Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.13, Issue 41, October 2024

Assessing Flood Risk in the Zard River Basin: A Multi-Criteria Analysis Using the Vikor Model

Mohammad Hossein Rezaei Moghadam[1*], Masoume Rajabi[2], Sayedeh Masoume Mousavi[3]

1. *Corresponding Author*, Professor of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran
2. Professor of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran
3. PhD student of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 03 March 2023
Revised: 03 May 2024
Accepted: 21 May 2024

Keywords:
zoning, flood risk, multi-criteria analysis, Zard River Basin.

ABSTRACT

Flooding is one of the most important and frequent natural hazards in Iran, which has increased in frequency and severity in recent years. The catchment area of the Zard River is not exempt from these conditions, as the occurrence of this destructive phenomenon in recent years has led to the damage of some residential areas, agricultural lands, and gardens located in this area. Therefore, according to the importance of the subject, with field investigations and study of sources, firstly the slope layers, slope direction, altitude classes, lithology, precipitation, land use, drainage density, and distance from the river as effective criteria for the occurrence of floods. The basins were identified and classified. Then, the information layers were prepared by the geographic information system, and the evaluation and standardization of the benchmark maps were performed using the fuzzy method. In the next step, the investigated factors were evaluated in the form of critical weighting, and finally, the final analysis and modeling weree done using Vicor's method as one of the multi-criteria decision analysis methods. The results of this research showed that among the effective factors in causing floods, slope with a weighting factor of 0.157, height with a weighting factor of 0.133, and land use with a weighting factor of 0.127 are the most important factors in causing floods in the basin. The river is the Zard. In addition, 10.78% and 16.71% of the area of the basin are in the very high-risk class, which indicates the potential of this basin for flooding. Therefore, flood risk zoning can be an effective tool in the implementation of conservation, watershed, and basin management measures.

Cite this article: Rezaei Moghaddam, M. H., Rajabi, M., & Mousavi, S. M. (2024). Flood risk zoning in Zard River catchment area, using Vikor multi-criteria analysis model. Journal of Natural Environmental Hazards, 13(41), 19-38. DOI: 10.22111/jneh.2024.43735.1945

© Mohammad Hossein Rezaei Moghadam
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2024.43735.1945

* Corresponding Author Email: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۱، مهر ۱۴۰۳

پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رود زرد، با استفاده از مدل تحلیل چندمعیاره‌ی ویکور

محمد حسین رضائی مقدم[1*]، معصومه رجبی[2]، سیده معصومه موسوی[3]

۱. استاد ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)
۲. استاد ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز
۳. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

واژه‌های کلیدی:
پهنه‌بندی، خطر سیلاب، تحلیل چندمعیاره، حوضه رود زرد.

چکیده

سیلاب از پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی ایران می‌باشد که در سال‌های اخیر تکرار و شدت وقوع آن بیشتر شده است. حوضه آبریز رود زرد نیز از این شرایط مستثنی نیست، به‌طوری‌که رخداد این پدیده در طی چند سال گذشته به آسیب‌پذیری برخی مناطق مسکونی، اراضی زراعی و باغات در این حوضه منجر شده است. با توجه به اهمیت موضوع، با بررسی‌های میدانی و مطالعه منابع، ابتدا لایه‌های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، بارش، کاربری‌اراضی، تراکم زهکشی و فاصله از رودخانه به‌عنوان معیارهای موثر در وقوع سیلاب حوضه شناسایی شدند. سپس لایه‌ها توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار، با استفاده از روش فازی انجام گرفت. در مرحله بعد، لایه‌های مدنظر به روش کریتیک وزن‌دهی شدند و در نهایت، تحلیل و مدل‌سازی نهایی با استفاده از روش ویکور انجام شد. نتایج پژوهش نشان داد که از بین عوامل موثر در ایجاد سیلاب، عامل شیب با ضریب وزنی ۰/۱۵۷، ارتفاع با ضریب وزنی ۰/۱۳۳ و کاربری اراضی با ضریب‌وزنی ۰/۱۲۷ به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد سیلاب در حوضه رود زرد هستند. به‌علاوه به ترتیب ۷۸/ ۱۰ و ۱۶/۷۱ درصد از مساحت حوضه، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد که نشانگر پتانسیل این حوضه برای وقوع سیلاب می‌باشد. نواحی شرقی و شمالی و شمال شرقی و بخشی از قسمت‌های جنوب حوضه شدت سیل‌خیزی زیادتری دارند. از مهم‌ترین دلایل سیل‌خیز بودن این قسمت‌ها، میزان ارتفاع بالاتر است که سبب جذب رطوبت بیشتر و در نتیجه بارش بیشتر می‌شود. شیب زیاد (بالای۲۷درصد) سبب حرکت بیشتر نزولات جوی در این بخش‌ها می‌شود. پوشش‌گیاهی با تراکم کم، شکل نه چندان کشیده حوضه و اقدامات ناچیز حفاظتی منابع آب وخاک، باعث شده حوضه از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار باشد. بنابراین، پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌تواند کمک مؤثری در انجام اقدامات حفاظتی، آبخیزداری و مدیریتی حوضه داشته باشد.

استناد: رضائی مقدم, محمد حسین, رجبی, معصومه, موسوی, سیده معصومه. (۱۴۰۳). پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رود زرد ، با استفاده از مدل تحلیل چندمعیاره‌ی ویکور. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۱)، ۱۹-۳۸. DOI: 10.22111/jneh.2024.43735.1945

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© محمدحسین رضائی مقدم*، معصومه رجبی، سیده معصومه موسوی.

*- محمد حسین رضائی مقدم (نویسنده مسئول)
Email: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

مقدمه

روند افزایش سیل در جهان با توجه به تغییرات آب و هوایی، تغییر الگوی بارش و افزایش سطح آب دریا در آینده وجود دارد و علاوه بر آن رشد جمعیت و توسعه شهری و سکونتگاه‌های انسانی سبب شده سیل به‌عنوان مخاطره‌ای برای انسان تبدیل شود. تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱/۳ میلیارد نفر در معرض مخاطره سیل قرار گیرند (دوبی و همکاران، [1] ۲۰۲۳،). به‌طورکلی مخاطرات سیلاب، ۱۹٪ از کل مخاطرات را در جهان شامل می‌شود. همچنین ۱۹٪ قربانیان، ۲۱٪ مجروحین، ۴۱٪ خسارت‌ها، ۶۶٪ بی‌خانمان‌ها و ۴۹٪ تأثیرپذیران از کل مخاطرات در جهان مربوط به این مخاطره می‌باشد (اوزی، ۱۳۹۰). در واقع مخاطرات جوی جزو عمده‌ترین مخاطرات طبیعی هستند که در میان آن‌ها سیل از همه شاخص‌تر است سیلاب در میان مخاطرات طبیعی بیشترین آمار را به خود اختصاص می‌دهد. از نظر میزان آسیب پذیری جوامع نیز سیل بیشترین افراد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بارش سنگین، به‌خصوص در قسمت‌های بالادست حوضه‌های آبریز، در مدت زمان کم و کوتاه سبب سیلاب و یا طغیان رواناب در پایین‌دست حوضه‌های آبریز می‌شود. مخاطره سیل در ایران همچنان رو به افزایش است و برای کاهش میزان تلفات جانی و خسارت‌های مالی ناشی از سیلاب، در این زمینه مدیریت مخاطره سیلاب ضروری به نظر می‌رسد. سیل به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به‌صورت غیرمنتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارت مالی و جانی گردد (علیزاده،۱۳۹۰). می‌توان بیان داشت: سیل پدیده‌ای طبیعی است که جوامع بشری آن را به‌عنوان واقعه‌ای اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند؛ اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند (عابدینی و بهشتی جاوید، ۱۳۹۷). برخی از علل وقوع انواع سیل را می‌توان ریزش باران شدید یا طولانی، ذوب برف، شکستن سد و لغزش زمین، امواج مرتفع، بستن کانال، شدت بارندگی، نوع بارندگی، زمان و حجم بارندگی، شرایط قبلی رودخانه، زهکشی حوضه، کاربری‌های نامناسب و قطع درختان جنگلی در سرچشمه رودها عنوان کرد (کلائول[2] ۲۰۱۸؛ تاین‌سنچلی[3]، ۲۰۱۲). یکی از راه‌های کاهش و جلوگیری از خسارت‌های ناشی از این مخاطره، شناخت و پهنه‌بندی مناطق پرخطر سیلاب می‌باشد (رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). 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. در چند دهه اخیر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، در زمینه پهنه‌بندی خطر سیلاب بسیار مورد استقبال قرار گرفته است. استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به منظور مدیریت، تفسیر و آماده‌سازی داده‌های فضایی برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی، فرصت‌ها و چالش‌های زیادی را برای مدل‌سازان هیدرولوژیکی فراهم می‌کند (چو و همکاران[4] ۲۰۱۸؛ چن[5] و همکاران،۲۰۲۱). بنابراین استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند باعث تسریع در روند برنامه‌ریزی در تشخیص موارد بحرانی و اضطراری شده و منجر به صدور نتایج مناسبی گردد. مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان انجام شده و توانایی تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌ویژه مدل ویکور، برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب نشان داده است. اصغری سراسکانرود و

1 Dube &All2023
2. Kolawole
3 . Tingsanchali
4. Cho et al
5 . Chen

همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل روش تصمیم‌گیری چندشاخصه (VIKOR[1]) در حوضه آق‌لاقان‌چای پرداختند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، عوامل شیب، ارتفاع و فاصله از شبکه آبراهه، بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در حوضه‌ی آق‌لاقان‌چای دارند و این حوضه دارای توان بسیار بالا از لحاظ رخداد سیلاب می‌باشد. به‌علاوه، نتایج این پژوهش، نشانگر توانمندی روش ویکور در نقش‌آفرینی به‌عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)، برای انتخاب گزینه‌های مناسب بوده است. موسوی و همکاران(۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز شهر باغملک واقع در شرق استان خوزستان از مدل فازی TOPSIS استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که ۱۷/۸۶ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا، ۲۴/۱۵ درصد در پهنه با خطر بالا قرار دارد. نواحی غربی، جنوب غربی و بخشی از نواحی شرقی دارای بیشترین پتانسیل خطر در برابر سیل هستند. عابدینی و همکاران (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در بخشی از شهرستان مشکین‌شهر (حوضه خیاوچای) را با استفاده از مدل ویکور مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد عوامل ارتفاع، لیتولوژی، بارش و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند و به ترتیب ۲۳/۳۷ و ۵۲/۵۰ کیلومتر مربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. محمدی و ملکیان (۱۳۹۶) در پژوهشی به اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز از نظر خطر بروز سیل، براساس مدل‌های تحلیل خاکستری، تصمیم‌گیری چندمعیاره - ELECTRE-TOPSIS پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد حوضه‌ی ۷ با بیشترین امتیاز (۰/۷۱۹۴۴۳) در اولویت اول، حوضه‌ی ۱ با (۰/۴۶۶۱۱۹) اولویت دوم و حوضه‌ی ۴ با کمترین مقدار امتیاز (۰/۳۳۱۴۹۳) در اولویت آخر قرار گرفت. نفرزادگان و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از مدل‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و ویکور، به مطالعه و ارزیابی سیلاب در حوضه آبخیز دهبار در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج حاصل در اولویت‌بندی به روش ویکور نشان داد زیرحوضه یک، دو و سه به ترتیب بیشترین پتانسیل خطر سیلاب را در حوضه دارند و سه زیرحوضه یادشده دارای بالاترین رتبه از نظر ضریب رواناب، بارندگی و شماره منحنی می‌باشند. به‌علاوه در این مطالعه، بیان شده است که فن‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، در تصمیم‌گیری در امور پیچیده که معیارهای متعددی در تصمیم‌گیری آن دخیل می‌باشند، به‌عنوان ابزارهایی قوی و انعطاف‌پذیر می‌باشند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۹) به مکان‌یابی پخش سیلاب با تلفیق مدل‌های AHP و Fuzzy با استفاده از روشWLC در حوضه خرم‌آباد پرداختند که پارامترهای فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی و ضخامت غیراشباع، مؤثرترین معیارها در این مطالعه بودند. نتایج نشان داد طبق نقشه نهایی پخش سیلاب، ۱۳/۹۹ درصد از حوضه آبخیز خرم‌آباد، مطلوبیت مناسب و ۲۶/۰۴ درصد مطلوبیت متوسط برای احداث سازه‌هایی با هدف پخش سیلاب دارد. رضایی‌مقدم و همکاران (۱۴۰۰)، به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز شهرچای میانه با استفاده از مدل ویکور پرداختند. نتایج نشان داد که شیب، بارندگی و جهت شیب بیشترین تأثیر را در وقوع سیلاب در این حوضه دارند. همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به ترتیب ۶/۰۲ و ۱۰/۴۵ درصد از محدوده‌ی موردمطالعه در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند و در نهایت، طبق نتایج مطالعه، کارایی روش ویکور مورد تأیید قرار گرفته است. پورنبی درزی و همکاران(۱۴۰۰) به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC- RAS و Arc GIS حوزه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن

[1] Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که هر چه دوره بازگشت طولانی‌تر شود، سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرد. همچنین بیشترین سطح سیلابی مربوط به اراضی زراعی به وسعت ۶/۲۴ هکتار می‌باشد و بعد از آن اراضی مسکونی با وسعت ۳/۹۴ هکتار، جنگلی ۲/۹۲ هکتار و باغی ۰/۸ هکتار می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از فن چندمعیاره آراس و هیدروگراف واحد در حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد عوامل شیب، لیتولوژی، کاربری و ارتفاع به ترتیب با مقادیر وزنی ۰/۱۶۴، ۰/۱۵۶، ۰/۱۱۸ و ۰/۱۱۶ بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. همچنین، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۳۲/۰۲ کیلومتر مربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. لی و همکاران[1] (۲۰۱۵)، به ارزیابی کارایی استفاده ترکیبی از روش ویکور و استانداردسازی فازی‌سازی داده‌ها، برای بررسی فضایی آسیب‌پذیری سیل، در رودخانه هان چین پرداختند. نتیجه نشان داد که روش ویکور فازی می‌تواند مشکل عدم اطمینان در فن‌های استخراج وزن را کاهش دهد و همچنین می‌تواند اولویت‌بندی قوی را ارائه دهد. ملکیان وآذرنیوند[2] (۲۰۱۶)، با استفاده از روش‌های آنتروپی شانون و VIKOR، خطر سیلاب را در حوضه شمشک ایران مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که با توجه به این که روش ویکور گزینه‌ها را براساس حداکثر سودمندی گروه اکثریت و حداقل تأسف فردی رتبه‌بندی می‌کند و نزدیک‌ترین گزینه به راه حل ایده‌آل را ارائه می‌نماید، نتایج قابل‌قبولی را ارائه کرده است. در نهایت اشاره شده است که استفاده از روش ویکور، می‌تواند به‌طور بالقوه در زمینه‌های مختلف مرتبط با آبخیزداری استفاده شود. برهما[3] (۲۰۱۸)، به بررسی کاربردهای روش‌های VIKOR و AHP فازی در مطالعات مربوط به سیل پرداخته است و به این نتیجه دست یافته است که روش‌های MCDM به دلیل توانایی در رتبه‌بندی و اندازه‌گیری گزینه‌های نزدیک به ایده‌آل محبوبیت یافته است و بسیاری از روش‌های MCDM مانند VIKOR و AHP فازی، روش علمی جدیدی را برای ارزیابی خطر سیل فراهم می‌کند. در نهایت در این مطالعه، پیش‌بینی شده است که در آینده، تعداد برنامه ها و رویکردهای مرتبط با روش‌های VIKOR و AHP فازی، افزایش می‌یابد. برهما و میترا[4] (۲۰۱۹)، در حوضه‌ی آسام هند، خطر سیلاب را با بهره‌گیری از روش ویکور مورد مطالعه قراردادند. 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 روش ویکور در بررسی سیلاب در این مطالعه مورد تأیید قرار گرفته است. ژو و همکاران[5] (۲۰۲۰)، به بررسی مقاومت دلتای رودخانه یانگ تسه چین (شامل ۲۷ شهر)، در برابر سیلاب شهری پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش‌های چندمعیاره تاپسیس و ویکور با توجه به ۶۳۲ سناریو استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داد، در حالی که کل منطقه سطح متوسطی از مقاومت در برابر سیل شهری را نشان می‌دهد، ولی شهر نانجینگ پتانسیل بالاتری دارد. در نهایت در این مقاله نیز اذعان شده است که استفاده از فنون تحلیل چندمعیاره نتایج قابل قبول‌تری را در امر پهنه‌بندی خطر سیلاب ارائه می‌دهند. حوضه آبخیز رود زرد به لحاظ شرایط خاص منطقه مانند توپوگرافی، شیب، وجود سازندهای با نفوذپذیری‌کم در بالادست حوضه و شرایط اقلیمی خاص از

1. Lee et al
2. Malekian and Azarnivand
3. Brahma
4 . Brahma and Mitra
5 . Zhu et al

پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب برخوردار می‌باشد. این حوضه یکی از پر بارش‌ترین مناطق استان خوزستان می‌باشد که هر ساله سیل خسارت‌های زیادی بر بخش‌های کشاورزی و راه‌های ارتباطی و مناطق مسکونی وارد می‌کند. گزارش‌ها حاکی از این است که سیل‌های مرداد ماه ۱۴۰۱و قبل از آن باعث جان باختن چندین نفر و خسارت‌های هنگفتی به این نواحی شده است (www.isna.ir). به دلیل اهمیت حوضه آبخیز رودخانه زرد، به لحاظ کشاورزی و مسائل خطر سیلاب، سطح‌بندی حوضه از لحاظ حساسیت به وقوع خطر سیلاب بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه پهنه‌بندی حوضه، به لحاظ پتانسیل خطر وقوع سیلاب با استفاده از روش تحلیل چندمعیاره‌ی ویکور فازی و تلفیق با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مدنظر قرار گرفته است، تا با شناسایی مناطق اولویت‌دار از نظر خطر سیلاب، اقدامات لازم جهت کنترل، برنامه‌ریزی بهره‌برداری بهینه از منابع و استراتژی‌های مدیریت پایدار زمین به عمل آید. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] هر کدام دارای یکسری مزایا و معایب هستند که کاربردهای بسیار گوناگونی دارند. ارجعیت مدل ویکور نسبت به سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری در این است که این روش یک تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل یک مساله تصمیم‌گیری با معیارهای نامناسب و واحدهای اندازه‌گیری مختلف و متعارض است. نتایج حاصل از این مطالعه و مقایسه آن با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده در حوضه رودخانه زرد، می‌تواند برای پژوهشگران، مسئولان و سیاست‌گذاران در راستای پتانسیل‌سنجی سیلاب بسیار جالب باشد. پهنه‌بندی ازجمله روش‌های غیر سازه‌ای کنترل سیلاب بوده و با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی محدوده گسترش سیلاب می‌توان حریم رودخانه‌ها و مناطق ممنوعه را تعیین کرد.

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و روش پژوهشآن تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی و استفاده از فنون تحلیل چندمعیاره است. جهت پردازش تصاویر و تجزیه‌و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای Arc GIS، Idrisiو Excel، بهره‌گیری شده است. در مرحله جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شده و بر مبنای آن‌ها داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند. در مطالعات پهنه‌بندی سیل شناسایی حوضه و فاکتورهای عامل، ضروری است که البته هر کدام اهمیت خاص مربوط به خود را دارند. با توجه به محدودیت‌هایی که در تهیه برخی لایه‌ها وجود داشت و عواملی که موجب طولانی شدن فرآیند پردازش داده‌ها می‌شود، سعی شده است که فاکتورهایی که تاثیر بیشتری بر رخداد و پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه و انطباق بیشتری با مدل Vikor و ویژگی‌های حوضه داشته‌اند، بررسی شوند. بدین منظور، در این مطالعه، ابتدا عوامل مؤثر (شامل: شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از آبراهه و ترکم آبراهه)، 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. لایه‌ی شبکه آبراهه، با استفاده از نقشه‌ی رودخانه‌های استان تهیه گردید. لایه‌های شیب و جهت شیب نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی[2] ۱۲/۵ متری (از سایت vertex.daac.asf.alaska.edu)، به ترتیب با استفاده از دستورهای slope و aspect در Arc map تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی با استفاده از

[1] Multi-criteria optimization and compromise solution
2 DEM

نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰(نقشه های آسماری، کوه سفید، هفتکل، دهدز) سازمان زمین‌شناسی کشور استخراج گردید. نقشه بارش منطقه مورد مطالعه را با استفاده از داده‌های بارندگی دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) ایستگاه‌های کشاورزی و ایستگاه‌های سینوپتیک ایذه و رامهرمز و با استفاده از روش درون‌یابی به‌دست آمد. لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی نیز با استفاده از نقشه کاربری اراضی منابع طبیعی (اداره منابع طبیعی استان خوزستان)، تهیه شد.

مراحل مدل Vikor (راه‌کار توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره)

مدل Vikor، مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه و تعیین راه حل توافقی برای مسأله با معیارهای متضاد می‌باشد (چن و وانگ[1]، ۲۰۰۹). 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، ۳) تعیین بردار وزن معیار، به عبارت دیگر در این مرحله وزن‌های اختصاص یافته به هر صفت را تعیین می‌کنیم، 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 (۱) و R با توجه به رابطه (۲)، محاسبه می‌شوند که wj مقدار وزن مواد برای معیار j و f_{ij} هرنقشه معیار می‌باشد.

$$S_i = \sum_{i=1}^{n} \text{wi}\ \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \qquad (۱)$$

$$R_i = Max\left\{wi \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right\} \qquad (۲)$$

۶) محاسبه شاخص VIKOR (مقدارQ) می‌باشد. مقدارQ با توجه به رابطه (۳)، محاسبه می‌شود:

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}\right] + (1 - v)\ \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}\right] \qquad (۳)$$

در فرمول بالا $S^- = \text{Min } Si$ ، $S^* = \text{Max } Si$ ، $R^- = \text{Min Ri}$ ،$R^* = \text{Max Ri}$ می‌باشد. در این روابط $\frac{s^* - s^-}{S_{i-S^-}}$ ، بیان کننده‌ی نرخ فاصله از حد ایده‌آل می‌باشد. $\frac{R^* - R^-}{R_{i-R^-}}$، با توجه به میزان توافق گروه v، به‌عنوان بیان‌کننده نرخ فاصله از حد ضد ایده‌آل 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 پایین، مقدار آن کمتر از ۰/۵ خواهد بود. مقدارQ تابعی از S_i و R_i می‌باشد. در این مطالعه این مقدار ۰/۵ درنظر گرفته شد. ۷) مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر R، S و Q است. در این مرحله با توجه به مقادیر R، S و Q گزینه‌ها در سه گروه از کوچک‌تر به بزرگ‌تر مرتب می‌شوند و در نهایت گزینه‌ای به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه به‌عنوان گزینه برتر شناخته شود (علی‌نژاد و خلیلی[2]، ۲۰۱۹).

1 . Chen and Wang

2. Alinezhad and Khalili

وزن‌دهی CRITIC[1] (اهمیت معیارها، از طریق همبستگی بین معیارها)

در این روش، داده‌ها بر اساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. در این روش، پس از محاسبه انحراف معیار معیارهای مورد بررسی، ماتریس متقارنی به ابعاد m×m ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل‌شده است. با تعیین پارامترهای بالا، تضاد موجود بین معیار j با معیارهای دیگر از روی رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$Cjk = \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk) \quad (۴)$$

که در آن Cjk معرّف مجموع تضاد معیار j با معیارهای k است که از k = 1 شروع شده و تا k = m ادامه دارد و rjk، همبستگی بین دو معیار k و j را نشان می‌دهد. میزان اطّلاعات عامل j را می‌توان با استفاده از رابطه ۵ محاسبه نمود.

$$Cj = \delta j \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk) \quad (۵)$$

که در آن Cj، معرّف میزان اطّلاعات معیار j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را نشان می‌دهد. با توجّه به روابط یادشده، معیارهایی که دارای Cj بیشتری باشند، وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند j از رابطه ۶ تعیین می‌گردد.

$$Wj = \frac{Cj}{\sum_{k=1}^{m} Ck} \quad (۶)$$

که در آن Wj معرّف وزن معیار j و Ck نشانگر میزان اطّلاعات مجموع معیارهای k است که از k = 1 شروع شده و تا k = m ادامه دارد. بنابراین، وزن نهایی هر معیار، از تقسیم میزان اطلاعات هر معیار بر مجموع میزان کل اطلاعات تمامی معیارها به‌دست می‌آید، است (تاش و آیتک ادلی[2]، ۲۰۱۹). در راستای انجام مراحل وزن‌دهی کرتیک، ابتدا در محیط ادریسی انحراف معیار و همبستگی میان لایه‌های اطلاعاتی مربوطه به هر یک از عوامل با استفاده از تابع REGRESS به‌دست 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. در این پژوهش، جهت دستیابی به الگوی پهنه‌بندی مکانی خطر سیلاب، مرحله استانداردسازی، با توجه به تابع عضویت فازی انجام شده است (جدول ۱). استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان‌کردن دامنه‌ی تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه‌ی مشخّص

1 . CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation

2 Tuş and Adalı

دیگر است. در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویّت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلّق می‌گیرد (حسینی[1]، ۲۰۱۹).

جدول ۱: نوع توابع فازی‌ساز لایه‌های موضوعی تأثیرگذار بر خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه

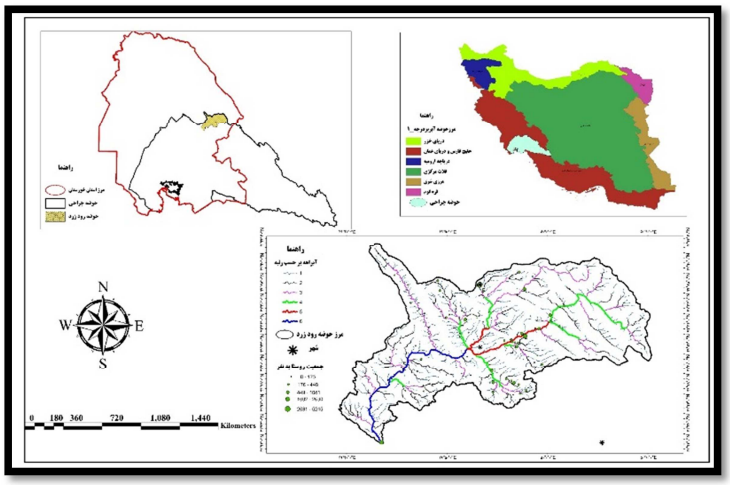
متغیر	توضیحات	نوع تابع فازی۲
شیب	با افزایش مقدار شیب، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع بزرگ فازی
کاربری اراضی	اختصاص کدها بر اساس اهمیت آن در وقوع خطر سیلاب و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی[3]
جهت شیب	کلاسه‌بندی مجدد و اختصاص کدها ر اساس اهمیت آن در وقوع خطر سیلاب و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
طبقات ارتفاعی	با کاهش مقدار ارتفاع، خطر سیلاب افزایش می‌یابد	تابع خطی کاهشی[4]
زمین‌شناسی	اختصاص کدها یر اساس اهمیت آن در وقوع خطر سیلاب و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
فاصله از رودخانه	در مناطق مجاور رودخانه، پتانسیل وقوع مخاطره سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع نزدیک فازی[5]
تراکم آبرهه	با افزایش تراکم آبرهه، خطر سیلاب افزایش می‌یابد	تابع خطی افزایشی[6]
بارش	با افزایش مقدار بارش، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی

معرفی محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه زرد با مساحت ۸۸۳/۵۸ کیلومتر مربع در بخشی از شهرستان‌های باغملک (بخش اعظم آن)، ایذه و هفتکل در استان خوزستان (جنوب غربی ایران) قراردارد. این حوضه از نظر جغرافیایی در طول ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). نام‌گذاری آن به رود زرد شاید به دلیل این است که از دامنه‌های غربی رشته کوه زاگرس واقع در باغملک و در خلاف امتداد منتهی به دامنه‌های زردکوه بختیاری جاری می‌گردد و همواره پرآب بودن آن ناشی از تغذیه‌ی سفره‌های زیر زمینی آب از منابع برف روی دامنه زردکوه می‌باشد. موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی محدوده حوضه موجب شده که تحت تأثیر عوامل مختلف آب و هوایی باشد که این امرسبب به وجود آمدن ریز اقلیم‌های متفاوت در آن شده است. درنتیجه در این منطقه از اقلیم نیمه‌خشک در نوار جنوبی و غربی تا معتدل و نیمه مرطوب در مناطق شرقی و شمال شرقی و اقلیم سرد کوهستان در مناطق مرتفع و کوهستانی آن قابل‌مشاهده باشد (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۴۰۰). به لحاظ وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه دارای واحدهای دشت، کوهپایه و کوهستان می‌باشد. شیب متوسط حوضه ۲۷ درصد است و محدوده ارتفاعی آن از ۳۰۰ متر تا ۳۳۰۰ متغیر است. علاوه بر این، حوضه مورد مطالعه یکی از مناطق با تراکم بالا به لحاظ سکونت انسانی است. مناطق شهری باغ‌ملک، قلعه تل، رستم‌آباد، منجنیق، رود زرد ماشین و اسلام‌آباد و بیش از دویست نقطه روستایی در این حوضه قرار دارند

1 Hoseini
2 The type of fuzzy function
3 Fuzzy large function
4 Decreasing linear function
5 fuzzy close function
6 Increasing linear function

(یافته‌های میدانی نگارنده‌گان، ۱۴۰۰). مهم‌ترین روستاهای منطقه مورد مطالعه که دارای جمعیت زیاد هستند عبارتند از: طلاور یک، طلاور دو، بارانگرد، تکیه، کمر دراز، تمبی، لران، لالب، رباط علیا، رباط سفلی، دره استیل، دلی، کلگه، بختگان، چلچلک، ابوالعباس، چیدن، درویشان، دم آب، واجل، تنگ خشک، تمبی، دره بنیاب، بادرنگان، چشمه شیرین،هپرو، رود زیر، پیر موسی، نرگسی (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰). از لحاظ کاربری اراضی محدوده نواحی شرقی و شمال شرقی دارای پوشش جنگلی متوسط، نواحی شمالی شامل زراعت آبی و دیم بخش‌های مرکزی شامل اراضی باغی و آبی و بخش‌های غربی شامل مراتع متوسط تا ضعیف و بخش‌های جنوبی اراضی بایر و بخشی هم زراعت آبی و دیم است. مناطق مسکونی در نواحی مرکزی و شمالی پراکنده هستند. بخش خروجی حوضه هم سد جره واقع شده است (شکل۶).



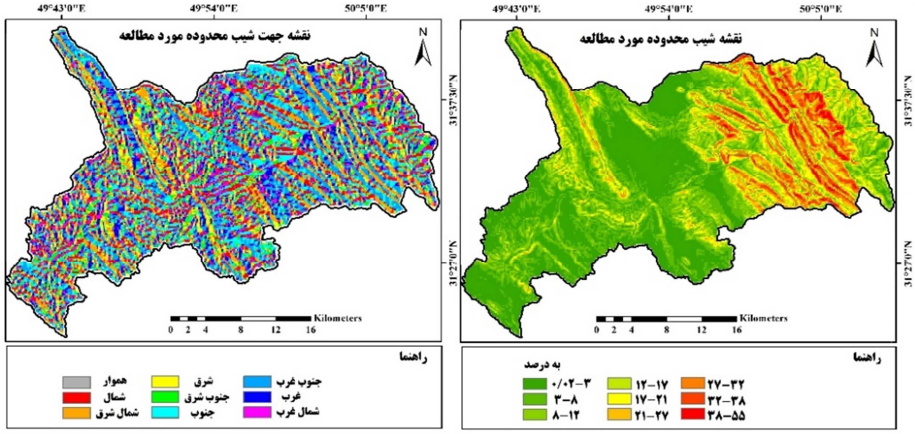
شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه رودخانه زرد در کشور ایران و استان خوزستان. *منبع: نویسندگان*

یافته‌های پژوهش

بررسی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه مورد مطالعه

شیب: شیب حوضه‌ی آبریز اثری محسوس و قابل‌توجه در جریان سطحی آب دارد و یکی از پارامترهای بسیار مهم و تأثیرگذار در تحلیل رفتار حوضه‌ی آبخیز، شیب دامنه‌هاست که نقش اساسی در میزان رواناب و سرعت حرکت آب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش دارد. در اراضی با شیب زیاد، تحت تأثیر نیروی ثقل، جریان آب با سرعت بیشتری حرکت می‌کند و بنابراین زمان تماس آب با بستر کاهش می‌یابد و عوامل افزاینده نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب زیاد می‌شود و از طرف دیگر به علت جریان شدید، قدرت تخریب آن نیز افزایش می‌یابد (اصغری‌مقدم، ۱۳۸۷؛ رضائی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). در حوضه رودخانه زرد، متوسط شیب حدود ۲۷ درصد می‌باشد و به ترتیب ۲۲۴/۳۷، ۱۶۵/۱۸، ۱۱۸/۸۶، ۹۷/۱۷ و ۸۰/۴۶ کیلومتر مربع از سطح حوضه مورد مطالعه در طبقات شیب ۳-۰/۰۲، ۸-۳، ۱۲-۸، ۱۷-۱۲ و ۲۱-۱۷ درصد قرار دارند و به‌علاوه، طبقات با مقدار شیب ۲۷-۲۱، ۳۲-۲۷، ۳۸-۳۱ و ۵۵-۳۸، به ترتیب ۶۵/۹۵، ۵۵/۸۹، ۴۸/۱۴ و ۲۷/۴۶ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را پوشش می‌دهند (شکل ۲).

جهت شیب: عامل جهت شیب از نظر تأثیر آن بر بعضی فرایندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برف‌ها و تنوع پوشش گیاهی در حوضه‌های آبریز حائز اهمیت است. در مطالعات آبخیزداری از نظر تأثیری که جهت دامنه‌های حوضه بر نوع فرسایش و همچنین میزان سیلاب دارد، لازم است نقشه‌ی جهت شیب نیز تهیه شود (علیزاده، ۱۳۹۰). با توجه به نقشه جهت شیب محدوده (شکل۳)، می‌توان بیان داشت ۹۹/۴۲ کیلومتر مربع از مساحت محدوده در جهت شیب جنوب، ۶۰/۹۲ کیلومتر مربع در جهت جنوب شرقی و ۱۴۰/۱۷ کیلومتر مربع در جهت جنوب غربی قرار گرفته است. همچنین به ترتیب ۸۷/۸۲، ۶۲/۸۳ و ۱۱۸/۳۳ کیلومترمربع از مساحت محدوده را جهات شمال، شمال غرب و شمال شرق پوشش می‌دهد. به‌علاوه، ۷۴/۲۰ کیلومتر مربع از مساحت محدوده دارای جهت شیب شرقی می‌باشد و جهت غربی، ۱۲۷/۳۳ کیلومتر مربع از مساحت را تشکیل می‌دهد.



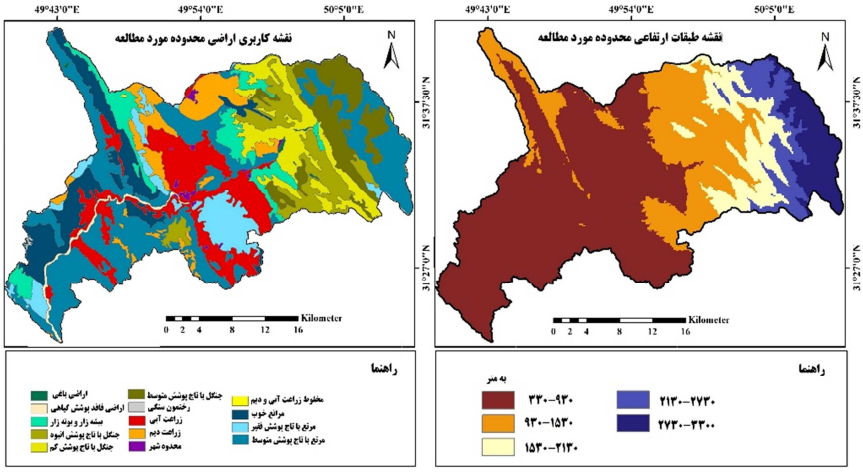
شکل۲: نقشه شیب حوضه‌ی مورد مطالعه. *منبع: GIS*

شکل۳: نقشه جهت شیب حوضه‌ی مورد مطالعه. *منبع:GIS*

ارتفاع: ارتفاع حوضه یکی از عوامل حساس و مهم در ایجاد رواناب و سیلاب است. از لحاظ وضعیت توپوگرافیکی منطقه مورد مطالعه شامل دشت، کوهستان و پایکوه است. در قسمت شرق و شمال شرق منطقه کوهستانی با ارتفاع بالای۳۰۰۰ متر است و در مناطق مرکزی و بخش غربی به‌صورت پایکوه و دشت است که دشت‌های قلعه تل و ابوالعباس در این محدوده قرار دارند و مناطق جنوب غربی نواحی انتهایی حوضه به‌صورت تپه ماهور می‌باشد. با توجه به نقشه طبقات ارتفاعی محدوده، می‌توان اذعان داشت ۴۷۱/۲۲ کیلومتر مربع از مساحت محدوده در طبقه ارتفاعی ۹۳۰ -۳۳۰ متر قرار دارد. طبقات ارتفاعی ۱۵۳۰-۹۳۰ و ۲۱۳۰-۱۵۳۰، به ترتیب ۲۰۳/۳۶ و ۷۳/ ۸۶ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند. به‌علاوه، به ترتیب ۵۹/۲۰ و ۶۲/۹۷ کیلومتر مربع از مساحت محدوده در طبقات ارتفاعی ۲۷۳۰-۲۱۳۰ و ۳۳۰۰-۲۷۳۰ متر قرار گرفته است (شکل ۴).

کاربری اراضی: کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب به روش‌های مختلفی تأثیر می‌گذارد. مطالعات پوشش گیاهی می‌تواند نقش ارزنده‌ای در جلوگیری سیلاب داشته باشد. این در حالی است که پوشش گیاهی به-صورت طبیعی باشد، زیرا از بین بردن پوشش گیاهی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری، نفوذپذیری اراضی را کاهش داده و امکان سیل‌خیزی را افزایش می‌دهد (مهدی زاده سولا، ۱۳۹۱).از لحاظ کاربری اراضی، محدوده نواحی شرقی و شمال شرقی دارای پوشش جنگلی متوسط، نواحی شمالی شامل زراعت آبی و دیم، بخش‌های مرکزی شامل اراضی باغی و آبی، بخش‌های غربی شامل مراتع متوسط تا ضعیف، بخش‌های جنوبی اراضی

بایر و بخشی هم زراعت آبی و دیم است. مناطق مسکونی در نواحی مرکزی و شمالی پراکنده هستند. بخش خروجی حوضه هم سد رود زرد واقع شده است (شکل۵).



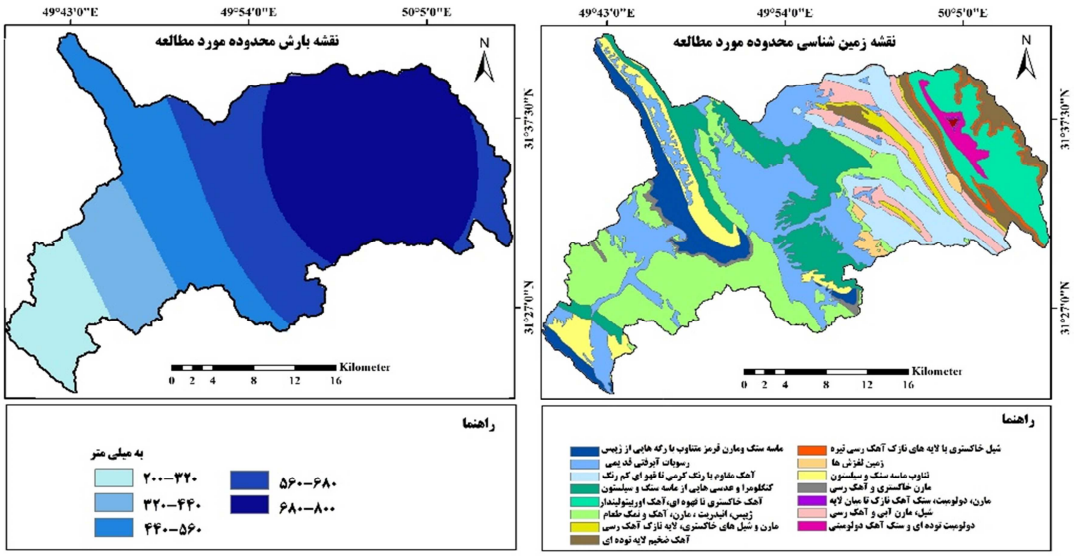
شکل ۴: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه‌ی مورد مطالعه. *منبع: نویسندگان* **شکل ۵: نقشه کاربری اراضی حوضه‌ی مورد مطالعه.**

منبع:نویسندگان

سازند زمین‌شناسی: سنگ‌شناسی منطقه و خاک حاصل از آن تا حدود زیادی تعیین‌کننده شدت و ظرفیت نفوذپذیری بوده و رواناب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هنگامی که سنگ‌ها قابلیت نفوذ کمی داشته باشند به‌طور مستقیم باعث گسترش سیستم آبراهه‌ای می‌شوند و مقدار زیادی جریان سطحی ایجاد می‌کنند. ویژگی‌های سنگ-شناسی به‌طور غیرمستقیم بر روی مشخصات حوضه تاثیر گذار است (یمانی و عنایتی، ۱۳۸۴). برای مثال توده‌های گرانیتی یا بازالتی فاقد خاصیت نفوذ پذیری می‌باشند و تشکیلات آبرفتی نظیر سازندهای هزاردرّه که هنوز مرحله‌ی فرسایشی را نگذرانده‌اند، دارای نفوذپذیری متوسط تا خوب می‌باشند (آقا نباتی، ۱۳۸۳). از طرف دیگر، وجود لایه‌ها و طبقات رسی و مارنی که مانع از نفوذ آب می‌گردند، حتی در سازندهای مناسب و نفوذپذیر باعث می‌گردد که از ویژگی نفوذپذیری مناسب آن‌ها کاسته گردد (اصغری مقدم، ۱۳۷۸). از لحاظ مقاومت، سازندهای محدوده به ۳ طبقه با مقاومت کم، متوسط و زیاد تقسیم گردیده است. ۳۳۸/۷۰ کیلومتر مربع از مساحت محدوده دارای مقاومت کم هستند. ۷۹/۰۳ کیلومتر مربع از سطح محدوده را سازندهای با مقاومت متوسط (نیمه مقاوم)، پوشانده است و سازند-هایی با لیتولوژی مقاوم، ۴۶۵/۷۵ کیلومتر مربع از مساحت محدوده را تشکیل داده است (شکل ۶).

بارندگی: بارندگی را می‌توان مهم‌ترین عاملی دانست که به‌طور مستقیم در چرخه‌ی هیدرولوژی دخالت دارد (علیزاده، ۱۳۸۷) و اگر بارندگی اتفاق نیفتد سیل ایجاد نمی‌شود. پس ایجاد سیل در درجه‌ی اول به بارش وابسته است. متوسط بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر و میزان ریزش‌های جوی نیز در مناطق مختلف حوضه متفاوت است. به‌طوری-که در مناطق جنوب و جنوب غربی مقدار بارندگی حدود ۲۰۰ میلی‌متر و در نواحی شرقی و شمال شرق تا۸۰۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد (اداره کل هواشناسی استان خوزستان،۱۴۰۰). به ترتیب ۸۷/۳۵، ۹۳/۳۸ و ۱۷۲/۳۵کیلومتر مربع از مساحت حوضه دارای مقدار بارش سالیانه ۳۲۰-۲۰۰، ۴۴۰-۳۲۰ و ۵۶۰-۴۴۰ میلی‌متر می‌باشد و مناطقی

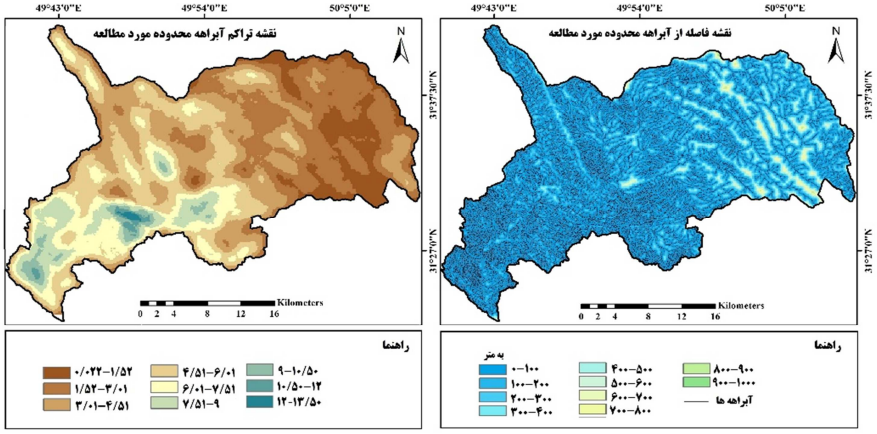
با مقادیر بارش سالیانه ۶۸۰-۵۶۰ و ۸۰۰-۶۰، به ترتیب ۱۸۷/۵۳ و ۳۴۳/۸۷ ۱۷۲ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را پوشش می‌دهند (شکل ۷).



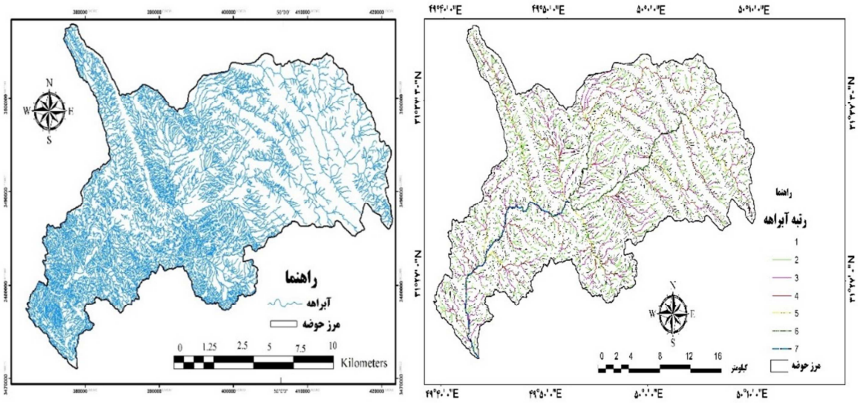
شکل ۶: نقشه زمین‌شناسی حوضه‌ی مورد مطالعه. *منبع: نویسندگان* **شکل ۷: نقشه بارش حوضه‌ی مورد مطالعه**

فاصله از شبکه‌ی آبراهه: بالا بودن تعداد آبراهه در حوضه‌ی آبخیز، نشان‌دهنده‌ی شدت فرسایش هرزآب و فرسایش در قسمت‌های مختلف حوضه می‌باشد (شکل۱۱). فاصله از آبراهه در حوضه مطالعاتی بین صفر تا ۱۰۰۰ متر می‌باشد (شکل ۸). مهم‌ترین رودخانه‌های جاری حوضه رودخانه ابوالعباس(دائمی)، رود خانه‌ی اعلاء، رود زرد (ادامه رودخانه اعلا و ابوالعباس که به یکدیگر ملحق می‌شوند) می‌باشد. رودخانه زرد تامین‌کننده آب سد جره، شاخه اصلی و اولیه آن ابوالعباس بوده و از دامنه‌ی شرقی کوه منگشت سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه در ادامه مسیر با رودخانه‌های دم آب، گلال، آل خورشید و دم دلی ترکیب شده و رودخانه زرد را تشکیل می‌دهد و از روستاهای رودزرد کاید رفیع، رودزرد ماشین و ... گذر کرده و وارد مخزن دریاچه سد جره رامهرمز می‌شود (شکل۱۰).

تراکم شبکه‌ی زهکشی: این عامل از تقسیم کل شبکه‌ی هیدروگرافی (رودخانه‌ها و شاخه‌های فرعی آن‌ها) به مساحت حوضه‌ی آبخیز به‌دست می‌آید و همبستگی مستقیمی با دبی حداکثر در حوضه‌های مختلف دارد که معمولاً بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع بیان می‌گردد (رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). زیاد بودن میزان تراکم زهکشی، دلیل بر بالا بودن تعداد آبراهه در حوضه‌ی آبخیز می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی شدت فرسایش هرزآب و فرسایش در قسمت‌های مختلف حوضه است که خود متأثر از اقلیم و لیتولوژی حوضه می‌باشد. سیلاب‌های تند در زمان‌های کوتاه که بعد از بارندگی ظاهر می‌شود، از مشخصه‌ی بارز حوضه‌هایی است که تراکم آبراهه‌ای در آن‌ها بیشتر است. در حوضه رودخانه زرد، به ترتیب ۸۸/۴۳، ۲۱۸/۷۴، ۲۱۳/۲۰، ۱۷۳/۸۴ و ۱۰۱/۴۴ کیلومتر مربع از مساحت حوضه، دارای تراکم آبراهه ۱/۵۲-۰/۰۲۲، ۳/۰۱-۱/۵۲، ۴/۵۱-۳/۰۱، ۶/۰۱-۴/۵۱ و۷/۵۱-۶/۰۱ می‌باشند و مناطقی با تراکم ۹-۷/۵۱، ۱۲-۵۰۱۰، ۱۰/۵۰-۱۲ و ۱۳-۱۲/۵۰ به ترتیب ۶۰/۴۱، ۱۸/۷۴، ۶/۲۲ و ۲/۴۵ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را پوشش می‌دهند (شکل ۹).



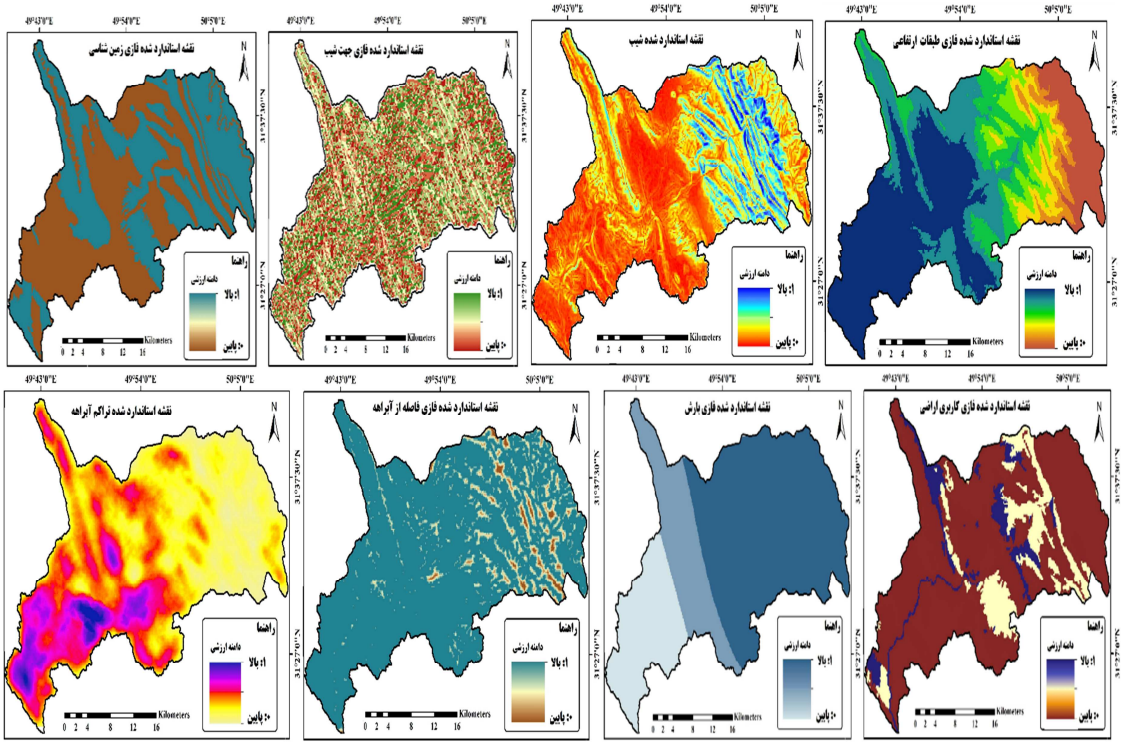
شکل ۸: نقشه فاصله از آبراهه حوضه‌ی مورد مطالعه. **شکل ۹: نقشه تراکم زهکشی حوضه‌ی مورد مطالعه.**



شکل۱۰: نقشه رتبه‌بندی آبراهه‌ها حوضه مورد مطالعه. ---- **شکل ۱۱: شبکه زهکشی حوضه مورد مطالعه.**

نتایج و بحث

در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، پس از استخراج نقشه‌های استانداردشده فازی (شکل۱۲)، هر یک از معیارهای مطرح در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب و اعمال کردن وزن‌های حاصل از روش کریتیک (جدول۲)، نقشه‌های حاصله وارد مدل VIKOR شده و با اعمال مراحل مختلف مدل بر روی نقشه‌ها، خروجی نهایی به‌دست آمد (شکل ۱۳). در این پژوهش از روش کریتیک استفاده شده است و در این روش، وزن‌دهی با توجه به نقشه‌های معیار و میزان همبستگی، تضاد و انحراف معیار بین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده، تعیین می‌گردد. بنابراین، استفاده از روش کرتیک، در وزن‌دهی معیارها در این پژوهش می‌تواند گامی در جهت حلّ مسئله استقلال صفات از یکدیگر باشد که به هنگام مقایسه‌ی زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای و در شرایط عدم تحقّق همبستگی بین صفات، عینیّت می‌یابد؛ زیرا در این روش، وجود همبستگی بالای یک معیار با معیارهای دیگر، می‌تواند در کاهش وزن آن معیار اثرگذار باشد. بنابر نتایج حاصل از وزن‌دهی، از بین عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب محدوده مطالعاتی، عوامل شیب با ضریب وزنی (۰/۱۵۷)، ارتفاع با ضریب وزنی (۰/۱۳۳)، بارش با ضریب وزنی (۰/۱۲۹) و کاربری اراضی با وزن (۰/۱۲۷)، به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد سیلاب در منطقه می‌باشند.

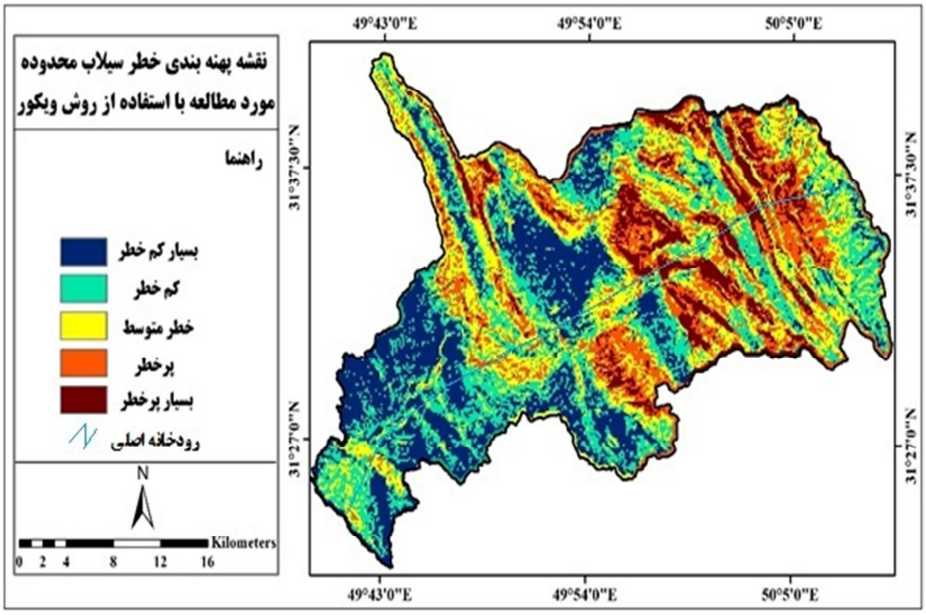


شکل ۱۲: نقشه های استانداردشده فازی معیارهای مطرح در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب. *منبع: نویسندگان*

جدول ۲: وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی سیلاب

معیار	مجموع تضاد	انحراف معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
بارش	۳/۶۶۵	۰/۳۱۲	۱/۱۴۵	۰/۱۲۹
ارتفاع	۳/۴۰۹	۰/۳۴۴	۱/۱۷۵	۰/۱۳۳
شیب	۳/۲۹۷	۰/۴۱۲	۱/۳۸۹	۰/۱۵۷
کاربری	۳/۱۹۲	۰/۳۵۲	۱/۱۲۴	۰/۱۲۷
رودخانه	۳/۲۸۰	۰/۳۲۶	۱/۰۷۰	۰/۱۲۱
زمین‌شناسی	۲/۷۱۵	۰/۳۷۲	۰/۰۱۰	۰/۱۱۴
جهت شیب	۲/۵۱۲	۰/۳۵۲	۰/۸۸۴	۰/۱۰۰
تراکم آبراهه	۳/۰۵۷	۰/۳۳۵	۱/۰۲۴	۰/۱۱۶

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که به ترتیب ۷۸/ ۱۰ و ۱۶/۷۱ درصد از محدوده مطالعاتی در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد و طبقه با پتانسیل خطر متوسط ۲۲/۷۱ درصد از مساحت محدوده را به خود اختصاص داده است. همچنین به ترتیب ۲۲/ ۲۶ و ۲۳/۵۸ درصد از مساحت محدوده نیز دارای پتانسیل خطر کم و بسیار کم می‌باشد (جدول۳).



شکل ۱۳: نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش ویکور.

جدول ۳: مساحت مربوط به هر یک از طبقات خطر

طبقات خطر	بسیار کم خطر	کم خطر	خطر متوسط	پر خطر	بسیار پر خطر
مساحت به کیلومتر	۲۰۸/۳۴۰	۲۳۱/۶۴۵	۲۰۰/۵۷۱	۱۴۷/۶۱۶	۹۵/۳۱۸
مساحت به درصد	۲۳/۵۸	۲۶/۲۲	۲۲/۷۱	۱۶/۷۱	۱۰/۷۸



شکل۱۴: رخداد سیل و طغیان رودخانه ابوالعباس ازبین رفتن تجهیزات کنار رودخانه.

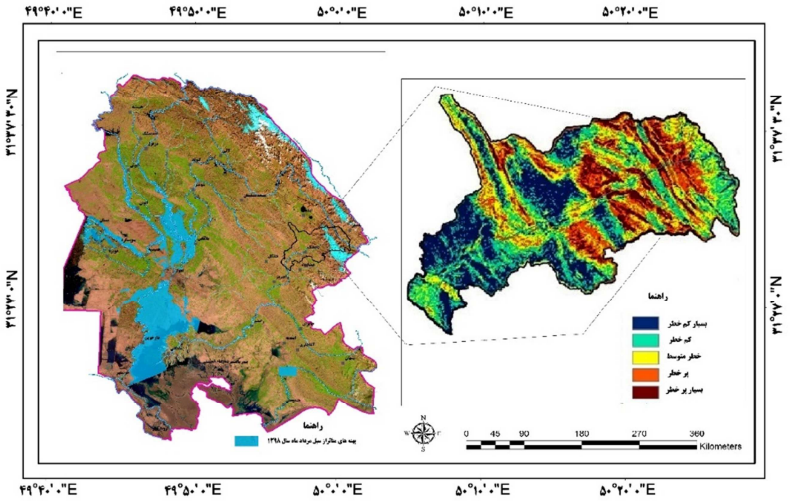


شکل۱۶،۱۵: نمونه ای از رخداد سیلاب در بخش های مختلف حوضه تاریخ۱۴۰۱/۵/۸.

با بررسی نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مطالعاتی و مقایسه آن‌ها با نقشه‌های معیار، به این نتیجه می-توان دست یافت که مناطق بسیار پرخطر از لحاظ پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌ی مورد مطالعه، به‌طور عمده در واحدهای کوهستانی و پرشیب حوضه مطالعاتی قرار دارند. در حوضه‌ی مورد مطالعه، مقدار شیب متوسط حوضه ۲۷ درصد است که این مقدار شیب نقش بسیار مهمی را در بروز سیلاب در حوضه دارد. علاوه بر شیب رودخانه‌ی اصلی، شیب اراضی حوضه نیز در بروز سیلاب و شدت آن نقش اساسی دارد؛ زیرا در حوضه‌ی مورد مطالعه، رودها و سرشاخه‌های فرعی آن تا رسیدن به رودخانه‌ی اصلی مسیری را بر روی دامنه‌ها طی می‌کنند. به‌طور تقریبی ۵۲/۷۱ درصد از سطح حوضه را سازندهایی مقاوم و با نفوذپذیری پایین تشکیل داده است و مناطق پر خطر و بسیار پرخطر، به‌طور عمده دارای لیتولوژی مقاوم (مانند: کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلتستون، شیل و آهک بسیار مقاوم) می‌باشند. اغلب کاربری‌های مناطق دارای احتمال خطر زیاد، به‌صورت مراتع فقیر و متوسط، جنگل با تاج پوشش کم و زراعت دیم می‌باشد. می‌توان بیان داشت که نواحی پر خطر با کاربری‌هایی که پوشش‌گیاهی فقیر دارند، انطباق دارد و این امر نقش پوشش گیاهی را در افزایش نفوذپذیری، کاهش مقدار رواناب و در نهایت کنترل فرایند سیل گوشزد می-نماید. همچنین مناطق پرخطر و بسیار پرخطر، در طبقات ارتفاعی بالاتر از ۷۰۰ متر، با بارش بیش از ۳۰۰ میلی‌متر و در دامنه‌های شمالی و غربی که از رطوبت بیشتر و تابش انرژی خورشیدی کم‌تری برخوردارند، واقع شده‌اند. به-علاوه مناطق بسیار پرخطر در فواصل نزدیک به آبراهه (فاصله ۲۰۰-۰ متری از آبراهه)، قرارد دارند و فواصل نزدیک به آبراهه به لحاظ دائمی و پرآب بودن و نیز به دلیل طغیانی بودن رودخانه به‌ویژه در فصل بهار که هنگام بارش‌های ناگهانی و نیز ذوب برف‌ها می‌باشد، از احتمال خطر بالایی برخوردارند. هرساله بارش‌های شدید به‌ویژه فصل بهار به تجهیزات سنتی در کنار رودخانه خسارت‌های را زیادی وارد می‌کند (شکل۱۴). ورود حجم زیاد رواناب به بخش‌های مسکونی و شهری سبب خسارت به منازل مسکونی و آبگرفتگی معابر می‌شود (شکل ۱۵،۱۶). از سوی دیگر، حجم زیاد رواناب در مناطق کوهستانی سبب شست‌وشوی خاک و حمل حجم زیادی رسوب و جای‌گذاری آنها بروی زمین-های کشاورزی منطقه و حمل این رسوبات در نهایت سبب پر شدن مخزن سد در بخش انتهایی حوضه می‌شود.

اعتبارسنجی مدل[1]

اعتبارسنجی را از طریق مقایسه‌ی نتایج و مشاهدات اندازه می‌گیرد که یک مدل تا چه اندازه می‌تواند رفتارهای دنیای واقعی را نشان دهد. در واقع در این مرحله تناسب بین خروجی مدل و واقعیت تعیین می‌شود. فرآیند اعتبارسنجی به‌شدت بر داده‌های جمع‌آوری‌شده از دنیای واقعی و درک مدل‌ساز از فرآیند واقعی متکی است (کریستودولاکیس و ساچل ۲۰۰۸)[2]. اعتبارسنجی، تضمین می‌کند که مدل در حال انجام همان کاری است که فرآیند واقعی (و طبیعت) انجام می‌دهد یا انجام خواهد داد. جهت اعتبارسنجی، نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب با مدل ویکور علاوه بررسی و انطباق با یافته‌های پژوهش‌های صورت‌گرفته پیشن و تصاویر میدانی، از تصاویر ماهواره‌ای مناطق متاثر از سیلاب مرداد ماه ۱۳۹۸ (که از سازمان آب برق استان خوزستان) اعتبارسنجی صورت گرفته است. مقایسه نقشه پهنه‌بندی سیلاب و تصویر ماهواره‌ای مناطق متاثر از سیلاب بیانگر انطباق بسیار خوبی است. در نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب، مناطق شرقی حوضه و مرکزی حوضه بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی را دارند. این مناطق در کلاس خطر مناطق بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند که همین مناطق هم در تصاویر ماهواره‌ای که لایه مرز حوضه را روی آن قرار دادیم، در واقع مناطق متاثر از سیلاب مرداد ماه ۱۳۹۸ هستند (شکل۱۷).



شکل ۱۷: نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش ویکور و مناطق متاثر از سیل مردادماه ۱۳۹۸ در استان خوزستان

منابع:نگارندگان و سازمان آب و برق استان خوزستان

نتیجه‌گیری

شناسایی اراضی مستعد به وقوع سیلاب، جهت اجرای روش‌های پیش‌گیری و کنترل‌کننده از ضرورت‌های مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی می‌باشد. در این پژوهش سعی شد در چهارچوب مدل ویکور که به‌عنوان یکی از فنون برجسته تحلیل چندمعیاری محسوب می‌شود، تأثیر مولفه‌های دخیل در شکل‌گیری پتانسیل سیل‌خیزی مورد توجه قرار گیرد و در برآیند استفاده عملیاتی از روش یادشده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی،

[1] Model Validation

2 Christodoulakis & Satchel (2008)

به ارائه چارچوب قاعده‌مندی در تعیین و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در سطح محدوده مورد مطالعه، اقدام شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شیب، ارتفاع، بارش و کاربری به ترتیب مهم‌ترین عوامل دخیل در شکل‌گیری جریان‌های سیلابی در منطقه می‌باشند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی سیل‌خیزی در منطقه نشان می‌دهد که ۱۴۷/۶۱۶ و ۹۵/۳۱۸ کیلومتر مربع از مساحت حوضه در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد. مناطق پرخطر و بسیار پرخطر بیشتر در مناطق پرشیب در امتداد آبراهه‌های اصلی و کوهستانی قرار گرفته است که به دلیل شیب زیاد و ارتفاع منطقه نقش مؤثری در میزان رواناب و دبی پیک سیلاب ایفا می‌کند. نواحی شرقی و شمالی و شمال شرقی و بخشی از قسمت‌های جنوب حوضه پتانسیل سیل‌خیزی زیادتری دارند. از مهم‌ترین دلایل سیل‌خیز بودن این قسمت‌ها، میزان ارتفاع بالاتر که سبب جذب رطوبت بالاتر و در نتیجه بارش بیشتر می‌شود، شیب زیاد (بالای۲۷درصد) سبب حرکت بیشتر نزولات جوی در این بخش‌ها می‌شود. پوشش گیاهی با تراکم کم، شکل نه چندان کشیده حوضه و اقدامات ناچیز حفاظتی منابع آب وخاک، باعث شده حوضه از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار باشد. نتایج حاصل از این مطالعه، حاکی از توان حوضه از لحاظ ایجاد خطر سیلاب می‌باشد و با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه‌ی رودخانه زرد و متغیرهای کنترل‌کننده سیلاب، انجام روش‌های ساختاری حفاظت در مقابل سیلاب، مانند ایجاد سیل‌بندها، تراس‌بندی و سکوبندی در ارتفاعات و دامنه‌های پرشیب و دیگر روش‌های مدیریت حوضه و آبخیزداری شامل مدیریت کاربری ارضی، تقویت پوشش‌گیاهی و احیای مراتع می‌توانند در کاهش خطر سیلاب در سطح حوضه، موثر باشند.

همچنین، با توجه به نقشه پهنه‌بندی حاصل از مطالعه و بررسی مناطق دارای احتمال خطر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش ویکور، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعه‌ی خطر سیلاب برخوردار است. بنابراین، نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۴)، عابدینی و همکاران (۱۳۹۶)، نفرزادگان و همکاران (۱۳۹۸)، رضایی مقدم و و همکاران (۱۴۰۰)، خورشیدی و همکاران (۱۴۰۰)، لی و همکاران (۲۰۱۵)، ملکیان وآذرنیوند (۲۰۱۶)، برهما (۲۰۱۸)، برهما و میترا (۲۰۱۹) و ژو و همکاران (۲۰۲۰)، مبنی بر کارآمدی روش ویکور در ارزیابی سیلاب همخوانی دارد. همچنین با مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۹۵) که در بخشی از حوضه آبخیز با روش چند معیاری تاپسیس انجام شده، همخوانی دارد. بررسی نقشه پهنه‌بندی با مطالعات میدانی نگارندگان که از نزدیک شاهد رخداد سیلاب در سطح حوضه بودند، همخوانی بالایی دارد. به دلیل اینکه مناطقی که در نقشه جز مناطق پرخطر هستند در بازدید میدانی هم شاهد گسترش سیل و حجم بالای رواناب در این مناطق بوده‌ایم. علاوه بر این مقایسه، نقشه پهنه‌بندی نهایی سیلاب با تصاویر ماهواره‌ای مناطق متاثر از سیل استان هم‌خوانی بسیار خوبی دارد. در نهایت می‌توان گفت بر اساس روش ویکور، بهترین گزینه، گزینه‌ای است که به‌طور همزمان، نزدیک‌ترین واحد به نقطه‌ی ایده‌آل و دورترین واحد از نقطه‌ی متّصف به شرایط نامطلوب باشد. از امتیازهای مهم این روش آن است که به‌طور همزمان می‌توان از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده کرد. یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های روش‌های مبتنی بر فاصله از نقطه‌ی ایده‌آل در این است که به تناسب گستردگی معیارهای درنظر گرفته‌شده، رتبه‌بندی و اطّلاعات قابل توجّهی را در مورد فاصله نسبی هر گزینه نسبت به نقطه‌ی ایده‌آل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. بنابراین معضل حاصل از پیش‌فرض استقلال گزینه‌ها که در روش‌هایی چون فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی وجود دارد، مرتفع می‌شود؛ زیرا هر گزینه (پیکسل) در کلّیّت خود و در نتیجه‌ی ارزش‌های برخاسته از مجموعه

صفات، یک صورت وضعیّت کسب می‌کند که با صورت وضعیّت ایده‌آل مقایسه می‌شود. در نهایت می‌توان اذعان داشت نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب مستخرج از مدل ویکور در این پژوهش، می‌تواند در تعیین مناطق مناسب برای انتخاب مکان مناسب برای ساخت و سازها، در طراحی پروژه‌ها، مدیریت‌های محیطی، اجرای برنامه‌ها، طرح‌های عمرانی و هرگونه ساخت‌وسازها و فعالیت‌های زیربنایی در محدوده مورد مطالعه، به منظور انتخاب استراتژی صحیح و مناسب و دوری از مناطق پرخطر، مورد استفاده قرار گیرد و بر اساس نقشه خروجی سیل ارائه‌شده، می‌توان اقدامات مدیریتی بسیار خوبی در جهت کاهش خسارت‌های سیل در آینده برای حوضه مورد مطالعه انجام داد.

منابع

اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان. (۱۳۹۸). نقشه کاربری اراضی https://khuzestan.areeo.ac.ir/fa-

اداره کل هواشناسی استان خوزستان. (۱۴۰۰). داده‌های هواشناسی http://khuzestanmet.ir/rha/

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ پیروزی، الناز؛ زینالی بتول. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آق لاقان چای با مدل ویکور، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره‌ی ۳، صص: ۲۳۱- ۲۴۵.20.1001.1.22519424.1394.4.3.16.3 :doi

اصغری مقدم، محمدرضا. (۱۳۷۸). جغرافیای طبیعی شهر: هیدرولوژی و سیل‌خیزی شهر، چاپ اول، تهران؛ انتشارات مسعی، ۲۱۶.
http://library.aui.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=6316&Field=0&DTC=100

اوزی، رمضان. (۱۳۹۰). جغرافیای مخاطرات (مخاطرات انسانی و طبیعی)، ترجمه، محمد ظاهری، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ۴۷۰.

آقانباتی، سیدعلی. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، ناشر، سازمان زمین‌شناسی کشور، نوبت چاپ: اول، ۶۴۰.

پورنبی درزی، سمیه؛ وفاخواه، مهدی؛ رجبی، محمدرسول. (۲۰۲۱). پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC- RAS و Arc GIS، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن)، (مخاطرات محیط طبیعی)، ۱۵-۲۸، (۲۸)، ۱۰، http:// doi: 10.22111/jneh.2021.28694.1603

خورشیدی، شهناز؛ رستمی، نورالدین؛ صالح‌پور جم، امین. (۱۴۰۰). اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار با کاربرد روش AHP-VIKOR (مطالعه موردی: حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، استان ایلام)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، دوره ۲، شماره ۱۱، صص: ۹۲-۶۶.http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1400.11.2.4.4

درگاه ملی مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰). داده‌های سرشماری https://www.amar.org.ir /

رضائی مقدم، محمدحسین؛ مختاری، داود؛ شفیعی مهر، مجید. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز شهر چای میانه با استفاده از مدل ویکور، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۸، شماره ۲۸، صص: ۳۷-۱۹.http://dx.doi.org/10.22034/hyd.2021.40169.1536

سازمان آب و برق استان خوزستان. (۱۴۰۲). تصویر ماهواره‌ای مناطق متاثر از سیل مرداد ماه ۱۳۹۸، https://kwpa.ir/

عابدینی، موسی؛ بهشتی جاوید، ابراهیم. (۱۳۹۷). ارزیابی وضعیت سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه آبریز لیقوان‌چای با استفاده از مدل ترکیبی فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی. (پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی)، دوره ۷، شماره ۱، صص: ۱۷۹-۱۶۲.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1397.7.1.11.5

عابدینی، موسی؛ پیروزی، الناز؛ آقایاری، لیلا؛ استادی، الناز. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین‌شهر با استفاده از مدل ویکور، (جغرافیایی سرزمین)، دوره ۱۴، شماره ۵۶، صص: ۳۴-۲۱.

عابدینی، موسی؛ فعال نذیری، مهدی؛ پیروزی، الناز. (۱۴۰۱). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چندمعیاره آراس و هیدروگراف واحد (مطالعه‌ی موردی:حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر)، مخاطرات محیط طبیعی1-1.
Doi: 10.22111/jneh.2022.40684.1863

علیزاده، امین. (۱۳۸۷). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و چهارم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ص: ۷۸۳.

علیزاده، امین. (۱۳۹۰). اصول هیدرلوژی کاربردی، چاپ سی و سوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۹۰ صفحه.

محمدی، پروین؛ ملکیان، آرش. (۱۳۹۶). اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز از نظر خطر بروز سیل براساس مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تئوری سیستم‌های خاکستری ELECTRE-TOPSIS- اکوهیدرولوژی دوره ۴، شماره ۲، صفحه: ۴۹۹-۵۰۸ doi: 10.22059/ije.2017.61487

موسوی، سیده معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی مقدم، حیدر؛ حسین زاده، سید محسن. (۱۳۹۵). (ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS درمحیط GIS)، مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۵، شماره ۱۰، doi: 10.22111/jneh.2017.2960

مهدی‌زاده سولا، جواد. (۱۳۹۱). تحلیل مخاطرات اقلیمی در شهر تبریز با استفاده از منطق فازی و مدل ANP، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جغرافیا، استاد راهنما: سبحانی، بهروز؛ استاد مشاور: غفاری گیلانده، عطا؛ دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۱۵۲ صفحه.

نفرزادگان، علی‌رضا؛ محمدی‌فر، علی‌اکبر؛ وقارفرد، حسن؛ فروزان‌فرد، معصومه. (۱۳۹۸). ادغام مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تکنیک تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها برای کنترل سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دهبار خراسان)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۸، صص: ۴۵-۲۷ (DOI): 10.22067/GEO.V0I0.76607

یمانی، مجتبی؛ عنایتی، مریم. (۱۳۸۶). ارتباط ویژگی‌های ژئومورفولوژیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه‌وتحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ژئومورفولوژیک حوضه‌های فشند و بهجت آباد)، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۸، شماره ۳ - شماره پیاپی ۱۴۷۱، اردیبهشت ۱۳۸۶، صص: ۵۷-۴۷.

یوسفی، حسین؛ یونسی، حجت اله؛ شاهی نژاد، بابک؛ ارشیا، آزاده؛ میرزاپور، حافظ؛ یاراحمدی، یزدان. (۱۳۹۹). مکان‌یابی پخش سیلاب با تلفیق مدل‌های AHP و Fuzzy با استفاده از روش WLC در GIS) ، مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز خرم‌آباد). اکوهیدرولوژی، دوره۷، شماره ۱، صفحه:۲۵۱-۲۶۱، doi: 10.22059/ije.2020.293199.1244.

Alinezhad, A., and Khalili, J. (2019). New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). International Series in Operations Research & Management Science, vol 277, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-15009-9

Brahma, A.k., Mitra, D.K.(2019). Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Approach modeling for flood control project selection. International Journal of Applied Engineering Research, 14 (17), 3579-35889. doi.org/10.1080/23311916.2022.2079220

Brahma, A.k . (2018). A Look on Some Applications of Fuzzy VIKOR and Fuzzy AHP Methods on Flood Risk, International Journal of Applied Engineering Research, 13 (18), 13689-13696. DOI:10.1007/s13201-020-01340-x

Chen, L.Y., Wang, T.C . (2009). optimizing partner's choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR, International Journal of. Production Economics, 20, (1), pp233-242. doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.022

Chen, Y., Ye, Z., Liu, H., Chen, R., Liu, Z., & Liu, H. A .(2021). GIS-Based Approach for Flood Risk Zoning by Combining Social Vulnerability and Flood Susceptibility: A Case Study of Nanjing, China. Int. J. Environ. Res. Public Health, Vol 18, 11597. DOI:10.3390/ijerph182111597

Cho, Y., Engel, B.A., Merwade, V.M., (2018). A spatially distributed Clark's unit hydrograph based hybrid hydrologic model (Distributed-Clark), Hydrological Sciences Journal, Vol 63: 1519-1539. doi.org/10.1080/02626667.2018.1516042

Christodoulakis, G., & Satchel, S. (2008). The validity of credit risk model validation methods. In The Analytics of Risk Model Validation (pp. 27-43). Academic Press.

Dube, K., l Nhamo, G., Chikodzi, D., Chapungu, L., (2023)Mapping and evaluating the impact of flood hazards on tourism in South African national parks, Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 43, 100661 Volume 43, September 2023, 100661, https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100661

Hoseini, H. (2019). Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation. Information Processing in Agriculture, 6(1):11-19. DOI:10.1016/j.inpa.2018.09.003

Kolawole, O.M.; Olayami, A.B. & Ajayi, K.T. (2011). Managing Flood in Nigerian Cities: Risk Analysis and Adaptation Options-Ilorin City as a Case Study. Scholars Research Library, 3(1): 17-24. DOI: 10.4236/ss.2011.24042

Lee, G., Kyung Soo, J., & Eun-Sung C. (2015). Group decision-making approach for flood vulnerability identification using the fuzzy VIKOR method, Natural Hazards and Earth System Sciences 15(4), 863-874. DOI:10.5194/nhess-15-863-2015

Malekian, A., Azarnivand, A. (2016). Application of Integrated Shannon's Entropy and VIKOR Techniques in Prioritization of Flood Risk in the Shemshak Watershed, Iran. Water Resour Manage, 30, 409–425. DOI: 10.1007/s11269-015-1169-6

Tuş, A.; and Aytaç Adalı, E. (2019). The new combination of CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. opsearch, 56(3):528–538. DOI: 10.1007/s12597-019-00371-6

Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K.M., Hewage, K., & Sadiq, R. (2020). Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China, International Journal of Disaster Risk Reduction, 61,102355,1-52. /doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102355.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Abedini, M., Beheshti Javed, I. (2017). Evaluation of the flooding situation of the Liqvanchai catchment area using the combined model of the network analysis process and fuzzy logic. Quantitative geomorphology research, volume 7, number 1, pp: 179-162. 20.1001.1.22519424.1397.7.1.11.5[In Persian]

Abedini, M., Faal Naziri, M, Pirouzi, E. (2022). Evaluation and zoning of flood risk using Aras multi-criteria technique and single hydrograph (case study: upstream basin of Sultan Meshkinshahr bridge hydrometric station). Natural environment hazards, 1-1. doi: 10.22111/jneh.2022.40684.1863. [In Persian]

Abedini, M., Pirouzi, E., Aghayari, L., Ostadi, E. (2016). Flood risk zoning in Meshkinshahr using Vikor model, Geography of the land, volume 14, number 56, pp: 21-3,4. [In Persian]

Aganbati, Seyed A.(2004). Geology of Iran, publisher, Geological Organization of the country, edition: first, year of publication: 1383. [In Persian]

Alizadeh, A. (2008). Principles of applied hydrology, 24th edition, Imam Reza University Press, p. 783. [In Persian]

Alizadeh, A. (2011). Principles of applied hydrology, 33rd edition, Ferdowsi University of Mashhad, 990 pages. [In Persian]

Asghari Moghadam, M R .(2008). Natural Geography of the City 2 (Hydrology and Flooding of the City), First Edition, Masai Publications, p. 29. http://library.aui.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=6316&Field=0&DTC=100 [In Persian]

Asghari Saraskanroud, S.; Pirouzi, E., Zinali, B. (2014). flood risk zoning in Aq Laghan Chai basin with Vicor model. Quantitative Geomorphology Research Journal, 4th year, 3rd year, pp. 231-2420.1001.1.22519424.1394.4.3.16.3. [In Persian]

General Department of Natural Resources of Khuzestan Province. (2018). land use map https://khuzestan.areeo.ac.ir/fa-[In Persian]

Mehdizadeh Sola, J.(2013). Analysis of climatic hazards in Tabriz city using fuzzy logic and ANP model, Master's thesis in Geography, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, 152 pages. [In Persian]

Meteorological Department of Khuzestan Province. (2021).meteorological data http://khuzestanmet.ir/rha [In Persian]

Mohammadi, P., Malekian, A. (2016). Prioritization of watersheds in terms of flood risk based on multi-criteria decision-making models of gray systems theory-ELECTRE-TOPSIS, Ecohydrology Volume 4, Issue 2, Page 499-508 doi: 10.22059/ije.2017.61487[In Persian]

Mousavi, S.M., negahban, S., Rakhshani Moghadam, H., and Hosseinzadeh, S.M. (2016). Flood risk assessment and zoning using TOPSIS fuzzy logic in GIS environment, case study: Bagh Melek watershed, Natural Environment Hazards, Volume 5, No. 10, doi: 10.22111/jneh.2017.2960 [In Persian]

Neferzadegan, A-R., Mohammadi-Far, A-A., Waqarfard, H., and Forozan-Fard, M. (2018).Integration of multi-criteria decision-making models and regional flood analysis technique to prioritize sub-basins for flood control (case study: Dehbar Khorasan watershed), Geography and Environmental Hazards, Volume 2, Number 8, pp: 45- 27. (DOI): 10.22067/GEO.V0I0.76607 [In Persian]

Pournabi Darzi, S., Wafakhah, M., Rajabi, M R. (2021). Flood risk zoning using HEC-RAS and Arc GIS hydraulic model (Case study: Chashme Kileh watershed of Tonkaben city). Natural environment hazards, 10(28), 15-28. doi:10.22111/jneh.2021.28694.1603. [In Persian]

Rashidi, Sh., Rostami, N.A., Salehpour Jam, A . (1400). Prioritization of flood potential in watersheds lacking statistics using AHP-VIKOR method, case study: Hajibakhtiar watershed, Ilam province), Environmental Erosion Research, Volume 2, Number 11, pp: 66-92. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1400.11.2.4.4[In Persian]

Rezaei Moghaddam, M H., Mokhtari, D., ShafieiMehr, M. (2022). Flood risk zoning in the catchment area of Middle Chai city using Vikor model, Hydrogeomorphology, Volume 8, Number 28, pp: 19-37. (DOI): 10.22067/GEO.V0I0.76607. [In Persian]

The national portal of Iran Statistics Center. (2021). census data https://www.amar.org.ir [In Persian]

Uzi, R. (2011). Geography of hazards (natural and human hazards), Tabriz University Publications, Tabriz. [In Persian]

Water and Electricity Organization of Khuzestan Province. (2023).satellite image of flood-affected areas in August 2018, https://kwpa.ir[In Persian]

Yamani, M.; Enayati, M. (2004). The relationship between the geomorphological features of the basins and the flood capability (analysis of flood data through the geomorphological comparison of Fashand and Behjatabad basins), Geographical Research, No. 54, pp. 47-57 https://jrg.ut.ac.ir/article_17769.htm. [In Persian]

Yousefi, H., Younisi, H.A., Shahinejad, B., Arshiya, A., Mirzapour, H., and Yarahamdi, Y. (2019). Location of flood spreading by combining AHP and Fuzzy models using the WLC method in GIS (case study: Khorram Abad watershed). Ecohydrology, Volume 7, Number 1, Pages 251-261, doi: 10.22059/ije.2020.293199.1244[In Persian]

References (in English)

Alinezhad, A., and Khalili, J. (2019). New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). International Series in Operations Research & Management Science, vol 277, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-15009-9

Brahma, A.k., Mitra, D.K.(2019). Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Approach modeling for flood control project selection. International Journal of Applied Engineering Research, 14 (17), 3579-35889. doi.org/10.1080/23311916.2022.2079220
Brahma, A.k . (2018). A Look on Some Applications of Fuzzy VIKOR and Fuzzy AHP Methods on Flood Risk, International Journal of Applied Engineering Research, 13 (18), 13689-13696. DOI:10.1007/s13201-020-01340-x
Chen, L.Y., Wang, T.C . (2009). optimizing partner's choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR, International Journal of. Production Economics, 20, (1), pp233-242. doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.022
Chen, Y., Ye, Z., Liu, H., Chen, R., Liu, Z., & Liu, H. A .(2021). GIS-Based Approach for Flood Risk Zoning by Combining Social Vulnerability and Flood Susceptibility: A Case Study of Nanjing, China. Int. J. Environ. Res. Public Health, Vol 18, 11597. DOI:10.3390/ijerph182111597
Cho, Y., Engel, B.A., Merwade, V.M., (2018). A spatially distributed Clark's unit hydrograph based hybrid hydrologic model (Distributed-Clark), Hydrological Sciences Journal, Vol 63: 1519-1539. doi.org/10.1080/02626667.2018.1516042
Christodoulakis, G., & Satchel, S. (2008). The validity of credit risk model validation methods. In The Analytics of Risk Model Validation (pp. 27-43). Academic Press.
Dube, K., l Nhamo, G., Chikodzi, D., Chapungu, L., (2023)Mapping and evaluating the impact of flood hazards on tourism in South African national parks, Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 43, 100661 Volume 43, September 2023, 100661, https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100661
Hoseini, H. (2019). Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation. Information Processing in Agriculture, 6(1):11-19. DOI:10.1016/j.inpa.2018.09.003
Kolawole, O.M.; Olayami, A.B. & Ajayi, K.T. (2011). Managing Flood in Nigerian Cities: Risk Analysis and Adaptation Options-Ilorin City as a Case Study. Scholars Research Library, 3(1): 17-24. DOI: 10.4236/ss.2011.24042
Lee, G., Kyung Soo, J., & Eun-Sung C. (2015). Group decision-making approach for flood vulnerability identification using the fuzzy VIKOR method, Natural Hazards and Earth System Sciences 15(4), 863-874. DOI:10.5194/nhess-15-863-2015
Malekian, A., Azarnivand, A. (2016). Application of Integrated Shannon's Entropy and VIKOR Techniques in Prioritization of Flood Risk in the Shemshak Watershed, Iran. Water Resour Manage, 30, 409–425. DOI: 10.1007/s11269-015-1169-6
Tuş, A.; and Aytaç Adalı, E. (2019). The new combination of CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. opsearch, 56(3):528–538. DOI: 10.1007/s12597-019-00371-6
Zhu, S., Li, D., Huang, G., Chhipi-Shrestha, G., Nahiduzzaman, K.M., Hewage, K., & Sadiq, R. (2020). Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China, International Journal of Disaster Risk Reduction, 61,102355,1-52. /doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102355.