



Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP-PROMETHEE II method (Case study of Qazvin Province Gas Company)

Javad Mohammad Adli, MA Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

Manoucher Omidvari, (*Corresponding author) Associate Professor, Industrial Engineering Department, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. omidvari88@yahoo.com

Abstract

Background and aims: Natural gas is one of the most important energy sources used today in urban communities as cheap and hazardous energy. In this regard, if the government and organizations do not pay attention to the proper infrastructure for gas installations, it will create irreparable risks for that society. The assessment and management of crisis in the various processes can play a key role in the planning, organization and training of the target community. Today, the importance of increasing crisis management is not overlooked. Social and HSE crisis are the most important issues in the gas company. Crisis management results can be used for educational planning and resource management. Also, using the results of the crisis assessment can identify the weak points of the organization. Identifying weaknesses within an organization enables management to regulate the organization's strategies based on them and reduce the impact of the crisis effectively. The assessment of the risk of gas pipelines will be assessed by various criteria, such as the environment of the gas supply network and the social conditions surrounding the gas supply network. In the event of a crisis in gas distribution networks, the best way to prevent an increase in the crisis in urban and industrial areas is to ensure a rapid shutdown of gas transmission. The responsible organizations should use high-reliability facilities and equipment to reduce the crisis in the failure of the gas transmission lines in the network. The technical status of the gas supply pipelines and their maintenance are among other criteria for assessing the gas supply risk. Crisis in gas networks can have irreparable effects due to the direct connection of the network with residents of cities. The crisis in the gas supply network is causing fire and explosion and poisoning, but it can also lead to social crises. Since the gas company is a social institution. Its problems can affect the community. Therefore, the crisis management issue in the gas supply network is very important. Qazvin Gas Company is a government organization with more than 350,000 shareholders and customers in the province. The inadequate and old infrastructure has put the risk of crisis in this province's gas distribution network as unacceptable. Such organizations need to invest in building a strategic thinking in crisis management on how to design and deliver services to their customers. The purpose of this research is to determine and rank critical factors and assess the risk of crisis in gas distribution networks.

Methods: In this research, three types of major crises associated with gas supply networks were identified by using reliable sources and experts' opinion. An expert is someone who has a BSE degree in Industrial Engineering or HSE, as well as 10 years of experience in the gas industry. Toxicity, fire - explosion and social problems are the most important gas grid crisis. then 11 criticality indicators were defined for assessing the risk of crisis in gas network. Decision-making criteria in this study include: health problems, mortality, political problems, costs of line reconstruction, groundwater contamination, cost of stopping services, damage to people in the region, air pollution, reduced income, lack of trust in the organization, Fear and horror. In this study, FAHP technique and the FROMETHEEII fuzzy technique for ranking were used. One of the most efficient and comprehensive techniques for deciding multiple indicators is the analytical hierarchical process. It was first raised by Thomas L Satty in 1980. This method has many uses in solving managerial, economic and social problems. This method allows the formulation of the problem in a hierarchical manner. It is also possible to consider different quantitative and qualitative indices in problem solving. In this process, different options are involved in decision making and it is possible to analyze the sensitivity of indicators and sub-indicators. This process based on paired comparisons facilitates judgment and indicates the degree of compatibility and incompatibility of the decision. PROMETHEE was designed in 1985 by Branc & Vincke. It was developed by colleagues in 1994. This method can be called the "Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation", which, as it is known from the name, seeks to structurally address problems and use the actual values of the criteria for evaluation.

Using the FAHP results, the weight determines the importance of each of the critical factors in gas networks. Using the results of the PROMETHEE, we can determine the weight and rank of contributing factor and sub contributing Factor of crisis risk for the gas network. Then using the

Keywords

Crisis management,
Gas supply network,
Risk,
FAHP,
FPROMETHEE II,
Contributing risk factor

Received: 10/07/2018

Published: 24/06/2020

obtained results, the grid risk assessment model was presented. The crisis risk assessment model is designed considering the importance of the type of crisis scenario. The proposed model is:

$$\left\{ \begin{array}{l} SN = S_{tox}^{W_{tox}} \times S_{ex}^{W_{ex}} \times S_{cut}^{W_{cut}} \\ W_{tox} + W_{ex} + W_{cut} = 1 \\ 1 < S_{tox}, S_{ex}, S_{cut} < 10 \end{array} \right\}$$

where in: SN is level of severity of risk of crisis; S_{tox} is level of Toxic severity of risk; W_{tox} is the weight of toxic severity of risk; S_{ex} is level of explosive severity of risk; W_{ex} is the weight of explosive severity; S_{cut} is level of severity of Cut off gas network and W_{cut} is the weight of cut off gas network.

Using the proposed model, the gas network of Qazvin province was evaluated as a case study. The results of mean and standard deviation were used to analyze the results. In order to confirm the validity and reliability of the questionnaires, the literature review and other questionnaires were used. Then, the questionnaire was adjusted and after the insertion of the necessary information, for content validity, was given to the experts. Following the necessary amendments, the original questionnaires were set up and approved by the experts. The reliability of the questionnaires was assessed using Cronbach's alpha. For this purpose, after answering all the experts, the reliability of the questionnaires was calculated using SPSS software, which is about $\alpha=0.74$. According to the results, reliability of the questionnaire is reliable. In order to collect the data, the researchers examined the study environment and completed the checklist.

Results: The results showed that the crises created in relation to the gas network with weight importance are not equal. So that the social crisis caused by the disruption of gas in the urban gas supply network is more important. The results showed that the crises created in relation to the gas network were not equal to the weight. So that the social crisis caused by disruption of gas in the urban gas supply network is more important than the crisis caused by Toxicity and explosion. This is due to the fact that poisoning and explosion can also lead to social crises that have a cumulative effect on the social crisis caused by the disruption of gas. The results showed that the most important crisis in the gas company was a definite gas. Also, the results showed that the main criteria in the risk of gas distribution network crisis are: proximity to residential buildings, population density, proximity to industrial towns, and the existence of vulnerable network conditions. The conditions of different regions of the case study showed that the best conditions for the gas supply network in the 3rd district are due to the low number of residential buildings, low population density, distance from industrial settlements, and the absence of vulnerable conditions.

Conclusion: Several studies in recent years have found that the failure of the gas line is the main cause of the gas grid crisis. The main reason for this is the placement of pipes in the gas network and its regulators on the roads of cars and individuals. In these studies, gas regulators are classified as one of the most vulnerable parameters in the crisis assessment. Also, the main reason for the gas supply crisis in many studies is the structural weakness of the network and network vulnerability. Also, in some studies, environmental conditions and type of use around the gas distribution network are described as contributing factors of the risk of gas pipeline leakage and vulnerability factors in the gas distribution network.

The main reason for definite gas as a crisis in the gas network is the use of the gas network in residential homes, which is the case in countries like Iran. According to the results of this study, it was determined that for assessing the risk of crisis in gas networks, it is necessary to determine the crisis factors and to integrate them in order to determine the risk of crisis in the gas network. In the risk assessment process, the impact of personal judgment of the evaluators on determining the risk level of a process is very important. In this research, using decision making models has been tried to minimize the impact of personal judgment of evaluators. One of the most important results in this study was the existence of social crises due to the cut off gas distribution networks. Therefore, the definitive gas crisis is of great importance. This is most common in developing countries that use natural gas in final consumers for heating and cooking. Therefore, this indicates that the government in these countries is required to invest from gas to electricity in order to prevent social crises, to reform the process of gas consumption and change energy consumption in homes and commercial and office facilities. The assessment of social crises is a new aspect of this research that has not been addressed in other researches.

Conflicts of interest: None

Funding: None

How to cite this article:

Mohammad Adli J, Omidvari M. Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP-PROMETHEE II method (Case study of Qazvin Province Gas Company). *Iran Occupational Health*. 2020 (24 Jun);17:16.

*This work is published under [CC BY-NC-SA 3.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)



ارزیابی شدت ریسک بحران در شبکه های گازرسانی با استفاده از روش FAHP- PROMETHEE II

جواد محمدعدلی: کارشناس ارشد دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین ایران
موجهر امیدواری: * نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین ایران
omidvari88@yahoo.com

چکیده

کلیدواژه‌ها

مدیریت بحران،
شبکه گازرسانی،
ریسک،
FAHP

FPROMETHEE II

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۹

تاریخ چاپ: ۹۹/۰۴/۰۴

زمینه و هدف: گاز طبیعی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی است که امروزه در جوامع شهری به عنوان انرژی ارزان و خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این راستا، اگر دولت و سازمان‌ها به زیرساخت مناسب برای تأسیسات گاز توجه نکنند، خطرات جبران ناپذیر برای آن جامعه ایجاد خواهد شد. ارزیابی و مدیریت بحران در فرآیندهای مختلف می‌تواند نقش کلیدی در برنامه ریزی، سازماندهی و آموزش جامعه هدف داشته باشد. امروزه اهمیت افزایش مدیریت بحران، مورد توجه قرار نگرفته است. بحران اجتماعی و HSE مهم‌ترین مسائل در شرکت گاز است. نتایج مدیریت بحران می‌تواند برای برنامه‌ریزی آموزشی و مدیریت منابع انسانی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، با استفاده از نتایج ارزیابی بحران می‌تواند نقاط ضعف سازمان را شناسایی کند. شناسایی نقاط ضعف در یک سازمان، مدیریت را قادر می‌سازد تا استراتژی‌های سازمان را بر اساس آنها تنظیم و تأثیر موثر بحران را کاهش دهد. هدف از این تحقیق تعیین شدت ریسک بحران در شبکه‌های گاز رسانی است.

روش بررسی: در این تحقیق با استفاده از منابع معتبر و نظر خبرگان ۳ نوع از مهم‌ترین بحران‌های مرتبط با شبکه های گازرسانی را شناسایی نموده، و سپس ۱۱ شاخص بحرانبیت را برای ارزیابی بحران شبکه گاز تعریف شد. در این تحقیق برای تعیین وزن شاخص‌ها از تکنیک FAHP و جهت رتبه‌بندی از تکنیک FROMETHEE II فازی استفاده نمود، سپس با استفاده از نتایج بدست آمده مدل ارزیابی ریسک بحران شبکه گاز ارائه گردید. با استفاده از مدل ارائه شده شبکه گاز رسانی استان قزوین بعنوان مطالعه موردی ارزیابی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مهم‌ترین بحران در شرکت گاز، قطعی گاز بود. همچنین نتایج نشان داد که مهم‌ترین معیار ریسک در بحران به ترتیب، نزدیکی به منازل مسکونی، تراکم جمعیتی، نزدیکی به شهرک‌های صنعتی، وجود شرایط آسیب پذیر شبکه بود. شرایط مناطق مختلف مطالعه موردی نشان داد که بهترین شرایط شبکه گازرسانی در منطقه ۳ بوده که علت آن تعداد کم منازل مسکونی، تراکم کم جمعیتی، دوری از شهرک های صنعتی، و عدم وجود شرایط آسیب پذیر را می‌توان نام برد.

نتیجه گیری: مطالعات متعدد در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که شکست خط لوله گاز اصلی علت بحران شبکه گاز است. دلیل اصلی این امر قرار دادن لوله‌ها در شبکه گاز و تنظیم کننده‌های آن در جاده‌ها، اتومبیل‌ها و افراد است. در این مطالعات، تنظیم کننده‌های گاز به عنوان یکی از پارامترهای آسیب‌پذیری در ارزیابی بحران طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین دلیل اصلی بحران عرضه گاز در بسیاری از مطالعات ضعف ساختاری شبکه و آسیب‌پذیری شبکه است. همچنین در برخی مطالعات، شرایط محیطی و نوع استفاده در اطراف شبکه توزیع گاز به عنوان عوامل موثر در نشت خط لوله گاز و عوامل آسیب‌پذیری در شبکه توزیع گاز توصیف شده است. مهم‌ترین علت قطع گاز به عنوان بحران در شبکه گاز، استفاده شبکه گاز در کاربری منازل مسکونی است که این مسئله در کشورهایمانند ایران وجود دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق مشخص شد که برای ارزیابی بحران در شبکه‌های گاز لازم است که عوامل بحران را تعیین و بصورت تلفیقی آنها را مورد ارزیابی قرار داد تا بتوان میزان شدت ریسک بحران را در شبکه گاز تعیین نمود. این جنبه مهم‌ترین جنبه نوآوری در این تحقیق بوده است.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Mohammad Adli J, Omidvari M. Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP- PROMETHEE II method (Case study of Qazvin Province Gas Company). Iran Occupational Health. 2020 (24 Jun);17:16.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

مقدمه

بی‌توجهی یا کوتاهی در امر بحران می‌تواند یک سازمان یا جامعه را با مشکلات و آسیب‌های جبران ناپذیری مواجه کند. بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کند و مصرف انرژی بخصوص گاز طبیعی بصورت فزاینده‌ای رو به گسترش است. بطوری که در انگلستان بیش از ۸۰ درصد جمعیت کشور در شهرها زندگی می‌کنند، توسعه شهرها زندگی ساکنین را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، با افزایش جمعیت و توسعه شهرها الگوی مصرف انرژی نیز تغییر یافته که این مسئله نیاز به ساختارهای جدیدی را که نیازمند مدیریت صحیح بحران در این شبکه‌های توزیع انرژی استرا دو چندان می‌کند (۱). ارزیابی مدیریت بحران در فرآیندهای مختلف می‌تواند در برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی و آموزش جامعه مورد هدف نقش کلیدی را داشته باشد (۲). یکی از مهم‌ترین انرژی‌هایی که امروز در جوامع شهری بعنوان انرژی ارزان و پرخطر استفاده می‌گردد، گاز طبیعی است که در صورت عدم توجه به زیر ساخت‌های مناسب آن می‌تواند برای سازمان متولی و جامعه خطرات جبران ناپذیری را ایجاد کند. از آنجایی که شرکت گاز یک نهاد اجتماعی محسوب می‌شود و مشکلات آن می‌تواند بر جامعه تاثیر بگذارد لذا مسئله مدیریت بحران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شرکت گاز استان قزوین نیز بعنوان یک سازمان دولتی با داشتن بیش از ۳۵۰،۰۰۰ مشترک در سطح استان، همانند تمامی سازمان‌های مشابه موظف به ایجاد یک تفکر استراتژیک نسبت به چگونگی طراحی و ارائه خدمات در راستای مدیریت بحران است.

ارزیابی ریسک مدیریت بحران تحت تاثیر قضاوت‌های شخصی می‌باشد که استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (Multi Criteria Decision Making - MCDM) در ارزیابی ریسک مدیریت بحران می‌تواند در تعیین میزان اهمیت پارامترهای بحرانیت و اولویت‌بندی آنها کاربرد داشته و تاثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها را به حداقل برساند. سؤال اصلی این تحقیق عبارت است از: مهم‌ترین پارامترهای موثر بر بحران شبکه گاز چیست؟ و چگونه می‌توان میزان بحران شبکه گاز را ارزیابی کرد؟ هدف اصلی این مطالعه عبارت است از: تعیین و رتبه‌بندی عوامل بحرانی و ارزیابی میزان شدت

ریسک بحران در شبکه‌های گازرسانی.

وجود بحران‌های طبیعی همیشه می‌تواند جوامع انسانی را تهدید کند. بطوریکه در مطالعه ای که ماریا در سال ۲۰۰۲ انجام داد مشخص شد که زمین لرزه می‌تواند اثراتی بر روی تاسیسات زیر زمینی مانند تاسیسات آب و فاضلاب و شبکه گاز شهری بوجود آورد که باعث نشستی در شبکه‌های زیر زمینی بالاخص شبکه گاز شهری گردد، هرگونه بی‌توجهی به این امر بالاخص شبکه گاز شهری می‌تواند آسیب‌های جبران ناپذیری را بوجود آورد (۳). استرند (Strand) در سال ۲۰۰۲ استراتژی‌های مختلف در کنترل بحران در شبکه گازرسانی مورد بررسی قرار داد، در این تحقیق نتیجه گرفته شد که در صورت بروز بحران در شبکه‌های گازرسانی، بهترین راه جهت جلوگیری از افزایش بحران در مناطق به شدت زلزله خیز، اطمینان از بسته شدن سریع خدمات گاز می‌باشد، که سازمان‌های مسئول در این زمینه باید از امکانات و تجهیزات با قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند (۴). الکسودی (Alexoudi) و همکاران، با توجه به عدم قطعیت در مورد وقوع زمین لرزه با استفاده از بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج مختلف مشخص کردند که، می‌توان با پیش بینی نقاط ضعف سیستم گازرسانی، و ایجاد سیاست‌های اضطراری از شدت بحران کاست (۵). هان و ونگ (Han & Weng) در تحقیقی نشان دادند که، در میزان ریسک خطوط لوله‌های گاز، معیارهای کاربری محیط اطراف شبکه گاز و شرایط اجتماعی اطراف شبکه گاز به عنوان مهم‌ترین معیارهای ارزیابی ریسک خطوط لوله گاز می‌تواند تعریف شوند (۶). در این تحقیق فقط معیارهای بحران در شبکه گاز رسانی مطرح شده و به تعیین اهمیت و ارزیابی ریسک تلفیقی بحران‌های اصلی شبکه گاز پرداخته نشده است. بررسی‌های حادثه انفجار لوله گاز در ۹ سپتامبر ۲۰۱۰ در شهر کالیفرنیا توسط سان برنو (San Bruno) نشان داد، که کمترین بی‌توجهی در رعایت موارد ایمنی در شبکه گاز می‌تواند خسارات جبران ناپذیری را به بار بی‌آورد و سازمان‌ها و ارگان‌های زیادی را درگیر بحران نماید. در بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردید علت انفجار انجام عملیات انشعاب‌گیری گرم (Hot Tap) بر روی شبکه گاز بود که مهم‌ترین علت آن عدم توجه به دستورالعمل‌ها و قوانین

همچنین می توان ریسک را بعنوان احتمال بروز یک خطر با شدتی مشخص در زمانی مشخص بیان نمود. ریسک دارای چالش‌های مختلفی است که م‌تواند در اعتبار نتایج آن تاثیر گذار باشد یکی از مهمترین آنها تاثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها است که با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری می‌توان تا حدودی آنرا رفع نمود (۱۳). در ریسک بحران بحث آسیب‌پذیری مورد تاکید قرار می‌گیرد. در مدیریت بحران دقیقا به معنای سوق دادن امور به حالت اولیه و به شرایط قبل از بحران در کمترین زمان ممکن است. مدیریت بحران کلا با بحران‌هایی که به دست انسان پدید آمده اند یا انسان مسبب روی دادن آنها بوده است سرو کار دارد. مدیریت بحران فرآیندی است که در طی آن ابتدا منابع موجود برآورد شده سپس میزان آمادگی جهت مقابله با مخاطره ارزیابی می‌شود، و نهایتا بین منابع و مخاطرات موازنه صورت می‌گیرد (۱۴).

این تحقیق بر روی شبکه گازرسانی انجام شده است که منظور از شبکه گاز شبکه‌ای است که در آن گاز با فشارهای مختلف جریان دارد. معمولا شبکه گاز از جنس پلی اتیلن یا فولاد می‌باشد (۱۵).

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات توصیفی - حل مدل بوده که در آن به تعیین عوامل موثر و ارائه یک مدل مفهومی ریسک بحران در قالب یک تابع، تصمیم‌گیری شده است. با استفاده از تابع ارائه شده به ارزیابی شبکه گاز رسانی استان قزوین و مقایسه نواحی مختلف این اداره پرداخته می‌شود. مراحل انجام این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ۱ مشخص است در قدم اول با نظر خبرگان و آمار حوادث گذشته در شرکت ملی گاز ایران بحران‌های موجود در شرکت گاز تعیین گردید. بحران‌های مرتبط با شبکه گاز که در شرکت ملی گاز شناسایی شده عبارت بود از؛ قطعی گاز، انفجار و حریق، مسمومیت. در قدم بعد یا نظر خبرگان معیارهای تصمیم‌گیری مشخص گردید سپس با استفاده از این معیارها وزن بحران‌ها تعیین و سپس اولویت‌بندی شدند. با استفاده از نتایج بدست آمده می‌توان مهم‌ترین عوامل تشدید در بحران‌های شبکه گاز را تعیین و سپس برای کنترل آن‌ها برنامه‌ریزی

در این رابطه بوده است (۷). در این تحقیق مهمترین عامل در ریسک بحران شبکه گاز، آسیب‌پذیری شبکه گاز مورد ارزیابی مطرح شده است و ساختار و شرایط اجتماعی اطراف مورد بررسی قرار نگرفته است. در بروز بحران‌های طبیعی بدلیل عدم پیش بینی دقیق توصیه می‌شود، سازمان‌های مسئول دارای برنامه‌های آمادگی و به بحث کاهش آسیب‌پذیری توجه ویژه‌ای داشته باشند (۸). در تحقیقی که توسط هو (Hu) و همکارانش در طی بازی‌های المپیک در شهر پکن چین انجام گرفت. پنج عامل؛ ۱- نشستی ۲- ناپایداری شبکه ۳- انفجار ۴- خفگی ۵- خرابی اتصالات بعنوان مهمترین و اثر گذارترین عوامل بحران معرفی شدند که می‌توانست بر روند بازی‌های المپیک اثرات غیر قابل جبران ایجاد نماید (۹). در این تحقیق به مسایل اجتماعی و معیارهای سازمانی توجه نگردیده است.

ایجاد زیر ساخت‌ها و توجه به تمرکز جغرافیایی جمعیتی از معیارهای مهم در ارزیابی بحران‌ها در شبکه‌های گاز رسانی است بطوری که در بررسی حوادث پیش آمده در طی بحران طوفان کاترینا در ایالت متحده ایجاد یک برنامه جامع بحران در زیر ساخت‌های آب و برق و گاز و ارائه راهکارهای پیشگیرانه و واکنشی مناسب را بعنوان یک الزام پیشنهاد نمودند (۱۰). یکی از معیارهای مهم در ریسک بحران خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شبکه گازرسانی بوده، که باید در ارزیابی بحران شبکه‌ها مدنظر قرار گیرد. در ارزیابی بحران‌ها در شبکه توزیع گاز طبیعی معیارهای مختلفی ارائه شده است که از مهمترین این معیارها می‌توان به نوع شبکه گازرسانی، ساختار شبکه، سیستم‌های کنترلی آن و شرایط زمین شناسی منطقه اشاره کرد. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای بررسی و یافتن بهترین استراتژی مدیریت بحران در شبکه توزیع گاز طبیعی پس از زمین لرزه با استفاده از معیارهای ارزیابی ریسک بحران از مواردی است که امروزه مورد توجه برخی از محققین قرار گرفته است (۱۱). در این تحقیق فقط بحران‌های طبیعی و آسیب‌پذیری منطقه در شبکه گاز مورد بررسی قرار گرفته و ارزیابی ریسک بحران صورت نگرفته است.

ریسک را می‌توان بعنوان احتمال این که واقعه نامطلوب با شدت مشخصی در زمان مشخص در نتیجه بالفعل شدن یک عامل شکست تعریف نمود (۱۲).



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

HSE در صنعت گاز داشته باشد. در این تحقیق ۱۷ نفر بعنوان خبره تعریف گردید. متوسط سن خبره ها ۴۳ سال و همگی دارای مدرک لیسانس به بالا بوده. ۱۴ نفر مرد و ۳ نفر زن بوده است. تمامی آنها دارای حداقل ۵ سال سابقه کار در شرکت‌های گاز را داشته‌اند و آشنایی با روش های تصمیم گیری و پرسشنامه های مربوطه داشته‌اند. ملاک انتخاب خبره‌ها سابقه کار در حوزه مرتبط، مدرک تحصیلی مرتبط (HSE)، مهندسی صنایع، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای) و دوره‌های گذرانده شده توسط فرد بود. همچنین در خصوص تکمیل پرسشنامه‌ها به آنها آموزش‌های لازم توسط محقق داده شد.

در مرحله بعد با استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی اقدام به تعیین وزن هر گزینه نسبت به معیارهای تعریف شده گردید. به منظور تعیین روایی پرسشنامه‌ها از نرخ ناسازگاری استفاده شد که در این تحقیق میزان نرخ ناسازگاری بدست آمده ۰/۰۸ بود که از ۰/۱ کمتر و ماتریس‌های زوجی سازگار و پرسشنامه‌ها دارای روایی لازم بوده است. در این رابطه از خبره‌های قبلی که در تعیین معیارها استفاده شده‌اند استفاده گردید. همچنین برای پایایی از آلفای کرونباخ استفاده شد که میزان آلفای کرونباخ بدست آمده $\alpha = 0.84$ بوده که بیان کننده پایایی پرسشنامه‌ها می باشد (۱۶). در این مرحله ۵ پرسشنامه اول (۵ پرسشنامه اول دریافت شده توسط محققین بصورت تصادفی) که در دسترس

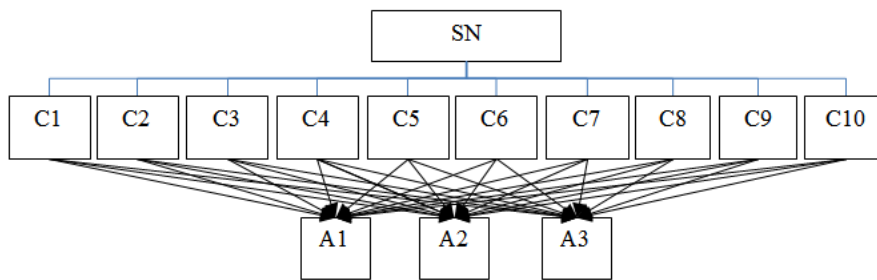
نمود. معیارهای تصمیم گیری مورد نظر در این تحقیق شامل: مشکلات سلامتی، مرگ و میر، مشکلات سیاسی، هزینه بازسازی خطوط، آلودگی آب‌های زیرزمینی، هزینه توقف خدمات، جراحت مردم منطقه، آلودگی هوا، کاهش در آمد، عدم اعتماد به سازمان، ترس و وحشت بود.

یکی از کارآمدترین و جامع ترین تکنیک ها برای تصمیم گیری با شاخص های چند گانه، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می باشد که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد، کاربردهای فراوانی در حل مسائل مدیریتی، اقتصادی و اجتماعی دارد. این روش امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و نیز امکان در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف کمی و کیفی را در حل مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها را دارد. این فرآیند که بر اساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده قضاوت را تسهیل می کند و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد (۱۶). کلیه معیارهای تصمیم در این تحقیق در جدول ۱ تعریف شده است. معیارهای انتخابی مدل سلسله مراتبی این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این تحقیق خبره به فردی گفته شد که حداقل ۱۰ سال سابقه کار در صنعت گاز داشته و دارای مدرک کارشناسی و بالاتر و همچنین آشنایی کامل با مسایل

جدول ۱- معیارهای تصمیم سازمان در شرایط بحرانی (۴، ۶، ۷، ۱۷، ۱۸)

ردیف	نماد	معیار	تعریف
۱	C1	مشکلات سلامتی	تعداد افراد در معرض، که احتمال بروز مشکلات سلامتی برای آنها در اثر بحران بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد
۲	C2	مرگ و میر	تعداد افراد در معرض، که احتمال مرگ آنها در اثر بحران بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد.
۳	C3	مشکلات سیاسی	میزان بروز نا امنی و اعتصاب، که احتمال آن در اثر بحران بالاتر از ۲۰٪ برآورد گردد.
۴	C4	ضعف شبکه و هزینه بازسازی خطوط	تحمیل هزینه به شرکت گاز جهت بازسازی خطوط آسیب دیده که احتمال آن در اثر بحران بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد
۵	C5	آلودگی آب‌های زیرزمینی	آلودگی آب های زیرزمینی و مسمومیت جانداران در منطقه دچار بحران که احتمال آن بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد.
۶	C6	هزینه توقف خدمات	عدم ارائه خدمات به مشترکین که احتمال آن در اثر یکی از عوامل بحران گاز حادث گردد. و بصورت ماهیانه محاسبه می گردد.
۷	C7	جراحت مردم منطقه	تعداد افراد در معرض، که احتمال جراحت در آنها در اثر بحران بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد
۸	C8	آلودگی هوا	تعداد افراد در معرض، که احتمال ناراحتی های تنفسی آنها در اثر بحران بالاتر از ۵۰٪ برآورد گردد
۹	C9	کاهش در آمد	عدم فروش گاز و عدم ارائه خدمات به مشترکین که بر اثر بحران بوجود آید
۱۰	C10	عدم اعتماد به سازمان	بروز حوادثی که باعث کاهش اعتبار سازمان در نزد افراد جامعه بر اثر بحران بوجود آید
۱۱	C11	ترس و وحشت	بروز حوادثی که باعث ترس و وحشت در مشترکین، که احتمال آن در اثر بحران بوجود آید



شکل ۲- مدل سلسله مراتبی تصمیم

جدول ۲- امتیاز اعداد فازی (۱۷)

ردیف	ترجیحات (ترم‌های زبانی)	عدد فازی مثلثی (α, m, β)	عدد فازی
۱	کاملاً مرجح یا مهم‌تر	(۳و۲/۵و۲)	۹
۲	ترجیح یا اهمیت خیلی قوی	(۱/۵و۲و۵)	۷
۳	ترجیح یا اهمیت قوی	(۱و۱/۵و۲)	۵
۴	کمی مرجح یا کمتر مهم‌تر	(۰/۵و۱/۵و۱)	۳
۵	ترجیح یا اهمیت یکسان	(۱و۱)	۱
۶	ترجیحات بین فواصل فوق		۲و۴و۶و۸

که در این تحقیق عبارت است از (۱۷):
 چنانچه $S_k = (lk, mk, uk)$ و $S_i = (li, mi, ui)$ باشد، آنگاه درجه ی ارجحیت S_i بر S_k که با $V(S_i > S_k)$ نمایش داده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$= \sup_{x \geq y} (\min\{a_{si}(x), a_{sk}(y)\}) \quad V(S_i > S_k)$$

محققین قرار گرفت و توسط خبره ها تکمیل شد بصورت کلی داده های آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. تعریف تابع فازی: تمام اعداد مورد استفاده بر اساس اعداد فازی از توابع ژا و مطابق با جدول ۲ توسط خبرگان تعیین گردید. برای محاسبه وزن گزینه ها نیز در این تحقیق از روش بردار ویژه استفاده شد (۱۷). تابع فازی ارجحیت مورد استفاده از توابع ژا و می باشد

$$\begin{aligned} & \left(\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m l_{ij}, \sum_{i=1}^m m_{ij}, \sum_{i=1}^m u_{ij} \right) \right) = \\ & \left(\sum_{i=1}^n l'_i, \sum_{i=1}^n m'_i, \sum_{i=1}^n u'_i \right) \rightarrow \\ & \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right) \\ & = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right] \end{aligned}$$

بنابراین:

$$\begin{aligned} S_i &= \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \\ & \left(l'_i, m'_i, u'_i \right) \times \\ & \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right] = \\ & \left[\frac{l'_i}{\sum_{i=1}^n u'_i}, \frac{m'_i}{\sum_{i=1}^n m'_i}, \frac{u'_i}{\sum_{i=1}^n l'_i} \right] = \\ & (l_i, m_i, u_i) \end{aligned}$$

مرحله ۲. جهت محاسبه درجه ارجحیت S_i بر S_k از روابط ژاو که در بالا توضیح داده شد استفاده شده است.

مرحله ۳. محاسبه درجه‌ی ارجحیت یک عدد فازی محذب S که بزرگتر از K عدد فازی محذب S_i ; $i=1,2,\dots,k$ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) = (S \geq S_1), (S \geq S_2), \dots, (S \geq S_k) = \min \{ V(S \geq S_1), V(S \geq S_2), \dots, V(S \geq S_k) \}$$

$i=1,2, \dots, k$

چنانچه فرض کنیم که $K=1,2,\dots,n$ باشد، $d'(A1)=\min V(S1 \geq S_k)$ صورت زیر بدست می‌آید:

$$W'=(d'(A1), d'(A2), \dots, d'(An))$$

قابل ذکر است که وزن‌های بدست آمده، غیرفازی هستند.

مرحله ۴. نرمالیزه کردن بردار W' و بدست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده W .

$$W=(d(A1), d(A2), \dots, d(An))$$

تکنیک سازماندهی به رتبه بندی ترجیحی جهت ارزیابی بهتر فازی (Fuzzy Preference Ranking)

که برای اعداد فازی مثلثی معادل با رابطه‌ی زیر است (۱۸):

$$V(\hat{S}_i > \hat{S}_k) = \alpha_{si}(d) \begin{cases} 1 & mi \geq mk \\ 0 & lk \geq ui \\ \frac{lk-ui}{(mi-ui)-(mk-lk)} & otherwise \end{cases}$$

که d متناظر با بزرگترین نقطه‌ی تقاطع بین α_{si} و α_{sk} است.

روش *FAHP*: جهت حل ماتریس‌های زوجی و تعیین وزن گزینه‌های انتخابی از مدل توسعه چانگ استفاده گردید که مراحل آن عبارت است از (۱۷):

مرحله ۱. در مرحله اول باید بسط مرکب فازی را برای هر هدف بدست آورد. اگر $M^1_{gi}, M^2_{gi}, \dots, M^m_{gi}$ مقادیر آنالیز توسعه‌ی i امین هدف به ازای m آرمان باشد، آنگاه مقدار بسط مرکب فازی برای i امین معیار، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\hat{S}_i = \sum_{j=1}^m m_{gi}^j \times \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1}$$

که در این فرمول z ، نماینده‌ی هر کدام از آرمان‌ها می‌باشد. چنانچه $M_{jgi} = (l_{ig}, m_{ig}, u_{ig})$ باشد، آنگاه

توسعه‌ی m آرمان به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\sum_{j=1}^n M_{gi}^j$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m m_{gi}^j &= (l_{i1}, m_{i1}, u_{i1} + \\ & (l_{i2}, m_{i2}, u_{i2}) + \dots = (\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \\ & \sum_{j=1}^m u_{ij}) = (l'_i, m'_i, u'_i) \end{aligned}$$

همچنین برای بدست آوردن $(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j)^{-1}$ با اعمال عملگر جمع فازی، خواهیم داشت:

$$\sum \sum M_{gi}^j =$$

جهت انجام این ارزیابی، ابتدا $\tilde{p}_k(a_i, a_j)$ محاسبه می‌شود. در صورتی که مساحت قسمت مثبت بیشتر بود این مقدار جهت ادامه محاسبه انتخاب می‌شود. گام چهارم- بر طبق فرمول های پارامتری قطعی، برای هر گزینه a_i جریان رتبه بندی مثبت (جریان خروجی) و جریان رتبه بندی منفی (جریان ورودی) در حالت فازی بصورت زیر تعریف شده است، که باید در این مرحله محاسبه شوند.

$$\begin{aligned} \Phi^+ &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \pi^{\sim}(a_i, a_j) \leftarrow \text{جریان رتبه بندی فازی مثبت} \\ \Phi^- &= \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \pi^{\sim}(a_j, a_i) \leftarrow \text{جریان رتبه بندی فازی منفی} \end{aligned}$$

گام پنجم- امتیازات فازی را محاسبه و سپس با استفاده از روش مینکوفسکی (Minkofski) از حالت فازی به غیر فازی تبدیل کرده و رتبه بندی انجام می‌شود. در این گام میزان برتری جریان مثبت به جریان منفی هر گزینه را بررسی و سپس به حالت قطعی تبدیل می‌کنیم.

$$\begin{aligned} (x) &= \Phi^+(x) - \Phi^-(x) \\ x &= m + \frac{\beta - \alpha}{4} \end{aligned}$$

با توجه به اینکه بسیاری از ریسک فاکتورها و شاخص‌های ریسک، کیفی بوده و از عدم قطعیت برخوردار اند لذا محیط فازی برای محاسبات توصیه می‌شود. همانطور که در بالا نیز توضیح داده شده است تمام محاسبات در محیط فازی انجام گرفته است. قابل ذکر است که کلیه محاسبات انجام گرفته توسط نرم افزار متلب با استفاده از Tool box آن انجام شده است (۱۹).

مدل ارزیابی شدت ریسک بحران: در این تحقیق با استفاده از تابع زیر میزان شدت ریسک شبکه گاز مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تایید روایی روش ارائه شده بصورت مطالعه موردی در مناطق سه گانه شهر قزوین میزان عدد شدت ارزیابی شد.

$$\left\{ \begin{aligned} SN &= S_{tox}^{W_{tox}} \times S_{ex}^{W_{ex}} \times S_{cut}^{W_{cut}} \\ W_{tox} + W_{ex} + W_{cut} &= 1 \\ 1 < S_{tox}, S_{ex}, S_{cut} < 10 \end{aligned} \right.$$

SN: میزان شدت ریسک کلی

S_{TOX}: میزان شدت ریسک مسمومیت گاز

W_{TOX}: میزان وزن ریسک مسمومیت گاز

Organization Method for Enrichment (Evaluation)-(FPROMETHEE): این روش مخفف است که در سال ۱۹۸۵ توسط برنک و وینکل (Branc & Vincke) طراحی شد و در سال ۱۹۹۴ توسط همکارانش توسعه داده شد. این روش را می‌توان "روش رتبه بندی ترجیحی ساختاری برای ارزش گذاری حداکثری" نامگذاری کرد که همان طور که از نام آن بر می‌آید سعی دارد به صورت ساختاری برخورد کرده و از مقادیر واقعی معیارها برای ارزیابی استفاده کند. روش فازی این تکنیک در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط دانشمندانی از قبیل لیگرو و گومز و در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط ژانگ و همکاران ارائه شده است. اطلاعات مورد نیاز برای استفاده از روش پرومته شامل (۱۹):

۱- معیارهای موثر بر ارزیابی،

۲- وزن یا اهمیت نسبی معیارها

۳- نوع هر معیار (MIN) یا (MAX)

۴- تابع ارجحیت هر معیار

۵- مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری

همان طور که ذکر شد در استفاده از روش FROMETHEE ما به توابع ارجحیت نیاز داریم تا بتوانیم شاخص‌ها را با آن توابع بسنجیم. در این بخش قالب اعداد فازی که قرار است طبق آن روش شرح داده شود، مثلثی می‌باشد.

برای حل مسائل غیر قطعی از روش FROMETHEE فازی باید مراحل را به شرح زیر طی نمود (۱۹).

گام اول- یک تابع ترجیح مناسب (p_k) برای هر کدام از شاخص‌ها (f_k) تعریف می‌شود.

$$\tilde{f}_k(a_j) = (n_1, n_2, n_3) \text{ و } \tilde{f}_k(a_i) = (m_1, m_2, m_3)$$

گام دوم- بردار وزن‌های فازی (که هر کدام در شکل عدد فازی مثلثی باشد) تعریف می‌شود.

$$\tilde{w}_k = (m_1, m_2, m_3) \text{ و } \tilde{w}_T = (w_1, w_2, w_3)$$

گام سوم- تابع ارجحیت فازی π را برای هر a_i و a_j ارزیابی می‌شود.

نکته: براساس فرمول‌های مختص الگوها (همانند FROMETHEE قطعی) اعم از V شکل یا U شکل و غیره مقدار درجه تعلق را محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{aligned} \tilde{p}_k(a_i, a_j) &= (m_1 p_k, m_2 p_k, m_3 p_k) \text{ و } \pi_k^{\sim}(a_i, \\ a_j) &= (m_1 \pi, m_2 \pi, m_3 \pi) \end{aligned}$$

جدول ۳- جدول تصمیم‌گیری حد قابل قبول میزان شدت ریسک

ردیف	SN	تصمیم	توجهات
۱	۱۰-۲۰	قابل قبول	ادامه
۲	۲۰-۳۰	قابل تحمل / غیر قابل قبول	اصلاح شبکه در اولویت دوم
۳	۳۰-۱۰۰	غیر قابل تحمل	اصلاح سریع شبکه

یافته‌ها

بررسی مطالعه موردی در خصوص حوادث ایجاد شده در شبکه گاز (مربوط به مشترکین) در طی ۵ سال (۱۳۹۰-۱۳۹۴) در مطالعه موردی (شرکت گاز استان قزوین- امور مشترکین) نشان داد که بالاترین نرخ حوادث مربوط به مجروحین ایجاد شده در اثر حادثه در شبکه گاز بوده است. از پیامدهای ایجاد شده در حوادث می‌توان به مرگ و میر، خسارت‌های تحمیل شده به شبکه، جراحت اشاره نمود نتایج این بخش تحقیق در جدول ۴ نشان داده شده است. (قابل ذکر است که آمار بدست آمده حوادث مربوط به شبکه گاز برای پرسنل، مشترکین و پیمانکاران بوده است).

نتایج حاصل از FAHP در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج بعد از دی‌فازی شدن نتایج FAHP در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۵ مشخص است، در بحران قطعی گاز بالاترین وزن شاخص‌ها مربوط به مشکلات سلامتی و کاهش درآمد است. در خصوص بحران انفجار و حریق بالاترین معیار مربوط به آلودگی هوا و عدم اعتماد به سازمان است. مهمترین شاخص‌ها در بحران‌های مسمومیت در شبکه گاز مربوط به مرگ و میر و ترس و وحشت می‌باشد.

نتایج حاصل از رتبه‌بندی بحران‌ها بر اساس روش FPROMETHEEII در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که در بالا توضیح داده شد در این روش یک تابع ترجیح مناسب (p_k) برای هر کدام از شاخص‌ها (f_k) مطابق جدول شماره ۶ تشکیل می‌دهیم.

در نهایت با توضیحات ارائه شده در قسمت بالا و با توجه به اینکه توابع دارای جنبه منفی (MIN) هستند، جهت تبدیل به حالت غیر فازی با استفاده از فرمول تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی فرمول مینکووسکی، قدر مطلق $X_{defuzzified}$ را محاسبه شد. نتایج نهایی و رتبه‌های بدست آمده در گزینه‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول ۷ مشخص

S_{EX} : میزان شدت ریسک انفجار و حریق

W_{EX} : میزان وزن ریسک انفجار و حریق

S_{CUT} : میزان شدت ریسک قطعی گاز

W_{CUT} : میزان وزن ریسک قطعی گاز

قابل ذکر است که امتیاز W_{EX} ، W_{TOX} و W_{CUT} از وزن‌های خروجی از روش AHP استفاده می‌گردد. و میزان شاخص‌های S_{EX} ، S_{CUT} و S_{TOX} از وزن‌های تعریف شده توسط سیستم ممیزی و چک لیست‌ها تعیین می‌گردد (۲۰).

بر اساس نظر خبرگان و توافق با مدیریت سازمان و با استفاده از منطق ریسک تا ۲۰ درصد عدد حداکثر بعنوان میزان قابل قبول تعریف گردیده است و تا ۳۰٪ میزان حداکثر را بعنوان حد قابل تحمل تعریف شده است و بیشتر از آن را بعنوان حد غیر قابل تحمل تعریف شده که نیاز به اصلاحات سریع دارد. به منظور تصمیم‌گیری در خصوص قابل قبول بودن یا نبودن شدت ریسک تعیین شده از جدول ۳ استفاده شده است.

جهت تحلیل نتایج بدست آمده از آماره‌های میانگین و انحراف معیار استفاده گردید. جهت تایید روایی و پایایی پرسشنامه‌ها نیز ضمن بررسی متون و پرسشنامه‌های، مطالعات انجام شده، پرسشنامه تنظیم و پس از درج اطلاعات لازم، جهت روایی محتوایی در اختیار خبرگان قرار داده شد. پس از اصلاحات لازم پرسشنامه‌های اصلی تنظیم و مورد تایید خبرگان قرار گرفت. جهت بررسی اعتبار پایایی پرسشنامه‌ها از آلفای کرونباخ استفاده شد. برای این منظور پس از پاسخ کلیه خبرگان، پایایی پرسش‌نامه‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه گردید، که در حدود $\alpha = 0/74$ می‌باشد. با توجه به نتیجه حاصل، پایایی پرسش‌نامه قابل اطمینان می‌باشد. به منظور جمع‌آوری داده‌ها محقق اقدام به بازرسی از محیط مورد مطالعه و پر کردن چک لیست‌ها نموده است.

جدول ۷- تبدیل امتیازات فازی به قطعی (دی فازی) و رتبه بندی گزینه ها

گزینه ها	$\Phi defuzzified (x = \frac{m + \beta - \alpha}{4})$	رتبه بندی نهایی
W _{cut} (قطعی گاز)	۰/۶۱	۱
W _{ex} (انفجار و حریق)	۰/۳۶	۲
W _{tox} (مسمومیت)	۰/۱۵	۳

جدول ۸- نتایج حاصل از مقایسات زوجی بین زیر مولفه های بحران های تعریف شده در شبکه گاز

زیرمؤلفه	تراکم جمعیتی	نزدیکی به شهرک های صنعتی شبکه	گروه های آسیب پذیر و وضعیت شبکه	وجود صنایع وابسته به گاز	نزدیکی به زیر ساخت های شهری	وجود صنایع خطرناک	وجود اماکن ارزشمند	وجود بار سیاسی / اجتماعی	پوشش گیاهی	مجموع وزن نسبی	
قطعی گاز A1	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۱	
انفجار و حریق A2	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۱	
مسمومیت A3	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۱	

جدول ۹- مشخصات دموگرافی شاخص های اندازه گیری شدت ریسک بحران در سه منطقه شهرستان قزوین

ردیف	شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳
۱	آیا در نزدیکی شبکه گاز منازل مسکونی وجود دارد که بر اثر بحران در شبکه گاز امکان مرگ و میر افراد زیاد باشد؟	✓	✓	✓
۲	آیا در منطقه مورد مطالعه عارضه سیاسی خاص وجود دارد؟ (سکونت سیاسیون و یا سازمان های سیاسی)	✓	✓	✓
۳	آیا بازسازی شبکه در این منطقه دارای پیچیدگیهای فنی و هزینه بر می باشد؟	✓	✓	-
۴	آیا صنایع خطرناک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد؟	✓	-	-
۵	آیا توقف خدمات در این منطقه بار مالی زیادی را به سازمان وارد می کند؟ (تراکم سازمان های اقتصادی)	✓	-	-
۶	آیا تراکم جمعیتی در این منطقه بالا است؟	✓	✓	-
۷	آیا در نزدیکی منطقه شهرک صنعتی وجود دارد که شکست شبکه سبب ایجاد آسیب به صنایع گردد؟	✓	-	-
۸	آیا زمینه های بروز مشکلات اجتماعی در منطقه در اثر شکست شبکه وجود دارد؟	✓	✓	✓
۹	آیا در منطقه مورد مطالعه اماکن ارزشمند وجود دارد که در صورت شکست شبکه بتواند سبب ایجاد خرابی و تخریب این اماکن نماید؟	✓	-	-
۱۰	آیا پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه بالاست؟	✓	-	✓

سهم اعتماد به سررس	(0.25,0.41,0.63)	(0.15,0.24,0.44)	0.01	MIN	(0.1,0.2,0.3)
ایجاد ترس و وحشت	(0.25,0.37,0.57)	(0.15,0.24,0.44)	0.01	MIN	(0.1,0.2,0.3)

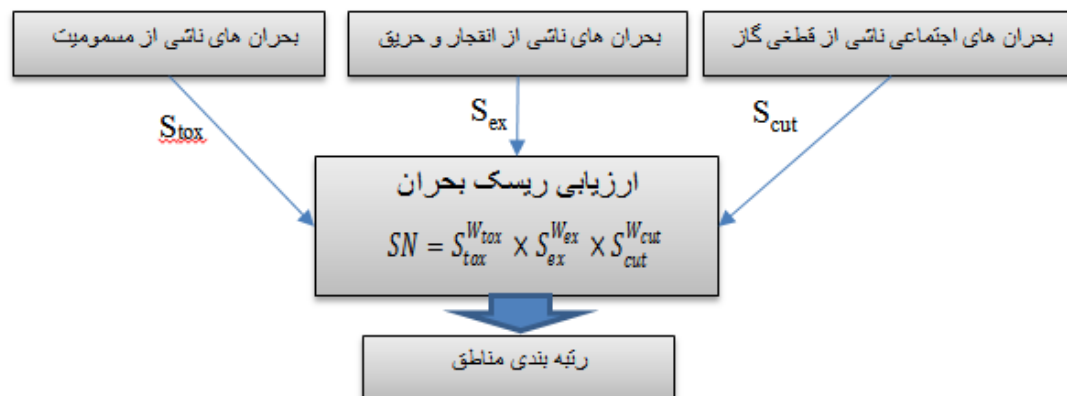
معیار ریسک در بحران به ترتیب. نزدیکی به منازل مسکونی، تراکم جمعیتی، نزدیکی به شهرک های صنعتی، وجود شرایط آسیب پذیر شبکه بود.

شهر قزوین در این تحقیق بعنوان یکی از مهم ترین شهرهای ایران در خصوص شبکه گاز رسانی جهت مطالعه موردی انتخاب شد، که به سه منطقه تقسیم گردید. مشخصات دموگرافی هر منطقه در جدول ۹

است که مهمترین بحران در شبکه گاز قطعی گاز می باشد. با توجه به جمع آوری پرسشنامه های زوجی و انجام محاسبات مربوطه که در قسمت بالا توضیح داده شده است نتایج مربوط به تعیین وزن شاخص های اشاره شده، به روش AHP در جدول ۸ نشان داده شده است. در این بخش تحقیق نتایج نشان داد که مهمترین

جدول ۱۰- نتایج میزان ریسک بحران در مناطق سه گانه شهر قزوین

مشخصات منطقه	میزان ریسک مسمومیت (S_{tox})	میزان ریسک انفجار و حریق (S_{ex})	میزان ریسک قطعی گاز (S_{cut})	شدت ریسک کلی (SN)
V1 (منطقه یک شهری)	۴۰/۷	۱۰/۱	۵۰/۶	۶۹/۳
V2 (منطقه دو شهری)	۴۰/۷	۵۰/۷	۵۰/۷	۲۱/۶
V3 (منطقه سه شهری)	۳۰/۵	۴۰/۵	۴۰/۶۵	۸/۳۶



شکل ۳- مدل مفهومی ارزیابی ریسک بحران در شبکه های گاز رسانی

بحث

یکی از مهم‌ترین مسایل در فرآیند ارزیابی ریسک، تاثیر قضاوت شخصی ارزیاب‌ها در تعیین میزان ریسک یک فرآیند می باشد. در این تحقیق با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری سعی شده است، تا میزان شاخص‌های اثر گذار در میزان شدت یک ریسک را در فرآیند گازرسانی تعیین نمود. امیدواری و همکاری در تحقیقی که در سال ۲۰۱۵ انجام دادند به تاثیر قضاوت‌های شخصی اشاره نمودند. در این تحقیق از مدل تصمیم‌گیری برای حذف این تاثیر استفاده نمود. این تحقیق در محیط غیر فازی انجام شده که برای برخی از معیارهای ریسک دارای ضعف می‌باشد و همچنین در این تحقیق خود ریسک‌ها مورد ارزیابی و رتبه بندی قرار گرفته است که در این تحقیق نتنها ریسک‌ها رتبه بندی شده بلکه معیارهای آن نیز مورد وزن دهی و رتبه بندی قرار گرفته است. همچنین در این تحقیق با استفاده از روش پرمته فازی که در آن تاثیر روابط و نحوه انتخاب گزینه به صورت ساختاری با استفاده از مقادیر واقعی معیارها برای ارزیابی دیده می شود، استفاده شده است (۲۱).

در بخش دیگر این تحقیق مشخص شد که بحران‌های مختلفی می تواند شبکه گاز را تهدید نماید، که این

نشان داده شده است.

نتایج حاصل از مطالعه موردی بر اساس مدل ارائه شده در جدول ۱۰ ارائه شده است. همانطور که در این جدول مشخص است ۳ منطقه شرکت گاز استان قزوین مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل نشان داد که بیشترین شدت ریسک بحران در منطقه ۱ شهرستان قزوین می باشد.

مهمترین علت آنرا می توان در مواردی از جمله تراکم بالای جمعیت و نزدیکی به شهرک های صنعتی و وجود اماکن ارزشمند تاریخی اشاره نمود. شرایط مناطق مختلف مطالعه موردی نشان داد که بهترین شرایط شبکه گازرسانی در منطقه ۳ بوده که علت آن تعداد کم منازل مسکونی، تراکم کم جمعیتی، دوری از شهرک های صنعتی، و عدم وجود شرایط آسیب پذیر را می توان نام برد. مدل مفهومی ریسک بحران دز شبکه گاز رسانی در شکل ۳ نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ۳ مشخص است بحران های شبکه گاز را در سه حوزه مسمومیت، انفجار و اجتماعی تعریف می گردد. که با استفاده از مدل محاسباتی ارائه شده می توان مناطق مختلف را مورد ارزیابی قرار داده و در نهایت رتبه بندی کرد.

نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین نتایج بدست آمده در این تحقیق در میان سه گزینه شناسایی شده بحران‌های موجود آمده در اثر شبکه‌های گازرسانی، بحران قطعی گاز از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. این مسئله بیشتر در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که از گاز طبیعی در مصرف‌کننده‌های نهایی جهت گرمایش و پخت و پز استفاده می‌شود. لذا این مسئله نشان می‌دهد که دولت در این کشورها لازم است برای جلوگیری از بحران‌های اجتماعی، برای اصلاح فرآیند مصرف گاز و تغییر انرژی مصرفی در منازل و مراکز اداری و تجاری از گاز به برق سرمایه‌گذاری نماید. ارزیابی بحران‌های اجتماعی از جنبه‌های جدید این تحقیق می‌باشد که در سایر تحقیق‌ها به آن پرداخته نشده است. با توجه به ساختار کاربری مسکونی و اداری شبکه گاز در کشورهایی مانند ایران بنظر می‌رسد که باید توجه بیشتر محققین قرار گیرد.

از مهمترین جنبه‌های نوآوری این مطالعه می‌توان به مدل ارزیابی شدت ریسک ارائه شده پرداخت. در این مدل وزن معیارهای ریسک، یکسان منظور نشده است و با توجه به شرایط محیطی و آسیب‌پذیری منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مسئله بیان‌کننده این است که در ارزیابی‌های ریسک بحران شرایط اجتماعی و جمعیتی و کاربری محیطی می‌تواند بسیار در ریسک بحران نقش بازی نماید، که باید در تعریف و تعیین شاخص‌های ارزیابی مدنظر قرار گیرد. این مسئله یکی از مهمترین جنبه‌های تمایز بین مطالعه حاضر با مطالعه‌های مشابه است.

استفاده از مدل‌های چند هدفه و حل آن با الگوریتم‌های فراابتکاری در شرایط عدم قطعیت می‌تواند یکی از مهمترین مشکلات ارزیابی ریسک را در حوزه‌هایی که اطلاعات آن در دسترس نیست و در حالت غیر قطعی لازم است برای پارامترهای ریسک تصمیم‌گیری نمود کاربرد داشته باشد.

تقدیر و تشکر

محققین بر خود لازم می‌دانند که از مدیریت بهره‌بردار شرکت گاز قزوین بدلیل حمایت‌های معنوی و همچنین از دانشگاه آزاد اسلامی قزوین بدلیلی فراهم نمودن شرایط انجام این تحقیق تقدیر و تشکر نماید.

مسئله بیشتر بدلیل ضعیف بودن لایه‌های ایمنی تعریف شده در شبکه گاز می‌باشد، که نتایج این بخش تحقیق با نتایجی که ارقامی و همکاران در سال ۲۰۰۶ گرفتند، همخوانی داشته و آنها نیز به غیر ایمن بودن شبکه گاز در بحران‌های طبیعی اشاره نموده‌اند (۲۲). در این تحقیق اشاره شده است که آموزش شهروندی مهمترین روش کنترل حوادث شبکه‌های گازی می‌باشد.

نتایج نشان داد که کمترین بحران در شبکه گازرسانی، بحث نشتی گاز و ایجاد بحران مسمومیت می‌باشد که این مسئله بدلیل وجود گازهای نشان‌گر در جریان گاز است که با ایجاد نشتی، افراد سریعاً متوجه شده و نسبت به اطلاع‌رسانی و رفع آن اقدام می‌نمایند. در تحقیقی که دودس و مکدوال در سال ۲۰۱۳ انجام دادند بحران حریق را بعنوان بحران اصلی شبکه‌های گازرسانی مطرح نمودند که با تحقیق حاضر تفاوت دارد. مهم‌ترین علت آن تفاوت در نوع کاربری شبکه گازرسانی در کشورهای مختلف است. بطوریکه در ایران بیشترین کاربری مسکونی است و در کشورهای اروپایی بیشترین کاربری صنعتی است (۲۳).

در مطالعه‌ای که زارعی و همکاران در سال ۲۰۱۷ انجام دادند، مشخص شد که مهمترین حادثه در فرآیند بحران در شبکه گازرسانی شکست رگلاتور می‌باشد، که در این تحقیق به علت‌های ایجاد بحران در شبکه گاز پرداخته شده است. در مطالعه حاضر بیشتر روی شدت و عناصر تشدیدکننده بحران‌های شبکه گازرسانی بعنوان عوامل آسیب‌پذیر پرداخته شده است. از نتایج تحقیق زارعی بعنوان یکی از پارامترهای شرایط آسیب‌پذیر در تحقیق حاضر استفاده شده است (۲۴). این مسئله در تحقیقی که ژینگسون و همکاران در سال ۲۰۱۷ انجام دادند نیز مستتر است. بطوریکه مهمترین علت بحران در شبکه گازرسانی ضعف ساختاری در شبکه و شرایط آسیب‌پذیر شبکه ذکر شده است (۲۵). در همین راستا فولیو و راسو در سال ۲۰۱۷ مطالعه‌ای را در خصوص ریسک لوله‌گاز انجام دادند، که در آن مشخص شد که عوامل محیطی و نوع کاربری اطراف شبکه گازرسانی از مهمترین عوامل آسیب‌پذیری در شبکه گازرسانی و افزایش ریسک بحران در این شبکه می‌باشد (۲۶).

- Health. 2017;14(1):57-70. [Persian]
14. Bozorg Zad B. Operational and administrative management of crisis situations, Publishing Fire and Safety Services City of Isfahan, Iran. 2011. [Persian]
 15. Terms of use of natural gas, Publishing National Iranian Gas Company, 2013:6. [Persian]
 16. Azadian S, Shirali G, Saki A. Evaluation Reliability and Validity a Questionnaire to Assess Crisis Management Based on Seven Principles of Resilience Engineering Approach in Hospitals. Iran Occup Health. 2016;13(1):15-26. [Persian]
 17. Amiri M, Darestani Farahani A. Multi Criteria Decision Making, Publishing Qian academic. 2013. [Persian]
 18. 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). J Health Saf Work. 2014;3(4):11-22.[Persian]
 19. W.Kent Muhlbauer. Pipeline Risk Management Manual, third edition, Gulf Publishing Company Houston, TX. ISBN: 978-0-7506-7579-6, 2004: 331-355.
 - 20- Ghaleh S, Omidvari M, Nassiri P, Momeni M, Mir lavasani S M R. Presenting of safety performance assessment pattern of road trucks. Iran Occup Health. 2019;15(6):73-80.[Persian]
 21. Omidvari M, Mansouri N, Nouri J. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. Saf Sci 2015;73:34-42.
 22. Arghami Sh, Yousefi Afkand M, Abdolmaleki A, Sadeghi Poor E, Mastari Farehani M. The fire caused an earthquake of city gas network, Crisis Management Conference, University of Medical Sciences, Zanjan, Iran. 2006. [Persian]
 23. Dodds P, McDowall W. The future of the UK gas network. Appl Energy Policy. 2013;60:305-316.
 24. Zarei E, Azadeh A, Khakzad N, Mirzaei Aliabadi M, Mohammadfam I. Dynamic safety assessment of natural gas stations using Bayesian network, J Hazard Mat. 2017;321:830-840.
 25. Jiansong W, Rui Z, Shengdi X, Zhengwei W. Probabilistic analysis of natural gas pipeline network accident based on Bayesian network. J Loss Prev Process Indust. 2017;46:126-136.
 26. Fulvio P, Russo P. Risk-targeted safety distance of reinforced concrete buildings from natural-gas transmission pipelines. Reliably Engin Syst Saf. 2016;148:57-66.

References

1. Deshmukh S, Pilani B. Role of Energy in Sustainable Urban Development Planning. Adv Environ Agricul Sci. 2014: ISBN: 978-1-61804-270-5, 346-354.
2. Azadian S, Shirali G, Saki A. Evaluation Reliability and Validity a Questionnaire to Assess Crisis Management Based on Seven Principles of Resilience Engineering Approach in Hospitals. Iran Occup Health. 2016;13(1):15-26. [Persian]
3. Maria Cruz A. Engineering Contribution to the Field of Emergency Management. Appl Nat Hazard Rev. 2002;2:203-210.
4. Strand C. One hundred years of experience with gas system and fires following earthquakes, Improving natural gas safety in earthquakes, July 10, the California. 2002:cap:2,3.
5. Alexoudi M, Pitolak K, Hatzigogos T. Earthquake risk assessment of gas system based on deterministic and probabilistic approach (Greece), Ninth International Conference on Structural Safety and Reliability, 2005 June 19-23, 2005, Rome, Italy.
6. Han Z, Weng W. Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network. Appl Hazard Mat. 2011;189:509-518.
7. Davidson R, McEntire D, Long L, Kelly J, Kendra J, Scawthorn C. San Bruno California, September 9, 2010 gas pipeline explosion and fire, Disaster Research Center Final Project Report University of Delaware, Newark DE, 2012.
8. Daneshpour Z, Ebrahimnia V, Fallahi A. Integrating disaster management and metropolitan planning in Tehran, Proceedings REAL CORP 2012 Tagungsband, 2012:387-398.
9. Hu G, Li J, Tan Zh. Risk assessment and countermeasures of gas accidents in the sensitive areas under control during the Olympic Games in Beijing. Saf Sci. 2013;62(2014):187-204.
10. Kulawiak M, Lubniewski Z. SafeCity - A GIS-based tool profiled for supporting decision making in urban development and infrastructure protection, Technological Forecasting & Social Change 17830, 2013:1-14.
11. Cimellaro G, De Stefano A. Service ability of natural gas distribution networks after earthquakes, Applied Earthquake and Tsunami 2, 1350005 2013:(22 pages).
12. Omidvari Manouchehr. Risk Management in HSE, QIAU publish, Qazvin, Iran. 2017:Cap:1. [Persian]
13. Navaie aznave Z, Omidvari M. Safety Risk assessment in Motor vehicle industries by using William fine and ANP-DEMATEL. Iran Occup