

ORIGINAL RESEARCH PAPER

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

Manouchehr Omidvari<sup>1,\*</sup>, Zahra Rafighi<sup>2</sup>, Samareh Omidvari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Safety industrial engineering Department, Industrial and Mechanical Engineering Faculty, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran.

<sup>2</sup> Economic of environmental, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

<sup>3</sup> 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](mailto:Omidvari88@yahoo.com)



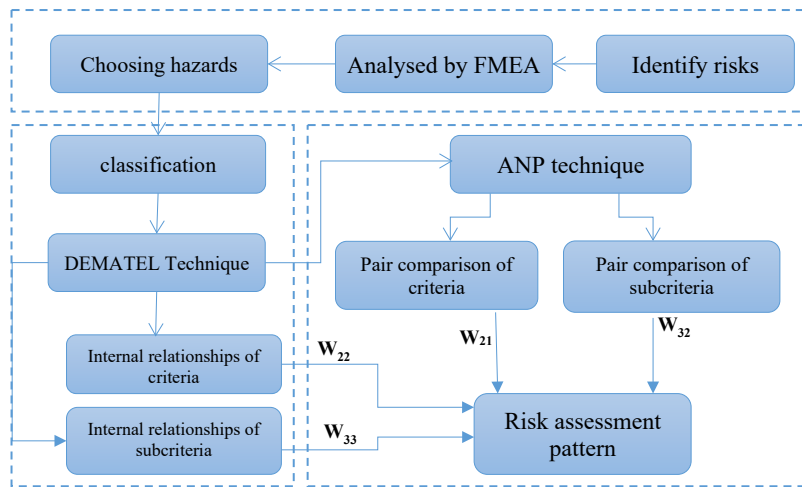


Fig. 1: The proposed framework is a Hybrid DEMATEL-ANP –FMEA approach

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

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.

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

منوچهر امیدواری<sup>۱\*</sup>، زهرا رفیعی<sup>۲</sup>، ثمره امیدواری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی صنایع، ایمنی صنعتی، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران

<sup>۲</sup> گروه اقتصاد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

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

### مکیده

**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 می‌تواند 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 در شهرک های صنعتی بود.

**روش کار:** در این 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 زوجی تدوین شد. برای تعیین روابط بین معیارها از تکنیک DEMATEL و برای تعیین وزن اهمیت آن‌ها 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 آنها 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.

**یافته‌ها:** بررسی روابط درونی میان متغیرها 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 را در کنترل ریسک های محیط زیست داشت.

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

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: [omidvari88@yahoo.com](mailto:omidvari88@yahoo.com)

### 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.

شهرک های 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 می توانند باعث بروز مشکلات محیط زیستی در سطح جامعه گردند (۱). در حال حاضر نگرانی های 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، آلودگی های هوا، ایجاد فاضلاب صنعتی خطرناک، زباله های خطرناک، صدا و تشعشعات خطرناک، آلودگی خاک، مواد خطرناک، نشت مواد، تغییرات آب و هوایی و حوادث صنعتی. شدت ریسک ها در شهرک های صنعتی به حدی رسیده است که بسیاری از محققان، کنترل سریع و موثر ریسک های محیط زیستی در این مناطق را یکی از الزامات اساسی مدیریت چنین شهرک هایی بر شمرده اند (۲).

ریسک در تعریف عام، احتمال بروز یک واقعه مشخص

با شدتی مشخص در زمانی مشخص است. تقریباً همه کوشش های بشری دربردارنده درجاتی از ریسک است، با این همه برخی از آن ها ریسک های بیشتری را به همراه دارند. در ادبیات مالی، ریسک را می توان به صورت رویدادهای غیرمنتظره که معمولاً به صورت تغییر در ارزش دارایی ها یا بدهی ها می باشد، 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 بیماری های خطرناک، از بین رفتن پوشش گیاهی و زیستگاه های موجود، از بین رفتن تدریجی جانوران و آبیان اشاره کرد. هم چنین نقش شهرک های صنعتی در تاثیر جهانی آلودگی های ایجاد شده مانند تخریب لایه اوزن، باران های 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

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 ریسک های زیست محیطی در شهرک های 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 سرمایه گذاری 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 جنبه های مختلف ریسک های زیست محیطی، مدیریت چنین ریسک هایی امکان پذیر نمی باشد (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 بندی 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 سؤال 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

ریسک های محیط زیست از جمله مهم ترین ریسک های مطرح شده در توسعه پایدار، مدیریت زنجیره تامین، مدیریت صنعتی و مطالعات بهداشتی محسوب می شوند. به خصوص در سالیان اخیر و با افزایش دغدغه جامعه بشری راجع به مشکلات ناشی از آلودگی محیط زیست، این دسته از ریسک ها 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 مطالعه ای دیگر، سلک و همکاران (۲۰۱۷)، به ارزیابی ابعاد مختلف ریسک های محیط زیست پرداخته و دریافتند که ترکیبی از عوامل اقتصادی، اجتماعی و خطرات بیولوژیکی، خطرات فیزیکی و شیمیایی در شکل گیری شدت ریسک های محیط زیست نقش دارند. این محققان بر اساس نتایج به دست آمده توصیه هایی چون

شهرک های صنعتی باید به مسایل اجتماعی و بهداشتی مناطق اطراف شهرک های صنعتی توجه کرد (۱۶ و ۱۷). در توسعه شهرک های صنعتی لازم است ابتدا به شناسایی و اولویت بندی ریسک های محیط زیست پرداخته شود و تمام عوامل موثر بر ریسک ها تعیین گردد تا بتوان ریسک های محیط زیست در شهرک های صنعتی را به شکل موثری، مدیریت نمود. بنابراین شناسایی عوامل موثر بر ریسک های (RCF)<sup>۱</sup> محیط زیست برای کنترل آن از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا مسئله تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MCDM)<sup>۲</sup> در این رابطه می تواند مورد توجه قرار گیرد. برخی از محققین AHP<sup>۳</sup> و ANP<sup>۴</sup> را به عنوان یک روش مناسب در اکثر مواردی که مربوط به تصمیم گیری است، می دانند (۱۸ و ۱۹). 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 از دیمتل<sup>۵</sup> 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 (۱۹ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۲).

در مطالعات انجام گرفته در خصوص روش های 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 از 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

لزوم توجه به توسعه پایدار، ملاحظات اجتماعی-اقتصادی و شفافیت در ارزیابی و مدیریت ریسک را ارائه نمودند (۱۱). مارتین و مارتین (۲۰۱۷)، مطالعه ای توصیفی راجع به ریسک های محیط زیست انجام دادند و بیان کردند که نه تنها این دسته از ریسک ها 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 می گردد. این محققان استفاده از استراتژی های فردی برای اجتناب از آلودگی محیط زیست را به عنوان یک راه حل تاثیرگذار در کاهش ریسک های محیط زیست معرفی کردند (۱۲). از سوی دیگر به دلیل ماهیت خاص شهرک های صنعتی، مقوله ریسک های محیط زیست در این شهرک ها همواره مورد توجه محققان بوده است. در مطالعه ای که توسط ندلسکیو و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص ریسک های زیست محیطی در شهرک های 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 مطالعه ای دیگر که توسط گابارون و همکاران (۲۰۱۷) در رابطه با ریسک های محیط زیست شهرک های 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 شهرک ها و مناطق همجوار ایجاد می کند (۱۴). در مطالعه ای دیگر، لی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی آلودگی های زیست محیطی در تعدادی از شهرک های صنعتی چین پرداختند. این محققان بر اساس داده های به دست آمده گزارش کردند که آلودگی فلزات سنگین در خاک این مناطق بسیار شدید بوده و سطح بالای سرب در خاک این شهرک ها مشکلاتی را برای سلامتی کودکان ساکن در اطراف این شهرک ها ایجاد می کند (۱۵). در مطالعات دیگری که در شهرک های 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 شهرک های صنعتی شده است. لذا در ارزیابی ریسک محیط زیستی

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

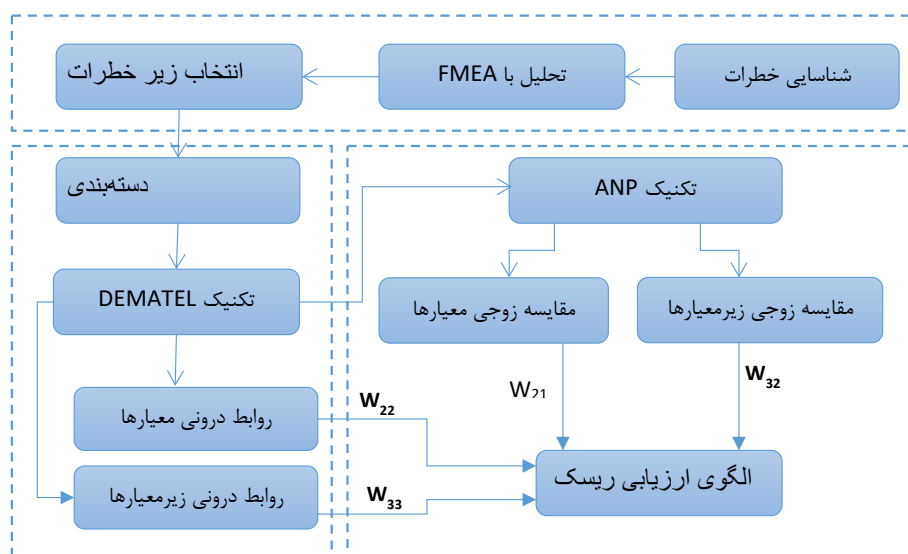
که تمامی آن ها دارای مدرک کارشناسی ارشد در زمینه صنایع یا محیط زیست بوده و آشنایی کامل با مفهوم مدل ANP و DEMATEL داشتند، به عنوان خبره استفاده شده است.

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 شناسایی 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 رتبه بندی 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

با توجه به تحقیقاتی که در کشورهای در حال توسعه مرتبط با ارزیابی ریسک های محیط زیست انجام شده است و هم چنین باتوجه به گسترش صنایع مختلف در شهرک های صنعتی و گسترش آلودگی های 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 رتبه بندی ریسک های 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 می دهند. در این مطالعه از روش سرشماری جهت انتخاب خبره ها استفاده شد. در این تحقیق از ۹ نفر



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

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	تاثیر گذار	تاثیر زیاد	تاثیر خیلی زیاد
معادل کمی	۰	۱	۲	۳	۴

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

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

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

#### تکنیک دیمتل

تکنیک دیمتل توسط مرکز تحقیقاتی جنوا ارائه شده است. (۲۷ و ۲۸) 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 می‌توانند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان

ارزیابی ریسک از این وزن‌ها استفاده شده است (۲۳ و ۲۴ و ۲۵). 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 شناسایی 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 هر یک 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.

ضرب می کنیم:

$$N \times (I - N)^{-1} \quad (3)$$

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 شبکه‌ای از روابط، تغییر شکل می‌دهد. به همین دلیل به تکنیک ANP فرایند تحلیل شبکه گویند (۳۲). در این مطالعه معیارهای اصلی و زیر معیارهای هر یک 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 نهایی، خروجی مقایسه زوجی عناصر و روابط درونی آنها، از یک سوپرماتریس طبق رابطه ۴ استفاده شده است. در این سوپرماتریس بردار  $W_{21}$  اهمیت هر یک از معیارهای اصلی را براساس هدف نشان می‌دهد.

بردار  $W_{22}$  نشان دهنده روابط بین معیارهای اصلی ماخوذ از خروجی تکنیک دیمتال 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 دیمتال است. درایه‌های صفر نیز گویای بی‌تأثیر بودن فاکتورها در محل تلاقی سطر و ستون بر یکدیگر است.

عوامل پردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیماتال (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 دیمتال به عنوان ماتریس روابط درونی معیارهای اصلی ( $W_{22}$ ) استفاده خواهد شد. مراحل اجرای تکنیک دیمتال 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.

$$k = \max\{\max \sum_{j=1}^n x_{ij}, \sum_{i=1}^n x_{ij}\} \quad (2)$$

$$N = \frac{1}{k} * X$$

**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

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

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

جدول ۷. ریسک‌های شناسایی شده با تکنیک FMEA

ردیف	معیار	زیر معیار	نماد	تعریف
۱	اجتماعی (C1)	توسعه ایمنی شهری	S11	توسعه ایمنی مناطق مسکونی در نزدیکی شهرک صنعتی
		تغییر کاربری	S12	تبدیل و تغییر کاربری اراضی
		مدیریت منابع آبی	S13	برداشت و بهره برداری غیر مجاز از منابع آبی و خاکی
		تصرف	S14	تصرفات عدوانی و ساخت‌وساز غیر مجاز و غیر ایمن
		توسعه عمرانی غیر ایمن	S15	انجام فعالیت های توسعه ای غیر ایمن (راه سازی ، توسعه عمرانی)
		شیب زمین / گسل	S16	عدم توجه به شیب زمین و گسل در ساخت شهرک صنعتی
۲	بهداشتی (C2)	بهداشت آب	S21	تغییر رنگ و ورود مواد شیمیایی در آب های جاری، سطحی و زیرزمینی
		شیوع بیماری	S22	بیماری های مزمن و حاد ریوی ساکنین همجوار
		پوشش گیاهی	S23	انهدام و از بین رفتن پوشش گیاهی و زیستگاه ها
		حیوانات/ آب زیان	S24	از بین رفتن تدریجی جانوران و آبزیان با شهرک صنعتی
		استرس	S25	ایجاد استرس و مسائل روان شناختی
۳	اقتصادی (C3)	سرمایه گذاری	S31	سهم پایین سرمایه گذاری محیط زیست
		هزینه تصفیه خانه	S32	گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب
		هزینه سیستم بازیافت	S33	گران بودن احداث سیستم دفع زباله و بازیافت
		تجهیزات حفاظتی و ایمنی	S34	کمبود امکانات و تجهیزات حفاظتی - ایمنی
		درآمد مردم	S35	درآمد کم و ناچیز مردم
		حامل های انرژی	S36	هزینه حامل های انرژی
۴	فیزیکی و شیمیایی (C4)	فاضلاب	S41	تولید و دفع پساب های صنعتی
		اعوامل شیمیایی	S42	انتشار دوده، گازها و بخارات سمی
			S43	انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق
		پسماند جامد	S44	تولید و دفع پسماندهای صنعتی
		فضای سبز	S45	میزان سرانه فضای سبز
		عوامل فیزیکی	S46	انتشار ارتعاش، صوت و روشنایی
		گلباد	S47	جهت و شدت باد غالب
۵	فرهنگی (C5)	فرهنگ بومی	S51	عدم آگاهی بومیان درباره اهمیت مسائل زیست محیطی
		مصرف انرژی	S52	عدم توجه به استاندارد انرژی در مصرف
		تابلوهای هشدار ایمنی	S53	عدم نصب تابلوهای هشداردهنده و مورد نیاز
		حمل و نقل	S54	عدم رعایت حمل و نقل صحیح

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

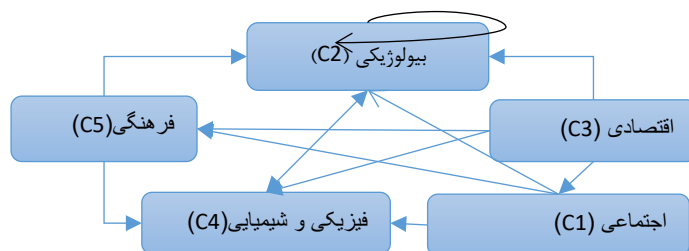
جهت بکارگیری رویکرد ترکیبی FMEA-DANP در یک مطالعه موردی به ارزیابی ریسک های محیط زیست در یکی از بزرگترین شهرک های صنعتی پرداخته شده

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{32} \end{bmatrix} \quad (4)$$

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

جدول ۸. ماتریس ارتباط کامل (T) معیارهای اصلی

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



شکل ۲. الگوی روابط درونی ریسک های اصلی مدل

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 می آید که به آن بردارویژه نیز گفته می شود.

#### شناسایی روابط درونی معیارهای اصلی

براساس مدل تحقیق در گام بعدی روابط درونی ریسک ها با استفاده از تکنیک دیمتل شناسایی شده است. زمانیکه از دیدگاه چند کارشناس استفاده می شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا X را تشکیل می دهیم. سپس جمع تمامی سطرها و ستون ها محاسبه می شود. بزرگترین عدد جمع سطر و ستون محاسبه شده و تمامی مقادیر بر معکوس این عدد ضرب می شود تا ماتریس نرمال شود. سپس برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس

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 آنها 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 شناسایی و غربالگری ریسک های محیط زیست به تعیین اولویت این عناصر پرداخته شد. ریسک های اصلی مطالعه عبارتند از: ریسک های اجتماعی، بیولوژیکی، اقتصادی، فیزیکی و شیمیایی، فرهنگی. برای هر یک از ریسک های اصلی زیرمعیارهای شناسایی 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 شده اند. 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

شبکه‌ای تشکیل می‌شود.

### 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 ANP مدل اصلی مفهومی تحقیق شکل می‌گیرد که با توجه به مدل ارائه شده در مطالعه موردی اقدام به ارزیابی ریسک‌های محیط زیست می‌گردد.

### یافته‌ها

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

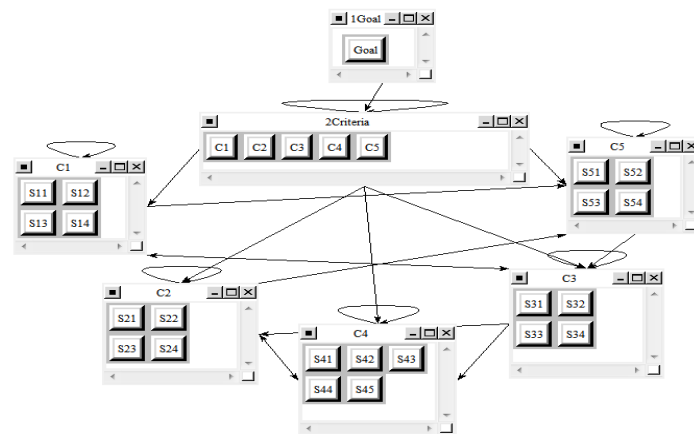
معکوس ضرب می‌کنیم. ماتریس ارتباط کامل به صورت جدول ۸ به دست آمده است:

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  $0/544$  بدست آمده است. در روش دیمتل بر اساس نتایج حاصل مقایسه حد آستانه و تشکیل جدول تصمیم می‌توان 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 تاثیر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عملی 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 می‌باشد. عبارتی با توجه به الگوی روابط شناسایی شده، ساختار



شکل ۳. نمودار ANP اولویت شاخص‌ها و گزینه‌ها در نرم‌افزار سوپردسیژن

جدول ۹. ریسک‌های شناسایی شده با تکنیک FMEA

رتبه	نتیجه	RPN	D	O	S	نماد	زیرمعیارهای ابتدایی	معیار اصلی
۲۰	بالا	۳۲.۳۷۵	۲.۵	۳.۵	۳.۷	S11	توسعه ایمنی شهری	اجتماعی (C1)
۱۶	بالا	۳۲.۶۷	۲.۶	۳.۷	۳.۵	S12	تغییر کاربری	
۴	بالا	۳۹	۲.۵	۳.۹	۴	S13	مدیریت منابع آبی	
۲۱	بالا	۳۲.۲۵۶	۲.۸	۳.۲	۳.۶	S14	تصرف	
۲۳	ضعیف	۱۶.۳۶۸	۲.۲	۲.۴	۳.۱	S15	توسعه عمرانی غیر ایمن	
۲۷	ضعیف	۱۰.۰۵۱	۱.۹	۲.۳	۲.۳	S16	شیب زمین/ گسل	بیولوژیکی (C2)
۳	بالا	۴۰.۴۳۲	۲.۸	۳.۸	۳.۸	S21	بهداشت آب	
۱۹	بالا	۳۲.۴	۲.۵	۳.۶	۳.۶	S22	شیوع بیماری	
۵	بالا	۳۸.۹۸۸	۲.۷	۳.۸	۳.۸	S23	پوشش گیاهی	
۶	بالا	۳۷.۹۶۲	۲.۷	۳.۸	۳.۷	S24	حیوانات/ آب زیان	
۲۲	متوسط	۲۸.۹	۲.۵	۳.۴	۳.۴	S25	استرس	اقتصادی (C3)
۱۷	بالا	۳۳.۶۷	۲.۶	۳.۵	۳.۷	S31	سرمایه گذاری	
۱۲	بالا	۳۴.۶۳۲	۲.۶	۳.۶	۳.۷	S32	هزینه تصفیه خانه	
۱۱	بالا	۳۴.۹۶۵	۲.۷	۳.۵	۳.۷	S33	هزینه سیستم بازیافت	
۱۰	بالا	۳۴.۹۹۲	۲.۷	۳.۶	۳.۶	S34	تجهیزات حفاظتی و ایمنی	
۲۸	ضعیف	۸.۶۰۲	۱.۷	۲.۳	۲.۲	S35	درآمد مردم	فیزیکی و شیمیایی (C4)
۲۶	ضعیف	۱۱.۲۳۲	۱.۸	۲.۶	۲.۴	S36	حامل های انرژی	
۱	بالا	۴۲.۵۸۸	۲.۸	۳.۹	۳.۹	S41	فاضلاب	
۲	بالا	۴۰.۷۷۴	۲.۹	۳.۸	۳.۷	S42	اعوامل شیمیایی	
۱۳	بالا	۳۴.۲۷۲	۲.۸	۳.۴	۳.۶	S43	انتشار گرد و غبار و مواد جامد معلق	
۱۴	بالا	۳۴.۲	۲.۵	۳.۶	۳.۸	S44	پسماند جامد	فرهنگی (C5)
۱۵	بالا	۳۳.۷۴۴	۲.۴	۳.۸	۳.۷	S45	فضای سبز	
۲۹	ضعیف	۸.۰۹۶	۱.۶	۲.۲	۲.۳	S46	عوامل فیزیکی	
۲۵	ضعیف	۱۱.۹۳۴	۱.۷	۲.۷	۲.۶	S47	گلباد	
۹	بالا	۳۴.۹۹۲	۲.۷	۳.۶	۳.۶	S51	فرهنگ بومی	
۱۸	بالا	۳۳.۶۷	۲.۶	۳.۷	۳.۵	S52	مصرف انرژی	
۷	بالا	۳۷.۵۱۸	۲.۶	۳.۹	۳.۷	S53	تابلوهای هشدار ایمنی	
۸	بالا	۳۷.۲۹۶	۲.۸	۳.۶	۳.۷	S54	حمل و نقل	

همچنین نتایج این بخش تحقیق نشان داد که دو عامل بیولوژیکی و فیزیکی - شیمیایی تاثیر پذیر یا بعبارتی معلول و سه معیار اجتماعی و بیولوژیکی 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<sub>4</sub>) با وزن نرمال ۰/۲۴۳ از بیشترین اولویت برخوردار است. معیار بیولوژیکی (C<sub>2</sub>) با وزن نرمال ۰/۲۱۴ در اولویت دوم قرار

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.

جدول ۱۰. نمودار علی ریسک‌های اصلی مدل

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

جدول ۱۱. تعیین اولویت معیارهای اصلی مطالعه

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

جدول ۱۲. الگوی روابط علی شاخص‌های مدل

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

جدول ۱۳. وزن نهائی شاخص ها براساس سوپر ماتریس حد

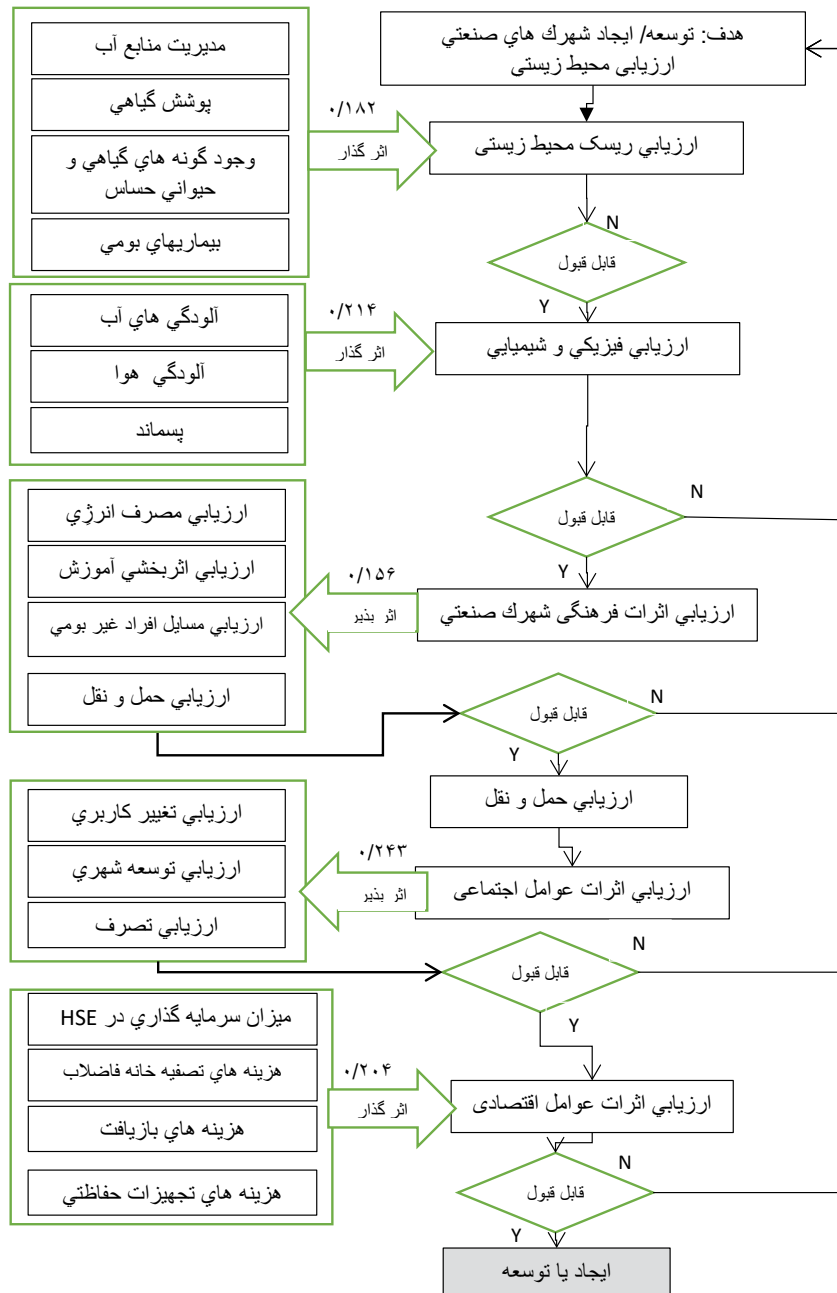
رتبه	وزن نرمال	وزن کل	زیر معیارها	نماد
۱	۰.۰۸۰۳	۰.۰۴۰۱	سهم پایین سرمایه گذاری محیط زیست	S31
۲	۰.۰۶۹۳	۰.۰۳۴۷	عدم آگاهی بومیان درباره اهمیت مسائل ایمنی و زیست محیطی	S51
۳	۰.۰۶۷۵	۰.۰۳۴۳	گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب	S32
۴	۰.۰۶۷۳	۰.۰۳۳۷	توسعه ایمن مناطق مسکونی در نزدیکی شهرک صنعتی	S13
۵	۰.۰۶۱	۰.۰۳۰۵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

اجتماعی مربوط به تغییر کاربری می باشد. در معیار بیولوژیکی زیر معیار آلودگی آب بیشترین تاثیر را بر معیار بیولوژیکی در خصوص 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 ANP در 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 سرمایه گذاری

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 می توان به مقایسه های 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



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

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهائی هر یک از شاخص های 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.

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 می باشد. شاخص "گران بودن احداث تصفیه خانه فاضلاب" با وزن نرمال ۰/۰۶۷ در رده سوم اولویت است.

## 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 پارامترهای 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 ریسک های محیط زیست در شهرک های 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.

## 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 Orientations in 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.

- [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 reverse logistics partner selection under fuzzy environment, *Resources, Conservation and Recycling*, 2016; 108, 63–81.
- [23] Büyükközkcan, 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. Battelle 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.