پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین‌شهر با استفاده از مدل ویکور

موسی عابدینی[١]، الناز پیروزی[٢]*، لیلا آقایاری[٣]، الناز استادی[٤]

[١] دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی

[٢] دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولیک دانشگاه محقق اردبیلی

[٣] دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولیک دانشگاه محقق اردبیلی

[٤] دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ١٣٩٥/١١/١٠ **تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٦/٠١/٢٦**

چکیده

سیلاب یکی از مهم‌ترین و پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی ایران می‌باشد. شهرستان مشکین‌شهر به لحاظ شرایط توپوگرافی و اقلیمی، بسیار مستعد جهت شکل‌گیری سیلاب می‌باشد. بنابراین هدف تحقیق حاضر، پهنه‌بندی قسمتی از شهرستان مشکین‌شهر به مساحت ٣١٨ کیلومترمربع، از لحاظ پتانسیل وقوع سیلاب می‌باشد. در این مطالعه ابتدا، ده عامل شیب، ارتفاع، بارش، دما، CN، ارتفاع رواناب، فاصله از رودخانه، خاک، لیتولوژی و کاربری اراضی، به‌عنوان عوامل مؤثر برای ایجاد سیلاب در منطقه شناسایی شدند. سپس لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تهیه گردید. استانداردسازی نقشه‌ها با استفاده از روش فازی انجام شد. تحلیل و مدل‌سازی نهایی با استفاده از مدل ویکور، انجام گردید. نتایج مطالعه نشان داد، عوامل ارتفاع، لیتولوژی، بارش و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب ٢٣/٣٧ و ٥٢/٥٠ کیلومترمربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند.

کلید واژه‌ها: پهنه‌بندی، سیلاب، مشکین‌شهر، مدل ویکور

مقدمه

یکی از پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی دنیا، مخاطرات سیلاب می‌باشد که منشأ آب‌وهوایی- هیدرولوژیکی داشته و به صورت ناگهانی و در اثر عوامل مختلف رخ می‌دهد. در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی، سیلاب‌ها با فراوانی زیاد و در فضایی گسترده اتفاق می‌افتند (گرین[٢] و همکاران، ٢٠١٤: ص٣؛ وارد[٣] و همکاران، ٢٠١٤: ص١).

* نویسنده عهده دار مکاتبات: piroozielnaz@yahoo.com

[2] Green
[3] Ward

این پدیده نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در تمام جهان شایع‌ترین مخاطره طبیعی است (لسکنز[1] و همکاران، ۲۰۱٤: ص۵۳).

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: ص ۸٤۰). 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]، ۲۰۱۱: ص ۱۸؛ تاین‌سنچلی[3]، ۲۰۱۲: ص ۱). در۲۰ سال اخیر این پدیده هر ۲ سال یک بار اتفاق می‌افتد. به طورکلی مخاطرات سیلاب، ۱۹٪ از کل مخاطرات را در جهان شامل می‌شود. همچنین ۱۹٪ قربانیان ، ۲۱٪ مجروحین ، ٤۱٪ خسارات ، ٦٦٪ بی‌خانمان‌ها و ٤۹٪ تأثیر پذیران از کل مخاطرات در جهان مربوط به این مخاطره می‌باشد (اوزی، ۱۳۹۰: ص ۲۸۸). هرساله سیلاب‌ها بیش از ۲۰۰۰ نفر را از بین می‌برند و به ۷۵ میلیون نفر از جمعیت مردم در جهان تأثیر می‌گذارند (محمدی، ۱۳۹۰: ص ۷۳).

کشور ایران (به ویژه شمال غرب ایران)، نیز از خطر بروز سیل مصون نمی‌باشد. به عنوان مثال سیلاب سال ۱۳۷۱ که در بیش از ۱۱ استان کشور جاری شد و ۵۰۰ نفر کشته و یک میلیارد دلار خسارت برجای گذاشت (امیدوار، ۱۳۹۰: ص ۱۸۲). یکی از روش‌های مدیریتی مواجهه با سیل، پهنه‌بندی سیل می‌باشد. نقشه‌های پهنه‌بندی سیل اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهند.

پژوهش‌های ارزنده‌ای، به ویژه در سال‌های اخیر با روش‌های مختلفی، به منظور بررسی و مطالعه سیلاب در نواحی مختلف ایران و جهان، صورت گرفته است. قنواتی و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه‌ی فرحزاد تهران با استفاده از منطق فازی پرداختند که در این زمینه اقدام به تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی همچون شیب، انحناء پروفیل، پلانیمتریک، ارتفاع، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، لندفرم‌ها و کاربری اراضی کردند. در نهایت دریافتند که نواحی با خطر سیل بسیار بالا در پایین‌دست حوضه و منطبق بر درّه‌ی اصلی فرحزاد هستند که این نواحی شیب‌های ۲۰-٤۰ درصد را شامل می‌شود. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹٤)، در مطالعه‌ای، با استفاده از روش ویکور به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای پرداختند و نتایج بدست آمده نشان داد که عوامل شیب، ارتفاع و فاصله از شبکه آبراهه، بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در حوضه‌ی آق لاقان چای دارند. به طور عمده مناطق بسیار پرخطر در قسمت پرشیب شمال و جنوب غربی حوضه مطالعاتی قرار دارند. غفاری گیلانده و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای به برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب در شهرستان مشگین‌شهر پرداختند. در این مطالعه شماره منحنی CN، در ۵ کلاس از ۳۲ تا ۹۸ و ارتفاع رواناب از صفر تا ۹۹ درصد، در ۵ طبقه بدست آمد. رونالد کلیمنت[4] (۲۰۱۳)، در شهر مکیوردی نیجریه، با استفاده از سامانه اطلاعات

[1] Leskens
[2] Kolawole
[3] Tingsanchali
[4]-Roland Clement

جغرافیایی و داده‌های رقومی توپوگرافی، خاک، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، اقلیم، جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی به پهنه‌بندی خطر وقوع سیل پرداخت. نقشه طبقه‌بندی خطر سیل‌خیزی نشان داد که به طور کلی شهر پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب دارد. لاول[1] و همکاران (۲۰۱٤)، در شهر پرلیز مالزی، مطالعه‌ای به منظور تجزیه و تحلیل مدل استخراج میزان سیلاب و عوامل موثر بر سیلاب انجام دادند. در نهایت با ترکیب داده‌های سنجش از دور و سستم اطلاعات جغرافیایی، سه عامل زمین شناسی، کاربری زمین و شیب به عنوان عوامل مهم در سیل‌خیزی ذکر شد. ین[2] و همکاران (۲۰۱۵)، در حوضه رودخانه هوآه، با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پهنه‌بندی خطر سیلاب را انجام داده‌اند. نتایج نشان می دهد که استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، در ارزیابی خطر سیلاب‌های حوضه در سال‌های ۱۹٦۰ تا ۲۰۱۰، بسیار سازگاربوده است.

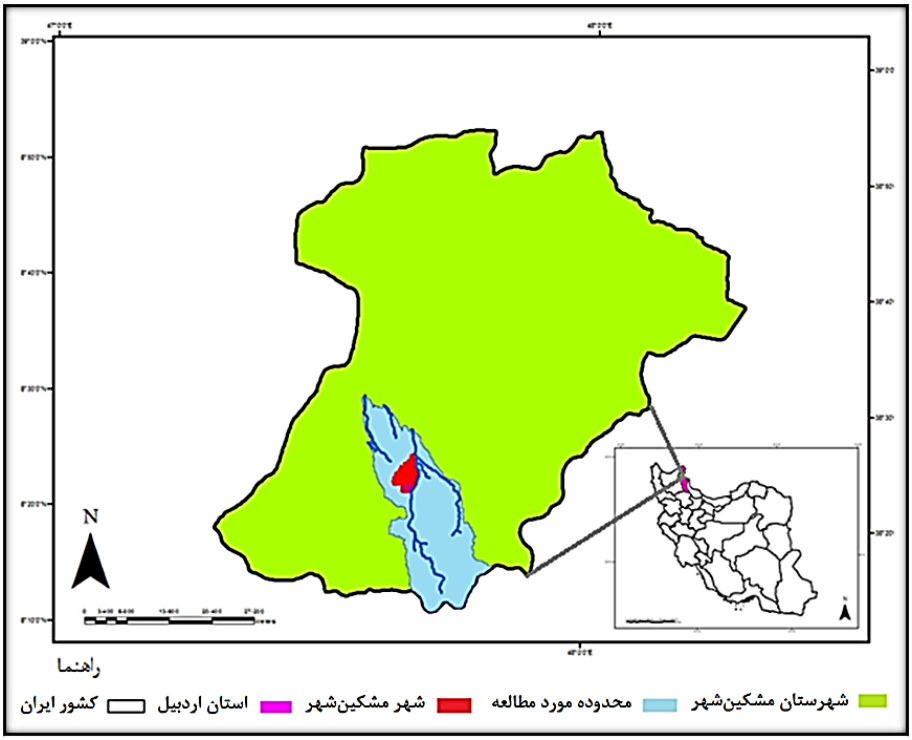
شهرستان مشکین‌شهر به لحاظ شرایط خاص منطقه، مانند توپوگرافی، شیب و شرایط اقلیمی (بارش‌های ناگهانی و رگباری بهاری، ذوب برف‌ها، طغیان رودخانه‌ها در بهار)، از پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب برخوردار می‌باشد و وقوع سیلاب‌ها، منجر به آسیب‌ها و خسارات مالی و جانی متعدد از جمله تخریب راه‌های ارتباطی و هدر رفتن منابع با ارزش خاک در این شهرستان می گردد. به عنوان مثال: سیل ۱۳۸۰ مشکین‌شهر علاوه بر خسارات اقتصادی، موجب کشته شدن ۳۰ نفر و نیز صدها مجروح و مفقود گردید (عابدینی، ۱۳۹۵: ص ۱٤۰). از آن جهت که مطالعات بسیار اندکی در زمینه پهنه‌بندی سیلاب در محدوده شهرستان صورت گرفته است، ضروری است که در مورد دلایل و عوامل اصلی سیل در این منطقه و پهنه بندی آن مطالعاتی انجام پذیرد.

با توجه به پیشینه تحقیق، از آن نظر که الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، از استقبال بالایی برخوردار بوده است، در این بررسی نیز در نهایت از روش ویکور، که براساس رویکرد برنامه‌ریزی مطلوب و بهینه‌سازی چندمعیاره پایه‌ریزی گردیده است، به عنوان قاعده تصمیم‌گیری چند معیاری، جهت پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه استفاده شده است.

شناخت محدوده مورد مطالعه

شهرستان مشکین‌شهر در شمال‌غرب ایران و ۹۰ کیلومتری غرب شهرستان اردبیل واقع شده است. این شهرستان با مساحت ۳۸۸۰ کیلومتر مربع، ۲۲ درصد مساحت استان را تشکیل می‌دهد. منطقه مورد مطالعه قسمتی از شهرستان مشکین‌شهر می‌باشد که با مساحت حدود ۳۱۸ کیلومتر مربع در ٤۷ درجه و ۳۷ دقیقه تا ٤۷ درجه و ٤۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. دمای هوا در طول سال بین ۳۰ - و ۳۰ + درجه سانتی‌گراد متغیر است و میانگین بارندگی سالانه ۳۷٦/٦ میلی‌متر می‌باشد (ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۱: ص٤۱). حداکثر ارتفاع محدوده ٤۷۸۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۹۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

[1] Lawal et al
[2] Yen an et al



شکل ۱: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به هدف تحقیق از مواد و روش‌های زیر استفاده شده است:

۱- مطالعه و بررسی مبانی نظری موضوع تحقیق از طریق مطالعه اسناد و مدارک کتابخانه ای، جهت شناسایی عوامل موثر بر وقوع سیلاب.

۲- تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل: تهیه نقشه‌ی شبکه آبراهه، منحنی‌های میزان (خطوط تراز)، طبقات ارتفاعی با استفاده از مدل رقومی نقشه توپوگرافی منطقه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تهیه لایه های اطلاعاتی زمین شناسی و لیتولوژی با استفاده از نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور، تهیه نقشه‌ی بارش و دمای منطقه مورد مطالعه را با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و باران سنجی (جدول ۱)، در داخل محدوده مطالعاتی و همچنین ایستگاه‌های مجاور (آمارهای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵) و با به دست آوردن معادله گرادیان بارش (P=203/42+0/0751*H) و گرادیان دما (T = 16/45 -0/0046 *H) و همچنین استفاده از مدل رقومی ارتفاعی، تهیه لایه های اطلاعاتی کاربری اراضی محدوده با استفاده از نقشه کاربری استان، تهیه نقشه خاک محدوده، از نقشه خاک استان اردبیل با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تهیه نقشه رواناب و CN، با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS و الحاقیه‌هایArc-Hydro و Arc CN-Runoff، بدین صورت که ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه با جدول شاخص مقایسه و با اطلاعات گروه هیدرولوژیکی خاک تلفیق شد، سپس شماره منحنی CN تهیه شد و در مرحله بعد، با لحاظ میانگین بارش و CN، ارتفاع رواناب محدوده با روش SCS محاسبه شد.

جدول ١: مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع(به متر)
مشگین شهر	سینوپتیک	٤٧درجه و ٤٠ دقیقه	٣٨ درجه و ٢٣ دقیقه	١٥٦٨/٥
اهر	سینوپتیک	٤٧درجه و ٤ دقیقه	٣٨ درجه و ٢٦ دقیقه	١٣٩٠/٥
اهل ایمان	باران سنجی	٤٧ درجه و ٢٨ دقیقه و ٢١ ثانیه	٣٨ درجه و ٢٣ دقیقه و ٥٣ ثانیه	١١١٠
قره باغلار	باران سنجی	٤٧ درجه و ٣٥ دقیقه و ٢٩ ثانیه	٣٨ درجه و ٢٧ دقیقه و ٣٣ ثانیه	١١١٠
لای	باران سنجی	٤٧ درجه و ٥٤ دقیقه و ٢٥ ثانیه	٣٨ درجه و ٦ دقیقه و ٥٥ ثانیه	٢٠٣٨
موئیل	باران سنجی	٤٧ درجه و ٣٣ دقیقه و ٢٨ ثانیه	٣٨ درجه و ٢٣ دقیقه و ١٧ ثانیه	٢٢٠٠
مجنده	باران سنجی	٤٧ درجه و ٣٧ دقیقه وو ٢٢ ثانیه	٣٨ درجه و ٢٠ دقیقه و ٢٧ ثانیه	١٥٩٢
دوست بیگلو	تبخیر سنجی	٤٧ درجه و ٣٢ دقیقه و ٦ ثانیه	٣٨ درجه و ٣٢ دقیقه و ٥٥ ثانیه	٨١٦
لای	تبخیر سنجی	٤٧ درجه و ٥٤ دقیقه و ٢٥ ثانیه	٣٨ درجه و ٦ دقیقه و ٥٥ ثانیه	٢٠٣٨

٣- وارد کردن لایه‌ها به محیط IDRISI و ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار، در نرم‌افزار ادریسی به صورت توأم با استفاده از روش فازی.

٥- در نهایت، جهت پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب در شهرستان مشگین‌شهر، مدل‌سازی نهایی، با استفاده از روش ویکور، انجام شده است.

مدل ویکور

مدل ویکور، مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه و تعیین راه حل توافقی برای مسأله با معیارهای متضاد می‌باشد (چن و وانگ[1]،٢٠٠٩: ص٢٢٤). به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل ویکور دارای گام‌های زیر است (آپرویچ و تزنگ[2]، ٢٠٠٦: ص ٢).

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم، به صورت (رابطه ١) است. این ماتریس بر اساس n آلترناتیو و m شاخص است، که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i (i:1,2,…,m) در رابطه با معیار j (j:1,2,…,n) می‌باشد.

$$Xij = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{22} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

رابطه (١)

مرحله دوم: استانداردسازی ماتریس تصمیم می‌باشد. در فرایند ارزیابی ممکن است معیارها در واحدهای اندازه-گیری متفاوتی مورد سنجش قرار گیرند (مانند درصد در اندازه‌گیری شیب و متر در اندازه‌گیری فاصله از رودخانه)،

[1] Chen and Wang
[2] Opricovic and Tzeng

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 معیارهایی چون شیب و فاصله از گسل کسب کرده است، محاسبه کنیم این کار بدون استانداردسازی توأم با ارزش‌گذاری میسر نخواهد بود. در این تحقیق از روش فازی، در نرم‌افزار ادریسی جهت استانداردسازی استفاده شده است. در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می گیرد (سویی[1]،۱۹۹۹: ص ۱۰۳).

مرحله سوم: تعیین بردار وزن معیار است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، برداری به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_3]$$ رابطه (۲)

در این پژوهش جهت وزن‌دهی عوامل از روش کرتیک[2]، استفاده شده است. در این روش داده‌ها براساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در روش کرتیک برای هر معیار ارزیابی دامنه‌ای از تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده در میان پیکسل‌ها (گزینه) وجود دارد که در قالب یک تابع عضویت بیان می‌شوند. هر کدام از بردارهای تشکیل شده برای معیارهای مورد استفاده، دارای پارامترهای آماری از جمله انحراف معیار هستند. این پارامترها نمایانگر درجه تباین در مقادیر معیار مربوطه می‌باشد. پس از محاسبه انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس متقارنی به ابعاد m×m ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده می‌باشد. با تعیین پارامترهای فوق، تضاد موجود بین معیار j با معیارهای دیگر از روی (رابطه۳) محاسبه می‌شود:

$$CjK = \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk)$$ رابطه (۳)

که در آن Cjk معرف مجموع تضاد معیار j با معیارهای k است که از k=1 شروع شده وتا k=m ادامه دارد و rjk، همبستگی بین دو معیار k و j را نشان می‌دهد. میزان اطلاعات عامل j را با استفاده از رابطه (٤) می‌توان محاسبه نمود.

$$Cj = \delta j \ \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk)$$ رابطه (٤)

که در آن Cj، معرف میزان اطلاعات معیار j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را نشان می‌دهد. با توجه به روابط فوق، معیارهایی که دارای Cj بیشتری باشند وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عاملی مانند j از رابطه (۵) تعیین می‌گردد.

$$Wj = \frac{\mathrm{cj}}{\sum_{k=1}^{m} c_k}$$ رابطه (۵)

که در آن Wj معرف وزن معیار j ، و Ck معرف میزان اطلاعات مجموع معیارهای k است که از k=1 شروع شده وتا k=m ادامه دارد.

[1] Sui
[2] CRITIC

مرحله چهارم: تعیین بهترین و بدترین مقدار، از میان مقادیر موجود برای هر معیار می‌باشد. بهترین مقدار (fj^*) و بدترین مقدار(fj^-) برای معیارها به ترتیب از روابط (٦ و ٧) محاسبه می‌شوند. در این مطالعه بهترین مقدار برای معیارها با توجه به نقشه استاندارد شده فازی ٢٥٥ و بدترین مقدار صفر در نظر گرفته شد.

رابطه (٦) $$fj^* = \max_i f_{ij}$$

رابطه (٧) $$fj^- = \min_i f_{ij}$$

مرحله پنجم: محاسبه مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R) می‌باشد. در این مرحله مقدار S با توجه به رابطه (٨) و R با توجه به رابطه (٩) محاسبه می‌شوند:

رابطه (٨) $$S_i = \sum_{i=1}^{n} \text{wi}\ \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$$

رابطه (٩) $$R_i = Max\left\{wi\ \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right\}$$

که wj مقدار وزن مواد برای معیار j و f_{ij} هرنقشه معیار می‌باشد. در مطالعه حاضر با توجه به قابلیت‌های نرم افزار ادریسی و با استفاده از وزن هر معیار که با روش کرتیک به دست آمده بود و بهترین و بدترین مقدار هر معیار و نیز لایه‌ی اطلاعاتی هر عامل مرحله پنجم، با جانمایی در رابطه‌های فوق الذکر انجام گرفت.

مرحلهٔ ششم: محاسبهٔ شاخص ویکور (مقدار Q) است. مقدارQ با توجّه به رابطهٔ ١٠ محاسبه می‌شود.

رابطه (١٠) $$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}\right] + (1 - v)\left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}\right]$$

در فرمول فوق $S^- = \text{Min}\, Si$ ، $S^* = \text{Max}\, Si$ ،$R^- = \text{Min Ri}$ ، $R^* = \text{Max Ri}$ می‌باشد. در این روابط $\frac{s^* - s^-}{S_{i-S^-}}$، بیان کننده نرخ فاصله از حد ایده آل می‌باشد. $\frac{R^* - R^-}{R_{i-R^-}}$، با توجه به میزان توافق گروه v، به عنوان بیان کننده نرخ فاصله از حد ضد ایده آل و پارامتر تصمیم گیرنده انتخاب می‌شود. در صورت توافق بالا، مقدار آن بیش از ٠/٥، در صورت توافق با اکثریت آرا مقدار آن مساوی ٠/٥ و در صورت توافق پائین، مقدار آن کمتر از ٠/٥ خواهد بود. مقدارQ تابعی از S_i و R_i می‌باشد. در این مطالعه این مقدار ٠/٥ در نظر گرفته شد

مرحله هفتم: 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 کوچک تر به بزرگ تر مرتب می‌شوندو در نهایت گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه به عنوان گزینه برتر شناخته شود (عطائی،١٣٨٩: صص ٩١-٩٠).

یافته‌های تحقیق

تشریح معیارها:

حداکثر بارش در منطقه مورد مطالعه ٥٥٠ میلی متر می‌باشد. میانگین دمای روزانه شهرستان مشکین شهر نیز

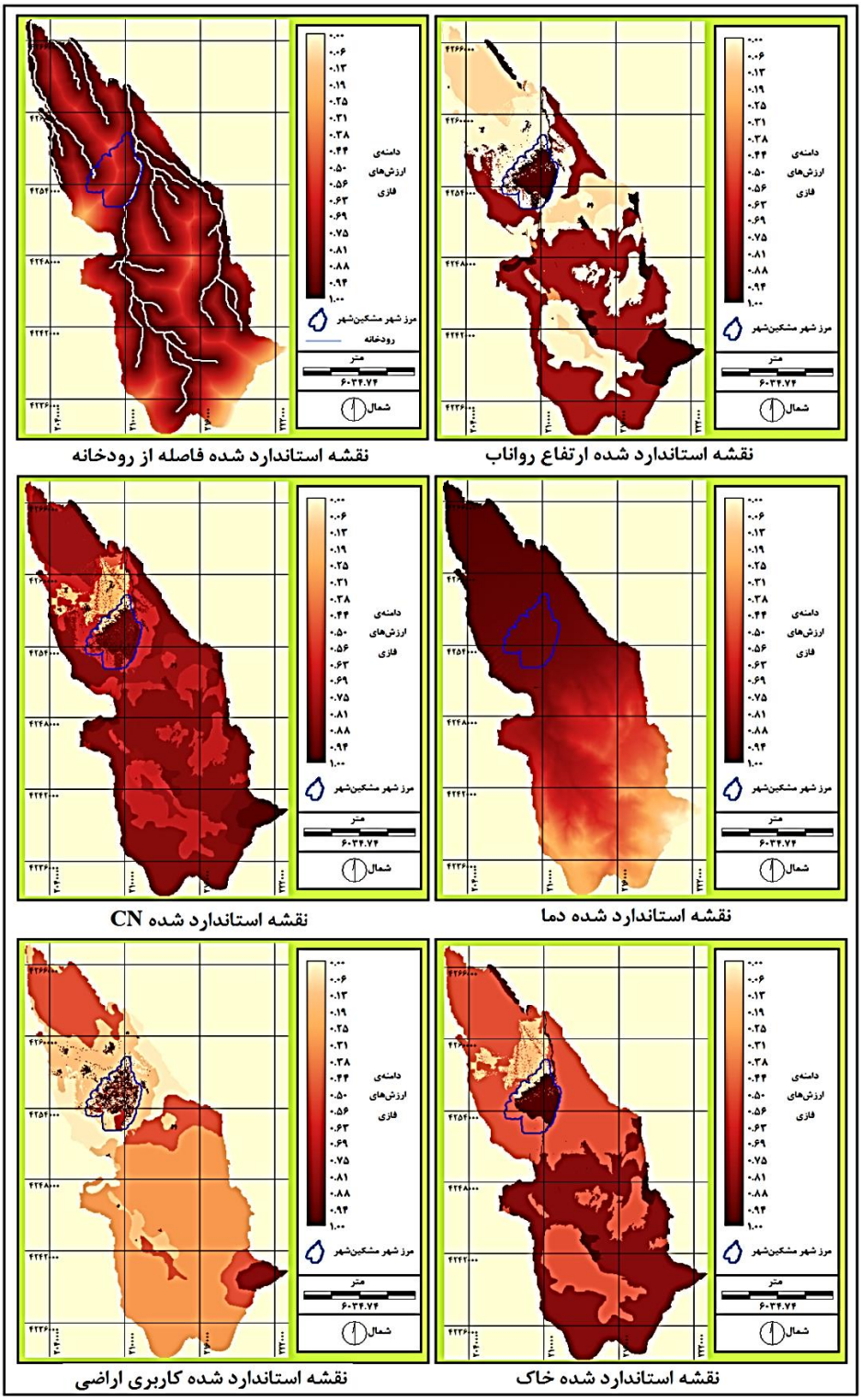
۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر دما ۱۵ و میانگین حداقل دما ٦/۱ درجه سانتی‌گراد بوده است. مقدار CN بین صفر تا ۹۸ متغیر است که در CN برابر صفر رواناب از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۹۸، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر با ارتفاع بارندگی خواهد بود. شماره منحنی کم‌تر، مربوط 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 سیل خیزی می باشد.

مقدار شیب در محدوده بین صفر تا ۸۵ درصد می‌باشد. در محدوده مطالعاتی در فاصله چند کیلومتری خارج از شهرمشکین‌شهر از سمت جنوب بر شدت شیب‌ها اضافه می‌شود و تا ارتفاع دامنه‌های سبلان ادامه پیدا می‌کند. درصد شیب اراضی در این نقاط بیش از ۲۰ درصد بوده و به سمت شمال از شدت آن کاسته شده و در حوالی شهر به زیر ۵ درصد می‌رسد. پستی و بلندی (ارتفاع)، عامل مهم دیگری است که نقش مهمی در مقدار و نوع ویژگی‌های جوی، وضعیت پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق، میزان رواناب و در نهایت ایجاد سیلاب دارد. جنوب محدوده دارای بیشترین ارتفاع است و شمال آن از کمترین سطح ارتفاع برخوردار است. متوسط ارتفاع منطقه ۳۹۰۰ متر می‌باشد. حداقل ارتفاع کل محدوده ۹۰۰ و حداکثر ارتفاع آن ٤۸۰۰ متر می‌باشد. ارتفاع شهر مشکین شهر از سطح دریا بین ۱۳۰۰ تا ۱٦۲۵ متر در نوسان است. جنوب شهر دارای بیشترین ارتفاع، مرکز شهر حول و حوش ۲٤۰۰ متر و شمال شهر از کمترین سطح ارتفاع برخوردار است. متوسط ارتفاع شهر را از سطح شهر می‌توان ۱٤۰۰ متر حساب آورد.

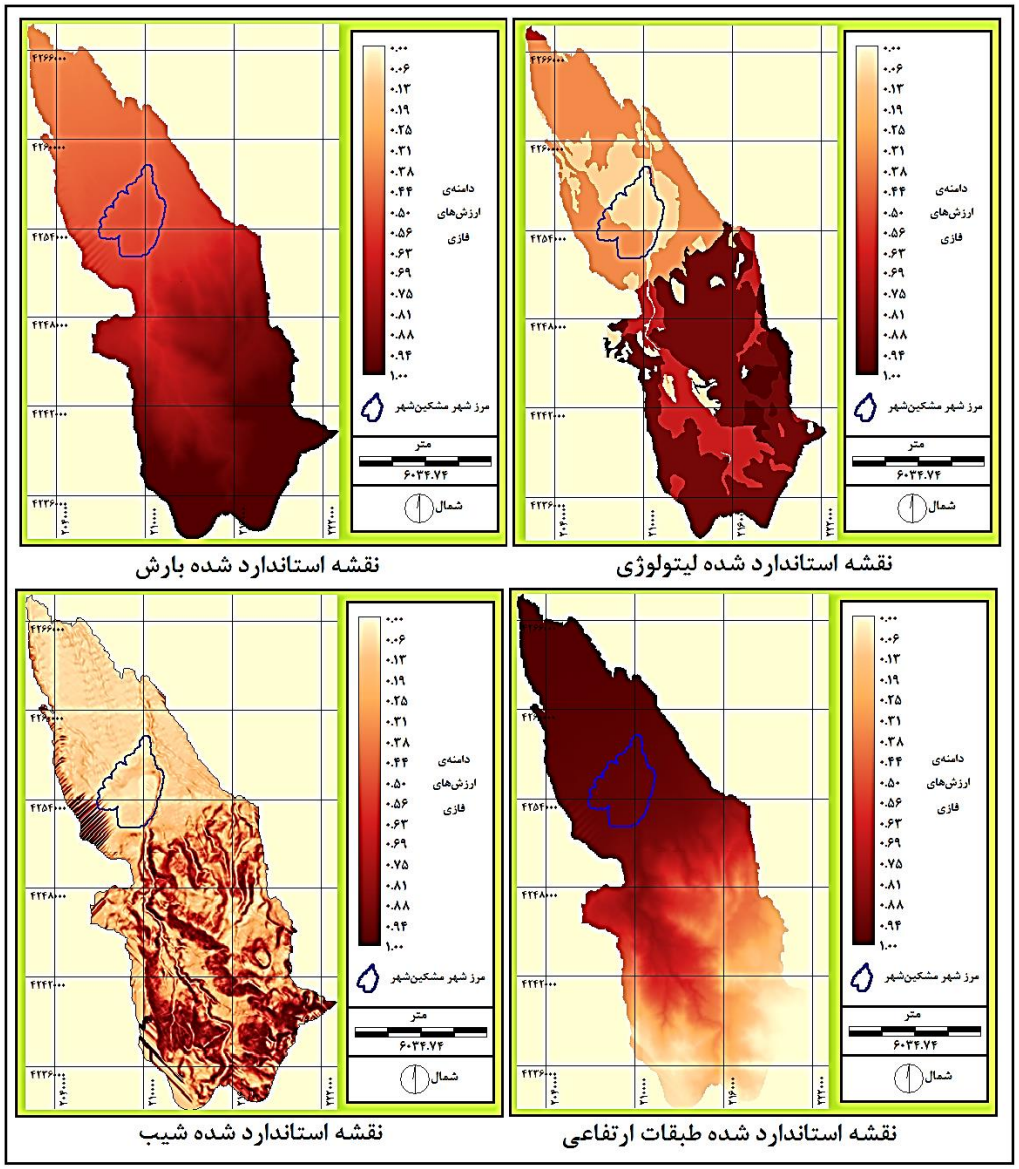
خاک محدوده مطالعاتی، شامل چهار گروه A, B, C ,D هست و بیشتر مساحت منطقه از نوع خاک‌هایی است که دارای بافت ریز یا سنگین است و عملاً غیرقابل نفوذ بوده و پتانسیل سیل خیزی بالایی دارند. سنگ‌شناسی منطقه و خاک حاصل از آن تا حدود زیادی تعیین کننده شدت و ظرفیت نفوذپذیری بوده و رواناب را تحت تأثیر قرار می-دهد. 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 زمین شناسی است که نفوذپذیری 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. به طور کلی، لیتولوژی محدوده به ۵ طبقه بسیار نامقاوم تا بسیار مقاوم طبقه‌بندی شده است.

کاربری محدوده مطالعه به هفت گروه زمین‌های بایر، مراتع متوسط و مراتع خوب، جاده، زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و جنگل و چمنزارتقسیم می‌شود. بیشترین سطح اراضی شهری در مشکین شهر به کاربری مسکونی اختصاص دارد که با مساحتی برابر ۲٥٤/۰۲ هکتار معادل ۵۰/۱۳ درصد از بافت پر شهری را به خود اختصاص داده است. از لحاظ معیار فاصله از آبراهه می‌توان گفت، از جمله‌ی مهمترین عوامل افزایش خسارات سیل استفاده‌ی نامعقول از حریم مسیل‌های به ظاهر مساعد و بالقوه خطرناک است که در معرض سیلاب‌های ادواری قرار دارند. در منطقه‌ی مطالعاتی فاصله از آبراهه در فواصل صفر تا ٤۰۰۰ متری می‌باشد.

استانداردسازی معیارها بر مبنای درجه عضویت فازی درحد فاصل ۱-۰ انجام شده است (شکل ۲). در این نقشه‌ها هر چه به دامنه ارزشی ۱ نزدیک می شویم، پتانسیل سیل‌خیزی نیز بیشتر می‌باشد و برعکس هرچه ارزش یک پیکسل به سمت صفر میل می‌نماید، گویای پتانسیل کم آن پیکسل از لحاظ پتانسیل خطر سیلاب می‌باشد.



شکل ۲: نقشه‌های استاندارد شده معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه



ادامه‌ی شکل ۲: نقشه‌های استاندارد شده معیارهای مطرح در پهنه‌بندی خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه

پس از تهیه نقشه‌های استاندارد شده در رابطه با هر یک از معیارهای مطرح در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب شهرستان مشکین‌شهر (شکل ۲) و اعمال کردن وزن‌های مربوطه (جدول ۲)، نقشه‌های حاصله وارد مدل ویکور شده و با اعمال مراحل مختلف مدل بر روی نقشه‌ها، خروجی نهایی (شکل ۳)، بدست آمد. همانگونه که در نقشه نهایی حاصل از روش تحقیق نشان داده شده است، دامنه‌ی ارزشی حاصل از مدل در پهنه‌بندی سیلاب در منطقه مطالعاتی بین ۰/۰۹ تا ۰/۸۹ می‌باشد، که دارای ماهیت فازی می‌باشد و هرچه مقدار ارزش یک پیکسل به سمت عدد ۰/۰۹ نزدیک باشد، بیانگر میزان خطر زیاد جهت شکل‌گیری سیلاب می‌باشد و هرچه میزان مقدار ارزش دریافت پیکسلی به سمت ۰/۸۹ میل نماید، گویای پتانسیل کم‌تر آن پیکسل جهت ایجاد سیلاب است. در ادامه با توجه به دامنه‌ی مقادیر حاصل از مدل، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب را در محیط ادریسی و با استفاده از دستور طبقه‌بندی مجدد، در ۵ طبقه بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر طبقه بندی کردیم (شکل ٤).

طبق نتایج حاصل از مطالعه، ٢٣/٣٧ و ٥٢/٥٠ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مطالعاتی، به ترتیب در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد. طبقه با احتمال خطر متوسط نیز ١٤١/٣٧ کیلومتر مربع از مساحت محدوده را پوشش می‌دهد. همچنین، به ترتیب ٩٠/٠٥ و ١٠/٧١ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مورد مطالعه، از لحاظ رخداد سیلاب دارای پتانسیل خطر کم و بسیار کم می‌باشتد (جدول ٣).

با بررسی نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب محدوده مورد مطالعه و مقایسه آن با نقشه‌های معیار، به این نتیجه رسیدیم که مناطق بسیار پرخطر، در الویت اول، به طور عمده در مناطق پرشیب و کوهستانی منطقه (شیب بیش از ٦٠ درصد)، قرار دارد. به تبع شیب و ارتفاع منطقه، نقش اساسی در میزان رواناب، دبی پیک سیلاب، مقدار نفوذ، تلفات بارش و میزان جریان و سرعت حرکت آب 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 زمین شناسی است، میزان نفوذپذیری بسیار پایین می‌باشد و ارتفاع رواناب و مقدار CN نیز در این مناطق بالا می‌باشد.

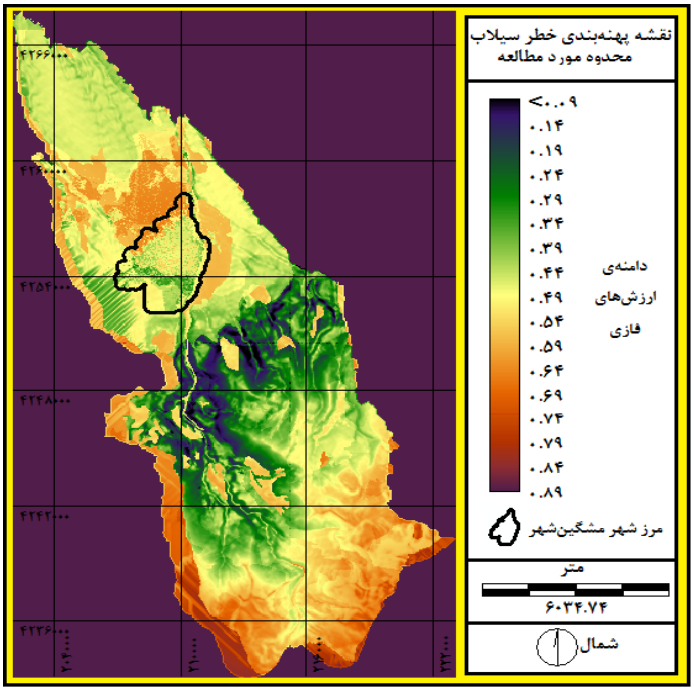
در الویت دوم مناطق با پتانسیل خطر بالا، در داخل محدوده شهری مشکین‌شهر قرار دارند. در شهر مشگین شهر، در سمت شرق، دره عمیق خیاوچای قرار دارد که رودخانه خیاوچای در آن جریان دارد. دو دره شعاعی دیگر در مسیر طبیعی، جریان آب‌های سطحی را تشکیل می‌دهد که در امتداد آن‌ها محلات مسکونی توسعه یافته‌اند که در معرض سیل و جریان شدید آب‌های سطحی می‌باشند. بیشترین سطح اراضی شهری در مشکین‌شهر به کاربری مسکونی اختصاص دارد که با مساحتی برابر ٢٥٤/٠٢ هکتار معادل ٥٠/١٣ درصد از بافت شهری را به خود اختصاص داده است و بعد از سطوح مسکونی به ترتیب در بافت شهر کاربری‌های شبکه معابر، نظامی و انتظامی، درمانی، اداری و فضای سبز، آموزش عمومی، تجاری، ورزشی، تأسیسات و تجهیزات شهری، حمل و نقل و انبار، صنایع و کارگاه‌ها و آموزش عالی، بهداشتی، مذهبی، فرهنگی و درنهایت جهانگردی و پذیرایی قرار دارد. 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 (٩٩ درصد) و CN (منحنی بالای ٨٠) است.

جدول ٢: مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی سیلاب

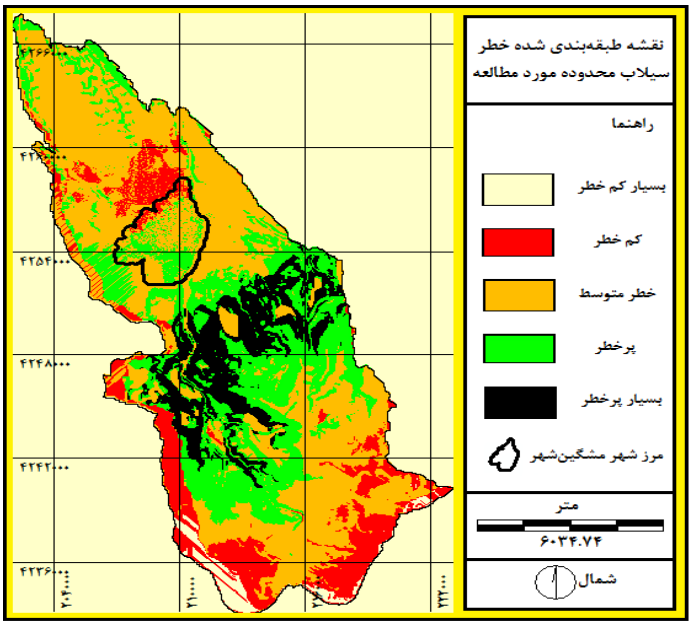
معیار	شیب	ارتفاع	بارش	دما	CN	رواناب	فاصله رودخانه	خاک	لیتولوژی	کاربری
مجموع تضاد	٨/٦٦٢	١٠/٦٠٠	١٠/٧٩٤	٩/٠٩٥	٧/٦٥١	٨/١١١	٩/٤٣٥	٧/٩٦٠	٨/٥٤٥	٧/٩١٩
انحراف معیار	٠/٢٩١	٠/٣٤١	٠/٢٦٤	٠/١٤٥	٠/١٤٨	٠/١١٨	٠/١١٧	٠/٢١٥	٠/٣٤٦	٠/١٩٠
میزان اطلاعات	٢/٥٢٨	٣/٦١٦	٢/٨٦٠	١/٣٢٤	١/١٤٠	٠/٩٥٧	١/١١١	١/٧١٣	٢/٩٦٥	١/٥١١
وزن نهایی	٠/١٢٨	٠/١٨٣	٠/١٤٤	٠/٠٦٧	٠/٠٥٧	٠/٠٤٨	٠/٠٥٦	٠/٠٨٦	٠/١٥٠	٠/٠٧٦

جدول ٣: اطلاعات طبقات خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه

طبقه خطر	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم خطر	بسیار کم خطر
دامنه‌ی ارزشی	<٠/٠٩–٠/٢٤	٠/٢٥–٠/٤٠	٠/٤١–٠/٥٦	٠/٥٧–٠/٧٢	٠/٧٣–٠/٨٩
مساحت به کیلومتر مربع	٢٣/٣٧	٥٢/٥٠	١٤١/٣٧	٩٠/٠٥	١٠/٧١
مساحت به درصد	٧/٣٥	١٦/٥١	٤٤/٤٥	٢٨/٣٢	٣/٣٧



شکل۳: نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده مورد مطالعه



شکل ٤ : نقشه طبقه‌بندی شده‌ی خطر سیلاب محدوده مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی اراضی مستعد به وقوع سیلاب، جهت اجرای روش‌های پیش‌گیری و کنترل‌کننده از ضروریات مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی می‌باشد. در این پژوهش سعی شد، در چهارچوب مدل ویکور 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

ادریسی، به ارائه چارچوب قاعده‌مندی در تعیین و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در سطح محدوده مورد مطالعه (قسمتی از شهرستان مشگین‌شهر به مساحت ۳۱۸ کیلومتر مربع)، اقدام شود. با توجه به نقشه نهایی، مناطق پر خطر (دامنه‌ی ارزشی متمایل به سمت ۰/۰۹)، در الویت اول، به طور عمده در مناطق پرشیب و کوهستانی منطقه و در الویت دوم در داخل محدوده شهری (بویژه در مناطق مرکزی شهر به دلیل تراکم ساخت و سازها و نفوذپذیری کمتر)، قرار دارند و هر چه به مناطق با دامنه‌ی ارزشی متمایل به سمت ۰/۸۹ نزدیک می‌شویم، از میزان پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه کاسته می‌شود.

می‌توان گفت استفاده از روش کرتیک، در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر می‌تواند گامی در جهت حلّ معضل استقلال صفات از یکدیگر باشد که به هنگام مقایسهٔ زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی 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 ارتفاع با ضریب وزنی (۰/۱۸۳)، لیتولوژی با ضریب وزنی (۰/۱۵۰)، بارش با ضریب وزنی (۰/۱٤٤) و شیب با وزن (۰/۱۲۸)، به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد سیلاب در منطقه می‌باشند.

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که به ترتیب ۷/۳۵ و ۱٦/۵۱ درصد از محدوده مطالعاتی در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد و طبقه با پتانسیل خطر متوسط ٤٤/٤٥ درصد از مساحت محدوده را به خود اختصاص داده است. همچنین به ترتیب ۲۸/۳۲ و ۳/۳۷ درصد از مساحت محدوده نیز دارای پتانسیل خطر کم و بسیار کم می‌باشد. 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 مدل ویکور 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.

منابع

۱. اصغری سراسکانرود، صیاد، پیروزی، الناز، زینالی، بتول، ۱۳۹٤، پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آق لاقان چای با مدل ویکور، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۲٤٥– ۲۳۱، انجمن ژئومورفولوژی ایران.

۲. امیدوار، کمال، ۱۳۹۰، مخاطرات طبیعی، چاپ اوّل، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.

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

٤. عابدینی، موسی، ۱۳۹۵، هیدروژئومورفولوژی شهری، انتشارات نگین سبلان، اردبیل.
٥. عطایی، محمد، ۱۳۸۹، تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان.
٦. علیزاده، امین، ۱۳۹۰، اصول هیدرلوژی کاربردی، چاپ سی و سوم، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی.
۷. غفاری گیلانده، عطا، سبحانی، بهروز، استادی، الناز، ۱۳۹۵، برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب در محیط Arc GIS (مطالعه موردی: شهرستان مشگین‌شهر، مجله هیدروژئومورفولوژی، شماره ۹، صص ۱۷۵-۱۵۹، انتشارات دانشگاه تبریز.
۸. قنواتی، عزت الله، کرم، امید، آقاعلیخانی، مرضیه، ۱۳۹۱، ارزیابی و پهنه بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه‌ی فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و سوم، پیاپی ٤۸، شماره‌ی ٤، صص ۱۳۸-۱۲۱، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۹. محمدی، حسین، ۱۳۹۰، مخاطرات جوی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۱۰. ولیزاده کامران، خلیل، جهانبخش، سعید، زاهدی، مجید، رضائی بنفشه، مجید، ۱۳۹۱، برآورد تبخیر -تعرق واقعی و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین در محیط GIS مطالعه‌ی موردی :شهرستان مشکین شهر، فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۷، صص ٥٤-۳۹، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر.
11. Chen, L.Y., Wang, T.C (2009): Optimizing Partners Choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategicdecision of Fuzzy VIKOR, International Journal of Production Economics, Vol 120 (1), PP 233-242.
12. 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.
13. 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): PP 17-24.
14. Lawal, D. U., Matori, A. N., Yusuf, K.W., Hashim, A.M., Balogun, A.L (2014): Analysis of the flood extent extraction model and natural flood influencing factors: A GIS-based and remot sensing analysis. 8th Internatinal symposium of the Digital Earth (ISDE8). Earth and Envirnoment Science 18.
15. Leskens, J.G., Brugnach, M., Hoekstra, A.Y., Schuurmans, W (2014): Why are decision flood disaster management so poorly supported by information from flood models. *Environmental Modeling & Software, PP* 53-61.
16. Opricovic, S., Tzeng, G (2006): Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, European Journal of Operational Research., European Journal of Operational Research, PP 514-529.
17. Ronald Clement, A (2013): An application of Geographic Information Sysem in mapping flood risk zones in a north centeral city in Nigeria. African Journal of Environmental Science and Technology, Vol 6, PP 365-371.
18. Sui, D. Z. (1999): A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban Land Evaluation.Computer, Environment, and Urban Systems, Vol 16, PP 101-115.
19. Tingsanchali, T. (2012): Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*. Vol 32: PP 25-37.
20. Ward, P. J., Eisner, S., Florke, M., Dettinger, M. D., Kummu, M (2014): Annual flood sensitivities to El Nino- Southern Oscillation at the global scal. Hydrology and Earth System Sciences.Vol 18: PP 47-66
21. Yen an Wu, Ping-an Zhong, Yu Zhang, Biao Ma, Kun Yan (2015): Integrated flood risk assessment and zonation method: a case study in Huaihe River basin, China, Natural Hazards, Issue 1, PP 635-651.