



University of Tehran Press



Identification and assessment of environmental hazards using the COCOSO technique - Excavation case: East Semnan industrial town

Mohammad Abdolshah* 

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran. E-mail: abdolshah@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received 6 September 2024
Revised 20 October 2024
Accepted 4 November 2024
Published 19 November 2024

Keywords:

COCOSO technique,
Environmental hazards,
Industrial estates,
Multi-criteria decision-making
Models.

ABSTRACT

Natural hazards with their various types and extent of influence are repeatable and destructive phenomena that can harm people's lives and livelihoods. Considering that many articles have been done in the field of environmental hazards in cities, while it seems that industrial towns are a suitable option for research due to their special position in the field of producing products needed by society and the accumulation of people in these places. to be Therefore, in this article, an attempt was made to evaluate and rank the environmental hazards affecting Semnan industrial town. In this research, after reviewing the literature, using the opinion of experts, eight environmental hazards were defined for Semnan industrial town, as well as three criteria for evaluating these hazards. After weighting the criteria, a decision matrix was formulated with the opinion of experts and ranking was done using the COCOSO decision making method. Finally, a sensitivity analysis was performed on the obtained results to check the stability of the data.

Cite this article: Abdolshah, M. (2024). Identification and assessment of environmental hazards using the COCOSO technique - Excavation case: East Semnan industrial town. *Environmental Hazards Management*, 11 (3), 175-192. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.381982.840>



© Mohammad Abdolshah **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.381982.840>

1. Introduction

Environmental hazards such as floods and earthquakes are always around us, and one of the main tasks of hazard knowledge is to investigate the reactions and resistance of vulnerable human environments against all kinds of environmental hazards. The term "environmental hazards" refers to all potential threats that can endanger the environment, including humans and nature. These threats originate either from the natural environment or from human activities, and the management of the environment has faced many complications. In general, the phenomenon of hazards in the environment is the result of the instability and incompatibility of the characteristics of the natural environment (such as the earth's surface, biological phenomena and weather conditions) and the human environment (such as security, technological factors, etc.) These hazards can turn into dangerous incidents and serious damage to life or business due to inconsistent human interventions and human infrastructure. Meanwhile, cities and villages, as the main centers of human concentration, are vulnerable to physical changes and various natural hazards due to population density or the type of materials and constructions. Also, industrial towns can be vulnerable to this type of hazards due to the creation of an industrial area with various factories and the presence of workers, machines and

sometimes dangerous structures and labor forces in them. On the other hand, in recent years, we have witnessed the development of industrial towns in the country. According to official reports, currently 816 towns and industrial districts, including 498 towns and 318 industrial districts, are operating in the country, which produce a very large amount of necessities needed by the society. Also, the large number of workers in these industrial towns shows their high employment generation. Meanwhile, environmental hazards such as floods and earthquakes can have a destructive effect on the performance of these industrial units located in these towns. Therefore, in this article, an attempt was made to identify environmental hazards in industrial towns, especially in the industrial town of East Semnan, as the most important industrial town of Semnan, and to take an effective step in developing appropriate solutions for managing these hazards by ranking them scientifically.

2. Materials and methods

In urban societies, achieving an environment free from danger and possible accidents in order to protect the life and property of the people of the society has been a long-standing dream that mankind has always been trying to achieve. Industrial towns are not exempt from this issue and it is important to protect them from environmental hazards. In the present study, first, by reviewing the research literature, the types of environmental hazards that can threaten industrial towns were extracted. Then, with the opinion of experts, criteria were defined to evaluate these risks. Ten experts in this field have been used in this research. These experts have been selected from both industry and university sectors so that there is a suitable combination to provide expert opinions. In other words, these experts were people who had at least five years of work experience in the health and safety unit of a company or were related professors in the university. Then, a questionnaire based on the standard of paired comparisons was designed and given to the experts. In the final calculations of this research, the COCOSO method provided by Yazdani and others [61] is used. This method is a method for calculations related to multi-criteria decision making. Finally, sensitivity analysis is used to validate the method.

3. Discussion and results

In this research, the COCOSO method was used to rank environmental hazards. In principle, in ranking and decision-making systems, it cannot be concluded that the results are optimal, unless the options happen in the real world and can be given a real score and then compared with the results of the research work to determine whether the ranking has been done. How true it is, that this method is not possible in the problem of this article, because many of these risks are potential risks and have not happened yet. Instead, sensitivity analysis can be used to better examine the obtained results and validate them. The purpose of sensitivity analysis is to see how changing the data affects the model and the results and, in fact, determine how stable the results are. In this way, in the sensitivity analysis, we need to change the data and check the results. These changes can be in the decision matrix data or in the weights. Undoubtedly, a change in the data of the decision matrix, or in other words, a change in the scores of the options compared to the criteria, will cause a change in the results, and the investigation of this issue will not have a specific outcome. Therefore, the change in weights can show a proper analysis of the sensitivity of the method. For this purpose, according to Yazdani and others [61], 48 random data of three weights were created centered on the main weights. Calculations show that despite the random change of weights, the model has a good stability to the changes. For example, the first two options have been the first or second option in 99% of the time.

4. Conclusion

As seen, this research was done in order to rank environmental hazards in industrial towns. Due to the fact that many articles have been done in the field of environmental hazards in cities, while industrial towns, seem to be a good option for this research. Therefore, in this article, an attempt was made to evaluate and rank the environmental hazards affecting Semnan industrial town. In this research, after reviewing the literature, eight environmental hazards were identified for Semnan industrial town, and three criteria were used to evaluate them according to the opinion of experts. Then, with the opinion of experts, the decision matrix was formulated and ranking was done using the COCOSO method, the result of which is as follows.

1. Intense heat
2. Earthquake
3. Heavy snow/heavy rain
4. Lightning
5. Wind and storm
6. Flood
7. Land subsidence
8. Hail

Therefore, intense heat was identified as the most important environmental hazard for Semnan industrial town. In addition to shutting down industrial units, intense heat causes power outages and, as a result, reduced production efficiency, accidents in the work environment, and breakdowns of production equipment. In the second category, due to the earthquake-proneness of Semnan city, the earthquake was recognized as an important natural hazard. A severe earthquake can have devastating consequences such as destruction of production sheds, damage to machinery, fire and logistical problems. The result of this research can be useful for the manufacturing companies located in Semnan industrial town, and as a result, legal plans can be formulated to reduce the damages of these hazards by forming specialized working groups.



شناسایی و ارزیابی مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک COCOSO؛ مورد کاوی: شهرک صنعتی شرق سمنان

محمد عبدالشاه

گروه مهندسی صنایع، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران. رایانامه: abdolshah@gmail.com

چکیده

مخاطرات طبیعی با انواع گوناگون و گستره نفوذ پدیده‌هایی تکرارشدنی و ویرانگرند که می‌توانند به زندگی و معاش انسان لطمه وارد کنند. تاکنون مقالات متعددی در زمینه مخاطرات محیطی در شهرها انجام گرفته است، شهرک‌های صنعتی به دلیل جایگاه ویژه در زمینه تولید محصولات مورد نیاز جامعه و تجمع افراد در این مکان‌ها گزینه مناسبی برای تحقیقات‌اند. در این مقاله تلاش شد مخاطرات محیطی تأثیرگذار در شهرک صنعتی سمنان ارزیابی و رتبه‌بندی شود. در این تحقیق پس از مرور پژوهش‌های پیشین، با استفاده از نظر خبرگان، هشت مخاطره محیطی برای شهرک صنعتی سمنان و سه معیار برای ارزیابی این مخاطرات تعریف شد. پس از وزن‌دهی به معیارها، با نظر خبرگان ماتریس تصمیم تدوین شد و با استفاده از روش تصمیم‌گیری COCOSO رتبه‌بندی انجام گرفت. مهم‌ترین مخاطرات محیطی به‌دست‌آمده به ترتیب گرمای شدید، زلزله و بارش شدید است. در انتها نیز روی نتایج به‌دست‌آمده آنالیز حساسیت انجام گرفت تا پایداری داده‌ها بررسی شود.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹

کلیدواژه:

تکنیک COCOSO

شهرک‌های صنعتی،

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره،

مخاطرات محیطی.

استناد: عبدالشاه، محمد (۱۴۰۳). شناسایی و ارزیابی مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک COCOSO؛ مورد کاوی: شهرک صنعتی شرق سمنان. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۱ (۳)، ۱۷۵-۱۹۲.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.381982.840>

© محمد عبدالشاه ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.381982.840>



۱. مقدمه

مخاطرات طبیعی با انواع گوناگون و گستره نفوذ پدیده‌هایی تکرارشدنی و ویرانگرند که همواره در طول حیات کره زمین وجود داشته و پس از پیدایش بشر نیز همیشه خطری جدی برای انسان‌ها بوده‌اند. بنابراین هیچ جامعه‌ای در برابر مخاطرات طبیعی ایمن نیست و انسان همواره با تأثیرات زیانبار ذهنی و عینی این مخاطرات روبه‌رو است. مخاطرات طبیعی تهدیدی فزاینده برای رفاه و توسعه جوامع‌اند و آثار جبران‌ناپذیر محیطی، اجتماعی و اقتصادی بر جای می‌گذارند [۱۰]. بنابراین با آنکه مخاطراتی همچون زلزله، سیل و ... مخاطره طبیعی معرفی می‌شوند، گاه این طبیعی بودن به اختلال در روندهای طبیعی منجر می‌شود. در نتیجه این مخاطرات، وقایعی مخرب و تهدیدگر محسوب می‌شوند که هم در لحظه و هم در بلندمدت خسارات فیزیکی و اجتماعی در پی دارند [۴۵، ۲۳].

براساس آمارهای موجود، درحالی که در دهه ۱۹۳۰ میلادی، ۲۶۷۴ بحران بزرگ بین‌المللی رخ داد، از سال ۱۹۷۰ تاکنون ۷۷۵۲ بحران بزرگ با منشأ طبیعی در جهان گزارش شده است که نشان می‌دهد دنیای کنونی و آینده، از نظر تعداد و شدت بحران‌های طبیعی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تفاوت‌های چشمگیری خواهد داشت. بنابراین می‌توان گفت پتانسیل تخریبی مخاطرات طبیعی در سال‌های آتی نه تنها کاهش نخواهد یافت، بلکه ابعاد آن گسترده‌تر نیز خواهد شد. تجارب کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که این کشورها در برابر مخاطرات طبیعی آسیب‌پذیری بیشتری دارند، به طوری که ۱۰۰ مخاطره طبیعی در سده بیستم با فراوانی ۷۰۷۵۳، خساراتی بالغ بر ۷۱۰ میلیارد دلار در پی داشت که بیشتر این خسارات در کشورهای در حال توسعه رخ داد [۹].

مخاطرات محیطی مانند سیل و زلزله همواره در اطراف ما هستند. یکی از وظایف اصلی دانش مخاطرات، بررسی واکنش‌ها و مقاومت محیط‌های انسانی آسیب‌پذیر در برابر انواع مخاطرات محیطی طبیعی و انسانی است [۴]. اصطلاح «مخاطرات محیطی» به همه تهدیدهای بالقوه‌ای اشاره دارد که می‌تواند محیط، شامل انسان و طبیعت را به خطر بیندازد. این تهدیدها از محیط طبیعی یا فعالیت‌های انسانی نشأت می‌گیرند و همین موضوع، مدیریت محیط را با پیچیدگی‌های فراوانی روبه‌رو کرده است [۹]. به‌طور کلی، پدیده مخاطرات در محیط، نتیجه ناپایداری و ناسازگاری ویژگی‌های محیط طبیعی (مانند سطح زمین، پدیده‌های زیستی و شرایط آب‌وهوایی) و محیط انسانی (عوامل امنیتی، تکنولوژیکی و ...) است [۲۴، ۲۰]. این مخاطرات به دلیل مداخلات نامتجانس انسان و زیرساخت‌های بشری (برهمکنش آنتروپوسفر یا محیط انسان‌ساخت با محیط طبیعی شامل اتمسفر، بیوسفر، ژئوسفر و هیدروسفر) ممکن است به حوادث خطرناکی تبدیل شوند [۲۴، ۴] و آسیب‌های جدی به زندگی یا کسب‌وکار انسان وارد کنند.

شهرها و روستاها به‌عنوان مراکز اصلی تمرکز انسان، در برابر تغییرات کالبدی و مخاطرات طبیعی گوناگون آسیب‌پذیرند. شهرک‌های صنعتی نیز به دلیل ایجاد منطقه صنعتی با کارخانه‌های متنوع و حضور کارگران و ماشین‌آلات و سازه‌های گاه خطرناک ممکن است در برابر این نوع مخاطرات آسیب‌پذیر باشند. در سال‌های اخیر شهرک‌های صنعتی در کشور توسعه یافته‌اند. سیاست‌های کشور در سال‌های اخیر با توجه به تحریم‌های بین‌المللی مایل به تولید داخلی و خودکفایی بوده، به‌گونه‌ای که سال‌های اخیر اغلب با رویکرد حمایت از تولید داخلی نامگذاری شده است. بنابر گزارش‌های رسمی در حال حاضر ۸۱۶ شهرک و ناحیه صنعتی در حال بهره‌برداری در کشور فعال‌اند که حجم بسیار زیادی از مایحتاج جامعه را تولید می‌کنند. تعداد زیاد شاغلان در این شهرک‌های صنعتی نشان‌دهنده اشتغال‌زایی زیاد آنهاست. مخاطرات محیطی مانند سیل و زلزله می‌تواند تأثیر مخربی بر عملکرد واحدهای صنعتی مستقر در این شهرک‌ها داشته باشد. در تابستان ۱۴۰۳ در پی افزایش دمای هوا و مصرف شدید برق در کشور، دولت برق کارخانه‌ها را قطع کرد. برای مثال در مرداد ۱۴۰۳ همه واحدهای صنعتی مستقر در شهرک صنعتی شرق سمنان، افزون بر قطع ناگهانی برق، هر هفته دو روز قطعی برق برنامه‌ریزی شده داشتند. این مخاطره سبب کاهش تولید، افزایش ضایعات، خرابی ماشین‌آلات، افزایش سوانح کاری و در نهایت کاهش سودآوری کارخانه‌ها شد. در این مقاله سعی شد مخاطرات محیطی در شهرک صنعتی شرق سمنان به‌عنوان مهم‌ترین شهرک صنعتی سمنان، شناسایی شده و با رتبه‌بندی علمی آنها گام مؤثری در توسعه راه حل‌های مناسب برای مدیریت این مخاطرات برداشته شود.

۲. پیشینه پژوهش

مخاطرات طبیعی به تغییراتی گفته می‌شود که در شرایط زیست‌محیطی رخ می‌دهند و سبب اختلال در روند زندگی طبیعی مردم

می‌شوند [۲۶]. مخاطرات طبیعی با گوناگونی و گستره نفوذ خود، به‌عنوان پدیده‌هایی تکرارشونده و مخرب، همواره در طول تاریخ زمین وجود داشته و پس از پیدایش بشر نیز همواره تهدیدی جدی برای انسان بوده‌اند [۱۰، ۲۰]. این مخاطرات به‌عنوان وقایع تهدیدکننده می‌توانند فضای طبیعی و اجتماعی را تخریب کنند. این تخریب هم در هنگام وقوع حادثه و هم در بلندمدت پیامدهای اجتماعی منفی دارد. زمانی که این حوادث تأثیرات منفی زیادی بر جامعه و زیرساخت‌های آن داشته باشند، بلاپای طبیعی محسوب می‌شوند [۵]. بریتون مخاطرات طبیعی را چنین تعریف می‌کند: «عناصر فیزیکی محیطی که برای انسان مضرند و توسط نیروهای خارجی فراتر از توان انسان ایجاد می‌شوند» [۳۸].

در زمینه آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی، تحقیقات گسترده‌ای انجام گرفته است. در تحقیقات داخلی، حاجی‌نژاد، بدلی و آقایی (۱۳۹۴) عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در مناطق شهری با سکونتگاه‌های غیررسمی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بررسی کردند [۱۵]. نتایج این تحقیق نشان داد که مناطق ۱ و ۵ شهر تبریز، با توجه به تمرکز زیاد جمعیت، کیفیت ضعیف ساختمان‌ها، عمر زیاد سازه‌ها و استفاده از مصالح غیرمقاوم در برابر زلزله، نزدیکی به گسل و بافت حاشیه‌نشین، در صورت وقوع زلزله ممکن است دچار خسارات جبران‌ناپذیری شوند. اسفندیاری درآباد، غفاری‌گیلاننده و خداداد (۱۳۹۴) نیز آسیب‌پذیری شهر اردبیل از گسل‌های پیرامونی را با استفاده از مدل TOPSIS ارزیابی کردند [۴۳]. نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور میانگین ۶۹ هکتار از محدوده شهر در برابر زلزله‌های ناشی از گسل‌های بررسی‌شده دارای رتبه آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۴۰۸ هکتار دارای رتبه آسیب‌پذیری زیاد هستند. قهرودی تالی، مجیدی هروی و عبدلی در سال ۱۳۹۵، آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری را در منطقه‌ای از تهران (درکه تا کن) با استفاده از تحلیل شبکه عصبی چندلایه (MLP) بررسی کردند [۲۸]. نتایج نشان داد که ترکیبی از عوامل بالادست و شهری مانند بافت فرسوده، سطوح شیب عمودی و ضریب انحنای در شیب‌های شهری مؤثرند. بررسی این تحقیقات نشان می‌دهد که بیشتر تحقیقات در حوزه مخاطرات طبیعی در شهرها و روستاهاست و علی‌رغم اهمیت شهرک‌های صنعتی کمتر پژوهشی در این حوزه انجام گرفته است. حسینی و همکاران با رویکرد پدافند غیرعامل کاهش مخاطرات ناشی از شهرک‌های صنعتی را بررسی کردند [۱۸]. فصیحی و همکاران [۲۷] مخاطرات محیطی شهرک صنعتی تالش و یونسیان و همکاران [۳۱] اثرهای بهداشتی تأثیرگذار بر محیط را در شهرک‌های صنعتی بررسی کردند.

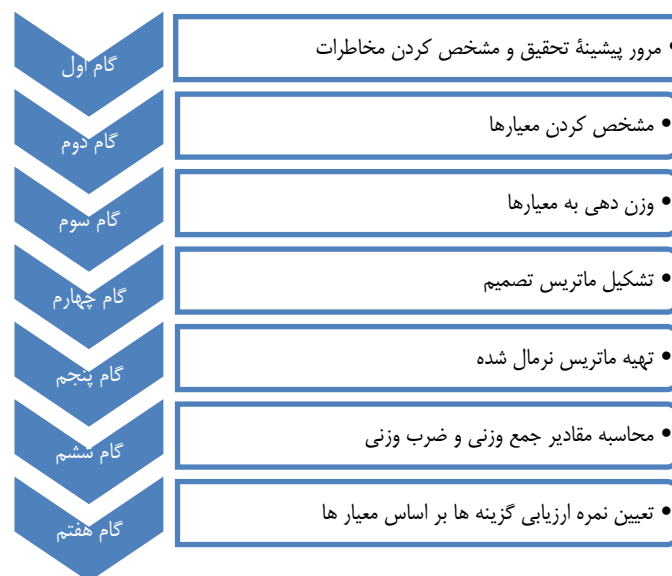
جدول ۱. مرور پژوهش‌های انجام‌گرفته

عامل	تأثیر مخرب	منابع
برف شدید/ بارش شدید	مشکل در حمل‌ونقل	چپی و همکاران [۱۳]، اسماعیل‌نژاد [۲]، دیاسیولوا و همکاران [۴۲]، مارنگو و همکاران [۵۴]، مو و همکاران [۵۶]
	قطع گاز	
	مشکل در سیستم گرمایش و تولید	
گرمای شدید	قطع برق	یعقوب‌زاده و همکاران [۳۰]، چپی و همکاران [۱۳]، شایان و همکاران [۲۴]، اسماعیل‌نژاد [۲]، کاسالی و همکاران [۳۹]، جی و همکاران [۴۸]، ارانندز-ارناندز و همکاران [۴۶]، وانگ و همکاران [۶۰]، ایمانی و همکاران [۷]
	مشکل در سیستم سرمایش	
	مشکل در سیستم‌های تولید	
صاعقه	آتش‌سوزی	حسنلو و همکاران [۱۷]، چپی و همکاران [۱۳]، شارما و همکاران [۵۸]، قاسمی و همکاران [۴۴]، ویامیل و همکاران [۵۹]، نیسانی و همکاران [۲۹]
	قطع برق و مشکل در سیستم‌های تولید	
تگرگ	قطع برق	یعقوب‌زاده و همکاران [۳۰]، چپی و همکاران [۱۳]، برناردو و همکاران [۳۷]، مفامبوکلی [۵۵]، جیانگ و تان [۴۹]
	مشکل در سیستم‌های تولید	
سیل	مشکل در حمل‌ونقل	چپی و همکاران [۱۳]، شایان و همکاران [۲۴]، اسماعیل‌نژاد [۲]، سنا و کوستابلیه [۴۰]، کاسالی و همکاران [۳۹]، چانگ و همکاران [۴۱]، هرروس کانتیس و همکاران [۴۷]، مو و همکاران [۵۶]، شادمان و اسلام [۵۷]، بارلیان و همکاران [۳۶]، رستمی و همکاران [۲۱]، افسری و شهسوری [۳]، حسام و همکاران [۱۶]
	مشکل در سیستم‌های تولید	
	مشکل در سیستم گرمایش	
فرونشست زمین	مشکل در سیستم‌های تولید	یعقوب‌زاده و همکاران [۳۰]، چپی و همکاران [۱۳]، باقری و همکاران [۳۵]، لیو و همکاران [۵۳]، عابدین و همکاران [۳۲]، پورمحمد و همکاران [۱۱]
زلزله	مشکل در حمل‌ونقل	چپی و همکاران [۱۳]، شایان و همکاران [۲۴]، ابراهیمی و سپهر [۱]، خیری‌زاده و همکاران [۵۱]، بارلیان و همکاران [۳۶]، جین و همکاران [۵۰]، عالم و حق [۳۳]، کاسالی و همکاران [۳۹]، هرروس کانتیس و همکاران [۴۷]، شادمان و اسلام [۵۷]، پیروزی و همکاران [۱۲]، حاجی‌نژاد و همکاران [۱۴]، صالحی‌پور و همکاران [۲۵]، آلکانتارا آبالا [۳۴]، بریتون [۳۸]
	قطع گاز برق	
	آسیب دیدن کارکنان	
	آسیب دیدن ماشین‌آلات	
باد و توفان	قطع برق	یعقوب‌زاده و همکاران [۳۰]، چپی و همکاران [۱۳]، شایان و همکاران [۲۴]، اسماعیل‌نژاد [۲]، لاینو [۵۲]، مفامبوکلی [۵۵]، دلارام و همکاران [۱۹]
	مشکل در سیستم‌های تولید	

با مرور پژوهش‌ها مشخص می‌شود که شمار مقالات در زمینه بررسی مخاطرات محیطی در شهرها و روستاها زیاد است، اما تحقیقات اندکی در زمینه تأثیر این مخاطرات در شهرک‌های صنعتی انجام گرفته است.

۳. روش شناسی پژوهش

در جوامع شهری، دستیابی به محیط عاری از خطر و حوادث احتمالی به منظور حفاظت از جان و مال افراد جامعه، آرزوی دیرینه بشر بوده است. شهرک‌های صنعتی نیز از این موضوع مستثنا نیستند. در پژوهش حاضر، ابتدا با مرور پیشینه پژوهش، انواع مخاطرات محیطی تهدیدکننده شهرک‌های صنعتی استخراج شد. سپس با نظر خبرگان معیارهایی برای ارزیابی این مخاطرات تعریف شد. در این تحقیق از ده خبره در این حوزه استفاده شد. این خبرگان از دو بخش صنعت و دانشگاه انتخاب شدند تا ترکیب مناسبی برای ارائه نظرات تخصصی فراهم باشد. به عبارت دیگر این خبرگان دست‌کم پنج سال سابقه کار در واحد ایمنی و بهداشت یک شرکت را داشتند یا از استادان این حوزه در دانشگاه بودند. سپس پرسشنامه‌ای بر مبنای استاندارد مقایسه‌های زوجی طراحی شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. در محاسبات نهایی این تحقیق، از روش COCOSO که توسط یزدانی و همکاران [۶۱] ارائه شده استفاده می‌شود که روشی برای محاسبات مربوط به تصمیم‌گیری چندمعیاره است. برای تأیید روش نیز در انتها از تحلیل حساسیت استفاده می‌شود. جزئیات این روش و فرمول‌های آن در بخش بعد گام‌به‌گام توضیح داده شده است. بر این اساس فلوجارت تحقیق به شکل زیر است.



شکل ۱. فلوجارت تحقیق

۴. اولویت‌بندی مخاطرات محیطی (یافته‌های پژوهش)

۴-۱. گام اول: مرور پیشینه تحقیق و مشخص کردن مخاطرات

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد مقالات متعددی در زمینه مخاطرات محیطی مرور شد که برابند آن هشت مخاطره زیر است:

- برف شدید/ بارش شدید؛
- گرمای شدید؛
- صاعقه؛
- تگرگ؛
- سیل؛
- فرونشست زمین؛

- زلزله؛
- باد و توفان.

۴-۲. گام دوم: مشخص کردن معیارها

در این مرحله برای رتبه‌بندی مناسب در زمینه مخاطرات، به مشخص کردن معیارهای مناسب برای ارزیابی عوامل نیاز است. پس از جلسات مستمر با خبرگان سه معیار زیر در نظر گرفته شد:

- شدت؛
- احتمال وقوع؛
- تشخیص.

شایان ذکر است که این معیارها در نهایت با نظر خبرگان براساس روش FMEA تعیین شد. روش حالت شکست و تجزیه و تحلیل اثرها (FMEA^۱) روشی نظام‌مند، پیشرو و کاربردی برای شناسایی و ارزیابی ریسک است. ارزیابی ریسک به روش FMEA اولین بار در دهه ۱۹۴۰ در ارتش آمریکا معرفی شد. اما استفاده این روش زمانی افزایش یافت که مأموریت‌های فضایی سرنشین‌دار در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. سپس FMEA به‌عنوان نوعی روش کاهش ریسک در بسیاری از صنایع به‌کار گرفته شد تا جایی که استانداردهای خاصی تدوین شده است تا اطمینان حاصل شود که خطرهای مناسب به‌درستی تعریف شده‌اند و کنترل آنها ممکن است. از روش FMEA برای مدیریت ریسک براساس شاخص‌هایی مانند شدت اثر، اندازه اثر و قابلیت شناسایی استفاده می‌شود.

۴-۳. گام سوم: وزن‌دهی به معیارها

در این مرحله با استفاده از نظر خبرگان مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد و براساس این مقایسه‌ها وزن‌ها محاسبه می‌شوند. نتایج این مقایسه‌ها به‌شکل جدول زیر است:

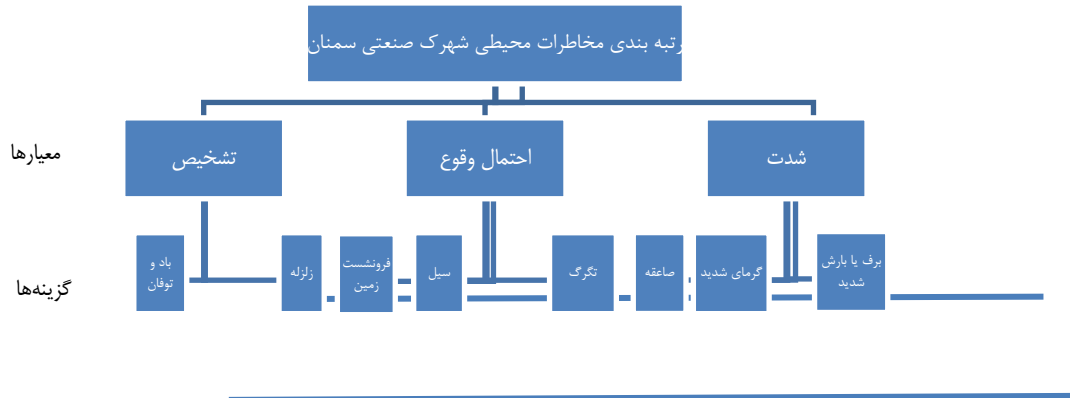
جدول ۲. مقایسه‌های زوجی و وزن‌های به‌دست‌آمده

تشخیص	احتمال وقوع	شدت	
۱	۲	۵	شدت
۱/۲	۱	۴	احتمال وقوع
۱/۵	۱/۴	۱	تشخیص
۰/۱۱۳۷	۰/۲۱۷۳	۰/۶۶۸۸	وزن

۴-۴. گام چهارم: تشکیل ماتریس تصمیم

در این مرحله براساس نظر خبرگان و جلسات مستمر به هر کدام از عوامل بر اساس معیارهای تعریف‌شده نمره داده می‌شود. نتیجه این نمره‌ها در جدول زیر آورده شده است. بدیهی است که نمره‌ها براساس میانگین نمره‌های به‌دست‌آمده برای هر گزینه برپایه هر معیار محاسبه شده است. ماتریس به‌دست‌آمده ماتریس تصمیم است و این ماتریس ابزار اصلی برای محاسبات آتی است.

براساس شکل ۲ ماتریس تصمیم مسئله با جمع‌آوری نظر خبرگان تهیه شد (جدول ۳).



شکل ۲. مدل تحقیق

جدول ۳. ماتریس تصمیم مسئله

ردیف	شبکه‌های اجتماعی	شدت	احتمال وقوع	تشخیص
۱	برف شدید/ بارش شدید	۶	۲	۵
۲	گرمای شدید	۸	۹	۵
۳	صاعقه	۵	۳	۶
۴	تگرگ	۴	۱	۴
۵	سیل	۷	۲	۴
۶	فرونشست زمین	۳	۷	۶
۷	زلزله	۷	۷	۸
۸	باد و توفان	۵	۲	۵
۸	ماکزیمم	۸	۹	۸
۴	مینیمم	۳	۱	۴
	وزن معیارها	۰/۶۶۸۸	۰/۲۱۷۳	۰/۱۱۳۷

۴-۵. گام پنجم: تهیه ماتریس نرمال شده

براساس الگوریتم روش COCOSO، در این مرحله باید ماتریس تصمیم نرمال سازی شود. در این گام براساس روابط زیر ماتریس تصمیم نرمال می‌شود. از رابطه اول برای معیارهای مثبت و از رابطه دوم برای معیارهای منفی استفاده می‌شود. در روابط زیر $\min X_{ij}$ و $\max X_{ij}$ در واقع بیشترین و کمترین مقدار هر ستون معیار هستند. براساس این نرمال سازی همه درایه‌ها بین عدد ۰ و ۱ قرار می‌گیرند. این محاسبات براساس فرمول زیر انجام می‌گیرد:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (۱) \text{ محاسبات برای عامل سود}$$

$$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (۲) \text{ محاسبات برای عامل هزینه}$$

جدول ۴. ماتریس تصمیم نرمال شده

مخاطرات محیطی	شدت	احتمال وقوع	تشخیص
برف شدید/ بارش شدید	۰/۶	۰/۱۲۵	۰/۲۵
گرمای شدید	۱	۱	۰/۲۵
صاعقه	۰/۴	۰/۲۵	۰/۵
تگرگ	۰/۲	۰	۰
سیل	۰/۸	۰/۱۲۵	۰
فرونشست زمین	۰	۰/۷۵	۰/۵
زلزله	۰/۸	۰/۷۵	۱
باد و توفان	۰/۴	۰/۱۲۵	۰/۲۵

۴-۶. گام ششم: محاسبه مقادیر جمع وزنی و ضرب وزنی

در این گام براساس روابط زیر مقادیر جمع وزنی (S) و ضرب وزنی (P) برای هر گزینه محاسبه می‌شود. در دو رابطه زیر W_j وزن معیارهاست که به‌عنوان ورودی وارد روش COCOSO شده است. این وزن را می‌توان به‌طور مستقیم از نظر فرد تصمیم‌گیرنده یا از روش‌هایی همچون آنترویی شانون، AHP، BWM و ... محاسبه کرد. مقادیر S_i از روش SAW^۱ و مقادیر P_i از روش واسپاس (WASPAS^۲) گرفته شده که به‌شرح زیر است:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij}), P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (۳)$$

جدول ۵. مقادیر جمع وزنی و ضرب وزنی

مخاطرات محیطی	شدت	احتمال وقوع	تشخیص
برف شدید/ بارش شدید	۰/۴۰۱۳	۰/۰۲۷۲	۰/۰۲۸۵
گرمای شدید	۰/۶۶۸۸	۰/۲۱۷۳	۰/۰۲۸۵
صاعقه	۰/۲۶۷۵	۰/۰۵۴۳	۰/۰۵۷۰
تگرگ	۰/۱۳۳۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
سیل	۰/۵۳۵۰	۰/۰۲۷۲	۰/۰۰۰۰
فرونشست زمین	۰/۰۰۰۰	۰/۱۶۳۰	۰/۰۵۷۰
زلزله	۰/۵۳۵۰	۰/۱۶۳۰	۰/۰۱۱۳۹
باد و توفان	۰/۲۶۷۵	۰/۰۲۷۲	۰/۰۲۸۵

و محاسبات توالی و وزن نمایی به‌شکل جدول زیر است:

جدول ۶. محاسبات توالی و وزن نمایی ماتریس تصمیم

مخاطرات محیطی	شدت	احتمال وقوع	تشخیص
برف شدید/ بارش شدید	۰/۰۷۱۰۶	۰/۶۳۶۴	۰/۸۵۳۹
گرمای شدید	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۸۵۳۹
صاعقه	۰/۰۵۴۱۸	۰/۷۳۹۹	۰/۹۲۴۱
تگرگ	۰/۰۳۴۰۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
سیل	۰/۰۸۶۱۴	۰/۶۳۶۴	۰/۰۰۰۰
فرونشست زمین	۰/۰۰۰۰	۰/۹۳۹۴	۰/۹۲۴۱
زلزله	۰/۸۶۱۴	۰/۹۳۹۴	۱/۰۰۰۰
باد و توفان	۰/۵۴۱۸	۰/۶۳۶۴	۰/۸۵۳۹

۴-۷. گام هفتم: تعیین نمره ارزیابی گزینه‌ها براساس راهبردها

در این بخش امتیاز گزینه‌ها براساس سه راهبرد از سه رابطه زیر حاصل می‌شود. رابطه اول میانگین حسابی امتیازات WSM و WPM را بیان می‌کند، درحالی که رابطه دوم در مقایسه با بهترین‌ها، نمره‌های نسبی WSM^۳ (مدل مجموع وزنی) و WPM^۴ (مدل ضرب وزنی) را بیان می‌کند. رابطه سوم مصالحه‌ای بین مدل‌های WSM و WPM است. در این رابطه λ توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود، اما در حالت ۰/۵ انعطاف‌پذیری زیادی دارد.

1. Simple Additive Weighting
2. Weighted Aggregated Sum Product Assessment
3. Weighted sum model
4. The weighted product model

$$K_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum (P_i + S_i)}$$

$$K_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (۴)$$

$$K_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1-\lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i + (1-\lambda) \max P_i)}$$

بر اساس فرمول‌های بالا محاسبات انجام گرفت و در نتیجه مخاطره گرمای شدید به‌عنوان مهم‌ترین مخاطره محیطی در شهرک صنعتی شرق سمنان شناسایی شد. جزئیات محاسبات در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۷. محاسبات نهایی و رتبه‌بندی

رتبه نهایی	K	رتبه	Kc	رتبه	Kb	رتبه	Ka	نمرات	
۳	۴/۵۵۲۷	۳	۰/۷۰۵۳	۳	۹/۸۷۳۸	۳	۰/۱۳۵۶	۰/۱۵۱۹	برف شدید/ بارش شدید
۱	۶/۸۹۷۹	۱	۱/۰۰۰۰	۱	۱۵/۲۱۱۱	۱	۰/۱۹۲۳	۰/۱۲۲۸	گرمای شدید
۴	۴/۳۱۸۰	۴	۰/۶۸۵۸	۴	۹/۳۰۳۹	۴	۰/۱۳۱۹	۰/۱۳۹۲	صاعقه
۸	۰/۸۹۹۴	۸	۰/۱۲۵۹	۸	۲/۰۰۰۰	۸	۰/۰۲۴۲	۰/۰۸۱۴	تگرگ
۶	۳/۸۷۳۷	۷	۰/۵۴۶۶	۵	۸/۵۹۷۷	۷	۰/۱۰۵۱	۰/۱۲۳۱	سیل
۷	۳/۳۳۸۰	۶	۰/۵۴۲۸	۷	۷/۱۱۱۹	۶	۰/۱۰۶۳	۰/۰۸۵۴	فرونشست زمین
۲	۶/۵۰۵۲	۲	۰/۹۵۸۶	۲	۱۴/۲۸۷۶	۲	۰/۱۸۴۳	۰/۱۵۹۰	زلزله
۵	۳/۸۹۸۲	۵	۰/۶۲۵۰	۶	۸/۳۷۸۶	۵	۰/۱۲۰۲	۰/۱۳۷۳	باد و توفان

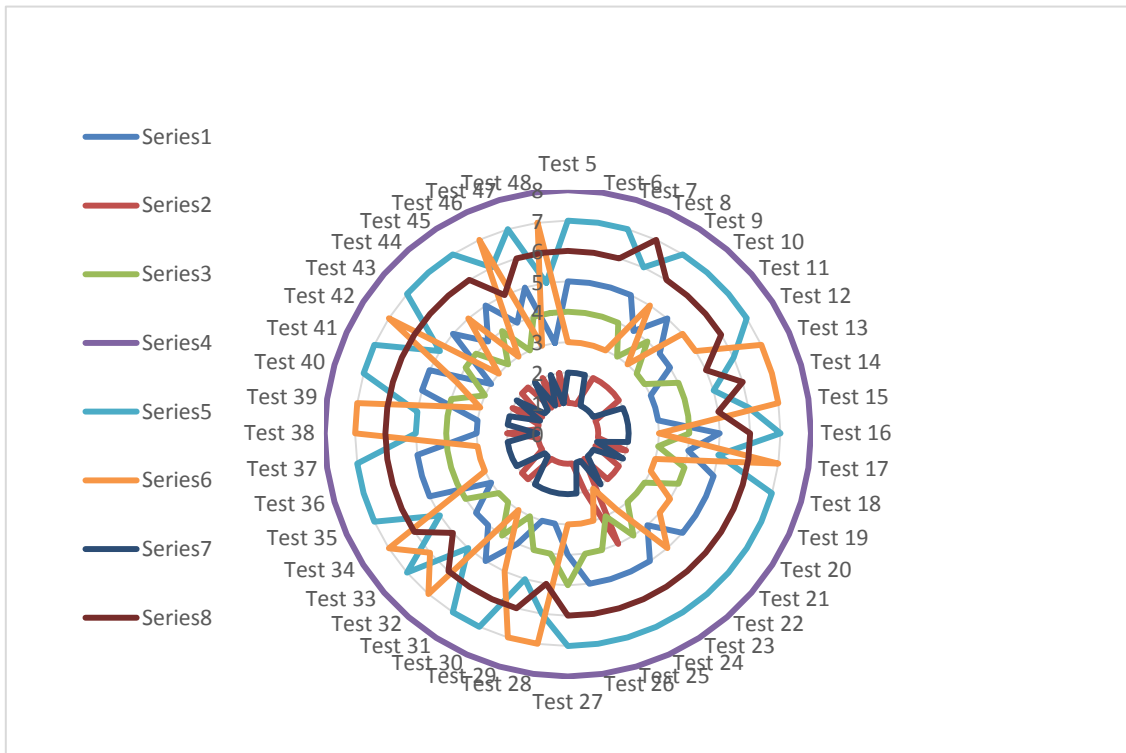
۵. بحث و تحلیل حساسیت

در این تحقیق از روش COCOSO برای رتبه‌بندی مخاطرات محیطی استفاده شد. در سیستم‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که نتایج بهینه‌اند، مگر اینکه گزینه‌ها در دنیای واقعی اتفاق بیفتند و بتوان به آنها نمره واقعی داد و سپس با نتایج کار تحقیقی مقایسه کرد تا مشخص شود رتبه‌بندی انجام‌گرفته چقدر درست بوده است. این روش در مسئله این مقاله امکان‌پذیر نیست، چراکه بسیاری از این مخاطرات در حد ریسک بالقوه‌اند و هنوز اتفاق نیفتاده‌اند. در عوض برای بررسی بهتر نتایج به‌دست‌آمده و اعتبارسنجی آنها می‌توان از تحلیل حساسیت استفاده کرد. هدف از تحلیل حساسیت این است که ببینیم با تغییر داده‌ها چه تأثیری در مدل و نتایج ایجاد می‌شود و در واقع مشخص کنیم نتایج چقدر پایدارند. در این زمینه در تحلیل حساسیت نیاز به تغییر در داده‌ها و بررسی نتایج حاصل داریم. این تغییرات می‌تواند در داده‌های ماتریس تصمیم یا در وزن‌ها باشد. بی‌گمان تغییر در داده‌های ماتریس تصمیم یا به‌عبارتی تغییر در نمره‌های گزینه‌ها نسبت به معیارها سبب تغییر نتایج خواهد شد و بررسی این موضوع خروجی خاصی نخواهد داشت. از این‌رو تغییر وزن‌ها می‌تواند تحلیل مناسبی از حساسیت روش را نشان دهد. برای این کار براساس یزدانی و همکاران [۶۱]، تعداد ۴۸ داده تصادفی از سه وزن ایجادشده با محوریت وزن‌های اصلی ایجاد شد که در جدول ۷ آورده شده است. بی‌گمان مجموع وزن‌های تصادفی تولیدشده در هر سطر عدد ۱ است و در این جدول در مواردی تصادفی بعضی از وزن‌ها عوض شده و بعضی از وزن‌ها تغییری نکرده است و وزن اولیه را دارند.

جدول ۸. جدول داده‌های ایجادشده برای تحلیل حساسیت

وزن‌های ایجادشده تصادفی			
0.6688	0.2173	0.1139	تست ۱
0.719775476	0.135971293	0.144253231	تست ۲
0.13683705	0.601264842	0.261898108	تست ۳
0.905424752	0.007400987	0.087174261	تست ۴
0.239964954	0.699236196	0.06079885	تست ۵
0.261419433	0.59842007	0.140160497	تست ۶
0.090463855	0.063510316	0.846025829	تست ۷
0.938160482	0.910199702	0.848360184	تست ۸
0.421716246	0.287723614	0.290560141	تست ۹
0.303256869	0.436153756	0.260589375	تست ۱۰
0.29029819	0.116836325	0.592865485	تست ۱۱
0.312132774	0.069110685	0.618756541	تست ۱۲
0.729191742	0.184450126	0.086358133	تست ۱۳
0.645008289	0.174968459	0.180023252	تست ۱۴
0.65415257	0.244036283	0.101811147	تست ۱۵
0.142458407	0.80143701	0.056104584	تست ۱۶
0.51612179	0.28668692	0.197191289	تست ۱۷
0.164906372	0.319042291	0.516051336	تست ۱۸
0.057704886	0.760879685	0.181415428	تست ۱۹
0.146005739	0.205357801	0.64863646	تست ۲۰
0.17451845	0.120155857	0.705325693	تست ۲۱
0.36942931	0.265781034	0.364789656	تست ۲۲
0.082280304	0.846777198	0.070942499	تست ۲۳
0.067764882	0.170960632	0.761274486	تست ۲۴
0.184289492	0.393518558	0.42219195	تست ۲۵
0.110129218	0.830260818	0.059609964	تست ۲۶
0.45242239	0.534509446	0.013068164	تست ۲۷
0.603743805	0.389932547	0.006323648	تست ۲۸
0.572318186	0.298890035	0.128791779	تست ۲۹
0.481053274	0.390884887	0.128061839	تست ۳۰
0.063353904	0.796615997	0.140030099	تست ۳۱
0.564825967	0.053051497	0.382122536	تست ۳۲
0.35455897	0.089755657	0.555685373	تست ۳۳
0.775916152	0.04259129	0.181492558	تست ۳۴
0.243202142	0.65110068	0.105697178	تست ۳۵
0.328165844	0.475299899	0.196534257	تست ۳۶
0.019640749	0.796948695	0.183410556	تست ۳۷
0.595248424	0.125008374	0.279743202	تست ۳۸
0.840826181	0.095653737	0.063520082	تست ۳۹
0.080803068	0.790876418	0.128320514	تست ۴۰
0.240030107	0.127088704	0.632881189	تست ۴۱
0.670452115	0.147773272	0.181774612	تست ۴۲
0.191243817	0.2707983	0.537957883	تست ۴۳
0.365235462	0.281421354	0.353343184	تست ۴۴
0.240448803	0.612302416	0.147248781	تست ۴۵
0.413689908	0.05018831	0.536121782	تست ۴۶
0.29377317	0.486323523	0.219903307	تست ۴۷
0.566856888	0.182060311	0.251082801	تست ۴۸
0.6688	0.2173	0.1139	وزن اصلی

براساس هر کدام از ۴۸ مورد وزن محاسبه شده در مدل قرار داده شد و رتبه بندی عوامل مشاهده شد. نتیجه این تست ها در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳. نمودار تحلیل حساسیت داده ها

جمع بندی رتبه های به دست آمده گزینه ها با ۴۸ وزن تصادفی هر گزینه در جدول زیر آورده شده است. برای نمونه این جدول نشان می دهد که در این آنالیز حساسیت، گزینه یا مخاطره ۱ رتبه های ۳، ۴ و ۵ را آورده است.

جدول ۹. جدول تحلیل حساسیت رتبه گزینه ها نسبت به تغییر وزن

گزینه/رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱			٪۲۷	٪۲۱	٪۵۲			
۲	٪۵۸	٪۴۰		٪۲				
۳				٪۶۷	٪۲	٪۳۱		
۴								٪۱۰۰
۵				٪۲	٪۱۹	٪۱۳	٪۶۷	
۶		٪۲	٪۴۴	٪۸	٪۱۰	٪۴	٪۳۱	
۷	٪۴۲	٪۵۸						
۸					٪۱۳	٪۸۵	٪۲	

همان طور که مشاهده می شود، مدل در برابر تغییرات پایداری مناسبی نشان داده است. برای نمونه مخاطره آخر در ۴۸ تست رتبه خود را حفظ کرده است و بیشتر گزینه ها علی رغم تغییرات تصادفی وزن ها رتبه های خود را حفظ کرده اند. برای نمونه همان طور که در شکل زیر دیده می شود، گزینه آخر همواره رتبه خود را علی رغم تغییرات وزن ها حفظ کرده است. گزینه های دیگر به فراخور نزدیکی به یکدیگر به واسطه تغییرات وزن ها، تغییرات اندکی در رتبه بندی داشته اند. به ویژه رتبه های یک و دو که مهم ترین گزینه ها هستند از ثبات زیادی برخوردارند، به گونه ای که گزینه ۷ در ۴۲ درصد مواقع رتبه ۱ و در ۵۸ درصد مواقع رتبه

۲ بوده است یا گزینه ۲ در ۵۸ درصد مواقع رتبه ۱ و در ۴۰ درصد مواقع رتبه ۲ بوده است. به عبارت دیگر مخاطرات ۲ و ۷ در ۹۹ درصد مواقع رتبه ۱ یا ۲ بوده‌اند که ثبات تصمیم‌گیری در این روش را نشان می‌دهند.

۶. نتیجه‌گیری

همان‌طور که مشاهده شد این تحقیق در راستای رتبه‌بندی مخاطرات محیطی در شهرک‌های صنعتی انجام گرفته بود. با توجه به اینکه مقالات متعددی در زمینه مخاطرات محیطی در شهرها انجام گرفته، درحالی‌که شهرک‌های صنعتی به دلیل جایگاه ویژه‌شان در زمینه تولید محصولات مورد نیاز جامعه و تجمع افراد در این مکان‌ها به نظر می‌رسد گزینه مناسبی برای پاره‌ای از تحقیقات است. از این‌رو در این مقاله تلاش شد که مخاطرات محیطی تأثیرگذار در شهرک صنعتی سمنان شناسایی و رتبه‌بندی شود. در این تحقیق پس از مرور ادبیات، هشت مخاطره محیطی برای شهرک صنعتی سمنان شناسایی و نیز با نظر خبرگان سه معیار برای ارزیابی آنها استفاده شد. سپس با نظر خبرگان ماتریس تصمیم تدوین شد و با استفاده از روش COCOSO رتبه‌بندی انجام گرفت که نتیجه آن به ترتیب به شرح زیر است.

۱. گرمای شدید؛

۲. زلزله؛

۳. برف شدید/ بارش شدید؛

۴. صاعقه؛

۵. باد و توفان؛

۶. سیل؛

۷. فرونشست زمین؛

۸. تگرگ.

بنابراین گرمای شدید به‌عنوان مهم‌ترین مخاطره محیطی برای شهرک صنعتی سمنان شناسایی شد. گرمای شدید افزون‌بر تعطیلی واحدهای صنعتی، سبب قطعی برق و در نتیجه کاهش بازده تولید، بروز سوانح در محیط کار و خرابی تجهیزات تولیدی می‌شود. در رده دوم نیز با توجه به زلزله‌خیز بودن شهر سمنان، زلزله به‌عنوان یک مخاطره مهم طبیعی شناخته شد. زلزله شدید می‌تواند عواقب ویرانگری چون تخریب سوله‌های تولیدی، آسیب به ماشین‌آلات، آتش‌سوزی و مشکلات لجستیکی داشته باشد. نتیجه این تحقیق می‌تواند برای شرکت‌های تولیدی مستقر در شهرک صنعتی سمنان مفید باشد و در نتیجه با تشکیل کارگروه‌های تخصصی طرح‌هایی برای کاهش صدمات این مخاطرات تدوین شود.

منابع

- [۱]. ابراهیمی، لیلا؛ و سپهر، فاطمه (۱۳۹۶). بررسی نقش و تأثیر مخاطرات محیطی در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهر نوشهر (با تأکید بر زلزله). کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری.
- [۲]. اسماعیل‌نژاد، مرتضی (۱۴۰۱). ارزیابی مخاطرات محیطی سواحل دریای عمان؛ یک ارزیابی مبتنی بر رویکرد مشارکتی. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*. ۳(۳)، ۱-۱۷.
- [۳]. افسری، رسول؛ و شهسوار، محمدسینا (۱۴۰۱). تحلیل فضایی تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر سیل، مطالعه موردی: نواحی منطقه یک شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، ۱۰(۴)، ۱۱۹-۱۳۳. doi: 10.22059/jurbangeo.2023.351188.1758
- [۴]. آلکانتارا آیالا، ایراسما (۱۳۸۹). «کاربردهای علم ژئومورفولوژی، مخاطرات طبیعی در آسیب‌پذیری و جلوگیری از بلایای طبیعی در کشورهای در حال توسعه». ترجمه رضا خوش‌رفتار، *رشد آموزش جغرافیا*، ۲۵(۲)، ۱۴-۲۳.
- [۵]. آلکانتارا آیالا، ایراسما (۱۳۸۹). کاربردهای علم ژئومورفولوژی، مخاطرات طبیعی: آسیب‌پذیری و جلوگیری از بلایای طبیعی در کشورهای در حال توسعه، ترجمه رضا خوش‌رفتار، *رشد آموزش جغرافیا*، ۲۵(۲).
- [۶]. اهلرس، اکارت (۱۳۹۲). بازگشت به زمین جغرافیا در عصر انسان، ترجمه عباس سعیدی، *جغرافیا*، ۱۱(۳۷)، ۷-۲۱.
- [۷]. ایمانی، بهرام؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ و مجیدی راد، ندا (۱۳۹۷). ارزیابی واکنش‌های پایداری سیستم‌های روستایی به مخاطرات خشکسالی با رویکرد تشدید فرایندهای بادی (روستاهای منطقه کاشان و آران و بیدگل). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۵(۱)، ۸۵-۱۰۹. doi: 10.22059/jhsci.2018.249175.316
- [۸]. بدری، سیدعلی؛ کریم‌زاده، حسین؛ سعدی، سیما؛ و کاظمی، نسرين (۱۳۹۸). تحلیل فضایی تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات زلزله، مطالعه موردی: شهرستان مریوان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶(۱)، ۱-۱۶.
- [۹]. پورطاهری، مهدی؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ و صادقلو، طاهره (۱۳۹۰). ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: استان زنجان).
- [۱۰]. پورطاهری، مهدی؛ حاجی‌نژاد، علی؛ فتاحی، احدالله؛ و نعمتی، رضا. (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس- مطالعه موردی: روستاهای دهستان چالان چولان شهرستان دود، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۸(۳)، ۲۹-۵۲.
- [۱۱]. پورمحمد، فرشته؛ زارع، مهدی؛ درستیان، آرزو؛ عکاشه، بهرام؛ و مجرب، مسعود (۱۴۰۱). تحلیل خطر احتمالی زلزله و ارزیابی جنبش نیرومند زمین در جنوب غرب البرز. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۹(۴)، ۳۱۱-۳۱۵. doi: 10.22059/jhsci.2023.353115.760۳۲۳
- [۱۲]. پیروزی، الناز؛ اصغری سراسکانرود، صیاد؛ و زینالی، بتول (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان خلخال در برابر مخاطره محیطی زمین‌لرزه. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰(۳)، ۲۴۵-۲۶۰. doi: 10.22059/jhsci.2023.366500.796۲۶۰
- [۱۳]. چپی، کامران؛ محمدی مطلق، احمد؛ احمدی، خهبات؛ زندی، سحر؛ و مروتی، مهوش (۱۳۹۱). درک مخاطرات طبیعی توسط متخصصین و دانشجویان. همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی.
- [۱۴]. حاجی‌نژاد، علی؛ بدلی، احد؛ و آقایی، واحد (۱۳۹۴). بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در مناطق شهری دارای سکونتگاه‌های غیررسمی با استفاده از GIS (مطالعه موردی مناطق ۱ و ۵ شهر تبریز). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۴(۶)، ۳۳-۵۶. doi: 10.22111/jneh.2016.2522
- [۱۵]. حاجی‌نژاد، علی؛ عسگری، علی؛ محمدی، سمیه؛ و رمضان‌زاده لسبویی، مهدی (۱۳۹۲). نقش مشارکت مردم در فرایند بازسازی کالبدی ناشی از بلایای طبیعی - مورد شهر بهم، *جغرافیا*، ۱۱(۳۷)، ۲۱۷-۲۳۲.
- [۱۶]. حسام، رسول؛ ضرابی، اصغر؛ و تقوایی، مسعود (۱۳۹۸). پتانسیل‌سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعه شهری ایمن (مطالعه موردی: شهر گنبدکاووس). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۶(۱)، ۱۷-۳۲. doi: 10.22059/jhsci.2019.280517.465۳۲
- [۱۷]. حسنلو، حمیدرضا؛ حسینی درونکلایی، سیده‌زهرا؛ حسین‌زاده، بابک (۱۴۰۱). معرفی مدلی کیفی برای آموزش شهروندی در مخاطرات محیطی با تکیه بر گرند تئوری (مطالعه موردی: آتش‌سوزی بزرگ). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۹(۳)، ۲۴۱-۲۵۳.
- [۱۸]. حسینی، سیدرسول؛ امیری، عبدالله؛ و یاری، سجاد (۱۳۹۵). کاهش مخاطرات زیست‌محیطی طرح‌های احداثی یا توسعه شهرک‌های صنعتی با رویکرد پدافند غیرعامل، کنفرانس پدافند غیرعامل و توسعه پایدار.

- [۱۹]. دلارام، رقیه؛ فتوحی، صمد؛ نگارش، حسین؛ و المدرسی، سیدعلی (۱۴۰۲). بررسی مخاطرات توفان‌های ماسه‌ای و جابه‌جایی بارخان‌ها بر مسیر ارتباطی نصرت‌آباد-فهرج. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰(۳)، ۱۸۳-۱۹۸. doi: 10.22059/jhsci.2023.364639.793
- [۲۰]. رحیمی‌هرآبادی، سعید؛ و هدائی‌آرانی، مجتبی (۱۳۹۳). آسیب‌شناسی مطالعات ژئوسیستم‌ها در ایران و ضرورت آن در پایداری محیط (مورد: ریگ بلند آران و بیدگل)، مؤسسه جغرافیای دانشگاه تهران، مجموعه مقالات اولین همایش ملی علوم جغرافیایی ایران، ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۳.
- [۲۱]. رستمی فتح‌آبادی، محمد؛ جعفری‌گلو، منصور؛ و مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۹). تحلیل فضایی مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۷(۳)، ۳۱۳-۳۲۹. doi: 10.22059/jhsci.2020.310534.609329
- [۲۲]. سبحانی، پروانه؛ و دانه‌کار، افشین (۱۴۰۲). ارزیابی مخاطرات محیطی و آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده حرا با استفاده از مدل DPSIR. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰(۳)، ۲۱۵-۲۳۲. doi: 10.22059/jhsci.2023.366567.797
- [۲۳]. سلمانی، محمد؛ بدری، سیدعلی؛ مطوف، شریف؛ و کاظمی ثانی عطاالله، نسرين (۱۳۹۴). ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات طبیعی، مورد مطالعه: شهرستان دماوند. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۲(۴)، ۳۹۳-۴۰۹. doi: 10.22059/jhsci.2015.58266
- [۲۴]. شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ و عمونیا، حمید (۱۳۹۶). ضرورت‌ها و راهکارهای مدیریت آسیب‌پذیری شهرها از دیدگاه مخاطرات و بلاایای طبیعی. همایش ملی دانشجویی جغرافیا و برنامه‌ریزی.
- [۲۵]. صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ زمانی، مهدی؛ و صدوق، سیدحسن (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۸(۳)، ۲۶۷-۲۸۲. doi: 10.22059/jhsci.2021.329335.669
- [۲۶]. عزمی، آئیژ؛ میرزایی‌قلعه، فرزاد؛ درویشی، سبا (۱۳۹۴). جایگاه دانش بومی در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها (مطالعه موردی: دهستان شیرز- شهرستان هرسین)، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۴(۱۳)، ۲۳-۳۹.
- [۲۷]. فصیحی، حبیب‌اله؛ سلیمانی‌مهرنجان، محمد؛ احمدنیا کوهستانی، سمیرا (۱۴۰۰). بررسی پیامدهای محیطی شهرک صنعتی تالش در زیست‌بوم‌های پیرامونی (مورد مطالعه: روستای کشلی). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۱(۶۱)، ۳۳۷-۳۵۰.
- [۲۸]. قهرودی تالی، منیژه؛ مجیدی هروی، آیتا؛ و عبدلی، اسماعیل (۱۳۹۵). آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۵(۱۷)، ۲۱-۳۵.
- [۲۹]. نیسانی سامانی، زینب، آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ و نیسانی سامانی، نجمه (۱۴۰۰). تحلیل عدم قطعیت ریسک مخاطره آتش‌سوزی جنگل مبتنی بر نظریه شهود دمپستر- شافر (مطالعه موردی: بخشی از جنگل‌های کرمانشاه). *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۸(۴)، ۴۱۳-۴۳۰. doi: 10.22059/jhsci.2022.334588.690
- [۳۰]. یعقوب‌زاده، مریم؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ میکاییلی تبریزی، علیرضا؛ دانه‌کار، افشین؛ و مصلحی، مریم (۱۴۰۰). اولویت‌بندی مخاطرات محیطی جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۰(۳۰)، ۶۹-۸۲. doi: 10.22111/jneh.2020.34699.1675
- [۳۱]. یونسین، مسعود؛ دستورانی، محمدجواد؛ نوری، جعفر؛ محوی، امیرحسین؛ نشاط، علی‌اصغر؛ و محمودیان، سانازسادات (۱۳۸۸). ارزیابی اثرات بهداشت محیطی احداث شهرک‌های صنعتی. *مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی*، ۷(۱)، ۹-۱.
- [32]. Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in coastal city of Semarang (Indonesia): characteristics, impacts and causes. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 4(3), 226-240.
- [33]. Alam, M. S., & Haque, S. M. (2022). Multi-dimensional earthquake vulnerability assessment of residential neighborhoods of Mymensingh City, Bangladesh: A spatial multi-criteria analysis based approach. *Journal of Urban Management*, 11(1), 37-58.
- [34]. Alcántara-Ayala, Irasema. (2002). Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. *Geomorphology*, 47, 107-124.
- [35]. Bagheri-Gavkosh, M., Hosseini, S. M., Ataie-Ashtiani, B., Sohani, Y., Ebrahimian, H., Morovat, F., & Ashrafi, S. (2021). Land subsidence: A global challenge. *Science of The Total Environment*, 778, 146193.
- [36]. Barlian, E., Hermon, D., Dewata, I., & Umar, I. (2020). Mitigation and adaptation of community using AHP in earthquake disaster-prone areas in Pagar Alam City-Indonesia. *International Journal of Management and Humanities*, 4(9), 34-38.
- [37]. Bernardo, B. J., Nhambire, E., Freia, A., de Jesus, O. M., Guambe, J. J. J., Ombe, Z., & Dgedge, G. (2022). Impacts of hailstorm on urban agriculture in Northern of Maputo City and Matola (Mozambique)-An analysis

- from a climate change perspective: An analysis from a climate change perspective. *Cadernos de Geografia*, (46), 51-64.
- [38]. Britton, N. R., (1986). Developing an Understanding of Disaster. *Journal of Sociology*, 22(2), 254-271.
- [39]. Casali, Y., Yonca Aydin, N., & Comes, T. (2022). Machine learning for spatial analyses in urban areas: a scoping review. *Sustainable Cities and Society*. 104050. 10.1016/j.scs.2022.104050.
- [40]. Cea, L.; & Costabile, P. (2022). Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change. A Review. *Hydrology*, 9, 50. <https://doi.org/10.3390/hydrology9030050>
- [41]. Chang, H, Pallathadka, A. Sauer, J, Grimm, N.B., Zimmerman, R., Cheng, C., Iwaniec, D.M., Kim, Y., Lloyd, R., McPhearson, T., Rosenzweig, B., Troxler, T., Welty, C., Brenner, R., Herreros-Cantis, P. (2021) Assessment of urban flood vulnerability using the social-cological-technological systems framework in six US cities, *Sustainable Cities and Society*, 68, 2021
- [42]. de Sá Silva, A. C. R., Bimbato, A. M., Balestieri, J. A. P., & Vilanova, M. R. N. (2022). Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103475.
- [43]. Esfandyari, F., gafari, A., & Lotfi, K. (2014). Vulnerability Assessment Cities nearby Faults using TOPSIS Method& GIS: A Case Study of Ardabil. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 3(4), 17-33. doi: 10.22111/jneh.2014.2466
- [44]. Ghasemi, A., & Amanollahi, J. (2020). Evaluating and Forecasting the Probability of Lightning Occurrence in Rasht City. *Geography and Environmental Sustainability*, 10(1), 21-35.
- [45]. He, X. C., Yang, T. L., Shen, S. L., Xu, Y. S., & Arulrajah, A. (2019). Land subsidence control zone and policy for the environmental protection of Shanghai. *International journal of environmental research and public health*, 16(15), 2729.
- [46]. Hernández-Hernández, M., Olcina, J., & Morote, Á. F. (2020). Urban stormwater management, a tool for adapting to climate change: From risk to resource. *Water*, 12(9), 2616.
- [47]. Herreros-Cantis, P., Olivotto, V., Grabowski, Z. J., & McPhearson, T. (2020). Shifting landscapes of coastal flood risk: environmental (in) justice of urban change, sea level rise, and differential vulnerability in New York City. *Urban transformations*, 2(1), 9.
- [48]. Jay, O., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., ... & Ebi, K. L. (2021). Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities. *The Lancet*, 398(10301), 709-724.
- [49]. Jiang, W. & Tan, Y. (2022). Overview on failures of urban underground infrastructures in complex geological conditions due to heavy rainfall in China during 1994–2018. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103509.
- [50]. Jin, C., Shu, Y., Han, Z., Chen, Q., He, J., & Wang, S. (2022). Lightning disaster risk zoning in Jiangsu province of china based on the analytic hierarchy process and entropy weight method. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 943000.
- [51]. Kheirizadeh Arouq, M., Esmailpour, M., & Sarvar, H. (2020). Vulnerability assessment of cities to earthquake based on the catastrophe theory: a case study of Tabriz city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1-21.
- [52]. Laino, E., & Iglesias, G. (2023). Extreme climate change hazards and impacts on European coastal cities: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 184, 113587.
- [53]. Lyu, H. M., Shen, S. L., Zhou, A., & Yang, J. (2020). Risk assessment of mega-city infrastructures related to land subsidence using improved trapezoidal FAHP. *Science of the Total Environment*, 717, 135310.
- [54]. Marengo, J. A., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Young, A., Barreto, N. J., & Ramos, A. M. (2020). Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1472(1), 5-20.
- [55]. Mphambukeli, T. N. (2020). Hailstorm and human excreta: Navigating the hazardous landscapes in low-income communities in Mangaung, South Africa. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2, 523891.
- [56]. Mu, D., Luo, P., Lyu, J., Zhou, M., Huo, A., Duan, W., ... & Zhao, X. (2021). Impact of temporal rainfall patterns on flash floods in Hue City, Vietnam. *Journal of Flood Risk Management*, 14(1), e12668.
- [57]. Shadmaan, S., & Islam, A. I. (2021). Estimation of earthquake vulnerability by using analytical hierarchy process. *Natural Hazards Research*, 1(4), 153-160.
- [58]. Sharma, S., Neupane, B., Kc, H. B., Koirala, M. P., Damase, N. P., Dhakal, S., ... & Said, R. (2022). Lightning threats in Nepal: occurrence and human impacts. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 1-18.
- [59]. Villamil, D. E., Rojas, H. E., Santamaria, F., & Diaz, W. (2021). Lightning Risk and Disaster Risk Management at the beginning of the 2020s. In 2021 35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA) (1, 01-05). IEEE.

- [60]. Wang, J., Chen, Y., Liao, W., He, G., Tett, S. F., Yan, Z., ... & Hu, Y. (2021). Anthropogenic emissions and urbanization increase risk of compound hot extremes in cities. *Nature Climate Change*, 11(12), 1084-1089.
- [61]. Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E. & Turskis, Z. (2019), A combined compromise solution (COCOSO) method for multi-criteria decision-making problems, *Management Decision*, 57(9), 2501-2519. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017>