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 12, Issue 35, March 2023

Flood risk assessment and zoning using multi-criteria ARAS techniques and a single hydrograph (Case Study: Upstream Basin of Soltan Meshkinshahr Bridge Hydrometric Station)

Mousa Abedini[1*], Mehdi Faal Naziri[2], Elnaz Piroozi[3]

1. *Corresponding Author*, Associate Professor of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
2. PhD Student of geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
3. PhD Student of geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 20 November 2021
Revised: 13 July 2022
Accepted: 06 August 2022

Keywords:
Zoning, Flood Risk, Multi-Criteria Analysis, Meshkinshahr.

ABSTRACT

Floods are one of the largest and most common forms of natural hazards, and identifying areas prone to floods is one of the basic measures in natural resource management and development planning. Therefore, the present study aims to zone the basin upstream of the Soltan Meshkinshahr Bridge Hydrometric Station in terms of flood potential. To achieve this goal through studies and resource review, the first 11 effective factors of flood occurrence in the region including slope, dem, lithology, distance from the fault, precipitation, land use, distance from the river, flow velocity, flow time, and soil, were identified and extracted in GIS environment. The standardization of the maps was done using the fuzzy method and then to weight the proposed criteria, the CRITIC method was used and the final analysis and modeling were performed using the Aras model. The results showed that the factors of slope, lithology, land use, and dem were by weight values, respectively; 0.164, 0.156, 0.118, and 0.116 have the greatest impact on flooding in the study area. Also, according to the results, 20.46 and 32.02 square kilometers of the area, respectively, are in a very high-risk and high-risk category, which indicates the high potential of this basin for floods. The results also showed that the time required for water to flow to the outlet varies from 0 seconds (rain falling on the outlet itself) to 68,000 seconds (over 17 hours). In this case, smooth areas near the basin with the highest time and lowest speed and also in the pastures on the northeast side with the lowest time and highest speed reach the watershed exit point. Therefore, flood risk zoning can be effective in carrying out conservation, watershed management, and management measures in this basin.

Cite this article: Abedini, M., Faal Naziri, M., & Pirouzi, A. (2023). Flood risk assessment and zoning using multi-criteria Aras technique and single hydrograph (Case Study: Upstream Basin of Soltan Meshkinshahr Bridge Hydrometric Station). Journal of Natural Environmental Hazards, 12(35), 115-138. DOI: 10.22111/jneh.2022.40684.1863

© Mousa Abedini. Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.40684.1863

* Corresponding Author Email: abedini@uma.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 ۱۲، شماره ۳۵، فروردین ۱۴۰۲

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چند معیاره ارزیابی نسبت جمعی و هیدروگراف واحد (مطالعه‌ی موردی:حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر)

موسی عابدینی[1*]، مهدی فعال نذیری[2]، الناز پیروزی[3]

۱. دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)
۲. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۰

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۵/۱۵

واژه‌های کلیدی:
پهنه‌بندی، خطر سیلاب، تحلیل چند معیاره، مشکین‌شهر.

چکیده

یکی از بزرگ‌ترین و رایج‌ترین اشکال مخاطرات طبیعی سیلاب می‌باشد و شناخت نواحی مستعد وقوع سیلاب، از اقدامات اساسی در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای محسوب می‌گردد. بنابراین هدف تحقیق حاضر، پهنه‌بندی حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر، از لحاظ پتانسیل وقوع سیلاب می‌باشد. برای رسیدن به این هدف با بررسی‌های میدانی و مرور منابع، ابتدا ۱۱ عامل موثر وقوع سیلاب منطقه شامل شیب، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، فاصله از گسل، بارش، کاربری‌اراضی، فاصله از رودخانه، سرعت جریان، زمان جریان و خاک؛ شناسایی و در محیط GIS، استخراج شدند. به منظوراستانداردسازی نقشه‌ها، از روش فازی و جهت وزن‌دهی معیارهای مطرح نیز، از روش کرتیک استفاده گردید. تحلیل و مدل سازی نهایی با استفاده از مدل ارزیابی نسبت جمعی (آراس)، انجام شد. 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 به دست آمده به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۳۲/۰۲ کیلومترمربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارندکه نشانگر پتانسیل بالای این حوضه برای وقوع سیلاب می‌باشد. ضمنا نتایج نشان داد، زمان لازم برای جریان آب به خروجی از ۰ ثانیه (بارانی که بر خود خروجی می بارد) تا ۶۸۰۰۰ ثانیه (در طول ۱۷ ساعت)، متغیر است. در این صورت مناطق صاف و هموار در نزدیکی حوضه با بیشترین زمان و کمترین سرعت و همینطور در مراتع در سمت شمال شرقی با کمترین زمان و بیشترین سرعت به نقطه خروجی ابخیز می‌رسد. لذا پهنه‌بندی خطر سیلاب، می‌تواند در انجام اقدامات حفاظتی، آبخیزداری و مدیریتی این حوضه کمک موثری را داشته باشد.

استناد: عابدینی, موسی, فعال نذیری, مهدی, پیروزی, الناز. (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چند معیاره آراس و هیدروگراف واحد (مطالعه‌ی موردی:حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر). مخاطرات محیط طبیعی, ۱۲(۳۵), ۱۱۵-۱۳۸.
DOI: 10.22111/jneh.2022.40684.1863

CC BY NC

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان
© موسی عابدینی*، مهدی فعال نذیری، الناز پیروزی.

*- موسی عابدینی (نویسنده مسئول) Email: abedini@uma.ac.ir

مقدمه

سیل به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به صورت غیر منتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارت مالی و جانی گردد (علیزاده،۱۳۹۰). در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی، سیلاب‌ها با فراوانی زیاد و در فضایی گسترده اتفاق می‌افتند (گرین[1] و همکاران، ۲۰۱۴؛ وارد[2] و همکاران، ۲۰۱۴). به طورکلی مخاطرات سیلاب، ۱۹٪ از کل مخاطرات را در جهان شامل می‌شود. همچنین ۱۹٪ قربانیان ، ۲۱٪ مجروحین ، ۴۱٪ خسارات ، ۶۶٪ بی-خانمان‌ها و ۴۹٪ تأثیرپذیران از کل مخاطرات در جهان مربوط به این مخاطره می‌باشد (اوزی، ۱۳۹۰). این پدیده یکی از بلایای مهم طبیعی می‌باشد که بسیاری از نقاط جهان از جمله کشورهای توسعه یافته را تحت تأثیر قرار داده است (اسفندیاری و همکاران، ۱۴۰۰). 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[3]، ۲۰۱۸؛ تاین‌سنچلی[4]، ۲۰۱۲). از گام‌های اساسی در جهت کاهش آثار زیان‌بار ناشی از سیلاب، شناخت مناطق سیل‌گیر و درجه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل است تا براساس نتایج حاصله بتوان در رابطه با نحوه استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف از جمله توسعه بهینه آتی شهرها و روستاها، کشاورزی، خدماتی و تولیدی تصمیم‌گیری نمود و زیان‌های ناشی از وقوع سیل را کاهش داد. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی یکی از روش-هایی است که جهت کاهش خطرات ناشی از سیل می‌توان اتخاذ نمود (رضائی‌مقدم 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. لذا از یک سو در چند دهه اخیر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، در زمینه پهنه‌بندی خطر سیلاب بسیار مورد استقبال قرار گرفته است و برای کشف طیف وسیعی از گزینه‌ها از نظر درگیری‌های عینی و معیارهای چندگانه، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود و از سوی دیگر، 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[5]، ۲۰۱۸؛ چن[6] و همکاران،۲۰۲۱) و توانایی زیادی جهت تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب و نمایش بصری آن‌ها در اختیار کاربران قرار می‌دهد. لذا، 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 چند معیاره، برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب نشان داده است. به عنوان مثال: موسوی و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از تاپسیس فازی در حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک پراختند. طبق نتایج از مطالعه۱۷/۸۶ درصد از مساحت حوضه در طبقه خطر بسیار بالا و ۲۴/۱۵ درصد در

[1]. Green
[2]. Ward
[3]. Kolawole
[4]. Tingsanchali
[5]. Cho et al
[6]. Chen

پهنه با خطر بالا قرار دارد و مناطق پرخطر به طور عمده در نواحی غربی، جنوبی و جنوب غربی قراردارد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در 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 کیلومترمربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. به علاوه در این مطالعه نیز اشاره شده است که استفاده عملیاتی از روش ویکور، چارچوب قاعده‌مندی در تعیین و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در سطح محدوده مورد مطالعه ارائه کرده است. نفرزادگان و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از مدل‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی 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 مذکور دارای بالاترین رتبه ازنظر ضریب رواناب، بارندگی و شماه منحنی می‌باشند. به علاوه در این مطالعه، بیان شده است که تکنیک‌های تصمیم-گیری چندمعیاره، در تصمیم‌گیری در امور پیچیده که معیارهای متعددی در تصمیم‌گیری آن دخیل می‌باشند، به عنوان ابزارهایی قوی و انعطاف‌پذیر می‌باشند. خورشیدی و همکاران (۱۴۰۰)، اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، استان ایلام را با کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ویکور مطالعه کردند. با توجه به نتایج مطالعه، ۳۱ درصد از مساحت منطقه در پتانسیل سیل‌خیزی متوسط،۵۳ درصد در پتانسیل زیاد و ۱۶درصد در پتانسیل خیلی زیاد واقع شده‌است. در نهایت با توجه به نتایج حاصله، توانایی روش ویکور در بررسی سیلاب مورد تأیید قرار گرفته است. سامانتا و همکاران[1] (۲۰۱۶)، به تجزیه و تحلیل خطر سیل در بخش پایینی رودخانه مارکام در گینه نو براساس روش تصمیم‌گیری چند معیاره (ترکیب خطی وزن‌دار) پرداختند. در این مطالعه، اعتبارسنجی نقشه خطر سیل با استفاده از سوابق سیلاب‌های گذشته در منطقه مورد مطالعه انجام شد و خروجی نهایی مطالعه، حاکی از این موضوع است که نتایج حاصل از تصمیم‌گیری چند معیاره در تجزیه و تحلیل خطر سیلاب دقیق و قابل اطمینان بوده است. شیوا شارما و همکاران[2] (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای در حوضه رودخانه کپییل هندوستان با استفاده از فنون تحلیل چند معیاره و تصاویر ماهواره‌ای به پهنه‌بندی خطر سیلاب پرداختند، طبق نتایج حاصل از مطالعه ۲۴/۸۳۷ هکتار از محدوده (در ۹۵ روستا)، دارای احتمال خطر بسیار زیاد است. برهما و میترا[3] (۲۰۱۹)، در حوضه‌ی آسام هند، خطر سیلاب را با بهره‌گیری از روش ویکور مورد مطالعه قراردادند. در این پژوهش جهت استانداردسازی لایه ها 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[4] (۲۰۲۰)، به بررسی مقاومت دلتای رودخانه یانگ تسه چین (شامل ۲۷ شهر)، در برابر سیلاب شهری پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش‌های چند معیاره 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

[1]. Samanta et al
[2]. Shiva Sharma et al
[3]. Brahma and Mitra
[4]. Zhu et al

دارد. در نهایت در این مقاله نیز اذعان شده است که استفاده از فنون تحلیل چند معیاره نتایج قابل قبول‌تری را در امر پهنه‌بندی خطر سیلاب، ارائه می‌دهند.

حوضه بالادست ایستگاه پل سلطان مشکین‌شهر، به لحاظ شرایط خاص منطقه، مانند توپوگرافی، شیب و وضعیت لیتولوژی (وجود سازندهایی با نفوذپذیری‌کم) و شرایط اقلیمی (بارش‌های ناگهانی، رگبارهای بهاری، ذوب برف‌ها و طغیان رودخانه‌ها در بهار) از پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب برخوردار می‌باشد. وقوع سیلاب در سطح حوضه، علاوه بر، فرسایش گسترده حواشی رودخانه، تغییرات مورفولوژیکی، جابه‌جایی و ناپایداری بستر رودخانه (شکل ۱)، خسارات مالی و تلفات جانی فراوانی را نیز به دنبال داشته است. به عنوان مثال؛ سیل ۱۳۸۰ مشکین‌شهر، علاوه بر خسارات اقتصادی، موجب کشته شدن ۳۰ نفر و نیز صدها مجروح و مفقود گردید (عابدینی، ۱۳۹۵)، لذا ضروری است که در مورد دلایل و عوامل اصلی سیلاب در این منطقه و پهنه‌بندی آن مطالعاتی صورت گیرد. در مطالعه‌ی حاضر پهنه‌بندی حوضه به لحاظ پتانسیل خطر وقوع سیلاب با استفاده از روش تحلیل چند معیاره‌ی آراس و با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مد نظر 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. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای پژوهشگران، مسئولان و سیاست‌گذاران در راستای پتانسیل‌سنجی سیلاب حوضه بسیار جالب باشد.

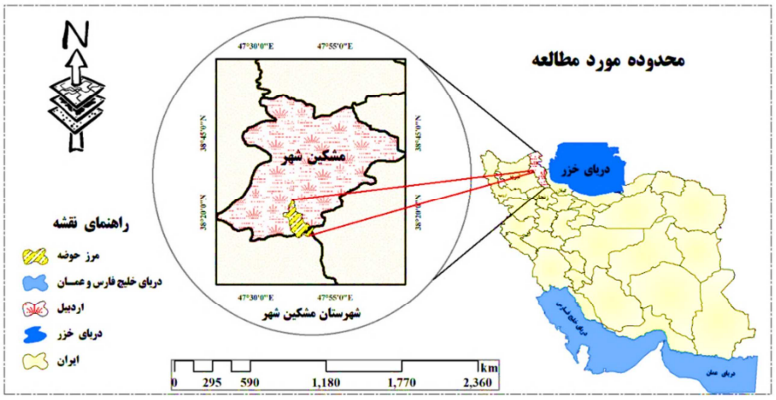


شکل ۱: نمایی از سیلاب‌های ناگهانی و تخریب و فرسایش ناشی از آن در محدوده پل سلطان و اطراف شهر مشکین‌شهر.

داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه بالادست ایستگاه پل سلطان مشکین‌شهر، با مساحت حدود ۱۲۷/۳۸ کیلومترمربع در ۴۷ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۵ ثانیه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و در شهرستان مشکین‌شهر قرار دارد (شکل ۲). این حوضه، از زیرشاخه‌های قره سو می‌باشد. رودخانه‌ی اصلی این حوضه خیاوچای نام دارد که از ارتفاعات سبلان (هزار میخ، آیی قاری، دلی آلی، جنوار داغی) سرچشمه می‌گیرد و سرتاسر دره موئیل را طی نموده و به رودخانه‌ی قره‌سو می‌ریزد. رودخانه‌ی خیاوچای به دلیل سرچشمه گرفتن از ارتفاعات پربرف سبلان رودخانه‌ای دائمی است، از این رو کاربری اراضی حاشیه‌ی این رودخانه در کل مسیر شامل باغات و اراضی کشاورزی است. نیاز آبی این اراضی تقریباً بطور کامل از رودخانه‌ی خیاوچای تأمین شده و آب رودخانه از طریق انهار سنتی و مدرن انتقال می‌یابد. دمای هوا در طول سال بین ۳۰ - و ۳۰ + درجه سانتی‌گراد متغیر است و میانگین بارندگی سالانه ۳۷۶/۶ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر ارتفاع محدوده ۴۵۱۵ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۳۷۳ متر از سطح دریا می‌باشد. حوضه مطالعاتی به لحاظ زمین‌شناسی از سازندهای گوناگون و متنوع مربوط به دوران‌های مختلف زمین‌شناسی تشکیل گردیده که بخش اعظم آن متعلق به تشکیلات آذرین می‌باشد. این تشکیلات که حاصل فعالیت‌های آتشفشانی اواخر دوران سوم و اوایل دوران چهارم زمین‌شناسی است که دارای نفوذپذیری پایین و مقدار رواناب زیاد می‌باشند.



شکل ۲: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه.

در حوضه مورد مطالعه، حداکثر رژیم آبدهی ماهانه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، ۵/۶۷ متر مکعب در ثانیه می‌باشد و حداقل رژیم آبدهی ماهانه در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر می‌باشد. حداقل رژیم آبدهی سالانه ۰/۲۵ و حداکثر سالانه‌ی آن ۱/۳۶ متر مکعب بر ثانیه است و متوسط رژیم آبدهی سالانه‌ی آن ۰/۷ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱: رژیم آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه خیاوچای در محل ایستگاه آب‌سنجی پل سلطان مشکین‌شهر (برحسب مترمکعب در ثانیه)(منبع: داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری سازمان آب منطقه‌ای استان اردبیل).

ماه	رژیم آبدهی حداکثر	رژیم آبدهی متوسط	رژیم آبدهی حداقل
مهر	۱/۰۱	۰/۳۶	۰
آبان	۱/۹	۰/۷۵	۰/۲۷
آذر	۱/۶۵	۰/۹۶	۰/۴۵
دی	۱/۷۳	۱/۱۶	۰/۷۳
بهمن	۳/۳۱	۱/۲۶	۰/۸۵
اسفند	۱/۶۹	۱/۱۳	۰/۵۴
فروردین	۳/۲۳	۱/۰۲	۰/۱
اردیبهشت	۵/۶۷	۰/۷۶	۰/۰۶
خرداد	۵/۶۷	۱/۴۶	۰/۰۱
تیر	۳/۶۹	۰/۶۷	۰
مرداد	۳/۵۷	۰/۲۳	۰
شهریور	۱/۵۴	۰/۱۳	۰
سالانه	۱/۳۶	۰/۷	۰/۲۵

داده‌ها و روش‌ها

به منظور دستیابی به هدف تحقیق ابتدا با مطالعه و بررسی مبانی نظری موضوع، عوامل موثر بر وقوع سیلاب شناسایی شد. سپس نسبت به تهیه نقشه‌های هر یک از معیارهای مطرح در Arc GIS اقدام شد. در این راستا، لایه اطلاعاتی شبکه آبراهه، با استفاده از نقشه‌ی رودخانه‌های استان اردبیل، تهیه و مورد سنجش قرار گرفت. لایه‌ی طبقات ارتفاعی، شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، ماهواره‌ی Alos، سنجنده Palsar، اخذ شده از سایت (https://search.asf.alaska.edu) تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی و لیتولوژی، با استفاده از نقشه زمین‌شناسی مشکین شهر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، بدست آمد. نقشه بارش حوضه نیز، با توجه به داده‌های ایستگاه-های هواشناسی و باران‌سنجی و با بهره‌گیری از معادله گرادیان بارش (P:51/48+0/175*H)، ترسیم شد. بدین صورت که در نرم‌افزار Arc map، با استفاده از دستور Raster Calculator ، نقشه طبقات ارتفاعی جایگزین مولفه H شده و سپس نقشه بارش استخراج گردید.

به منظور تخمین رواناب حوضه، از روش شماره منحنی (CN)، نرم افزار ARC GIS و الحاقیه‌های Arc-Hydro و Arc CN-Runoff، استفاده شد. اولین کار بر اساس روش CN تعیین گروه‌های هیدرولوژیک خاک (نشان‌دهنده وضعیت بافت و نفوذپذیری خاک)، می‌باشد. خاک حوضه خیاوچای، شامل سه گروه B, C ,D هست و بیشتر مساحت حوضه از نوع خاک‌هایی است که دارای بافت ریز یا سنگین است و عملاً غیرقابل نفوذ بوده و پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند. معیار دیگری که در تهیه نقشه شماره‌ی منحنی (CN)، مورد استفاده قرار گرفته است، کاربری اراضی می‌باشد. در تحقیق حاضر با هدف استخراج کاربری اراضی حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر ، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های (OLI) برای سال (۲۰۲۱) در ماه آگوست از سایت زمین‌شناسی آمریکا اخذ

شد (جدول ۲). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از ترکیب باندهای مرئی (آبی و سبز و قرمز) و مادون قرمز نزدیک ماهواره لندست، جهت طبقه‌بندی استفاده شد. لازم به ذکر است، بر خلاف طبقه‌بندی پیکسل پایه، در طبقه‌بندی شی‌گرا ترکیب چهار باند (۱-۲-۳-۴-۷) ماهواره لندست امکان‌پذیر می‌باشد. سپس به‌منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از روش Flaash روی تصاویر و نرم‌افزار Envi5.3 اقدام شد. درنهایت طبقه-بندی با روش شی‌گرا و با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار Ecognition صورت پذیرفت. طبقه‌بندی شیءگرا فرایندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد این نوع از طبقه‌بندی بر اساس منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند (رضائی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). مبنای طبقه‌بندی شی‌گرا فرایند قطعه‌بندی می‌باشد. لذا، در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال نماید (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شی‌گرا لازم است، قطعه‌بندی تصویر صورت گیرد. پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شی‌گرا در این پژوهش شامل؛ ۱- انحراف معیار باندها: انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به‌طور میانگین، داده‌ها چه مقدار، از مقدار متوسط فاصله‌دارند در این شاخص از سه پارامتر شامل، باند مادون‌قرمز و قرمز و سبز استفاده شد. ۲-شاخص NDVI[1]: در این پژوهش از شاخص NDVI به‌منظور جداسازی بهتر پوشش‌گیاهی از بقیه پدیده‌ها استفاده شد.۳-شاخص PCI[2] ۴-واریانس: واریانس برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM[3] به کار گرفته می‌شود. ۵-در شاخص هندسی، از پارامترهای مؤثری چون حداکثر اختلاف، درجه روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی استفاده می شود. در تحقیق حاضر برای قطعه‌بندی از روش قطعه‌بندی چند مقیاسه استفاده شد. بدین منظور با تجزیه و تحلیل، جهت قطعه بندی، مقیاس ۸۵، شکل ۰/۶و ضریب فشرگی ۰/۴، انتخاب شد. در مرحله بعد با تلفیق گروه‌های هیدرولوژیک خاک و کاربری زمین و مقایسه نقشه کاربری اراضی منطقه با جدول شاخص، شماره منحنی مشخص شد. در مرحله بعد با استفاده از شماره منحنی‌ها و نقشه بارندگی منطقه، پتانسیل تولید رواناب‌ها برای هر محدوده، محاسبه شد.

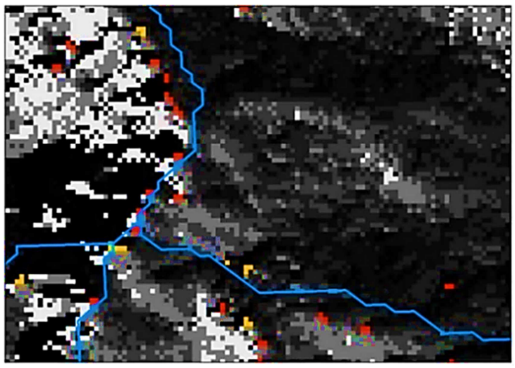
جدول ۲: خصوصیات تصاویرسنجنده (TM-OLI) از ماهواره لندست.

تصویر	تاریخ اخذ	ردیف/گذر	تعداد باند	قدرت تفکیک	زاویه ازیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید
لندست OLI	۲۰۰۲۱/۸/۱۴	۱۶۷/۳۳	۷ باند	۳۰ متر	۱۷/۴۲	۵۹/۲۴

با توجه به اهمیت پیش‌بینی زمان و سرعت جریان در برآورد سیلاب، در پژوهش حاضر، شبیه‌سازی جهت جریان با استفاده از مدل رقومی زمین، تجزیه و تحلیل میدان سرعت مکانی، تخمین مدت زمان رسیدن سیل به نقاط مختلف

[1]. Normalized Difference Vegetation Index
[2]. Precipitation Concentration Index
[3]. Gray Level Co Gray Level Co-Occurrence Matrix

و استخراج هیدروگراف واحد در حوضه بالادست ایستگاه پل سلطان، نیز مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، از مدل‌های رقومی ارتفاعی(DEM) ماهواره Alos سنجنده Palsar (12.5 m) از سایت (ASF NASA) و نرم‌افزار-های python, envi, arc gis pro بهره گرفته شد. به منظور پیاده‌سازی عملیاتی مراحل پژوهش، ابتدا یک مرحله پیش پردازش داده‌ها (به صورت پرکردن سینک‌ها، ارزیابی جهت جریان، الحاق نقطه خروجی به جریان رودخانه و تعیین محدوده و سطح حوضه بالادست خروجی)، اجرا گردید. جهت افزایش دقت مطالعه، قبل از هر گونه آنالیز هیدرولوژیکی پتانسیل سیل، گودی‌ها با توجه به جهت جریان و تابع Fill Sinks برای منطقه از داده‌های ارتفاعی حوضه شناسایی و حذف گردید و با توجه به شناسایی و حذف سینک‌ها، ارزش تمامی سینک‌ها به مقدار ارزش پایین‌ترین سلول در کنار سینک تغییر یافت و نقشه DEM جدید ایجاد شد (شکل ۳).



شکل ۳: شناسایی سینک‌ها (گودی‌های موجود در DEM حوضه به صورت نقاطی با رنگ قرمز و نارنجی مشخص می‌باشند).

در مرحله بعد، برای تعیین زمان مورد نیاز آب جریان، ابتدا به تعیین سرعت جریان آب نیاز می‌باشد (یو و همکاران[1]، ۲۰۲۱). انواع فراوانی از پهنه‌های سرعت وجود دارند و آن ها را می‌توان با طیف گسترده‌ای از معادلات ریاضی محاسبه کرد. ما یک پهنه سرعتی مبنی بر فرضیه‌های با ویژگی‌های مکانی متغیر (سرعت تحت تاثیر مولفه‌های مکانی مانند شیب و تجمع جریان است) و ثابت از لحاظ زمان (سرعت در یک مکان مشخص در طول زمان تغییر نمی‌کند) و دبی ثابت (سرعت در یک مکان معین به سرعت جریان آب در محل بستگی ندارد) را ایجاد می‌کنیم. در این روش، هر سلول در میدان سرعت به یک سرعت براساس شیب محلی و تجمع جریان در بالا دست، تحت عنوان ناحیه موثر (تعداد سلول‌هایی که به آن سلول جریان می یابند)، اختصاص داده می‌شود (رابطه ۱).

$$V = Vm\ (sb\ Ac)/\ (sb\ Acm) \qquad (۱)$$

در معادله فوق، V سرعت یک سلول با شیب محلی s و در یک ناحیه موثر در بالادست A است. ضرایب b و c را می-توان با کالیبراسیون، یک روش آماری تعیین کرد. تغییر پارامترهای مدل به گونه‌ی است که داده‌های پیش‌بینی شده تا حد ممکن به داده‌های مشاهده شده نزدیک باشد. Vm سرعت متوسط تمام سلول‌های حوضه آبخیز است. سرعت متوسط s/m برابر با Vm ۰/۱ در نظر گرفته شده است. سرانجام، sbAcm متوسط سطح شیب در کل حوضه آبخیز است. برای جلوگیری از نتایج غیر واقع‌بینانه حد پایینی ۰/۰۲ متر در ثانیه و حد بالایی ۲ متر در ثانیه، برای حداقل و

[1] Yoo et al

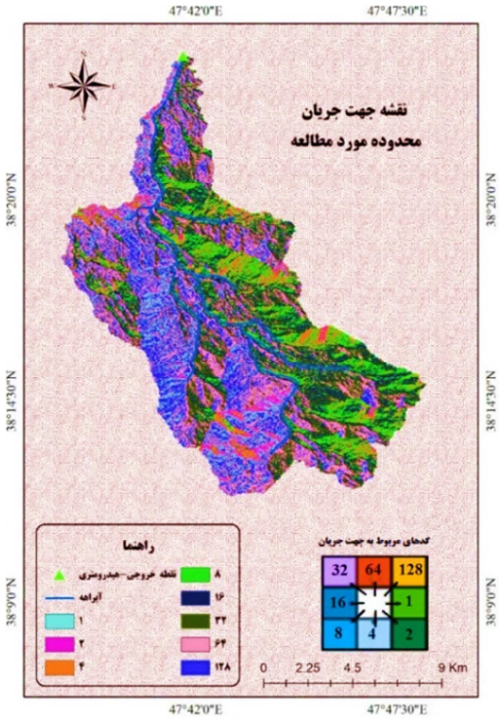
حداکثر سرعت تنظیم گردید. مرحله بعدی مربوط به فرآیند پژوهش حاضر، به صورت ایجاد شبکه وزنی و تهیه نقشه خطوط هم‌پیمایش می‌باشد. به هر نقطه در حوضه می‌توان زمانی منحصر به فرد و خاص به عنوان اختلاف میان زمان رخداد مؤلفه‌ای از بارش خالص در آن نقطه و مشاهده اثر آن در خروجی نسبت داد. این فاصله زمانی همان زمان پیمایش نقطه مزبور می‌باشد (لارنسون، ۱۹۹۳؛ به نقل از شکوهی و ثقفیان، ۱۳۸۵). زمان پیمایش از نسبت طول جریان به سرعت جریان بدست می‌آید. بر این اساس برای ترسیم نقشه زمان پیمایش بایستی دو لایه طول جریان و سرعت جریان ایجاد شده باشد. سرعت جریان آب در طول رویداد بارش فرضی را به دست آورده‌ایم و برای تعیین طول جریان، ما به دو متغیر جهت جریان و وزن نیاز داریم. نقشه جهت جریان نیز، در مراحل قبلی به دست آمده است (شکل ۴) و برای تهیه نقشه هم‌پیمایش یا هم‌زمان، باید یک شبکه وزنی ایجاد می‌کنیم. در حالی که محاسبه وزن ممکن است بدون داده‌های دقیق زمین دشوار به نظر برسد، اما می‌توانیم در این رابطه از دو معادله (۲ و ۳)، استفاده کنیم.

$$Flow\ time\ [T] = Flow\ Length\ [L]\ /\ Velocity\ [LT-1] \quad (۲)$$

$$Flow\ time\ [T] = Flow\ Length\ [L]\ *\ Weight\ [L-1T] \quad (۳)$$

مرحله بعدی از مراحل پژوهش، ایجاد یک هیدروگراف واحد است. پنج طبقه‌بندی هیدروگراف وجود دارد، یعنی هیدروگراف طبیعی، هیدروگراف واحد، هیدروگراف واحد بدون بعد، هیدروگراف مصنوعی و هیدروگراف شکاف سد (سیلالاهیا و هیدایاتب[1]، ۲۰۱۹). در این مقاله از هیدروگراف واحد (واحد هیدروگراف) در پیش‌بینی سیل استفاده شده است که از طریق ارائه یک نقشه هم زمان به دست می‌آید که رابطه بین زمان و مساحت آب جاری به خروجی را نشان خواهد داد. مفروضات اساسی برای مدل‌سازی سیستم‌های هیدرولوژیکی با استفاده از هیدروگراف‌های واحد عبارتند از: الف) حوضه‌های آبخیز به‌عنوان سیستم‌های خطی پاسخ می‌دهند. ب) شدت بارندگی مؤثر به طور یکنواخت در کل حوضه رودخانه توزیع شده است. ج) مازاد بارندگی در تمام مدت بارندگی شدت ثابتی داشته باشد. د) مدت زمان هیدروگراف رواناب مستقیم (پایه زمانی) مستقل از شدت بارندگی موثر است و تنها به مدت زمان موثر بارندگی بستگی دارد (سیلالاهیا و هیدایاتب، ۲۰۱۹)

[1] . Silalahia and Hidayatb



شکل ۴: نقشه جهت جریان حوضه مورد مطالعه.

تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از روش آراس[1] (ارزیابی نسبت جمعی)

روش ARAS مبتنی بر این استدلال است که با استفاده از مقایسه‌های ساده نسبی می توان پدیده‌های دنیای پیچیده را درک کرد (علیزاده و همکاران،۱۴۰۰). این تکنیک، روشی قدرتمند در ارائه نرخ عملکرد و درجه مطلوبیت گزینه-های مختلف نسبت به وضع بهینه است و از سهولت کاربرد نسبی نیز برخوردار است (آنامرادنژاد و همکاران، ۱۳۹۷). مراحل الگوریتم پیاده‌سازی آراس به شرح ذیل می‌باشد:

۱: تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم در این روش به صورت معیار-گزینه است. یعنی یک ماتریسی که ستون-های آن را معیارهای مساله و سطرها را گزینه‌ها تشکیل می‌دهند و هر سلول نیز در واقع امتیاز هر گزینه نسبت به هر معیار است.

۲: نرمال کردن ماتریس تصمیم یا استانداردسازی: در پیاده‌سازی تمامی الگوریتم‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر و جهت دستیابی به الگوی پهنه‌بندی مکانی خطر فرسایش خاک، مرحله استانداردسازی، با توجه به تابع عضویت فازی صورت پذیرفت (جدول ۳). استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان‌کردن دامنهٔ تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنهٔ مشخص دیگر است. در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و

[1] . Additive Ratio Assessment

کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلّق می‌گیرد (بایوم‌گرتل و همکاران[1]، ۲۰۱۹، حسینی و همکاران[2]، ۲۰۱۹).

جدول ۳: نوع توابع فازی‌ساز لایه‌های موضوعی تأثیرگذار بر خطر سیلاب.

متغیر	توضیحات	نوع تابع فازی
شیب	با افزایش مقدار شیب، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی
کاربری اراضی	اختصاص کدها بر 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
لیتولوژی	اختصاص کدها یر اساس اهمیت آن در وقوع خطر سیلاب و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
خاک	اختصاص کدها بر 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
بارش	با افزایش مقدار بارش، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی
CN	با افزایش مقدار شماره منحنی، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی
ارتفاع رواناب	با افزایش ارتفاع رواناب، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی
زمان جریان	با کاهش مقدار زمان جریان، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی کاهشی
سرعت جریان	با افزایش سرعت جریان، خطر سیلاب افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی

۳: وزن‌دار کردن ماتریس نرمال: جهت وزن‌دار کردن ماترس نرمال برای استخراج پهنه‌بندی روش‌های متعددی، مانند: ANP، AHP، CRITIC وجود دارد. اما در این پژوهش، جهت وزن‌دهی عوامل از روش CRITIC استفاده شده است. در این روش، داده‌ها بر اساس میزان تداخل و تضادّ موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و بعد از محاسبهٔ انحراف معیار عوامل، ماتریس متقارنی به ابعاد m×m ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل‌شده است. با تعیین پارامترهای بالا، تضادّ موجود بین معیار j با معیارهای دیگر با استفاده از رابطهٔ ۴، محاسبه می‌گردد.

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

که در آن Cjk معرّف مجموع تضادّ 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 رابطهٔ ۵، محاسبه نمود.

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

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 رابطهٔ ۶، تعیین می‌گردد.

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

[1]. Baumgertel et al
[2]. Hoseini et al

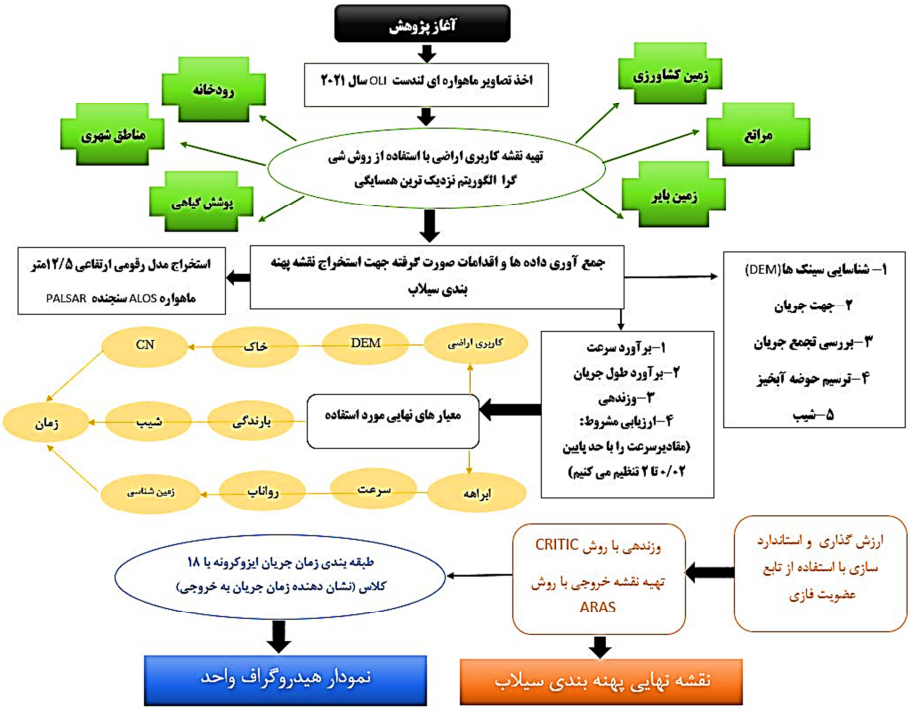
که در آن Wj معرّف وزن معیار j و Ck نشانگر میزان اطّلاعات مجموع معیارهای k است که از k = 1 شروع شده و تا k = m ادامه دارد. لذا، وزن نهایی هر معیار، از تقسیم میزان اطلاعات هر معیار بر مجموع میزان کل اطلاعات تمامی معیارها بدست می‌آید (تاش و آیتک آدالی[1]، ۲۰۱۹).

۴- محاسبه مطلوبیت کل هر گزینه: برای به دست آوردن تابع بهینگی S_i، اعداد نرمال شده وزین (x_{ij}) را به صورت سطری با هم جمع می‌کنیم (رابطه ۷). بزرگترین مقدار S_i بهترین است، و کمترین آن بدترین. با توجه به روند محاسبه شده، تابع بهینگی S_i دارای یک رابطه مستقیم و متناسب با مقادیر x_{ij} و وزن های w_j از معیارهای بررسی شده و تأثیر نسبی آن‌ها بر روی نتیجه‌ی نهایی است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{x}_{ij} \; ; \; i=\overline{0.m.} \qquad (۷)$$

۵- محاسبه مطلوبیت نسبی هر گزینه و رتبه‌بندی گزینه‌ها: درجه ی مطلوبیت هر گزینه (آلترناتیو) به وسیله مقایسه متغیری که تجزیه و تحلیل شده است، با حالت ایده آل یعنی S_o مشخص می‌گردد. معادله مورد استفاده برای محاسبه درجه ی مطلوبیت K_i از یک گزینه a_i به صورت رابطه (۸) است (دیانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ زاوادسکاس و تورسکیس[2]، ۲۰۱۰). روند پژوهش در شکل ۵، قابل مشاهده می‌باشد.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \; ; \; i = \overline{0.m.} \qquad (۸)$$



شکل ۵: فلوچارت مربوط به مراحل پژوهش.

[1]. Tuş & Aytaç Adalı
[2]. Zavadskas and Turskis

نتایج و بحث

بررسی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه مورد مطالعه

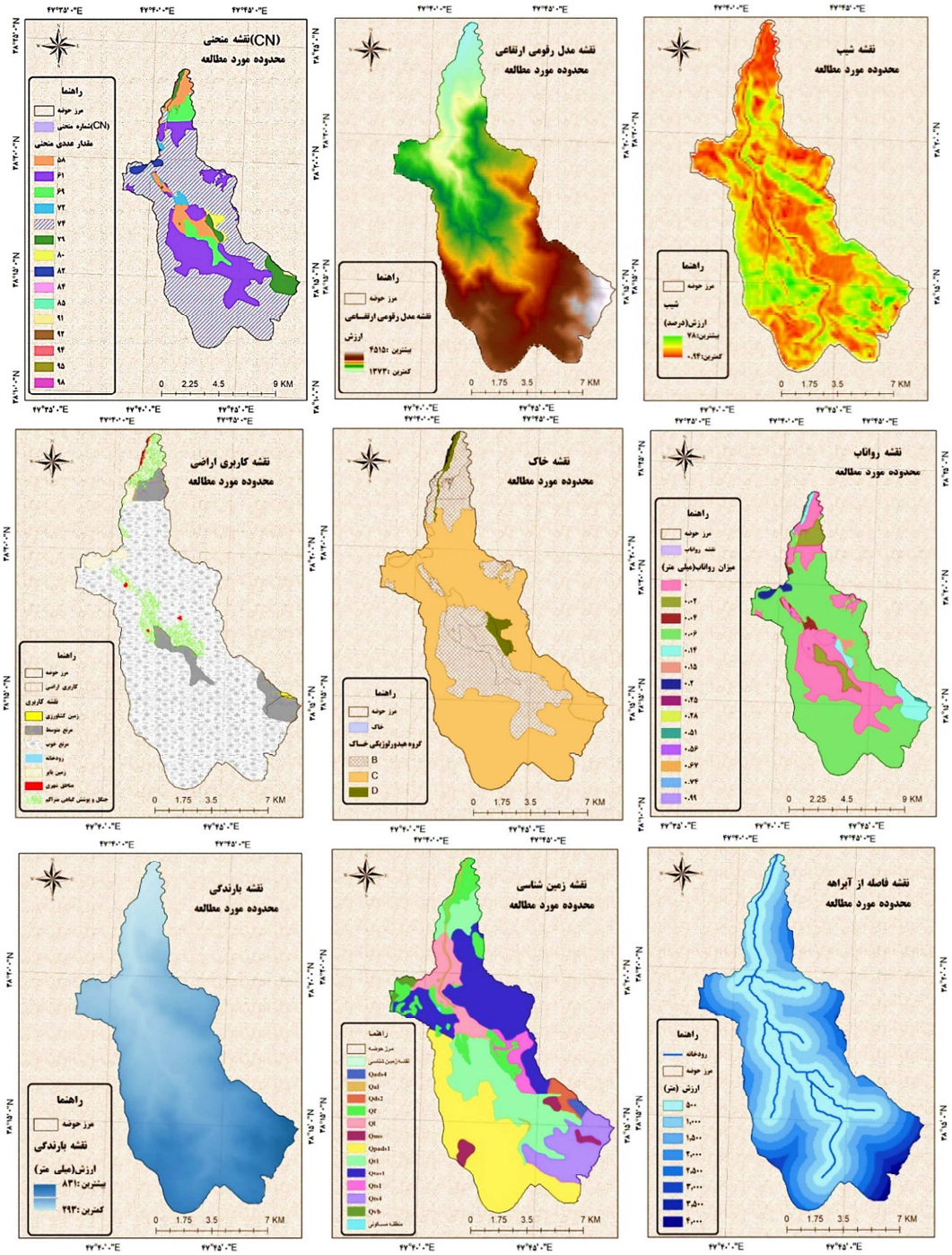
از معیارهای بسیار مهم و تاثیرگذار دخیل در رفتار حوضه آبخیز، شیب دامنه‌ها می‌باشد که در مقدار رواناب، میزان نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش نقش اساسی را ایفا می‌نماید. در حوضه مورد مطالعه، مقدار شیب بین ۰/۹۴ تا ۷۸ درصد است. در حوضه مطالعاتی؛ مقدار شیب در حوالی شهر به زیر ۵ درصد می‌رسد و در فاصله چند کیلومتری خارج از شهر مشکین شهر از سمت جنوب بر شدت شیب‌ها اضافه می‌شود و این افزایش مقدار شیب، تا ارتفاع دامنه‌های سبلان ادامه پیدا می‌کند. از زمره‌ی عوامل هم مؤثر دیگر در مقدار و نوع ویژگی‌های جوی، وضعیت پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق، میزان رواناب و در نهایت ایجاد سیلاب حوضه، عامل پستی و بلندی حوضه (ارتفاع)، می‌باشد. متوسط ارتفاع منطقه ۳۰۰۰ متر و حداقل ارتفاع کل محدوده ۱۳۷۳ و حداکثر ارتفاع آن ۴۵۱۵ متر می-باشد. جنوب محدوده دارای بیشترین ارتفاع است و ارتفاع شهر مشکین شهر از سطح دریا بین ۱۳۰۰ تا ۱۶۲۵ متر در نوسان است. در نواحی کوهستانی حوضه، پرتگاه‌های مشرف به درّه‌ها فراوان است و رودها برای رسیدن به تعادل اقدام به حفر بستر و عمیق‌تر کردن بستر خود می‌کنند، لذا میزان فرسایش و حمل مواد آبرفتی و رسوبی نیز در این قسمت از حوضه بسیار بالا است.

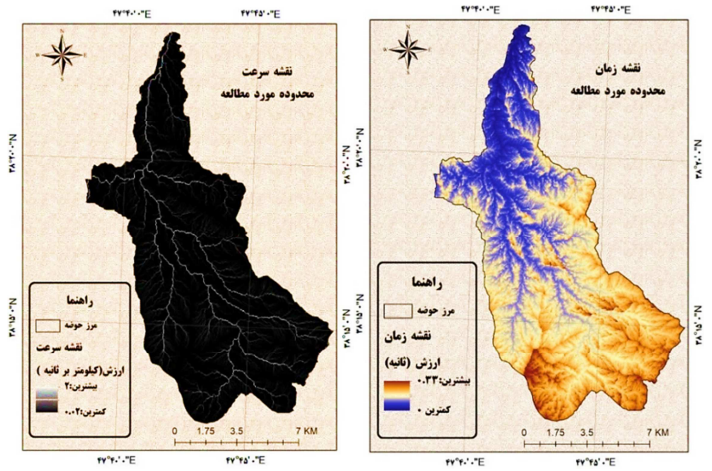
استفاده‌ی نامعقول از حریم مسیل‌های به ظاهر مساعد و بالقوه خطرناک که در معرض سیلاب‌های ادواری قرار دارند، از جمله‌ی مهمترین عوامل افزایش خسارات سیل محسوب می‌گردد. در حوضه‌ی مورد مطالعه با توجه به تراکم شبکه آبراهه، توپوگرافی کوهستانی، شیب زیاد حاکم بر منطقه، بارش زیاد (به ویژه بارش‌های ناگهانی و رگباری در فصل بهار) و نیز دائمی بودن رودخانه خیاوچای، فواصل نزدیک به رودخانه عمدتاً در معرض سیل‌خیزی قرار دارد. بارندگی را می‌توان مهم‌ترین عاملی دانست که به طور مستقیم در چرخه‌ی هیدرولوژی دخالت دارد. در حوضه مطالعاتی، فصل بهار، فصل بارش‌های ناگهانی ،ذوب برف‌ها، طغیان رودخانه و جاری شدن سیلاب‌های شدید در منطقه می‌باشد.

خصوصیات خاک روی تحول و پیدایش رواناب اثر داشته و باید در محاسبات مربوط به آن در نظر گرفته شود. خاک-ها با نفوذپذیری مناسب به میزان زیادی، آب‌های حاصل از بارندگی را به زمین نفوذ داده و باعث تغذیه‌ی سفره‌های زیرزمینی می‌گردد. در حالی که اراضی با بافت ریز و فشرده باعث می‌شود که آب نتواند در زمین نفوذ نموده، بلکه قسمت‌های زیادی از آب به صورت رواناب در سطح زمین جاری می‌شود. خاک‌های حوضه بالادست ایستگاه پل سلطان، شامل سه نوع گروه هیدرولوژیکی B، C و D می باشد. بیشتر مساحت منطقه از نوع خاک‌هایی است که دارای بافت ریز یا سنگین است و عملاً غیرقابل نفوذ بوده و پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند. خاک به همرا سنگ-شناسی منطقه، تا حدود زیادی تعیین‌کننده شدت و ظرفیت نفوذپذیری بوده و رواناب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هنگامی که سنگ‌ها قابلیت نفوذ کمی داشته باشند، به طور مستقیم باعث گسترش سیستم آبراهه‌ای می‌شوند و مقدار زیادی جریان سطحی ایجاد می‌کنند. منطقه مطالعاتی به لحاظ زمین‌شناسی از سازندهای گوناگون و متنوع مربوط به دوران‌های مختلف زمین شناسی تشکیل گردیده که بخش اعظم آن متعلق به تشکیلات آذرین می‌باشد. این تشکیلات که حاصل فعالیت‌های آتشفشانی اواخر دوران سوم و اوایل دوران چهارم زمین‌شناسی است که نفوذ-

پذیری پایین و به تبع مقدار رواناب زیاد است. در پاره‌ای مناطق با تشکیلات آهکی دوران‌های قبل برخورد نموده و مجموعه آهکی- آتشفشانی را بوجود آورده است.

کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب به روش‌های مختلفی تأثیر می‌گذارد. برای مثال؛ از بین بردن پوشش‌گیاهی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری، نفوذپذیری اراضی را کاهش داده و امکان سیل-خیزی را افزایش می‌دهد. نوع کاربری اراضی در سطح حوضه به هفت نوع کاربری زراعی، مرتع خوب، مرتع متوسط، زمین بایر، مسکونی، مناطق آبی، جنگل و پوشش گیاهی متراکم تقسیم می‌گردد و کاربری‌هایی با نفوذپذیر کم مقدار رواناب بیشتر (مناطق مسکونی، مراتع متوسط و اراضی بایر)، بیشترین پتانسیل وقوع سیلاب را در سطح حوضه مطالعاتی دارند. مقدار CN حوضه نیز بین ۵۸ تا ۹۸ متغیر است که در CN برابر ۹۸، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر با ارتفاع بارندگی خواهد بود. شماره منحنی کم‌تر، مربوط به مناطق با نفوذپذیری بالا و رواناب کم و شماره منحنی بالا (۹۸)، مربوط به مناطق با کم‌ترین نفوذپذیری و بالاترین رواناب می‌باشد. ارتفاع رواناب در محدوده مطالعاتی بین صفر تا ۰/۹۹ می‌باشد. پتانسیل تولید رواناب، در ارتفاعات منطقه که دارای شیب زیاد و تشکیلات زمین شناسی از نوع سخت (سنگ‌های آذرین) هستند و نیز در داخل محدوده شهری که سطح شهر از سطوح نفوذناپذیر و یا با نفوذپذیری کم (مانند سطوح آسفالتی و مناطق مسکونی و....) تشکیل شده است، مقادیر زیادی داشته و دارای بالاترین رده پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشد. مقادیر سرعت جریان در سطح محدوده مورد مطالعه، بین ۰/۰۲ تا ۲ متر در ثانیه می‌باشد. با توجه بـه ماهیـت کوهستانی رودخانه، شیب بستر رودخانه در طول مسیر نسـبتاً بـالا می‌باشد و نقاط دارای سرعت زیاد جریان، به طور عمده با مسیرهای اصلی روخانه در دره‌های پرشیب و اغلب با تشکیلات زمین‌شناسی از نوع سخت (سنگ‌های آذرین) و نفوذناپذیر منطبق هستند. در نقشه خطوط همزمان زمانی که طول می‌کشد تا آب به سمت خروجی جریان یابد، از صفر ثانیه (بارانی که بر روی خروجی نزول می‌کند) تا حدود ۶۸۰۰۰ ثانیه (در طول ۱۷ ساعت) متغییر است. در نهایت هرچه به نقطه خروجی حوضه نزدیک‌تر می‌شویم به مدت زمان رسیدن جریان آب از دورترین نقطه حوضه به این نقطه افزوده می‌شود. با استفاده از برآورد مدت زمان هم پیمایش می توان، مدت زمان رسیدن سیل به مناطق مسکونی یا کشاورزی و نقاط مخاطره‌آمیز در سطح حوضه را محاسبه نمود (شکل ۶)، نشان دهنده‌ی نقشه‌های معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه می‌باشد.


نقشه شیب
محدوده مورد مطالعه
نقشه مدل رقومی ارتفاعی
محدوده مورد مطالعه
نقشه منحنی(CN)
محدوده مورد مطالعه
نقشه روانآب
محدوده مورد مطالعه
نقشه خاک
محدوده مورد مطالعه
نقشه کاربری اراضی
محدوده مورد مطالعه
نقشه فاصله از آبراهه
محدوده مورد مطالعه
نقشه زمین شناسی
محدوده مورد مطالعه
نقشه بارندگی
محدوده مورد مطالعه
راهنما
0 1.75 3.5 7 KM
0 2.25 4.5 9 KM



شکل ۶: نقشه‌های معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه.

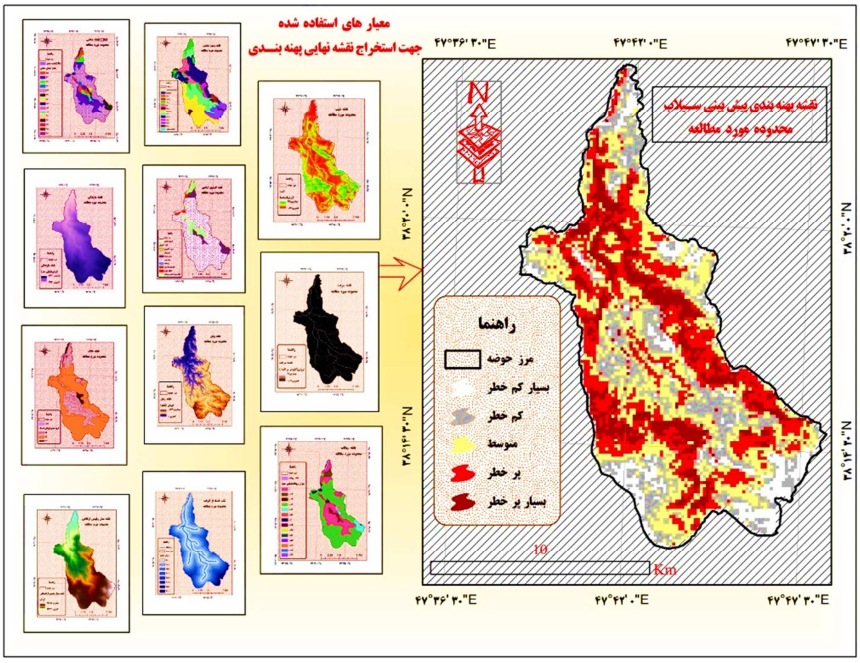
پس از تهیه نقشه‌های معیارهای مطرح در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب حوضه و اعمال کردن وزن‌های مربوطه (جدول ۴)، نقشه‌های حاصله وارد مدل آراس شده و با اعمال مراحل مختلف مدل بر روی نقشه‌ها، خروجی نهایی (شکل ۷)، در ۵ طبقه بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر بدست آمد. بنابر نتایج حاصل از وزن‌دهی، عوامل شیب، لیتولوژی، کاربری و ارتفاع، به ترتیب مهم‌ترین عوامل دخیل در شکل‌گیری جریان‌های سیلابی در منطقه می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده، به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۳۲/۰۲ کیلومترمربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند (جدول ۵). با بررسی نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب محدوده مورد مطالعه و مقایسه آن با نقشه-های معیار، می‌توان به این نتیجه دست یافت که مناطق بسیار پرخطر، در الویت اول، به طور عمده در مناطق پرشیب و کوهستانی منطقه (شیب بیش از ۵۰ درصد)، قرار دارد. در این مناطق پرخطر با توجه به اینکه بخش اعظم سازندها متعلق به تشکیلات مربوط به فعالیت‌های آتشفشانی اواخر دوران سوم و اوایل دوران چهارم زمین‌شناسی است، میزان نفوذپذیری بسیار پایین می‌باشد و ارتفاع رواناب و مقدار CN و میزان سرعت جریان نیز در این مناطق بالا می‌باشد. همچنین شایان ذکر می‌باشد، در مناطق کوهستانی و ارتفاعات موجود در حوضه، با توجه به اینکه اغلب سنگ‌شناسی ارتفاعات از سنگ‌های جوان آتشفشان سبلان و لاهارها (رسوبات فاقد پیوستگی و سیمان می‌باشد) تشکیل شده است. به احتمال بسیار قوی، دامنه‌های کوه به آسانی شسته شده و همراه سیلاب حجم بسیار زیاد سنگ‌های آتشفشانی توسط آب حمل گردد و چه بسا وارد مناطق مسکونی موجود در شهر و روستا شده و مشکلات ناشی از وقوع سیلاب را دو چندان نماید (همانند اتفاقی که در پی سیل ۱۳۸۱ موئیل مشکین شهر، رخ داد).

در الویت دوم مناطق با پتانسیل خطر بالا، در محل ورود رود به محدوده شهری مشکین‌شهر قرار دارند. پارک حاشیه رودخانه در مشکین‌شهر، در مسیر جاده اردبیل – مشکین شهر، درست در کنار شهر مشکین شهر، در این محدوده قرار دارد. در این محل، از قدیم، با توجه به وجود بستر مناسب در دو سمت دو روخانه، نسبت به کاشت درختان و همچنین کاربری کشاورزی اقدام شده است و در طی سال‌های اخیر با ایجاد امکانات رفاهی به عنوان پارک و تفرجگاه تفریحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما نکاتی که باید بدان توجه داشت این امر می‌باشد که بخش اعظمی از اراضی پارک در زمین‌های بستر رودخانه احداث شده اند که همیشه خطر سیل آنها را تهدید می‌نماید. به علاوه، پل احداثی

بر روی رودخانه، در این بخش از خیاوچای، معبر عبور سیلاب را بشدت تنگ نموده است و باعث افزایش غیر طبیعی سطح آب در بالادست آن می‌گردد. همچنین، شهر مشگین شهر، در سمت شرق، دره عمیق خیاوچای قرار دارد که رودخانه خیاوچای در آن جریان دارد. دو دره شعاعی دیگر در مسیر طبیعی، جریان آب‌های سطحی را تشکیل می-دهد که در امتداد آن‌ها محلات مسکونی توسعه یافته‌اند که در معرض سیل و جریان شدید آب‌های سطحی می-باشند. با توجه به اینکه بیشتر سطح شهر از سطوح آسفالتی و مسکونی تشکیل شده است، مقدار نفوذپذیری بسیار کم می‌باشد و در مقابل مقدار رواناب (۹۹ درصد) و CN (منحنی بالای ۸۰) است.

جدول ۴: وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی سیلاب.

معیار	مجموع تضاد	انحراف معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
شیب	۱۱/۲۲۲	۰/۳۱۱	۳/۴۹۹	۰/۱۶۴
ارتفاع	۸/۸۱۶	۰/۲۲۱	۲/۴۸۲	۰/۱۱۶
بارش	۹/۲۸۴	۰/۲۱۴	۰/۲۱۴	۰/۰۱۰
سرعت	۷/۹۴۵	۰/۲۵۵	۲/۰۳۱	۰/۰۹۵
CN	۹/۹۲۱	۰/۱۴۶	۱/۴۵۸	۰/۰۶۸
رواناب	۹/۰۸۴	۰/۱۱۷	۱/۰۶۲	۰/۰۴۹
فاصله از رودخانه	۸/۹۰۵	۰/۱۱۷	۱/۰۴۹	۰/۰۴۹
خاک	۸/۲۷۹	۰/۲۲۰	۱/۸۲۳	۰/۰۸۵
لیتولوژی	۱۱/۰۷۲	۰/۳۰۰	۳/۳۲۳	۰/۱۵۶
کاربری	۹/۳۰۱	۰/۲۶۹	۲/۵۱۰	۰/۱۱۸
زمان	۸/۴۴۰	۰/۲۱۳	۱/۸۰۲	۰/۰۸۴

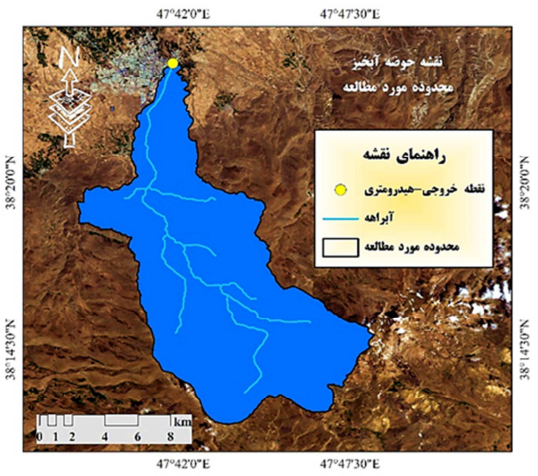


شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه‌ی بالا دست ایستگاه پل سلطان مشکین‌شهر.

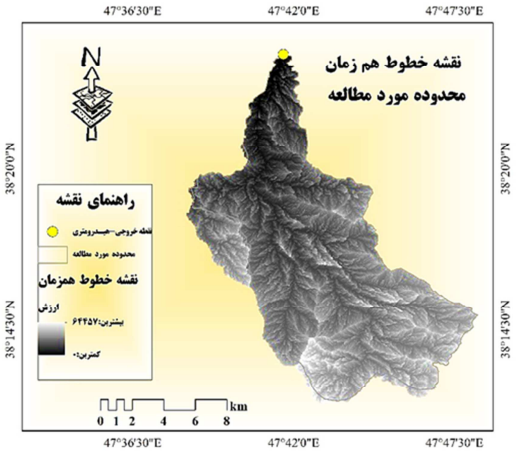
جدول ۵: اطلاعات طبقات خطر سیلاب حوضه‌ی مورد مطالعه.

طبقه خطر	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم خطر	بسیار کم خطر
مساحت به کیلومترمربع	۲۹/۴۶	۳۲/۰۲	۳۰/۶۶	۳۰/۷۴	۱۳/۵۰
مساحت به درصد	۱۶/۰۶	۲۵/۱۴	۲۴/۰۷	۲۴/۱۳	۱۰/۶۰

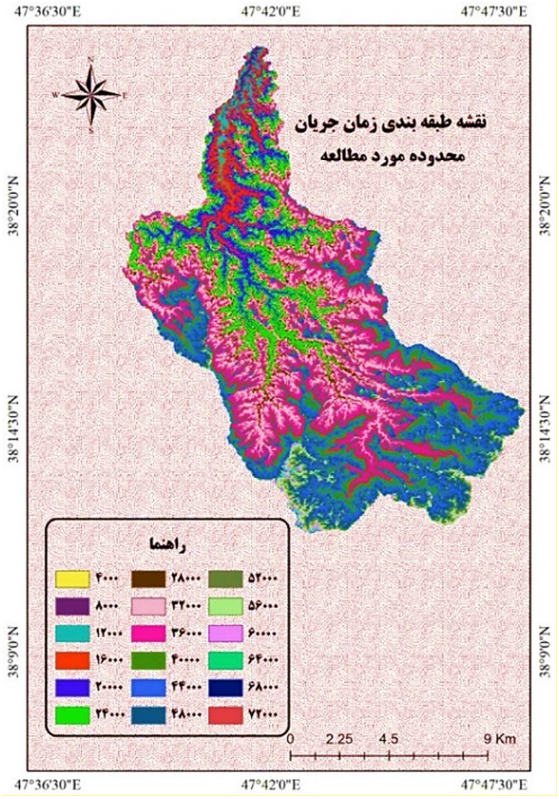
با انجام مراحل پژوهش و با توجه به نقشه های جهت و سرعت جریان، نقشه خطوط هم‌بارش زمان در سطح حوضه مورد مطالعه، به دست آمد (شکل ۸و ۹). با توجه به اینکه، لایه رستری زمان جریان شامل تعداد بسیار زیادی از مقادیر منحصر به فرد است که آنالیز بعدی را پیچیده می‌کند. برای آسان‌تر شدن کار، لایه زمان جریان را به مناطق ایزوکرونه یا هم‌زمان طبقه‌بندی کردیم (شکل ۱۰). ایزوکرونه یک خط کانتور است که از نقاط تقریباً برابر زمان حرکت به سمت خروجی حوضه عبور می‌کند که در این پژوهش ۱۸ لایه ایزوکرون طبقه‌بندی شده است. ما خطوط هم پیمایش یا ایزوکرنه را در فواصل زمانی برابر ۴۰۰۰ ثانیه یا یک ساعت تعریف کرده‌ایم. برای مناطق بزرگ تر، می‌توان از فواصل مختلفی برای ایزوکرون‌ها استفاده کرد، اما برای حوضه مورد پژوهش، این فاصله زمانی یک ساعته کافی و مناسب است. با این فواصل زمانی، هر سلول در اولین منطقه هم‌پیمایش حدود ۴۰۰ ثانیه طول می‌کشد تا به نقطه خروجی برسد. در دومین منطقه هم‌پیمایش، حدود ۸۰۰۰ ثانیه طول می‌کشد تا به نقطه خروجی برسد. در نهایت هرچه به نقطه خروجی حوضه نزدیک‌تر می شویم به مدت زمان رسیدن جریان آب از دورترین نقطه حوضه به این نقطه افزوده می‌شود. به طوری که به ترتیب ۶۴۰۰۰ و ۶۸۰۰۰ ثانیه طول می‌کشد تا جریان آب به لایه‌های ایزوکرون ۱۷ و ۱۸ برسد.



شکل ۸. نقشه حوضه آبخیز حوضه مورد مطالعه.



شکل ۹. نقشه خطوط هم زمان حوضه مورد مطالعه.

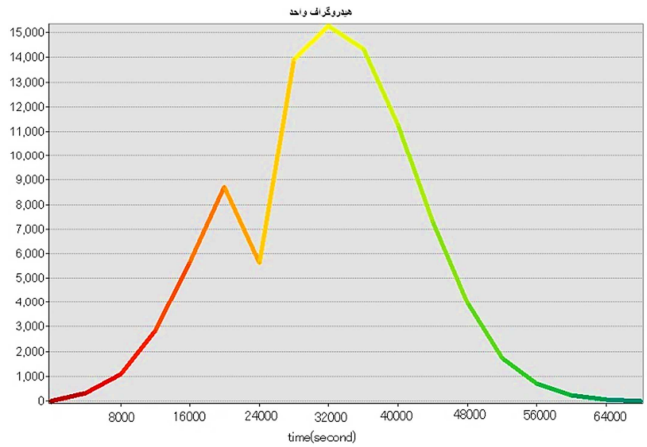


شکل ۱۰. نقشه طبقه‌بندی زمان جریان حوضه مورد مطالعه.

نقشه ایزوکرونه به جدول شماره (۶)، تبدیل گردید که رابطه بین زمان و مساحت جریان آب به خروجی را نشان می-دهد. سپس با توجه به این جدول، هیدروگراف واحد (شکل ۱۱)، ترسیم شد. بررسی هیدروگراف حاصل نشان می-دهد که مجموع جریانی که به خروجی حوضه می‌رسد با گذشت زمان شدت بیشتری پیدا می‌نماید. می توان بیان داشت با تخمین مدت زمان هم پیمایش مبتی بر DEM و GIS می توان، مدت زمان رسیدن سیل به مناطق مسکونی یا کشاورزی و نقاط مخاطره‌آمیز در سطح حوضه را محاسبه نمود. به علاوه می‌توان مدت زمان لازم جهت حرکت و اقدامات لازم برای امدادرسانی به مناطقی که احتمال سیل‌گیری در آن مناطق وجود دارد را محاسبه کرد.

جدول ۶: ویژگی‌های مستخرج از نقشه هم‌زمان پیمایش.

ایزوکرون	زمان (ثانیه)	تعداد جریان آبی	مساحت هر ایزوکرن (مترمربع)	میزان تخلیه اضافی آب در نقطه خروجی (متر مربع)
۱	۴۰۰۰	۲	۱۸۰۰	۱
۲	۸۰۰۰	۶۷۲	۶۰۴۸۰۰	۳۳۶
۳	۱۲۰۰۰	۲۱۹۰	۱۹۷۱۰۰۰	۱۰۹۵
۴	۱۶۰۰۰	۵۶۹۶	۵۱۲۶۴۰۰	۲۸۴۸
۵	۲۰۰۰۰	۱۱۲۸۶	۱۰۱۵۷۴۰۰	۵۶۴۳
۶	۲۴۰۰۰	۱۷۴۰۷	۱۵۶۶۶۳۰۰	۸۷۰۳/۵
۷	۳۰۰۰۰	۱۱۲۶۲	۱۰۱۳۵۸۰۰	۵۶۳۱
۸	۳۴۰۰۰	۲۷۸۳۵	۲۵۰۵۱۵۰۰	۱۳۹۱۷/۵
۹	۴۰۰۰۰	۳۰۵۳۹	۲۷۴۸۵۱۰۰	۱۵۲۶۹/۵
۱۰	۴۴۰۰۰	۲۸۶۶۵	۲۵۷۹۸۵۰۰	۱۴۳۳۲/۵
۱۱	۴۶۰۰۰	۲۲۵۰۵	۲۰۲۵۴۵۰۰	۱۱۲۵۲/۵
۱۲	۴۸۰۰۰	۱۴۶۳۶	۱۳۱۷۲۴۰۰	۷۳۱۸
۱۳	۵۰۰۰۰	۷۸۷۸	۷۰۹۰۲۰۰	۳۹۳۹
۱۴	۵۲۰۰۰	۳۴۷۵	۳۱۲۷۵۰۰	۱۷۳۷/۵
۱۵	۵۶۰۰۰	۱۳۹۷	۱۲۵۷۳۰۰	۶۹۸/۵
۱۶	۶۰۰۰۰	۴۷۸	۴۳۰۲۰۰	۲۳۹
۱۷	۶۴۰۰۰	۱۲۲	۱۰۹۸۰۰	۶۱
۱۸	۶۸۰۰۰	۱۰	۹۰۰۰	۵



شکل ۱۱: هیدروگراف حاصل از روش تعیین خطوط هم‌زمان پیمایش.

نتیجه گیری

مخاطرات سیلاب یکی از مهم‌ترین و پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی ایران می‌باشد که در سال‌های اخیر تکرار و شدت وقوع آن بیشتر شده است. یکی از راه‌های کاهش و جلوگیری از خسارات ناشی از این مخاطره شناخت و پهنه-بندی مناطق پرخطر سیلاب می‌باشد. در این پژوهش سعی شد، در چهارچوب تکنیک آراس که به عنوان یکی از فنون برجسته تحلیل چند معیاری محسوب می شود، تاثیر مولفه‌های دخیل در شکل‌گیری پتانسیل سیل‌خیزی مورد توجه قرار گیرد و در برایند استفاده عملیاتی از روش مذکور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، به ارائه چارچوب قاعده‌مندی در تعیین و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در سطح محدوده مورد مطالعه، اقدام شود. بنابر نتایج حاصل از وزن‌دهی، از بین عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب محدوده مطالعاتی، عوامل شیب با ضریب وزنی (۰/۱۶۴)، لیتولوژی با ضریب وزنی (۰/۱۵۶)، کاربری با ضریب وزنی (۰/۱۱۸) و ارتفاع با وزن (۰/۱۱۶)، به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد سیلاب در منطقه می‌باشند. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که به ترتیب ۱۶/۰۶ و ۲۵/۱۴ درصد از محدوده مطالعاتی در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد. مناطق پر خطر در الویت اول، به طور عمده در مناطق پرشیب و کوهستانی منطقه و در الویت دوم در محل ورود رودخانه به محدوده شهری مشکین‌شهر (که نقطه خروجی حوضه مورد مطالعه نیز می‌باشد)، قرار دارند.

نتایج مطالعه حاکی از توان بالای منطقه مورد مطالعه از لحاظ ایجاد خطر سیلاب می‌باشد، لذا اراضی با احتمال خطر بسیار زیاد و زیاد، اراضی هستند که باید اقدامات حفاظتی و آبخیزداری (مانند: جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک، کاهش بار رسوبی آب، کاهش سرعت و شدت جریان رواناب، افزایش زمان تمرکز سیلاب، ایجاد فرصت برای نفوذ آب در لایه‌های زیرین حوضه و تغذیه آبخوان‌ها، کشت گیاهان مناسب با شرایط جغرافیایی دامنه‌ها و احیاء مراتع و ایجاد عرصه‌های فضای سبز) در آن انجام گیرد. نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب مستخرج از تکنیک آراس، در پژوهش حاضر، می‌تواند در تعیین مناطق مناسب برای انتخاب مکان مناسب برای ساخت و سازها، در طراحی پروژه‌ها، مدیریت‌های محیطی، اجرای برنامه‌ها، طرح‌های عمرانی و هرگونه ساخت و سازها و فعالیت‌های زیربنایی در محدوده مورد مطالعه، به منظور انتخاب استراتژی صحیح و مناسب و دوری از مناطق پرخطر، مورد استفاده قرار گیرد و براساس نقشه پهنه-بندی خطر سیل ارائه شده می‌توان اقدامات مدیریتی مناسبی را برای کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل در آینده، برای منطقه مورد مطالعه انجام داد.

منابع

اسفندیاری درآباد فریبا، لایقی صدیقه، مصطفی زاده رئوف، حاجی خدیجه، (۱۴۰۰)؛ پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز قطورچای با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و WLC، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۸، شماره ۲، صص:۱۵۰-۱۳۵.

اوزی، رمضان، (۱۳۹۰)؛ جغرافیای مخاطرات (مخاطرات طبیعی و انسانی)، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

آنامرادنژاد، رحیم بردی، نیک‌پور، عامر و زهره حسنی، (۱۳۹۷)؛ تحلیل کالبدی– فضایی نواحی شهری بر اساس شاخص‌های رشد هوشمند شهری (مطالعه موردی: شهر بابل)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۹، شماره ۳۴، صص: ۳۰-۱۹.

خورشیدی شهناز، رستمی، نورالدین و امین صالح‌پور جم، (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.

دیانی، لیلا، پورطاهری، مهدی، رکن الدین افتخاری، عبدالرضا و حسن احمدی، (۱۳۹۷)؛ رتبه بندی سازه های اصلی ساماندهی بافت های فرسوده روستاهای پیرامون کلان شهرها با استفاده از روش ارزیابی نسبت تجمعی (ARAS) (مطالعه موردی: پیرامون کلان‌شهر تهران)، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۲، شماره ۳، صص: ۱۴۵-۱۸۱.

رضائی‌مقدم، محمدحسین، رضایی بنفشه درق، مجید، فیضی‌زاده، بختیار، حسین نظم‌فر، حسین، (۱۳۸۹)؛ طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی بر اساس تکنیک شی‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی، دوره ۲۳، شماره ۲، صص: ۳۲-۱۹.

رضائی مقدم، محمدحسین، مختاری، داود، شفیعی مهر، مجید، (۱۴۰۰)؛ پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز شهر چای میانه با استفاده از مدل ویکور، *هیدروژئومورفولوژی*، دوره ۸، شماره ۲۸، صص: ۳۷-۱۹.

شکوهی، علیرضا و بهرام ثقفیان، (۱۳۸۵)؛ مقایسه روش‌های استخراج خطوط همزمان پیمایش برای استفاده در روش روندیابی زمان – مساحت، تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۲، شماره ۳، صص: ۵۰-۳۹.

عابدینی، موسی، (۱۳۹۵)؛ هیدروژئومورفولوژی شهری، انتشارات نگین سبلان.

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

علیزاده رضا، ایزدی حسن و مجتبی آراسته، (۱۴۰۰)؛ رتبه‌بندی ظرفیت گردشگری طبیعت‌محور در مناطق کوهستانی، نمونه موردی: منطقه شرقی استان لرستان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۵، شماره۱،صص: ۱۱۷-۱۴۲.

علیزاده، امین، (۱۳۹۰)؛ اصول هیدرلوژی کاربردی، چاپ سی و سوم، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی.

فیضی‌زاده، بختیار، جعفری، فیروز و حسین نظم‌فر، (۱۳۸۷)؛ کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز) ، هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صص: ۲۴-۱۷.

موسوی، معصومه، نگهبان، سعید، رخشانی مقدم، حیدر و محسن حسین‌زاده، (۱۳۹۵)؛ ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، صص: ۹۸-۷۹.

نفرزادگان، علی‌رضا، محمدی‌فر، علی‌اکبر، وقارفرد، حسن و معصومه فروزان‌فرد، (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.

Baumgertel, A., Luki´c, S., Belanovi´c Simi´c, S., Kadovi´c, R. (2019); Identifying Areas Sensitive to wind Erosion—A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia), Appl. Sci., Vol 9: 1-12.

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.

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.

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.

Green, C., Diepernk, G., EK, K., Hegger, D., Pettersson, M., Priest, S., Tapsell, S. (2014). Flood risk management in Europe: the flood problem and interventions, Star flood. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=15202

Hoseini, H. (2019); Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation, Information Processing in Agriculture, Vol 6: 11-19.

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, Vol 3(1): 17-24.

Samanta, S., Koloa, C., Kumar Pal, D., Palsamanta, B. (2016); Flood Risk Analysis in Lower Part of Markham River Based on Multi-Criteria Decision Approach (MCDA), Hydrology, 3 (29):1-13.

Shivaprasad Sharma, S.V., Parth Sarathi, R., Chakravarthi, V., Srinivasa Rao, G. (2018); Flood risk assessment using multi-criteria analysis: a case study from Kopili River Basin, Assam, India, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol 9(1): 79-93.
Silalahia, F.E.S., Hidayatb, F. (2019); Modelbuilder and Unit Hydrograph for Flood Prediction and Watershed Flow Direction Determination at The West Branch of the Little River, Stowe, Lamoille County, Vermont, USA, Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning, 6 (2): 89-98.
Tuş, A, Aytaç Adalı, E, (2019); The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. Opsearch 56(3):528–538.
Ward, P. J., Eisner, S., Florke, M., Dettinger, M. D., Kummu, M. (2014). Annual flood sensitivities to El Nino- Southern Oscillation at the global scale. Hydrology and Earth System Sciences, Vol 18: 47-66.
Yoo, CH., Huy, P. D., Jun, CH., Na, W. (2021); Hillslope Contribution to the Clark Instantaneous Unit Hydrograph: Application to the Seolmacheon Basin, Korea, Water, 13 (12): 1-18.
Zavadskas, E., Turskis, Z. (2010); a new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, Technological and Economic Development of Economy, 16 (2): 159-172.
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, Vol 61: 1-52.

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. (2016); Urban Hydrogeomorphology, Negin Sabalan Publications. [In Persian]
Abedini, M., Piroozi, E., Aghayary, L., Ostadi, E. (2018); Flood hazard zonation in the Meshkinshar Township using by VIKOR model. Territory, 14(56): 21-34. [In Persian]
Alizadeh, A. (2011); Principles of Applied Hydrology, 33rd Edition, Ferdowsi University of Mashhad, Khorasan Razavi. [In Persian]
Alizadeh, R., Izady, H., Arasteh, M. (2021); Ranking of Nature-based Tourism Capacity in Mountainous Regions, Case Study: Eastern Region of Lorestan Province. MJSP, 25 (1) :117-142. [In Persian]
Anamoradnejad, R B., Nikpour, A., Hasani, Z. (2018); The Physical-Spatial Analysis of Urban Areas Based on the Indicators of the Urban Smart Growth (A Case Study: Babol). 9(34): 19-30. [In Persian]
Dayyani, L., Poor-taheri, M., Rokneddin-Eftekhari A., Ahmadi, H. (2018); Ranking of Basic Elements for organizing of Rural Deteriorated Textures on Fringes of Metropolises Using ARAS Method (Case Study: Fringes of Tehran Metropolis) Planning and arranging space, 22 (3):145-181. [In Persian]
Esfandiary Darabad, F., Layeghi, S., Mostafazadeh, R., Haji, K., (2021); The zoning of flood risk potential in the Ghotorchay watershed with ANP and WLC multi-criteria decision-making methods. Jsaeh, 8 (2) :135-150 [In Persian]
Faizizadeh, B., Jafari, F., Nazmafar, H. (2008); Application of Remote Sensing Data in Detecting Changes in Urban Land Uses (Case Study of Tabriz Green Space), Fine Arts, No. 34: 24-17. [In Persian]
Khourshidi, S., Rostami, N., Salehpourjam, A. (2021); Prioritizing flood producing potential in ungauged watersheds using the AHP-VIKOR method (Case study: Haji-Bakhtiar Watershed, Ilam). Environmental Erosion Research, 11 (2) :66-92. [In Persian]
Mosavi, S., Negahban, S., Rakhshaninasab, H., Hossainzadeh, S. (2017); Assessment and zoning Flood risk by using Fuzzy logic TOPSIS in GIS (Case study: Baghmalek urban catchment). Journal of Natural Environmental Hazards, 5(10): 79-98. [In Persian]
Nafarzadegan, A., Mohammadifar, A., Vagharfard, H., 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, 8(2): 27-45. [In Persian]
Ozey, Ramazdan. (2011); hazards Geography (natural and human hazards), Tabriz University Press, Tabriz. [In Persian]
Rezaei Moghaddam, M.H., Rezaei Banafsheh Daragh, M., Faizizadeh, B., Nazmafar. (2010); Land use /land cover classification based on Object-oriented technique and satellite image Case study: West Azerbaijan Provinces Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 23(2): 19-31. [In Persian]
Rezaei Moghaddam, M., Mokhtari, D., Shafieimehr, M. (2021). Zoning flood risk in the Shahr Chai Watershed in Miyaneh using the Vikor model. *Hydrogeomorphology*, 8(28): 19-37. [In Persian]
Shokoohi, A., Saghafian, B. (2007); Isochrones Mapping Methods in Time-Area Routing Technique. Iran-Water Resources Research, 2(3): 39-50. [In Persian]

References (in English)

Baumgertel, A., Luki´c, S., Belanovi´c Simi´c, S., Kadovi´c, R. (2019); Identifying Areas Sensitive to wind Erosion—A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia), Appl. Sci., Vol 9: 1-12.
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.
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.
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.
Green, C., Diepernk, G., EK, K., Hegger, D., Pettersson, M., Priest, S., Tapsell, S. (2014). Flood risk management in Europe: the flood problem and interventions, Star flood. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=15202
Hoseini, H. (2019); Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation, Information Processing in Agriculture, Vol 6: 11-19.
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, Vol 3(1): 17-24.
Samanta, S., Koloa, C., Kumar Pal, D., Palsamanta, B. (2016); Flood Risk Analysis in Lower Part of Markham River Based on Multi-Criteria Decision Approach (MCDA), Hydrology, 3 (29):1-13.
Shivaprasad Sharma, S.V., Parth Sarathi, R., Chakravarthi, V., Srinivasa Rao, G. (2018); Flood risk assessment using multi-criteria analysis: a case study from Kopili River Basin, Assam, India, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol 9(1): 79-93.
Silalahia, F.E.S., Hidayatb, F. (2019); Modelbuilder and Unit Hydrograph for Flood Prediction and Watershed Flow Direction Determination at The West Branch of the Little River, Stowe, Lamoille County, Vermont, USA, Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning, 6 (2): 89-98.

Tus, A, Aytaç Adalı, E, (2019); The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. Opsearch 56(3):528–538.
Ward, P. J., Eisner, S., Florke, M., Dettinger, M. D., Kummu, M. (2014). Annual flood sensitivities to El Nino- Southern Oscillation at the global scale. Hydrology and Earth System Sciences, Vol 18: 47-66.
Yoo, CH., Huy, P. D., Jun, CH., Na, W. (2021); Hillslope Contribution to the Clark Instantaneous Unit Hydrograph: Application to the Seolmacheon Basin, Korea, Water, 13 (12): 1-18.
Zavadskas, E., Turskis, Z. (2010); a new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, Technological and Economic Development of Economy, 16 (2): 159-172.
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, Vol 61: 1-52.