

*Research Article***Vulnerability zoning against flood risk in Andimeshk City with emphasis on gas lines (using multi-criteria decision-making models)****Sayyad Asghari Saraskanrood*¹ , Mehrdad Choroumi¹, Elnaz Piroozzi¹**

1-Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 01 Aug 2023 Accepted: 24 Oct 2024

Extended Abstract**Introduction**

Any height of river water that overflows and covers the lands around the river and causes damage to economic and financial facilities is called a flood. Flood is one of the natural disasters that causes many injuries and damages every year. The first measure to reduce the flood risk is to control the flood at its source, i.e. the watershed sub-basins. Of course, to do this, it is necessary to identify the flood-prone areas of the basin. In this sense, areas with high flood production potential should be identified. In this research, we are looking to first use multi-criteria decision-making models to focus on the zoning of vulnerability to flood risk in Andimeshk city, and then considering that natural gas is currently the most used fuel and it is a source of energy and the occurrence of accidents in these lines causes human and financial losses. In this research, an attempt has been made to determine the location and amount of gas lines in high-risk and vulnerable areas against floods. It is expected that, according to the results, accidents during floods will be prevented.

Materials and Methods

The current research is of an applied type and its research method is an analysis based on the integration of data analysis, geographic information system, and the use of multi-criteria analysis techniques. ENVI, ArcGIS, Idrisi, and Excel software were used for image processing and data analysis. To investigate the flood risk, first, the effective factors (dem, slope, aspect, distance from the river, distance from the road network, distance from gas lines, distance from residential areas, land use, and geology) were identified according to the natural and human conditions of the region. In the next step, the layers of information related to each of the factors were prepared in the environment of the geographic information system, and the evaluation and standardization of the standard maps were done together using the fuzzy method. The weighting of the examined factors was done according to the CRITIC method and the final analysis, using the multi-criteria methods of MABAC, CODAS, and Vikor.

Citation: Asghari Saraskanrood, S. et al, 2025. Vulnerability zoning against flood risk in Andimeshk City with emphasis on gas lines, *Res. Earth. Sci.* 15(4), (22-45) DOI: 10.48308/esrj.2024.232543.1189

* Corresponding author E-mail address: s.asghari@uma.ac.ir





Results and Discussion

According to the output of the studied algorithms, the high-risk and very high-risk zones occupy the largest area of the city. so that in order; According to the CODAS model, 30 and 27%, according to the output of the MABAC model, 32 and 28%, and according to the zoning map of the Vikor model, 27 and 36 hectares of the range area are in the high-risk and very high-risk category. Therefore, it can be said that the results of this study indicate the high risk of Andimshek City in terms of flood risk occurrence. In addition, it can be acknowledged that the results of the examination of the outputs obtained from the investigated methods indicate that a high percentage of the city's gas lines and facilities are at risk. So, according to the results of CODAS and MABAC multi-criteria decision-making models, 386 km (equivalent to 44% of gas lines) is in the high-risk area and 285 km (equivalent to 32% of gas lines) is in the very high-risk area, and based on the map from the Vikor model, 398 km (equivalent to 45% of the gas lines) is in the high-risk area and 427 km (equivalent to 49% of the gas lines) is in the very high-risk area.

Conclusion

According to the obtained results, it can be stated that due to the presence of steep slopes in the northern part, as well as the high area in the south, south-west, and south-east slopes, the land use situation and the presence of transit roads and the existence of plains with a slope of 0 to 5%, the slope criteria, distance from communication roads, land use and lithology are known as important criteria involved in the occurrence of floods in Andimshek city. In addition, according to the results of the current research, it seems that the risk caused by a possible flood in the gas transmission pipelines of this city can lead to many human and financial losses. Therefore, it is suggested that to prevent the possibility of accidents on gas lines (including water washing in the flow of pipelines after a flood and the exposure of gas lines, flooding of gas facilities due to floods, destruction of access roads and buildings of pressure reduction stations, broken pipes, and even explosions and fires), measures should be taken to strengthen gas lines and facilities at the city level.

Keywords: Gas lines, Flood, Hazard, MCDM.



پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب در شهرستان اندیمشک با تأکید بر خطوط گاز (با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره)

صیاد اصغری سراسکانرود*^۲، مهرداد چرومی^۱، الناز پیروزی^۱

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۰۳

چکیده گسترده

مقدمه

هر ارتفاعی از آب رودخانه که طغیان کند و اراضی اطراف رودخانه یا مسیل را فراگیرد و به امکانات اقتصادی و مالی افراد خسارت وارد سازد را سیلاب می‌گویند. سیلاب از جمله بلاهای طبیعی به شمار می‌رود که سالانه صدمات و خسارت‌های زیادی به وجود می‌آورد. اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود، مهار سیل در سرچشمه آن، یعنی زیرحوضه‌های آبخیز است. مسلماً برای انجام دادن این کار شناسایی مناطق سیل‌خیز در داخل حوضه لازم است. از این نظر مناطق آسیب‌پذیر و پهنه‌هایی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند، باید شناسایی شوند. در این پژوهش در پی آن هستیم که ابتدا با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب در شهرستان اندیمشک، بپردازیم و سپس با نظر به اینکه، گاز طبیعی هم‌اکنون پر استفاده‌ترین سوخت و منبع انرژی می‌باشد و بروز حوادث در این خطوط موجب خسارات جانی و مالی می‌گردد. در این پژوهش سعی شده است تا موقعیت و میزان خطوط گاز در پهنه‌های پرخطر و آسیب‌پذیر در برابر سیلاب، مشخص گردد. انتظار می‌رود، با توجه به نتایج حاصل شده و شناسایی پهنه‌های دارای احتمال آسیب‌پذیری زیاد، بتوان در جلوگیری از بروز حوادث در هنگام بروز سیلاب احتمالی کمک کرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق آن تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی و استفاده از فنون تحلیل چند معیاره است. جهت پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای Arc GIS، ENVI، Ecognition، Idrisi و Excel، بهره‌گیری شده است. جهت بررسی خطر سیلاب، ابتدا، عوامل مؤثر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شبکه راه، فاصله از خطوط گاز، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی)، با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه شناسایی گردید. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد و ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار، به صورت توأم با استفاده از روش فازی انجام گرفت. وزن‌دهی عوامل مورد بررسی با توجه به روش کرتیک و تحلیل نهایی، با بهره‌گیری از روش‌های چند معیاره Vikor، CODAS و MABAC، انجام گردید.

استناد: اصغری سراسکانرود، ص. و همکاران، ۱۴۰۳. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب در شهرستان اندیمشک با تأکید بر خطوط گاز، پژوهشهای دانش زمین: ۱۵(۴)، (۲۲-۴۵). DOI: 10.48308/esrj.2024.232543.1189

E-mail: s.asghari@uma.ac.ir

* نویسنده مسئول:



نتایج و بحث

با توجه به خروجی حاصل از الگوریتم‌های مورد مطالعه، پهنه‌های پرخطر و بسیار پرخطر، بیشترین مساحت شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند. به طوری که به ترتیب؛ بر اساس مدل CODAS، ۳۰ و ۲۷ درصد، طبق خروجی مدل MABAC، ۳۲ و ۲۸ درصد و با نظر به نقشه پهنه‌بندی مدل Vikor، ۲۷ و ۳۶ هکتار از مساحت محدوده، در طبقه پرخطر و بسیار پرخطر قرار دارد. لذا می‌توان گفت که نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از ریسک بالای شهرستان اندیمشک، از لحاظ رخداد خطر سیلاب می‌باشد. به علاوه، می‌توان اذعان داشت که نتایج بررسی خروجی‌های حاصل از روش‌های مورد بررسی، بیانگر در معرض خطر بودن درصد بالایی از خطوط و تاسیسات گاز شهرستان می‌باشد. به طوری که، طبق نتایج حاصل از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره CODAS و MABAC، ۳۸۶ کیلومتر (معادل ۴۴٪ از خطوط گاز) در پهنه پرخطر و ۲۸۵ کیلومتر (معادل ۳۲٪ از خطوط گاز) در محدوده بسیار پرخطر قرار دارد و بر اساس نقشه حاصل از مدل Vikor، ۳۹۸ کیلومتر (معادل ۴۵٪ از خطوط گاز) در پهنه پرخطر و ۴۲۷ کیلومتر (معادل ۴۹٪ از خطوط گاز)، در محدوده بسیار پرخطر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که به علت وجود شیب‌های تند در قسمت شمالی و همچنین مساحت بالا جهت شیب جنوب و جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، وضعیت کاربری اراضی و وجود راه ترانزیتی و وجود دشت‌های با شیب ۰ تا ۵٪، معیارهای شیب، فاصله از راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی و لیتولوژی به عنوان معیارهای مهم دخیل در وقوع سیلاب شهرستان اندیمشک، شناخته شده‌اند. به علاوه با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد، ریسک ناشی از وقوع سیل احتمالی در مسیر خطوط لوله انتقال گاز این شهرستان، می‌تواند به بروز خسارات جانی و مالی فراوانی منجر گردد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که جهت جلوگیری از احتمال وقوع حوادث بر روی خطوط گاز (شامل: آب‌شستگی در جریان خطوط لوله پس از وقوع سیل و نمایان شدن خطوط گاز، آبرگرفتگی تاسیسات گاز ناشی از سیلاب، تخریب جاده‌های دسترسی و ساختمان‌های ایستگاه‌های تقلیل فشار، شکسته شدن لوله و حتی انفجار و آتش‌سوزی)، در جهت مقاوم‌سازی خطوط و تاسیسات گازی در سطح شهرستان، تدابیری صورت گیرد.

واژگان کلیدی: خطوط گاز، سیل، مخاطره، MCDM.

مقدمه

ارائه شده توسط یونسکو پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ میلادی، به دلیل تغییرات اقلیمی، رشد بیابان‌زایی، نابودی تالاب‌ها و رشد شهرنشینی در مناطق با خطر بالای وقوع سیل، جمعیت آسیب‌پذیر از خطر سیل به دو میلیارد نفر برسد (Zibarzani et al, 2023). موقعیت جغرافیایی ایران و وضعیت هیدروژئومورفولوژی آن نیز، سبب شده است تا بخش‌های زیادی از کشور در معرض مخاطره سیلاب باشد (Asadi et al, 2022). حداقل در هر سال، در یک نقطه از این سرزمین سیلاب بزرگی رخ می‌دهد و براساس مطالعات انجام گرفته، سالانه ۴۰ رخداد کوچک و بزرگ سیل در جای جای ایران اتفاق می‌افتد (Ebrahimi, 2020). بدیهی

سیلاب به عنوان یک پدیده طبیعی که منجر به زیر آب رفتن موقت یک زمین می‌گردد، تعریف می‌شود (Panahi et al, 2022). این پدیده نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در تمام جهان شایع‌ترین مخاطره طبیعی است (Leskens et al, 2014). بر اساس برآوردها، سیل از نظر تعداد وقوع، دومین مخاطره طبیعی است که حدود ۱۰ درصد مرگ و میر، ۳۶ درصد آسیب‌های جسمی، ۷۱ درصد افراد بی‌خانمان و ۴۳ درصد خسارت مالی سالیانه ناشی از وقوع مخاطرات، در جهان را به خود اختصاص داده است (Vejdani Nozar and Givchchi, 2023). طبق گزارش

خیلی زیاد واقع شده است و زیرحوضه HI2-2 با در برگرفتن ۱۲۰۹ هکتار از مساحت حوضه با بالاترین شاخص ویکور (۰/۹۹۴)، به علت موقعیت توپوگرافی و بارش زیاد، دارای بیشترین احتمال وقوع سیلاب در حوضه مطالعاتی می‌باشد. لذا باید در این زیر حوضه اقدامات اصلاحی و عملیات آبخیزداری در الویت نخست قرار گیرد. نادری و همکاران (Naderi et al, 2022)، با استفاده از مدل الکترو، به اولویت‌بندی خطر سیل در حوضه آبخیز گنجوان استان ایلام، پرداختند و نقشه‌ی اولویت‌بندی خطر سیل نشان داد که زیرحوضه‌ی گنجوان با بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی در اولویت اول و زیرحوضه سرتنگ بیجار در اولویت دوم جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری مقابله با سیل قرار دارند و دلیل بالا بودن خطر سیل‌خیزی این زیرحوضه، ساختار زمین‌شناسی منطقه است که در قسمت بالادست از سازند گچساران با نفوذپذیری کم و در قسمت پایین دست از سازندهای بسیار حساس به فرسایش رسوبات آبرفتی دوران چهارم زمین‌شناسی پوشیده شده‌اند. حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzadeh et al, 2023)، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش ترکیب خطی وزنی پهنه‌بندی حساسیت زیرحوضه‌های حوضه نکارود نسبت به سیل خیزی را مورد بررسی قرار دادند و نتایج پژوهش نشان داد، حساسیت سیلاب در زیرحوضه‌های رودخانه نکا متفاوت می‌باشد و زیرحوضه شماره ۱۳ با مساحت ۳۶۶/۹۸ کیلومترمربع و میانگین ۴۶/۴۶، دارای بیشترین حساسیت به خطر سیل‌خیزی در کل حوضه می‌باشد. همچنین، با نظر به نتایج حاصله، از میان عوامل محیطی مؤثر در مبحث سیل‌خیزی عوامل ارتفاع و تراکم آبراهه، تأثیرگذارترین عوامل در خطر رخداد سیلاب بوده‌اند. برهما و میترا (Brahma and Mitra, 2019)، در حوضه آسام هند، خطر سیلاب را با بهره‌گیری از روش ویکور مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش جهت استانداردسازی لایه‌ها از روش فازی و به منظور وزن‌دهی معیارها از روش AHP استفاده شده است. در نهایت با توجه به نتایج حاصله قابلیت رویکرد VIKOR فازی و AHP برای توسعه روش‌شناسی انتخاب پروژه کنترل سیلاب، مورد تأیید قرار گرفته است. ژو و همکاران (Zhu et al, 2020)، به بررسی مقاومت دلتای رودخانه یانگ تسه چین (شامل ۲۷ شهر)، در برابر سیلاب شهری پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش

است که عوامل اقلیمی و عوامل حوضه‌ای در بروز سیلاب‌ها تأثیر دارند، اما برای جلوگیری از آثار زیان‌بار سیل، نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود. بنابراین هرگونه راه‌حل اصولی و چاره‌ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه‌های آبخیز جستجو کرد. در این ارتباط، اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود، مهار سیل در سرچشمه آن یعنی زیرحوضه‌های آبخیز است. مسلماً برای انجام دادن این کار شناسایی مناطق سیل‌خیز در داخل حوضه لازم است. از این نظر مناطق آسیب‌پذیر و پهنه‌هایی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند، باید شناسایی شوند (Chezgi and Jahanbakhshi, 2022). با رشد و توسعه فناوری‌های نوین روش‌های موجود، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل و محیط ارائه نمایش این نقشه‌ها نیازمند استفاده از ابزارهای کارآمدتری است. با توجه به اینکه، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره امکان تعیین مقدار اهمیت کلیه معیارها و ادغام آن‌ها در یک شاخص ترکیبی را فراهم می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان قادر به شناسایی بهترین گزینه باشند (Zhu and Liu, 2021). استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند به تسریع در روند برنامه‌ریزی و تشخیص موارد بحرانی منجر گردد. مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان انجام شده و توانایی تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب نشان داده است. به عنوان مثال: نفرزادگان و همکاران (Nafarzadegan et al, 2019)، با استفاده از مدل‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و ویکور، به مطالعه و ارزیابی سیلاب در حوضه آبخیز دهبار، در استان خراسان رضوی پرداختند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، معیار ضریب رواناب بارندگی و زمان تمرکز به ترتیب؛ با وزن ۰/۲۱۹، ۰/۱۴۸ و ۰/۱۱۶ بالاترین اهمیت را در بین معیارها داشته و زیرحوضه یک، دو و سه به ترتیب؛ بیش‌ترین پتانسیل خطر سیلاب را در حوضه دارند که از لحاظ ضرورت انجام اقدامات مدیریتی در اولویت هستند. خورشیدی و همکاران (Khourshidi et al, 2021)، اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، استان ایلام را با کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و ویکور مطالعه کردند. با توجه به نتایج مطالعه، ۵۳ درصد از مساحت منطقه در پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و ۱۶ درصد در پتانسیل

خوزستان به ویژه شوشتر و اهواز وارد آید. سیلاب‌های کم دامنه‌تر دیگری در سال‌های ۱۳۲۵، ۱۳۳۴، ۱۳۳۷، ۱۳۳۹، ۱۳۴۳ و ۱۳۴۹ نیز در خوزستان اتفاق افتاده است. سیل سال ۱۳۴۹ که در سوم بهمن اتفاق افتاد به مدت بیش از سه ماه جاده ارتباطی اهواز - اندیمشک را قطع نمود. در اثر آن سیل، رودخانه کرخه از بستر شرقی به رودخانه شاوور وارد شده و در امتداد غرب و شرق شاوور به خطوط راه آهن اهواز - تهران آسیب‌های فراوانی وارد ساخت، به طوری که به مدت چند هفته حرکت قطارهای خرمشهر - تهران را متوقف کرد. پس از انقلاب (در سال‌های ۱۳۵۹، ۱۳۶۵، ۱۳۸۲، ۱۳۹۵)، شاهد سیلاب‌های کم دامنه تر دیگری بوده‌ایم که در پایین دست خساراتی به بار آورده است. به علاوه، با توجه به گزارش شرکت ملی گاز ایران به کارگروه زیرساخت‌ها، در اثر وقوع سیلاب‌های اخیر، مجموع ۴۱۶/۳۱۶ میلیارد ریال خسارت به زیرساخت‌های گاز استان خوزستان شامل خطوط توزیع و تغذیه فلزی، شبکه پلی اتیلن، خرابی شیرهای شبکه، حوضچه‌های گاز وارد شده است (National flood report special committee, 2018). با توجه به اینکه گاز طبیعی هم اکنون پراستفاده‌ترین سوخت و منبع انرژی می‌باشد و بروز حوادث در خطوط گاز طبیعی علاوه بر؛ خسارات جانی، به اختلال در زندگی مردم، آسیب‌رسانی به تأسیسات، ایجاد وقفه در مراکز صنعتی و بحران انرژی، موجب می‌گردد. در این پژوهش در پی آن هستیم که ابتدا با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب در شهرستان اندیمشک، بپردازیم تا مناطق سیل‌خیز و آسیب‌پذیر شهرستان در برابر سیل با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی تعیین گردد و تأثیر هر یک از معیارهای به کار رفته در میزان آسیب‌پذیری تعیین شود. سپس با نظر به اینکه، گاز طبیعی هم اکنون پر استفاده‌ترین سوخت و منبع انرژی برای خودروها و مناطق مسکونی و صنعتی می‌باشد و بروز حوادث در خطوط و اختلال در عرضه ایمن و مستدام گاز طبیعی علاوه بر وارد آمدن خسارات جانی به پرسنل و افراد مجاور خطوط لوله و خسارات وارده به تأسیسات، موجب اختلال در زندگی روزمره مردم، ایجاد وقفه در مراکز صنعتی و بحران انرژی می‌گردد. در این پژوهش سعی شده است تا موقعیت و میزان خطوط گاز در پهنه‌های پرخطر و آسیب‌پذیر در برابر

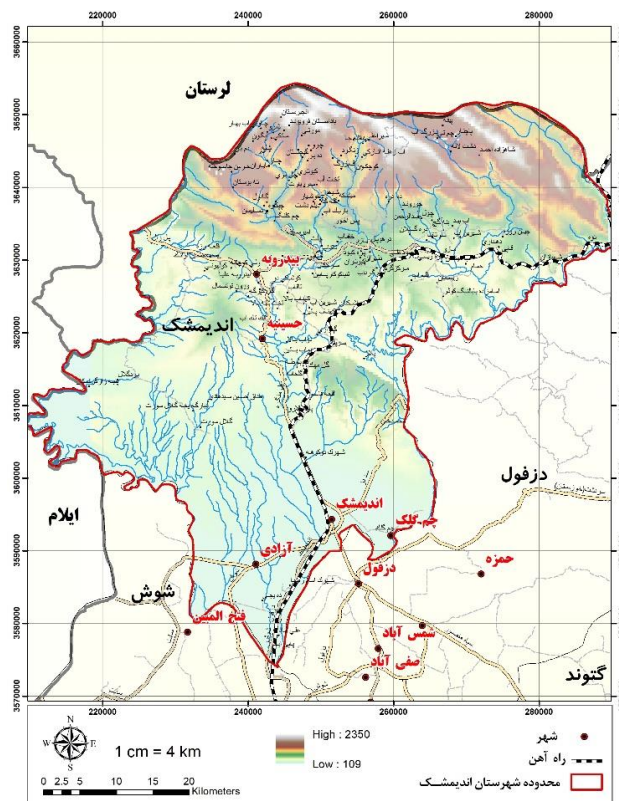
های چند معیاره تاپسیس و ویکور با توجه به ۶۳۲ سناریو استفاده شده است. بر اساس نتایج مطالعه، در حالی که کل منطقه سطح متوسطی از مقاومت در برابر سیل شهری را نشان می‌دهد، ولی شهر نانجینگ پتانسیل بالاتری دارد. همچنین، تحلیل حساسیت تاب‌آوری در سطح منطقه، نشان‌دهنده تاب‌آوری بهتر در مرحله قبل از سیل نسبت به مرحله پس از سیل بوده است. در نهایت، توصیه‌های عملی در سطح منطقه‌ای و محلی برای کاهش سیل و بهبود تاب‌آوری ارائه شده است. چن و همکاران (Chen et al, 2022)، پهنه‌بندی خطر سیل با ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های تحلیل چند معیاره AHP، TOPSIS و OWA مورد مطالعه قرار داده است. پس از تجزیه و تحلیل دقیق مجموعه معیارهای ارزیابی، MFI به عنوان مهمترین معیار با مقدار وزنی ۰/۱۹۲ و پس از آن DTR با ارزش وزنی ۰/۱۶۷ در نظر گرفته می‌شود. ارتفاع و NDVI به ترتیب سومین و چهارمین معیار مهم هستند و وزن آن‌ها به ترتیب ۰/۱۳۷ و ۰/۱۱۶ است. به علاوه، نتایج نشان داد که نقشه‌های خطر سیل حاصله علمی، منطقی و مطابق با وضعیت واقعی هستند. مکنون و همکاران (Mekonne et al, 2023)، به پهنه‌بندی خطر سیل حوضه رودخانه آواش بالایی اتیوپی، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و نتایج نشان داد که تراکم زهکشی، بارندگی و ارتفاع از اهمیت بالاتری برخوردارند، در حالی که کاربری اراضی و نفوذپذیری خاک تأثیر کمی در فرآیند تولید سیل حوضه دارند. در نهایت بیان شده است، مناطق ایلو، سبتا هاواسا، بورا، و لیبن چیکولا در برابر سیل آسیب‌پذیرتر هستند و نتایج پژوهش می‌تواند به عنوان ورودی ارزشمندی برای تصمیم‌گیرندگان در فرآیند اجرای طرح‌های اضطراری و همچنین گزینه‌های بلندمدت کاهش سیل مورد توجه باشد. در استان خوزستان از دیرباز و به سبب قرار گرفتن در مصب رودخانه‌های مهم کارون، دز و کرخه، همچنین استقرار در کوهپایه‌های زاگرس و بارش‌های نامناسب (پراکنش مکانی و زمانی، شدت و حجم بارش‌ها) و وجود شرایط خاص ژئومورفولوژی و هیدرولوژیکی، از سیلاب‌های فصلی در مقاطع مختلف متأثر بوده است. تاریخ نشان می‌دهد که سیلاب عظیم سال ۱۳۰۴ که بخشی از پل باستانی دزفول را ویران کرد، باعث شد تا علاوه بر این شهر، خسارات زیادی به شهرهای استان

سلسله جبال زاگرس سرچشمه گرفته و سرشاخه‌های فرعی آن رودخانه‌های بختیاری، تیره، مارسو الیگودرز، مکن‌دان، سرخاب می‌باشند. این رودخانه پس از عبور از شهر دزفول در محلی به نام بندقیق در نزدیکی ملاثانی از سمت غرب به رودخانه کارون متصل شده و در انتها به خلیج فارس می‌ریزد. آب و هوای شهرستان اندیمشک نسبت به سایر نقاط جنوبی استان اندکی ملایم‌تر است. میانگین حداکثر سالانه درجه حرارت معادل ۳۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل آن معادل ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این شهرستان گرمترین ماه‌های سال عبارتند از: خرداد، تیر، مرداد و شهریور و سردترین ماه‌های سال دی، بهمن و آذر می‌باشند. میزان بارندگی در شهرستان اندیمشک ۳۰۴ میلی‌متر است و بیشترین باران سالیانه در دی ماه، برابر ۷۵/۳ میلی‌متر بوده است. طبق تقسیم‌بندی دومارتن نیز شهرستان، در اقلیم خشک قرار گرفته است. منطقه اندیمشک حوضه رسوب‌گذاری ائوسن، الیگوسن، میوسن زیرین و رسوبات تبخیری و سنگ‌های قرمز طبقات فارس توام بختیاری، می‌باشد.

سیلاب، مشخص گردد. انتظار می‌رود، با توجه به نتایج حاصل شده و شناسایی پهنه‌های دارای احتمال آسیب‌پذیری زیاد، بتوان در جلوگیری از بروز حوادث در هنگام بروز سیلاب احتمالی کمک کرد.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان اندیمشک بین ۴۸ درجه ۴۷ دقیقه تا ۴۸ درجه ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۳ درجه و یک دقیقه عرض شمالی، در غرب استان خوزستان واقع گردیده است. شهرستان اندیمشک از شرق به شهرستان دزفول، از جنوب و جنوب غربی به شهرستان شوش، از غرب به شهرستان دهلران در استان ایلام و از شمال به شهرستان خرم‌آباد استان لرستان محدود می‌گردد (شکل ۱). قسمت اعظم محدوده مورد مطالعه را ارتفاع سلسله جبال زاگرس فرا گرفته که از شمال به جنوب از میزان ارتفاع آن کاسته می‌شود. در منطقه اندیمشک رودخانه‌های متعددی جریان دارد که در این میان، رودخانه دز و شعبات مختلف آن سهم عمده‌ای در زهکشی منطقه دارند. آب رودخانه از ارتفاعات اشتران‌کوه، قالی و بخشی از



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان اندیمشک

مواد و روش‌ها

منابع داده‌ها و ابزارها: پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق آن تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی و استفاده از فنون تحلیل چند معیاره است. جهت پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای Arc GIS، Idrisi و Excel بهره‌گیری شده است. جهت بررسی خطر سیلاب، در مرحله جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شده و بر مبنای آن‌ها داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند. بدین منظور، در این مطالعه، ابتدا عوامل مؤثر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شبکه راه، فاصله از خطوط گاز، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی)، با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه شناسایی گردید. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. لایه‌های اطلاعاتی راه‌های ارتباطی و شبکه آبراهه، با استفاده از نقشه خطوط ارتباطی و رودخانه‌های استان، در محیط Arc Gis، استخراج گردید. لایه‌های شیب و جهت‌شیب نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متری (اخذ شده از سایت vertex.daac.asf.alaska.edu)، در Arc map تهیه شد. کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه، با استفاده از تصاویر لندست هشت (سنجنده OLI)، اخذ شده از سایت earthexplorer.usgs.gov)، استخراج شد. در این راستا، طبقه‌بندی با روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی در نرم‌افزار Ecognition، صورت گرفت و نتایج حاصله از طبقه‌بندی کاربری‌ها در مطالعه حاضر، چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آمار کاپا، از صحت قابل قبولی (بزرگ‌تر از ۸۵ درصد)، در ارتباط با اطلاعات تولید شده برخوردار می‌باشد. به منظور استخراج لایه خطوط انتقال گاز، از نقشه پراکنش خطوط گاز شهرستان، اخذ شده از شرکت گاز استان خوزستان استفاده شد. لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی نیز با استفاده از نقشه زمین‌شناسی استان، به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، استخراج گردید.

مراحل روش MABAC^۱ (مقایسه چند شاخصه محدوده تقریبی مرزها)

روش ماباک از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه است که برای اولویت‌بندی گزینه‌ها براساس معیارها با توجه به میزان

سودمندی و زیان آن‌ها استفاده می‌شود. این روش توسط پاموکار و سارکویک (۲۰۱۵)، ارائه شده و در مراحل زیر انجام می‌شود: (۱) تعیین معیارها و گزینه‌های پژوهش. (۲) ماتریس تصمیم در این روش به صورت معیار-گزینه است. یعنی یک ماتریس که ستون‌های آن را معیارهای مساله و سطرها را گزینه‌ها تشکیل می‌دهند و هر سلول نیز در واقع امتیاز هر گزینه نسبت به هر معیار است. (۳) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: مرحله استانداردسازی با توجه به تابع عضویت فازی انجام شده است. (۴) وزن‌دار کردن ماتریس نرمال: به منظور وزن‌دار کردن ماتریس نرمال، از روش CRITIC استفاده شده است. (۵) تعیین مرز ناحیه شباهت ماتریس (g): در رابطه ۱، v_{ij} عناصر ماتریس وزنی (V) و m تعداد کل گزینه‌های جایگزین را نشان می‌دهد. پس از محاسبه مقدار g_i ماتریس محدوده‌های تقریبی مرزی با توجه به معیارهای G با فرمت $N \times 1$ شکل می‌گیرد و n تعداد کل معیارهایی را که گزینه‌های ارائه شده برای آنها انتخاب می‌شود را نشان می‌دهد. بنابراین اگر n معیار داشته باشید یک ماتریس $G1 \times n$ به صورت زیر خواهیم داشت (رابطه ۲):

رابطه ۱)

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^m v_{ij} \right)^{1/m}$$

رابطه ۲)

$$G = [g_1, g_2, \dots, g_n]$$

(۶) محاسبه فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت: در این بخش با استفاده از رابطه ۳، فاصله گزینه‌ها را تا ناحیه g بدست می‌آید. در واقع باید ماتریس وزن دار را از ماتریس g کم کرد.

رابطه ۳)

$$Q = V - G$$

پس از مشخص شدن ماتریس Q، می‌توان با استفاده از حد بالایی مساحت ($G+$) و حد پایینی مساحت ($G-$) وضعیت هر گزینه را مشخص کرد. بر این اساس گزینه A_i متعلق به اجتماع مجموعه مذکور است. حد بالای مساحت ($G+$) ناحیه‌ای است که گزینه ایده آل مثبت در آن قرار دارد و حد پایینی مساحت ($G-$) ناحیه‌ای است که گزینه ضد ایده آل در آن قرار دارد. میزان تعلق گزینه A_i به اجتماع بالا بر اساس رابطه ۴، بدست می‌آید. برای انتخاب گزینه A_i به عنوان بهترین فرم از مجموعه، لازم است که حداکثر معیارهای ممکن به منطقه تقریبی فوقانی ($G+$) تعلق داشته

رابطه ۶)

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - n s_j)^2}$$

رابطه ۷)

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - n s_j|$$

۶) ایجاد ماتریس ارزیابی نسبی: در این گام باید ماتریس ارزیابی نسبی را با استفاده از رابطه ۸، ایجاد شود که در این رابطه، Ψ نشان‌دهنده یک تابع آستانه برای تشخیص برابری فاصله اقلیدسی دو گزینه است.

رابطه ۸)

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k))$$

۷) در این گام با جمع مقادیر h_{ik} گزینه‌ها، می‌توان آن‌ها را رتبه‌بندی نمود هر چه مقدار H_i بزرگتر باشد گزینه رتبه بهتری دارد (Mathew and Sahu, 2018).

مراحل مدل $Vikor^2$ (راهکار توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره)

مدل $Vikor$ ، مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه و تعیین راه حل توافقی برای مسأله با معیارهای متضاد می‌باشد. مراحل الگوریتم پیاده‌سازی ویکور دارای گام‌های زیر است. ۱) تشکیل ماتریس تصمیم با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم. ۲) بی‌مقیاس کردن یا استانداردسازی ماتریس تصمیم: مرحله استانداردسازی با توجه به تابع عضویت فازی انجام شده است. ۳) تعیین بردار وزن معیار: در این مرحله وزن‌های اختصاص یافته به هر صفت را با استفاده از روش $CRITIC$ تعیین شده است. ۴) تعیین بهترین مقدار (f_j^*) و بدترین مقدار (f_j^-) برای معیارها. ۵) محاسبه مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R): در این مرحله مقدار S با توجه به رابطه ۹ و R با توجه به رابطه ۱۰، محاسبه می‌شوند، که w_j مقدار وزن مواد برای معیار z و f_{ij} هر نقشه معیار می‌باشد.

رابطه ۹)

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$$

رابطه ۱۰)

$$R_i = \text{Max} \left\{ w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\}$$

باشد. مقدار بالاتر $q_i \in G^+$ نشان می‌دهد که گزینه جایگزین به گزینه جایگزین ایده آل نزدیک‌تر است، در حالی که مقدار پایین‌تر $q_i \in G^-$ نشان می‌دهد که گزینه جایگزین، به گزینه جایگزین ضد ایده آل نزدیک‌تر است.

رابطه ۴)

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{if } q_{ij} > 0 \\ G^- & \text{if } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{if } q_{ij} < 0 \end{cases}$$

۷) انتخاب گزینه بهینه: در روش ماباک (MABAC)، با استفاده از رابطه ۵، امتیاز نهایی هر گزینه را مشخص کرده و بر اساس آن گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

رابطه ۵)

$$S_i = \sum (q_{ij}); i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

محاسبه مقادیر توابع معیار، توسط گزینه‌ها به عنوان مجموع فاصله‌های جایگزین از مناطق تقریبی مرزی q_i بدست می‌آید. با جمع کردن عناصر ماتریس Q در هر سطر، مقادیر نهایی تابع معیار گزینه‌ها بدست می‌آید. در این رابطه n تعداد معیارها را نشان می‌دهد و m تعداد گزینه است (Wang et al, 2020).

مراحل روش $CODAS^2$ (روش ارزیابی مبتنی بر فاصله ترکیبی)

این تکنیک بوسیله زاواداساکاس و همکارانش به سال ۲۰۱۶ پیشنهاد شده و هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه براساس فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی از نقطه ایده‌آل منفی می‌باشد. مراحل پیاده‌سازی این روش به صورت زیر می‌باشد: ۱) تعیین معیارها و گزینه‌های پژوهش: اولین گام در این روش تعیین عوامل و گزینه‌های پژوهش است. ۲) دومین گام در این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. در ماتریس تصمیم روش کوداس معیارهای آن ستون‌ها و سطرهای آن گزینه‌های پژوهش هستند.

۳) سومین گام استانداردسازی ماتریس تصمیم می‌باشد که در این مطالعه، استانداردسازی و ارزش‌گذاری به صورت توأم با استفاده از روش فازی انجام شده است. ۴) تشکیل ماتریس نرمال وزن‌دار: باید وزن معیارها را در ماتریس نرمال ضرب کرد. در این پژوهش جهت وزن‌دار کردن ماتریس نرمال، از روش $CRITIC$ استفاده شده است. ۵) محاسبه فواصل اقلیدسی و تاکسی از ایده آل منفی: این فواصل از روابط ۶ و ۷، بدست می‌آیند. در این روابط $n s_j$ ایده آل منفی معیارها است.

به روابط یادشده، معیارهایی که دارای C_j بیشتری باشند وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند Z_j رابطه ۱۴، تعیین می‌گردد.

رابطه ۱۴

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k}$$

که در آن W_j معرف وزن معیار Z_j و C_k نشانگر میزان اطلاعات مجموع معیارهای k است که از $k=1$ شروع شده و تا $k=m$ ادامه دارد. لذا، وزن نهایی هر معیار، از تقسیم میزان اطلاعات هر معیار بر مجموع میزان کل اطلاعات تمامی معیارها بدست می‌آید است (Alinezhad and Khalili, 2019). در راستای انجام مراحل وزن‌دهی کرتیک ابتدا در محیط ادیسی انحراف معیار و همبستگی میان لایه‌های اطلاعاتی مربوطه به هر یک از عوامل، با استفاده از تابع REGRESS به دست آمد و در مرحله بعد، با توجه به روابط مربوطه نسبت به محاسبه ماتریس تضاد، میزان اطلاعات و وزن نهایی در اکسل اقدام گردید.

استانداردسازی فازی: در فرایند ارزیابی ممکن است معیارها در واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند درصد در اندازه‌گیری شیب و متر در اندازه‌گیری فاصله از رودخانه)، نمی‌توان عملیات ریاضی همچون جمع و تفریق را بر روی آنها به انجام رسانید. حال اگر بخواهیم سرجمع امتیازی را که یک پیکسل، به لحاظ معیارها کسب کرده است، محاسبه کنیم این کار بدون استانداردسازی توأم با ارزش‌گذاری میسر نخواهد بود. استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان کردن دامنه تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه مشخص دیگر است در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (Baumgartel et al, 2019). در پیاده‌سازی الگوریتم‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر و جهت دستیابی به الگوی پهنه‌بندی مکانی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب، مرحله استانداردسازی، با توجه به تابع عضویت فازی (تابع بزرگ فازی در متغیرهای جهت شیب، لیتولوژی و کاربری اراضی)، (تابع خطی افزایشی در متغیرهای شیب و بارش)، (تابع نزدیک فازی در متغیرهای فاصله از روخانه، فاصله از شهر و روستا و فاصله از راه) و (تابع خطی کاهش در متغیر ارتفاع)، انجام شده است. در نهایت، با توجه به اینکه منحنی تشخیص

۶) محاسبه شاخص VIKOR (مقدار Q) می‌باشد. مقدار Q با توجه به رابطه ۱۱، محاسبه می‌شود:

رابطه ۱۱

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - v) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right]$$

در فرمول فوق $S^* = \max S_i$ ، $S^- = \min S_i$ ، $R^* = \max R_i$ ، $R^- = \min R_i$ می‌باشد. در این روابط $\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}$ ، بیان‌کننده نرخ فاصله از حد ایده آل می‌باشد. $\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}$ با توجه به میزان توافق گروه v ، به عنوان بیان‌کننده نرخ فاصله از حد ضد ایده آل و پارامتر تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شود. در صورت توافق بالا، مقدار آن بیش از ۰/۵، در صورت توافق با اکثریت آرا مقدار آن مساوی ۰/۵ و در صورت توافق پائین، مقدار آن کمتر از ۰/۵ خواهد بود. مقدار Q تابعی از S_i و R_i می‌باشد. در این مطالعه این مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شد. v مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر S ، R و Q است. در این مرحله با توجه به مقادیر S ، R و Q گزینه‌ها در سه گروه از کوچک‌تر به بزرگ‌تر مرتب می‌شوند و در نهایت گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه به عنوان گزینه برتر شناخته شود (Kim and Ahn, 2020).

وزن‌دهی CRITIC^۴ (اهمیت معیارها، از طریق همبستگی بین معیارها)

در این روش، داده‌ها بر اساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در این روش، پس از محاسبه انحراف معیار معیارهای مورد بررسی، ماتریس مقارنی به ابعاد $m \times m$ ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده است. با تعیین پارامترهای بالا، تضاد موجود بین معیار Z_j با معیارهای دیگر از روی رابطه ۱۲، محاسبه می‌شود.

رابطه ۱۲

$$C_{jk} = \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk})$$

که در آن C_{jk} معرف مجموع تضاد معیار Z_j با معیارهای k است که از $k=1$ شروع شده و تا $k=m$ ادامه دارد و r_{jk} همبستگی بین دو معیار k و Z_j را نشان می‌دهد. میزان اطلاعات عامل Z_j می‌توان با استفاده از رابطه ۱۳، محاسبه نمود.

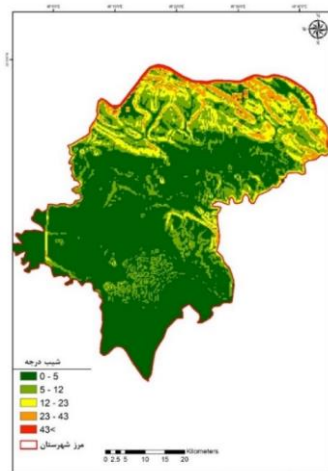
رابطه ۱۳

$$C_j = \delta_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk})$$

که در آن C_j ، معرف میزان اطلاعات معیار Z_j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار Z_j را نشان می‌دهد. با توجه

و به تبع آن وضعیت سیستم شبکه زهکشی می‌باشد. ارتفاع نقش مهمی در مقدار بارندگی، دما، میزان تبخیر و تعرق، تشعشعات خورشیدی، تشکیل و توسعه خاک، نوع و تراکم پوشش گیاهی داشته و در نتیجه روی ضریب رواناب اثر می‌گذارد (NoredinMosa et al, 2023). در منطقه مورد مطالعه، بالاترین نقطه ارتفاعی ۲۳۵۰ متر و پایین‌ترین نقطه ۱۰۹ متر است. با توجه به مدل ارتفاعی به ترتیب؛ ۱۱۲۶، ۱۱۳۹ و ۴۴۴ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان در طبقات ارتفاعی ۳۱۱-۱۰۹، ۶۶۲-۳۱۲ و ۱۰۸۴-۶۶۳ متر قرار دارد و طبقات ارتفاعی ۱۵۳۲-۱۰۵۸ و ۳۳۵۰-۱۵۳۳ متر نیز به ترتیب؛ ۳۱۵ و ۱۲۶ کیلومتر از سطح شهرستان را پوشش می‌دهند. بیشتر مساحت منطقه در ارتفاع ۱۰۶ متری تا ۶۶۲ متری است که مساحتی در حدود ۲۲۶۵ کیلومتر مربع از مساحت کل شهرستان را شامل می‌شود و به‌طور عمده، خطوط گاز در این محدوده قرار می‌گیرند (شکل ۲).

شیب: یکی از پارامترهای بسیار مهم و تأثیرگذار در تحلیل رفتار حوضه‌های آبخیز، شیب دامنه‌هاست که در میزان رواناب و سرعت حرکت آب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش، نقش اساسی دارد. تأثیر شیب، روی مقدار رواناب، ناشی از اثر آن بر عمق و ظرفیت نگهداری و فرصت نفوذ آب در خاک است (Naderi et al, 2022). با توجه به نقشه شیب به ترتیب؛ شیب‌های ۰-۵، ۵-۱۲ و ۱۲-۲۳ درصد، ۱۹۳۳، ۶۸۵ و ۲۴۸ کیلومتر مربع از مساحت محدوده را پوشش می‌دهند و به ترتیب؛ ۱۴۵ و ۳۵ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان، دارای مقدار شیب ۴۳-۲۳ و بالای ۴۳ درصد، می‌باشد (شکل ۳).

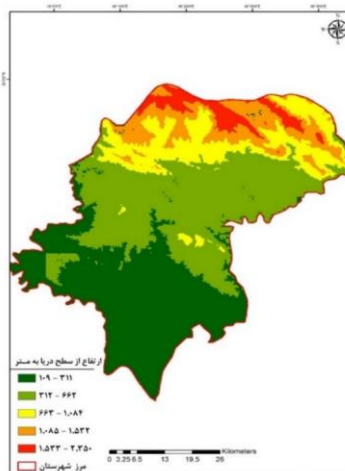


شکل ۳: نقشه شیب شهرستان اندیمشک

عملکرد نسبی (ROC)^۵، از مفیدترین و کارآمدترین روش‌ها در پیش‌بینی و تعیین دقت مدل‌سازی است (Silakhori et al, 2023). پس از استخراج نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب شهرستان اندیمشک، دقت هر یک از روش‌های مورد استفاده، با توجه به این منحنی بررسی شده است. منحنی ROC یک نمایش تصویری از موازنه بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمالی از نقاط برش (یا همان مقادیر مربوط به رده‌های خطر) است. مقدار سطح زیرمنحنی (AUC)، دامنه‌ای بین ۰/۵ تا ۱ را دارد که نشان از دقت ضعیف تا عالی مدل برای پیش‌بینی است. به‌طوری که، طبقه‌بندی ارائه شده برای سطح زیرمنحنی (AUC)، به صورت ۰/۹-۱: عالی، ۰/۸-۰/۹: خیلی خوب، ۰/۷-۰/۸: خوب، ۰/۶-۰/۷: متوسط، ۰/۵-۰/۶: ضعیف، می‌باشد و مدلی که بیشترین مقدار AUC را دارا باشد، دارای عملکرد نسبی بالاتری است (Chen et al, 2018).

نتایج

در این پژوهش در جهت ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب در سطح شهرستان اندیمشک، از نه متغیر مهم شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شبکه راه، فاصله از خطوط گاز، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی استفاده شد. تهیه و ارزیابی مکانی این متغیرها پیش زمینه اجرای مدل‌های مورد نظر و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری است. ارتفاع: در مطالعات توپوگرافی هدف مشخص کردن جهت‌گیری و روند کلی سیستم ناهمواری‌ها و میزان شیب آن‌ها

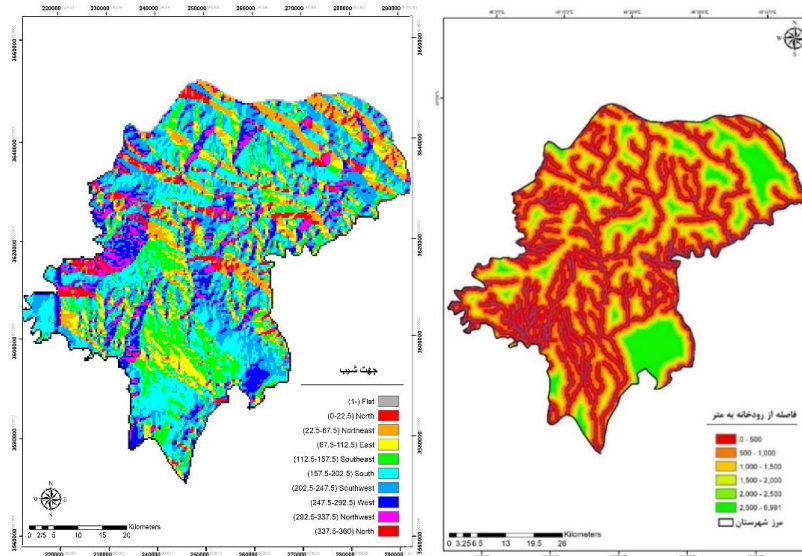


شکل ۲: نقشه طبقات ارتفاعی شهرستان اندیمشک

همچنین به ترتیب؛ ۴۶۱، ۲۵۵ و ۲۵۹ کیلومترمربع از مساحت محدوده را جهات شمال، شمال‌غرب و شمال‌شرق پوشش می‌دهد. به علاوه ۳۲۹ کیلومترمربع از مساحت محدوده دارای جهت شیب شرقی می‌باشد و جهت غربی، ۳۵۴ کیلومتر مربع از مساحت را تشکیل می‌دهد. با توجه به نقشه تهیه شده از منطقه اندیمشک جهت شیب جنوبی و جنوب‌غربی مساحت بزرگتری را شامل می‌شود که با توجه به توضیحات گفته شده خطر سیلابی شدن این منطقه را قوت می‌بخشد.

فاصله از شبکه آبراهه: سیل، جریان آبی است با تراز نسبتاً بالای رودخانه که غالباً طغیان از بستر رودخانه‌ها سرچشمه می‌گیرد و در اطراف گسترش می‌یابد (Argaz et al, 2019). در رابطه با پهنه‌بندی وقوع سیلاب و آسیب‌پذیری در برابر این مخاطره در سطح شهرستان اندیمشک، مکان‌گزینی سکونتگاه‌ها در مجاورت رودخانه‌ها دارای اهمیت فراوان، می‌باشد و بدیهی است که در رابطه با سیلاب رودخانه‌ای پهنه‌های حاشیه رودخانه از خطرپذیری بالایی برخوردار می‌باشند. در دو طرف منطقه رود دائمی دز در شرق و رود فصلی بالارود در غرب منطقه قرار دارد. همچنین در این محدوده چندین مسیل سیلابی وجود دارد که مهمترین آنها مسیل جارمه است. در شکل ۵ نقشه فاصله از آبراهه‌های اصلی شهرستان اندیمشک در شش کلاس ارائه شده است و فاصله از آبراهه، در سطح محدوده بین صفر تا ۶۹۹۱ متر می‌باشد.

جهت شیب: جهت شیب را نیز می‌توان جزو متغیرهای ژئومورفولوژیکی تحقیق به شمار آورد که می‌تواند شرایط هیدرولوژیکی منطقه را تحت تأثیر قرار دهد (Rahimpout et al, 2021). از اثرات مهم جهت شیب می‌توان به نقش آن در دریافت مقدار تابش خورشیدی و پیامدهای ناشی از آن نظیر شکل‌گیری اقلیم‌های محلی یا موضعی اشاره نمود. بدیهی است که در نیمکره شمالی، جهات جنوبی و غربی نسبت به جهات شمالی و شرقی، مدت زمان طولانی‌تری تابش خورشیدی را دریافت می‌کنند و در نتیجه، گرمتر نیز می‌گردند. بدین ترتیب، دریافت تابش بیشتر و از اینرو دمای بالاتر جهات جنوبی و غربی منجر به افزایش تبخیر و تعرق سالیانه و کاهش رطوبت خاک می‌شود و به همین خاطر در جهات جنوبی و غربی وضعیت پوشش گیاهی از منظر تراکم و نوع گیاهان نسبت به جهات شمالی و شرقی دارای اختلافات قابل توجهی بوده و در اکثر موارد از تراکم کمتری برخوردار می‌باشند. بدین واسطه فرسایش خاک در این جهات دارای عملکرد شدیدتری است. در رابطه با اثر مهم دیگر جهت شیب می‌توان نقش آن در میزان ذوب برف را نام برد. آشکار است که در جهات جنوبی و غربی به واسطه دمای بالاتر، ذوب برف سریع‌تر اتفاق می‌افتد. با توجه به نقشه جهت شیب محدوده (شکل ۴)، می‌توان بیان داشت، ۵۰۱ کیلومترمربع از مساحت محدوده در جهت شیب جنوب، ۳۹۳ کیلومترمربع در جهت جنوب‌شرقی و ۴۶۱ کیلومترمربع در جهت جنوب غربی قرار گرفته است.



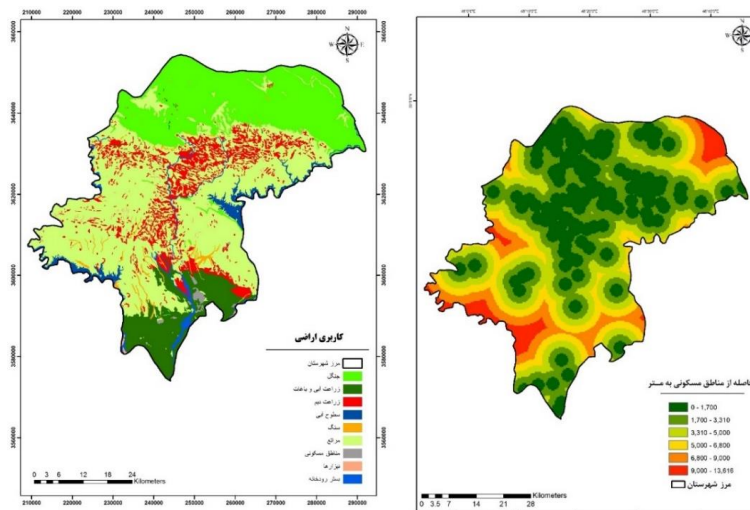
شکل ۵: نقشه فاصله از آبراهه شهرستان اندیمشک

شکل ۴: نقشه جهت شیب شهرستان اندیمشک

سطوح آبی و بستر رودخانه با مساحت ۷۸۱۵ و ۶۰۲۵ هکتار می‌باشد (شکل ۶).

فاصله از شهر و روستا: تغییر الگوی استفاده از زمین و توسعه سکونتگاهی شهری و روستایی، باعث برهم خوردن فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه و افزایش مناطق نفوذناپذیر، باعث برهم خوردن تعادل طبیعی آب می‌شود. کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب نیز باعث افزایش پیک سیلاب حتی در بارش‌های اندک و کوتاه مدت می‌شود. توسعه مناطق شهری باعث افزایش ۱/۸ تا هشت برابری پیک سیل می‌شود و حجم سیل را تا شش برابر افزایش می‌دهد و زمان تمرکز نیز کوتاه‌تر می‌شود (Baghalani et al, 2019). بدین منظور، مدیریت جامع و پایدار اراضی شامل فعالیت‌هایی برای توقف یا کاهش اثرات تخریبی استفاده‌های نامطلوب پیشین می‌باشد که به عنوان رویکردی موثر برای حفاظت آب، خاک و منابع وابسته دارای اهمیت می‌باشد. همچنین، با نظر به اینکه مناطق مسکونی دارای شبکه گاز هستند و خطوط گاز در آن‌ها اجرا شده، این متغیر در نظر گرفته شده است. با توجه به نقشه فاصله از شهر و روستاهای شهرستان اندیمشک، مشاهده می‌گردد که فاصله از این مراکز جمعیتی، از صفر تا ۱۳۶۱۶ متر می‌باشد (شکل ۷).

کاربری اراضی: کاربری اراضی سطح حوضه آبخیز به طرق مختلف جریان رودخانه و رخداد سیلاب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان نمونه تخریب پوشش نباتی و یا تغییر در نوع و چگونگی کشت و کار گیاهانی که از تلفات برگ آبی زیادی برخوردار نیستند موجب افزایش حجم جریان و دبی سیلاب می‌شود. هرگونه عملیاتی در حوضه آبخیز که موجب ذخیره رطوبت و یا کاهش نفوذپذیری شود سبب افزایش دبی سیلابی می‌شود. چرای بیش از حد دام موجب فشردگی خاک و تخریب پوشش گیاهی می‌شود و از طرف دیگر احداث مخازن تأخیری و تعدیلی دبی سیلابی را کاهش می‌دهد (Parastat, 2013). نوع بهره‌برداری از زمین در امکان مهار و گسترش سیلاب اهمیت فراوان دارد. اراضی نامناسب مشتمل‌اند بر اراضی فاقد پتانسیل انجام عملیات پخش سیلاب و یا آن‌هایی که در بردارنده عوامل محدود کننده عملیات پخش سیلاب هستند. از میان کاربری‌های مختلف، مراتع از نظر تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب مناسب‌اند. انواع کاربری‌ها، در محدوده مورد مطالعه، به صورت، زراعت دیم با مساحت ۳۴۰۴۶ و زراعت آبی و باغات، به مساحت ۲۸۴۶۳ هکتار، مراتع با مساحت ۱۴۹۱۶۸ هکتار، جنگل با مساحت ۸۲۴۲۲ هکتار، مناطق مسکونی (شهر و روستا) با مساحت ۱۷۶۹ هکتار، نیزارها با مساحت ۱۲۶۶ هکتار، اراضی سنگی با ۴۱۴۸ هکتار و



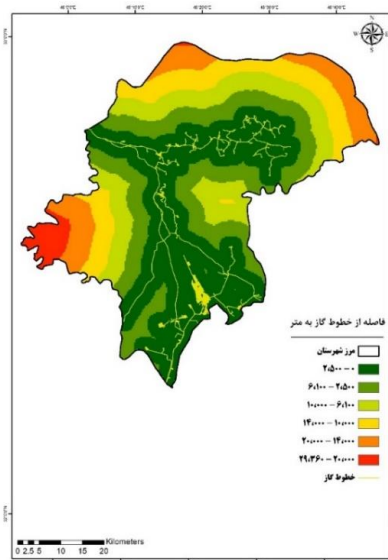
شکل ۶: نقشه کاربری اراضی شهرستان اندیمشک

شکل ۷: نقشه فاصله از شهر و روستا شهرستان اندیمشک

غیرمترقبه آسیب نبیند و کارآیی خود را حفظ کند، از تلفات این نوع حوادث به میزان زیادی کاسته خواهد شد. زیرا امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به

فاصله از شبکه ارتباطی: شبکه ارتباطی، نقش حساسی در آسیب‌پذیری شهر در مواقع بحرانی دارد. در صورتی که شبکه ارتباطی شهر، بعد از وقوع حوادث

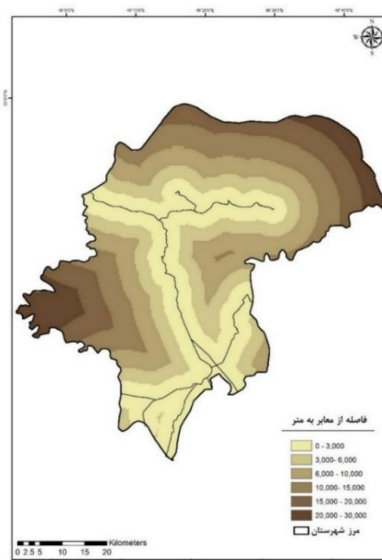
فاصله از خطوط گاز: گاز طبیعی هم اکنون پر استفاده‌ترین سوخت و منبع انرژی برای خودروها و مناطق مسکونی و صنعتی می‌باشد؛ بروز حوادث در خطوط و اختلال در عرضه ایمن و مستدام گاز طبیعی علاوه بر وارد آمدن خسارات جانی به پرسنل و افراد مجاور خطوط لوله و خسارات وارده به تأسیسات، موجب اختلال در زندگی روزمره مردم، ایجاد وقفه در مراکز صنعتی و بحران انرژی می‌گردد (Ebrahemzadeh et al, 2015). هرچه به خطوط گاز نزدیک‌تر باشیم در صورت وقوع سیلاب، به دلیل رخداد حوادثی همچون شستشو و برون‌زدگی لوله‌ها و انفجار، زمینه آسیب‌پذیری در برابر سیلاب افزایش می‌یابد. با توجه به نقشه ۹، فاصله از خطوط گاز در شهرستان اندیمشک بین صفر تا ۲۹۳۶۰ متر می‌باشد.



شکل ۹: نقشه فاصله از خطوط گاز شهرستان اندیمشک

است. در قسمت‌های شمالی به دلیل شیب زیاد، خاک تشکیل نشده و رسوب تولیدی به وسیله جریان‌های آبی به پایین‌دست منتقل شده است و مخروط‌افکنه‌ها را ایجاد کرده که شامل مسیل‌ها با پوشش قلوه سنگ و سنگریزه‌ای است. در بعضی نقاط خاک با عمق خیلی کم و به صورت پراکنده تشکیل شده که قابلیت مرتعی اندکی دارند. در پایین‌دست که شیب به حداقل می‌رسد خاک استقرار پیدا کرده که دارای بافت سبک با عمق متوسط تا زیاد و زهکشی خاک مناسب می‌باشد که قابلیت کشاورزی خیلی خوبی را داراست (شکل ۱۰). اطلاعات زمین‌شناسی شهرستان نیز به صورت مختصر در جدول ۱، بیان شده است.

مناطق امن فراهم خواهد بود و عبور و مرور وسایل نقلیه امدادی به راحتی صورت خواهد گرفت (Asghari et al, 2016). با توجه به اینکه راه اندیمشک مسیر ترانزیتی محسوب می‌شود و همچنین مسیر ارتباطی با استان‌های همجوار شمالی است از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است که در هنگام وقوع سیلاب در جهت دسترسی و انتقال مردم به مناطق امن از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اینکه خطوط گاز معمولاً در کنار راه‌ها اجرا شده‌اند و موقعیت محدوده از ارتفاع به دشت است. در هنگام سیلاب، نقش راه‌ها در هدایت سیلاب و همچنین دسترسی به خطوط گاز بیشتر نمایان می‌گردد. فاصله از شبکه ارتباطی در شهرستان اندیمشک بین صفر تا ۳۰۰۰۰ متر می‌باشد (شکل ۸).

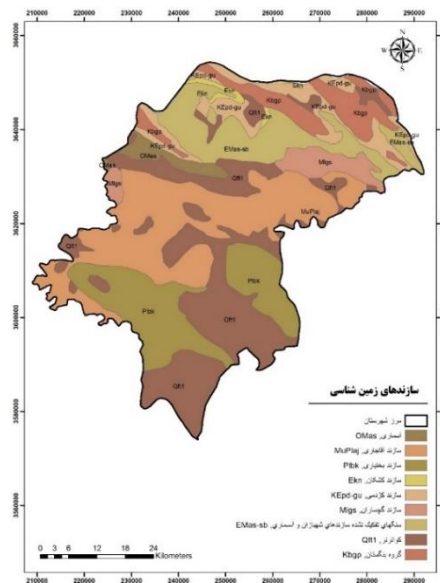


شکل ۸: نقشه فاصله از راه ارتباطی شهرستان اندیمشک

سازند زمین‌شناسی: بررسی عامل نوع زمین‌شناسی در هر منطقه برای بررسی تشکیل جریان‌های سیل‌خیزی اهمیت ویژه‌ای دارد (Ramazani et al, 2021). در خصوص تأثیر پراکندگی سازندهای زمین‌شناسی در سطح محدوده مطالعاتی، نفوذپذیری و تخلخل این سازندها و نقش آن‌ها در میزان تولید رواناب حائز اهمیت است. بدیهی است که در سازندهای غیرقابل نفوذ بخش عمده‌ای از بارش تبدیل به رواناب می‌شود، در حالی که در سازندهای متخلخل یا با نفوذپذیری زیاد بخش قابل توجهی از آب ناشی از بارندگی در خاک نفوذ یافته و تولید رواناب به حداقل می‌رسد. سازند بختیاری رسوبات آبرفتی دشت پایین‌دست را تشکیل داده

جدول ۱: خلاصه اطلاعات مربوط به سازندهای شهرستان

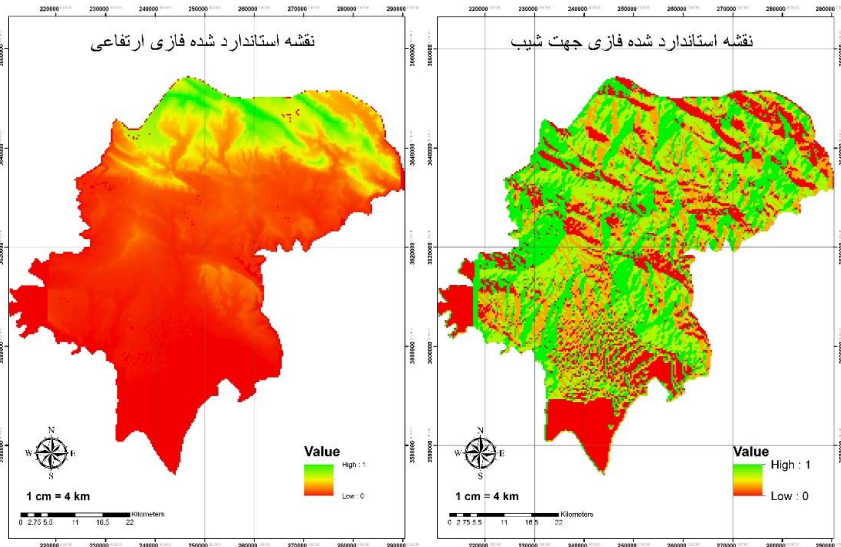
کد	نوع سازند	مساحت (هکتار)
EkN	سازند کشکان	۲۷۵۰
EMas-sb	سنگ‌های تفکیک نشده سازندهای شهبازان و آسماری	۳۷۴۰۱
Kbgp	گروه بنگستان	۲۲۹۰
KEpd-gu	سازند کژدمی	۲۱۸۱۲
Mlgs	سازند گچساران	۱۲۹۸۵
MuPlaj	سازند آقاجاری	۷۶۷۶۷
OMas	آسماری	۶۸۴۸
Plbk	سازند بختیاری	۵۹۴۴۲
Qft1	کواترن	۸۲۹۹۸



شکل ۱۰: نقشه زمین‌شناسی شهرستان اندیمشک

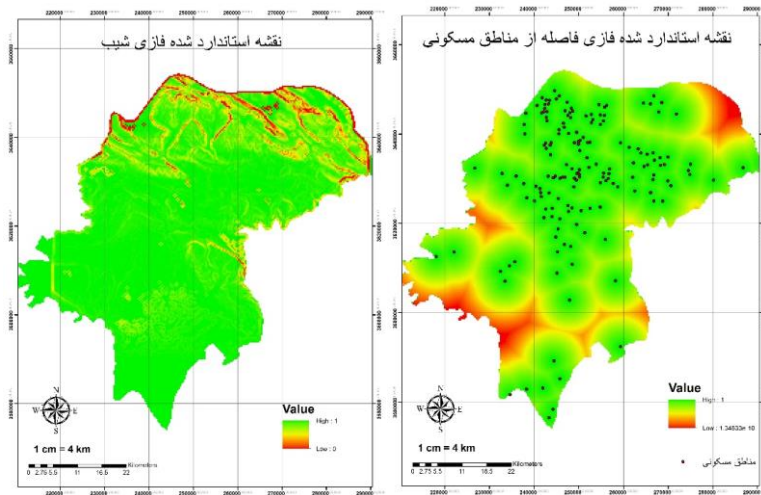
وزن‌دهی با توجه به نقشه‌های معیار و میزان همبستگی، تضاد و انحراف معیار بین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده، تعیین می‌گردد و نظرات کارشناسی دخالت ندارد؛ لذا، استفاده از روش کرتیک، در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر می‌تواند گامی در جهت حل معضل استقلال صفات از یکدیگر باشد که به هنگام مقایسه زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فرایند تحلیل شبکه‌ای و در شرایط عدم تحقق همبستگی بین صفات، عینیت می‌یابد.

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا نقشه‌های معیارهای مطرح در نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب، با استفاده از تابع عضویت فازی، استاندارد سازی شدند (شکل‌های ۱۱ تا ۱۹). در این نقشه‌ها هر چه به دامنه ارزشی ۱ نزدیک می‌شویم، پتانسیل سیل‌خیزی و آسیب‌پذیری نیز بیشتر می‌باشد و برعکس هرچه ارزش یک پیکسل به سمت صفر میل می‌نماید، گویای پتانسیل کم آن پیکسل از لحاظ پتانسیل خطر سیلاب و آسیب‌پذیر کم می‌باشد. در پژوهش حاضر به منظور وزن‌دهی عوامل، از روش کرتیک استفاده شده است (جدول ۲). در این روش،



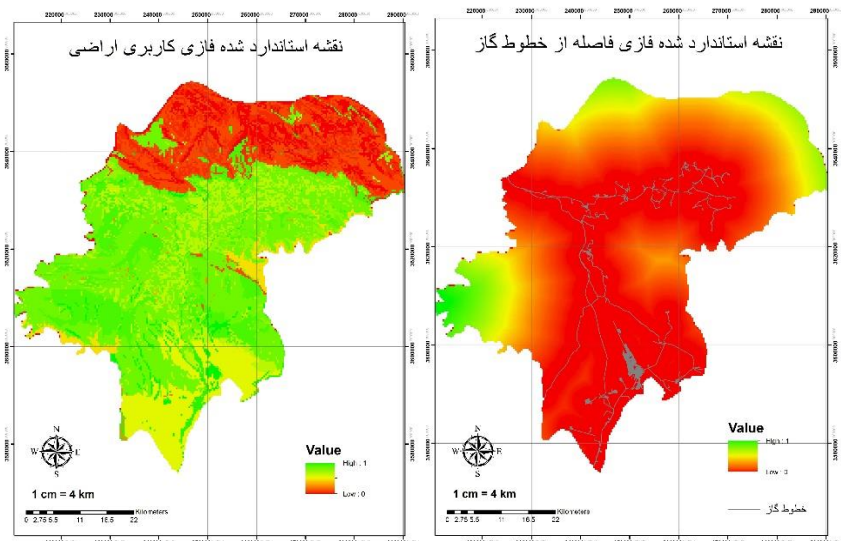
شکل ۱۲: نقشه استاندارد شده فازی ارتفاعی

شکل ۱۱: نقشه استاندارد شده فازی جهت شیب



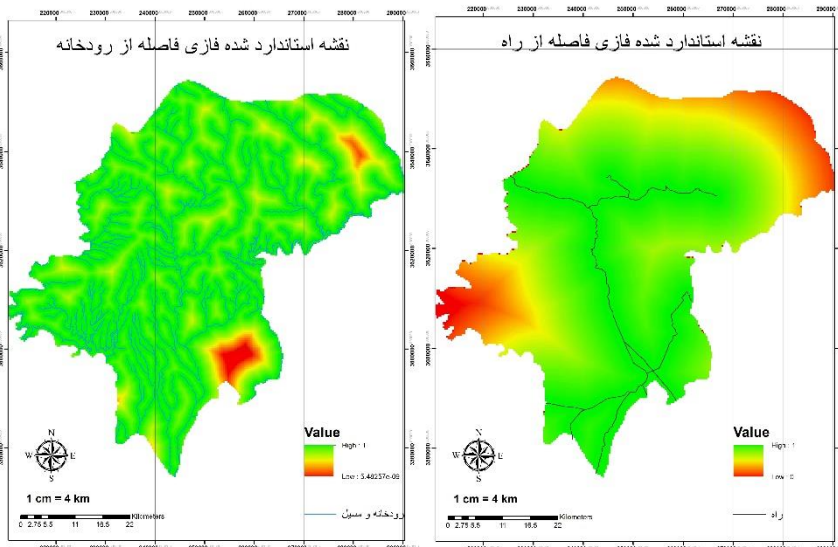
شکل ۱۳: نقشه استاندارد شده فازی فاصله از مناطق مسکونی

شکل ۱۴: نقشه استاندارد شده فازی شیب

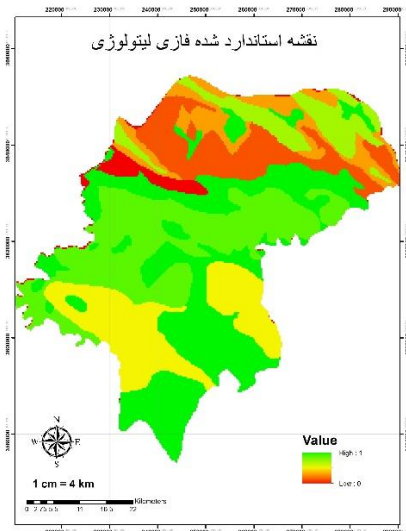


شکل ۱۶: نقشه استاندارد سازی شده فازی فاصله از گاز

شکل ۱۵: نقشه استاندارد شده فازی کاربری اراضی



شکل ۱۷: نقشه استاندارد شده فازی فاصله از راهها شکل ۱۸: نقشه استاندارد شده فازی فاصله رودخانهها



شکل ۱۹: نقشه استاندارد شده فازی لیتولوژی

جدول ۲: وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر خطر سیلاب شهرستان اندیمشک

ماتریس همبستگی									
معیار	جهت شیب	شیب	ارتفاع	فاصله از گاز	زمین‌شناسی	کاربری	فاصله از رودخانه	فاصله از راه	فاصله از شهر و روستا
جهت شیب	۱	-۰/۲۳۵	۰/۴۰۱	۰/۳۲۳	۰/۶۳۴	۰/۶۲۲	۰/۲۷۱	۰/۷۱۰	۰/۴۱۸
شیب	-۰/۲۳۵	۱	-۰/۵۳۲	-۰/۳۷۸	-۰/۱۰۵	۰/۰۲۴	۰/۱۳۱	-۰/۱۵۸	۰/۱۹۰
ارتفاع	۰/۴۰۱	-۰/۵۳۲	۱	۰/۴۶۹	۰/۱۸۲	-۰/۰۰۵	-۰/۲۶۲	۰/۳۰۲	-۰/۱۵۹
فاصله از گاز	۰/۳۲۳	-۰/۳۷۸	۰/۴۶۹	۱	۰/۲۹۵	۰/۲۰۵	-۰/۱۲۸	۰/۰۶۷	-۰/۴۴۵
زمین‌شناسی	۰/۶۳۴	-۰/۱۰۵	۰/۱۸۲	۰/۲۹۵	۱	۰/۸۰۱	-۰/۳۳۵	۰/۸۱۵	-۰/۴۶۴
کاربری	۰/۶۲۲	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۵	۰/۲۰۵	۰/۸۰۱	۱	-۰/۲۱۴	۰/۷۹۵	-۰/۴۵۲
فاصله از رودخانه	۰/۲۷۱	۰/۱۳۱	-۰/۲۶۲	-۰/۱۲۸	-۰/۳۳۵	-۰/۲۱۴	۱	-۰/۳۴۰	۰/۳۳۶
فاصله از راه	۰/۷۱۰	-۰/۱۵۸	۰/۳۰۲	۰/۰۶۷	۰/۸۱۵	۰/۷۹۵	-۰/۳۴۰	۱	-۰/۳۸۵
فاصله از شهر و روستا	۰/۴۱۸	۰/۱۹۰	-۰/۱۵۹	-۰/۴۴۵	-۰/۴۶۴	-۰/۴۵۲	۰/۳۳۶	-۰/۳۸۵	۱

ماتریس تضاد									
معیار	جهت شیب	شیب	ارتفاع	فاصله از گاز	زمین‌شناسی	کاربری	فاصله از رودخانه	فاصله از راه	فاصله از شهر و روستا
جهت شیب	۰	۱/۲۳۵	۰/۵۹۹	۰/۶۷۷	۰/۳۶۶	۰/۳۷۸	۰/۷۲۹	۰/۲۹۰	۰/۵۸۲
شیب	۱/۲۳۵	۰	۱/۵۳۲	۱/۳۷۸	۱/۱۰۵	۰/۹۷۶	۰/۸۶۹	۱/۱۵۸	۰/۸۱۰
ارتفاع	۰/۵۹۹	۱/۵۳۲	۰	۰/۵۳۱	۰/۸۱۸	۱/۰۰۵	۱/۲۶۲	۰/۶۹۸	۱/۱۵۹
فاصله از گاز	۰/۶۷۷	۱/۳۷۸	۰/۵۳۱	۰	۰/۷۰۵	۰/۷۹۵	۱/۱۲۸	۰/۹۲۳	۱/۱۴۴
زمین‌شناسی	۰/۳۶۶	۱/۱۰۵	۰/۸۱۸	۰/۷۰۵	۰	۰/۱۹۹	۱/۳۳۵	۰/۱۸۵	۱/۴۶۴
کاربری	۰/۳۷۸	۰/۹۷۶	۱/۰۰۵	۰/۷۹۵	۰/۱۹۹	۰	۱/۲۱۴	۰/۲۰۵	۱/۴۵۲
فاصله از رودخانه	۰/۷۲۹	۰/۸۶۹	۱/۲۶۲	۱/۱۲۸	۱/۳۳۵	۱/۲۱۴	۰	۱/۳۴۰	۰/۶۶۴
فاصله از راه	۰/۲۹۰	۱/۱۵۸	۰/۶۹۸	۰/۹۲۳	۰/۱۸۵	۰/۲۰۵	۱/۳۴۰	۰	۱/۳۸۵
فاصله از شهر و روستا	۰/۵۸۲	۰/۸۱۰	۱/۱۵۹	۱/۱۴۴	۱/۴۶۴	۱/۴۵۲	۰/۶۶۴	۱/۳۸۵	۰

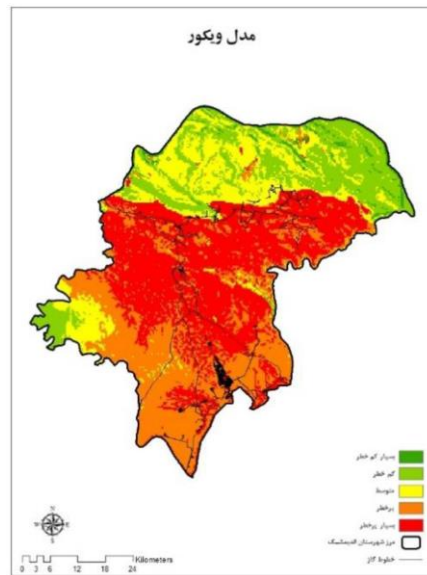
محاسبه وزن نهایی									
معیار	جهت شیب	شیب	ارتفاع	فاصله از گاز	زمین‌شناسی	کاربری	فاصله از رودخانه	فاصله از راه	فاصله از شهر و روستا
مجموع تضاد	۴/۸۵۶	۹/۰۶۳	۷/۶۰۴	۷/۵۹۲	۶/۱۷۷	۶/۲۲۴	۸/۱۳۴	۶/۱۹۴	۸/۹۶۱
انحراف معیار	۰/۳۵۰	۰/۳۷۲	۰/۱۷۴	۰/۱۷۸	۰/۴۰۲	۰/۳۷۲	۰/۱۰۶	۰/۴۲۵	۰/۱۹۲
میزان اطلاعات	۱/۶۹۹	۳/۳۷۱	۱/۳۲۳	۱/۳۵۱	۲/۴۸۳	۲/۳۱۵	۰/۸۶۲	۲/۶۳۲	۱/۷۲۰
وزن نهایی	۰/۰۹۵	۰/۱۸۹	۰/۰۷۴	۰/۰۷۶	۰/۱۳۹	۰/۱۳۰	۰/۰۴۸	۰/۱۴۸	۰/۰۹۶

۲۲)، تهیه شد و نقشه‌های حاصله به پنج کلاس خطر بسیار کم (آسیب‌پذیری بسیار کم) تا بسیار زیاد (آسیب‌پذیری بسیار زیاد)، طبقه‌بندی گردید. مقدار مساحت هر یک از پهنه‌ها به همراه مقدار قرارگیری خطوط گاز در این پهنه‌ها نیز در جدول ۱، نشان داده شده است.

با اعمال مراحل مختلف مدل‌ها بر روی نقشه‌های استاندارد شده وزنی (با توجه به ضرایب و فرمول‌های مربوطه)، خروجی‌های نهایی، به ترتیب؛ به صورت نقشه‌های پهنه‌های خطر سیلاب منطقه اندیمشک با استفاده از مدل کوداس (شکل ۲۰)، مدل ماباک (شکل ۲۱) و مدل ویکور (شکل



شکل ۲۰: نقشه نهایی پهنه‌بندی با استفاده از مدل کوداس
 شکل ۲۱: نقشه نهایی پهنه‌بندی با استفاده از مدل ماباک



شکل ۲۲: نقشه نهایی پهنه‌بندی با استفاده از مدل ویکور

جدول ۳: اطلاعات مربوط به هر یک از پهنه‌های خطر یا آسیب‌پذیر در برابر وقوع سیلاب

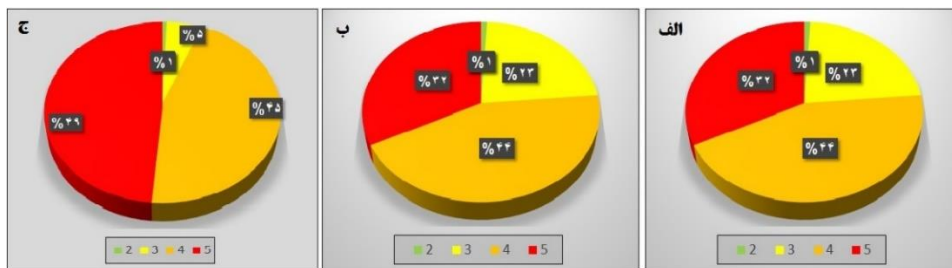
مدل	کد پهنه	پهنه خطر	مساحت (هکتار)	درصد پهنه سیلاب	متراژ خطوط گاز (کیلومتر)	درصد خطوط بر اساس سیلاب
کوداس	۱	بسیار کم خطر	۱۳/۶۹۳	۴	۰	۰
	۲	کم خطر	۴۵/۶۳۱	۱۵	۸	۱
	۳	متوسط	۷۴/۸۹۲	۲۴	۱۹۹	۲۳
	۴	پرخطر	۹۴/۴۱۵	۳۰	۳۸۶	۴۴
	۵	بسیار پرخطر	۸۶/۱۳۵	۲۷	۲۸۵	۳۲
ماباک	۱	بسیار کم خطر	۱۱/۳۴۴	۴	۰	۰
	۲	کم خطر	۴۱/۱۹۴	۱۳	۸	۱
	۳	متوسط	۷۲/۸۰۵	۲۳	۱۹۹	۲۳
	۴	پرخطر	۱۰۰/۵۳۰	۳۲	۳۸۶	۴۴
	۵	بسیار پرخطر	۸۸/۸۹۴	۲۸	۲۸۵	۳۲
ویکور	۱	بسیار کم خطر	۷/۳۶۱	۳	۰	۰
	۲	کم خطر	۵۴/۴۶۸	۱۷	۶	۱
	۳	متوسط	۵۴/۳۴۸	۱۷	۴۷	۵
	۴	پرخطر	۸۴/۴۶۳	۲۷	۳۹۸	۴۵
	۵	بسیار پرخطر	۱۱۴/۱۲۶	۳۶	۴۲۷	۴۹

بررسی خروجی‌های حاصل از روش‌های مورد بررسی، بیانگر در معرض خطر بودن درصد بالایی از خطوط و تاسیسات گاز شهرستان می‌باشد. به طوری که، طبق نتایج حاصل از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس و ماباک، ۳۸۶ کیلومتر (معادل ۴۴٪ از خطوط گاز) در پهنه پرخطر و ۲۸۵ کیلومتر (معادل ۳۲٪ از خطوط گاز) در محدوده بسیار پرخطر قرار دارد و بر اساس نقشه حاصل از مدل ویکور ۳۹۸ کیلومتر (معادل ۴۵٪ از خطوط گاز) در پهنه پرخطر و ۴۲۷ کیلومتر (معادل ۴۹٪ از خطوط گاز)، در محدوده بسیار پرخطر می‌باشد (شکل ۲۳). لذا، ریسک ناشی از وقوع سیل

با توجه به خروجی حاصل از الگوریتم‌های مورد مطالعه، پهنه‌های پرخطر و بسیار پرخطر (آسیب‌پذیر و بسیار آسیب‌پذیر)، بیشترین مساحت شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند. به طوری که به ترتیب؛ بر اساس مدل کوداس ۳۰ و ۲۷ درصد، طبق خروجی مدل ماباک ۳۲ و ۲۸ درصد و با نظر به نقشه پهنه‌بندی مدل ویکور ۲۷ و ۳۶ درصد از مساحت محدوده، در طبقه پرخطر و بسیار پرخطر قرار دارد. لذا می‌توان گفت که نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از ریسک بالای شهرستان اندیمشک، از لحاظ رخداد خطر سیلاب می‌باشد. به علاوه، می‌توان اذعان داشت که نتایج

همچنین برخی از جاده‌های دسترسی و ساختمان‌های ایستگاه‌های تقلیل فشار تا حدودی تخریب شد که می‌بایست نسبت به ترمیم و بازسازی آن‌ها اقدام می‌شد. در مواقع بحرانی تر، ممکن است که در پی وقوع سیلاب، شکسته شدن لوله و حتی انفجار و آتش‌سوزی، رخ دهد. برای مثال در پی رخداد سیلاب ۱۳۸۴ در استان خوزستان، سیلاب لوله اصلی انتقال گاز به شهرهای دزفول و اندیمشک را قطع کرد.

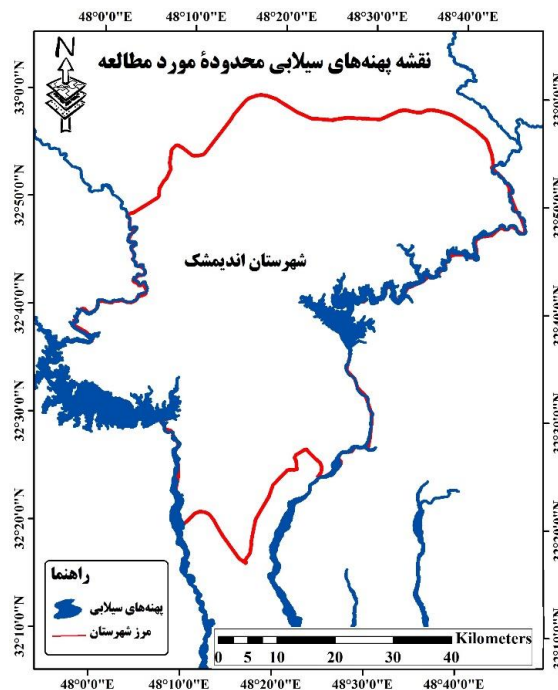
که ممکن است، در مسیر خطوط لوله انتقال گاز این شهرستان، وقوع بییوندد، می‌تواند به بروز خسارات جانی و مالی منجر گردد. به عنوان نمونه؛ سیلاب می‌تواند به آب‌شستگی در جریان خطوط لوله پس از وقوع سیل و نمایان شدن خطوط لوله در برخی از نقاط منجر شود. نمونه این اتفاق، در طی سیلاب ۱۳۹۸ در استان خوزستان رخ داد و به دنبال وقوع سیل، در برخی از مناطق آب‌شستگی بیش از حد منجر به نمایان شدن بخش‌هایی از شبکه گاز شد و



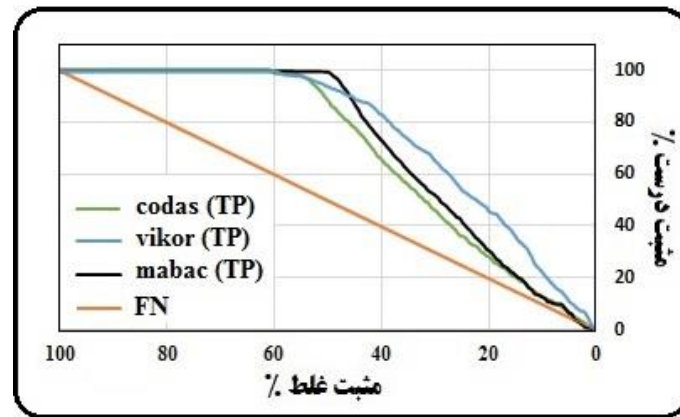
شکل ۲۳: نمودار درصد میزان خطوط گاز در پهنه‌های سیلاب الف) بر اساس مدل کوداس، ب) بر اساس مدل ماباک، ج) بر اساس مدل ویکور

سطح زیر منحنی در مدل CODAS (۰/۶۹)، VIKOR (۰/۷۶) و در مدل MABAC (۰/۷۱)، می‌باشد. با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده برای سطح زیر منحنی، دقت روش‌های VIKOR و MABAC خیلی خوب و دقت روش CODAS، در طبقه خوب قرار دارد (شکل ۲۵).

به منظور بررسی اعتبار نقشه پهنه‌بندی سیلاب در سطح شهرستان اندیمشک، دقت حاصل از به کارگیری روش‌های مورد استفاده، به وسیله‌ی منحنی ROC و با توجه به نقشه پهنه‌های سیلابی شهرستان (شکل ۲۴)، مورد ارزیابی قرار گرفته است. طبق نتایج به دست آمده، به ترتیب؛ مقدار



شکل ۲۴: نقشه پهنه‌های سیلابی شهرستان اندیمشک

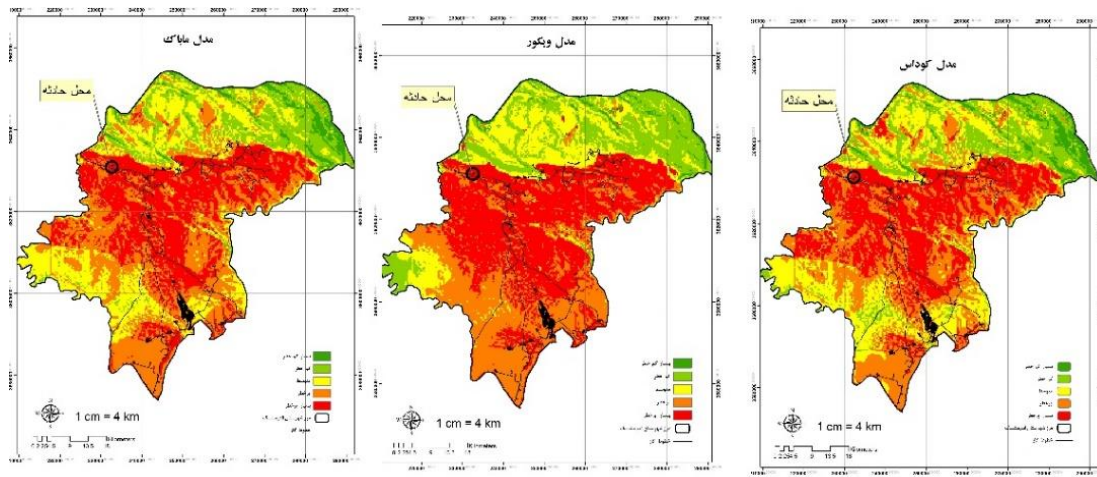


شکل ۲۵: منحنی تشخیص عملکرد نسبی و سطح زیر منحنی مربوط به نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب شهرستان اندیمشک

نتیجه‌گیری

سیل از جمله بلاای طبیعی است که در صورت رخداد خسارات گسترده جانی و مالی را به جوامع تحمیل می‌نماید. بنابراین تعیین مناطق مولد سیل و مناطق آسیب‌پذیر می‌تواند کمک زیادی در مدیریت و کنترل داشته باشد. با توجه به خصوصیات ژئومورفولوژی و وجود رودخانه‌های مستعد سیلاب شهرستان اندیمشک، هدف این تحقیق پهنه‌بندی مناطق پرخطر و آسیب‌پذیر در برابر سیلاب در این شهرستان، می‌باشد و با نظر به وجود مسیرهای انتقال انرژی در این منطقه بررسی‌های صورت گرفته با تأکید بر خطوط انتقال گاز و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (کوداس، ماباک و ویکور)، در پنج طبقه بسیار کم خطر تا بسیار پرخطر صورت گرفته است. با توجه وجود شیب‌های تند در قسمت شمالی و همچنین مساحت بالا جهت شیب جنوب و جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، وضعیت کاربری اراضی، وجود راه ترانزیتی و وجود دشت‌هایی با شیب ۰ تا ۵٪، معیارهای شیب، فاصله از راه، لیتولوژی و کاربری اراضی به ترتیب؛ با ضرایب وزنی ۰/۱۸۹، ۰/۱۴۸، ۰/۱۳۹ و ۰/۱۳۰، به عنوان معیارهای مهم، شناخته شده‌اند. مقایسه نتیجه مطالعه حاضر با پژوهشی که توسط (Khormian, 2021)، که به منظور بررسی تأثیر سیل فروردین ماه سال ۱۳۹۸ بر بخش کشاورزی استان خوزستان، انجام شده است، نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که (Khormian, 2021)، در مطالعه خود، میزان مساحت اراضی در بر گرفته شده سیلاب را در منطقه اندیمشک ۲۲۴۰۰ هکتار محاسبه شده است. یافته‌های

حاصل از مدل‌های کوداس، ماباک و ویکور نیز مساحتی معادل ۳۱۴۷۶۶ هکتار را برای پهنه‌های دارای احتمال وقوع خطر، نشان می‌دهد که نشان دهنده انطباق نتایج پژوهش حاضر با حجم سیلاب سال ۹۸ است و می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعه خطر سیلاب برخوردار است. لذا، نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات؛ (Nafarzadegan et al, 2019)، (Khourshidi et al, 2021)، (Naderi et al, 2022)، (Hosseinzadeh et al, 2023)، (Brahma and Mitra, 2019)، (Zhu et al, 2020)، (Chen et al, 2022)، و (Mekonne et al, 2023)، مبنی بر اینکه، رویکرد GIS-MCDM، یک ابزار راهنمای قدرتمند و عملی برای انجام مطالعات مدیریت بلاای سیل و مرجعی برای مدیریت کارآمدتر سیل در آینده و تصمیم‌گیری ریسک، همخوانی دارد و روش‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند در جهت شناسایی پهنه‌های پرخطر و آسیب‌پذیر در برابر سیلاب و اجرای عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب در شهرستان اندیمشک و مناطق مشابه این شهرستان، به عنوان روش کارآمد، مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه، با توجه به اینکه، هدف از این پژوهش، به‌دست آوردن پهنه‌های پرخطر و آسیب‌پذیر در جهت ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی خطوط گاز در نظر گرفته شده است. با نظر با اینکه سیلاب سال ۱۳۹۸ محدوده استان خوزستان به بیرون‌زدگی خطوط گاز و انفجار و آتش‌سوزی بعد از آن منجر شده بود. در شکل ۲۶، موقعیت و تصاویر مربوط به برون‌زدگی و انفجار لوله گاز رخ داده به دنبال وقوع سیلاب ۱۳۹۸، ارائه شده است.



شکل ۲۶: موقعیت و تصاویر مربوط به انفجار ناشی از برون‌زدگی لوله گاز ۵۶ اینچ به دنبال وقوع سیلاب ۱۳۹۸ در سطح محدوده مورد مطالعه

- بررسی و چک صاعقه گیرها و سیستم و چاه‌های ارت جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی و برق‌گرفتگی و اقدامات ایمن‌سازی در خصوص تأسیساتی صورت پذیرد.
- لایروبی کانال‌های آب باران محوطه و اطراف تأسیسات گازی.
- استفاده از نشانه‌گذاری جاده اختصاصی به تأسیسات گاز جهت جلوگیری از سقوط خودروها در زمان آب‌گرفتگی جاده.
- تدوین سناریو، برگزاری و ارزیابی مانورهای مرتبط مقابل با سیل به صورت منظم.
- هماهنگی با دستگاه مسئول مدیریت بحران

با توجه به این امر که بر اساس مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز محل مورد نظر جزو محدوده پرخطر می‌باشد، می‌توان صحت نتایج بدست آمده از هر سه روش مورد استفاده را تأیید کرد. در نهایت لازم به ذکر است، جهت جلوگیری از خطرات ناشی از سیلاب بر روی خطوط و تأسیسات گازی بایستی تمهیداتی را در جهت مقاوم‌سازی لحاظ کرد که در این راستا موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- ایجاد استحکامات مناسب برای خطوط و تأسیسات گازی در محل‌های مستعد بروز سیلاب از قبیل (دهانه رودخانه‌های بزرگ و پایین‌دست پهنه‌های سیلابی و حوضچه‌های سیل).

سپاسگزاری

پژوهش حاضر با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی و شرکت گاز استان خوزستان به انجام رسیده است و بدین ترتیب از همکاری ایشان تشکر می‌کنیم.

- مدارک موجود در استانداردهای صنعت نفت در زمینه تاب‌آوری تأسیسات نفت و گاز در برابر سیل نیز بسیار محدود است. لازم است وزارت نفت هر چه سریع‌تر این موضوع را در دستور کار قرار داده و اقدامات لازم را به عمل آورد.

- لزوم در نظر گرفتن ملاحظات پهنه‌بندی خطر سیل در طراحی‌های خطوط و تجهیزات و تأسیسات گازرسانی.

پانویس

1-Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison
2-Combinative Distance-based Assessment
3-Wise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

4-Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
5-Receiver operating characteristic

References

- Alinezhad, A. and Khalili, J., 2019. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). International Series in Operations Research & Management Science, v. 277, Springer, Cham.
- Argaz, A. et al., 2019. Flood Hazard Mapping Using remote sensing and GIS Tools: A case study of Souss Watershed, J. Mater. Environ. Sci., v. 10(2), p. 170-181.
- Asadi, M., Haidary, Z. and Emami, K., 2022. Assessing the Physical Development Trend of Poldokhtar City Towards Flood-Prone Areas. Journal of Geography and Environmental Hazards, v. 11(2), p. 159-174. (In Persian)
- Asghari, A., Babaei, F., and Miralanogh, M., 2016. Evaluating the performance of transportation networks in case of disaster in suburban areas (Case Study: suburban areas at north of the city of Tabriz), v. 7(25), p. 141-158 (In Persian).
- Baghalani, M., Rostami, N. and Tavakoli, M., 2019. Identification of factors affecting urban flood in Ilam City Watershed. Watershed Engineering and Management, v. 11(2), p. 523-536. (In Persian)
- Baumgartel, A., Lukić, S., Belanović Simić, S. and Kadović, R., 2019. Identifying Areas Sensitive to Wind Erosion- A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia), Appl Sci, v. 19(23), p. 1-12.
- Brahma, A.k. and Mitra, D.K., 2019. Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Approach modelling for flood control project selection. International Journal of Applied Engineering Research, v. 14(17), p. 3579-35889.
- Chen, Y., 2022. Flood hazard zone mapping incorporating geographic information system (GIS) and multi-criteria analysis (MCA) techniques, Journal of Hydrology, v. 612, 128268.
- Chen, W., Zhang, S., Li, R. and Shahabi, H., 2018. Performance evaluation of the GIS-based data mining techniques of best-first decision tree, random forest, and naïve bayes tree for landslide susceptibility modeling. Sci. Total Environ, v. 64, p. 1006-1018.
- Chezgi, J. and Jahanbakhshi, F., 2022. Determining Flood-Prone Areas Using Multi-Criteria Decision Models in Bagheran Region of Birjand. Journal of Geography and Environmental Hazards, v. 11(2), p. 23-39. (In Persian)
- Ebrahemzadeh, M., Poursadeghiyan, M. and Amir Heidari, P., 2015. Evaluation of Crisis of Transmission Lines Events and Distribution of Natural Gas in Iran, Iranian Safety Science and Technology Journal, v. 2(3), p. 1-3. (In Persian).
- Ebrahimi, L., 2020. Preparation of flood hazards management map using a new random forest algorithm (Case study: Lavasanat watershed) (Case study: Lavasanat watershed). Environmental Management Hazards, v. 7(2), p. 181-196 (In Persian)
- Hosseinzadeh, M.M., Salehi Milani, A.R. and Rezaian Zarandini, F., 2023. Zoning of the sensitivity of the sub-basins of Nekarood basin to flooding, Neka-Mazandaran. Hydrogeomorphology, v. 10(34), p. 100-75. (In Persian)
- Khormian, M., 2021. The effect of the flood of April 2018 on the agricultural sector of Khuzestan province, Specialized Quarterly of Water

- Sciences and Engineering, v. 9(23), p. 43-35 (In Persian)
- Khourshidi, S., Rostami, N. and Salehpourjam, A., 2021. Prioritizing flood producing potential in ungauged watersheds using the AHP-VIKOR method (Case study: Haji-Bakhtiar Watershed, Ilam). *Environmental Erosion Research Journal*, v. 11(2), p. 66-92 (In Persian)
- Kim, J.H. and Ahn, B.S., 2020. The Hierarchical VIKOR Method with Incomplete Information: Supplier Selection Problem, *Sustainability*, v. 12(22), p. 1-15.
- Leskens, J.G., Brugnach, M., Hoekstra, A.Y. and Schuurmans, W., 2014. Why are decision flood disaster management so poorly supported by information from flood models. *Environmental Modeling & Software*, p. 53-61.
- Mathew, M. and Sahu, S., 2018. Comparison of new multi-criteria decision making methods for material handling equipment selection, *Management Science Letters*, v. 8, p. 139-150.
- Mekonnen, T.W., Mitiku, A.B. and Tadesse Woldemichael, A., 2023. Flood Hazard Zoning of Upper Awash River Basin, Ethiopia, Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) as Compared to Sensitivity Analysis, *2 Te Scientific World Journal*, v. 1675634, p. 1-15.
- Naderi, F., Naseri, B., Khanmohamadian, Y., Salamat, E. and Kosha, M., 2022. Prioritization of Flood Risk in Ganjvan Watershed of Ilam Province using ELECTRE Model, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, v. 11(3), p. 1-21 (In Persian)
- Nafarzadegan, A.R., Mohammadifar, A.A., Vagharfard, H. and Foruzanfard, M., 2019. Combination of Multi-Criteria Decision-making Models and Regional Flood Analysis Technique to Prioritize Sub-watersheds for Flood Control (Case study: Dehbar Watershed of Khorasan), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, v. 8(2), p. 27-45 (In Persian)
- National flood report special committee., 2018. Infrastructure working group final report, 588 p (In Persian).
- NoredinMosa, F., mahmodi, R. and Emami, K., 2023. Evaluating the process of physical development of residential areas towards flood prone areas (Case study: Sanandaj city), *Geography and Human Relationships*, v. 5(4), p. 653-654. (In Persian)
- Panahi, R., Moshashae, M. and Moshashaie, M., 2022. The Simulation of Mereg river floods using HEC_RAS hydraulic model (Case study: the distance between Dar Amroud Olya and Chalabeh Sofla villages, Mahidasht catchment, Kermanshah Province), *Researches in Earth Sciences*, v. 12(4), p. 68-85 (In Persian).
- Parastar, S., 2013. Flood risk zoning in the Balkhali Chay watershed (case study: upstream of Yamchi Dam) using ANP model, master's thesis in hydrogeomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, supervisor: Fariba EsfandiariDarabad, 146 p (In Persian).
- Rahimpour, T., Rezaei Moghaddam, M.H., Hejazi, S.A. and Valizadeh Kamran, K., 2021. Spatial Variations Analysis of Flood Hazard Susceptibility based on a new ensemble model (Case Study: Aland Chai Basin, Khoy city), *Environmental Management Hazards*, v. 8(4), p. 371-393 (In Persian).
- Ramazani, M.E., Khodapanah, K. and Majnoui-Toutakhaneh, A., 2021. Investigation and Analysis of Human and Environmental Factors Affecting the Vulnerability of Rural Settlements to Floods in 2017 in Ajabshir County. *Environmental Erosion Research Journal*, v. 11(4), p. 52-70 (In Persian).
- Silakhori, Z., Vahabzadekebriya, G. and Poorghasemi, H., 2023. Landslide Susceptibility Mapping using Bayesian Model: A Case Study of some Regions of Talar Watershed, Mazandaran Province, *Environmental Erosion Research*, v. 13(2), p. 122-140 (In Persian).
- Vejdani Nozar, A. and Givehchi, S., 2023. Presenting a Flood Hazard Assessment Model in Hamedan Province to Classify Vulnerability and Possible Consequences in Population Centers. *Housing and village environment*, v. 42(181), p. 119-132 (In Persian).
- Wang, J., Wei, G., Wei, C. and Wei, Y., 2020. MABAC method for multiple attribute group decision making under q-rung orthopair fuzzy environment, *Defence Technology*, v. 16(1), p. 208-216.
- Zibarzani, M., Firouzi, M., Hessari, B. and Nekooie, M.A., 2023. A Social Network Analysis based Multi-Criteria Decision Making for Assessment of Flood Risk Management Alternatives. *Emergency Management*, v. 11(2), p. 1-11 (In Persian).
- Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K.M., Hewage, K. and Sadiq, R., 2020. Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historicworst flood to Yangtze River Delta, China, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 61, p. 1-52.
- Zhu, H. and Liu, F., 2021. A group-decision-making framework for evaluating urban flood resilience: a case study in Yangtze River. *Sustain*, v. 13(2), p. 1-16.