

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 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 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 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 are respectively as the most critical OHS risks in Iran's sustainable construction projects. Finally, reactive and preventive responses were proposed to face them in detail.

* Corresponding Author: ah.soltaninia@gmail.com

How to Cite: Soltaninia, A. H., Ravanshadnia, M., & Ghanbari, Milad (2024). Identification and quantitative analysis of occupational health and safety risks in sustainable construction projects under Neutrosophic space, *Journal of Industrial Management Studies*.

Introduction

The construction industry is one of the most dangerous industries, all over the world. Iran is not an exception to this rule. According to the report published by Iran's Official institutions, 30-35% of work-related accidents occur in the construction sector. In addition, the analysis of construction accidents indicates that 22% of accidents occur in the stages of preparation and demolition and 61% of accidents occur in the construction phase (Alipour-Bashary et al., 2021). Research has shown that sustainable construction projects pose a greater risk to health and safety than conventional construction processes. The health and safety of workers is an essential aspect of social sustainability. However, the importance of health and safety risk assessment in sustainable construction projects is still in its infancy (Onubi et al., 2019). Considering the complexity and difficulties in the OHS risk assessment environment, it is necessary to develop a suitable mechanism for identifying and measuring safety risks in sustainable construction projects, so that the best answers can be found for risks that have a high probability of occurrence and severe destruction. 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 review

Reviewing previous research showed that although risk management in construction projects is not a new context, the age of this context with the focus on the safety of construction projects goes back to the last few years. Besides, considering the tendency of leading international companies in the construction industry to sustainable development and its spread in the project management knowledge areas, focusing on the topic of safety risk management in construction projects from the perspective of sustainable development is new and unique.

Most of the previous research on the safety risks of construction projects has organized these risks in HSE dimensions (health, safety, and environment) and they have neglected other dimensions of safety risks. In the current research, the combination of three aspects of sustainable development (economic, social, and environmental) and the proposed dimensions of HSE will provide a more comprehensive framework for organizing the safety risks of construction projects. The significant research gap in this field mostly belongs to the evaluation and quantitative analysis of identified risks. To fill this gap, the current research used the Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria (NGBWM) method while applying weight to the expert's perspectives.

Methodology

The current research was applied in terms of purpose and descriptive survey regarding nature and strategy. The required data was collected from 13 project managers and executive officials in Iran's sustainable construction projects, who were sampled by snowballing method, using a semi-structured interview protocol and two researcher-made questionnaires. To achieve the research objectives, the proposed methodological framework was presented in five main phases.

In this research, the OHS risks in sustainable construction projects were evaluated and analyzed under neutrosophic space and the form of group decision-making. In this regard, after identifying the final risks, the NGBWM method was implemented in GAMS to measure the importance and determine the high-ranked risks. The group decision-making approach prevented the bias of the results and increased the accuracy of decision-making by obeying collective wisdom. The implementation of the mentioned method in the neutrosophic space reduced the uncertainty of their subjective judgments and increased the accuracy of decision-making by using three or four-point estimates and considering the possibility functions for experts' opinions.

Results

According to the results, 45 OHS risks were identified for Iran's sustainable construction industry. The application of the NGBWM method showed that the 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 with weights of 0.052, 0.036, 0.035, 0.032, and 0.028 had the most important and the highest ranks.

Discussion

The inadequacy of specialized training programs in the field of safety was the root of many OHS risks in Iran's sustainable construction projects. The role of the human resources unit in the improvement and cultivation of workforces skilled and knowledgeable in the principles and standards of safety in sustainable construction projects was felt more than ever. Paying attention to the quality of work and personal life of human resources, designing an efficient incentive system, providing health insurance for employees, and periodic check-ups for employees, along with training, can be preventive factors in dealing with the occurrence of injuries and occupational diseases.

Conclusion

The occurrence of safety risks in sustainable construction projects is not only caused by individual carelessness and the occurrence of unexpected accidents but also originates from social, managerial and structural, and health areas. Therefore, the one-dimensional attention to OHS risks in sustainable construction projects and the lack of a systematic and comprehensive view of this issue hindered managers and decision-makers from correctly understanding and analyzing the main source of risks and applying appropriate preventive measures.

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

آماده انتشار

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

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

امیرحسین سلطانی‌نیا ^{ID}*

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

مهدی روانشادنیا ^{ID}

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

میلااد قنبری ^{ID}

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 به سوی توسعه پایدار ایفا می‌کند. با نگاهی بر آمارهای رسمی در پروژه‌های ساخت، اهمیت توجه به مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای از منظر پایداری بیش از پیش نمایان می‌شود. پژوهش حاضر در قالب مطالعه کاربردی-پیمایشی و با هدف شناسایی و تحلیل کمی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران انجام گرفت. با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و نظر سنجی 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 عدم قطعیت‌های موجود در دیدگاه‌های خبرگان، زمینه را برای حصول نتایج دقیق و قابل اتکاتر فراهم می‌ساخت. یافته‌ها نشان داد که فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت 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 حرفه‌ای و بی‌توجهی و عدم برنامه‌ریزی برای مانورهای اضطراری به ترتیب با اوزان ۰/۰۵۲، ۰/۰۳۶، ۰/۰۳۵، ۰/۰۳۲، ۰/۰۲۸، کلیدی‌ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت پایدار ایران بودند که در انتها اقدامات واکنشی و پیشگیرانه مقضی برای مواجهه با آن‌ها ارایه شد.

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

نویسنده مسئول: ah.soltaninia@gmail.com

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، به عنوان 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 مورد بررسی 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 به شدت به کاهش حوادث مربوط به سلامت 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 نه تنها کیفیت زندگی او را بدتر خواهد کرد بلکه شرایط زندگی اعضای خانواده او نیز بدتر خواهد شد. بدین ترتیب، وجه اجتماعی توسعه پایدار لطمه خواهد دید.

صنعت ساخت به دلیل تعداد قابل توجه 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. به علاوه، تجزیه و تحلیل حوادث ساختمانی حاکی از آن است که ۲۲ درصد از حوادث در مراحل آماده سازی 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 افزایش یافته است، اما ادبیات تحقیق و گزارش‌های مطالعاتی مختلف نشان داده اند که پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار نسبت به فرآیندهای ساخت‌وساز مرسوم، ریسک بیشتری برای سلامت و ایمنی کارگران به همراه دارند. شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک ایمنی بخش

مهمی از مدیریت ریسک پروژه است که زمینه برنامه ریزی و کنترل مناسب پاسخ به ریسک را فراهم می‌سازد (El-Sayegh et al., 2021). ارزیابی ریسک به عنوان 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 پاسخ‌ها را برای ریسک‌هایی که احتمال وقوع بالا و شدت تخریب سنگینی دارند، در نظر گرفت. پژوهش حاضر در صدد پاسخ گویی 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 کدامند؟». 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 آشکار شده و سهم دانش‌افزایی این مقاله تشریح می‌شود. بخش سوم به ارائه مواد و روش پژوهش می‌پردازد. در بخش چهارم، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و یافته‌های پژوهش ارائه می‌شوند. بخش پایانی مقاله به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

پیشینه تحقیق

تا کنون، 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 اختصاص یافته به مرور جامع ادبیات تحقیق در حوزه ارزیابی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی بسیار ناچیز است. از این رو به مرور جامع و نظام‌مند پژوهش‌های این حوزه مطالعاتی و جمع‌بندی مدل‌ها و رویکردهای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های شغلی ارائه شده در آن‌ها پرداختند. برای این منظور، ۸۸ مقاله انتشار یافته در پایگاه داده وب آو ساینس طی بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۲ را شناسایی و مورد بررسی قرار دادند. ضمن بررسی‌های بعمل آمده، این مقالات را در هفت دسته سازماندهی کرده و آن‌ها را بر حسب معیارهای ریسک، روش‌های وزن‌دهی معیارهای ریسک و رویکردهای ارزیابی ریسک، تحلیل کردند. در ادامه، یک تحلیل کتاب

سنجی را بر مبنای فراوانی روش‌های ارزیابی ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی، تعداد اسنادها، سال‌های انتشار، مجلات، کشورهای مبدأ و حوزه‌های کاربردی، پیاده‌سازی نمودند. این تحقیق امکان استفاده موثر از مدل‌های ارزیابی ریسک‌های 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 زیست‌محیطی، 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 تجزیه و تحلیل 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. به علاوه، بصری سازی ارتباطات درونی تهدیدها، آسیب پذیری‌ها 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 به طور مشخص به بررسی این مسائل در کشورهای در حال توسعه نبرداخته 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 به وضوح 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 بیش از حد 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 در حال توسعه ارایه نمود و یافته‌ها نشان داد که بازیگران اصلی ساخت‌وساز سبز در کشور قزاقستان باید با سرمایه‌گذاری هدفمند و توجه ویژه به ریسک‌های پرمخاطره، زمینه‌ساز پایداری پروژه‌های ساخت را فراهم ساخته و رفاه کارگران درگیر در پروژه را بهبود بخشند. Chen و همکاران (۲۰۲۲) مدل جدیدی جهت ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های شغلی با استفاده از مجموعه‌های زبانی فازی فرمتین^۱ (FFLSs) و رویکرد راه حل سازشی ترکیبی^۲ (CoCoSo) پیشنهاد دادند. آن‌ها از مجموعه‌های زبانی فازی فرمتین برای مواجهه با ارزیابی‌های پیچیده و مبهم ریسک از سوی خبرگان و از رویکرد راه حل سازشی ترکیبی برای تعیین اولویت ریسک‌ها و تعیین ریسک‌های چالش‌آفرین بهره بردند. در نهایت یک مدل وزن دهی بسط یافته بلوکی را برای تعیین اوزان معیارهای ریسک معرفی کرده و اثربخشی مدل پیشنهادی را با ارایه یک مثال ارزیابی ریسک شغلی، آزمون شبیه سازی و تحلیل مقایسه ای جامع نشان دادند. مزیت اصلی مدل پیشنهادی، انعطاف پذیری بالاتر آن در مدیریت اطلاعات ارزیابی فازی و پیچیده خبرگان در رتبه بندی قابل اتکاتر ریسک‌های شغلی بود. Jeong (۲۰۲۲) حوادثی را که در صنعت ساخت ایالات متحده در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ حادث شده است را مورد بررسی 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 طرح‌های مدیریتی بر مبنای خروجی تحلیل‌ها ارایه کرد.

پرکره و همکاران (۱۴۰۱) الگویی را برای حفاظت از بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در پروژه‌های ساخت و ساز شهری طراحی کردند. در این راستا، نخست فهرستی از شاخص‌های توسعه شهری پایدار را تهیه کردند. سپس عوامل موثر بر مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست 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. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که توجه به هر یک از شاخص‌های ۲۷-گانه در مدیریت بهداشت،

1. Fermatean fuzzy linguistic sets
2. Combined Compromise Solution

ایمنی و محیط زیست شهری می‌تواند گامی موثر در راستای حفاظت هر چه بیشتر شهر در ساخت و سازها و توسعه پایدار شهری باشد. مهاجری برج قلعه و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با هدف بهبود فرآیند مدیریت ریسک پروژه با تاکید بر پروژه‌های ساخت، ضمن مطالعات عمیق کتابخانه‌ای جهت بررسی و مقایسه زیرفرآیندهای ریسک در مدل‌های ارایه شده 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 ارایه شده در استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه^۱ (PMBOK) و مدل فرم‌دهی، مهار و مدیریت عدم قطعیت پروژه^۲ (SHAMPU) بود. در روش پیشنهادی، زیرفرآیندهایی مانند تعریف پروژه، تصمیم‌گیری بر اساس سود/هزینه و مدیریت پیاده‌سازی که در مدل‌های پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته شده بودند، پوشش داده شد. اضافه شدن این زیرفرآیندها می‌توانست ریسک‌ها را با جزئیات 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) در صدد بودند تا با ارزیابی سطح عوامل تاثیرگذار بر ایمنی پروژه بتوانند سطح ایمنی پروژه‌های آبی را بر پایه سوابق و اطلاعات پروژه‌های پیشین، پیش‌بینی نمایند. آن‌ها بر این باور بودند که با درک صحیح از میزان تاثیرگذاری 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 نه‌عامل تاثیرگذار بر ایمنی را با مطالعات کتابخانه‌ای 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، مورد بررسی قرار دادند. در مدل پیشنهادی این پژوهش، میزان تأثیر هر یک از گروه‌های موثر 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، موثرترین عوامل بر سطح ایمنی پروژه‌های بلندمرتبه‌سازی هستند. آسیوندزاده و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی مداخله‌ای بر روی ۳۹۴ کارگر از مشاغل مختلف به تعیین تاثیر مداخلات آموزشی و فنی بر فراهم آوردن محیط کاری با فرهنگ ایمنی سالم و درک

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

کارگران از ریسک موقعیت‌های خطرناک کار در ارتفاع پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها ضمن کاربست آزمون‌های تعدیل بونفرونی و آزمون رگرسیون لجستیک باینری مبین تاثیر چشمگیر آموزش ایمنی بر تمام مولفه‌های فرهنگ ایمنی و توانمندسازی کارگران در رابطه با درک ریسک موقعیت‌های خطرناک کار در ارتفاع بود.

با مروری بر پژوهش‌های مرتبط پیشین ملاحظه شد که گرچه موضوع مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت به تنهایی 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 از نظر زمینه پژوهش^۱ جدید و منحصر به فرد است. پژوهش‌های پیشین در شناسایی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساخت اغلب این ریسک‌ها را در ابعاد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست^۲ 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 قابل توجه پژوهشی در این حوزه بیشتر به بخش ارزیابی و تحلیل کمی ریسک‌های شناسایی شده تعلق دارد. در پژوهش حاضر استفاده از روش کارآمد تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی بهترین و بدترین^۳ با اعداد نوتروسوفیک مثلثی تک ارزشی^۴ ضمن اعمال وزن به دیدگاه خبرگان، برای پر کردن این خلأ پژوهشی به نوبه خود منحصر به فرد است.

روش

پژوهش حاضر از نظر هدف از نوع کاربردی و از نظر 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. به علاوه،

1. Research Theme

2. Health, Safety, and Environment (HSE)

3. Group Best-Worst Multi-criteria method (GBWM)

4. Single-Valued Triangular Neutrosophic Numbers (SVTNN)

۱۳ نفر از خبرگان صنعت ساخت پایدار به روش غیر تصادفی گلوله برفی^۱ انتخاب شده و کمیته خبرگان را تشکیل دادند. از آنجا که قضاوت خبرگان از درجه اهمیت یکسانی برخوردار نیست لذا به منظور حصول نتایج دقیق تر در ارزیابی، لازم است به نظر خبرگان وزن داده شود. برای محاسبه اوزان نظر خبرگان از رابطه زیر بهره استفاده شده است:

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

با توجه به این رابطه، با فرض وجود f خبره در کمیته، WE_k بیانگر وزن نظر خبره k است و SE_k نشان دهنده 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 می شود. در این رابطه، $0 < WE_k \leq 1 \quad \forall k \in \{0, 1, \dots, f\}$ و $\sum_{k=1}^f WE_k = 1$

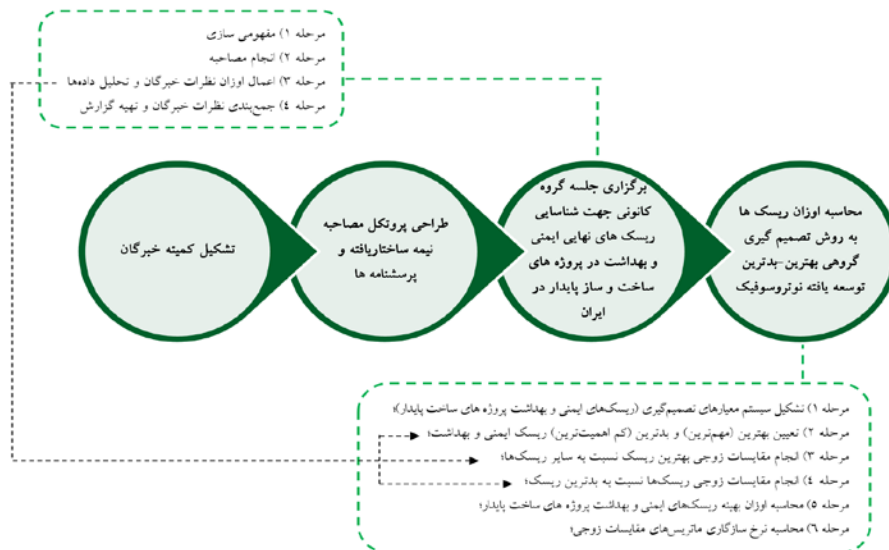
جدول ۱. مقیاس وزن دهی به نظرات خبرگان

بُعد	دسته‌ها	نمره	بُعد	دسته‌ها	نمره	بُعد	دسته‌ها	نمره
عنوان شغلی / سمت سازمانی	مدیرعامل و اعضاء هیئت مدیره	۵	بُعد ۱	بیش از ۳۰ سال	۵	بُعد ۲	دکتری	۵
	مدیر پروژه	۴		۲۰ تا ۲۹ سال	۴		کارشناسی ارشد	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^۲ استفاده شد. با ارائه پروتکل مصاحبه نیمه ساختاریافته و پرسشنامه‌ها به تعدادی از اساتید و صاحب نظران دانشگاهی در حوزه مورد بحث و نیز اعضای کمیته خبرگان، اجزاء تشکیل دهنده، گویه‌ها و ساختار پرسشنامه‌ها مورد تأیید واقع شد و اجماع نظر بر روی روایی محتوای صوری آن شکل گرفت. به منظور سنجش پایایی پرسشنامه از روش نرخ سازگاری^۳ (CR) بهره گرفته شد که نتایج حاصل از حل مدل برنامه ریزی خطی مبین تأیید پایایی پرسشنامه بود.

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

1. Snowball Sampling
2. Face Validity
3. Consistency Ratio



شکل ۱. چارچوب متدولوژیک 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. بدین صورت که پس از شناسایی ریسک‌های نهایی، برای اهمیت سنجی و تعیین ریسک‌های پرمخاطره از روش کارآمد تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین گروهی نوتروسوفیک^۱ 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 چهار نقطه‌ای و در نظر گرفتن توابع امکان برای نظرات خبرگان از عدم قطعیت قضاوت‌های ذهنی آن‌ها کاسته و دقت تصمیم‌گیری افزایش یابد. برای پیاده‌سازی روش مذکور از نرم افزار گمز استفاده شد.

مجموعه‌های نوتروسوفیک به عنوان جامع‌ترین نوع منطق غیر کلاسیک 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 عضویت^۲ (T)، نامعینی عضویت^۳ (I) و نادرستی عضویت^۴ (F) مشخص می‌شود که مستقل

1. Neutrosophic Group Best-Worst Multi-criteria method (NGBWM)
2. Truth Membership
3. Indeterminacy Membership
4. Falsehood Membership

از یکدیگر بودن و مجموع آن‌ها به صورت $0 \leq T + I + F \leq 3$ است. مجموعه‌های نوتروسوفیک تک ارزشی به عنوان دسته فرعی از مجموعه‌های نوتروسوفیک محسوب می‌شوند که برای حل بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری در دنیای واقعی، به ویژه 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 پایدار استفاده می‌شود.

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 عضویت درستی، نامعینی و نادرستی هستند. این سه تابع عضویت به صورت ذیل معرفی می‌شوند:

- تابع عضویت درستی $T_{\tilde{n}}(x)$

$$= \begin{cases} \alpha_{\tilde{n}} \left(\frac{x-n_1}{n_2-n_1} \right) & (n_1 \leq x \leq n_2) \\ \alpha_{\tilde{n}} & (x = n_2) \\ \alpha_{\tilde{n}} \left(\frac{n_3-x}{n_3-n_2} \right) & (n_2 \leq x \leq n_3) \end{cases} \quad (2)$$

در غیر این صورت

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

$$= \begin{cases} \frac{(n_2-x+\beta_{\tilde{n}}(x-n_1))}{(n_2-n_1)} & (n_1 \leq x \leq n_2) \\ \beta_{\tilde{n}} & (x = n_2) \\ \frac{(x-n_2+\beta_{\tilde{n}}(n_3-x))}{(n_3-n_2)} & (n_2 \leq x \leq n_3) \end{cases} \quad (3)$$

در غیر این صورت

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

$$= \begin{cases} \frac{(n_2-x+\theta_{\tilde{n}}(x-n_1))}{(n_2-n_1)} & (n_1 \leq x \leq n_2) \\ \theta_{\tilde{n}} & (x = n_2) \\ \frac{(x-n_2+\theta_{\tilde{n}}(n_3-x))}{(n_3-n_2)} & (n_2 \leq x \leq n_3) \end{cases} \quad (4)$$

در غیر این صورت

در توابع عضویت مطروحه، مقادیر $\alpha_{\bar{n}}$ ، $\beta_{\bar{n}}$ و $\theta_{\bar{n}}$ 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^۱ برای محاسبه اوزن معیارهای مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش با محاسبه نرخ سازگاری، اعتبار مقایسات سنجیده می‌شود. از جمله 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 در نتیجه کسب پاسخ‌های قابل اطمینان‌تر 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، توسعه یافته است. روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک، ویژگی‌های برجسته روش قطعی به ارث برده و علاوه بر آن، می‌تواند اوزان ریسک‌ها را با اعداد نوتروسوفیک حاصل نماید. روش بهترین-بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک پیشنهادی از ۶ مرحله به شرح ذیل تشکیل شده است:

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

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

$$N = \{R_1, R_2, \dots, R_n\} \quad (5)$$

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 گردآوری شده 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 به صورت ذیل حاصل می‌گردد:

$$\tilde{A} = \begin{matrix} & R_1 & R_2 & \dots & R_n \\ R_1 & \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ R_2 & \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_n & \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{matrix} \quad (6)$$

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

مرحله ۲) تعیین بهترین (مهم ترین) و بدترین (کم اهمیت ترین) ریسک ایمنی و بهداشت بر اساس سیستم معیار تصمیم گیری ایجاد شده، بهترین (مهم ترین) و بدترین (کم اهمیت ترین) ریسک باید توسط تصمیم گیران (خبرگان) شناسایی شوند. مهم ترین ریسک با C_B و کم اهمیت ترین ریسک با C_W نشان داده می شوند.

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

با توجه به مقیاس پیشنهادی Yucesan و Gul (۲۰۲۱)، تصمیم گیرندگان نظرات خود در خصوص میزان ارجحیت بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک ها تعیین می کنند. بردار حاصله به صورت $\tilde{A}_B^k = \{\tilde{a}_{B1}^k, \tilde{a}_{B2}^k, \dots, \tilde{a}_{Bn}^k\}$ نشان داده می شود که در آن \tilde{a}_{Bj}^k ارجحیت بهترین ریسک B نسبت به ریسک j از سوی خبره k را نشان می دهد. واضح است که $\tilde{a}_{BB} = \{(1, 1, 1); 0.5, 0.5, 0.5\}$

پس از جمع آوری دیدگاه خبرگان و اعمال وزن نظرات آنها، بردار مقایسات زوجی تجمیعی بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک ها بر اساس میانگین حسابی موزون نظرات خبرگان با استفاده از روابط زیر حاصل می شود.

$$\tilde{A}_B = \{\tilde{a}_{B1}, \tilde{a}_{B2}, \dots, \tilde{a}_{Bn}\} \quad (7)$$

$$\tilde{a}_{Bj} = \frac{\sum_{k=1}^f WE_k * \tilde{a}_{Bj}^k}{\sum_{k=1}^f WE_k} = \langle (n_1, n_2, n_3); \alpha_{\tilde{n}}, \beta_{\tilde{n}}, \theta_{\tilde{n}} \rangle \quad (8)$$

حال با استفاده از رابطه ۹، بردار مقایسات زوجی بهترین ریسک نسبت به سایر ریسک ها (یعنی \tilde{a}_{Bj}) به صورت ذیل قطعی سازی می شوند.

$$S(\tilde{a}_{Bj}) = \frac{1}{8} [n_1 + n_2 + n_3] \times (2 + \alpha_{\tilde{n}} - \beta_{\tilde{n}} - \theta_{\tilde{n}}) = a_{Bj} \quad (9)$$

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 $\frac{W_j}{W_W} = a_{jW}$ را برای همه ریسک‌هایی که کمینه شده تشکیل می‌شوند. سپس برای برآورده کردن این شرایط برای همه ریسک‌ها، باید راه حلی 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 در نتیجه مجموع اوزان، می‌توان فرم خطی مدل ریاضی محاسبه اوزان بهینه را به صورت رابطه ۱۰ فرموله کرد:

$$\min \xi \quad (10)$$

S.t.

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

$$|W_j - a_{jW}W_W| \leq \xi * W_W \quad \text{به ازای تمامی } j\text{ها}$$

$$\sum_j W_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \quad \text{به ازای تمامی } j\text{ها}$$

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. از آنجا که $a_{Bj} \times a_{jW} = a_{BW}$ 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)

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

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}} \quad (11)$$

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 جمعیت‌شناسی آن‌ها، وزن نظرات خبرگان با استفاده از رابطه (۱) به صورت جدول ۳ تعیین گردید.

جدول ۳. وزن نظرات اعضاء کمیته خبرگان

نامگر خبره	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
وزن نظرات	۰/۹۵۷	۰/۷۷۳	۰/۷۷۳	۰/۳۴۸	۰/۹۵۷	۰/۸۷۰	۰/۹۵۷	۰/۶۰۹	۰/۶۹۶	۰/۶۰۹	۰/۹۵۷	۰/۸۷۰	۰/۶۰۹

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، به منظور 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 هر یک از ریسک‌ها ضمن اعمال اوزان نظر هر یک از خبرگان محاسبه شده و نتیجه نظرسنجی به صورت 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)	۰/۸۳۰	(جعفرنیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ میرزایی متین و پارسایی، ۱۳۹۶؛ طاهرخانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ گلزار راغب و همکاران، ۱۳۹۵)
	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 ماشین‌آلات 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	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 et al., 2011; Murè et al., 2017; Rowlinson & Jia, 2015; Mohandes & Zhang, 2021; Jeong et al., 2022; Gürçanlı 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)	۰/۵۸۳	فقدان تجهیزات فردی استاندارد به علت عدم تخصیص بودجه (R41)	زیست محیطی	
	۰/۶۰۹	عدم جذب سرپرست، کارشناس و افسر HSE به تناسب فازهای پروژه به علت ناکافی بودن بودجه (R51)		
	۰/۴۷۸	ضعف در اجرای سیستم ارتینگ به علت عدم تخصیص بودجه		
	۰/۸۴۳	حوادث طبیعی غیرمتوجه (سیل، زلزله، رعد و برق و غیره) (R12)		
	۰/۵۳۰	وضعیت آب و هوایی غیرقابل پیش بینی (R22)		
	۰/۵۶۵	وضعیت نامطلوب خاک و زمین شناسی (R32)		
	۰/۸۰۰	تأثیرات نامطلوب زیست محیطی بر سایر سازه ها و ساختمان های پیرامون (R42)		
	۰/۷۳۹	انتشار آلاینده های زیست محیطی (R52)		
	۰/۴۷۸	مصرف بی رویه انرژی و آب		
	۰/۹۰۴	فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی (R13)		ایمنی
	۰/۶۰۰	بی توجهی و عدم اجرای مبحث بیستم مقررات ملی ساختمان مبنی بر ایمن سازی حریم کارگاه (R23)		
	۰/۷۹۱	بی توجهی و عدم اجرای طرح های فرهنگ سازی ایمنی (R33)		
	۰/۲۶۱	بی اهمیتی به دریافت بیمه نامه های مسئولیت مدنی، اشخاص ثالث و ماشین آلات		
	۰/۴۸۷	ماشین آلات و تجهیزات عملیاتی غیر استاندارد		
	۰/۴۷۸	مخاطرات ناشی از فقدان تجهیزات حفاظت فردی باکیفیت و استاندارد		
۰/۸۵۲	بی توجهی و عدم برنامه ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)			
۰/۶۷۸	بی توجهی به تشکیل تیم واکنش سریع در پروژه (R53)			
۰/۴۸۷	فقدان تجهیزات امدادی			
۰/۵۹۱	نیروی کار با دانش، تجربه و مهارت ناکافی (R63)			
۰/۴۷۸	ایجاد آسیب در ساختمان ها و اماکن پیرامون به علت حفاظت نادرست از آنها			
۰/۴۱۷	ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی در نتیجه جابجایی بارهای سنگین	بهداشت		
۰/۳۲۲	سوختگی			
۰/۶۹۶	ایجاد آشفتنگی و اختلالات ذهنی ناشی از قرار گرفتن در معرض صدا و ارتعاشات (R14)			
۰/۴۱۷	آماس پوستی به دلیل قرار گرفتن در معرض روغن های روان کننده در طول کار تعمیر و نگهداری			

۰/۶۵۲	آسیب‌های فشاری مکرر به قسمت‌های مختلف بدن به دلیل حرکات نادرست ممتد و مستمر (R24)	بیماری
۰/۷۰۴	خستگی مفرط ناشی از کار طولانی یا کار در شب (R34)	
۰/۷۸۳	گرم‌زدگی به دلیل کار در هوای بسیار گرم (R44)	
۰/۵۹۱	افزایش فشار خون به دلیل کار مستمر در هوای گرم (R54)	
۰/۶۸۷	جراحات و بیماری‌های شغلی (R64)	
۰/۶۰۹	مرگ و میر ناشی از مخاطرات شغلی (R74)	
۰/۴۵۲	خفگی به واسطه استنشاق گازهای سمی	
۰/۶۸۷	سقوط از ارتفاع (R15)	
۰/۴۴۳	حوادث ناشی از حمل و نقل و جابجایی‌ها	
۰/۴۶۱	قرار گرفتن بین دستگاه	
۰/۶۲۶	انفجار و آتش‌سوزی (R25)	
۰/۶۰۰	خطر برق‌گرفتگی و شوک الکتریکی (R35)	
۰/۶۰۰	سقوط اشیاء از ارتفاع (R45)	
۰/۶۰۰	خطرات جوشکاری و برشکاری (R55)	
۰/۶۸۷	ریزش آوار (R65)	
۰/۶۸۷	خطرات حفاری و گودبرداری (R75)	
۰/۶۰۰	خطرات نصب سازه‌ها (R85)	
۰/۷۲۲	تصادف ماشین‌آلات با نیروی انسانی (R95)	
۰/۵۹۱	نشست آب‌های سطحی و زیرزمینی (R105)	
۰/۶۰۹	بی‌توجهی و عدم تخصیص زمان به ایمن‌سازی تمامی جایگاه‌های کاری پیش از آغاز به عملیات ساخت‌وساز (R115)	
۰/۴۷۸	مخاطرات ناشی از عدم تعیین زمان صحیح برای اجرای سیستم ارتینگ و بکارگیری آن در فاز اجرا	
۰/۴۶۱	مخاطرات ناشی از عدم خروج و دفع ضایعات و نخاله‌های پروژه	
۰/۶۷۰	خطرات ناشی از استفاده نادرست از ابزار و تجهیزات (R125)	
۰/۶۲۶	لغزش و سر خوردن (R135)	
۰/۷۷۴	خطرات ناشی از کار با تجهیزات لغزنده و نوک تیز (R145)	
۰/۴۸۷	مخاطرات ناشی از ابزار و تجهیزات نایمن	
۰/۶۰۹	خطرات ناشی از طراحی و آرایش نامناسب سایت پروژه (R155)	
۰/۸۰۹	فضای کار فشرده و ناکافی (R165)	
۰/۳۶۵	فضای کار بی ثبات	
۰/۶۶۱	آلودگی صوتی بیش از حد (R175)	
۰/۴۱۷	مخاطرات ناشی از شیوه‌های نادرست انجام وظایف و عملیات‌ها	

	۰/۴۸۷	مخاطرات ناشی از ساختار سازمانی نامتناسب با ایمنی و بهداشت حرفه‌ای
	۰/۶۹۶	ابهام و عدم شفافیت فرآیندهای مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R16)
	۰/۴۵۲	فقدان مستندات موردنیاز ایمنی و بهداشت حرفه‌ای
	۰/۶۰۰	ضعف و ناکارآمدی پرسنل مدیریتی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (R26)
	۰/۴۶۱	آمادگی ناکافی برای شرایط اضطراری و عدم مسئولیت‌پذیری و پاسخ‌گویی
	۰/۶۰۰	مدیریت ضعیف و عدم نظارت کافی (R36)
	۰/۴۸۷	برنامه ریزی ضعیف و اقدامات پیشگیرانه ناکافی
خبرگان	وجود فرهنگ کاری متضاد با ایمنی در استراتژی‌های سازمانی (R46)	
	خطرات ناشی از بی‌توجهی به مقوله ایمنی در فاز طراحی اولیه و تفصیلی پروژه (R56)	

مدیریتی و ساختاری

با توجه به نتایج حاصله و در نظر گرفتن 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 به علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی» و «وضعیت آب و هوایی غیرقابل پیش‌بینی» به ترتیب با سطح پذیرش موزون تجمعی ۰/۹۰۴ و ۰/۵۳ به عنوان 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 هم‌اندیشی 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.

از آنجا که ریسک‌های شناسایی شده از نظر تأثیرات مخرب بر اهداف پروژه‌های ساخت پایدار در ایران و نیز اولویت رسیدگی به آن‌ها، از درجه ارجحیت یکسان برخوردار نیستند، لذا به منظور آگاهی از ریسک‌های پرمخاطره‌تر، به ارزیابی و اولویت‌بندی آن‌ها به روش بهترین-بدترین توسعه یافته 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 به صورت جدول ۵ به دست آمد.

جدول ۵. ماتریس مقایسات زوجی نوتروسوفیک موزون تجمیعی

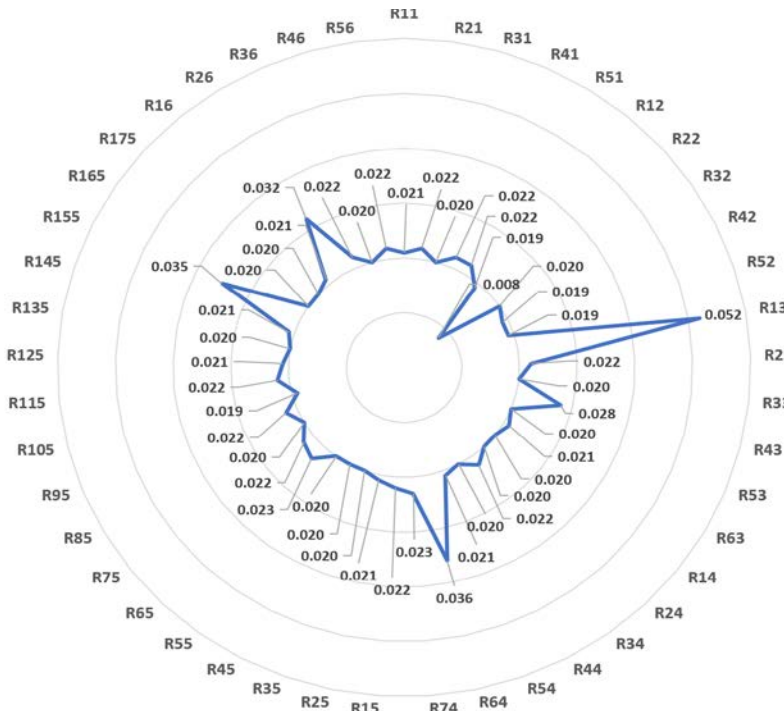
ابعاد	ریسکها	بهترین ریسک (R13)	بدترین ریسک (R22)
اقتصادی	R11	$\langle (1/6.95, 2/61.3, 3/61.05); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (2/358.3, 3/363.4, 4/368); .3, .75, .7 \rangle$
	R51	$\langle (1/1005, 2/101.3, 3/1015); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (2/2533, 3/2538, 4/2543); .3, .75, .7 \rangle$
زیست محیطی	R12	$\langle (1/6443, 2/6448, 3/6453); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/353, 2/358, 3/363); .3, .75, .7 \rangle$
	R52	$\langle (1/5399, 2/5404, 3/5409); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/1397, 2/1402, 3/1407); .3, .75, .7 \rangle$
اجتماعی	R13	$\langle (1/1005, 1/1005, 1/1005); .5, .5, .5 \rangle$	$\langle (1/1131, 1/908, 9/1045); .85, .1, .15 \rangle$
	R63	$\langle (1/2267, 2/2272, 3/2277); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/940.1, 2/940.6, 3/941.1); .3, .75, .7 \rangle$
بهداشتی	R14	$\langle (1/4964, 2/4969, 3/4974); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/3137, 2/3142, 3/3147); .3, .75, .7 \rangle$
	R74	$\langle (1/1005, 2/101.3, 3/1015); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (2/6796, 3/6801, 4/6806); .3, .75, .7 \rangle$
ایمنی	R15	$\langle (1/1005, 2/101.3, 3/1015); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (2/436, 3/4365, 4/437); .3, .75, .7 \rangle$
	R175	$\langle (1/4181, 2/4186, 3/4191); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/6617, 2/6622, 3/6627); .3, .75, .7 \rangle$
مدیریتی و ساختاری	R16	$\langle (1/788, 2/793, 3/798); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (1/827, 2/8275, 3/828); .3, .75, .7 \rangle$
	R56	$\langle (1/1005, 2/101.3, 3/1015); .3, .75, .7 \rangle$	$\langle (2/3577, 3/3582, 4/3587); .3, .75, .7 \rangle$

با قطعی سازی مقادیر حاصله و جای گذاری آن‌ها در مدل برنامه ریزی خطی، مدل بسط یافته متشکل از ۴۵ متغیر و ۸۹ محدودیت در نرم افزار گمز وارد شد. با حل مدل، مقدار بهینه بردار اوزان شاخص‌ها و تابع هدف به صورت $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$ 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 در نظر گرفته شده است و از آنجا که 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 بدست آمد.

جدول ۶. اوزان نهایی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت و ساز 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
	R14	۰/۰۲۰		R175	۰/۰۲۰
بهداشتی	R24	۰/۰۲۰	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^*	۱/۸۹		
		شاخص سازگاری	۴/۸۸		
		نرخ سازگاری	۰/۳۸		

شکل ۲. اوزان بهینه ریسک‌ها را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



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

با توجه به نتایج حل مدل برنامه ریزی خطی روش بهترین بدترین، ملاحظه می‌شود که صرف نظر از ابعاد، پنج ریسک «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت 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 برنامه ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)» به ترتیب با اوزان ۰/۰۳۵، ۰/۰۳۶، ۰/۰۵۲، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۸ از بالاترین وزن برخوردار بودند. در میان این پنج ریسک، دو ریسک اول و پنجم یعنی R43 و R13 متعلق به بُعد اجتماعی بودند که حاکی از اهمیت این بُعد در قیاس با سایر ابعاد در پروژه‌های ساخت و ساز پایدار در ایران بود. به زعم Adabre و همکاران (۲۰۲۰) و Amrutha و Geetha (۲۰۲۰) میزان توجه پژوهشگران و صاحب

نظران به ابعاد اقتصادی و زیست محیطی توسعه پایدار بیش از بعد اجتماعی بوده است که این نقصان، ارزیابی جامع‌نگری از ریسک پروژه‌های ساخت و ساز پایدار به ارمغان نمی‌آورد. جالب توجه است که با عنایت بر نتایج حاصله در پژوهش حاضر، ریسک‌های مربوطه به بُعد اجتماعی در رده بالای پرمخاطره‌ترین ریسک‌های بهداشت و ایمنی شغلی در پروژه‌های ساخت و ساز پایدار قرار گرفتند که عدم توجه به آن‌ها می‌تواند چالش‌های فراوانی را در مسیر تحقق اهداف پروژه‌ها به همراه داشته باشد.

به علاوه با تحلیل یافته‌های حاصله در هریک از ابعاد ملاحظه شد که در بُعد اقتصادی، ریسک فقدان تجهیزات فردی استاندارد به علت عدم تخصیص بودجه (R41)، در بُعد زیست محیطی ریسک انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی (R52)، در بُعد اجتماعی ریسک فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت 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)، پرمخاطره‌ترین ریسک‌ها برای پروژه‌های ساخت پایدار در ایران محسوب می‌شوند. همچنین با حل مدل برنامه ریزی خطی در نرم افزار گمز مقدار بهینه تابع هدف (ξ^*)، $1/89$ حاصل گردید که با توجه به رابطه (۱۱) نرخ سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی برای این مسئله $0/38$ بدست آمد که طبق حد آستانه مطروحه از سوی Liang و همکاران (۲۰۲۰)، سازگاری قضاوت خبرگان در وضعیت مطلوبی قرار داشته و پایایی پرسشنامه نیز به طور همزمان تأیید می‌شود. با توجه به عدد نرخ سازگاری برای ماتریس‌های مقایسات زوجی، می‌توان بر صحت و اعتبار داده‌های گردآوری شده و نیز قابلیت اتکاء بر نتایج حاصل از روش بهترین بدترین توسعه یافته 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^۱ (AHP) صحه گذاشت. جدول ۷ نتایج حاصل از روش بهترین بدترین توسعه یافته نوتروسوفیک را در مقایسه با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مسئله مورد مطالعه نشان می‌دهد.

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

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
R11	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	R15	۰/۰۲۲	۰/۰۳۰
R21	۰/۰۲۲	۰/۰۲۴	R25	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱
R31	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	R35	۰/۰۲۰	۰/۰۱۶
R41	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	R45	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰
R51	۰/۰۲۲	۰/۰۱۵	R55	۰/۰۲۰	۰/۰۲۵
R12	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	R65	۰/۰۲۳	۰/۰۳۵
R22	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	R75	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱
R32	۰/۰۲۰	۰/۰۱۸	R85	۰/۰۲۰	۰/۰۳۵
R42	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹	R95	۰/۰۲۲	۰/۰۳۰
R52	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	R105	۰/۰۱۹	۰/۰۱۰
R13	۰/۰۵۲	۰/۰۳۹	R115	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱
R23	۰/۰۲۲	۰/۰۱۱	R125	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸
R33	۰/۰۲۰	۰/۰۲۲	R135	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰
R43	۰/۰۲۸	۰/۰۴۲	R145	۰/۰۲۱	۰/۰۳۲
R53	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	R155	۰/۰۳۵	۰/۰۱۱
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 می شود که در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سه ریسک «بی توجهی و عدم برنامه ریزی برای مانورهای اضطراری (R43)»، «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت 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 توسعه یافته نوتروسوفیک نیز در زمره ریسک‌های پر مخاطره تعیین شده و اعتبار یافته‌های این روش را در شناسایی ریسک‌های پر مخاطره تصدیق می‌کرد، اما کارایی پایین روش تحلیل سلسله مراتبی به ویژه در زمانی که تعداد مولفه‌های مسئله زیاد و ابعاد ماتریس‌های مقایسات زوجی بزرگ باشد، کاربست روش پیشنهادی را توجیه پذیرتر ساخت. همچنین اعمال قضاوت خبرگان در قالب اعداد نوتروسوفیک مثالی 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 به نوبه 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 اجتماعی 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 به واسطه 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 محیط زیست را به یکی از اولویت‌های سازمان‌های فعال در زمینه پروژه‌های عمرانی تبدیل نموده است. از آنجاکه سرمایه‌های مالی و غیرمالی سازمان‌های پروژه محور در مقابله با ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت نامحدود نیست، اهمیت سنجی و اولویت بندی ریسک‌های کاندید در این پژوهش می‌تواند به عنوان 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 اولویت دار باشد؛

ریسک‌هایی که مقابله با آن‌ها می‌تواند منافع بیشتری برای سازمان‌ها به ارمغان آورده و از تحمیل هزینه‌های ناخواسته به پروژه و سازمان ممانعت بعمل آید. تعیین ریسک‌های اولویت دار 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 به صورت عالمانه اقدام نموده و راهبردهای پیشگیرانه مقتضی را پیش از بروز چنین ریسک‌هایی اتخاذ و واکاوی نمایند.

پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل کمی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت پایدار نگارش یافت. در این راستا و جوه سه گانه توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) با ابعاد بهداشت، ایمنی و محیط زیست تجمیع شده و چارچوب ریسک‌های 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 قابل اتکاتر فراهم می‌ساخت.

با توجه به نتایج حاصله ریسک «فقدان مهارت کافی ایمنی کارکنان به علت عدم تخصیص زمان به آموزش تخصصی ایمنی» مهم‌ترین ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت و ساز پایدار در ایران انتخاب شد. به عبارت دیگر عدم کفایت 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 بیش از پیش احساس می‌شد. «جراحات و بیماری‌های شغلی» دومین ریسک مهم ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت و ساز پایدار در ایران تعیین شد. توجه مستمر مدیران و دست‌اندرکاران ایمنی پروژه به شرایط روحی و جسمی کارکنان پروژه لازمه پیشرفت مناسب عملیاتی پروژه است. نیروی انسانی به عنوان 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 می‌تواند 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 (از نظر لی اوت و اصول ارگونومی) می‌تواند فرآیندها و عملیات‌های کاری را به طور 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 برنامه ریزی 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 برنامه ریزی برای مانورهای اضطراری» پنجمین جایگاه را به عنوان 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 درون مایه این ریسک نهفته است. اصولاً اتخاذ راهبردهای پیشگیرانه و فعالانه به جای اقدامات انفعالی، نقش بسزایی در کاهش هزینه‌های مشهود و نامشهود پروژه خواهد داشت. در زمینه ایمنی نیز برنامه ریزی 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 بی

دقتی‌های فردی و وقوع حوادث غیر مترقبه نبوده و می‌تواند از زمینه‌های اجتماعی، مدیریتی و ساختاری و بهداشتی نیز نشأت گرفته شده باشد. لذا توجه تک بُعدی به ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار و غفلت از سایر وجوه و فقدان نگاه نظام مند و جامع نگر به این موضوع، مانع درک و تحلیل صحیح مدیران و تصمیم گیرندگان از منشأ اصلی بروز ریسک‌ها و کاربست اقدامات پیشگیرانه مقضی در قبال آن‌ها خواهد شد. علی‌رغم تعیین ریسک‌های مطروحه به عنوان مهم ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای پروژه‌های ساخت‌وساز پایدار در ایران، با این حال رتبه‌بندی فوق دال بر بی‌اهمیتی سایر ریسک‌ها نبوده بلکه هر یک از ریسک‌ها متناسب با امتیاز حاصله از درجه اهمیت نسبی خود برخوردار است. به منظور تکمیل و توسعه پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آتی خود محورهای ذیل را در دستور کار قرار دهند:

- ارایه 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؛
- از آنجا که مطالعات اندکی تاکنون در حوزه پاسخ‌گویی به ریسک‌ها انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی برای ریسک‌های پرخطر، مجموعه‌ای از پاسخ‌ها 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 این که ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت به صورت جزایر مستقل از یکدیگر عمل نکرده 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 منافی وجود ندارد.

Amir Hossein Soltaninia (<https://orcid.org/0009-0004-7942-7417>)

Mahdi Ravanshadnia (<https://orcid.org/0000-0002-4990-7127>)

Milad Ghanbari (<https://orcid.org/0000-0001-9550-5711>)

منابع و مراجع

- آسیوندزاده، احسان، جمالی زاده، زینب، صفری واریانی، علی، محبی، افشین و خوشنواز، حدیث (۱۳۹۹). بررسی تاثیر 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)، ۱۰۹-۱۲۲. <http://dx.doi.org/10.29252/j.health.11.1.109>
- پرکره، محمدحسین، جلالیان، عسگر، و منوری، سیدمسعود. (۱۴۰۱). شناسایی و ارزیابی پارامترهای بهداشت، ایمنی و محیط زیستی موثر بر پروژه‌های ساخت و ساز شهری با تاکید بر توسعه پایدار. مهندسی بهداشت حرفه ای، ۹(۲)، ۱۳۶-۱۴۲. <http://johe.umsha.ac.ir/article-1-807-fa.html>
- جعفرنیا، احسان، سلطانزاده، احمد و قیاسی، سمیرا (۱۳۹۶). مدل تلفیقی ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) بر اساس استاندارد راهنمای مدیریت پروژه PMBOK مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۴(۴)، ۴۷-۵۸. <http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.4.47>
- طاهرخانی، فرهاد، میرزا، ابراهیم، طهرانی، مهناز و ملماسی، سعید (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک های ایمنی بر اساس منطق فازی در پروژه‌های ساخت مترو. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۴(۳)، ۴۹-۶۲. <http://dx.doi.org/10.21859/johe.4.3.49>
- 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 به منظور ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های تولیدی (صنعت کشتی سازی)، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۴(۷)، ۹۳-۱۰۳. <https://doi.org/10.22084/ier.2016.1571>
- 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>
- میرزایی متین، دانیال و پارسایی، محمود (۱۳۹۶). مدیریت ریسک و ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز، سومین همایش ملی آتش نشانی و ایمنی شهری، تهران. <https://civilica.com/doc/743813>

هروی، غلامرضا، و کتابی، امیربهادر. (۱۴۰۰). تدوین مدل‌های ارزیابی سطح ایمنی پروژه‌های ساختمانی به روش‌های رگرسیون چندمتغیره خطی و شبکه‌ی ییزین. مهندسی عمران/امیرکبیر (امیرکبیر)،

۱۱) ۵۳، ۴۶۵۷-۴۶۸۲. <https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18439.6872>

- 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>
- 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>
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>
- 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>
- Durdjev, 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>
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- Gürçanlı, 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- Nawaz, W., Linke, P., & Koç, M. (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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000793).
- 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>.
- 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>.
- Smarandache, F. (1998). Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic: analytic synthesis & synthetic analysis. https://books.google.com/books?id=LgEZAQAIAAJ&printsec=front_cover
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000597).

[In Persian]

- 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

- understanding 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- Hourbakht, H. & Safa, E. (2020). Safety risk management in the design and construction of two-story Arash tunnel in Tehran metropolis, *the third international conference on civil engineering, architecture and urban development management in Iran*, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1119338>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]
- 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>. [In Persian]