ۳۵ درصد از حوادث ناشی از کار در بخش ساخت‌وساز رخ می‌دهد. به‌علاوه، تجزیه‌وتحلیل حوادث ساختمانی حاکی از آن است که ۲۲ درصد از حوادث در مراحل آماده‌سازی و تخریب و ۶۱ درصد از حوادث در مرحله ساخت‌وساز اتفاق می‌افتد (Alipour-Bashary et al., 2021). گرچه حمایت و ترویج ایده ساخت‌وساز پایدار در

طی سال‌های اخیر افزایش‌یافته است، اما ادبیات تحقیق و گزارش‌های مطالعاتی مختلف نشان داده‌اند که پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار نسبت به فرآیندهای ساخت‌وساز مرسوم، ریسک بیشتری برای سلامت و ایمنی کارگران به همراه دارند. شناسایی و تجزیه‌وتحلیل ریسک ایمنی‌بخش مهمی از مدیریت ریسک پروژه است که زمینه برنامه‌ریزی و کنترل مناسب پاسخ به ریسک را فراهم می‌سازد (El-Sayegh et al., 2021). ارزیابی ریسک به‌عنوان یکی از فرآیندهای کلیدی در ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، برای سنجش ریسک‌های شغلی و اتخاذ اقدامات کنترلی مقتضی جهت حصول اطمینان از سلامت و ایمنی کارگران انجام می‌پذیرد (Gul, 2018). با توجه به پیچیدگی و دشواری‌های موجود در محیط ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای لازم است سازوکار مناسبی برای شناسایی و سنجش ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار تدوین شود که بتوان بهترین پاسخ ها را برای ریسک‌هایی که احتمال وقوع بالا و شدت تخریب سنگینی دارند، در نظر گرفت. پژوهش حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این مسئله اصلی است که: «ریسک‌های ایمنی کلیدی و اقدامات واکنشی و پیشگیرانه مقتضی در قبال آن‌ها در پروژه‌های ساخت پایدار در کشور ایران کدام‌اند؟». در راستای پاسخ به مسئله پژوهش، سایر بخش‌های این مقاله به شرح ذیل سازمان‌دهی شده است.

در بخش دوم با مروری بر پیشینه، شکاف پژوهش آشکارشده و سهم دانش‌افزایی این مقاله تشریح می‌شود. بخش سوم به ارائه مواد و روش پژوهش می‌پردازد. در بخش چهارم، داده‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته و یافته‌های پژوهش ارائه می‌شوند. بخش پایانی مقاله به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

پیشینه تحقیق

تاکنون، پژوهش‌های گوناگونی در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌های ساخت‌وساز انجام گرفته است؛ اما سهم این مطالعات در ارزیابی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساخت محدود و برای پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار بسیار ناچیز است.

Liu و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که سهم پژوهش‌های اختصاص‌یافته به‌مرور جامع ادبیات تحقیق در حوزه ارزیابی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی بسیار ناچیز است. ازاین‌رو به‌مرور جامع و نظام‌مند پژوهش‌های این حوزه مطالعاتی و جمع‌بندی مدل‌ها و رویکردهای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های شغلی ارائه‌شده در آن‌ها پرداختند. برای این منظور، ۸۸ مقاله انتشاریافته در پایگاه داده وب آو ساینس طی بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲ را شناسایی و موردبررسی قرار دادند. ضمن بررسی‌های به‌عمل‌آمده، این مقالات را در هفت دسته سازمان‌دهی کرده و آن‌ها را برحسب معیارهای ریسک، روش های وزن دهی معیارهای ریسک و رویکردهای ارزیابی ریسک، تحلیل کردند. در ادامه، یک تحلیل کتاب‌سنجی را بر مبنای فراوانی روش‌های ارزیابی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی، تعداد استنادها، سال‌های انتشار، مجلات، کشورهای مبدأ و حوزه‌های کاربردی، پیاده‌سازی نمودند. این تحقیق امکان استفاده مؤثر از مدل‌های ارزیابی ریسک های بهداشت و ایمنی شغلی را برای پژوهشگران و متخصصان فراهم ساخت و اطلاعات ارزشمندی را برای درک وضعیت کنونی پژوهش‌ها، نقاط عطف و سیر پژوهش‌های آتی در این حوزه مطالعاتی ارائه نمود. Coskun و همکاران (۲۰۲۳) معتقد بودند که لازمه موفقیت بلندمدت در تحقق اهداف ساخت‌وساز پایدار یعنی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، ادغام آن‌ها در مدیریت ریسک پروژه است. در این راستا، آن‌ها یک مدل ارزیابی ریسک را برای اهداف ساخت‌وساز پایدار در ابرپروژه‌ها ارائه کردند. مدل پیشنهادی آن‌ها با مرور عمیق آخرین مفاهیم مرتبط و نیز شناسایی اهداف و ریسک‌های کلیدی پایداری مندرج در ادبیات تحقیق، توسعه یافت. در این مدل از دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تجزیه‌وتحلیل تأثیر متقابل برای تعیین ریسک‌های مرتبط با در نظر داشتن اهمیت اهداف پایداری استفاده شد. سپس قابلیت‌های مدل پیشنهادی با پیاده‌سازی آن در یک ابرپروژه واقعی نشان داده شد. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که ارزیابی ریسک پایداری مستلزم ادغام اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و تحلیل اثرات متقابل ریسک‌ها است. به‌علاوه، بصری سازیِ ارتباطات درونی تهدیدها، آسیب‌پذیری‌ها و اهداف، زمینه

پشتیبانی از تصمیمات کاهش ریسک را برای دستیابی به اهداف پایداری مهیا می‌سازد. Durdyev و همکاران (۲۰۲۲) با اذعان بر اهمیت مسائل مرتبط با ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز سبز، تأکید داشتند که پژوهشی به‌طور مشخص به بررسی این مسائل در کشورهای درحال‌توسعه نپرداخته است. عنایت بر این نقصان، آن‌ها یک مدل ارزیابی ریسک فازی را جهت واکاوی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز سبز از منظر کارشناسان فعال در صنعت ساخت کشور قزاقستان، ارائه کردند. مدل پیشنهادی آن‌ها ترکیبی از روش دلفی و بهترین بدترین فازی بود. نتایج روش دلفی فازی به‌وضوح نشان داد که پروژه‌های ساخت‌وساز سبز کماکان ایمنی و سلامت کارگران را به خطر می‌اندازند و روش بهترین بدترین فازی نیز سقوط از ارتفاع و فشار بیش‌ازحد را از علل اصلی خطرات مربوط به این دست از پروژه‌ها تعیین کرد. سازوکار ارزیابی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی در این پژوهش، زمینه و بینش‌های مناسبی را برای پژوهش‌های آتی در محیط‌های اقتصادی درحال‌توسعه ارائه نمود و یافته‌ها نشان داد که بازیگران اصلی ساخت‌وساز سبز در کشور قزاقستان باید با سرمایه‌گذاری هدفمند و توجه ویژه به ریسک‌های پرمخاطره، زمینه پایداری پروژه‌های ساخت را فراهم ساخته و رفاه کارگران درگیر در پروژه را بهبود ببخشند. Chen و همکاران (۲۰۲۲) مدل جدیدی جهت ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های شغلی با استفاده از مجموعه‌های زبانی فازی فرمتین[1] (FFLSs) و رویکرد راه‌حل سازشی ترکیبی[2] (CoCoSo) پیشنهاد دادند. آن ها از مجموعه‌های زبانی فازی فرمتین برای مواجهه با ارزیابی‌های پیچیده و مبهم ریسک از سوی خبرگان و از رویکرد راه‌حل سازشی ترکیبی برای تعیین اولویت ریسک‌ها و تعیین ریسک‌های چالش‌آفرین بهره بردند. درنهایت یک مدل وزن دهی بسط یافته بلوکی را برای تعیین اوزان معیارهای ریسک معرفی کرده و اثربخشی مدل پیشنهادی را با ارائه یک مثال ارزیابی ریسک شغلی، آزمون شبیه‌سازی و تحلیل مقایسه‌ای جامع نشان دادند. مزیت اصلی مدل پیشنهادی، انعطاف‌پذیری بالاتر آن در مدیریت اطلاعات ارزیابی فازی و

1. Fermatean fuzzy linguistic sets
2. Combined Compromise Solution

پیچیده خبرگان در رتبه‌بندی قابل‌اتکاتر ریسک‌های شغلی بود. Jeong (۲۰۲۲) حوادثی را که در صنعت ساخت ایالات‌متحده در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ حادث شده است را موردبررسی قرار داده و عوامل ریسک ایمنی را در بروز این حوادث شناسایی نمود. سپس تحلیل جامعی برای شناسایی تفاوت میان حوادث در سازه‌های مدولار و عمومی انجام داد و پیشنهادهایی را برای جلوگیری از بروز حوادث ایمنی و توسعه طرح های مدیریتی بر مبنای خروجی تحلیل‌ها ارائه کرد.

پرکره و همکاران (۱۴۰۱) الگویی را برای حفاظت از بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در پروژه‌های ساخت‌وساز شهری طراحی کردند. در این راستا، نخست فهرستی از شاخص های توسعه شهری پایدار را تهیه کردند. سپس عوامل مؤثر بر مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست شهری را بررسی و در گام بعدی، مدل مفهومی اولیه را تشکیل دادند. در انتها با استفاده از تکنیک دلفی و روش تحلیل عاملی، روایی و پایایی مدل را مورد آزمون قرار دادند. بر اساس نتایج، پایایی عوامل ساختاری، عوامل محتوایی و موانع و آسیب‌ها به ترتیب ۰/۷۱۶, ۰/۸۲۱ و ۰/۸۳۱ و مقدار بار عاملی برای تمامی سنجه‌ها بالاتر از ۰/۴ برآورد گردید. شاخص‌های نیکویی برازش این مدل نیز در محدوده مورد تأیید قرار گرفت. یافته های این پژوهش حاکی از آن بود که توجه به هر یک از شاخص‌های ۲۷-گانه در مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست شهری می‌تواند گامی مؤثر در راستای حفاظت هر چه بیشتر شهر در ساخت‌وسازها و توسعه پایدار شهری باشد. مهاجری برج قلعه و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی باهدف بهبود فرآیند مدیریت ریسک پروژه با تأکید بر پروژه‌های ساخت، ضمن مطالعات عمیق کتابخانه‌ای جهت بررسی و مقایسه زیر فرآیندهای ریسک در مدل‌های ارائه‌شده پس از سال ۱۹۹۰ میلادی و آگاهی از نقاط قوت و ضعف مدل‌های مختلف، روشی جدید برای مدیریت ریسک پیشنهاد دادند. روش پیشنهادی آن‌ها ترکیبی از الگوی ارائه‌شده در استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه[1] (PMBOK) و مدل فرم دهی، مهار و مدیریت عدم‌قطعیت پروژه[2] (SHAMPU) بود. در روش پیشنهادی،

1. Project Management Body of Knowledge
2. Shape, Harness, And Manage Project Uncertainty

زیرفرآیندهایی مانند تعریف پروژه، تصمیم‌گیری بر اساس سود/هزینه و مدیریت پیاده سازی که در مدل‌های پیشین کمتر موردتوجه قرارگرفته شده بودند، پوشش داده شد. اضافه شدن این زیرفرآیندها می‌توانست ریسک‌ها را با جزییات بیشتری نسبت به مدل‌های موجود، ارزیابی نموده و کمک موثری برای ذی‌نفعان مختلف برای رسیدن به درکی مشترک در شناسایی و تحلیل ریسک‌های پروژه باشند. هروی و کتابی (۱۴۰۰) درصدد بودند تا با ارزیابی سطح عوامل تأثیرگذار بر ایمنی پروژه بتوانند سطح ایمنی پروژه‌های آتی را بر پایه سوابق و اطلاعات پروژه‌های پیشین، پیش‌بینی نمایند. آن‌ها بر این باور بودند که با درک صحیح از میزان تأثیرگذاری عوامل بر ایمنی می‌توان سیاست‌های لازم جهت بهبود ایمنی و کاهش صدمات این بخش از صنعت را پیش گرفت و مانع هدررفت منابع کشور شد. برای تحقق این هدف، آن‌ها نه عامل تأثیرگذار بر ایمنی را با مطالعات کتابخانه ای و مرور آمار غیررسمی حوادث ناشی از کار کشور، شناسایی کردند و در ادامه، رابطه میان این عوامل و سطح ایمنی پروژه را برای ۹۵ پروژه واقع در شهر تهران و جزیره کیش به کمک شبکه بیزین و رگرسیون خطی چندمتغیره، موردبررسی قرار دادند. در مدل پیشنهادی این پژوهش، میزان تأثیر هر یک از گروه‌های مؤثر بر ایمنی پروژه، با کاوش در اطلاعات پروژه‌های مشابه پیشین، تعیین شد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که نظارت و سرپرستی بر ایمنی پروسه‌های کاری و روند ایمن انجام کار، مؤثرترین عوامل بر سطح ایمنی پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی هستند. آسیوندزاده و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی مداخله‌ای بر روی ۳۹۴ کارگر از مشاغل مختلف به تعیین تأثیر مداخلات آموزشی و فنی بر فراهم آوردن محیط کاری با فرهنگ ایمنی سالم و درک کارگران از ریسک موقعیت های خطرناک کار در ارتفاع پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها ضمن کاربست آزمون‌های تعدیل بونفرونی و آزمون رگرسیون لجستیک باینری مبیّن تأثیر چشمگیر آموزش ایمنی بر تمام مؤلفه‌های فرهنگ ایمنی و توانمندسازی کارگران در رابطه با درک ریسک موقعیت های خطرناک کار در ارتفاع بود.

با مروری بر پژوهش‌های مرتبط پیشین ملاحظه شد که گرچه موضوع مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت به‌تنهایی موضوع جدیدی محسوب نمی‌شود اما قدمت این موضوع با محوریت ایمنی پروژه‌های ساخت به چندسال اخیر بازمی‌گردد. از سوی دیگر با توجه به گرایش شرکت‌های پیشروی بین‌المللی در صنعت ساخت به مقوله توسعه پایدار و تسری آن در ارکان مدیریت پروژه، تمرکز بر روی موضوع مدیریت ریسک ایمنی پروژه‌های ساخت از منظر توسعه پایدار ازنظر زمینه پژوهش[1] جدید و منحصربه‌فرد است. پژوهش‌های پیشین در شناسایی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساخت اغلب این ریسک‌ها را در ابعاد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست[2] سازمان‌دهی نموده‌اند و سایر ابعاد ریسک‌های ایمنی مغفول مانده است. در پژوهش حاضر وجوه سه‌گانه توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) با ابعاد مطروحه تجمیع شده و چارچوب جامع‌تری برای سازمان‌دهی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساخت فراهم خواهد نمود. خلأ قابل‌توجه پژوهشی در این حوزه بیشتر به بخش ارزیابی و تحلیل کمّی ریسک‌های شناسایی‌شده تعلق دارد. در پژوهش حاضر استفاده از روش کارآمد تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی بهترین و بدترین[3] با اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک‌ارزشی[4] ضمن اعمال وزن به دیدگاه خبرگان، برای پر کردن این خلأ پژوهشی به نوبه خود منحصربه‌فرد است.

روش

پژوهش حاضر ازنظر هدف از نوع کاربردی و ازنظر ماهیت و استراتژی از نوع توصیفی-پیمایشی است. در این پژوهش داده‌ها به شیوه کتابخانه‌ای و میدانی (با استفاده از پروتکل مصاحبه نیمه ساختاریافته در جلسه گروه کانونی و یک پرسشنامه محقق‌ساخته) گردآوری شده است. به‌علاوه، ۱۳ نفر از خبرگان صنعت ساخت پایدار به روش غیر تصادفی گلوله برفی[5] انتخاب‌شده و کمیته خبرگان را تشکیل دادند. ازآنجاکه قضاوت خبرگان از درجه اهمیت یکسانی برخوردار نیست لذا

1. Research Theme
2. Health, Safety, and Environment (HSE)
3. Group Best-Worst Multi-criteria method (GBWM)
4. Single-Valued Triangular Neutrosophic Numbers (SVTNN)
5. Snowball Sampling

به‌منظور حصول نتایج دقیق‌تر در ارزیابی، لازم است به نظر خبرگان وزن داده شود. برای محاسبه اوزان نظر خبرگان از رابطه زیر بهره استفاده شده است:

$$WE_k = \frac{SE_k}{\sum_{k=1}^{f} SE_k} \quad (۱)$$

با توجه به این رابطه، با فرض وجود f خبره در کمیته، WE_k بیانگر وزن نظر خبره k است و SE_k نشان‌دهنده امتیاز نظر خبره k است که این امتیاز با جمع نمرات عنوان شغلی، تجربه و تحصیلات خبره k با استفاده از مقیاس عددی مندرج در جدول ۱ محاسبه می‌شود. در این رابطه، $\sum_{k=1}^{f} WE_k = 1$ و $0 < WE_k \leq 1 \; \forall k \in \{0, 1, \dots, f\}$.

جدول ۱. مقیاس وزن دهی به نظرات خبرگان

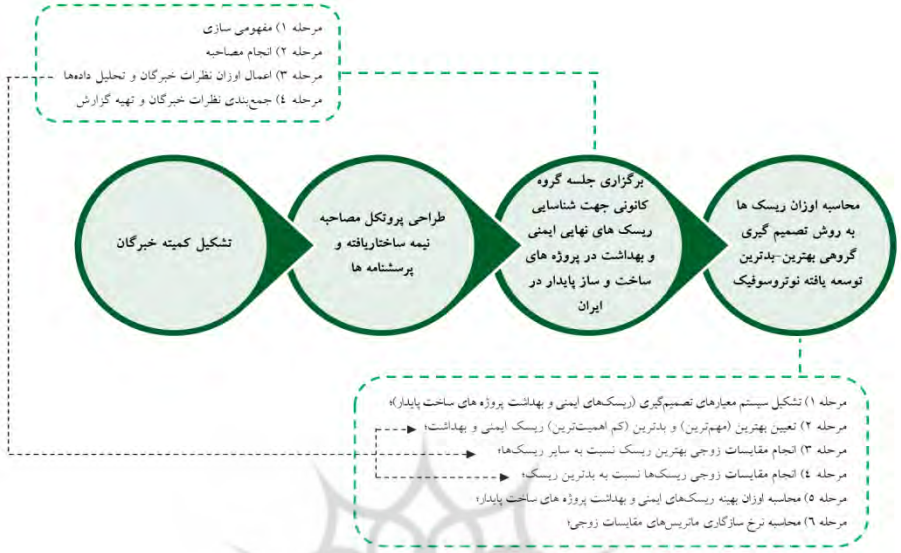
بُعد	دسته‌ها	نمره	بُعد	دسته‌ها	نمره	بُعد	دسته‌ها	نمره
عنوان شغلی / سمت سازمانی	مدیرعامل و اعضاء هیئت‌مدیره	۵	تجربه	بیش از ۳۰ سال	۵	تحصیلات	دکتری	۵
	مدیر پروژه	۴		۲۰ تا ۲۹ سال	۴		کارشناسی‌ارشد	۴
	مهندس ارشد	۳		۱۰ تا ۱۹ سال	۳		کارشناسی	۳
	کارشناس	۲		۶ تا ۹ سال	۲		کاردانی	۲
	تکنسین	۱		کمتر از ۶ سال	۱		دیپلم	۱

در این پژوهش برای تعیین روایی پرسشنامه‌ها از روایی صوری[1] استفاده شد. با ارائه پروتکل مصاحبه نیمه ساختاریافته و پرسشنامه‌ها به تعدادی از اساتید و صاحب‌نظران دانشگاهی در حوزه موردبحث و نیز اعضای کمیته خبرگان، اجزاء تشکیل‌دهنده، گویه‌ها و ساختار پرسشنامه‌ها مورد تأیید واقع شد و اجماع نظر بر روی روایی محتوای صوری آن شکل گرفت. به‌منظور سنجش پایایی پرسشنامه از روش نرخ سازگاری[2] (CR) بهره گرفته شد که نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مبیّن تأیید پایایی پرسشنامه بود.

در راستای تحقق هدف پژوهش، چارچوب متدلوژیک پیشنهادی (شکل ۱) در پنج فاز اصلی به شرح ذیل ارائه شده است.

1. Face Validity
2. Consistency Ratio

شکل ۱. چارچوب متدلوژیک پیشنهادی پژوهش



در این پژوهش فرآیند ارزیابی و تحلیل ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار در فضای حل نوتروسوفیک و در قالب تصمیم‌گیری گروهی انجام می‌پذیرد. بدین‌صورت که پس از شناسایی ریسک‌های نهایی، برای اهمیت سنجی و تعیین ریسک‌های پرمخاطره از روش کارآمد تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین گروهی نوتروسوفیک[1] استفاده می‌شود. راهبرد تصمیم‌گیری گروهی از سوگیری نتایج جلوگیری کرده و با تمکین به خرد جمعی، بر افزایش دقت تصمیم‌گیری خواهد افزود. پیاده‌سازی روش‌های مذکور در محیط نوتروسوفیک این امکان را فراهم می‌سازد که با استفاده از تخمین‌های سه یا چهارنقطه‌ای و درنظر گرفتن توابع امکان برای نظرات خبرگان از عدم قطعیت قضاوت‌های ذهنی آن‌ها کاسته و دقت تصمیم‌گیری افزایش یابد. برای پیاده‌سازی روش مذکور از نرم‌افزار گمز استفاده شد.

مجموعه‌های نوتروسوفیک به‌عنوان جامع‌ترین نوع منطق غیرکلاسیک برای مواجهه با عدم قطعیت و نقصان اطلاعات در فرآیند تصمیم‌گیری نخستین بار از سوی Smarandache (۱۹۹۸) معرفی شد. یک مجموعه نوتروسوفیک با سه تابع درستی

1. Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria method (NGBWM)

عضویت[1] (T)، نامعینی عضویت[2] (I) و نادرستی عضویت[3] (F) مشخص می‌شود که مستقل از یکدیگر بودن و مجموع آن‌ها به‌صورت $0 \leq T + I + F \leq 3$ است. مجموعه‌های نوتروسوفیک تک ارزشی به‌عنوان دسته فرعی از مجموعه‌های نوتروسوفیک محسوب می شوند که برای حل بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری در دنیای واقعی، به‌ویژه مسائل تصمیم‌گیری با اطلاعات ناقص و نادقیق، عدم قطعیت‌ها، پیش‌بینی‌ها و غیره مناسب هستند (Luo et al., 2019). در این پژوهش، از اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک ارزشی برای حل مسئله ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های پایداری استفاده می شود.

یک عدد نوتروسوفیک تک ارزشی به صورت $\tilde{n} = \langle (n_1, n_2, n_3); \alpha_{\tilde{n}}, \beta_{\tilde{n}}, \theta_{\tilde{n}} \rangle$ نشان داده می‌شود که در آن، n_1، n_2 و n_3 به ترتیب مقادیر پایین، میانه و بالای عدد نوتروسوفیک را نشان می‌دهند و $\alpha_{\tilde{n}}$، $\beta_{\tilde{n}}$ و $\theta_{\tilde{n}}$ به ترتیب بیانگر عضو‌به‌صورتی، نامعینی و نادرستی هستند. این سه تابع عضویت به صورت ذیل معرفی می‌شوند:

- تابع عضویت درستی $\mathbf{T_{\tilde{n}}(x)}$

$$= \begin{cases} \alpha_{\tilde{n}} \left(\dfrac{x - n_1}{n_2 - n_1} \right) & (n_1 \leq x \leq n_2) \\ \alpha_{\tilde{n}} \; (x = n_2) \; (۲) & \\ \alpha_{\tilde{n}} \left(\dfrac{n_3 - x}{n_3 - n_2} \right) & (n_2 \leq x \leq n_3) \end{cases}$$

در غیر این صورت S

- تابع عضویت نامعینی $\mathbf{I_{\tilde{n}}(x)}$

$$= \begin{cases} \dfrac{(n_2 - x + \beta_{\tilde{n}}(x - n_1))}{(n_2 - n_1)} & (n_1 \leq x \leq n_2) \\ \beta_{\tilde{n}} \; (x = n_2) \; (۳) & \\ \dfrac{(x - n_2 + \beta_{\tilde{n}}(n_3 - x))}{(n_3 - n_2)} & (n_2 \leq x \leq n_3) \end{cases}$$

در غیر این صورت S

1. Truth Membership
2. Indeterminacy Membership
3. Falsehood Membership

- تابع عضویت نادرستی $\mathbf{F_{\tilde{n}}(x)}$

$$= \begin{cases} \frac{(n_2 - x + \theta_{\tilde{n}}(x - n_1))}{(n_2 - n_1)} \ (n_1 \le x \le n_2) \\ \theta_{\tilde{n}} \ (x = n_2) \ (۴) \\ \frac{(x - n_2 + \theta_{\tilde{n}}(n_3 - x))}{(n_3 - n_2)} \ (n_2 \le x \le n_3) \\ \text{در غیر این صورت} \quad S \end{cases}$$

در توابع عضویت مطروحه، مقادیر $\alpha_{\tilde{n}}$، $\beta_{\tilde{n}}$ و $\theta_{\tilde{n}}$ به ترتیب بیانگر بیشینه درجه عضویت درستی، کمینه درجه عضویت نامعینی و کمینه درجه عضویت نادرستی است.

روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین نخستین بار از سوی Rezaei در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ معرفی شد. در این روش، بهترین و بدترین معیار توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو معیار (بهترین و بدترین) و سایر معیارها صورت می‌گیرد؛ سپس یک مسئله حداکثر حداقل[1] برای محاسبه اوزان معیارهای مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش با محاسبه نرخ سازگاری، اعتبار مقایسات سنجیده می‌شود. ازجمله ویژگی‌های برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های تعیین وزن مبتنی بر ماتریس‌های مقایسات زوجی می‌توان به نیاز کمتر این روش به داده‌های مقایسه‌ای و حصول مقایسه استوارتر و درنتیجه کسب پاسخ‌های قابل‌اطمینان‌تر به کمک این روش، اشاره کرد. باتوجه به کاستی‌های موجود در روش‌های مبتنی بر داده‌های قطعی در مواجهه با عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های خبرگان پیرامون مقایسات زوجی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران، در این پژوهش، این روش در قالب رویکرد تصمیم‌گیری گروهی و در فضای حل نوتروسوفیک با اعمال وزن به نظرات خبرگان، توسعه‌یافته است. روش بهترین بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک، ویژگی‌های برجسته روش قطعی به ارث برده و علاوه بر آن، می‌تواند اوزان ریسک‌ها را با اعداد نوتروسوفیک حاصل نماید. روش بهترین-بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک پیشنهادی از ۶ مرحله به شرح ذیل تشکیل شده است:

مرحله ۱) تشکیل سیستم معیارهای تصمیم‌گیری (ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار)

1. MaxMin

در این مرحله، مجموعه‌ای از ریسک‌ها (N) باید برای تصمیم‌گیری و تجزیه‌وتحلیل، ایجاد شود.

$$N = \{R_1, R_2, \dots, R_n\} \quad (۵)$$

فرض کنید n ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران وجود داشته باشد و نتایج مقایسه‌های زوجی فازی بری این n ریسک از سوی خبرگان، بر اساس متغیرهای کلامی در پرسشنامه گردآوری‌شده باشد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، لازم است دیدگاه کلامی تصمیم‌گیرندگان با استفاده مقیاس پیشنهادی Yucesan و Gul (۲۰۲۱) به اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک ارزشی متناظر تبدیل شود. بدین ترتیب، ماتریس مقایسه زوجی نوتروسوفیک به‌صورت ذیل حاصل می‌گردد:

$$\tilde{A} = \begin{array}{c} \\ R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} R_1 & R_2 & \dots & R_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad (۶)$$

در این ماتریس، $\tilde{a}_{ij}$ بیانگر ارجحیت نوتروسوفیک ریسک i نسبت به ریسک j بوده، که یک عدد نوتروسوفیک مثلثی تک ارزشی است.

مرحله ۲) تعیین بهترین (مهم‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) ریسک ایمنی و بهداشت

بر اساس سیستم معیار تصمیم‌گیری ایجادشده، بهترین (مهم‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) ریسک باید توسط تصمیم‌گیران (خبرگان) شناسایی شوند. مهم‌ترین ریسک با C_B و کم‌اهمیت‌ترین ریسک با C_W نشان داده می‌شوند.

مرحله ۳ و ۴) انجام مقایسات زوجی بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها و سایر ریسک‌ها نسبت به بدترین ریسک؛

با توجه به مقیاس پیشنهادی Yucesan و Gul (۲۰۲۱)، تصمیم‌گیرندگان نظرات خود در خصوص میزان ارجحیت بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها تعیین می‌کنند. بردار حاصله به‌صورت $\tilde{A}_B^k = \{\tilde{a}_{B1}^k, \tilde{a}_{B2}^k, \dots, \tilde{a}_{Bn}^k\}$ نشان داده می‌شود که در آن $\tilde{a}_{Bj}^k$ ارجحیت

بهترین ریسک B نسبت به ریسک j از سوی خبره k را نشان می‌دهد. واضح است که $\tilde{a}_{BB} = \{(1,1,1);\ 0.5, 0.5, 0.5\}$.

پس از جمع‌آوری دیدگاه خبرگان و اعمال وزن نظرات آن‌ها، بردار مقایسات زوجی تجمیعی بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها بر اساس میانگین حسابی موزون نظرات خبرگان با استفاده از روابط زیر حاصل می‌شود.

$$\tilde{A}_B = \{\tilde{a}_{B1}, \tilde{a}_{B2}, \dots, \tilde{a}_{Bn}\} \quad (۷)$$

$$\tilde{a}_{Bj} = \frac{\sum_{k=1}^{f} WE_k * \tilde{a}_{Bj}^{k}}{\sum_{k=1}^{f} WE_k} == \langle (n_1, n_2, n_3); \alpha_{\tilde{n}}, \beta_{\tilde{n}}, \theta_{\tilde{n}} \rangle \quad (۸)$$

حال با استفاده از رابطه ۹، بردار مقایسات زوجی بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها (یعنی $\tilde{a}_{Bj}$) به‌صورت ذیل قطعی‌سازی می‌شوند.

$$S(\tilde{a}_{Bj}) = \frac{1}{8}[n_1 + n_2 + n_3] \times (2 + \alpha_{\tilde{n}} - \beta_{\tilde{n}} - \theta_{\tilde{n}}) = a_{Bj} \quad (۹)$$

فرآیند فوق در خصوص مقایسات زوجی سایر ریسک‌ها نسبت به بدترین ریسک نیز صدق کرده و مقدار (a_{jW}) به دست خواهد آمد.

مرحله ۵) محاسبه اوزان بهینه ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار

برای تعیین وزن بهینه هر یک از ریسک‌ها، زوج مقادیر $\frac{W_B}{W_j} = a_{Bj}$ و $\frac{W_j}{W_W} = a_{jW}$ تشکیل می‌شوند. سپس برای برآورده کردن این شرایط برای همه ریسک‌ها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات $\left|\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}\right|$ و $\left|\frac{W_j}{W_W} - a_{jW}\right|$ را برای همه ریسک‌هایی که کمینه شده است، بیشینه کند. با توجه به غیرمنفی بودن اوزان ریسک‌ها و درنتیجه مجموع اوزان به‌صورت توان فرم خطی مدل ریاضی محاسبه اوزان بهینه را به صورت رابطه ۱۰ فرموله کرد:

$$\min \xi \quad (۱۰)$$

S.t.

$$\left|W_B - a_{Bj} W_j\right| \le \xi * W_j \quad \text{به ازای تمامی } j \text{ ها}$$

$$\left|W_j - a_{jW} W_W\right| \le \xi * W_w \quad \text{به ازای تمامی } j \text{ ها}$$

$$\sum_j W_j = 1$$

به ازای تمامی $W_j \geq 0$ ها j

با حل مدل بالا، مقادیر بهینه $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ و ξ^* به دست می‌آید.

مرحله ۶) محاسبه نرخ سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی؛

برای محاسبه سازگاری دیدگاه خبرگان که هم ارز با پایایی پرسشنامه است از شاخص نرخ سازگاری (CR) بهره گرفته می‌شود. در این روش، نرخ سازگاری با استفاده از ξ^* محاسبه می‌شود. هرچه مقدار ξ^* بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده نرخ سازگاری بالاتر است. ازآنجاکه $a_{BW} = a_{Bj} \times a_{jW}$ و $a_{BW} \in \{1,2, \dots, 9\}$ است، می‌توان حداکثر مقدار ξ را به دست آورد. با استفاده از مقدار شاخص‌های سازگاری متناظر با a_{BW} در جدول ۲ و نیز رابطه ۱۱ می‌توان نرخ سازگاری را محاسبه کرد.

جدول ۲. مقدار شاخص‌های سازگاری در روش بهترین-بدترین (Rezaei, 2016)

a_{BW}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شاخص سازگاری	۰	۰/۴۴	۱	۱/۶۳	۲/۳	۳	۳/۷۳	۴/۴۷	۵/۲۳

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}} \quad (۱۱)$$

هرچه مقادیر نرخ سازگاری به صفر نزدیک‌تر باشد، نتایج سازگاری بیشتری دارد.

یافته‌ها

در این پژوهش برای نمایش قابلیت و اعتبار چارچوب متدلوژیک پیشنهادی، به پیاده‌سازی این چارچوب در شناسایی و ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران پرداخته شد. با تشکیل کمیته ۱۳ نفره از خبرگان و با توجه به ویژگی‌های جمعیت شناسی آن‌ها، وزن نظرات خبرگان با استفاده از رابطه (۱) به‌صورت جدول ۳ تعیین گردید.

جدول ۳. وزن نظرات اعضاء کمیته خبرگان

نماگر خبره	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
وزن نظرات	۰/۰۹۵۷	۰/۰۷۸۳	۰/۰۷۸۳	۰/۰۳۴۸	۰/۰۹۵۷	۰/۰۸۷۰	۰/۰۹۵۷	۰/۰۶۰۹	۰/۰۹۶۶	۰/۰۶۰۹	۰/۰۹۵۷	۰/۰۸۷۰	۰/۰۶۰۹

با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌بندی ریسک‌های متداول ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در شش بُعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی، بهداشتی، ایمنی، و مدیریتی و ساختاری، به‌منظور غربال‌سازی و بومی‌سازی این ریسک‌ها، جلسه گروه کانونی با اعضاء کمیته خبرگان تشکیل شد و پروتکل مصاحبه نیمه‌ساختاریافته میان آن‌ها توزیع گردید. با برگزاری جلسه گروه کانونی و جمع‌آوری پروتکل‌ها، میانگین موزون نظرات پیرامون پذیرش هریک از ریسک‌ها ضمن اعمال اوزان نظر هریک از خبرگان محاسبه‌شده و نتیجه نظرسنجی به‌صورت جدول ۴ حاصل گردید.

جدول ۴. نتیجه نظرسنجی از خبرگان پیرامون شناسایی ریسک‌های نهایی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار ایران

ابعاد	ریسک‌ها	سطح پذیرش موزون تجمیعی	مراجع ریسک‌های نهایی موردپذیرش
اقتصادی	ایجاد استرس شغلی و عدم تمرکز بر کارهای محول شده به واسطه عدم پرداخت به موقع حقوق کارکنان (R11)	۰/۷۳۰	(جعفرنیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ میرزایی متین و پارسایی، ۱۳۹۶؛ طاهرخانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ گلزار راغب و همکاران، ۱۳۹۵؛ Yan et al., 2019; Sui et al., 2020; Li et al., 2018; Belayutham et al., 2016; Rosenbaum et al., 2014; Zhou et al., 2018; Chan
	گزینش نادرست پرسنل در مشاغل با ریسک بالا به علت عدم تخصیص بودجه جهت معاینات ادواری و در بدو استخدام (R21)	۰/۵۸۳	
	عدم تأمین تجهیزات و ماشین آلات ایمن و استاندارد به علت عدم کفایت بودجه	۰/۴۵۲	
	فقدان گواهی سلامت برای تمامی ماشین‌آلات و تجهیزات به علت عدم تخصیص بودجه (R31)	۰/۸۱۷	
	فقدان تجهیزات فردی استاندارد به علت عدم تخصیص بودجه (R41)	۰/۵۸۳	

ابعاد	ریسک‌ها	سطح پذیرش موزون تجمیعی	مراجع ریسک‌های نهایی موردپذیرش
	عدم جذب سرپرست، کارشناس و افسر HSE به تناسب فازهای پروژه به علت ناکافی بودن بودجه (R51)	۰/۶۰۹	et al., 2011; Murè et al.,2017; Rowlinson & Jia, 2015; Mohandes & Zhang, 2021; Jeong et al., 2022; Gürcanli et al., 2009; Raviv et al., 2017; Guo et al., 2019; Mohammadfam et al., 2017; Wang et al., 2016; Gunduz & Ahsan, 2018; Tong et al. 2018; Pinto et al., 2011; Zhang & Mohandes, 2020; Jebelli et al., 2016; Fung et al., 2010; Jeong et al., 2022; Alipour-Bashary et al., 2021)
	ضعف در اجرای سیستم ارتینگ به علت عدم تخصیص بودجه	۰/۴۷۸	
زیست‌محیطی	حوادث طبیعی غیرمترقبه (سیل، زلزله، رعد و برق و غیره) (R12)	۰/۸۴۳	
	وضعیت آب و هوایی غیرقابل پیش‌بینی (R22)	۰/۵۳۰	
	وضعیت نامطلوب خاک و زمین‌شناسی (R32)	۰/۵۶۵	
	تأثیرات نامطلوب زیست‌محیطی بر سایر سازه‌ها و ساختمان های پیرامون (R42)	۰/۸۰۰	
	انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی (R52)	۰/۷۳۹	
	مصرف بی رویه انرژی و آب	۰/۴۷۸	
اجتماعی	فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی (R13)	۰/۹۰۴	
	بی‌توجهی و عدم اجرای مبحث بیستم مقررات ملی ساختمان مبنی بر ایمن سازی حریم کارگاه (R23)	۰/۶۰۰	
	بی‌توجهی و عدم اجرای طرح‌های فرهنگ سازی ایمنی (R33)	۰/۷۹۱	
	بی اهمیتی به دریافت بیمه نامه‌های مسئولیت مدنی، اشخاص ثالث و ماشین آلات	۰/۲۶۱	
	ماشین آلات و تجهیزات عملیاتی غیر استاندارد	۰/۴۸۷	
	مخاطرات ناشی از فقدان تجهیزات حفاظت فردی باکیفیت و استاندارد	۰/۴۷۸	
	بی‌توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)	۰/۸۵۲	
	بی‌توجهی به تشکیل تیم واکنش سریع در پروژه (R53)	۰/۶۷۸	
	فقدان تجهیزات امدادی	۰/۴۸۷	
	نیروی کار با دانش، تجربه و مهارت ناکافی (R63)	۰/۵۹۱	
	ایجاد آسیب در ساختمان‌ها و اماکن پیرامون به علت حفاظت نادرست از آن‌ها	۰/۴۷۸	
بهداشتی	ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی در نتیجه جابجایی بارهای سنگین	۰/۴۱۷	

ابعاد	ریسک‌ها	سطح پذیرش موزون تجمیعی	مراجع ریسک‌های نهایی موردپذیرش
	سوختگی	۰/۳۲۲	
	ایجاد آشفتگی و اختلالات ذهنی ناشی از قرار گرفتن در معرض صدا و ارتعاشات (R14)	۰/۶۹۶	
	آماس پوستی به دلیل قرار گرفتن در معرض روغن‌های روان کننده در طول کار تعمیر و نگهداری	۰/۴۱۷	
	آسیب‌های فشاری مکرر به قسمت‌های مختلف بدن به دلیل حرکات نادرست ممتد و مستمر (R24)	۰/۶۵۲	
	خستگی مفرط ناشی از کار طولانی یا کار در شب (R34)	۰/۷۰۴	
	گرمازدگی به دلیل کار در هوای بسیار گرم (R44)	۰/۷۸۳	
	افزایش فشار خون به دلیل کار مستمر در هوای گرم (R54)	۰/۵۹۱	
	جراحات و بیماری‌های شغلی (R64)	۰/۶۸۷	
	مرگ و میر ناشی از مخاطرات شغلی (R74)	۰/۶۰۹	
	خفگی به واسطه استنشاق گازهای سمی	۰/۴۵۲	
فیزیکی	سقوط از ارتفاع (R15)	۰/۶۸۷	
	حوادث ناشی از حمل‌ونقل و جابجایی‌ها	۰/۴۴۳	
	قرار گرفتن بین دستگاه	۰/۴۶۱	
	انفجار و آتش‌سوزی (R25)	۰/۶۲۶	
	خطر برق گرفتگی و شوک الکتریکی (R35)	۰/۶۰۰	
	سقوط اشیاء از ارتفاع (R45)	۰/۶۰۰	
	خطرات جوشکاری و برشکاری (R55)	۰/۶۰۰	
	ریزش آوار (R65)	۰/۶۸۷	
	خطرات حفاری و گودبرداری (R75)	۰/۶۸۷	
	خطرات نصب سازه‌ها (R85)	۰/۶۰۰	
	تصادف ماشین‌آلات با نیروی انسانی (R95)	۰/۷۲۲	
	نشت آب‌های سطحی و زیرزمینی (R105)	۰/۵۹۱	
	بی‌توجهی و عدم تخصیص زمان به ایمن‌سازی تمامی جایگاه‌های کاری پیش از آغاز به عملیات ساخت‌وساز (R115)	۰/۶۰۹	
	مخاطرات ناشی از عدم تعیین زمان صحیح برای اجرای سیستم ارتینگ و بکارگیری آن در فاز اجرا	۰/۴۷۸	

ابعاد	ریسک‌ها	سطح پذیرش موزون تجمیعی	مراجع ریسک‌های نهایی موردپذیرش
	مخاطرات ناشی از عدم خروج و دفع ضایعات و نخاله‌های پروژه	۰/۴۶۱	
	خطرات ناشی از استفاده نادرست از ابزار و تجهیزات (R125)	۰/۶۷۰	
	لغزش و سر خوردن (R135)	۰/۶۲۶	
	خطرات ناشی از کار با تجهیزات لغزنده و نوک تیز (R145)	۰/۷۷۴	
	مخاطرات ناشی از ابزار و تجهیزات ناایمن	۰/۴۸۷	
	خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه (R155)	۰/۶۰۹	
	فضای کار فشرده و ناکافی (R165)	۰/۸۰۹	
	فضای کار بی ثبات	۰/۳۶۵	
	آلودگی صوتی بیش از حد (R175)	۰/۶۶۱	
	مخاطرات ناشی از شیوه‌های نادرست انجام وظایف و عملیات‌ها	۰/۴۱۷	
مدیریتی و ساختاری	مخاطرات ناشی از ساختار سازمانی نامتناسب با ایمنی و بهداشت حرفه‌ای	۰/۴۸۷	
	ابهام و عدم شفافیت فرآیندهای مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R16)	۰/۶۹۶	
	فقدان مستندات موردنیاز ایمنی و بهداشت حرفه‌ای	۰/۴۵۲	
	ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R26)	۰/۶۰۰	
	آمادگی ناکافی برای شرایط اضطراری و عدم مسئولیت پذیری و پاسخ گویی	۰/۴۶۱	
	مدیریت ضعیف و عدم نظارت کافی (R36)	۰/۶۰۰	
	برنامه‌ریزی ضعیف و اقدامات پیشگیرانه ناکافی	۰/۴۸۷	
	وجود فرهنگ کاری متضاد با ایمنی در استراتژی‌های سازمانی (R46)		خبرگان
	خطرات ناشی از بی‌توجهی به مقوله ایمنی در فاز طراحی اولیه و تفصیلی پروژه (R56)		

با توجه به نتایج حاصله و در نظرگرفتن حد پذیرش قراردادی ۰/۵ برای ریسک‌ها از سوی خبرگان، ملاحظه شد که از ۶۶ ریسک متداول کاندید، ۴۳ ریسک برای صنعت ساخت‌وساز پایدار در کشور ایران نیز موضوعیت داشت. لذا این ۴۳ ریسک در فهرست نهایی ورود یافتند. همچنین ملاحظه شد که دو ریسک «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی» و «وضعیت آب و هوایی غیرقابل‌پیش‌بینی» به ترتیب با سطح

پذیرش موزون تجمیعی ۰/۹۰۴ و ۰/۵۳ به‌عنوان بهترین (مهم‌ترین) و بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) ریسک‌ها از سوی خبرگان تعیین شدند. در ادامه، سایر دیدگاه خبرگان پیرامون ریسک‌هایی خارج از ریسک‌های اعلامی، به نظرسنجی شفاهی گذاشته شد که با هم اندیشی خبرگان، در دو ریسک «وجود فرهنگ کاری متضاد با ایمنی در استراتژی‌های سازمانی» و «خطرات ناشی از بی‌توجهی به مقوله ایمنی در فاز طراحی اولیه و تفصیلی پروژه» نیز اجماع نظر شکل گرفت. این دو ریسک نیز در بُعد مدیریتی و ساختاری جانمایی شدند. بدین ترتیب چارچوب نظری نهایی متشکل از ۴۵ ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار برای کشور ایران احصاء گردید.

ازآنجاکه ریسک‌های شناسایی‌شده ازنظر تأثیرات مخرب بر اهداف پروژه‌های ساخت پایدار در ایران و نیز اولویت رسیدگی به آن‌ها، از درجه ارجحیت یکسان برخوردار نیستند، لذا به‌منظور آگاهی از ریسک‌های پرمخاطره‌تر، به ارزیابی و اولویت بندی آن‌ها به روش بهترین-بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک پرداخته شد. با نظرسنجی از خبرگان پیرامون تعیین میزان ارجحیت بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها و نیز ارجحیت سایر ریسک‌ها نسبت به بدترین ریسک، فراوانی نظرات خبرگان در ماتریس‌های مقایسات زوجی نوتروسوفیک گردآوری شد. با اعمال اوزان خبرگان در درایه‌های آن، ماتریس مقایسات زوجی نوتروسوفیک موزون حاصل شد. با محاسبه میانگین حسابی نظرات خبرگان، ماتریس مقایسات زوجی نوتروسوفیک موزون تجمیعی به‌صورت جدول ۵ به دست آمد.

جدول ۵. ماتریس مقایسات زوجی نوتروسوفیک موزون تجمیعی

ابعاد	ریسک‌ها	بهترین ریسک (R13)	بدترین ریسک (R22)
اقتصادی	R11	<(۱/۶۰۹۵,۲/۶۱,۳/۶۱۰۵); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۲/۰۳۵۸,۳/۰۳۶۳,۴/۰۳۶۸); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
	...	...	...
	R51	<(۱/۰۰۰۵,۲/۰۰۱,۳/۰۰۱۵); ۰/۴, ۰/۶۵, ۰/۶)>	<(۲/۲۵۳۳,۳/۲۵۳۸,۴/۲۵۴۳); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
ریسک محیط	R12	<(۱/۶۴۴۳,۲/۶۴۴۸,۳/۶۴۵۳); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۰۳۵۳,۲/۰۳۵۸,۳/۰۳۶۳); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>

ابعاد	ریسک‌ها	بهترین ریسک (R13)	بدترین ریسک (R22)
	...	...	...
	R52	<(۱/۵۳۹۹,۲/۵۴۰۴,۳/۵۴۰۹); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۱۳۹۷,۲/۱۴۰۲,۳/۱۴۰۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
اجتماعی	R13	<(۱/۰۰۰۵,۱/۰۰۰۵,۱/۰۰۰۵); ۰/۵, ۰/۵, ۰/۵)>	<(۸/۸۱۳۱,۸/۹۰۸۸,۹/۰۰۴۵); ۰/۸۵, ۰/۱, ۰/۱۵)>
	...	...	...
	R63	<(۱/۲۲۶۷,۲/۲۲۷۲,۳/۲۲۷۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۹۴۰۱,۲/۹۴۰۶,۳/۹۴۱۱); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
بهداشتی	R14	<(۱/۴۹۶۴,۲/۴۹۶۹,۳/۴۹۷۴); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۳۱۳۷,۲/۳۱۴۲,۳/۳۱۴۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
	...	...	...
	R74	<(۱/۰۰۰۵,۲/۰۰۱,۳/۰۰۱۵); ۰/۴, ۰/۶۵, ۰/۶)>	<(۲/۶۷۹۶,۳/۶۸۰۱,۴/۶۸۰۶); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
ایمنی	R15	<(۱/۰۰۰۵,۲/۰۰۱,۳/۰۰۱۵); ۰/۴, ۰/۶۵, ۰/۶)>	<(۲/۴۳۶,۳/۴۳۶۵,۴/۴۳۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
	...	...	...
	R175	<(۱/۴۱۸۱,۲/۴۱۸۶,۳/۴۱۹۱); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۶۶۱۷,۲/۶۶۲۲,۳/۶۶۲۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
مدیریتی و ساختاری	R16	<(۱/۰۷۸۸,۲/۰۷۹۳,۳/۰۷۹۸); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>	<(۱/۸۲۷,۲/۸۲۷۵,۳/۸۲۸); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>
	...	...	...
	R56	<(۱/۰۰۰۵,۲/۰۰۱,۳/۰۰۱۵); ۰/۴, ۰/۶۵, ۰/۶)>	<(۲/۳۵۷۷,۳/۳۵۸۲,۴/۳۵۸۷); ۰/۳, ۰/۷۵, ۰/۷)>

با قطعی‌سازی مقادیر حاصله و جای‌گذاری آن‌ها در مدل برنامه‌ریزی خطی، مدل بسط یافته متشکل از ۴۵ متغیر و ۸۹ محدودیت در نرم‌افزار گمز وارد شد. با حل مدل، مقدار بهینه بردار اوزان شاخص‌ها و تابع هدف به‌صورت $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ و ξ^* در جدول ۶ حاصل گردید. با توجه به جدول ۲ که در آن، شاخص سازگاری برای $a_{BW} = 8$، مقدار ۴/۵ و برای $a_{BW} = 9$ مقدار ۵/۲ درنظر گرفته شده است و ازآنجاکه در این

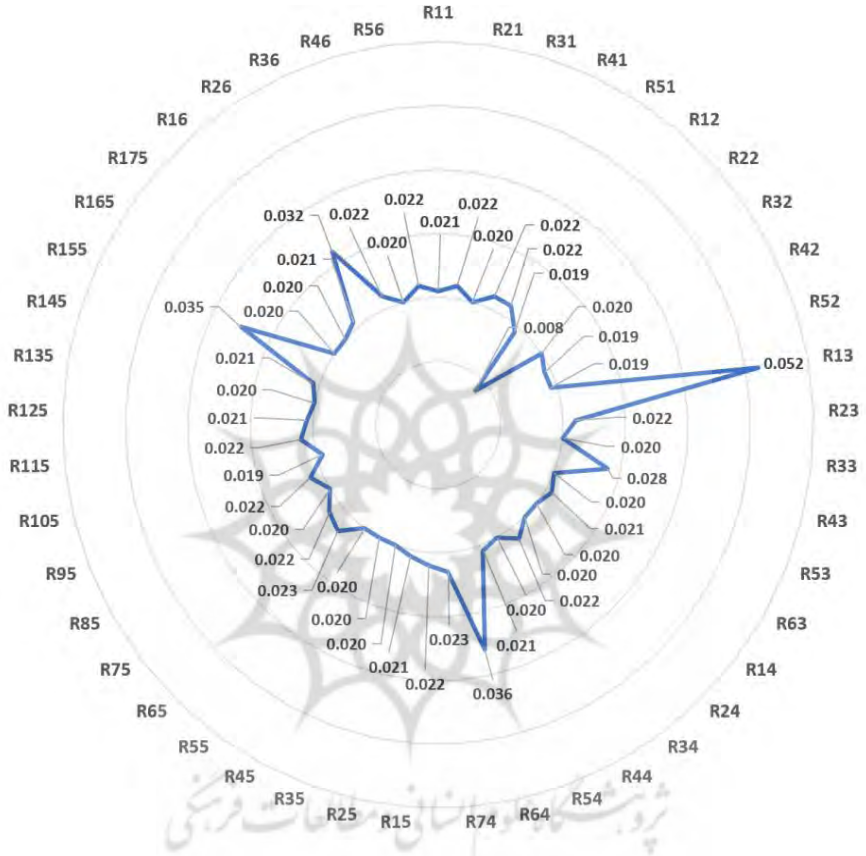
پژوهش $a_{BW} = 8/7$ حاصل گردید، لذا با حل معادله خط حاصل از مقادیر a_{BW} و شاخص سازگاری به ازای $a_{BW} = 8/7$ مقدار شاخص سازگاری ۴/۸۸ به دست آمد.

جدول ۶. اوزان نهایی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران

ابعاد	ریسک‌ها	w_j^*	ابعاد	ریسک‌ها	w_j^*
اقتصادی	R11	۰/۰۲۱	ایمنی	R15	۰/۰۲۲
	R21	۰/۰۲۲		R25	۰/۰۲۱
	R31	۰/۰۲۰		R35	۰/۰۲۰
	R41	۰/۰۲۲		R45	۰/۰۲۰
	R51	۰/۰۲۲		R55	۰/۰۲۰
زیست‌محیطی	R12	۰/۰۱۹		R65	۰/۰۲۳
	R22	۰/۰۰۸		R75	۰/۰۲۲
	R32	۰/۰۲۰		R85	۰/۰۲۰
	R42	۰/۰۱۹		R95	۰/۰۲۲
	R52	۰/۰۱۹		R105	۰/۰۱۹
اجتماعی	R13	۰/۰۵۲		R115	۰/۰۲۲
	R23	۰/۰۲۲		R125	۰/۰۲۱
	R33	۰/۰۲۰		R135	۰/۰۲۰
	R43	۰/۰۲۸		R145	۰/۰۲۱
	R53	۰/۰۲۰		R155	۰/۰۳۵
	R63	۰/۰۲۱		R165	۰/۰۲۰
بهداشتی	R14	۰/۰۲۰		R175	۰/۰۲۰
	R24	۰/۰۲۰	مدیریتی و ساختاری	R16	۰/۰۲۱
	R34	۰/۰۲۲		R26	۰/۰۳۲
	R44	۰/۰۲۰		R36	۰/۰۲۲
	R54	۰/۰۲۱		R46	۰/۰۲۰
	R64	۰/۰۳۶		R56	۰/۰۲۲
	R74	۰/۰۲۳			
مقدار ξ_i^*			۱/۸۹		
شاخص سازگاری			۴/۸۸		
نرخ سازگاری			۰/۳۸		

شکل ۲ اوزان بهینه ریسک‌ها را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.

شکل ۲. اوزان بهینه ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران



با توجه به نتایج حل مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین بدترین، ملاحظه می‌شود که صرف‌نظر از ابعاد، پنج ریسک «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی (R13)»، «جراحات و بیماری‌های شغلی (R64)»، «خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه (R155)»، «ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R26)» و «بی‌توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)» به ترتیب با اوزان ۰/۰۵۲، ۰/۰۳۶،

۰/۰۳۵، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۸ از بالاترین وزن برخوردار بودند. در میان این پنج ریسک، دو ریسک اول و پنجم یعنی R13 و R43 متعلق به بُعد اجتماعی بودند که حاکی از اهمیت این بُعد در قیاس با سایر ابعاد در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران بود. به‌زعم Adabre و همکاران (۲۰۲۰) و Amrutha و Geetha (۲۰۲۰) میزان توجه پژوهشگران و صاحب‌نظران به ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه پایدار بیش از بعد اجتماعی بوده است که این نقصان، ارزیابی جامع‌نگری از ریسک پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار به ارمغان نمی‌آورد. جالب‌توجه است که با عنایت بر نتایج حاصله در پژوهش حاضر، ریسک‌های مربوطه به بُعد اجتماعی در رده‌بالای پرمخاطره‌ترین ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار قرار گرفتند که عدم توجه به آن‌ها می‌تواند چالش‌های فراوانی را در مسیر تحقق اهداف پروژه‌ها به همراه داشته باشد.

به‌علاوه با تحلیل یافته‌های حاصله در هریک از ابعاد ملاحظه شد که در بُعد اقتصادی، ریسک فقدان تجهیزات فردی استاندارد به‌علت عدم تخصیص بودجه (R41)، در بُعد زیست محیطی ریسک انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی (R52)، در بُعد اجتماعی ریسک فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی (R13)، در بُعد بهداشتی ریسک جراحات و بیماری‌های شغلی (R64)، در بُعد ایمنی ریسک خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه (R155) و در بُعد سازمانی و مدیریتی ریسک ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R26)، پرمخاطره ترین ریسک‌ها برای پروژه‌های ساخت پایدار در ایران محسوب می‌شوند. همچنین با حل مدل برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار گمز مقدار بهینه تابع هدف (ξ^*)، ۱/۸۹ حاصل گردید که با توجه به رابطه (۱۱) نرخ سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی برای این مسئله ۰/۳۸ به دست آمد که طبق حد آستانه مطروحه از سوی Liang و همکاران (۲۰۲۰)، سازگاری قضاوت خبرگان در وضعیت مطلوبی قرار داشته و پایایی پرسشنامه نیز به‌طور هم‌زمان تأیید می‌شود. با توجه به عدد نرخ سازگاری برای ماتریس‌های مقایسات زوجی، می‌توان بر صحت

و اعتبار داده‌های گردآوری‌شده و نیز قابلیت اتکا بر نتایج حاصل از روش بهترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک اذعان داشت. با توجه به منطق روش بهترین بدترین در ایجاد همگرایی و سازگاری در نظرات خبرگان (با کاهش میزان مقایسات زوجی) و استفاده از مدل ریاضی و برنامه‌ریزی خطی در محاسبه این نرخ، می‌توان بر دقت و اطمینان این روش نسبت به روش متداول وزن‌دهی یعنی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP) صحه گذاشت.

جدول ۷ نتایج حاصل از روش بهترین بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک را در مقایسه با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مسئله موردمطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۷. اعتبارسنجی و تحلیل مقایسه‌ای روش بهترین بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

ریسک‌ها	وزن حاصل از روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک	ریسک‌ها	وزن حاصل از روش AHP	ریسک‌ها	وزن حاصل از روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک	وزن حاصل از روش AHP
R11	۰/۰۲۱	R15	۰/۰۱۹	R65	۰/۰۲۳	۰/۰۳۰
R21	۰/۰۲۲	R25	۰/۰۲۴	R75	۰/۰۲۲	۰/۰۲۱
R31	۰/۰۲۰	R35	۰/۰۲۰	R85	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶
R41	۰/۰۲۲	R45	۰/۰۱۸	R95	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰
R51	۰/۰۲۲	R55	۰/۰۱۵	R105	۰/۰۱۹	۰/۰۲۵
R12	۰/۰۱۹	R65	۰/۰۳۱	R115	۰/۰۲۲	۰/۰۳۵
R22	۰/۰۰۸	R75	۰/۰۱۱	R125	۰/۰۲۱	۰/۰۳۱
R32	۰/۰۲۰	R85	۰/۰۱۸	R135	۰/۰۲۰	۰/۰۳۵
R42	۰/۰۱۹	R95	۰/۰۲۹	R145	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰
R52	۰/۰۱۹	R105	۰/۰۱۳	R155	۰/۰۳۵	۰/۰۱۰
R13	۰/۰۵۲	R115	۰/۰۳۹	R165	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱
R23	۰/۰۲۲	R125	۰/۰۱۱	R175	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸
R33	۰/۰۲۰	R135	۰/۰۲۲	R185	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰
R43	۰/۰۲۸	R145	۰/۰۴۲	R195	۰/۰۲۱	۰/۰۳۲
R53	۰/۰۲۰	R155	۰/۰۱۲	R205	۰/۰۲۲	۰/۰۱۱

1. Analytic Hierarchy Process

ریسک‌ها	وزن حاصل از روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک	وزن حاصل از روش AHP	ریسک‌ها	وزن حاصل از روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک	وزن حاصل از روش AHP
R63	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	R165	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷
R14	۰/۰۲۰	۰/۰۲۴	R175	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵
R24	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹	R16	۰/۰۲۱	۰/۰۱۲
R34	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	R26	۰/۰۳۲	۰/۰۳۸
R44	۰/۰۲۰	۰/۰۱۸	R36	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶
R54	۰/۰۲۱	۰/۰۲۶	R46	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵
R64	۰/۰۳۶	۰/۰۲۸	R56	۰/۰۲۲	۰/۰۱۱
R74	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶			

با توجه به نتایج حاصله ملاحظه می‌شود که در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سه ریسک «بی توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)»، «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی (R13)» و «ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R26)» بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. گرچه سه ریسک مذکور در روش بهترین بدترین توسعه‌یافته نوتروسوفیک نیز در زمره ریسک‌های پرمخاطره تعیین‌شده و اعتبار یافته‌های این روش را در شناسایی ریسک‌های پرمخاطره تصدیق می‌کرد، اما کارایی پایین روش تحلیل سلسله مراتبی به‌ویژه در زمانی که تعداد مؤلفه‌های مسئله زیاد و ابعاد ماتریس‌های مقایسات زوجی بزرگ باشد، کاربست روش پیشنهادی را توجیه‌پذیرتر ساخت. همچنین اعمال قضاوت خبرگان در قالب اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک ارزشی نیز برای مقابله با عدم قطعیت موجود در دیدگاه آن‌ها و اتکا به رویکرد تصمیم‌گیری گروهی و خرد جمعی ضمن اعمال وزن به دیدگاه خبرگان نیز به‌نوبه خود بر دقت یافته‌ها افزوده و کاستی‌های روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را مرتفع می‌سازد.

بحث و نتیجه‌گیری

گزارش‌های ناشی از حوادث شغلی و پیامدهای فردی و اجتماعیِ ناشی از آن، نشان‌دهنده اهمیت موضوع آموزش و نقش آن در بهبود نگرش کارگران به مسائل ایمنی است. مدیران و دست‌اندرکاران پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار می‌توانند با اتخاذ تدابیر ایمنی و بهداشتی صحیح و طراحی مهندسی اصولی به‌واسطه برنامه آموزشی منسجم، از وقوع حوادث شغلی و پیامدهای آن جلوگیری کرده و به شکوفایی اقتصادی و توسعه‌ای پایدار دست یابند. تنوع فعالیت‌های اجرایی و نوع و ماهیت ریسک‌ها و عوامل بالقوه آسیب‌رسان در پروژه‌های عمرانی ضرورت بهره‌گیری از رویکردهای جامع مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست را به یکی از اولویت‌های سازمان‌های فعال در زمینه پروژه‌های عمرانی تبدیل نموده است. ازآنجاکه سرمایه‌های مالی و غیرمالی سازمان‌های پروژه محور در مقابله با ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت نامحدود نیست، اهمیت سنجی و اولویت‌بندی ریسک‌های کاندید در این پژوهش می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای مدیران پروژه و سایر دست‌اندرکاران بخش ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در سازمان برای بسیج منابع و استفاده بهینه از ظرفیت‌های مشهود و نامشهود برای مقابله با ریسک‌های اولویت‌دار باشد؛ ریسک‌هایی که مقابله با آن‌ها می‌تواند منافع بیشتری برای سازمان‌ها به ارمغان آورده و از تحمیل هزینه‌های ناخواسته به پروژه و سازمان ممانعت به عمل آید. تعیین ریسک‌های اولویت‌دار این فرصت را برای سیاست‌گذاران سازمان‌های فعال در صنعت ساخت فراهم می‌آورد که در طراحی و تدوین برنامه مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌ها به‌صورت عالمانه اقدام نموده و راهبردهای پیشگیرانه مقتضی را پیش از بروز چنین ریسک‌هایی اتخاذ و واکاوی نمایند.

پژوهش حاضر باهدف شناسایی و تحلیل کمّی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار نگارش یافت. در این راستا وجوه سه‌گانه توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) با ابعاد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست تجمیع شده و چارچوب ریسک های ایمنی پروژه‌های ساخت پایدار متشکل ۴۵ ریسک با مطالعات کتابخانه‌ای و نظرسنجی از خبرگان در جلسه گروه کانونی احصاء شد. سپس روش کارآمد تصمیم‌گیری

چندمعیاره گروهی بهترین و بدترین با کاربست اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک‌ارزشی ضمن اعمال وزن به دیدگاه خبرگان، جهت تعیین مهم‌ترین و پرمخاطره‌ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار بکار گرفته شد. قابلیت‌های روش مذکور در اعمال عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های ذهنی خبرگان زمینه را برای حصول نتایج قابل‌اتکاتر فراهم می‌ساخت.

با توجه به نتایج حاصله ریسک «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به‌علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی» مهم‌ترین ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران انتخاب شد؛ به‌عبارت‌دیگر عدم‌کفایت برنامه‌های آموزشی تخصصی در حوزه ایمنی ریشه بسیاری از ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار در ایران بود. در این اثنا، نقش واحد منابع انسانی در بهسازی و پرورش نیروی انسانی ماهر و آگاه به اصول و موازین ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار بیش‌ازپیش احساس می‌شد. «جراحات و بیماری‌های شغلی» دومین ریسک مهم ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران تعیین شد. توجه مستمر مدیران و دست اندرکاران ایمنی پروژه به شرایط روحی و جسمی کارکنان پروژه لازمه پیشرفت مناسب عملیاتی پروژه است. نیروی انسانی به‌عنوان سرمایه اصلی سازمان‌های پروژه محور، در صورت ضعف و بیماری قادر به پیشبرد اهداف سازمان در تحقق اهداف زمانی، هزینه‌ای، کیفی و پایداری پروژه‌های ساخت‌وساز نخواهند بود. توجه به کیفیت زندگی کاری و شخصی نیروی انسانی، طراحی نظام انگیزشی کارآمد، تأمین بیمه درمانی کارکنان، چکاپ دوره‌ای کارکنان در کنار آموزش می‌توانند عواملی پیشگیرانه در مقابله با بروز آسیب‌ها و بیماری‌های شغلی کارکنان باشند. ریسک «خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه» سومین ریسک مهم ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران تعیین شد. اصولاً نیروی انسانی ماهر در بستر محیط کاری استاندارد (ازنظر لی اوت و اصول ارگونومی) می‌تواند فرآیندها و عملیات‌های کاری را به‌طور ایمن به سرانجام برساند. لذا طراحی و سازمان‌دهی استاندارد و مهندسی سایت پروژه و استفاده از علائم و ابزارها و اصول حاکم در رویکرد 5S می‌تواند این بستر را فراهم نماید. «ضعف و

ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای» چهارمین ریسک کلیدی در ایمنی و بهداشت حرفه‌ای پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران تعیین شد. نظر به آن‌که برنامه‌ریزی و راهبری برنامه‌های عملیاتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت بر عهده واحد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای و مدیریت منابع انسانی است، لذا ضعف و ناکارآمدی مدیران پرسنل این دپارتمان‌ها خروجی ایمنی مطلوبی را برای محیط کاری و نیروهای صف و ستاد پروژه به ارمغان نخواهد آورد. بهره‌گیری از مشاوران تخصصی خارجی در این حوزه جهت تربیت نیروی انسانی کارآمد برای واحد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای و منابع انسانی و پایش مستمر آن‌ها می‌تواند زمینه را برای کاربست استانداردهای ایمنی در سطح پروژه، بهداشت شغلی و ایجاد فضایی ایمن برای کارهای اجرایی در سایت پروژه فراهم سازد. ریسک «بی‌توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری» پنجمین جایگاه را به‌عنوان ریسک‌های ایمنی مهم در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران به خود اختصاص داد. این عبارت مصطلح که علاج واقعه قبل از وقوع باید کرد در درون‌مایه این ریسک نهفته است. اصولاً اتخاذ راهبردهای پیشگیرانه و فعالانه به‌جای اقدامات انفعالی، نقش بسزایی در کاهش هزینه‌های مشهود و نامشهود پروژه خواهد داشت. در زمینه ایمنی نیز برنامه‌ریزی جهت برگزاری مانورهای اضطراری ضمن شبیه‌سازی شرایط ناایمن لازمه خودآگاهی نیروی کار در شرایط بحرانی و التزام و پایبندی آن‌ها به استانداردهای شغلی و عملیاتی خواهد بود. ریسک‌های مذکور به ترتیب مربوط به ابعاد اجتماعی، بهداشتی، ایمنی، مدیریتی و ساختاری و اجتماعی بودند. نتایج حاصله بر این امر دلالت دارد که بروز ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار تنها ناشی از بی‌دقتی‌های فردی و وقوع حوادث غیرمترقبه نبوده و می‌تواند از زمینه‌های اجتماعی، مدیریتی و ساختاری و بهداشتی نیز نشأت گرفته‌شده باشد. لذا توجه تک بُعدی به ریسک های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار و غفلت از سایر وجوه و فقدان نگاه نظام‌مند و جامع‌نگر به این موضوع، مانع درک و تحلیل صحیح مدیران و تصمیم‌گیرندگان از منشأ اصلی بروز ریسک‌ها و کاربست اقدامات پیشگیرانه مقتضی در قبال آن‌ها خواهد شد. علی رغم تعیین ریسک‌های مطروحه به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای

پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران، با این حال رتبه‌بندی فوق دال بر بی اهمیتی سایر ریسک‌ها نبوده بلکه هریک از ریسک‌ها متناسب با امتیاز حاصله از درجه اهمیت نسبی خود برخوردار است.

به‌منظور تکمیل و توسعه پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آتی خود محورهای ذیل را در دستورکار قرار دهند:

- ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار و تحلیل شکاف میان وضعیت موجود و مطلوب.

- اتخاذ رویکرد نظام‌مند به مدیریت ریسک ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار و مطالعه رفتار پویای ریسک‌ها ضمن اتخاذ سناریوهای مختلف؛

- ازآنجاکه مطالعات اندکی تاکنون در حوزه پاسخ‌گویی به ریسک‌ها انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی برای ریسک‌های پرخطر، مجموعه‌ای از پاسخ ها و واکنش‌های مناسب را شناسایی نمود، سپس از طریق یک مدل ریاضی و با توجه به محدودیت‌های موجود، بهترین پاسخ را برای هر یک از ریسک‌های پرخطر، ارائه نمود.

- با توجه به این‌که ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت به‌صورت جزایر مستقل از یکدیگر عمل‌نکرده و تأثیرات علی و معلولی بر روی یکدیگر دارند، لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی در فرآیند ارزیابی ریسک‌ها، به مدل‌سازی و نگاشت روابط میان آن‌ها نیز پرداخته شود.

تعارض منافع

در پژوهش حاضر تعارض منافعی وجود ندارد.

ORCID

Amir Hossein Soltaninia **http://orcid.org/0009-0004-7942-7417**
Mahdi Ravanshadnia **http://orcid.org/0000-0002-4990-7127**
Milad Ghanbari **http://orcid.org/0000-0001-9550-5711**

منابع

۱. آسیوندزاده، احسان، جمالی زاده، زینب، صفری واریانی، علی، محبی، افشین و خوشنواز، حدیث (۱۳۹۹). بررسی تأثیر مداخلات آموزشی و فنی بر بهبود فرهنگ ایمنی و درک ریسک موقعیت‌های خطرناک کار در ارتفاع در میان کارگران پروژه‌های ساخت‌وساز. *نشریه سلامت و بهداشت*، ۱۱(۱)، ۱۲۲-۱۰۹. http://dx.doi.org/10.29252/j.health.11.1.109

۲. پرکره، محمدحسین، جلالیان، عسگر، و منوری، سیدمسعود. (۱۴۰۱). شناسایی و ارزیابی پارامترهای بهداشت، ایمنی و محیط زیستی مؤثر بر پروژه‌های ساخت‌وساز شهری با تأکید بر توسعه پایدار. *مهندسی بهداشت حرفه‌ای*، ۹(۲)، ۱۳۶-۱۴۲. http://johe.umsha.ac.ir/article-1-807-fa.html

۳. جعفرنیا، احسان، سلطان‌زاده، احمد و قیاسی، سمیرا (۱۳۹۶). مدل تلفیقی ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) بر اساس استاندارد راهنمای مدیریت پروژه PMBOK. *مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای*، ۴(۴)، ۵۸-۴۷. http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.4.47

۴. طاهرخانی، فرهاد، میرزا، ابراهیم، طهرانی، مهناز و ملماسی، سعید (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک‌های ایمنی بر اساس منطق فازی در پروژه‌های ساخت مترو. *مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای*، ۴(۳)، ۶۲-۴۹. http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.3.49

۵. گلزار راغب، سعید، موسوی، سید میثم، گیتی نورد، حسین و وحدانی، بهنام (۱۳۹۵). مدل تصمیم‌گیری گروهی سازشی فازی تردیدی با در نظر گرفتن وزن تصمیم‌گیران به‌منظور ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های تولیدی (صنعت کشتی‌سازی)، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، (۷)۴، ۱۰۳-۹۳. https://doi.org/10.22084/ier.2016.1571

۶. مهاجری برج قلعه، رضا، پوررستم، توحید، شریفلو، ناصر منصور، مجروحی سرد رود، جواد، و صفا، ابراهیم. (۱۴۰۱). بهبود فرآیند مدیریت ریسک پروژه در پروژه‌های ساخت با ارائه یک روش پیشنهادی بر اساس استاندارد PMBOK و مدل SHAMPU. *مهندسی سازه و ساخت*، ۹(۵)، ۱۹-۵. https://doi.org/10.22065/jsce.2021.263171.2317

۷. میرزایی متین، دانیال و پارسایی، محمود (۱۳۹۶). مدیریت ریسک و ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز، *سومین همایش ملی آتش‌نشانی و ایمنی شهری*، تهران. https://civilica.com/doc/743813

۸ هروی، غلامرضا، و کتابی، امیربهادر. (۱۴۰۰). تدوین مدل‌های ارزیابی سطح ایمنی پروژه‌های ساختمانی به روش‌های رگرسیون چندمتغیره خطی و شبکه‌ی بیزین. *مهندسی عمران امیرکبیر (امیرکبیر)*، ۵۳(۱۱)، ۴۶۵۷-۴۶۸۲. https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18439.6872

References

9. Adabre, M. A., Chan, A. P., Darko, A., Osei-Kyei, R., Abidoye, R., & Adjei-Kumi, T. (2020). Critical barriers to sustainability attainment in affordable housing: International construction professionals' perspective. *Journal of Cleaner Production*, *253*, 119995. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119995
10. Alipour-Bashary, M., Ravanshadnia, M., Abbasianjahromi, H., & Asnaashari, E. (2021). A Hybrid Fuzzy Risk Assessment Framework for Determining Building Demolition Safety Index. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *25*(4), 1144-1162. https://doi.org/10.1007/s12205-021-0812-4
11. Amrutha, V. N., and Geetha, S. N. (2020). A systematic review on green human resource management: Implications for social sustainability. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 247, 119131. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119131.
12. Belayutham, S., Gonzalez, V. A., & Yiu, T. W. (2016). A cleaner production-pollution prevention based framework for construction site induced water pollution. *Journal of Cleaner Production*, *135*, 1363-1378. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.003.
13. Chan, D. W., Chan, A. P., Lam, P. T., Yeung, J. F., & Chan, J. H. (2011). Risk ranking and analysis in target cost contracts: Empirical evidence from the construction industry. *International Journal of Project Management*, *29*(6), 751-763.https://doi.org/10.1016/j.ijproman.-2010.08.003.
14. Chen, C., & Reniers, G. (2020). Chemical industry in China: The current status, safety problems, and pathways for future sustainable development. *Safety science*, *128*, 104741. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104741.
15. Chen, Q. Y., Liu, H. C., Wang, J. H., & Shi, H. (2022). New model for occupational health and safety risk assessment based on Fermatean fuzzy linguistic sets and CoCoSo approach. *Applied Soft Computing*, *126*, 109262. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109262
16. Coskun, C., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2023). Sustainability risk assessment in mega construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*. https://doi.org/10.1108/BEPAM-10-2022-0153

17. Durdyev, S., Mohandes, S. R., Tokbolat, S., Sadeghi, H., & Zayed, T. (2022). Examining the OHS of green building construction projects: A hybrid fuzzy-based approach. *Journal of Cleaner Production*, *338*, 130590. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130590
18. El-Sayegh, S. M., Manjikian, S., Ibrahim, A., Abouelyousr, A., & Jabbour, R. (2021). Risk identification and assessment in sustainable construction projects in the UAE. *International Journal of Construction Management*, *21*(4), 327-336. https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1536963.
19. Fung, I. W., Tam, V. W., Lo, T. Y., & Lu, L. L. (2010). Developing a risk assessment model for construction safety. *International Journal of Project Management*, *28*(6), 593-600. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.09.006.
20. Gul, M. (2018). A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and ecological risk assessment: an international journal*, *24*(7), 1723-1760. https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1424531.
21. Gunduz, M., & Laitinen, H. (2018). Construction safety risk assessment with introduced control levels. *Journal of Civil Engineering and Management*, *24*(1), 11-18. http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2018.284.
22. Guo, J., Lin, Z., Zu, L., & Chen, J. (2019). Failure modes and effects analysis for CO2 transmission pipelines using a hesitant fuzzy VIKOR method. *Soft computing*, *23*(20), 10321-10338. https://doi.org/10.1007/s00500-018-3583-1.
23. Gupta, H. (2018). Assessing organizations performance on the basis of GHRM practices using BWM and Fuzzy TOPSIS. *Journal of environmental management*, Vol. 226, pp. 201-216. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.005.
24. Gürcanli, G. E., & Müngen, U. (2009). An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *39*(2), 371-387. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.10.006.
25. Hwang, B. G., Shan, M., & Phuah, S. L. (2018). Safety in green building construction projects in Singapore: Performance, critical issues, and improvement solutions. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *22*(2), 447-458. https://doi.org/10.1007/s12205-017-1961-3.
26. Jebelli, H., Ahn, C. R., & Stentz, T. L. (2016). Fall risk analysis of construction workers using inertial measurement units: Validating the usefulness of the postural stability metrics in construction. *Safety science*, *84*, 161-170. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.012.

27.Jeong, G., Kim, H., Lee, H. S., Park, M., & Hyun, H. (2022). Analysis of safety risk factors of modular construction to identify accident trends. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, *21*(3), 1040-1052. https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1877141.

28.Khan, M. W., Ali, Y., De Felice, F., & Petrillo, A. (2019). Occupational health and safety in construction industry in Pakistan using modified-SIRA method. *Safety science*, *118*, 109-118. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.001.

29.Li, J., Zuo, J., Cai, H., & Zillante, G. (2018). Construction waste reduction behavior of contractor employees: An extended theory of planned behavior model approach. *Journal of cleaner production*, *172*, 1399-1408. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.138.

30.Liu, R., Hou, L. X., Liu, H. C., & Lin, W. (2020). Occupational health and safety risk assessment using an integrated SWARA-MABAC model under bipolar fuzzy environment. *Computational and Applied Mathematics*, *39*(4), 1-17. https://doi.org/10.1007/s40314-020-01311-7.

31.Liu, R., Liu, H. C., Shi, H., & Gu, X. (2023). Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. *Safety science*, *160*, 106050. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106050

32.Luo, M., Wu, L., Zhou, K., & Zhang, H. (2019). Multi-criteria decision making method based on the single valued neutrosophic sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *37*(2), 2403-2417. http://dx.doi.org/10.3233/JIFS-182723.

33.Mohammadfam, I., Kamalinia, M., Momeni, M., Golmohammadi, R., Hamidi, Y., & Soltanian, A. (2017). Evaluation of the quality of occupational health and safety management systems based on key performance indicators in certified organizations. *Safety and health at work*, *8*(2), 156-161. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.09.001.

34.Mohandes, S. R., & Zhang, X. (2021). Developing a Holistic Occupational Health and Safety risk assessment model: An application to a case of sustainable construction project. *Journal of Cleaner Production*, *291*, 125934. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125934.

35.Murè, S., Comberti, L., & Demichela, M. (2017). How harsh work environments affect the occupational accident phenomenology? Risk assessment and decision making optimisation. *Safety science*, *95*, 159-170. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.01.004.

36.Nawaz, W., Linke, P., & Koç, . (2019). Safety and sustainability nexus: A review and appraisal. *Journal of Cleaner Production*, *216*, 74-87. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.167.

37. Pinto, A. (2014). QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Safety Science*, *63*, 57-76. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.019.
38. Raviv, G., Shapira, A., & Fishbain, B. (2017). AHP-based analysis of the risk potential of safety incidents: Case study of cranes in the construction industry. *Safety science*, *91*, 298-309. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.08.027.
39. Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, *64*, 126-130. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.001.
40. Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2014). Improving environmental and production performance in construction projects using value-stream mapping: Case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, *140*(2), 04013045. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793.
41. Rowlinson, S., & Jia, Y. A. (2015). Construction accident causality: an institutional analysis of heat illness incidents on site. *Safety science*, *78*, 179-189. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.021.
42. Saeed, B. B., Afsar, B., Hafeez, S., Khan, I., Tahir, M., and Afridi, M. A. (2019). Promoting employee's proenvironmental behavior through green human resource management practices. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 424-438. https://doi.org/10.1002/csr.1694.
43. Smarandache, F. (1998). Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic: analytic synthesis & synthetic analysis. https://books.google.com/books?id=LgEZAQAAIAAJ&printsec=front_cover
44. Sui, Y., Ding, R., & Wang, H. (2020). A novel approach for occupational health and safety and environment risk assessment for nuclear power plant construction project. *Journal of Cleaner Production*, *258*, 120945. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120945.
45. Tong, R., Cheng, M., Zhang, L., Liu, M., Yang, X., Li, X., & Yin, W. (2018). The construction dust-induced occupational health risk using Monte-Carlo simulation. *Journal of cleaner production*, *184*, 598-608. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.286.
46. Wang, J., Zou, P. X., & Li, P. P. (2016). Critical factors and paths influencing construction workers' safety risk tolerances. *Accident analysis & prevention*, *93*, 267-279. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.11.027.

47. Yan, H., Gao, C., Elzarka, H., Mostafa, K., & Tang, W. (2019). Risk assessment for construction of urban rail transit projects. *Safety science*, *118*, 583-594. http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.042.
48. Yucesan, M., & Gul, M. (2021). Failure prioritization and control using the neutrosophic best and worst method. *Granular Computing*, *6*(2), 435-449. https://doi.org/10.1007/s41066-019-00206-1.
49. Zhang, X., & Mohandes, S. R. (2020). Occupational Health and Safety in green building construction projects: A holistic Z-numbers-based risk management framework. *Journal of Cleaner Production*, *275*, 122788. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122788.
50. Zhou, Z., Irizarry, J., & Lu, Y. (2018). A multidimensional framework for unmanned aerial system applications in construction project management. *Journal of management in engineering*, *34*(3), 04018004. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000597.

References [In Persian]

1. Asivandzadeh, E., Jamalizadeh, Z., Safari Wariani, A., Mohebi, A., & Khoshnawaz, H. (2020). Investigating the effect of educational and technical interventions on improving the safety culture and understandin the risk of work's dangerous situations at height among construction project workers. *Journal of Health*, 11(1), 109-122. http://dx.doi.org/10.29252/j.health.11.1.109.
2. Jafarnia, E., Sultanzadeh, A., & Qiyazi, S. (2017). An integrated Health, Safety, and Environment (HSE) risk assessment model based on the PMBOK Project Management Guide standard. *Journal of Occupational Health Engineering*, 4(4), 47-58. http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.4.47.
3. Taherkhani, F., Mirza, E., Tehrani, M., & Melmasi, S. (2017). Assessing safety risks based on fuzzy logic in subway construction projects. *Journal of Occupational Health Engineering*, 4(3), 49-62. http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.3.49.
4. Golzar Ragheb, S., Mousavi, S. M., Giti Navard, H., & Vahdani, B. (2016). Fuzzy compromise group decision-making model considering the weight of decision-makers to assess safety risks in manufacturing projects (shipbuilding industry), *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 4(7): 93-103. https://doi.org/10.22084/ier.2016.1571.
5. Mirzaei Mateen, D. & Parsaei, M. (2017). Risk and safety management in construction projects, *the third national conference on firefighting and urban safety*, Tehran. https://civilica.com/doc/743813.
6. Porkareh, M. H., Jalalian, A., & Manouri, S. M. (2022). Identification and evaluation of health, safety, and environmental parameters

affecting urban construction projects with emphasis on sustainable development. *Occupational Health Engineering*, 9(2), 136-142. http://johe.umsha.ac.ir/article-1-807-fa.html.

7. Mohajeri Borj Qala, R., Pour rostam, T., Sharifloo, N. M., Majrohi Sard roud, J., & Safa, E. (2022). Improving the project risk management process in construction projects using a suggested method based on the PMBOK standard and the SHAMPU model. *Structural Engineering and Construction*, 9(5), 5-19. https://doi.org/ 10.22065/jsce.2021.263171.2317.
8. Heravi, G. & Ketabi, A. B. (2021). Development of safety level assessment models of construction projects using linear multivariate regression and Bayesian network methods. *Amirkabir Civil Engineering*, 53(11), 4657-4682. https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18439.6872.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: سلطانی‌نیا، امیرحسین.، روانشادنیا مهدی. قنبری، میلاد. (۱۴۰۲). شناسایی و تحلیل کمّی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار در محیط نوتروسوفیک، *مطالعات مدیریت صنعتی*، *۲۲(۷۲)*، ۲۷۱-۳۱۲. DOI: 10.22054/jims.2024.76648.2887

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.