Journal of Health and Safety at Work 2021; 10(4): 349-375

ORIGINAL RESEARCH PAPER

A Conceptual Model for Identifying and Ranking Environmental Risks in Industrial Parks (A Case Study of Hashtgerd Industrial Estate)

Manouchehr Omidvari[1,*], Zahra Rafighi[2], Samareh Omidvari[3]

[1] Safety industrial engineering Department, Industrial and Mechanical Engineering Faculty, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran.
[2] Economic of environmental, Islamic Azad University, Science and Research Branch,Tehran, Iran.
[3] Health Researcher, Faculty of Medicin, Shahid Beheshti Medical Science University, Tehran, Iran.

Received: 2018-10-10 Accepted: 2020-04-25

ABSTRACT

Introduction: The main purpose of this study was to identify and evaluate environmental problems and their ranking and to determine the conceptual model of environmental impact assessment (EIA) in industrial parks. Accordingly.

Material and Methods: In this study, environmental infrastructure issues were classified into five sections. The decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) technique was also employed to establish the relationships between the criteria. Moreover, the analytic network process (ANP) was utilized to determine their weight.

Results: Examining the internal relationships between the variables correspondingly revealed that cultural and economic criteria were the most influential. On the other hand, the biological criterion was very effective. The ANP results also showed that the "low share of environmental investment" as an indicator was an economic criterion with a normal weight of 0.80, which was of utmost importance among the other defined cases.

Conclusion: It was concluded that the definition of conceptual models in EIA processes can make it possible to examine and analyze the criteria and indicators affecting evaluation processes.

Keywords: *Environmental, Risk, Industrial city, FMEA, DEMATEL, ANP*

1. INTRODUCTION

Currently, there are many concerns about the environmental risks of industrial parks. The most important risks posed by the development of such estates are habitat destruction, air pollution, hazardous industrial wastewater, harmful solid waste, noise and radiation, soil contamination, dangerous materials, leakage, climate change, and industrial accidents. The severity of the risks in industrial parks has also reached the extent that many researchers have considered their rapid and effective control as one of the basic requirements in the management of such estates. It is also necessary to pay attention to social issues, such as unauthorized occupations and constructions, unprincipled harvesting and exploitation of water and soil resources, as well as conversion and land use change in assessing the environmental risks of industrial parks. In this sense, there is consensus among researchers and managers regarding the importance of environmental risks in industrial estates. The key to managing environmental risks is to identify and prioritize them. Based on the risk results, appropriate short- and long-term solutions can be thus adopted. Therefore, the main purpose of this study was to provide a conceptual model of environmental risks in an industrial park in Iran.

2. MATERIALS AND METHODS

At the first step, the risk level of the identified environmental hazards was evaluated according to the expert opinions, and the results of risk analysis and evaluation were examined using the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) process (Table 1). As shown in Table 1, the highest risk is related to the priority of wastewater production, gas emissions, and water pollution. The results of solving the decision-making trial and evaluation

* Corresponding Author Email: *Omidvari88@yahoo.com*

Copyright © 2021 The Authors. Published by Tehran University of Medical Sciences.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

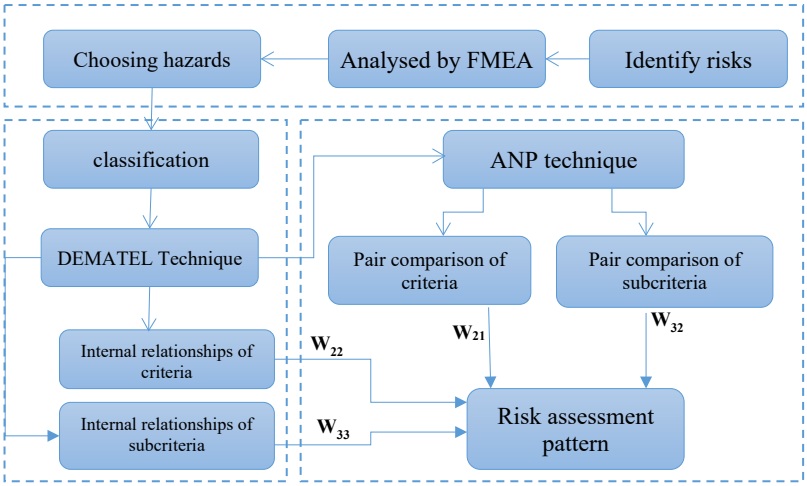


Fig. 1: The proposed framework is a Hybrid DEMATEL-ANP –FMEA approach

Table 1: Identified risk with FMEA technique

Rank	Result	RPN	D	O	S	Symbol	Sub criteria	Main criteria
20	High	32.3	2.5	3.5	3.7	S_{11}	Development of urban safety	Social (C1)
16	High	33.6	2.6	3.7	3.5	S_{12}	Land used change	
4	High	39	2.5	3.9	4	S_{13}	Water source management	
21	High	32.3	2.8	3.2	3.6	S_{14}	Ownership	
23	Low	16.4	2.2	2.4	3.1	S_{15}	Unsafe development	
27	Low	10.1	1.9	2.3	2.3	S_{16}	Slope / fault	
3	High	40.4	2.8	3.8	3.8	S_{21}	water	Biological (C2)
19	High	32.4	2.5	3.6	3.6	S_{22}	outbreak	
5	High	39	2.7	3.8	3.8	S_{23}	Plants	
6	High	38	2.7	3.8	3.7	S_{24}	Animals	
22	Medium	28.9	2.5	3.4	3.4	S_{25}	Stress	
17	High	33.7	2.6	3.5	3.7	S_{31}	Investment	Economical (C3)
12	High	34.6	2.6	3.6	3.7	S_{32}	Cost of waste water treatment	
11	High	35	2.7	3.5	3.7	S_{33}	Cost of recycle	
10	High	35	2.7	3.6	3.6	S_{34}	Safety equipment	
28	Low	86.2	1.7	2.3	2.2	S_{35}	Income of residents	
26	Low	11.2	1.8	2.6	2.4	S_{36}	Energy	
1	High	42.6	2.8	3.9	3.9	S_{41}	Waste water	Physical & Chemical (C4)
2	High	40.8	2.9	3.8	3.7	S_{42}	Chemical agent	
13	High	34.3	2.8	3.4	3.6	S_{43}	Aero cell solid	
14	High	34.2	2.5	3.6	3.8	S_{44}	Solid waste	
15	High	32.7	2.4	3.8	3.7	S_{45}	Green space	
29	Low	8.1	1.6	2.2	2.3	S_{46}	Physical agent	
25	Low	11.9	1.7	2.7	2.6	S_{47}	Wind direction	
9	High	35	2.7	3.6	3.6	S_{51}	Native culture	Cultural (C5)
18	High	33.7	2.6	3.7	3.5	S_{52}	Energy consumption	
7	High	37.5	2.6	3.9	3.7	S_{53}	Safety warning sign	
8	High	37.3	2.8	3.6	3.7	S_{54}	Transportation	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

laboratory (DEMATEL) model to determine causal relationships in the main environmental risk criteria are also illustrated in Table 2. In this sense, the biological factor is the most influential indicator and the social.

3. RESULTS AND DISCUSSION

are the most effective criteria in environmental risks. Besides, the results showed that two biological and physical-chemical factors had been affected and three social, biological, and cultural criteria could be assumed as cause or effect.

According to the results obtained from the analytic network process (ANP) model for the sub-criteria, the first three priorities were:

a. "Low share of environmental investment" indicator with a normal weight of 0.80, as the most important one
b. The indicator of "residents' lack of awareness about the importance of environmental issues" with a normal weight of 0.699, as the second priority
c. "High costs of construction of wastewater treatment plants" indicator with a normal weight of 0.677, as the third priority

According to the obtained results, the conceptual model of the EIA of the industrial estates is shown in Fig. 2.

4. CONCLUSION

In the present study, using the decision-making models, an attempt was made to provide a conceptual model for assessing the environmental risks of industrial parks. According to the research on EIA conducted in Iran and due to the expansion of various industries in industrial estates as well as pollution rate of these industries, few studies has been unfortunately done on EIA in these parks. The results of this research can be thus used in other studies related to health, safety, and environment (HSE) risks, and the model presented in other resource evaluation processes can be exploited. In this model, the affected and the influential factors were identified, as clearly stated in the model. Some parameters could be thus effective in creating or developing industrial parks with an environmental approach that should be considered and evaluated. In this study, factors such as sociocultural risks were among those emphasized in the development of industrial estates.

5. ACKNOWLEDGMENT

The authors thank and appreciate the management of Hashtgerd industrial estates.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۰/ شماره ۴/ زمستان ۱۳۹۹ صفحات ۳۴۹-۳۷۵

ارائه الگوی مفهومی شناسایی و رتبه بندی ریسک های محیط زیستی در شهرک صنعتی (مطالعه موردی: شهرک صنعتی هشتگرد)

منوچهر امیدواری[۱،*]، زهرا رفیقی[۲]، ثمره امیدواری[۳]

[۱] گروه مهندسی صنایع، ایمنی صنعتی، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران
[۲] گروه اقتصاد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
[۳] دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱۸، تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۶

چکیده

مقدمه: شهرک‌های صنعتی به عنوان ابزاری مهم و مفید در توسعه و رشد اقتصادی کشورها مورد توجه بوده اند. شهرک های صنعتی سهم بسزایی در درآمد ملی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دارند. اما در عین حال می‌توانند باعث بروز مشکلات محیط زیستی در سطح جامعه گردند. در کشورهای در حال توسعه مشکلات محیط زیست یکی از مهم ترین چالش های اصلی مدیریت شهرک‌های صنعتی است. در این مطالعه به شناسایی و ارزیابی مشکلات محیط زیست و رتبه‌بندی آن‌ها در شهرک‌های صنعتی پرداخته شده است. هدف از این مطالعه تعیین الگوی مفهومی ارزیابی ریسک های محیط زیست درشهرک های صنعتی بود.

روش کار: دراین مطالعه؛ با استفاده از نظر خبرگان و منابع در دسترس ریسک‌های محیط زیست مرتبط با شهرک های صنعتی شناسایی شد. سپس احتمال وقوع، شدت تاثیر و قابلیت شناسایی هر ریسک تعیین گردید. در این پژوهش شاخص های محیط زیستی در پنج بخش اجتماعی، فرهنگی، بیولوژیکی، اقتصادی، فیزیکی - شیمیایی دسته‌بندی شد. بر اساس دسته بندی انجام شده پرسشنامه ای برای تعیین مقایسات ذوجی تدوین شد. برای تعیین روابط بین معیارها از تکنیک DEMATEL و برای تعیین وزن اهمیت آن ها از روش تحلیل شبکه استفاده شد. جهت بکارگیری رویکرد ترکیبی DANP-FMEA در یک مطالعه موردی به ارزیابی ریسک های محیط زیست در یکی از بزرگترین شهرک های صنعتی پرداخته شده است. شهرک صنعتی هشتگرد از حدود ۸ هزار نفر در ۱۰۰ واحد تولیدی و صنعتی فعال تشکیل شده است. در این مطالعه تمام واحدهای فعال شهرک توسط یک چک لیست مورد بررسی قرار گرفت و خطرات محیط زیست در انها شناسایی و لیست گردید. سپس بصورت نمونه برداری خوشه ای تصادفی در این بخش تحقیق ۸۲ واحد صنعتی از بین ۱۰۰ واحد صنعتی فعال آن انتخاب و در مطالعه شرکت داده شده است.

یافته ها: بررسی روابط درونی میان متغییرها نشان داده است معیار های فرهنگی و اقتصادی از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار هستند. از سوی دیگر معیار بیولوژیکی نیز از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. نتایج تحلیل شبکه نشان داد که شاخص «سهم پایین سرمایه گذاری محیط زیست» از معیار اقتصادی با وزن نرمال ۰/۰۸۰ از بیشترین اهمیت در بین سایر شاخص‌های تعریف شده برخوردار است.

نتیجه گیری: تعیین مدل های مفهومی در فرایندهای ارزیابی ریسک محیط زیست این امکان را ایجاد می کند که معیارها و شاخص های اثر گذار در فرایند ارزیابی به صورت کامل مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. هم چنین در این فرایندها با توجه به تعیین وزن تاثیر و روابط علی و معلولی آن می توان برنامه های موثری رادر کنترل ریسک های محیط زیست داشت.

کلمات کلیدی: *محیط زیست؛ ریسک ؛ شهرک صنعتی؛ DMATEL, ANP, FMEA*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *omidvari88@yahoo.com*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مقدمه

با توجه به مشکلات محیط زیست در دهه اخیر و توجه بسیاری از سازمان های دولتی و بین المللی به مسائل محیط زیست لازم است که در خصوص اثرات ایجاد شده توسط فرآیندهای کاری بر ریسک های محیط زیست تحقیقات گسترده ای صورت پذیرد. یکی از این فرآیندهای موثر بر محیط زیست، توسعه شهرک های صنعتی می باشد که در دهه اخیر توسعه آن ها در کشورهای مختلف از جمله ایران به سرعت در حال شکل گیری و گسترش است. در خصوص اثراتی که این شهرک ها می توانند بر محیط زیست وارد نمایند تحقیقات گسترده ای صورت گرفته است. یکی از ابزارهایی که در خصوص مشکلات محیط زیست می توان از آن استفاده نمود ابزار ریسک است به طوری که با استفاده از ابزار ریسک می توان میزان تاثیر و احتمال اثر گذاری توسعه شهرک های صنعتی را بر فرآیندهای محیط زیست شناسایی و ارزیابی نمود و در نهایت با توجه به اثراتی که بر روی مسایل محیط زیست می گذارد می توان در خصوص کنترل آن ها تصمیم گیری کرد و کنترل مناسبی را اتخاذ نمود.

شهرک‌های صنعتی همواره به عنوان ابزاری مهم و مفید در توسعه و رشد اقتصادی کشورها مورد توجه بوده اند. شهرک های صنعتی سهم بسزایی در درآمد ملی کشورها توسعه یافته و در حال توسعه دارند. اما در عین حال می‌توانند باعث بروز مشکلات محیط زیستی در سطح جامعه گردند (۱). در حال حاضر نگرانی‌های بسیاری در ارتباط با ریسک های محیط زیست توسط این مناطق وجود دارد. مهم ترین ریسک هایی ناشی از توسعه شهرک های صنعتی عبارتند از ویرانی سکونت گاه ها، آلودگی‌های هوا، ایجاد فاضلاب صنعتی خطرناک، زباله‌های خطرناک، صدا و تشعشعات خطرناک، آلودگی خاک، مواد خطرناک، نشت مواد، تغییرات آب و هوایی و حوادث صنعتی. شدت ریسک ها در شهرک‌های صنعتی به حدی رسیده است که بسیاری از محققان، کنترل سریع و موثر ریسک های محیط زیستی در این مناطق را یکی از الزمات اساسی مدیریت چنین شهرک‌هایی بر شمرده‌اند (۲).

ریسک در تعریف عام، احتمال بروز یک واقعه مشخص با شدتی مشخص در زمانی مشخص است. تقریباً همه کوشش‌های بشری دربردارنده درجاتی از ریسک است، با این همه برخی از آن ها ریسک‌های بیشتری را به همراه دارند. در ادبیات مالی، ریسک را می‌توان به صورت رویدادهای غیرمنتظره که معمولاً به صورت تغییر در ارزش دارایی‌ها یا بدهی‌ها می‌باشد، تعریف کرد. ریسک های محیط زیست می تواند بسیاری از منابع سازمان را به خطر بی اندازد که با اولویت بندی ریسک ها می توان نسبت به اختصاص منابع لازم جهت کنترل آن ها، بصورت درست و منطقی اقدام نمود(۳). ریسک می تواند به عنوان یک ابزار مناسب تصمیم گیری، در خدمت مدیران برای تغییر و توسعه فرایندها استفاده شود. به طور کلی ریسک ها را نمی توان به طور کامل حذف کرد، اما می توان به حد قابل قبول یا قابل تحمل کاهش داد. بنابراین هدف مدیریت ریسک ایجاد یک چارچوب نظام مند و مستمر به منظور شناسایی، ارزیابی، حذف، کنترل، پیشگیری و کاهش خطرات می باشد(۴). طی تحقیقی که توسط آمگا و همکاران (۲۰۱۷) صورت گرفت یکی از مهم ترین ریسک های مناطق صنعتی، تولید آلودگی در مناطق شهری است. وجود صنایع و شهرک های صنعتی در اطراف شهر های بزرگ می تواند این مسئله را تشدید کند. به طوری که از مهم ترین پیامدهای ریسک های محیط زیست در اثر وجود شهرک های صنعتی می توان به؛ بروز بیماری‌های خطرناک، ازبین رفتن پوشش گیاهی و زیستگاه های موجود، از بین رفتن تدریجی جانوران و آبزیان اشاره کرد. هم چنین نقش شهرک های صنعتی در تاثیر جهانی آلودگی های ایجاد شده مانند تخریب لایه اوزن، باران‌های اسیدی و گرمایش زمین قابل توجه می باشد(۵). در تحقیق که توسط کریشنا و موهان (۲۰۱۶) صورت گرفته به ایجاد بحران های زیست محیطی در اثر بروز حریق، انفجار، نشت مواد اشاره شده است. هم چنین در این تحقیق از مهم ترین اثرات محیط زیست شهرک های صنعتی به تغییر رنگ آب های جاری، سطحی و زیرزمینی و نشت شدید مواد شیمیایی از طریق فاضلاب به این منابع پرداخته شده است(۶). یکی از معضلاتی که در صنایع مختلف مورد توجه قرار گرفته است ایجاد بحران های نشت مواد شیمیایی توسط صنایع شیمیایی می باشد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

که در تحقیقی که توسط لیو و همکاران (۲۰۱۶) صورت گرفت به ایجاد آلودگی های شیمیایی مانند انتشار دود، گازها و بخارات سمی، تولید و دفع پساب ها و پسماندهای جامد صنعتی توسط شهرک های صنعتی اشاره شده است(۷). به منظور کاهش اثرات محیط زیست توسط شهرک های صنعتی لازم است مکان یابی مناسبی در خصوص شهرک های صنعتی صورت بگیرد لذا یکی از پارامترهای موثر تصمیم گیری که در بسیاری از منابع به آن اشاره شده، میزان ریسک محیط زیست ناشی از توسعه شهرک های صنعتی است که می تواند اثرات زیادی بر مسائل محیط زیست شهری بگذارد. از دیگر مشکلات توسعه شهرک های صنعتی ریسک های اجتماعی است. توسعه مناطق مسکونی در نزدیکی این شهرک ها در ارزیابی ها ریسک توسعه شهرک های صنعتی لازم است مورد توجه قرار گیرد. هم چنین علاوه بر وجود عوامل شیمیایی مانند انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق با گسترش صنایع و مهاجرت کارگران به این مناطق باعث افزایش جمعیت و کاهش بهداشت عمومی و تغییر در فرهنگ جامعه پذیرنده، شود (۸). در ارزیابی های ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی لازم است مسائل اجتماعی نیز مورد توجه قرار گیرد از جمله تصرفات و ساخت و سازهای غیر مجاز، برداشت و بهره برداری غیر اصولی از منابع آبی و خاکی، تبدیل و تغییر کاربری اراضی را می توان ذکر نمود. اگرچه در رابطه با اهمیت ریسک‌های زیست محیطی در شهرک‌های صنعتی، توافقی همگانی در بین محققان و مدیران وجود دارد، اما نکته اساسی در مدیریت ریسک های محیط زیست، شناسایی و اولویت بندی آن ها است تا بر این اساس بتوان راهکارهای کوتاه مدت و بلند مدت مناسبی را اتخاذ نمود. در تدوین استراتژی های کنترل ریسک های محیط زیستی شهرک های صنعتی باید عوامل اقتصادی از جمله سهم پایین سرمایه‌گذاری محیط زیستی، گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب یا سیستم دفع زباله و بازیافت مورد توجه قرار گیرد. به عقیده کوژمانویچ و همکاران در سال ۲۰۱۵ ، قابل ذکر است که بدون ارزیابی ابعاد و جنبه‌های مختلف ریسک‌های زیست محیطی، مدیریت چنین ریسک‌هایی امکان‌پذیر نمی‌باشد (۹).

در صورت عدم استفاده از ابزار ریسک نمی توان ریسک های ایجاد شده در توسعه شهرک های صنعتی را مورد توجه و اولویت بندی قرار داد . لذا شاید در خصوص توسعه شهرک ها دچار خطا شویم. استفاده از ابزار ریسک این امکان را ایجاد می کند که تمامی پارامترهای موثر در توسعه شهرک های صنعتی را مدنظر قرار داده و برنامه مناسبی را در توسعه اقتصادی و مکانی شهرک های صنعتی ارائه دهیم. ابزار ریسک می تواند با اولویت یندی پارامترهای موثر بر ریسک های محیط زیستی شهرک های صنعتی استراتژی های مناسبی را در خصوص توسعه شهرک ها ارائه دهد.

لذا این تحقیق با هدف ارائه یک الگوی مفهومی ریسک های محیط زیست در شهرک صنعتی (مطالعه موردی شهرک صنعتی هشتگرد) به اجرا درآمد. در این مطالعه سئوال اصلی که به دنبال پاسخ به آن می باشیم؛ پارامترهای موثر بر ریسک های محیط زیست در شهرک های صنعتی چیست و چه ارتباطی با یکدیگر دارند؟

ادبیات موضوع

ریسک‌های محیط زیست از جمله مهم ترین ریسک‌های مطرح شده در توسعه پایدار، مدیریت زنجیره تامین، مدیریت صنعتی و مطالعات بهداشتی محسوب می‌شوند. به خصوص در سالیان اخیر و با افزایش دغدغه جامعه بشری راجع به مشکلات ناشی از آلودگی محیط زیست، این دسته از ریسک‌ها اهمیت بیشتری یافته و توسط محققان مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته اند. در برخی از این مطالعات از روش FMEA برای ارزیابی ریسک های محیط زیستی در زنجیره تامین به صورت کیفی استفاده کردند. به طوریکه در این مطالعه به اهمیت پارامترهای اجتماعی، بیولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی در خصوص ارزیابی های زیست محیطی اشاره شده است (۱۰). در مطالعه‌ای دیگر، سلک و همکاران (۲۰۱۷)، به ارزیابی ابعاد مختلف ریسک‌های محیط زیست پرداخته و دریافتند که ترکیبی از عوامل اقتصادی، اجتماعی و خطرات بیولوژیکی، خطرات فیزیکی و شیمیایی در شکل گیری شدت ریسک‌های محیط زیست نقش دارند. این محققان بر اساس نتایج به دست آمده توصیه‌هایی چون

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

لزوم توجه به توسعه پایدار، ملاحظات اجتماعی-اقتصادی و شفافیت در ارزیابی و مدیریت ریسک را ارائه نمودند (۱۱). مارتین و مارتین (۲۰۱۷)، مطالعه‌ای توصیفی راجع به ریسک‌های محیط زیست انجام دادند و بیان کردند که نه تنها این دسته از ریسک‌ها ناشی از ترکیبی از عوامل فرهنگی، بیولوژیکی و فیزیکی و شیمیایی هستند، بلکه پیامدها و عواقب آن نیز شامل مشکلات اجتماعی، محیط زیست و اقتصادی می‌گردد. این محققان استفاده از استراتژی‌های فردی برای اجتناب از آلودگی محیط زیست را به عنوان یک راه حل تاثیرگذار در کاهش ریسک‌های محیط زیست معرفی کردند (۱۲). از سوی دیگر به دلیل ماهیت خاص شهرک‌های صنعتی، مقوله ریسک‌های محیط زیست در این شهرک‌ها همواره مورد توجه محققان بوده است. در مطالعه ای که توسط ندلسکیو و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص ریسک‌های زیست محیطی در شهرک‌های صنعتی انجام شد، اشاره گردید که در شهرک های صنعتی یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی آلودگی های خاک و هوا ناشی از فرآیندهای انجام گرفته در شهرک های صنعتی می باشد (۱۳). در مطالعه‌ای دیگر که توسط گابارون و همکاران (۲۰۱۷) در رابطه با ریسک‌های محیط زیست شهرک‌های صنعتی انجام شد نیز اشاره گردید که ریسک آلودگی خاک در این مناطق در سطح بسیار بالایی بوده و در صورت عدم مدیریت صحیح، مشکلات زیادی برای کارکنان این شهرک‌ها و مناطق همجوار ایجاد می‌کند (۱۴). در مطالعه‌ای دیگر، لی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی آلودگی‌های زیست محیطی در تعدادی از شهرک‌های صنعتی چین پرداختند. این محققان بر اساس داده‌های به دست آمده گزارش کردند که آلودگی فلزات سنگین در خاک این مناطق بسیار شدید بوده و سطح بالای سرب در خاک این شهرک‌ها مشکلاتی را برای سلامتی کودکان ساکن در اطراف این شهرک ها ایجاد می کند (۱۵). درمطالعات دیگری که در شهرک‌های صنعتی انجام شد نیز نشان داده شده است که آلودگی بالای آب و خاک در این مناطق و ورود مواد آلاینده به زنجیره غذایی باعث بروز مشکلات زیادی برای سلامتی و بهداشت ساکنین مناطق همجوار شهرک‌های صنعتی شده است. لذا در ارزیابی ریسک محیط زیستی شهرک های صنعتی باید به مسایل اجتماعی و بهداشتی مناطق اطراف شهرک های صنعتی توجه کرد (۹و۱۶و۱۷).

در توسعه شهرک های صنعتی لازم است ابتدا به شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های محیط زیست پرداخته شود و تمام عوامل موثر بر ریسک ها تعیین گردد تا بتوان ریسک‌های محیط زیست در شهرک‌های صنعتی را به شکل موثری، مدیریت نمود. بنابراین شناسایی عوامل موثر بر ریسک های (RCF[1]) محیط زیست برای کنترل آن از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا مسئله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) [2] در این رابطه می تواند مورد توجه قرار گیرد. برخی از محقیقن AHP[3] و ANP[4]را به عنوان یک روش مناسب در اکثر مواردی که مربوط به تصمیم گیری است، می دانند (۱۸و۱۹). در مطالعات مختلف انجام شده مشخص گردید، برای تعیین وزن عوامل مختلف لازم است که روابط بین معیارها و شاخص ها و روابط درونی بین معیارها و شاخص ها مشخص شود. برای این منظور توصیه شده که ازدیمتل[5] استفاده گردد. سپس برای تعیین وزن شاخص ها از مدل تحلیل شبکه ANP استفاده گردد. ساخت مدل فرایند تحلیل شبکه ای مستلزم شناخت روابط و آثار متقابل میان معیارها و زیرمعیارهای مساله است تا واقعی ترین حالت از شبکه ایجاد شود، تعیین اوزان نهایی به کمک روش ANP شامل استخراج بردارهای وزنی و تشکیل ابرماتریس است. در روش هیبریدی DEMATEL-ANP (DANP) برای به دست آوردن وابستگی درونی سوپرماتریس تعیین وزن آن ها یکی از تکنیک های نوآورانه هیبریدی است (۱۹و۲۰و۲۱و۲۲).

در مطالعات انجام گرفته درخصوص روش‌های ارزیابی ریسک زیست محیطی از روش های مختلف ریسک و تصمیم گیری استفاده زیادی شده است ولی در هیچ کدام از آن ها به صورت تلفیقی ار روش های تصمیم گیری همراه با روش ریسک استفاده نشده است. در بسیاری از مطالعات مرتبط از روش های تصمیم گیری فقط در تعیین اولویت ریسک ها استفاده شده است. از طرفی

1- Risk contributing factor
2- Multi Criteria Dicesion Making
3-Analytical hiarchy processing
4- Analytical Network processing
5- DEMATEL

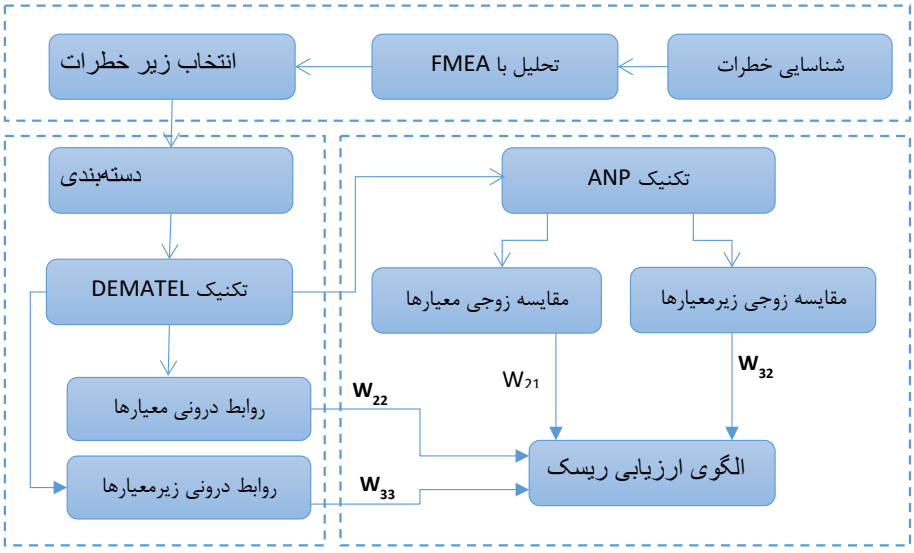
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

با توجه به تحقیقاتی که در کشورهای در حال توسعه مرتبط با ارزیابی ریسک‌های محیط زیست انجام شده است و هم چنین باتوجه به گسترش صنایع مختلف در شهرک‌های صنعتی و گسترش آلودگی‌های این شهرک ها در شهرهای اطراف لازم است توجه ویژه ای به ارزیابی ریسک محیط زیستی شهرک های صنعتی گردد. لذا در تحقیق حاضر هدف اصلی تعیین الگوی مفهومی ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های محیط زیستی در شهرک صنعتی هشتگرد می باشد. شهرک صنعتی هشتگرد یکی از بزرگترین شهرک های صنعتی اطراف کلان شهر تهران بوده که دارای صنایع مختلف آلاینده است. لذا توجه به این نوع شهرک های صنعتی که تنوع مختلف صنعتی در آن وجود دارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

روش کار

تحقیق حاضر از نظر هدف یک تحقیق کاربردی مدل سازی کیفی – کمی است که در آن به ارزیابی خطرات محیط زیست در شهرک های صنعتی پرداخته شده است. جامعه مورد بررسی در مطالعه حاضر را خبرگان و کارشناسان ارشد حوزه شهرک های صنعتی و محیط زیست تشکیل می‌دهند. در این مطالعه از روش سرشماری جهت انتخاب خبره ها استفاده شد. در این تحقیق از ۹ نفر که تمامی آن ها دارای مدرک کارشناسی ارشد در زمینه صنایع یا محیط زیست بوده و آشنایی کامل با مفهوم مدل ANP و DEMATEL داشتند، به عنوان خبره استفاده شده است.

یکی از ابزارهای موثر در ارزیابی ریسک های محیط زیست الگوی FMEA می باشد. در فاز اول این مطالعه با استفاده از الگوی FMEA اقدام به پالایش، ترکیب و شناسائی معیارهای اثر گذار (RCF) بر ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی بر مبنای الگوی FMEA گردیده است (۱۹). سپس از رویکرد ترکیبی ANP-DEMATEL (DANP) جهت تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی آن ها استفاده شده. در نهایت به ارائه مدل مفهومی انتخاب مهمترین عوامل ریسک محیط زیستی در شهرک های صنعتی پرداخته شده است. با توجه به این که بین معیارها و زیر معیارهای ریسک های محیط زیست می تواند روابط دورنی و بیرونی وجود داشته باشد؛ لذا از روش ANP استفاده شد که این ارتباط در مدل سازی مفهومی لحاظ شد. هم چنین برای به دست آوردن ارتباط مذکور از روش DEMATEL استفاده شد تا بتوان ارتباط بین گزینه ها با هم، معیارها باهم، و گزینه و معیار با یکدیگر را تعیین نمود. از طرفی چون خروجی تکنیک ANP وزن معیارها را تعریف می کند، در مدل مفهومی



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی رویکرد ترکیبی FMEA– DEMATEL.ANP

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۱. شدت اثر (S)

ضعیف	متوسط	بحرانی	فاجعه‌بار
۱	۲	۳	۴

جدول ۲. احتمال وقوع یا نرخ وقوع (O)

جزئی (به‌ندرت)	گاه‌گاه (کم)	محتمل (متوسط)	مکرراً
۱	۲	۳	۴

جدول ۳. قابلیت کشف خطا (D)

قابل شناسایی	با احتمال ۵۰-۵۰	غیر قابل شناسایی
۱	۲	۳

جدول ۴. تعیین درجه و سطح ریسک زیست محیطی

سطح ریسک	ضعیف	متوسط	بالا
درجه ریسک	۱-۲۴	۲۵-۳۱	۳۲-۴۸

جدول ۵. طیف معادل عبارات کلامی تکنیک دیمتل (۳۰)

متغیر زبانی	بدون تاثیر	تاثیر کم	تاثیرگذار	تاثیر زیاد	تاثیر خیلی زیاد
معادل کمی	۰	۱	۲	۳	۴

ارزیابی ریسک از این وزن ها استفاده شده است (۲۳و۲۴و ۲۵و۲۶). الگوی کلی رویکرد ترکیبی تحقیق حاضر در شکل ۱ ارائه شده است.

منطق *FMEA*

در فاز اول این مطالعه با استفاده از منطق FMEA اقدام به پالایش، ترکیب و شناسائی معیارهای موثر بر خطرات محیط زیست شد. برای تعیین وزن ریسک‌های محیط زیست با منطق FMEA به ارزیابی شدت اثر (S)، نرخ وقوع (O) و قابلیت کشف خطر (D) پرداخته شده است. از ترکیب آنها عدد اولویت ریسک (RPN) را به دست آمد. در پرسشنامه مذکور از خبرگان خواسته شده است که برای هریک از ریسک‌های محیط زیست، شدت اثر، نرخ وقوع و درجه تشخیص مقداری از خیلی کم تا زیاد را با یک طیف ۴ درجه و ۳ درجه طبق جداول ۱ تا ۳ تخصیص دهند.

محاسبه مقدار «عدد اولویت ریسک» یا RPN برای هر شاخص طبق رابطه ۱محاسبه می‌شود:

$$RPN = S \times O \times D \qquad (1)$$

طبق جدول ۴ هرشاخصی که در سطح ریسک ضعیف قرار گیرد از ادامه مطالعه حذف خواهد شد.

تکنیک *دیمتل*

تکنیک دیمتل توسط مرکز تحقیقاتی جنوا ارائه شده است. (۲۷و۲۸) از این تکنیک برای شناسایی الگوی روابط علی میان متغیرها استفاده می‌شود (۲۹). در مطالعه حاضر از تکنیک دیمتل جهت تعیین الگوی روابط علی میان معیارهای اصلی استفاده شده است. با استفاده از این روش کارشناسان می توانند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیماتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه علی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود از خروجی تکنیک دیمتل به عنوان ماتریس روابط درونی معیارهای اصلی ($\mathbf{W}_{22}$) استفاده خواهد شد. مراحل اجرای تکنیک دیمتل به صورت زیر است:

گام ۱) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم: ابتدا دیدگاه خبرگان گردآوری شده است و با طیف ۵ تایی ارائه شده در جدول ۵ کمی شده است. زمانیکه از دیدگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا X را تشکیل می‌دهیم.

گام ۲) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال: در این مرحله نرمال‌سازی جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. بزرگترین عدد سطر و ستون k را تشکیل می‌دهد. طبق رابطه ۲ تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

$$k = max\{max \sum_{j=1}^{n} x_{ij}, \sum_{i=1}^{n} x_{ij},\}$$
$$N = \frac{1}{k} * X \qquad (۲)$$

گام ۳) محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم کامل: برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت طبق رابطه ۳ ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم:

$$N \times (I - N)^{-1} \qquad (۳)$$

فرایند تحلیل شبکه (ANP)

روش تحلیل شبکه‌ای به وسیله ساعتی و تاکی زاوا در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد شد(۳۱). روش ANP تعمیم روش AHP است. در بسیاری موارد لزوماً روابط سلسله‌مراتبی حاکم نیست و روابط درونی بین خوشه‌ها وجود دارد. در این صورت الگوی سلسله‌مراتبی ساده به شبکه ای از روابط، تغییر شکل می‌دهد. به همین دلیل به تکنیک ANP فرآیند تحلیل شبکه گویند (۳۲). در این مطالعه معیارهای اصلی و زیر معیارهای هریک از معیارهای اصلی با استفاده از مقایسه زوجی تعیین اولویت شده‌اند. برای این منظور از طیف نه درجه ساعتی استفاده شده است. (جدول ۶)

برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش ANP از روش میانگین هندسی استفاده شده است. برای تعیین وزن نهائی، خروجی مقایسه زوجی عناصر و روابط درونی آنها، از یک سوپرماتریس طبق رابطه ۴ استفاده شده است. در این سوپرماتریس بردار W_{21} اهمیت هریک از معیارهای اصلی را براساس هدف نشان می‌دهد.

بردار W_{22} نشان دهنده روابط بین معیارهای اصلی ماخوذ از خروجی تکنیک دیمتل است. بردار W_{32} نشان دهنده اهمیت هر یک از زیرمعیارها در خوشه مربوط به خود می‌باشد. بردار W_{32} نشان دهنده روابط بین زیرمعیارها ماخوذ از خروجی تکنیک دیمتل است. درایه‌های صفر نیز گویای بی‌تأثیر بودن فاکتورها در محل تلاقی سطر و ستون بر یکدیگر است.

جدول ۶. ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم، مقیاس نه درجه ساعتی (۳۳)

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲-۴-۶-۸	بینابین	ارزشهای بینابین را نشان می‌دهد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۷. ریسک‌های شناسایی شده با تکنیک FMEA

ردیف	معیار	زیر معیار	نماد	تعریف
۱	اجتماعی (C_1)	توسعه ایمنی شهری	S_{11}	توسعه ایمنی مناطق مسکونی در نزدیکی شهرک صنعتی
		تغییر کاربری	S_{12}	تبدیل و تغییر کاربری اراضی
		مدیریت منابع آبی	S_{13}	برداشت و بهره برداری غیر مجاز از منابع آبی و خاکی
		تصرف	S_{14}	تصرفات عدوانی و ساخت‌وساز غیر مجاز و غیر ایمن
		توسعه عمرانی غیر ایمن	S_{15}	انجام فعالیت های توسعه ای غیر ایمن(راه سازی ، توسعه عمرانی)
		شیب زمین/ گسل	S_{16}	عدم توجه به شیب زمین و گسل در ساخت شهرک صنعتی
۲	بهداشتی (C_2)	بهداشت آب	S_{21}	تغییر رنگ و ورود مواد شیمیایی در آب های جاری، سطحی و زیرزمینی
		شیوع بیماری	S_{22}	بیماری های مزمن و حاد ریوی ساکنین همجوار
		پوشش گیاهی	S_{23}	انهدام و از بین رفتن پوشش گیاهی و زیستگاه ها
		حیوانات/ آب زیان	S_{24}	از بین رفتن تدریجی جانوران و آبزیان با شهرک صنعتی
		استرس	S_{25}	ایجاد استرس و مسائل روان شناختی
۳	اقتصادی (C_3)	سرمایه گذاری	S_{31}	سهم پایین سرمایه گذاری محیط زیست
		هزینه تصفیه خانه	S_{32}	گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب
		هزینه سیستم بازیافت	S_{33}	گران بودن احداث سیستم دفع زباله و بازیافت
		تجهیزات حفاظتی و ایمنی	S_{34}	کمبود امکانات و تجهیزات حفاظتی - ایمنی
		درآمد مردم	S_{35}	درآمد کم و ناچیز مردم
		حامل های انرژی	S_{36}	هزینه حامل های انرژی
۴	فیزیکی و شیمیایی (C_4)	فاضلاب	S_{41}	تولید و دفع پساب های صنعتی
		اعوامل شیمیایی	S_{42}	انتشار دوده، گازها و بخارات سمی
			S_{43}	انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق
		پسماند جامد	S_{44}	تولید و دفع پسماندهای صنعتی
		فضای سبز	S_{45}	میزان سرانه فضای سبز
		عوامل فیزیکی	S_{46}	انتشار ارتعاش، صوت و روشنایی
		گلباد	S_{47}	جهت و شدت باد غالب
۵	فرهنگی (C_5)	فرهنگ بومی	S_{51}	عدم آگاهی بومیان درباره اهمیت مسائل زیست محیطی
		مصرف انرژی	S_{52}	عدم توجه به استاندارد انرژی در مصرف
		تابلوهای هشدار ایمنی	S_{53}	عدم نصب تابلوهای هشداردهنده و مورد نیاز
		حمل و نقل	S_{54}	عدم رعایت حمل و نقل صحیح

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{32} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

در مرحله بعد با استفاده از مفهوم نرمال کردن، سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون (نرمال) تبدیل می‌شود. در سوپرماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک می‌شود. گام بعدی محاسبه سوپرماتریس حد می‌باشد. سوپرماتریس حد با توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون بدست می‌آید. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا تمامی عناصر سوپر ماتریس شبیه هم شود. در این حالت تمامی درایه‌های سوپرماتریس برابر صفر خواهد بود و تنها درایه‌های مربوط به زیرمعیارها عددی می‌شود که در تمامی سطر مربوط به آن درایه تکرار می‌شود. به این ترتیب وزن نهایی شاخص‌ها تعیین خواهد شد.

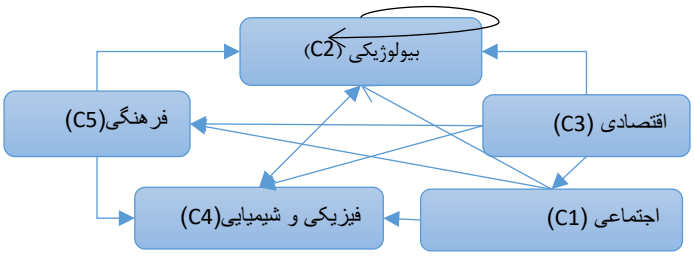
مطالعه موردی

جهت بکارگیری رویکرد ترکیبی FMEA-DANP در یک مطالعه موردی به ارزیابی ریسک های محیط زیست در یکی از بزرگترین شهرک های صنعتی پرداخته شده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۸. ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی

T	C1	C2	C3	C4	C5
C1	۰.۳۴۶	۰.۸۵۱	۰.۵۳۴	۰.۷۵۳	۰.۵۷۰
C2	۰.۳۱۸	۰.۵۹۵	۰.۴۶۸	۰.۶۶۰	۰.۵۴۱
C3	۰.۵۸۳	۰.۷۸۶	۰.۳۸۴	۰.۶۷۸	۰.۶۷۶
C4	۰.۳۶۹	۰.۶۲۷	۰.۴۰۶	۰.۴۰۴	۰.۴۴۰
C5	۰.۴۴۲	۰.۷۳۱	۰.۳۹۶	۰.۶۷۶	۰.۳۸۱



شکل ۲. الگوی روابط درونی ریسک‌های اصلی مدل

است. شهرک صنعتی هشتگرد از حدود ۸ هزار نفر در ۱۰۰ واحد تولیدی و صنعتی فعال تشکیل شده است. در این مطالعه تمام واحدهای فعال شهرک توسط یک چک لیست مورد بررسی قرار گرفت و خطرات محیط زیست در انها شناسایی و لیست گردید. سپس بصورت نمونه برداری خوشه ای تصادفی در این بخش تحقیق ۸۲ واحد صنعتی از بین ۱۰۰ واحد صنعتی فعال آن انتخاب و در مطالعه شرکت داده شده است. پس از شناسائی و غربالگری ریسک‌های محیط زیست به تعیین اولویت این عناصر پرداخته شد. ریسک‌های اصلی مطالعه عبارتند از: ریسک های اجتماعی، بیولوژیکی، اقتصادی، فیزیکی و شیمیایی، فرهنگی. برای هریک از ریسک‌های اصلی زیرمعیارهائی شناسائی شده است. معیارها و زیر معیارهای مورد مطالعه در این تحقیق در جدول ۷ ارائه شده است.

مقایسه زوجی عناصر

در گام بعدی معیارهای اصلی براساس هدف بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. چون پنج معیار وجود دارد. بنابراین ۱۰ مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شده است. ابتدا دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه ساعتی گردآوری شده است. سپس با محاسبه میانگین هندسی نظرات خبرگان تجمیع شده است و برای محاسبه وزن نهایی معیارها استفاده گردیده است. ماتریس مقایسه زوجی، براساس میانگین هندسی دیدگاه خبرگان تنظیم شده است (۳۴). با تقسیم میانگین هندسی هر سطر بر مجموع میانگین هندسی تمام سطرها مقدار وزن نرمال بدست می‌آید که به آن برداریژه نیز گفته می‌شود.

شناسایی روابط درونی معیارهای اصلی

براساس مدل تحقیق در گام بعدی روابط درونی ریسک‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل شناسایی شده است. زمانیکه از دیگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا X را تشکیل می‌دهیم. سپس جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. بزرگترین عدد جمع سطر و ستون محاسبه شده و تمامی مقادیر بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

سپس برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

معکوس ضرب می‌کنیم. ماتریس ارتباط کامل به صورت جدول ۸ به دست آمده است:

برای تعیین نقشه روابط شبکه (NRM) باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. در این مطالعه ارزش آستانه برابر ۰/۵۴۴ بدست آمده است. در روش دیمتل بر اساس نتایج حاصل مقایسه حد آستانه و تشکیل جدول تصمیم می توان بصورت زیر عمل نمود:

- جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است.

- جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است.

- بردار افقی (D+R)، میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.

- بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر عامل محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. با توجه به نتایج این بخش الگوی روابط معنی دار بدست آمد که در شکل ۲ نشان داده شده است، این نتایج اساس تشکیل سوپر ماتریس ANP می باشد. بعبارتی با توجه به الگوی روابط شناسایی شده، ساختار شبکه‌ای تشکیل می شود.

اولویت نهائی شاخص‌ها با تکنیک DANP

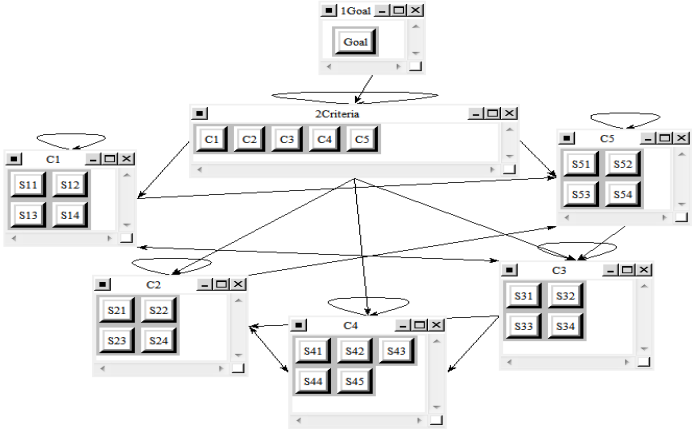
برای تعیین وزن نهائی، خروجی مقایسه معیارهای اصلی براساس هدف و روابط درونی میان معیارها، در سوپرماتریس اولیه یا ناموزن وارد شده است. این سوپرماتریس ابتدا نرمال شده و به صورت سوپرماتریس موزون درآمده است. الگوی شبکه ای مدل با استفاده از تکنیک ANP در نرم‌افزار سوپردسیژن طراحی شده است. براساس این مدل نمودار فرآیند تحلیل شبکه (ANP) به صورت شکل ۳ خواهد بود.

تشکیل مدل مفهومی تحقیق

در انتهای تحقیق با توجه به روابط بدست آمده از دیمتل و ANPمدل اصلی مفهومی تحقیق شکل می گیرد که با توجه به مدل ارائه شده در مطالعه موردی اقدام به ارزیابی ریسک های محیط زیست می گردد.

یافته ها

در قدم اول میزان ریسک خطرات شناسایی شده محیط زیست با توجه به نظر خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل از تحلیل و ارزیابی ریسک‌ها با تکنیک FMEA در جدول ۹ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۹ مشخص است بالاترین ریسک مربوط به (ترتیب اولویت) تولید فاضلاب، انتشار گازها و آلودگی آب



شکل ۳. نمودار ANP اولویت شاخص‌ها و گزینه‌ها در نرم افزار سوپردسیژن

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۹. ریسک‌های شناسایی شده با تکنیک FMEA

معیار اصلی	زیرمعیارهای ابتدایی	نماد	S	O	D	RPN	نتیجه	رتبه
اجتماعی (C1)	توسعه ایمنی شهری	S_{11}	۳.۷	۳.۵	۲.۵	۳۲.۳۷۵	بالا	۲۰
	تغییر کاربری	S_{12}	۳.۵	۳.۷	۲.۶	۳۳.۶۷	بالا	۱۶
	مدیریت منابع آبی	S_{13}	۴	۳.۹	۲.۵	۳۹	بالا	۴
	تصرف	S_{14}	۳.۶	۳.۲	۲.۸	۳۲.۲۵۶	بالا	۲۱
	توسعه عمرانی غیر ایمن	S_{15}	۳.۱	۲.۴	۲.۲	۱۶.۳۶۸	ضعیف	۲۳
	شیب زمین/ گسل	S_{16}	۲.۳	۲.۳	۱.۹	۱۰.۰۵۱	ضعیف	۲۷
بیولوژیکی (C2)	بهداشت آب	S_{21}	۳.۸	۳.۸	۲.۸	۴۰.۴۳۲	بالا	۳
	شیوع بیماری	S_{22}	۳.۶	۳.۶	۲.۵	۳۲.۴	بالا	۱۹
	پوشش گیاهی	S_{23}	۳.۸	۳.۸	۲.۷	۳۸.۹۸۸	بالا	۵
	حیوانات/ آب زیان	S_{24}	۳.۷	۳.۸	۲.۷	۳۷.۹۶۲	بالا	۶
	استرس	S_{25}	۳.۴	۳.۴	۲.۵	۲۸.۹	متوسط	۲۲
اقتصادی (C3)	سرمایه گذاری	S_{31}	۳.۷	۳.۵	۲.۶	۳۳.۶۷	بالا	۱۷
	هزینه تصفیه خانه	S_{32}	۳.۷	۳.۶	۲.۶	۳۴.۶۳۲	بالا	۱۲
	هزینه سیستم بازیافت	S_{33}	۳.۷	۳.۵	۲.۷	۳۴.۹۶۵	بالا	۱۱
	تجهیزات حفاظتی و ایمنی	S_{34}	۳.۶	۳.۶	۲.۷	۳۴.۹۹۲	بالا	۱۰
	درآمد مردم	S_{35}	۲.۲	۲.۳	۱.۷	۸.۶۰۲	ضعیف	۲۸
	حامل های انرژی	S_{36}	۲.۴	۲.۶	۱.۸	۱۱.۲۳۲	ضعیف	۲۶
فیزیکی و شیمیایی (C4)	فاضلاب	S_{41}	۳.۹	۳.۹	۲.۸	۴۲.۵۸۸	بالا	۱
	اعوامل شیمیایی	S_{42}	۳.۷	۳.۸	۲.۹	۴۰.۷۷۴	بالا	۲
	انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق	S_{43}	۳.۶	۳.۴	۲.۸	۳۴.۲۷۲	بالا	۱۳
	پسماند جامد	S_{44}	۳.۸	۳.۶	۲.۵	۳۴.۲	بالا	۱۴
	فضای سبز	S_{45}	۳.۷	۳.۸	۲.۴	۳۳.۷۴۴	بالا	۱۵
	عوامل فیزیکی	S_{46}	۲.۳	۲.۲	۱.۶	۸.۰۹۶	ضعیف	۲۹
	گلباد	S_{47}	۲.۶	۲.۷	۱.۷	۱۱.۹۳۴	ضعیف	۲۵
فرهنگی (C5)	فرهنگ بومی	S_{51}	۳.۶	۳.۶	۲.۷	۳۴.۹۹۲	بالا	۹
	مصرف انرژی	S_{52}	۳.۵	۳.۷	۲.۶	۳۳.۶۷	بالا	۱۸
	تابلوهای هشدار ایمنی	S_{53}	۳.۷	۳.۹	۲.۶	۳۷.۵۱۸	بالا	۷
	حمل و نقل	S_{54}	۳.۷	۳.۶	۲.۸	۳۷.۲۹۶	بالا	۸

می باشد. همچنین نتایج نشان داد که از بین ۲۴ ریسک شناسایی شده تعداد ۵ مورد آنها از میزان درجه ریسک پایین برخوردار بوده است که در محاسبات بعدی مد نظر قرار نگرفته است.

نتایج حاصل از حل مدل دیمتل برای تعیین روابط علی و معلول در معیارهای اصلی ریسک های محیط زیست در جدول ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱۰ مشخص است عامل بیولوژیکی تاثیر گذار پذیر ترین شاخص و عوامل اجتماعی تاثیر گذار ترین معیار در ریسک های محیط زیست محسوب می شود.

همچنین نتایج این بخش تحقیق نشان داد که دو عامل بیولوژیکی و فیزیکی - شیمیایی تاثیر پذیر یا بعبارتی معلول و سه معیار اجتماعی و بیولوژکی و فرهنگی معیار علت یا تاثیر گذار می باشند.

نتایج حاصل از بخش اولویت بندی معیارهای اصلی در جدول ۱۱ آمده است که اولویت پنج معیار اصلی مطالعه را نشان می دهد. همانطور که در جدول ۱۱ مشخص است معیار فیزیکی و شیمیایی (C_4) با وزن نرمال ۰/۲۴۳ از بیشترین اولویت برخوردار است. معیار بیولوژیکی (C_2) با وزن نرمال ۰/۲۱۴ در اولویت دوم قرار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۱۰. نمودار علی ریسک‌های اصلی مدل

معیارهای اصلی	D	R	D+R	D-R
اجتماعی	۳.۰۵۳	۲.۰۵۸	۵.۱۱۱	۰.۹۹۶
بیولوژیکی	۲.۵۸۱	۳.۵۸۹	۶.۱۷۰	-۱.۰۰۸
اقتصادی	۳.۱۰۶	۲.۱۸۸	۵.۲۹۴	۰.۹۱۸
فیزیکی و شیمیایی	۲.۲۴۶	۳.۱۷۰	۵.۴۱۶	-۰/۹۲۴
فرهنگی	۳.۵۲	۳.۳۹	۶.۹۱	۰.۱۳

جدول ۱۱. تعیین اولویت معیارهای اصلی مطالعه

	C1	C2	C3	C4	C5	میانگین هندسی	بردار ویژه	اولویت
C1	1	0.394	1.097	1.311	1.175	0.922	0.182	4
C2	2.537	1	1.763	0.394	0.851	1.085	0.214	2
C3	0.912	0.567	1	0.926	0.633	0.788	0.156	5
C4	0.763	2.537	1.080	1	1.345	1.230	0.243	1
C5	0.851	1.175	1.580	0.743	1	1.033	0.204	3

جدول۱۲. الگوی روابط علی شاخص های مدل

	زیرمعیارها	D	R	D+R	D-R
S11	توسعه ایمنی شهری	2.38	1.53	3.91	0.85
S12	تغییر کاربری	2.55	1.44	3.99	1.11
S13	مدیریت منابع آبی	1.81	1.82	3.63	-0.01
S14	تصرف	2.01	1.69	3.70	0.31
S21	توسعه عمرانی غیر ایمن	1.75	0.89	2.63	0.86
S22	شیب زمین/ گسل	1.57	1.47	3.05	0.10
S23	بهداشت آب	1.18	1.08	2.26	0.10
S24	شیوع بیماری بومی	2.04	1.53	3.57	0.51
S31	پوشش گیاهی	1.42	1.64	3.07	-0.22
S32	حیوانات/ آب زیان	1.59	1.60	3.19	-0.02
S33	استرس	1.06	1.62	2.68	-0.56
S34	سرمایه گذاری در محیط زیست	1.77	2.29	4.06	-0.53
S41	هزینه تصفیه خانه	1.51	1.46	2.97	0.05
S42	هزینه سیستم بازیافت	0.95	1.31	2.27	0.36
S43	تجهیزات حفاظتی و ایمنی	0.89	1.47	2.36	0.59
S44	درآمد مردم	1.16	1.24	2.39	0.08
S45	حامل های انرژی	1.65	2.09	3.74	-0.44
S51	فاضلاب	1.70	1.96	3.66	-0.26
S52	عوامل شیمیایی	1.53	1.90	3.42	-0.37
S53	تابلوهای هشدار دهنده ایمنی	1.46	1.73	3.18	-0.27
S54	پسماند جامد	1.55	1.73	3.29	-0.18

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۱۳. وزن نهائی شاخص‌ها براساس سوپرماتریس حد

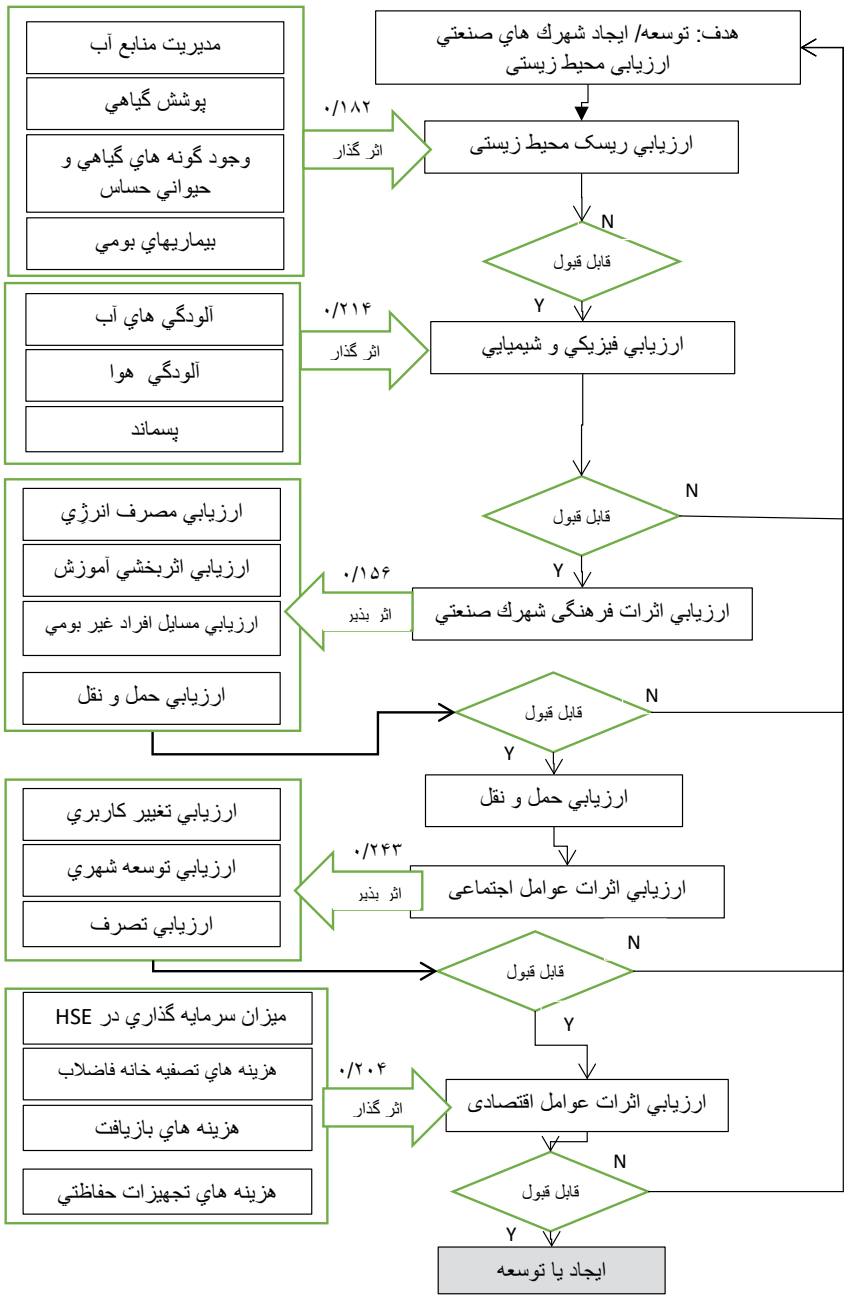
نماد	زیرمعیارها	وزن کل	وزن نرمال	رتبه
S31	سهم پایین سرمایه‌گذاری محیط زیست	۰.۰۴۰۱	۰.۰۸۰۳	۱
S51	عدم آگاهی بومیان درباره اهمیت مسائل ایمنی و زیست محیطی	۰.۰۳۴۷	۰.۰۶۹۳	۲
S32	گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب	۰.۰۳۴۳	۰.۰۶۷۵	۳
S13	توسعه ایمن مناطق مسکونی در نزدیکی شهرک صنعتی	۰.۰۳۳۷	۰.۰۶۷۳	۴
S22	تغییر رنگ آب های جاری، سطحی و زیرزمینی	۰.۰۳۰۵	۰.۰۶۱	۵
S45	تولید و دفع پساب های صنعتی	۰.۰۳	۰.۰۶	۶
S14	تبدیل و تغییر کاربری اراضی	۰.۰۲۸۴	۰.۰۵۶۸	۷
S21	بیماری های مزمن و حاد ریوی ساکنین همجوار	۰.۰۲۵۹	۰.۰۵۱۷	۸
S23	انهدام و ازبین رفتن پوشش گیاهی و زیستگاه های موجود	۰.۰۲۴۴	۰.۰۴۸۹	۹
S12	برداشت و بهره برداری غیر مجاز از منابع آبی و خاکی	۰.۰۲۴۲	۰.۰۴۸۴	۱۰
S11	تصرفات عدوانی و ساخت‌وساز غیر مجاز	۰.۰۲۳۸	۰.۰۴۷۵	۱۱
S33	گران بودن احداث سیستم دفع زباله و بازیافت	۰.۰۲۳۳	۰.۰۴۶۷	۱۲
S43	انتشار دوده، گازها و بخارات سمی	۰.۰۲۳	۰.۰۴۵۹	۱۳
S54	عدم توجه به استاندارد انرژی	۰.۰۲۲۴	۰.۰۴۴۸	۱۴
S52	عدم نصب تابلوهای هشداردهنده و ایمنی	۰.۰۲۱۳	۰.۰۴۲۷	۱۵
S53	عدم رعایت حمل و نقل صحیح	۰.۰۱۷۳	۰.۰۳۴۷	۱۶
S34	کمبود امکانات و تجهیزات حفاظتی	۰.۰۱۷۲	۰.۰۳۴۵	۱۷
S42	تولید و دفع پسماندهای صنعتی	۰.۰۱۴۱	۰.۰۲۸۲	۱۸
S24	از بین رفتن تدریجی جانوران و آبزیان با شهرک صنعتی	۰.۰۱۳۹	۰.۰۲۷۹	۱۹
S41	انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق	۰.۰۱۰۶	۰.۰۲۱۳	۲۰
S44	میزان سرانه فضای سبز	۰.۰۰۶۸	۰.۰۱۳۷	۲۱

دارد. معیار فرهنگی(C_5) با وزن نرمال ۰/۲۰۴ در اولویت سوم قرار دارد. معیار اجتماعی(C_1) با وزن ۰/۱۸۲ در اولویت چهارم قرار دارد. معیار اقتصادی(C_3) نیز با وزن ۰/۱۵۶ در اولویت انتهایی قرار دارد. نرخ ناسازگاری ۰/۰۹ و کوچکتر از ۰/۱ بدست آمده است. بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده از بخش ارزیابی ریسک، تمام ریسک هایی که در سطح بالا قرار دارند در این بخش با استفاده از روش DEMATEL اثر گذاری و اثر بخشی آن مشخص خواهد شد. همچنین با استفاده از تکنیک دیمتل جهت تعیین روابط بین زیر معیارها ریسک محیط زیست اجرا گردید که نتایج آن در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

همانطور که در جدول مشخص است از بین زیر معیارهای اجتماعی زیر معیار منابع آب اثر پذیر و سایر عناصر اثر گذار می باشند و بیشترین تاثیر در معیار اجتماعی مربوط به تغییر کاربری می باشد. در معیار بیولوژیکی زیرمعیار آلودگی آب بیشترین تاثیر را بر معیار بیولوژیکی درخصوص ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی دارد. در حوزه اقتصادی نبود تجهیزات لازم برای کنترل ریسک های محیط زیست مهمترین علت یا اثر گذار ترین عامل بر حوزه اقتصادی و در نهایت بر میزان ریسک های محیط زیست شهرک های صنعتی است. در حوزه فیزیکی و شیمیایی اثر پذیر ترین زیر معیار آلودگی هوا بخصوص انتشار گردو غبار و میزان سرانه فضای سبز در شهرک های صنعتی است که بیشترین تاثیر را از ریسک های محیط زیست می گیرد. در خصوص حوزه فرهنگی تاثیر پذیر ترین زیر معیار مسایل مصرف سرانه انرژی در شهرک های صنعتی است. نتایج حاصل از حل مدل ANPدر خصوص زیر معیارها در جدول ۱۳ نشان داده شده است. طبق نتایج ارائه شده در جدول ۱۳، سه اولویت اول عبارتند از: شاخص "سهم پایین سرمایه‌گذاری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]



شکل ۴. مدل مفهومی ارزیابی ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی

محیط زیست" با وزن نرمال ۰/۰۸۰ از بیشترین اهمیت برخوردار است. شاخص "عدم آگاهی بومیان درباره اهمیت مسائل محیط زیست" با وزن نرمال ۰/۰۶۹ از اولویت دوم برخوردار می‌باشد. شاخص "گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب " با وزن نرمال۰/۰۶۷ در رده سوم اولویت است.

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهائی هریک از شاخص‌های مدل با تکنیک FANP محاسبه شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده می توان مدل مفهومی ارزیابی ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی در شکل ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر با استفاده از مدل های تصمیم گیری سعی در ارائه یک مدل مفهومی برای ارزیابی ریسک محیط زیست شهرک های صنعتی شد. با توجه به تحقیقاتی که در کشور ایران مرتبط با ارزیابی ریسک های محیط زیست انجام شده است و نیز باتوجه به گسترش صنایع مختلف در شهرک های صنعتی و آلودگی های این صنایع متأسفانه بیشتر به ارزیابی اثرات پرداخته شده است و مطالعات اندکی در خصوص ارزیابی ریسک های محیط زیست در شهرک های صنعتی انجام شده است. در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۵ توسط گمز و همکاران انجام شد نشان داد که در این تحقیق ارزیابی آسیب پذیری و شدت اثرات محیط زیستی پرداخته شده است و مفهوم ریسک بصورت کامل مورد ارزیابی قرار نگرفته است. همچنین در این مطالعه فقط اثرات یک منطقه صنعتی را بر روی ساحل و منابع بررسی شده است. مطالعه میزان آسیب پذیری با توجه به پارامتر های محیط زیست بررسی شده و سایر پارامترهای محیط زیست در آن دیده نشده است (۳۴).

در مطالعه ای که لی و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام دادند به تاثیر ایجاد شهرک های صنعتی در آلودگی های آب پرداختند که در این مطالعه فقط غلظت سرب در آب منطقه مورد بررسی قرار گرفت که در آن مشخص شد که مهمترین عامل ایجاد آلودگی های آب در شهرهای مجاور شهرک های صنعتی عدم سیستم مناسب تصفیه فاضلاب است که به هزینه های آن بعنوان یک عامل مهم اشاره شده است. این نتایج با نتایج این تحقیق در ریسک آلودگی آب همخوانی دارد و عدم وجود سیستم های تصفیه فاضلاب و هزینه های آن را بعنوان یک عامل مهم در افزایش ریسک های محیط زیستی بدست آمده است (۱۵). در این تحقیق منابعی که در معرض ریسک‌های محیط زیست در شهرک‌های صنعتی قرار دارند، به شش دسته اصلی اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی تقسیم بندی و ارزیابی شدند که در تحقیقات پیشین از جمله تحقیقی که توسط هو و همکاران در سال ۲۰۱۶، انجام شد منابع در معرض ریسک فقط به سه دسته آب، هوا، خاک مد نظر قرار گرفته است در این تحقیق مشخص شد که مهمترین شاخص ها در بین اثرات محیطی زیستی شهرک های صنعتی آلودگی آب های منطقه است که نتایج آن با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. علت اصلی این مغایرت توجه یو و همکاران به بخش آب بوده و سایر عوامل محیط زیستی را مورد بررسی قرار نداده و از طرفی تحقیق یو و همکاران در محیط های ساحلی انجام شده که مشکل آلودگی آب از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۳۵).

از طرفی در هیچ کدام از تحقیقات موجود به بررسی اثرات تقابلی بین معیارهای محیط زیست پرداخته نشده است و فقط اثرات معیارها بر محیط زیست بررسی شده است که از مهمترین وجه تمایز بین این تحقیق با سایر تحقیقات می باشد. نتایج این تحقیق قابل استفاده در سایر مطالعات مرتبط با ریسک های محیط زیست است و می توان از مدل ارائه شده در فرآیندهای ارزیابی سایر منابع استفاده نمود. در این مدل عوامل اثر گذار و اثر پذیر مشخص گردید که به صورت مشخص در مدل بیان شد. برخی از پارامترها می تواند در ایجاد و یا توسعه شهرک های صنعتی با رویکرد محیط زیست موثر باشد که باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در این تحقیق عواملی مانند ریسک های اجتماعی و فرهنگی از عواملی هستند که لازم است در توسعه شهرک های صنعتی مدنظر قرار گیرد و برنامه هایی را برای کاهش این اثرات قبل از توسعه با ایجاد شهرک صنعتی اجرا نمود.

از مهمترین محدودیت هایی که در این تحقیق می توان به آن اشاره نمود این مسئله است که بسیاری از شاخص های تعریف شده کیفی بوده و از عدم قطعیت تبعیت می کند که می توان بعنوان مطالعات آتی این تحقیق را در محیط فازی یا خاکستری انجام داد. به منظور مطالعات آتی مرتبط با این تحقیق پیشنهاد می شود که به منظور تعیین میزان شدت روابط بین عوامل اثر گذار و اثر پذیر از مدل های ساختاری استفاده شود. و این تحقیق را برای تعیین میزان شدت اثرات شاخص ها با تلفیق مدل های ساختاری انجام داد.

تشکر و قدردانی

در پایان از مدیریت شهرک های صنعتی هشتگرد برای حمایت های معنوی جهت انجام این تحقیق نهایت تشکر و قدردانی می گردد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

REFERENCES

[1] Sayyah, M. S., & Jamshidi, H. Identifying the Effect of Direct Tax Exemption in Attracting Private Investment in Industrial Sections in Industrial Towns. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2016;7(4): 669, 2016.

[2] Mantoux, P. The industrial revolution in the eighteenth century: An outline of the beginnings of the modern factory system in England. Routledge, 2013.

[3] Heydari M, Omidvari M, Fam I M. Presenting of a material exposure health risk assessment model in Oil and Gas Industries (case study: Pars Economic and Energy Region). JHSW. 2014; 3 (4) :11-22. [persian]

[4] Qorbali Z, Nasiri P, Baqaei A, Mirilavasani S M R. Representing the Fuzzy improved risk graph for determination of optimized safety integrity level in industrial setting. JHSW. 2013; 3 (3) :79-90. [persian]

[5] Amegah, A. K., & Agyei-Mensah, S. Urban air pollution in Sub-Saharan Africa: Time for action. Environmental Pollution, 2017; 220: 738-743, 2017.

[6] Krishna, A. K., & Mohan, K. R. Distribution, correlation, ecological and health risk assessment of heavy metal contamination in surface soils around an industrial area, Hyderabad, India. Environmental Earth Sciences, 2016; 75(5): 1-17.

[7] Liu, Z., Lu, Y., Wang, T., Wang, P., Li, Q., Johnson, A. C., ... & Sweetman, A. J. Risk assessment and source identification of perfluoroalkyl acids in surface and ground water: spatial distribution around a mega-fluorochemical industrial park, China. Environment international, 2016; (91): 69-77.

[8] Shih-Jieh Hung, Activity-based divergent supply chain planning for competitive advantage in the risky global environment: A DEMATEL-ANP fuzzy goal programming approach, Expert Systems with Applications, 2011; 38(8): 9053-9062.

[9] Kuzmanović, M., Ginebreda, A., Petrović, M., & Barceló, D. Risk assessment based prioritization of 200 organic micropollutants in 4 Iberian rivers. Science of The Total Environment, 2015; (503): 289-299.

[10] Giannakis, M., Giannakis, M., Louis, M., & Louis, M. A multi-agent based system with big data processing for enhanced supply chain agility. Journal of Enterprise Information Management, 2016; 29(5): 706-727.

[11] Selck, H., Adamsen, P. B., Backhaus, T., Banta, G. T., Bruce, P. K., Burton, G. A., ... & Doorn, N. Assessing and managing multiple risks in a changing world—The Roskilde recommendations. Environmental Toxicology and Chemistry, 2017; 36(1): 7-16.

[12] Martin, I. M., Martin, W. E. Understanding the Risk Mitigation Decision: Homeowners and Environmental Risks. In The Customer is NOT Always Right? Marketing Orientationsin a Dynamic Business World, Springer, Cham, 2017; 402-405.

[13] Nedelescu, M., Baconi, D., Neagoe, A., Iordache, V., Stan, M., Constantinescu, P., ... & Tsatsakis, A. M. Environmental metal contamination and health impact assessment in two industrial regions of Romania. Science of The Total Environment, 2017; 580: 984-995.

[14] Gabarrón, M., Faz, A., Martínez-Martínez, S., Zornoza, R., & Acosta, J. A. Assessment of metals behaviour in industrial soil using sequential extraction, multivariable analysis and a geostatistical approach. Journal of Geochemical Exploration, 2017; 172: 174-183.

[15] Li, H. B., Chen, K., Juhasz, A. L., Huang, L., & Ma, L. Q. Childhood lead exposure in an industrial town in China: coupling stable isotope ratios with bioaccessible lead. Environmental science & technology, 2015; 49(8): 5080-5087.

[16] Jiang, Y., Zeng, X., Fan, X., Chao, S., Zhu, M., & Cao, H. Levels of arsenic pollution in daily foodstuffs and soils and its associated human health risk in a town in Jiangsu Province, China. Ecotoxicology and environmental safety, 2015; (122): 198-204.

[17] Mackay, A. K., Taylor, M. P., Munksgaard, N. C., Hudson-Edwards, K. A., & Burn-Nunes, L. Identification of environmental lead sources and pathways in a mining and smelting town: Mount Isa, Australia. Environmental Pollution, 2013; (180): 304-311.

[18] Ghaleh, S., Omidvari, O., Nassiri, P., Momeni, M., Miri Lavasani, SM., 2018. Presenting a conceptual pattern of HSE performance of oil trucks, Environ Monit Assess, 190:97. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6483-z

[19] Navaie Aznaveh, Z., Omidvari, M. Safety risk assessment in motor vehicle industries using William Fine and ANP-DEMATEL. Iran Occupational Health, 2017; 14(1), 57-70.

[20] Shamaii A, Omidvari M, Hosseinzadeh Lotfi F. HSE Unit Performance Assessment Model in the Steel Making Industry Using Fuzzy Systems. Int J Occup Hyg. 8(2):100-109.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

[21] Barkhrdari M, Mansuri N, Ahmadi A. Hazard Identification in Steam Boilers (Case Study: Farabi Hospital). Int J Occup Hyg. 10(3):172-179.

[22] Prakash C., Barua M.K., (2016), An analysis of integrated robust hybrid model for third-party reverselogistics partner selection under fuzzy environment, Resources, Conservation and Recycling, 2016; 108, 63–81.

[23] Büyüközkan, Gülçin; Gizem Çifçi, A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers, Expert Systems with Applications, 2012; 39(3), 3000-3011.

[24] Yeh, Tsu-Ming; Yu-Lang Huang, Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP, Renewable Energy, 2014; (66): 159-169.

[25] Tadić, Snežana; Slobodan Zečević, Mladen Krstić, A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection, Expert Systems with Applications, 2014; 41(18): 8112-8128.

[26] Uygun, Özer; Hasan Kaçamak, Ünal Atakan Kahraman, An integrated DEMATEL and Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company, Computers & Industrial Engineering, 2015; (86): 137-146.

[27] Fontela, E; Gabus, A; DEMATEL, Innovative Methods, Report No. 2 Structural Analysis of the World Problematique. Battelle Geneva Research Institute, 1974.

[28] Gabus, A; Fontela, E; World Problems, an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL. Batelle Geneva Research Center, Geneva, 1972.

[29] Horng, eou-Shyan; Chih-Hsing Liu, Sheng-Fang Chou, Chang-Yen Tsai, Creativity as a critical criterion for future restaurant space design: Developing a novel model with DEMATEL application, International Journal of Hospitality Management, 2013; (33): 96-105.

[30] Habibi, A; Izadyar,S; Sarafrazi,A; Fuzzy Multi Criteria Decision Making katibeh gil Publishers , Iran, 2014. [persian]

[31] Saaty, T.L; and M. Takizawa; Dependence and Independence: from Linear Hierarchies to Nonlinear Networks. European Journal of Operational Research 1986; 26(2): 229-237.

[32] Saaty, T.L; Decision making, scaling, and number crunching, Decision Sciences, 1989; 20, 404-409.

[33] Saaty, T.L, How to make a decision: the analytic hierarchy process", European Journal of Operational Research, 1990; (48): 9-26.

[34] Aina, G. Gomez, Barbara Ondiviela, Araceli Puente, Jose A. Juanes, Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model. Journal of Environmental Management 2016; 166, 109-115.

[35] Hu, Y. et al. , A dynamic multimedia fuzzy-stochastic integrated environmental risk assessment approach for contaminated sites management, Journal of Hazardous Materials, 2016; 261, 522-533.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]