Website: https://www.Sepehr.org Online ISSN: 2588-3879; Print ISSN: 2588-3860

Scientific - Research Quarterly

Geographical Data (SEPEHR) Vo.33,No.131, Autumn 2024

P.P 23-41

Research paper

https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2024.2017108.3040

Evaluating the environmental risk of oil and gas pipeline routes using the Fuzzy Inference System method

Mostafa Kabolizadeh [1]*, Yasmin Elhaei [2], Shahin Mohamadi [3]

1- (*Corresponding author) Associate professor, Department of remote sensing and Geographical Information System, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Email: m.kabolizade@gmail.com

2- PhD. Student, Department of Remote Sensing and Geographical Information System, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Email: yasaminelh@gmail.com

3- Ph.D., Department of Remote Sensing and Geographical Information System, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Email: shahingisrs@gmail.com

Article Info

Date of receive:

2023/12/20

Date of last review:

2024/04/07

Date of accept:

2024/06/28

Date of online publication:

2024/06/29

Keywords:

Pipelines,

Risk,

Natural resources,

Oil and gas spills,

Remote sensing,

Environmental monitoring

Extended Abstract

Introduction

Oil and gas pipeline projects face a wide range of safety and security risk factors globally, especially in oil and gas-producing countries that have unsafe environments and poor safety records. Inadequate information about the causes of pipeline failures and poor knowledge about safety and security hinder efforts to reduce such risks. Today, pipelines are widely used to transport oil and gas over long distances; Therefore, their risk assessment can help to identify related risks and take necessary measures to eliminate or reduce the resulting consequences. By reviewing the previous studies, it was found that the goal of the researchers was often to investigate the possibility and consequence of quantitative risk assessment in pipelines, while these parameters are based on the physical characteristics of pipelines and alone cannot cover all aspects of risk along the path of oil and gas pipelines. to cover At the same time, paying attention to the general Feild of the pipeline in an oil region and the uses that include these feild are very important from the environmental, sustainable development, and crisis management aspects. Finally, it seems that not paying attention to this aspect of the goal is one of the distinguishing features of this study compared to other studies. The main goal of this research is to implement a new approach to assess the riskiness of the overall Feild of pipelines on environmental resources around the Maroon oil region.

Materials and Methods

In this research, first, the study model of pipeline risk (from the point of view of consequences after the event) was selected. ... **Page 24**

How to Cite:

Kabolizadeh, M. Elhaei, Y. Mohamadi, S (2024). Evaluating the environmental risk of oil and gas pipeline routes using Fuzzy Inference System method. Scientific - Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR). 33(131), 23-41.

In the next step, the factors affecting the riskiness of the pipeline (in case of various incidents such as fire, explosion, toxic gas leakage, etc.) were identified and quantified. Then, the initial risk zoning map of pipelines in the study area was modeled based on MATLAB software's Mamdani fuzzy inference system. In the final step, to validate the proposed model, the results and outputs of the pipeline risk zoning model based on the fuzzy inference system were compared with the general opinion of experts. Finally, the final risk zoning map of the region was prepared and combined with the route of existing pipelines in the area. became.

Results and discussion

Based on the risk zoning of the oil and gas pipeline route from the point of view of facilities/structures, this route mainly passes through areas with low and medium risk that have an area of 223.32 Km2, this area is equivalent to 18.4% of the total area of the oil field. However, about 1.45% of the oil field area includes areas with high risk. These areas are located in the southern parts of the Maroon oil field. According to the land use map, the use of these areas includes main roads, bridges, and power lines. The reason for the high risk in these areas is that in case of accidents related to oil and gas transmission lines, the consequences of these risks in these areas can be significant. The results of risk zoning of the pipeline route from the perspective of environmental factors show that the route of pipelines passes through areas with low, medium, and high risk. But with the difference that, compared to the zoning map of facilities and structures, the passage route is more in areas with medium to high risk. The area of these areas is equal to 750.25 Km2 and includes 61.83% of the total area of the oil area, the use of these areas is consistent with the network of waterways and flowing sand (sand hills). The final risk map shows the path of oil and gas transmission lines, which is the result of combining two environmental and technical criteria. In this map, after zoning the area in terms of low, high, medium, and high risks, the route of the pipelines was adapted to it. In the final map, the route of the current pipelines in the Maroon oil region shows a great adaptation to the areas with low and medium risk. Most of the pipelines' route corresponds to areas with low and medium risk. Finally, the adaptation of the current pipeline route in the region and risk zoning in the northern and central parts of the field showed that these areas show a low and medium level of risk. According to the results, the area of high-risk areas in the oil field is 17.55 Km2, equal to 1.4% of the total area of the Maroon oil field. The total length of oil field pipelines is 249.14 km, the total of 7 km of this route, which is equivalent to 2.8% of the total length of the lines, passes through high-risk areas. Most of this route is located in the south and southeast part of the oil field.

Conclusion

The results of this research show that the method of expert systems, artificial intelligence, and remote sensing can to a large extent overcome the shortcomings of the lack of zoning maps of general risk from the route of oil and gas pipelines in a vast oil area. The relationship between input and output information in the proposed fuzzy inference system was described as linguistic variables by applying expert opinion, which is more flexible and accurate compared to the classical model. Finally, based on the results of this study, the southern parts of the Maroon oil field are of high risk due to the existing pipeline route. This route is approximately 7 km long, i.e. 2.8% of the entire pipeline route. Finally, considering the above, it can be said that the above-mentioned method is effective in better decision-making by experts, because achieving a general view of the level of risk in different areas, in adopting strategies for prevention, evaluation, and correction of the area, is useful. has a lack of need for field studies, as well as reducing the burden of costs related to it, as well as saving time, are among the most important parameters that will make the research of researchers easier.

شاپای الکترونیکی: 2588-3879 / شاپای چاپی: 2588-3860
تارنمای نشریه https://www.Sepehr.org

فصلنامه علمی - پژوهشی
اطلاعات جغرافیایی(سپهر) دوره۳۳، شماره ۱۳۱، پاییز ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی
صفحات ۴۱ - ۲۳

https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2024.2017108.3040

ارزیابی خطرپذیری مسیر خطوط لوله نفت و گاز بر محیط‌زیست با استفاده از روش سیستم استنتاج فازی

مصطفی کابلی‌زاده[۱]*، یاسمین الهایی[۲]، شاهین محمدی[۳]

۱- (*نویسنده مسئول) دانشیارگروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
m.kabolizade@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران yasaminelh@gmail.com
۳- دانش‌آموخته دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران shahingisrs@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۲۹

تاریخ آخرین بازنگری:
۱۴۰۳/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۴/۰۸

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۴/۰۹

واژه‌های کلیدی:
خطوط لوله؛
خطرپذیری؛
منابع طبیعی؛
نشت نفت و گاز؛
سنجش‌ازدور؛
پایش محیطی

چکیده

امروزه خطوط لوله به‌طور گسترده‌ای برای انتقال نفت و گاز در فواصل طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بنابراین ارزیابی خطرپذیری آن‌ها می‌تواند به شناسایی خطرات مرتبط و انجام اقدامات لازم برای حذف یا کاهش پیامد حاصل از آن کمک کند. در تحقیق حاضر، از یک سیستم استنتاج فازی (FIS) برای ارزیابی خطرپذیری مسیر خطوط لوله استفاده شده است. به این منظور در ابتدا لایه‌های مکانی موردنیاز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های موجود تهیه شد. در گام بعدی نیز پایگاه قوانین سیستم استنتاج فازی براساس دانش کارشناسی تهیه شد. در ادامه نقشه‌ی خطرپذیری خطوط لوله نفت و گاز یک‌بار از منظر فنی و یک‌بار از منظر عوامل محیطی پهنه‌بندی شده و سپس نقشه‌های به‌دست‌آمده به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری نهایی مسیر خطوط لوله باهم تلفیق شدند. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی می‌تواند رویکرد جدید و قابل اطمینانی را ازنظر ارزیابی خطرپذیری مسیر خطوط لوله نفت و گاز بر محیط طبیعی پیرامون از منطقه ارائه دهد. تلفیق نقشه خطرپذیری نهایی و مسیر خطوط لوله نفت و گاز موجود در منطقه نفتی مارون نشان داد که ۲/۸ درصد از کل مسیر خط لوله که معادل ۷ کیلومتر طول خطوط لوله است در صورت وقوع حوادث ناشی از خط لوله (مانند: انفجار، آتش‌سوزی، نشت گاز و میعانات نفتی و غیره) می‌تواند خطرپذیرتر از سایر مناطق باشد. این مناطق بیشتر در قسمت‌های جنوبی منطقه واقع بوده و در مسیر جاده‌های اصلی، خطوط برق، پل‌ها و همچنین زمین های زراعی قرار دارند. درنتیجه پیامدهای ناشی از این حوادث با مدیریت صحیح این موضوع می‌تواند تا قابل‌کنترل باشد.

****

استناد به این مقاله:
کابلی‌زاده، م؛ الهایی، ی؛ محمدی، ش (۱۴۰۳). ارزیابی خطرپذیری مسیر خطوط لوله نفت و گاز بر محیط‌زیست با استفاده از روش سیستم استنتاج فازی؛ فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی(سپهر)،۳۳ (۱۳۱)، ۴۱-۲۳

۱- مقدمه

پروژه‌های خط لوله نفت و گاز با طیف وسیعی از عوامل خطر ایمنی و امنیتی در سطح جهانی، به‌ویژه در کشورهای تولیدکننده نفت و گاز که دارای محیط ناامن و سوابق ایمنی ضعیف هستند، مواجه‌اند. اطلاعات ناکافی در مورد علل خرابی خطوط لوله و دانش ضعیف در مورد ایمنی و امنیت مانع از تلاش برای کاهش چنین خطراتی می‌شود. اصطلاح ارزیابی خطرپذیری، سنگ بنای فرآیند تصمیم‌گیری است. خطرپذیری یک رویداد ناخواسته تابعی از مجموعه‌ای از سناریوها، احتمال وقوع و پیامدهای رویدادها است (AIChE, 2000;Kaplan & Garrick,1981). تعیین کمیت خطر شکست خط لوله نفت و گاز یک کار دشوار است. عوامل محیطی ازنظر زمانی و مکانی بسیار متغیر هستند. علاوه بر این، ازآنجایی‌که لوله‌ها عمدتاً مدفون هستند، اطلاعات محدودی در مورد وضعیت آن‌ها در دسترس است. درنهایت، برخی از فرآیندهای شکست خطوط لوله به‌خوبی درک نشده‌اند و تحقیقات تخصصی در مورد آن بسیار دشوار است، زیرا به‌طورکلی یک‌فاصله زمانی بین زمان شکست و زمانی که در آن پیامدها مشاهده می‌شود وجود دارد. در این رابطه مطالعات متعددی به جنبه‌های مختلف مربوط به ارزیابی خطرپذیری خطوط لوله پرداخته‌اند (Arnaldos et al.,1998 ;Cagno et al., 2000; Jo & Ahn, 2002; Sklavounos & Rigas., 2006). در حال حاضر، خطوط لوله به‌طور گسترده برای انتقال نفت و گاز در فواصل طولانی استفاده می‌شود. حمل‌ونقل نفت و گاز از چاه به مصرف‌کنندگان نهایی در سطح بالایی از کارایی و اثربخشی نیازمند داشتن یک سیستم لوله‌کشی پیچیده است. براساس تخصیص خط لوله، پیامدهای خاص فرهنگی، اجتماعی و زیست‌محیطی در آن منطقه خاص به وجود می‌آید (Markowski et al., 2009). عوامل مخربی مانند خوردگی، بلایای طبیعی، عوامل خارجی و نقص در طراحی و بهره‌برداری و همچنین مسیریابی نادرست نقش به‌سزایی در حوادث ناشی از خط لوله دارند. پیامدهایی ازجمله نشت گازهای غیر سمی قابل اشتعال و محصولات نفتی مایع ناپایدار و همچنین نشت نفت مایع از یک خط لوله ممکن است در درازمدت منجر به یک حادثه انسانی خطرناک و خسارات اقتصادی و به‌ویژه زیست‌محیطی قابل‌توجه شود. بااین‌حال، ریسک شکست و پیامدهای ناشی از آن را می‌توان با انتخاب استراتژی‌های مدیریت ریسک کارآمد به سطح قابل قبولی کاهش داد. با توجه به این نگرانی‌ها، مطالعات متعددی در مورد خطرات مربوط به خط لوله انجام‌شده است. برای مثال، کارنو و همکاران (۲۰۰۸) از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تعیین توزیع خرابی‌های شبکه خط لوله گاز شهری در یک رویکرد بیزی قوی با در نظر گرفتن نرخ شکست استفاده کردند. بررسی سیستم استنتاج فازی (FIS)، برای ارزیابی ریسک حامل‌های گاز طبیعی مایع در حین بارگیری/تخلیه در پایانه‌ها نشان داد که می‌توان ریسک را به‌صورت کمی با استفاده از مدل فازی محاسبه کرد (Elsayed et al., 2009). هان و ونگ (۲۰۱۱) از روش‌های ارزیابی کمّی و کیفی ریسک برای شبکه خط لوله گاز طبیعی شهری استفاده کردند، روش کیفی ارائه‌شده در این مقاله به‌ویژه برای شبکه خط لوله گاز طبیعی شهری مناسب است و روش کمّی پیامدهای مختلف حوادث را در نظر می‌گیرد. شهریار و همکاران (۲۰۱۲) از یک تحلیل پاپیونی مبتنی بر روش فازی به‌منظور ارزیابی ریسک خطر خطوط لوله نفت و گاز استفاده کردند. آن‌ها عمدتاً ارتباط عوامل مختلف را با وقوع حوادث خط لوله بررسی کردند. علیدوستی و همکاران (۲۰۱۲) مدل شبکه عصبی (NNM) را برای تحلیل میزان ریسک و مدیریت حفاظت از دارایی‌های حیاتی در نظر گرفتند. جمشیدی و همکاران (۲۰۱۳)، یک مدل سیستم استنتاج فازی (FIS) جدید را با استفاده از الگوریتم ممدانی برای ارزیابی ریسک خط لوله توسعه دادند. دماسی و همکاران (۲۰۱٤) نیز از این مدل برای بررسی خوردگی داخلی خط لوله براساس داده‌های واقعی استفاده کردند. رنگزن و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعه‌ای به ریز پهنه‌بندی خطرپذیری زلزله در منطقه یک شهرداری اهواز با استفاده

از دو مدل سیستم استنتاج فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداختند، نتایج نشان داد در ارزیابی دو مدل، سیستم استنتاج فازی عملکرد بهتری نسبت به مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی داشته است. الجارودی و همکاران(۲۰۱۵) نیز یک ارزیابی یکپارچه مبتنی بر ریسک را برای پیش‌بینی خرابی‌ها و پیامدهای خط لوله نفت خام دریایی طراحی کردند. استراتژی ارزیابی خطرپذیری جامع که برای توصیف و کاهش سطح خطرپذیری خط لوله به کار می‌رود ضروری است ***(Lu et al., 2015)***. بونویسینی و همکاران(۲۰۱۵) تکنیکی را ارائه کردند که رویکردی برای ارزیابی کمی خطر زیست‌محیطی به دلیل وجود مسیر خطوط لوله در ساحل ارائه می‌دهد. دونگ یئونگ کیم(۲۰۱۶) رابطه‌ای بین ANN و FIS را برای تعیین سطح آب راکتورهای اتمی به‌منظور پیش‌بینی رویدادهای نامطلوب تلفیق کرد و نتایج ارزشمندی به دست آورد. کوسا گولیچ(۲۰۱۹) در یک مطالعه مدلی براساس مجموعه‌های فازی نوع ۲ به‌منظور ارزیابی اثرات سیستم‌های خط لوله بر محیط‌زیست ارائه داد و بیان کرد که مدل پیشنهادی ارزیابی ریسک مناسب‌تری را امکان‌پذیر می‌کند. حمیدرضا رأی‌حق و همکاران(۲۰۲۰)در مطالعه‌ی خود از یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و یک سیستم استنتاج فازی (FIS) برای تهیه مدل جدیدی برای ارزیابی ریسک خط لوله با دقت بالاتر استفاده کردند. برای تأیید مدل توسعه‌یافته، لوله ساحلی بین فازی پالایشگاه فاز ۹-۱۰ در میدان گاز پارس جنوبی به‌عنوان مطالعه موردی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی سطح بالاتری از دقت را ازنظر ارزیابی ریسک لوله ارائه می‌دهد.

آگنیسکا مالینوفسکا (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای روش مبتنی بر هوش مصنوعی ارائه داد که امکان ارزیابی احتمال خطر شکست در بخش‌های خط لوله تأمین گاز را فراهم می‌کند. براساس تغییر شکل‌های سطحی و مقاومت خط لوله گاز و مدل استنتاج ممدانی می‌توان پیش‌بینی کرد که خط لوله گاز در معرض خطر است. در نهایت نتیجه گرفتند که مدل ارائه شده می‌تواند به حفاظت بهینه‌سازی هزینه خطوط طراحی‌شده و تعمیرات خطوط لوله گاز موجود کمک کند. کیانگ یو و همکاران (۲۰۲۳)، در یک مطالعه مدلی را ارائه دادند که به‌طور سیستماتیک شبکه بیزی (BN)، نظریه فازی، و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برای تجزیه‌وتحلیل احتمال شکست خط لوله ادغام شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مدل پیشنهادی می‌تواند تصمیم‌گیری مؤثری را برای مدیران خط لوله به‌منظور جلوگیری از خرابی‌های خط لوله و مدیریت آن‌ها فراهم کند. با بررسی مطالعات پیشین، مشخص شد که غالباً هدف محققین حول بررسی احتمال و پیامد ارزیابی کمی ریسک در خطوط لوله بوده است، درحالی‌که این پارامترها مبتنی بر مشخصات فیزیکی خطوط لوله است و به‌تنهایی نمی‌توانند تمام جنبه‌های خطر در طول مسیر خطوط لوله‌ی نفت و گاز را پوشش دهند. این در حالی است که توجه به مسیر کلی خط لوله در یک منطقه نفتی و کاربری‌هایی که این مسیرها را در برمی‌گیرد از جنبه‌های زیست‌محیطی، توسعه پایدار و نیز مدیریت بحران بسیارحایز اهمیت هستند. درنهایت به نظر می‌رسد که عدم توجه به این جنبه از هدف، ازجمله موارد وجه تمایز مطالعه حاضر در مقایسه با سایر مطالعات است. از سوی دیگر با توجه به اینکه، عدم قطعیت نیز جزء جدایی‌ناپذیر محاسبه خطرپذیری است و منطق ارسطویی نمی‌تواند عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های ذاتی سیستم‌ها را مدیریت کند؛ بنابراین توجه به مدل‌های فازی برای این منظور می‌تواند نتایج بهتری داشته باشد ***(Raeihagh et al., 2020)***. ازاین‌رو، مطالعه حاضر باهدف توسعه یک مدل با رویکرد جدید به‌منظور ارزیابی خطرپذیری سیستم خط لوله نفت و گاز براساس مدل سیستم استنتاج فازی، دانش خبره و سنجش‌ازدور با دیدی کلی از منطقه نفتی است. برای اثبات امکان‌سنجی و سودمندی مدل پیشنهادی، نتایج این مدل و روش سنتی نیز مقایسه شده و نقشه خطرپذیری با مسیر خط لوله نفت و گاز موجود تلفیق شد. درواقع این مطالعه نقشه خطرپذیری کلی و اولیه از منطقه موردمطالعه، با یکسان در

نظر گرفتن مشخصات خطوط لوله و انواع پیامدهای ناشی از حوادث آن را تهیه می‌کند که برای کاهش خطرپذیری در تصمیم‌گیری‌های بعدی می‌تواند مثمر ثمر واقع شود.

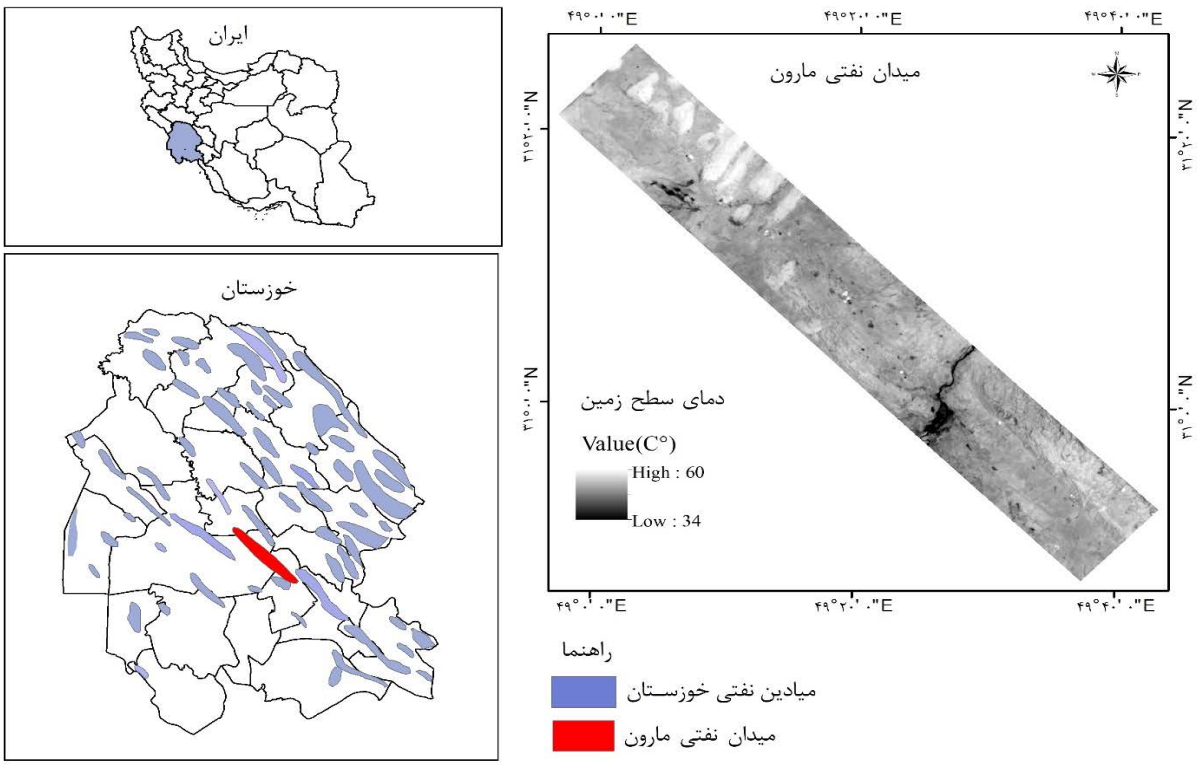
۲- داده و روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی مارون یکی از بزرگ‌ترین میادین نفتی حوضه دزفول شمالی است که از شمال غرب به میدان کوپال و از غرب به میدان رامین و از شمال شرقی به میدان آغاجاری محدود می‌شود. این میدان در فاصله ٦٠ کیلومتری شرق شهرستان اهواز و ٤٠ کیلومتری جنوب شهرستان رامهرمز در مجاورت بخش شرقی جاده رامهرمز اهواز واقع شده است. مساحت کل منطقه نفتی مارون ۱۲۱۳/۱۳کیلومترمربع است. رودخانه‌های مارون و کوپال به ترتیب از جنوب به سمت شمال‌شرق و بخش غربی منطقه موردمطالعه در جریان هستند و قسمت‌هایی از دشت‌های اطراف خود را سیراب می‌کنند. براساس آمار و اطلاعات اداره هواشناسی شهرستان رامهرمز متوسط بارندگی سالیانه محدوده موردمطالعه ۳۲۸میلی‌متر و عمده نزولات جوی در ماه‌های آبان تا فروردین در این منطقه نازل می‌شود. میانگین حداکثر دما ۳۵/۵ درجه، میانگین حداقل دما ۱۱/۱۵ درجه، حداکثر مطلق ۵۰ درجه سانتی‌گراد در تیرماه، حداقل درجه حرارت مطلق ۱-درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه و میانگین کلی درجه حرارت سالیانه ٢٤/١درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است. مجموع طول مسیر خطوط لوله موجود در میدان نفتی مارون معادل ٢٤٩/١٤کیلومتر است. در نگاره (۱) منطقه مطالعاتی نشان داده شده است.

۲-۲- شیوه اجرای پژوهش

این پژوهش در سه‌گام انجام پذیرفت. در گام اول، الگوی مطالعه خطرپذیری خطوط لوله (از منظر پیامدهای پس از



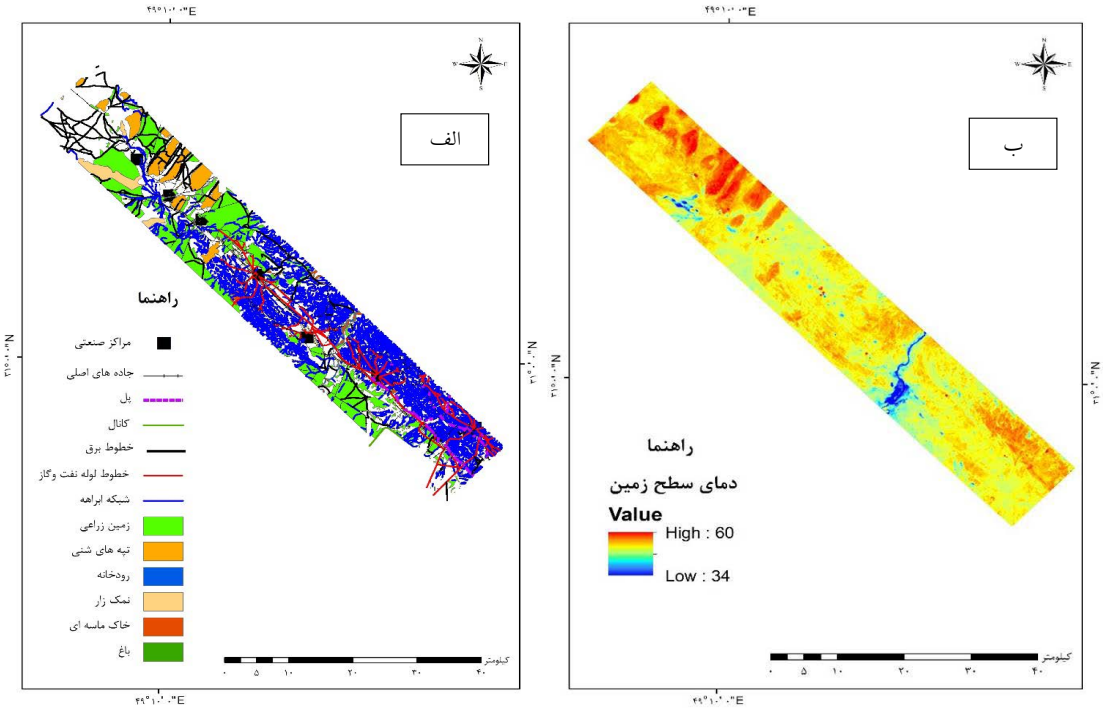
نگاره۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

رخداد)، انتخاب شد. در گام دوم، عوامل مؤثر بر میزان خطرپذیر بودن خط لوله (در صورت وقوع رخدادهای مختلف ازجمله آتش‌سوزی، انفجار، نشت گاز سمی و غیره) شناسایی و کمی‌سازی شدند. سپس نقشه اولیه پهنه‌بندی خطرپذیری خاص خط لوله منطقه موردمطالعه براساس یک سیستم استنتاج فازی ممدانی در نرم‌افزار متلب (Matlab-R2016a) مدل‌سازی شد. در گام سوم، برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، نتایج و خروجی‌های مدل پهنه‌بندی خطرپذیری خط لوله مبتنی بر سیستم استنتاج فازی (FIS) با نظر اجمالی کارشناسان مقایسه شد درنهایت نقشه نهایی منطقه بادید کلی و عمومی تهیه و با مسیر خطوط لوله موجود در منطقه تلفیق شد.

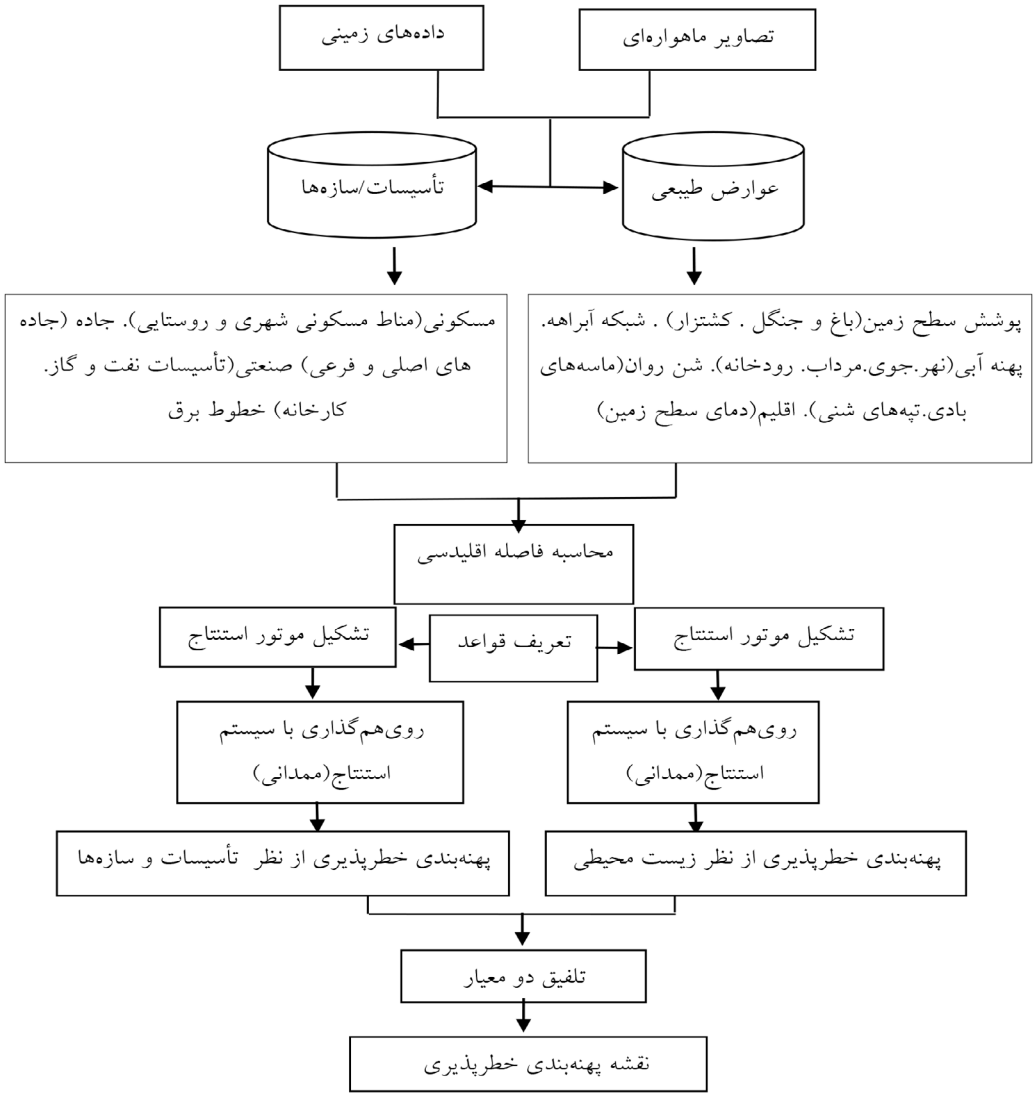
۲-۳- آماده‌سازی لایه‌های موردنیاز

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری مسیر خطوط لوله نفت و گاز در گام اول لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز از منابع مختلف جمع‌آوری و سپس در گام بعد، لایه‌های مناسب آماده‌سازی و تفسیر و تجزیه‌وتحلیل شدند.

با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه کاربری اراضی میدان نفتی مارون لایه‌های عوارض طبیعی شامل لایه‌های پوشش سطح زمین (باغ و جنگل. کشتزار)، شبکه آبراهه، پهنه آبی (نهر. جوی. مرداب. رودخانه)، شن روان (ماسه‌های بادی. تپه‌های شنی)، اقلیم (دمای سطح زمین)، و لایه تأسیسات/سازه‌ها شامل، مسکونی (مناطق مسکونی شهری و روستایی)، جاده (جاده‌های اصلی و فرعی)، صنعتی (تأسیسات نفت و گاز. کارخانه)، خطوط برق در محیط نرم‌افزار ArcMap10.8 تهیه و رقومی‌سازی شدند (نگاره ۲ الف). تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سنجنده OLI) به‌دست‌آمده از سایت سازمان زمین‌شناسی امریکا (USGS) در محیط نرم‌افزار ENVI5.6 برای تهیه لایه اقلیم که شامل لایه میانگین دمای سطح زمین (LST) منطقه نفتی مارون است مورد استفاده قرار گرفته‌اند (نگاره ۲ ب).



نگاره۲: الف) نقشه کاربری منطقه نفتی مارون، ب) میانگین دمای سطح زمین (LST) منطقه نفتی مارون



نگاره۳: مدل پهنه‌بندی خطرپذیری سیستم استنتاج فازی (FIS)

۲-٤- مدل ارزیابی خطرپذیری سیستم استنتاج فازی (FIS)

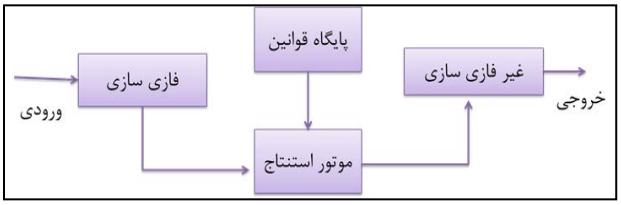
سیستم‌های فازی از مهم‌ترین سیستم‌های هوش مصنوعی هستند که می‌توانند دانش و آگاهی افراد خبره را در قالب یک فرمول‌بندی ریاضی پردازش کنند ***(Zadeh., 1965)***. جالب‌ترین کاربرد منطق فازی، تفسیری است که این علم از ساختار تصمیم‌گیری‌های موجودات هوشمند و در رأس آن‌ها هوش انسانی دارد. به‌منظور ایجاد سیستم استنتاج فازی در اولین گام می‌بایست متغیرهای زبانی، مقادیر زبانی و محدوده‌های استاندارد تعیین شوند. در این مقاله از روش ممدانی برای ایجاد سیستم استنتاج فازی (FIS) پهنه‌بندی خطرپذیری استفاده‌شده است. دلیل انتخاب این مدل این است که مقادیر خروجی آن مجموعه‌های فازی هستند درحالی‌که در روش‌های دیگر مانند مدل فازی سوگنو[1] و تیسوکاموتو[2] مقادیر خروجی ثابت یا خطی هستند ***(Bizma et al., 2018)***. نگاره (۳) مدل پهنه‌بندی خطرپذیری (FIS) سیستم استنتاج فازی را در این مطالعه نشان می‌دهد.

1- Sugeno
2- Tsukamoto

۲-٤-۱ مبانی تئوری سیستم استنتاج فازی

منطق فازی نوعی منطق است که روش‌های متنوع نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین الگوهای ساده‌تر ماشینی می‌کند. به‌عبارت‌دیگر می‌توان چنین استدلال کرد که مغز بشر به ورودی‌های اطلاعاتی دقیق نیازی ندارد، بلکه قادر است تا کنترل تطبیقی را در حدّ بالایی انجام دهد و این در مورد ماشین نیز صادق است ***(Zadeh., 1973;Cardone et al.,2018)***.

در نگاره (٤) قسمت‌های مختلف یک سیستم فازی ارائه‌شده است. مطابق این نگاره، در یک سیستم فازی ابتدا ورودی‌ها در فضای اعداد حقیقی با استفاده از یک‌فازی‌ساز به مجموعه اعداد فازی تبدیل می‌شوند. سپس مجموعه قوانین فازی ذخیره‌شده در پایگاه قوانین وارد موتور استنتاج فازی می‌شوند تا تصمیم‌گیری بر مبنای این قوانین انجام گیرد. درنهایت خروجی فازی سیستم با استفاده از یک غیرفازی‌ساز به‌صورت عدد حقیقی ارائه می‌شود ***(Zadeh, 1965)***. در ادامه هر یک از بخش‌های سیستم استنتاج فازی شرح داده می‌شود.



نگاره٤: بخش‌های یک سیستم استنتاج فازی

۲-٤-۲- تابع عضویت فازی

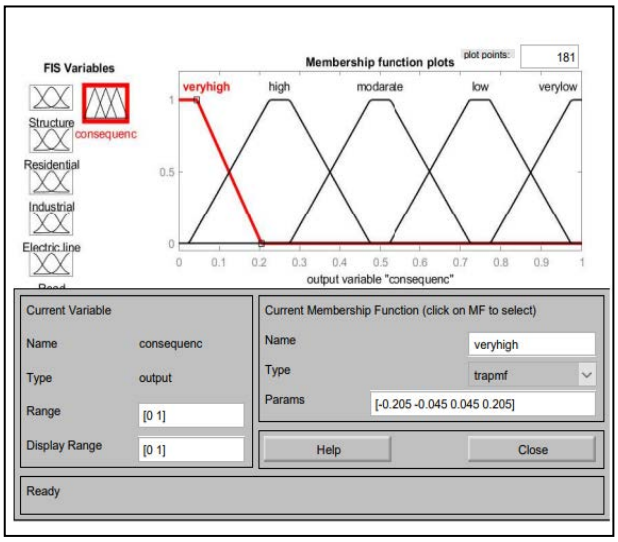
سیستم‌های استنتاج فازی بر مبنای مفاهیم مجموعه‌های فازی تعریف شده و تمامی عملگرهای مجموعه شامل متمم، مکمل، اجتماع، اشتراک و غیره در سیستم‌های فازی نیز قابل بیان است***(Zadeh,1973; Haji et al,2021)***. در مجموعه‌های قطعی، یک شی یا عضو مجموعه هست (در این صورت درجه عضویت شیء به مجموعه برابر یک است) و یا متعلق به مجموعه نیست (در این حالت درجه عضویت شیء به مجموعه برابر صفر است).

$$\mu_A(x)=\begin{cases}1 & f \quad x\in A\\ 0 & f \quad x\notin A\end{cases}$$

رابطه (۱)

یک تابع عضویت[1] منحنی است که به هر نقطه در فضای ورودی یک مقدار درجه عضویت بین صفر و یک نگاشت می‌نماید. باتوجه‌به نوع مسئله و متغیرها، می‌توان از توابع عضویت مختلفی استفاده نمود.

پرکاربردترین توابع عضویت مورد استفاده در تحقیقات شامل توابع مثلثی، ذوزنقه‌ای و گوسی هستند. در این تحقیق از توابع عضویت ذوزنقه‌ای به‌منظور فازی‌سازی متغیرها استفاده شده است (نگاره۵).



نگاره۵: توابع عضویت مورد استفاده در سیستم‌های فازی مورد مطالعه

۲-٤-۳- متغیرهای زبانی فازی

متغیرهای زبانی به متغیرهایی گفته می‌شود که مقادیر مورد قبول برای آن‌ها به‌جای اعداد، کلمات و جملات زبان‌های انسانی یا ماشینی هستند. اگر یک متغیر بتواند واژه‌هایی از زبان طبیعی را به‌عنوان مقدار خود بپذیرد آنگاه یک متغیر زبانی نامیده می‌شود.

1- Membership Function

با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی می‌توان متغیرهای زبانی را نمایش داد. یک متغیر زبانی را می‌توان به‌عنوان یک متغیر در نظر گرفت که مقداری فازی می‌پذیرد. متغیرهای زبانی به این دلیل اهمیت دارند که عناصر اساسی نمایش دانش بشری هستند. در تحقیق حاضر، متغیرهای زبانی که برای میزان خطرپذیری در نظر گرفته شده شامل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم بوده‌اند.

۲-٤-٤- پایگاه قوانین

همان‌طور که قبلاً بیان شد، در سیستم‌های استنتاج فازی هدف مدل‌سازی و شبیه‌سازی اطلاعات به‌دست‌آمده از دانش افراد خبره و اندازه‌گیری‌ها است ***(Zadeh.,1973; Kalinic et al.,2019)*** در این صورت می‌توان اطلاعات مذکور را در قالب یک پایگاه قوانین به سیستم استنتاج فازی ذخیره کرد. همان‌طور که گفته شد، یک پایگاه قواعد فازی از مجموعه‌ای از قواعد فازی تشکیل می‌شود. پایگاه قواعد فازی از آن جایی که سایر اجزا سیستم فازی برای پیاده‌سازی این قواعد به شکل مؤثر و کارا استفاده می‌شوند، قلب یک سیستم فازی بشمار می‌روند. رابطه (۲) یک قانون فازی را بیان می‌کند:

R_t: If x_1 is A_{1t} and … and x is A_{nt} Then y is B_t

رابطه (۲)

در این عبارت A_t و B_t مجموعه‌های فازی در U و V هستند که خود U و V به‌صورت زیر مجموعه‌هایی از R تعریف می‌شوند. x و y نیز مقادیر ورودی و خروجی متغیرهای زبانی سیستم استنتاج فازی هستند. در یک محاسبه ساده اگر تعداد متغیرهای زبانی به توان تعداد زیرمعیارها شود، تعداد قواعدی که برای هر معیار می‌توان نوشته شود برآورد می‌شوند؛ بنابراین چنانچه در یک هدف با پنج لایه (پنج زیرمعیار) و برای هر زیر معیار، سه حالت کم، متوسط و بالا در نظر گرفته شود نهایتاً ۲٤۳ شرط برای روی هم‌گذاری آن می‌توان نوشت.

۲-٤-٥- موتور استنتاج فازی

استنتاج فازی، فرآیند فرموله‌کردن نگاشت ورودی داده شده به یک خروجی با استفاده از منطق فازی است. فرآیند استنتاج فازی شامل تمام قسمت‌هایی که در بخش‌های پیشین بیان شده مانند توابع عضویت، عملگرهای منطق فازی و قوانین اگر - آنگاه می‌شود. در موتور استنتاج تعدادی قوانین فازی بر مبنای دانش کارشناسی و اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته وجود دارد. هدف از به‌کارگیری این قسمت، به‌دست‌آوردن بهترین نتیجه خروجی به‌ازای یک ورودی جدید به سیستم براساس قوانین موجود در پایگاه قوانین است. در این مطالعه هدف استفاده از سیستم استنتاج ممدانی بوده است که در این صورت، در مورد یکی از قوانین نتیجه به‌صورت رابطه (۳) حاصل خواهد شد.

$$B'(y)=sup\{A'(x) \wedge A(x) \wedge B(y)|x\in R\}$$ رابطه (۳)

در این رابطه، sup نماد بیشینه و $\wedge$ نشان‌دهنده عملگر اشتراک است. لازم به ذکر است که در استنتاج ممدانی از عملگر کمینه برای اشتراک محاسبه دو مجموعه فازی استفاده می‌شود.

۲-٤-٦- غیرفازی‌سازی

خروجی یک سیستم استنتاج فازی نیز یک مجموعه فازی است. در بسیاری از کاربردها، در نهایت، یک خروجی غیرفازی مورد انتظار است. در این صورت نیاز به یک مرحله غیرفازی‌سازی در این قسمت وجود خواهد داشت؛ لذا آخرین بخش از یک سیستم استنتاج فازی، غیرفازی‌سازی است. غیرفازی‌سازی یک نگاشت از مجموعه فازی خروجی به یک مجموعه قطعی است (رابطه٤).

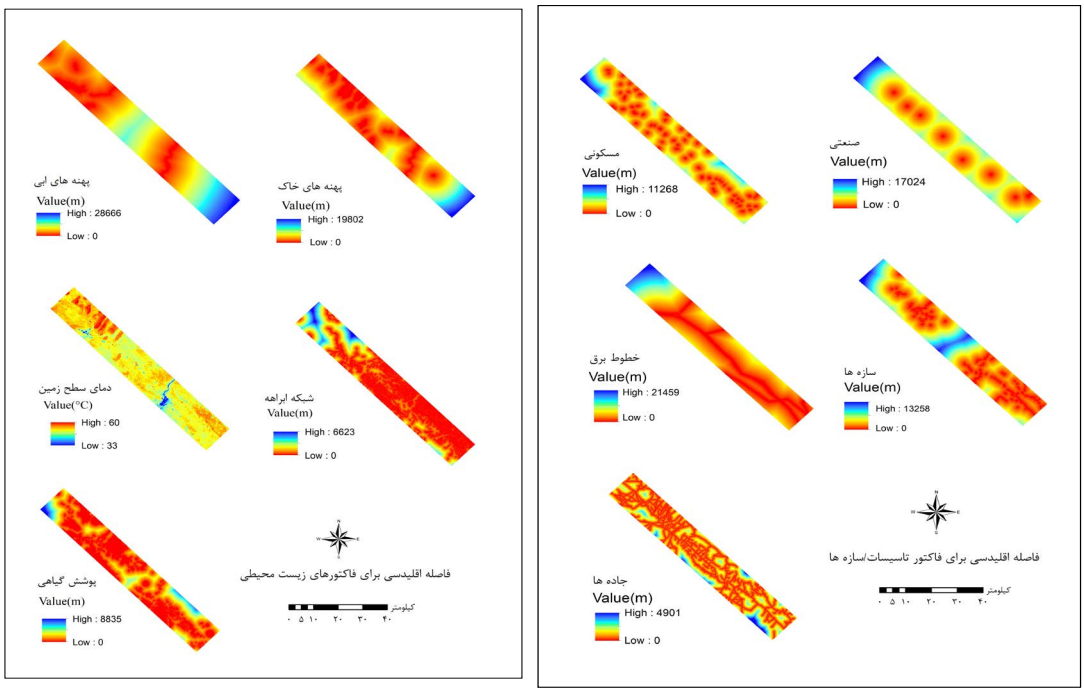
$$Z0= defuzzifier(C)$$ رابطه (٤)

که در این عبارت، Z0 خروجی غیرفازی مجموعه فازی C است.

۲-۵- پهنه‌بندی مسیر خط لوله به روش سیستم استنتاج فازی ممدانی

در این مطالعه فرآیند پهنه‌بندی خطرپذیری با استفاده از مدل پیشنهادی سیستم استنتاج فازی (ممدانی) برای مسیر خط لوله منطقه نفتی مارون انجام شد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مدل پیشنهادی ترکیبی از دانش خبره و روش هوشمند است؛ بنابراین، مرحله اوّل را جمع‌آوری داده‌های تخصصی اولیه تشکیل می‌دهد. این داده‌ها شامل لایه‌های اطلاعاتی خطوط لوله و کاربری‌ها محیط اطراف آن هستند که به دودسته اصلی لایه اطلاعاتی زیست‌محیطی و لایه اطلاعاتی تأسیسات/سازه‌ها تقسیم شدند. در این مرحله پس از تعیین لایه‌های اطلاعاتی، این لایه‌ها به لایه‌های معیار و زیرمعیار تقسیم شدند. سپس به‌منظور محاسبه فاصله، روش فاصله اقلیدسی به کار گرفته شد و در محیط نرم‌افزار ArcMap10.5 لایه‌های اطلاعاتی با پیکسل سایز ۲۰ متر تهیه شدند (نگاره٦). درنهایت از دانش خبرگی کارشناسان به‌منظور تعیین میزان فاصله‌ها با خطرپذیری‌های کم، متوسط و زیاد استفاده شد که به ترتیب شامل بازه‌های کمتر از ۵۰ متر، بازه بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر و بازه‌های بالاتر از ۲۰۰ مترمی‌شوند (جدول ۱).

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد در هر دو معیار محیطی و فنی/تأسیسات، پنج زیرمعیار قرار دارد. در این تحقیق، متغیرهای زبانی در نظر گرفته شده شامل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم هستند که از پنج تابع عضویت ذوزنقه‌ای نیز برای محاسبه میزان عضویت به این متغیرها استفاده شده است (نگاره ۵). به‌منظور پیاده‌سازی سیستم استنتاج فازی پیشنهادی ۲۴۳ قانون برای ارزیابی خطرپذیری خطوط لوله از منظر محیطی و ۲۴۳ قانون نیز از منظر فنی/ تأسیسات تعریف شد. قوانین فازی در این سیستم براساس نظر کارشناسان و خبرگان حوزه نفت طراحی شده است. این قوانین با استفاده از جملات شرطی اگر - آنگاه به سیستم معرفی شد (نگاره ۷). پس از محاسبه میزان خطرپذیری از دو منظر مورد بحث، نتایج برای تهیه نقشه نهایی خطرپذیری در پنج کلاس با پیامد خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم مورداستفاده قرار گرفته‌اند. پس از مشخص‌شدن مناطق با پیامد خطر مختلف، مسیر خط لوله موجود در منطقه برروی نقشه‌ها قرار گرفت تا مشخص شود چه مناطقی از



نگاره٦: لایه‌های محیطی و لایه تأسیسات/فنی با اعمال فاصله ۲۰ متر

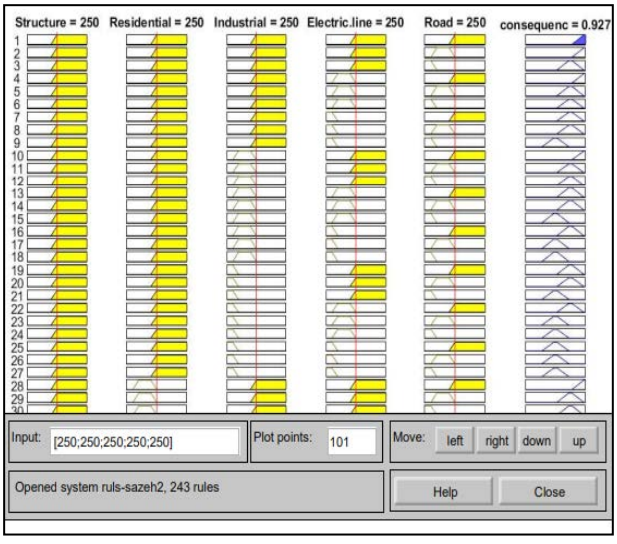
جدول۱: لایه‌های معیار و زیرمعیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطرپذیری

معیارها	زیرمعیارها	دامنه‌زیرمعیار	دامنه کلاس خطرپذیری کم	دامنه کلاس خطرپذیری متوسط	دامنه کلاس خطرپذیری زیاد
تأسیسات/ سازه‌ها	مسکونی	۰-۱۱۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	سازه	۰-۱۳۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	جاده	۰-۸۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	صنعتی	۰-۱۷۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	خطوط برق	۰-۲۱۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
عوارض محیطی	پوشش سطح	۰-۸۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	شبکه آبراهه	۰-۶۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	پهنه آبی	۰-۲۸۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	شن روان	۰-۱۹۰۰۰ متر	بالای ۲۰۰	۵۰ -۲۰۰	کمتر از ۵۰ متر
	اقلیم(دما)	۶۰-۳۳ (°C)	بالای ۵۰	۴۰ - ۵۰	کمتر از ۴۰ درجه

مسیر خط لوله در مناطق با پیامد خطر بالا قرار دارند. در مرحله بعد هر دولایه معیار اصلی (محیطی و تأسیسات/ فنی) باهم تلفیق شدند و با اعمال ۹ قانون مدل استنتاج فازی ممدانی برای آن‌ها اجرا شد. سپس نقشه پهنه‌بندی پیامد خطر نهایی برای منطقه نفتی مارون ایجاد شد.

جدول۲: نحوه اعمال قوانین فازی بر روی لایه‌های معیار

روش	نام لایه	توضیحات
سیستم استنتاج فازی ممدانی	تأسیسات/فنی	تلفیق لایه‌ها برای ۵ لایه فنی و ۲۴۳ قانون
	عوامل محیطی	تلفیق لایه‌ها برای ۵ لایه محیطی و ۲۴۳ قانون
	تلفیق دو معیار (فنی-محیطی)	تلفیق دولایه فنی و محیطی با ۹ قانون



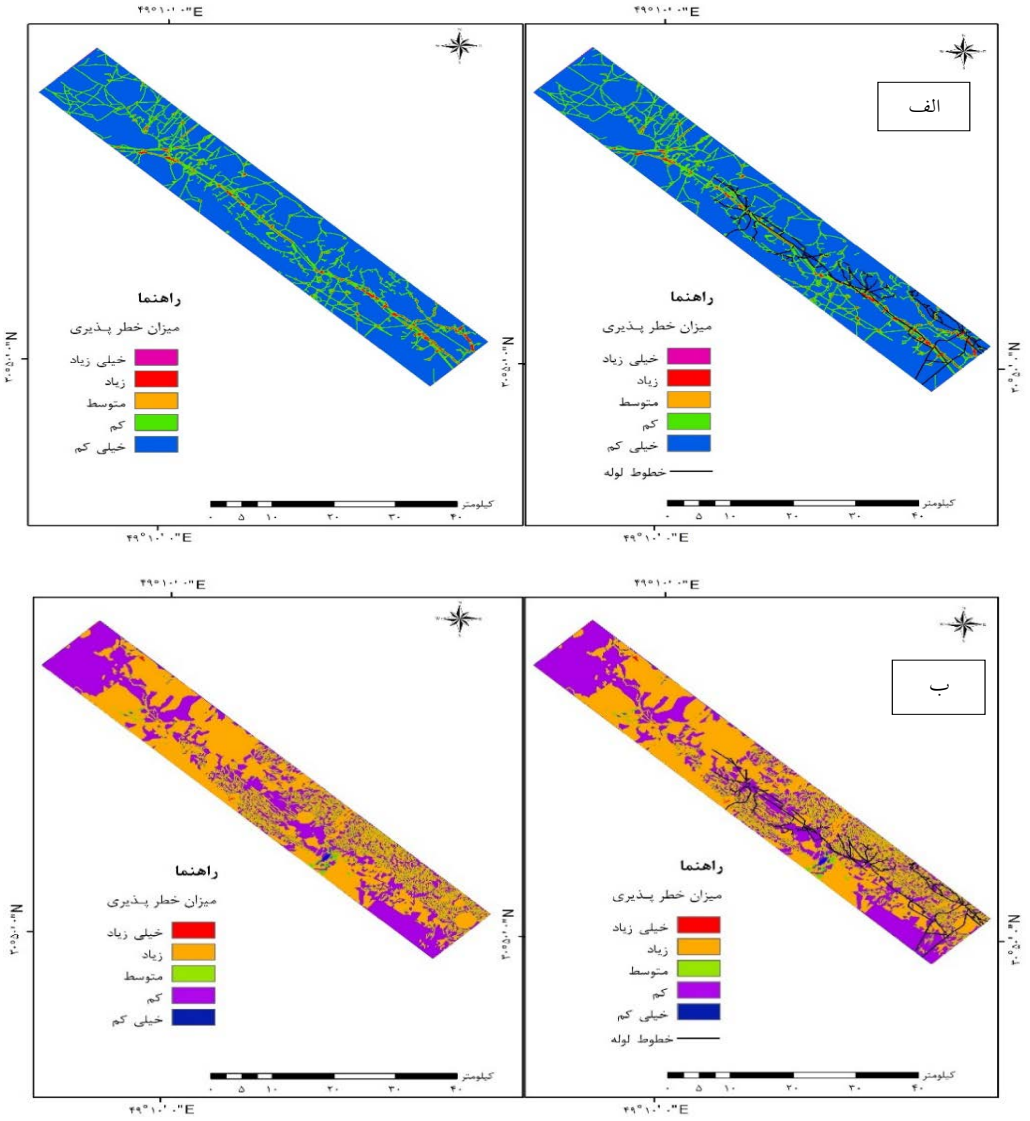
نگاره۷: برخی از قوانین موجود در پایگاه قوانین مربوط به محاسبه معیار تأسیسات/فنی

جدول (۲) به‌صورت خلاصه تعداد معیارها، زیرمعیارها و قوانین مورداستفاده در مراحل مختلف این تحقیق را نشان می‌دهد.

۳- بحث و نتایج

علی‌رغم اینکه انتقال گاز طبیعی توسط سیستم خط لوله ایمن‌ترین راه برای انتقال گاز زمینی است، خرابی در خطوط لوله می‌تواند اتفاق بیافتد و در نتیجه خسارات جانی، زیست محیطی، مادی و اجتماعی عظیمی را به همراه داشته باشد (Kosa Golic, 2019)؛ بنابراین مطالعه حاضر، باهدف ارزیابی خطرپذیری مسیر خطوط لوله نفت و گاز بر محیط‌زیست با استفاده از روش سیستم استنتاج فازی در میدان نفتی مارون واقع در استان خوزستان انجام گرفت. سیستم استنتاج فازی با مبنای کار قراردادن دانش افراد خبره و پارامترهای مؤثر بر پیامدهای پس از رخداد، دامنه جستجوهای خود را به‌کل منطقه تعمیم داده، براساس قوانین تعریف‌شده در موتور استنتاج به جستجوی بخش‌های مطلوب در سرتاسر

منطقـه می‌پردازد، امری که می‌تواند منجر به شناسـایی هـر چه‌بهتر لکه‌های با خطرپذیری بالا شود که ممکن است تاکنون موردتوجه کارشناسان بازرسی میدانی خطوط لوله قرار نگرفته باشد. باتوجه‌به گستردگی خطوط در مناطق مختلف تأسیساتی یا حتی مسکونی و همچنین پتانسیل بالای آسیب‌پذیری، مدیریت ایمنی خطوط لوله از اهمیت بالایی برخوردار است. آسیب‌های ناشی از حوادث خطوط لوله منجر به پیامدهای متعددی می‌شود؛ به‌عنوان‌مثال: افزایش تهدید به جان و مال انسان، بی‌ثباتی اجتماعی، آسیب‌های زیست‌محیطی و زیان مالی ناشی از قطع عرضه. یک منطقه خطر منطقه‌ای است که در آن اثرات رویداد خروجی از آستانه بحرانی فراتر می‌رود و منجر به پیامدهای منفی برای افراد، محیط‌زیست و تأسیسات و دارایی‌ها می‌شود (*Dziubinski et al.,2006*) نگاره ۸ (الف)، نقشه خطرپذیری مسیر خطوط لوله از منظر تأسیسات/ سازه‌های فنی است. نتایج نشان می‌دهد، مسیر خط لوله نفت و گاز عمدتاً از مناطق با خطرپذیری کم و متوسط که مساحتی معادل ۲۲۳/۳۲ کیلومترمربع دارند عبور می‌کند که این مساحت برابر با ٤/۱۸ درصد مساحت کل



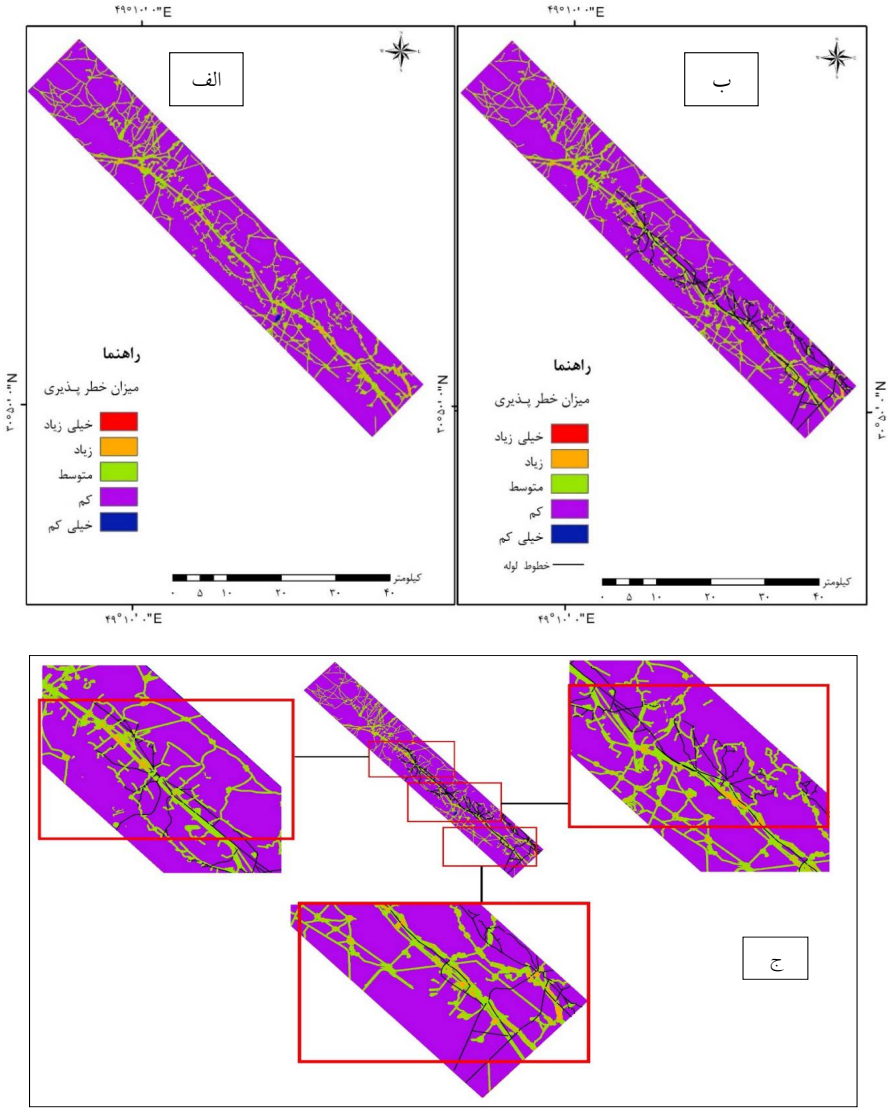
نگاره۸: الف) پهنه‌بندی خطرپذیری با استفاده از معیار فنی، ب) پهنه‌بندی خطرپذیری با استفاده از معیار محیطی و انطباق با مسیر فعلی خط لوله

میدان نفتی است. با این حال حدود ۱/٤٥درصد مساحت میدان نفتی شامل محدوده مناطق با خطرپذیری بالا است. این مناطق واقع در بخش‌های جنوبی میدان نفتی مارون هستند.

کاربری این مناطق طبق نقشه کاربری ارضی شامل جاده‌های اصلی و پل ها و خطوط برق است که می‌تواند دلیل خطرپذیری بالای این مناطق باشد، در واقع علت خطرپذیری بالای این مناطق آن است که در صورت بروز حوادث مربوط به خطوط انتقال نفت و گاز پیامد ناشی از این خطرات در این کاربری ها می‌تواند قابل‌توجه باشد. نگاره ۸(ب)، نقشه خطرپذیری مسیر خطوط لوله از منظر عوامل محیطی را نشان می‌دهد. در این نگاره مسیر خطوط لوله بیشتر از مناطق با خطرپذیری کم و متوسط و بالا عبور می‌کند. اما با این تفاوت که نسبت به نقشه پهنه‌بندی تأسیسات و سازه‌ها مسیر عبور بیشتر از مناطق با خطرپذیری متوسط تا بالا هست. مساحت این مناطق معادل ۷۵۰/۲۵ کیلومتر مربع است و٦١/٨٣درصد از مساحت کل منطقه نفتی را شامل می‌شود، کاربری این مناطق منطبق بر شبکه آبراهه‌ها و شن‌های روان (تپه‌های شن و ماسه) و حتی بخش از زمین‌های زراعی است. مسلماً نزدیکی مسیر خطوط انتقال نفت و گاز به جریان آب و پوشش گیاهی منطقه در بازه زمانی طولانی‌مدت می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری را بر محیط‌زیست و سلامت زیست‌بوم منطقه داشته باشد. باتوجه‌به مساحت قابل توجهی که برای مناطق با خطرپذیری بالا تا متوسط در مسیر خطوط لوله به‌دست‌آمده است توجه به این مسئله و انجام اقدامات لازم برای کنترل پیامدهای پیش رو امری ضروری به نظر می‌رسد. همچنین نگاره ۹(الف)، نقشه خطرپذیری نهایی مسیر خطوط انتقال نفت و گاز را نشان می‌دهد که حاصل تلفیق دو معیار محیطی و فنی است. در این نقشه نیز پس از پهنه‌بندی منطقه ازنظر خطرپذیری‌های مختلف مسیر خطوط لوله فعلی برروی آن انطباق داده شد. در نقشه نهایی، مسیر خطوط لوله فعلی موجود در منطقه نفتی مارون انطباق زیادی بر مناطق با میزان خطرپذیری کم و متوسط را نشان می‌دهد. درواقع عمده مسیر عبور خطوط لوله منطبق بر مناطق با خطرپذیری کم و متوسط است. نگاره ۹(ب)، مسیر خط لوله فعلی موجود در منطقه و پهنه‌بندی خطرپذیری را در قسمت‌های شمالی و مرکزی میدان که منطبق با مناطق با میزان خطرپذیری کم و متوسط است، نشان می‌دهد. مجموع مساحت این مناطق حدود ۱۱۹۰ کیلومترمربع و کاربری عمده آن‌ها شامل مراکز صنعتی، زمین‌های زراعی، مناطق مسکونی، رودخانه و شبکه آبراهه است (جدول ۳). با این حال طبق جدول۳، مساحت مناطق با خطرپذیری بالا در میدان نفتی ۱۷/۵۵ کیلومترمربع و معادل ۱/٤درصد مساحت کل میدان نفتی مارون است. مجموع طول خطوط لوله میدان نفتی ۲٤۹/۱٤ کیلومتر است، مجموع ۷ کیلومتر این مسیر که معادل ۲/۸ درصد کل طول خطوط است از مناطق با خطرپذیری بالا عبور می‌کند که مساحت قابل‌توجهی از منطقه را دربرگرفته و بیشتر این مسیر در بخش جنوبی و جنوب شرقی میدان واقع است. کاربری این مناطق شامل بخش‌هایی از زمین‌های زراعی، خطوط برق، جاده‌های اصلی و مسیر شبکه‌های آبراهه است. نگاره ۹ ج، میزان انطباق مسیر خطوط لوله فعلی بر مناطق با خطرپذیری بالا را نشان می‌دهد.

جدول۳: مساحت طبقات مختلف خطرپذیری حاصل از تلفیق معیار فنی و محیطی در محدوده مورد مطالعه

طبقات	تلفیق فنی و محیطی	
	مساحت(کیلومترمربع)	درصد مساحت(٪)
خیلی کم	۳/٦٥	۰/٥٨
کم	۹٦٤/٦١	۷۸/۹۱
متوسط	۲۲٥/٦۰	۱۸/٥۹
زیاد	۱۷/٥٥	۱/٤٤
خیلی زیاد	۱/۷۰	۰/٤۸



نگاره۹: الف) پهنه‌بندی خطرپذیری با استفاده از تلفیق دو معیار محیطی و فنی، ب) انطباق مسیر خطوط لوله فعلی بر نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری، ج) بزرگنمایی انطباق قسمت‌های شمالی و مرکزی و جنوبی مسیر فعلی خط لوله با لایه پهنه‌بندی خطرپذیری

٤- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه هدف درنظرگرفتن رویکرد جدیدی به‌منظور بررسی میزان خطرپذیر بودن مسیر خط لوله در صورت بروز حوادث مربوط به خطوط لوله ازجمله انفجار و آتش‌سوزی، انتشار گاز سمی، نشت نفت و غیره بر محیط‌زیست پیرامون بوده است. درواقع سعی بر آن بوده که بتوان با استفاده از روش دانش خبره و هوش مصنوعی و سنجش از دور، نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری عمومی منطقه موردمطالعه با فرض یکسان بودن مشخصات خطوط لوله و مخاطرات احتمالی آن تهیه کرد. با درنظرگرفتن طولانی‌بودن مسیر خطوط لوله در منطقه نفت‌خیز جنوب مطالعه و پایش خطوط لوله منطقه مذکور، امری حائز اهمیت است. در نهایت باتوجه‌به آنچه پیش‌ازاین نیز مطرح شد، با رسم شمایی کلی از میزان خطرپذیری خطوط لوله

منطقه موردمطالعه، می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح از بروز چالش‌های زیست‌محیطی، مرگ‌ومیر و سایر پیشامدهای احتمالی، جلوگیری کرد.

با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش، اجرای رویکردی جدید به‌منظور ارزیابی خطرپذیری مسیر کلی خطوط لوله در منطقه نفتی مارون است، نتایج مطالعه حاضر به‌قرار زیر هستند:

۱- روش سیستم خبره، هوش مصنوعی و سنجش‌ازدور می‌تواند تا حد زیادی کاستی‌های عدم وجود نقشه‌های پهنه‌بندی خطرپذیری بادید کلی و عمومی از مسیر خطوط لوله نفت و گاز در یک منطقه وسیع نفتی را برطرف کند.

۲- رابطه بین اطلاعات ورودی و خروجی در سیستم استنتاج فازی پیشنهادی به‌عنوان متغیرهای زبانی با اعمال‌نظر خبرگی توصیف شد که در مقایسه با مدل کلاسیک از انعطاف‌پذیری و صحت بیشتری برخوردار است.

۳- براساس نتایج حاصل از این مطالعه، بخش‌های جنوبی میدان نفتی مارون با توجه به مسیر خط لوله موجود از پیامد خطر بالایی برخوردار است. این مسیر حدوداً طولی معادل ۷ کیلومتر به عبارتی ۲/۸ درصد از کل مسیر خط لوله را شامل می‌شود.

در نهایت با درنظرگرفتن موارد بالا، می‌توان مثمرثمر بودن روش مذکور را در تصمیم‌گیری بهتر متخصصان عنوان نمود، چرا که دستیابی به دید کلی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف، در اتخاذ راهبردهای پیشگیری، ارزیابی و اصلاحی منطقه، سودمندی بیشتری دارد. عدم نیاز به مطالعات میدانی و نیز کاهش بار هزینه‌های مرتبط با آن و نیز صرفه‌جویی در زمان، از جمله مهم‌ترین پارامترهایی هستند که پژوهش محققین امر را، آسان‌تر خواهد کرد. علی‌رغم اینکه مطالعه حاضر با استفاده از تکنیک‌های محاسباتی نوین و باتکیه‌بر تکنیک‌های نوین سنجش از دور و GIS فرآیند مکان‌یابی را انجام داده است؛ اما همچنان چالش‌ها و محدودیت‌هایی نیز در این کار مشاهده می‌شود. از محدودیت‌های این پژوهش به عدم دسترسی به اطلاعات تخصصی مسیر خطوط لوله می‌توان اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به‌منظور بالابردن دقت در تصمیم‌گیری‌های نهایی از اطلاعات تکمیلی مربوط به خطوط لوله به‌صورت یک پایگاه اطلاعاتی جامع و به‌روز استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که سایر روش‌های هوش محاسباتی (مثل ANFIS) نیز بررسی و نتایج آن با مطالعه حاضر مقایسه شوند.

به‌طورکلی خطوط انتقال روزانه میلیون‌ها مترمکعب گاز را از مراکز تولید به منازل مصرف منتقل می‌کنند. باتوجه‌به قابلیت انفجارگاز و خطراتی که از آن‌ها بروز می‌کند، این لوله‌ها که منابع بزرگ انرژی و سرمایه ملی هستند درعین‌حال می‌توانند کانون بزرگ خطر نیز باشند. عوامل متعددی مانند زلزله، حرکت خاک، ضربه‌های مکانیکی، پوسیدگی، ضعیف‌شدن محل‌های جوش لوله و تنش‌های طولی و عرضی باعث تضعیف قسمتی از لوله شده و در نتیجه در محل‌های ضعیف شده، لوله شکسته خواهد شد که متعاقب آن گاز یا سیال با فشار و شدت زیاد از محل شکستگی به فضای آزاد رها می‌شود. باتوجه‌به فشار بالا و حجم زیاد گاز در خطوط انتقال، کوچک‌ترین جرقه‌ای برای بروز فاجعه‌ای جبران‌ناپذیر کافی خواهد بود که باعث ازدست‌رفتن مبالغی از ثروت ملی، اتلاف انرژی و انهدام تأسیسات اطراف حادثه، آلودگی زیست‌محیطی و احیاناً تلفات جانی می‌شود. ازآنجایی‌که در میدان نفتی مارون مشخص شد، مناطق دارای خطرپذیری بالا از لحاظ فنی به زیر ساخت‌های مهمی همچون خطوط برق، جاده‌های اصلی، پل‌ها، مناطق مسکونی و از نظر زیست‌محیطی به شبکه‌های آبراهه و زمین زراعی نزدیک هستند؛ با فرض بر اینکه در مراحل مختلف طراحی، انتخاب لوله و اجرای عملیات نصب خطوط لوله، سعی و کوشش به عمل می‌آید تا با رعایت دقیق استانداردها، احتمال شکستگی، خطر و اثر آن بر محیط اطراف به کمترین میزان خود برسد، لیکن با همه این تدابیر، چون حادثه شکستگی خطوط لوله غیرقابل‌پیش‌بینی و اجتناب‌ناپذیر است، لذا باید اقدامات پیشگیرانه در جهت کاهش صدمات وارده در این شرایط

صورت گیرد. ازآنجایی‌که منطقه موردمطالعه دارای زیر ساخت‌های مهم و اساسی است که امکان تغییر و جابه‌جایی آن‌ها در کوتاه‌مدت مسیر نیست و همچنین امکان تغییر مسیر فعلی خطوط لوله نیز کاری دشوار و زمان‌بر و پر هزینه خواهد بود؛ لذا از جمله اقدامات پیشگیرانه برای نگهداری خط لوله و اطمینان از سلامت آن طبق نظر کارشناسان بازرسی خطوط انتقال، نصب دستگاه‌های شکستگی خطوط لوله یا لاین بریک ولو (line break valve) در فواصل معین در طول خطوط لوله به‌ویژه در مناطق با خطرپذیری بالا است. این دستگاه‌ها بلافاصله پس از شکستگی در خط لوله، آن را تشخیص داده و فرمان بستن شیرهای خودکار موجود در بالادست و پایین‌دست قسمت شکسته شده را صادر می‌کنند. به‌این‌ترتیب قسمت شکسته از بقیه قسمت‌های خط لوله ایزوله شده و ضمن کاهش مقدار گاز و میعانات هدررفته که به محیط تخلیه می‌شود احتمال ایجاد آتش‌سوزی و صدمات زیست‌محیطی حاصل از آن نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین با پهنه‌بندی مناطق مختلف از نظر میزان خطرپذیری آن‌ها می‌توان به کارشناسان امر کمک کرد تا تمهیدات لازم را در مکان‌های مناسب و به‌موقع اجرایی کنند.

تشکر و سپاسگزاری

از کارشناس محترم شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب، جناب آقای مهندس اشرفی که ما را در انجام و ارتقای کیفی این تحقیق یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران در قالب پژوهانه به شماره (SCU.EG1402.26151) انجام شده است و در آن تعارض منافع وجود ندارد.

.

References

1- Alidoosti, A., Yazdani, M., & Basiri, M., (2011). Risk assessment of critical asset using fuzzy inference system. Risk Management, 14, 77-91.

2- Aljaroudi, A., Khan, F., Akinturk, A., Haddara, M., & Thodi, P. (2015). Risk assessment of offshore crude oil pipeline failure. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 37, 101-109.

3- American Institute of Chemical Engineers (AIChE). (2000). Guidelines for chemical process quantitative risk analysis (2nd ed.). New York: AIChE.

4- Arnaldos, J., Casal, J., Montiel, H., Sanchez-Carricondo, M., & Vilchez, J. A. (1998). Design of a computer tool for the evaluation of the consequences of accidental natural gas releases in distribution pipes. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 11, 135e148.

5- Biezma, M. V., Agudo, D., & Barron, G. (2018). A fuzzy logic method: predicting pipeline external corrosion rate. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 163, 55-62.

6- Bonvicini, S., Antonioni, G., Morra, P., & Cozzani, V. (2015). Quantitative assessment of environmental risk due to accidental spills from onshore pipelines. Process Safety and Environmental Protection, 93, 31-49.

7- Cagno, E., Caron, F., Mancini, M., & Ruggeri, F. (2000). Using AHP in determining the prior distributions on gas pipeline failures in a robust Bayesian approach. Reliability Engineering & System Safety, 67(3), 275-284.

8- Cardone, Barbara, and Ferdinando Di Martino.)2018(. "A New Geospatial Model Integrating a Fuzzy Rule-Based System in a GIS Platform to Partition a Complex Urban System in Homogeneous Urban Contexts" Geosciences 8, no. 12: 440. https://doi.org/10.3390/geosciences8120440.

9- David Tian, J. D., Gopika Vinod, T.V. Santhosh,Hissam TawÞk. (2018). A Constraint-based Genetic Algorithm for Optimizing Neural Network Architectures for Detection of Loss of Coolant Accidents of Nuclear Power Plants. Neurocomputing, 322, 102-119.

10- De Masi, G., Vichi, R., Gentile, M., Bruschi, R., &

208.

19- Jo, Y.-D., & Ahn, B. J. (2005). A method of quantitative risk assessment for transmission pipeline carrying natural gas. Journal of hazardous materials, 123(1-3), 1-12.

20- Kalinic, M., & Krisp, J. M. (2019). Fuzzy inference approach in traffic congestion detection. Annals of GIS, 25(4), 329–336. https://doi.org/10.1080/19475683.2019.1675760.

21- Kaplan, S., & Garrick, B. J. 1981. On the quantitative definition of risk. Risk Analysis, 1(1), 11e27.

22- Kosa Golić, (2019). A Fuzzy Model for Assessing Impacts of Natural Gas Pipeline Systems on Environment, Journal of Advanced Management Science, Vol. 7, No. 2, pp. 47-53.

23- Lu, L., Liang, W., Zhang, L., Zhang, H., Lu, Z., & Shan, J. (2015). A comprehensive risk evaluation method for natural gas pipelines by combining a risk matrix with a bow-tie model. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 25, 124-133.

24- Malinowska A, Cui X, Salimi E, Ryszard H. (2021). A Novel Fuzzy Approach to Gas Pipeline Risk Assessment Under Influence of Ground Movement. International Journal of Coal Science & Technology.

25- Markowski, A. S., & Mannan, M. S. 2009. Fuzzy logic for piping risk assessment (pfLOPA).Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(6), 921-927.

26- Markowski, A. S., Mannan, M. S., & Bigoszewska, A. (2009). Fuzzy logic for process safety analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(6), 695-702.

27- Qiaoyan Yu; Lei Hou; Yanhao Li; Chong Chai; Kai Yang; Jiaquan Liu, (2023). Pipeline Failure Assessment Based on Fuzzy Bayesian Network and AHP: Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice 2023-02 Journal article.

28- Raeihagh, H., Behbahaninia, A,. Macki Aleagha, M., (2020). Risk assessment of sour gas inter-phase onshore pipeline using ANN and Fuzzy inference system – case study: The South Pars Gas field.

29- Rangzan K, Kablizadeh M, Mansour Naeimi,E. Gabetta, G. (2014). A neural network predictive model of pipeline internal corrosion profile. Paper presented at the Proceeding of First International Conference on Systems Informatics, Modeling and Simulation. IEEE Computer Society Washington. DC, USA.

11- Dong Yeong Kim, K. H. Y., Geon Pil Choi, Ju Hyun Back, and Man Gyun Na. (2016). Reactor Vessel Water Level Estimation During Severe Accidents Using Cascaded Fuzzy Neural Networks.Nuclear Engineering and Technology, 3, 702-710.

12- Dziubinski, M., Frątczak, M., & Markowski, A. (2006). Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19(5),399-408

13- El-Abbasy, M. S., Senouci, A., Zayed, T., Mirahadi, F., & Parvizsedghy, L. (2014). Artificial neural network models for predicting condition of offshore oil and gas pipelines. Automation in Construction, 45, 50-65.

14- Elsayed, T. (2009). Fuzzy inference system for the risk assessment of liquefied natural gas carriers during loading/offloading at terminals. Applied Ocean Research, 31(3), 179-185.

15- Hajji, Soumaya, Naima Yahyaoui, Sonda Bousnina, Fatma Ben Brahim, Nabila Allouche, Houda Faiedh, Salem Bouri, Wafik Hachicha, and Awad M. Aljuaid. (2021). “Using a Mamdani Fuzzy Inference System Model (MFISM) for Ranking Groundwater Quality in an Agri-Environmental Context: Case of the Hammamet-Nabeul Shallow Aquifer (Tunisia)” Water 13, no. 18: 2507. https://doi.org/10.3390/w13182507.

16- Han, Z., & Weng, W. (2010). An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 23(3), 428-436.

17- Han, Z., & Weng, W. (2011). Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network. Journal of hazardous materials, 189(1-2), 509-518.

18- Jamshidi, A., Yazdani-Chamzini, A., Yakhchali, S. H., & Khaleghi, S. (2013). Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 26(1), 197-

(2015). The Zoning of Earthquake risk by using fuzzy inference system and fuzzy analytic hierarchy process, RS and GIS for Natural Resources, Pages 1-18 (in Persian).

30- Shahriar, A., Sadiq, R., & Tesfamariam, S. (2012). Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25(3), 505-523.

31- Sklavounos, S., & Rigas, F. (2006). Estimation of safety distances in the vicinity of fuel gas pipelines. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19, 24e31.

32- Zadeh, L.A,(1973).”Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 3, No. 1, pp. 28-44, Jan. 1973.

33- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. Information Contr ol, 8, 338.

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-ND 3.0)