

اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار با کاربرد روش AHP-VIKOR (مطالعه موردی: حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، استان ایلام)

شهناز خورشیدی: کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیز، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

نورالدین رستمی*: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

امین صالح‌پور جم: استادیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۱)

DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.2.4.4

چکیده

هدف از این پژوهش، اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها به روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ی AHP-VIKOR در حوضه آبخیز حاجی‌بختیار در استان ایلام است که با وجود بروز سیل‌های مکرر، فاقد هرگونه ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری است. در این مطالعه ابتدا با استفاده از تکنیک دلفی و نظرات خبرگان، شاخص‌های مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی استخراج، سپس به روش مقایسه‌ی زوجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن‌دهی و اولویت‌بندی شد. نتایج حاصل از اوزان نهایی شاخص‌ها نشان داد که شاخص مساحت با وزن ۰/۴۴۰، بیشترین تأثیر و شاخص شیب متوسط با وزن ۰/۰۹۶، کمترین تأثیر را در سیل‌خیزی دارد. در مرحله‌ی بعد به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به روش ویکور، حوضه آبخیز حاجی‌بختیار به ۱۹ زیرحوضه تقسیم شد که ۴ زیرحوضه به دلیل مستقل نبودن در این روش لحاظ نشد. سپس بر اساس شاخص ویکور، نقشه‌ی اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها مبتنی بر شاخص‌های مساحت، شیب متوسط، شماره منحنی و شدت بارش در دو دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله تهیه شد. نتایج این اولویت‌بندی نشان داد که در هر دو دوره‌ی بازگشت، زیرحوضه‌ی H₁₂₋₂ با داشتن بزرگ‌ترین شاخص ویکور (۰/۹۹۴)، سیل‌خیزترین زیرحوضه و زیرحوضه‌ی H₉ با داشتن کوچک‌ترین شاخص ویکور (۰/۰۳۲)، مطلوب‌ترین زیرحوضه بود و کمترین میزان سیل‌خیزی را داشت. در نهایت، زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص ویکور در ۴ طبقه‌ی سیل‌خیزی و در دو دوره بازگشت دسته‌بندی شد؛ به طوری که ۳۱ درصد از مساحت منطقه در پتانسیل سیل‌خیزی متوسط، ۵۳ درصد در پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و ۱۶ درصد در پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد واقع شده‌است. بنابراین، نتایج حاکی از حضور طبقات مختلف پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز مورد مطالعه است که به اقدامات مختلف سازه‌ای، بیولوژیکی و مدیریتی در این حوضه نیازمند می‌باشد.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند شاخصه، حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، شاخص ویکور، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ماتریس تصمیم، نسبت سازگاری.

۱- مقدمه

امروزه بحران‌های محیطی، یکی از چالش‌های پیش روی جوامع به شمار می‌رود (Pandeya et al, 2020) که نیازمند شناسایی، مدیریت و کنترل است (Song et al, 2020). در میان انواع مختلف بلایای طبیعی مانند رانش، سونامی، زلزله و فوران آتش‌فشان، سیل رایج‌ترین و مخرب‌ترین پدیده‌ای است که به‌طور رایج تقریباً در سراسر جهان رخ می‌دهد و هر ساله شمار زیادی از مردم جهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (Anees et al, 2016 & Das, 2018 & Doocy et al, 2018). در واقع، سیلاب همیشه یکی از مخرب‌ترین خطرات طبیعی برای بشر بوده است (Boulomytis et al, 2019)؛ به‌طوری‌که بیش از ۹۰ کشور در جهان - که حدود ۸۲ درصد از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد - در برابر خطر سیل قرار دارند و ایران نیز یکی از این کشورها است (Yari et al, 2019). علاوه بر آن، برآورد می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱/۳ میلیارد نفر از جمعیت جهان در معرض خطر سیل قرار می‌گیرند (Falah et al, 2019). این پدیده هر ساله تحت تأثیر عوامل انسانی و طبیعی مانند تخریب محیط‌زیست، جنگل‌زدایی، تغییرات کاربری اراضی، افزایش جمعیت، زمین‌ریخت‌شناسی و آب و هوا رخ می‌دهد و در کشورهای مختلف، خسارت‌های جانی و اقتصادی فراوانی به همراه دارد (Hong et al, 2018)؛ به‌طوری‌که سالانه ۵۲ درصد از بلایای طبیعی به حوادث هیدرولوژیکی اختصاص دارد که زندگی حدود ۱۴۰ میلیون نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و حدود ۷۰ میلیارد دلار خسارت وارد می‌کند (Fustos et al, 2017). تأثیرات جدی سیل روی بوم نظام‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی، به عاملی مهم در محدود کردن توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی جوامع تبدیل شده است (Wang et al, 2019)؛ از این رو، شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوضه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی و اولویت‌بندی آنهاست تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، به مناطق دارای اولویت بیشتر اهمیت داده شود (Amani and Najafi Nejad, 2014).

یکی از مشکلات اساسی در زمینه‌ی پیش‌بینی سیلاب، فقدان داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی در اغلب حوضه‌های آبخیز کشور است. وجود ارتباط بین پارامترهای ژئومورفولوژی و هیدرولوژی این امکان را فراهم می‌کند تا در حوضه‌هایی که از نظر ژئومورفولوژی تشابه وجود دارد، با ایجاد روابط بین این دو به پیش‌بینی سیلاب در حوضه‌های دارای آمار پرداخته و به حوضه‌های مشابه فاقد آمار نیز تعمیم داده شود (Jain and Sinha, 2003). از طرف دیگر، به دلیل وسعت زیاد حوضه‌های آبخیز و محدودیت اقتصادی و اجرایی، احیای آبخیزها در یک پروژه‌ی همزمان نه تنها عملی نیست بلکه ممکن است اثرات معکوسی داشته باشد؛ بنابراین، تعیین شدت سیل‌خیزی و اولویت‌بندی حوضه‌ها و سیاست‌هایی که لازم است انجام شود، در مدیریت حوضه‌های آبخیز اهمیت بالایی دارد و قبل از هرگونه برنامه‌ریزی برای مدیریت این آبخیزها، باید شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژی نقاط بحران‌زا مشخص شود، سپس با اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، راهکار مناسبی را ارائه کرد (Saghafian and Khosroshahi, 2003). بر همین اساس، انتخاب اولویت مناطق برای اجرای پروژه‌های کنترل سیلاب، یک تصمیم‌گیری مدیریتی است که باید با مطالعه‌ی شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و تعیین تأثیرات حاصل از اجرای برنامه‌ها تأیید شود (Djrodjete and Bruck, 1998). تقسیم حوضه‌های بزرگ به زیرحوضه‌های متعدد و مطالعه و اولویت‌بندی این زیرحوضه‌ها، به کاهش زمان، کاهش هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و کارایی بیشتر طرح‌های آبخیزداری منجر می‌شود (Amani and Najafi Nejad, 2014)؛ از این رو، برای مدیریت بهتر رواناب و جلوگیری از خسارت باید با استفاده از روش‌های علمی، پتانسیل تولید رواناب را

در دوره بازگشت‌های مختلف برای هر زیرحوضه محاسبه کرد تا با استفاده از آن، میزان تأثیر هر یک از زیرحوضه‌ها در تولید دبی خروجی کل حوضه تعیین شود و بر این اساس، زیرحوضه‌ها را از لحاظ سیل‌خیزی اولویت‌بندی کرد. بعد از اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، می‌توان عملیات کنترل سیل را به زیرحوضه‌هایی اختصاص داد که در دبی خروجی تأثیر زیادی دارند (Roughani et al, 2004). بنابراین، یکی از مهم‌ترین اقدامات در این راستا شناسایی مناطقی با پتانسیل سیل‌خیزی و اولویت‌بندی آنها است که اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی طبیعت سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد (Hassas, 2017). Soleimani و همکاران (۲۰۰۸)، Bazdar و Shahedi (۲۰۱۰)، Mohammadi Motlagh و همکاران (۲۰۱۳)، Shabanlou و Yosefvand (۲۰۱۵) و Badri و همکاران (۲۰۱۶)، در تحقیقات جداگانه‌ای به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها پرداختند.

در مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز در انتخاب بهترین طرح مدیریتی، باید تمام عوامل مؤثر بر حوضه آبخیز (شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، جوامع گیاهی و جانوری) در تصمیم‌گیری دخالت داده شوند (Naderi et al, 2011). از طرف دیگر، ارزیابی سیل‌خیزی اساساً فرایندی چندبعدی و پیچیده شامل عوامل کیفی و کمی است؛ به همین علت، تصمیم‌گیران برای تسهیل در این گونه بررسی‌ها ترجیح می‌دهند نظرهای کارشناسی خود را به صورت مقادیر عددی نشان دهند (Yang et al, 2013). در این میان در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDM)^۱ و ترکیب آن با داده‌های مکانی، بیش از سایر روش‌ها قابل توجه بوده و از سوی متخصصان استفاده شده است. سیستم‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش و فن موردنیاز برای تجزیه و تحلیل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده را که اغلب شامل داده‌ها و شاخص‌های غیر قابل مقایسه است، فراهم می‌کند و مزیت این روش این است که در ناهمگنی فضایی ارزیابی خطر، فرایند تصمیم‌گیری لحاظ می‌شود و با در نظر گرفتن حساسیت وزن شاخص‌ها، ارزیابی خطر یکپارچه‌ی سیل را ایجاد می‌کند. Kholghi (۲۰۰۲)، Levy (۲۰۰۵) و Bakhtiarifar و همکاران (۲۰۰۸)، Chung و Lee (۲۰۰۹)، Pourebrahim و همکاران (۲۰۱۱) و Dasturani و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقات خود، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه را برای اولویت‌بندی مناسب و مفید می‌دانند. علاوه بر این، بسیاری از محققان برای برآورد پتانسیل سیل‌خیزی، تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر سیلاب و معرفی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن، از سیستم تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده کرده‌اند (Yahaya, 2008 & Fernandez and Lutz, 2010 & Ozturk and Batuk, 2011 & Kazakis et al, 2015 & Hatami Nejad et al, 2017 & Dalal Ughli et al, 2017 & Das, 2018 & Mahmoudzadeh and Bakoi, 2018 & Hammami et al, 2019 & Rahmati et al, 2019 & Hasanloo et al, 2020 & Mishra and Sinha, 2020). برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها نیز می‌بایست مهم‌ترین عوامل مؤثر انتخاب شوند، ولی با این وجود و بر اساس تحقیقات و نظرات صاحب‌نظران، ممکن است از شاخص‌های مختلفی استفاده شود. در تحقیق Ghazavi و همکاران (۲۰۱۹)، از شاخص‌های ارتفاع رواناب، نفوذناپذیری، ارتفاع زیرحوضه، شماره منحنی، طول آبراهه‌ی اصلی، فرم زیرحوضه، محیط و مساحت آن استفاده شد. Nafarzadegan و همکاران (۲۰۱۹) نیز در تحقیق خود سیزده شاخص و معیار شامل مساحت، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، ضریب گردی، ضریب فرم، شماره منحنی، نسبت انشعاب، طول آبراهه‌ی اصلی، شیب متوسط، ارتفاع متوسط، زمان تمرکز، بارندگی و ضریب رواناب را انتخاب کردند و بر اساس آنها به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها پرداختند. بر همین اساس Soleimani Sardoo و همکاران

¹ Multiple Criteria Decision Making

(۲۰۱۳)، شاخص شماره منحنی را به عنوان شاخصی مهم در بررسی سیل‌خیزی حوضه‌ی سد جیرفت معرفی کردند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر استخراج شده با استفاده از شاخص f با مقادیر شماره منحنی، ضریب هم‌بستگی ۰/۸۱۳ دارد. در مطالعه‌ای دیگر، Rostami و Kazemi (۲۰۱۹) با بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار Choice Expert به این نتیجه رسیدند که از بین عوامل مؤثر در خطر سیلاب شهر ایلام، فاصله از مسیل با وزن ۰/۱۸۵، ضریب شماره منحنی با وزن ۰/۱۳۵، ارتفاع با وزن ۰/۱۰۷ و کاربری اراضی با وزن ۰/۱۰۳، به ترتیب بالاترین وزن و تأثیر را در بروز خطر سیلاب در شهر ایلام دارند. همچنین شیب زمین با وزن ۰/۵۰۹ و تیپ خاک با وزن ۰/۰۶، کمترین تأثیر را بر بروز خسارت سیلاب در شهر ایلام دارند.

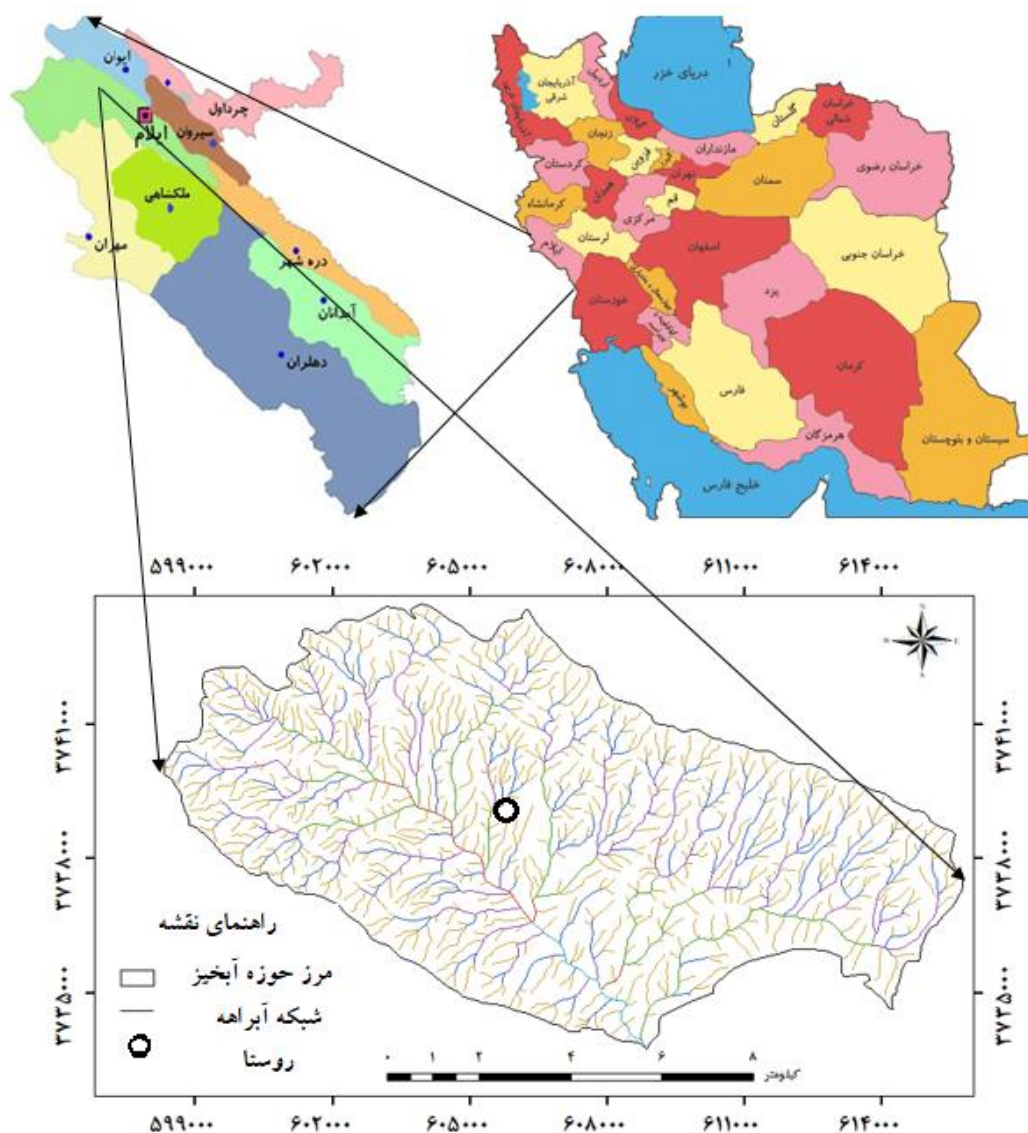
با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه، پتانسیل مناطق در معرض خطر سیلاب با شاخص‌ها و فرایندهای تولیدکننده‌ی سیلاب مرتبط می‌شود (Papaioannou et al, 2015). این روش در تحلیل مناطق مستعد خطر، جایگاه گسترده‌ای دارد؛ با این حال، ضعف این روش این است که انتخاب مناطق مستعد خطر سیلاب، وابسته به قضاوت کارشناسان است که حساس به تغییرات در وزن‌های مرتبط با شاخص‌ها است (Fernandez and Lutz, 2010).

از آنجایی که حوضه‌های آبخیز واقع در حوضه‌ی سدها و خارج از آنها، مبتنی بر ضرورت‌هایی چون خسارت‌های واردشده‌ی پیشین یا خسارت‌های احتمالی آتی رخداد سیل، فرسایش خاک و دیگر مخاطرات آبخیز است، جواز مطالعه و اجرای متعاقب پیشنهادات مدیریتی و حفاظتی آتی را دریافت می‌کند. پس اولویت‌بندی مخاطرات مذکور به‌خصوص در حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی، ارزشی کلیدی دارد و ضرورت اجرای این مطالعه را مشخص می‌کند. در حوضه آبخیز حاجی‌بختیار، کوهستانی بودن منطقه، گسترش دامداری وابسته به مراتع، فقدان مدیریت صحیح مراتع در گذشته و حال و چرای زودرس آن (بهره‌برداری بی‌رویه و در زمان نامناسب از مرتع)، عدم تناسب ظرفیت چرای مرتع با تولید آن، لگدکوبی مراتع، وجود شیب‌های بسیار تند و ناپایداری شیب، شکل کشیده‌ی حوضه آبخیز، وجود فرسایش نسبتاً شدید خاک و فقدان خاک مناسب، وجود رخنمون‌های سنگی با پوشش گیاهی نامناسب، عوامل انسانی (بهره‌برداری نادرست و بیش از حد از مراتع، بوته‌کشی، کندن شاخ و برگ درختچه‌ها و قطع درختان) و فقدان آگاهی افراد به دلیل تضعیف پوشش گیاهی و کاهش نفوذپذیری، به ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و سیل در این حوضه منجر شده که این مشکلات عامل از بین رفتن زیستگاه‌ها، آلودگی آب، کاهش منابع آب شیرین، بیابان‌زایی، شهرنشینی و آلودگی گسترده و اختلال در اکوسیستم است. این فرایندها نیازمند نگرش سیستمی است که به ارزیابی و مدیریت این مشکلات منجر می‌شود. از این رو در مدیریت جامع حوضه آبخیز، در انتخاب بهترین طرح برای حوضه باید تصمیماتی اتخاذ شود که تحت تأثیر شاخص‌های متعددی باشد و این مشکلات را برطرف کند؛ بنابراین، روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (AHP-VIKOR) از مهم‌ترین مدل‌های چاره‌ساز در این شرایط است. هدف از این تحقیق، مطالعه‌ی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها و اولویت‌بندی آنها با تلفیق دو تکنیک AHP و ویکور (VIKOR) و با در نظر گرفتن شرایط و خصوصیات تأثیرگذار بر تولید سیل است. مزیت اصلی این روش در مقایسه با روش‌های موجود در حوزه‌ی طبقه‌بندی و اولویت‌بندی، سهولت به کارگیری آن و قابلیت ویژه‌ی این روش در تلفیق با بانک‌های اطلاعاتی همچون اکسل است. علاوه بر این، خروجی مدل نیز صحت بالایی دارد (Askari and Soroush, 2016). به طور کلی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، امکان در نظر گرفتن شاخص‌های متنوع کمی و کیفی و استفاده از

برآیند نظرات کارشناسی در وزن‌دهی شاخص‌ها میسر می‌شود که در این حالت، تصمیم‌گیری نهایی با شرایط واقعی در طبیعت همخوانی بیشتری خواهد داشت.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه آبخیز حاجی‌بختیار با وسعت ۹۹۸۴/۶ هکتار، در ۲۶ کیلومتری شمال غرب استان ایلام و در محدوده‌ی جغرافیایی طول شرقی ۴۶ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۹ دقیقه واقع شده‌است. حداکثر ارتفاع حوضه، ۱۹۶۲ متر و حداقل ارتفاع آن، ۸۶۵ متر است. از لحاظ تقسیمات کشوری، حوضه‌ی حاجی‌بختیار در استان ایلام و شهرستان ایلام واقع شده‌است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه و روستای حاجی‌بختیار در کشور و استان

۳- مواد و روش‌ها

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

- ۱- مطالعه و بررسی مبانی نظری تحقیق از طریق مطالعه‌ی اسناد و مدارک کتابخانه‌ای (مرور منابع) و استفاده از نظرات کارشناسی برای شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها؛
- ۲- تهیه‌ی داده‌های اقلیمی و لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز شامل تهیه‌ی لایه‌های رقومی حداکثر شدت بارش با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه و بارش سالیانه‌ی ایستگاه‌های نزدیک و مجاور منطقه‌ی مورد مطالعه (جدول ۱) در طول دوره‌ی آماری مشترک (۱۳۷۸-۱۳۹۶)، لایه‌ی مساحت زیرحوضه‌ها، لایه‌ی رقومی ارتفاع متوسط زیرحوضه‌ها با استفاده از نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاعی، شیب متوسط زیرحوضه‌ها، طول و شیب آبراهه‌ی اصلی زیرحوضه‌ها برای تعیین زمان تمرکز زیرحوضه‌ها با استفاده از نقشه‌ی شبکه‌ی هیدروگرافی (شبکه‌ی آبراهه‌ای)، و تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و نقشه‌ی گروه هیدرولوژیکی خاک برای تهیه‌ی نقشه‌ی شماره منحنی و لایه رقومی شماره منحنی متوسط رطوبتی زیرحوضه‌ها. نقشه‌های موردنیاز در (شکل ۳) و پارامترهای فیزیوگرافیک زیر حوضه‌ها در (جدول ۴) ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های حوضه‌ی مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال تأسیس	مشخصات جغرافیایی عرض جغرافیایی طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	حداکثر بارش روزانه (میلی‌متر)	متوسط بارش سالیانه (میلی‌متر)
ایلام	سینوپتیک	۱۳۶۵	۳۳°۳۵'۱۸"	۱۳۲۷	۱۸۸/۴	۵۰۰/۵
ایوان	سینوپتیک	۱۳۷۰	۳۳°۴۵'۴۸"	۱۲۹۰	۱۲۱/۸	۶۷۰/۷
سرابله	سینوپتیک	۱۳۶۶	۳۳°۴۷'۳۱"	۱۰۴۵	۱۰۵	۴۳۸/۳
دره شهر	سینوپتیک	۱۳۶۶	۳۳°۶'۵۳"	۶۷۰	۸۶/۹	۴۱۱/۵
مهران	سینوپتیک	۱۳۷۲	۳۳°۸'۱۲"	۱۴۵	۷۱	۲۰۴/۴

۳- محاسبه‌ی اوزان شاخص‌های مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)؛

۴- اولویت‌بندی گزینه‌ها (۱۵ زیرحوضه) از نظر پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش ویکور و تهیه‌ی نقشه‌ی اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در دو حالت شدت بارش ۲۵ و ۵۰ ساله (زیرحوضه‌های نامستقل H_{10-int} ، H_{11-int} ، H_{12-int} ، H_{-int} به دلیل مستقل نبودن، در مدل ویکور لحاظ نمی‌شوند).

۵- طبقه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در ۴ طبقه‌ی (خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم) و بر اساس روش ویکور و تهیه‌ی نقشه‌ی طبقه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در دو حالت شدت بارش ۲۵ و ۵۰ ساله.

در این مطالعه به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس سیل‌خیزی، ابتدا شاخص‌های مهم و تأثیرگذار بر این فرآیند با توجه به منابع موجود و نظرات کارشناسی تعیین شد که شامل ۴ شاخص زیر است:

۱- **مساحت زیرحوضه‌ها:** مهم‌ترین عامل فیزیکی است که دبی‌های حداکثر، حداقل، متوسط سالیانه و شکل هیدروگراف به آن بستگی دارد (Mahdavi, 2011). دبی سیلاب‌ها و حجم رواناب مرتبط با آن و حجم رسوب، به طور مستقیم به مساحت حوضه بستگی دارد (Alizadeh, 2011)؛ مساحت بزرگ‌تر و اختلاف ارتفاعی بیشتر (برجستگی)،

بیانگر تعداد آبراهه‌های بیشتر و در نتیجه رواناب بیشتر و دبی بزرگ‌تر است (Sujatha et al, 2015). بنابراین، مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها می‌تواند در تعیین مقدار مشارکت آن زیرحوضه در سیلاب کل منطقه مؤثر باشد.

۲- شیب متوسط زیرحوضه‌ها: شیب متوسط زیرحوضه در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب و میزان فرسایش نقش اساسی دارد؛ به گونه‌ای که هر چه اختلاف ارتفاع داخل حوضه کمتر باشد (شیب تندتر باشد)، رواناب سطحی بالاتر می‌رود و در نتیجه حجم سیلاب، فرسایش خاک و میزان نفوذپذیری نیز به حداقل می‌رسد (Verstappen, 1983). برای تهیه‌ی شاخص شیب متوسط زیرحوضه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه، ابتدا لایه‌ی رقومی ارتفاعی زمین (DEM)^۱ با اندازه سلولی ۵ متر تهیه، سپس از روی آن نقشه‌ی شیب حوضه بر حسب درصد در نرم‌افزار Arc GIS آماده شد و در مرحله‌ی بعد با روی هم‌اندازی نقشه‌های زیرحوضه‌ها و نقشه‌ی شیب، شیب متوسط زیرحوضه‌ها به دست آمد.

۳- شماره منحنی (CN) زیرحوضه‌ها: شماره منحنی، عاملی بدون بعد است که تحت‌تأثیر نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژی و رطوبت پیشین خاک قرار دارد (Wanielista, 1990). شماره منحنی، چگونگی نفوذ بارش یا تبدیل به رواناب سطحی را نشان می‌دهد که مقدار آن بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است؛ در CN برابر صفر، روانابی ایجاد نمی‌شود و در CN برابر ۱۰۰، تمام بارش در سطح زمین جریان می‌یابد و ارتفاع رواناب با ارتفاع بارندگی برابر خواهد بود (Mahdavi, 2011). برای تهیه‌ی شاخص شماره منحنی زیرحوضه‌ها، ابتدا از تلفیق نقشه‌ی گروه هیدرولوژیکی خاک و نقشه‌ی کاربری اراضی، نقشه‌ی شماره منحنی زیرحوضه‌ها در حالت مرطوب به دست آمد. سپس از روی نقشه‌ی شماره منحنی، CN متوسط زیرحوضه‌ها با توجه به میانگین وزنی از CN واحدهای موجود محاسبه شد (رابطه‌ی ۱ و جدول ۴).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i A_i}{A} \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

که در آن CN: شماره منحنی وزنی زیرحوضه، CN_i : شماره منحنی مربوط به هر واحد، A_i : مساحت هر واحد و A: مساحت کل حوضه است.

۴- شدت بارش زیرحوضه‌ها: در برآورد دبی اوج سیل، باید حداکثر شدت بارندگی با دوره بازگشت موردنظر را در پایه‌ی زمانی برابر زمان تمرکز حوضه مشخص کرد که در این حالت دبی اوج سیل پدید می‌آید. در صورت یکسان بودن تمام شرایط در یک حوضه آبریز، هر چه شدت بارندگی بیشتر باشد، بارش مازاد و دبی سیلاب بیشتر و در نتیجه شکل هیدروگراف، برآمده و نوک تیز خواهد بود. بنابراین، داشتن شدت بارندگی با دوره بازگشت‌های مختلف برای بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیکی و روش‌هایی که به خصوصیات، کیفیت و کمیت آب نیاز دارد، الزامی است. برای محاسبه‌ی شاخص حداکثر شدت بارش در حوضه‌ی مورد مطالعه نیز از رابطه‌ی قهرمان (رابطه‌ی ۲) (Mahdavi, 2006) استفاده شد.

¹ Digital Elevation Model

$$P_T^t = [(0.4055 + 0.2636 \ln(T - 0.44))[-0.2420 + 1.2452t^{0.2674}]]P_{10}^{60} \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

که در آن P_T^t : مقدار بارندگی با مدت دوام یا تمرکز t و دوره بازگشت T بر حسب میلی‌متر، T : دوره بازگشت بر حسب سال و t : مدت دوام یا زمان تمرکز بر حسب ساعت است.

در رابطه‌ی ۲ ابتدا سه پارامتر ارتفاع متوسط زیرحوضه‌ها، متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته (X_1) در طول دوره آماری مشترک و متوسط بارش سالیانه (X_2) در طول دوره آماری مشترک، به صورت جدول ۵ محاسبه شد. سپس با قرار دادن X_1 و X_2 در رابطه‌ی ۳، مقدار P_{10}^{60} هر زیرحوضه برآورد شد (جدول ۵).

$$P_{10}^{60} = 2.2598X_1^{1.1374}X_2^{-0.3072} \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

که در آن X_1 : متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته بر حسب میلی‌متر و X_2 : متوسط بارندگی سالیانه به میلی‌متر است. در مرحله‌ی بعد برای به دست آوردن مقدار بارندگی با مدت دوام (زمان تمرکز) t و دوره بازگشت‌های موردنظر (۲۵ و ۵۰ ساله)، با استفاده از رابطه‌ی قهرمان (رابطه‌ی ۲) مقدار بارندگی در هر زیرحوضه بر حسب میلی‌متر به دست آمد و در مرحله‌ی آخر نیز برای به دست آوردن حداکثر شدت بارندگی در زمان تداوم در دوره بازگشت‌های موردنظر در حوضه‌ی مورد مطالعه، مقدار بارندگی در هر زیرحوضه بر زمان تمرکز آن زیرحوضه تقسیم و شدت بارندگی در هر زیرحوضه بر حسب میلی‌متر بر ساعت با استفاده از رابطه‌ی ۴ در دو دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله محاسبه شد (جدول ۶).

$$I = \frac{P}{t} \quad \text{رابطه‌ی ۴}$$

که در آن I : شدت بارندگی در هر زیرحوضه بر حسب میلی‌متر بر ساعت، P : مقدار بارندگی در هر زیرحوضه بر حسب میلی‌متر و t : زمان تمرکز (مدت تداوم) هر زیرحوضه بر حسب ساعت است.

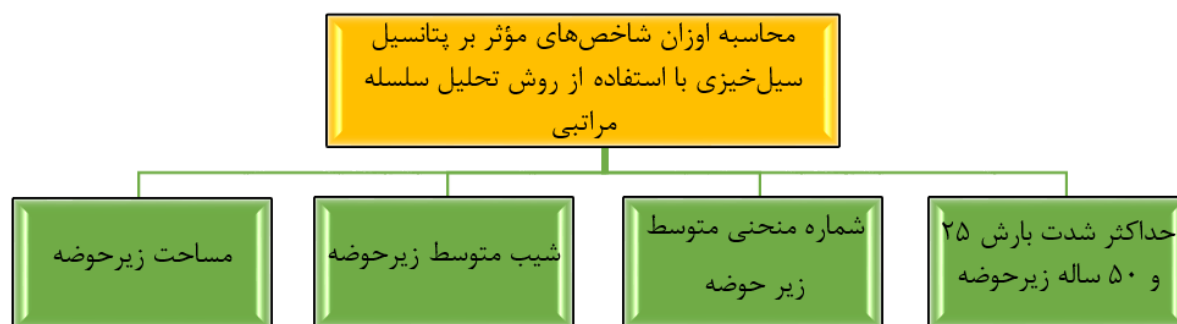
فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process)

این روش، یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اولین بار توسط Saaty در سال ۱۹۸۰ مطرح شد (Budak, 1976 & Keeney and Raiffa, 1976). در مدل AHP برای تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها در هر مرحله از سلسله مراتبی، از مقایسه‌های دوجه‌دویی بر اساس جدول ۹ کمیتی توماس ال ساعتی به منظور ساختن ماتریس مناسب استفاده می‌شود که این ماتریس تعداد مقایسه‌های دوتایی را به عنوان ورودی دریافت و اوزان موردنظر را به عنوان خروجی تولید می‌کند (Malczewski, 1999). این فرایند، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد، برای تصمیم‌گیری از دیدگاه افراد مختلف بهره می‌برد، به تحلیل حساسیت روی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها می‌پردازد و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند شاخصه است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، گزینه‌ی مناسبی برای انتخاب بهترین گزینه از بین چندین شاخص و بر اساس مقایسه‌های زوجی بر طبق قضاوت افراد است و به ندرت، به تنهایی و اغلب به همراه روش‌های دیگر چند شاخصه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Saaty, 1980 & Saaty and Vargas, 1994). بنابراین، این روش به دلیل سادگی در اجرا و با حداقل داده‌های در دسترس، به طور گسترده در حوضه‌های آبخیز در مقیاس بزرگ استفاده می‌شود (Xiao et al, 2017 & Das, 2019). مراحل فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زیر است:

مرحله‌ی اول: شناسایی و تعیین شاخص‌ها

مرحله‌ی دوم: ساختن سلسله‌مراتبی

سلسله‌مراتبی، نمایشی گرافیکی از مسئله‌ی پیچیده‌ی واقعی است که در رأس آن، هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی، شاخص‌ها و در انتها، سطوح گزینه‌های تصمیم‌گیری قرار دارد (در منطقه‌ی مورد مطالعه گزینه‌ای وجود ندارد) (شکل ۲).



شکل ۲: ساختار سلسله‌مراتبی

مرحله‌ی سوم: ایجاد ماتریس مقایسه‌های زوجی و اعمال قضاوت‌ها (محاسبه‌ی ضریب اهمیت شاخص‌ها) بر اساس جدول شماره‌ی ۲.

جدول ۲: مقدار ترجیحات برای مقایسه‌ی زوجی (Saaty, 1980)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت‌های شفاهی)
۹	کاملاً ارجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ارجحیت بااهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ارجحیت بااهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی ارجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ارجحیت یکسان
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

مرحله‌ی چهارم: ایجاد ماتریس مقایسه‌های زوجی نرمال شده و محاسبه‌ی اوزان نسبی شاخص‌ها از روش تقریبی میانگین حسابی (رابطه‌ی ۵).

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{N} \quad \text{رابطه‌ی ۵}$$

که در آن W_j : وزن نسبی مربوط به هر شاخص، R_{ij} : عناصر (وزن) مربوط به هر شاخص در جدول ماتریس تصمیم مربوط به مقایسه‌های زوجی و N : مجموع اوزان مربوط به هر ستون ماتریس مقایسه‌های زوجی است.

مرحله‌ی پنجم: سازگاری در قضاوت‌ها و محاسبه‌ی میزان ناسازگاری (نسبت سازگاری)^۱ هنگامی که اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهم‌هنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. برای اینکه قضاوت‌ها باثبات و وزن‌دهی شاخص‌ها صحیح باشد، باید میزان ناسازگاری ماتریس‌ها (رابطه‌ی ۶)، مساوی یا کمتر از $I.R \leq 0.1$ باشد (Asgharizade, 2019)؛ در غیر این صورت، وزن‌های نسبی داده شده به شاخص‌ها باید تغییر یابد و کارشناس مربوط قضاوت خود را تکرار کند؛ (وزن‌دهی مجدداً انجام شود) تا ماتریس سازگار شود (Eastman, 2006).

$$I.R = \frac{I.I}{R.I.I} \quad \text{رابطه‌ی ۶}$$

که در آن $I.R$: نسبت سازگاری و $R.I.I$: نمایه‌ی ناسازگاری تصادفی^۲ است که از (جدول ۳) به دست می‌آید و مقدار آن، به تعداد فاکتورهای مورد مقایسه بستگی دارد (Memarian et al, 2015).

$I.I$: نمایه‌ی سازگاری^۳ است که از رابطه‌ی ۷ به دست می‌آید.

$$I.I = \frac{\bar{\lambda}_{\max} - n}{n-1} \quad \text{رابطه‌ی ۷}$$

که در آن N : تعداد گزینه‌ها در ماتریس تصمیم (رتبه ماتریس) یا اندازه‌ی ماتریس مقایسه‌های زوجی و $\bar{\lambda}_{\max}$: میانگین بردار پایندگی یا بیشترین مقدار ماتریس مقایسه‌ها است.

جدول ۳: محاسبه‌ی نمایه‌ی ناسازگاری تصادفی (Saaty, 1980)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
R.I.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۴۹

مرحله‌ی ششم: محاسبه‌ی اوزان نهایی شاخص‌ها با استفاده از روش میانگین هندسی (رابطه‌ی ۸)

$$W_j = (R_{i1} \cdot R_{i2} \cdot R_{i3} \cdot \dots \cdot R_{ij})^{\frac{1}{I}} \quad \text{رابطه‌ی ۸}$$

که در آن W_j : وزن نهایی مربوط به هر شاخص در پرسش‌نامه‌ی تجمعی و R_{ij} : اوزان مربوط به هر شاخص در هر پرسش‌نامه است.

^۱ Inconsistency Ratio

^۲ Random Inconsistency Index

^۳ Inconsistency Index

روش ویکور (VIKOR)

روش ویکور توسط Opricovic در سال ۱۹۹۸ ابداع شد و در سال ۲۰۰۷، Tzeng و Opricovic این روش را برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری چند شاخصه در سیستم‌های پیچیده توسعه دادند. روش ویکور، ابزاری مفید برای تصمیم‌گیری چند شاخصه است؛ به ویژه برای شرایطی که فرد تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند به شناسایی و بیان برتری یک مسئله در زمان شروع و طراحی آن بپردازد (Ataei, 2010). اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چند شاخصه، n شاخص و m گزینه وجود داشته باشد؛ به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش ویکور، مراحل الگوریتم پیاده‌سازی این روش این گام‌ها را طی می‌کند (Opricovic and Tzeng, 2007):

مرحله‌ی اول: تعریف شاخص‌ها و ایجاد جدول ماتریس تصمیم مبتنی بر ویژگی زیرحوضه‌های منطقه بر اساس ۴ شاخص مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی. ماتریس تصمیم با X و هر درایه‌ی آن با X_{ij} نمایش داده می‌شود که هر یک از درایه‌های ماتریس، وضعیت گزینه‌های سطر را در شاخص‌های ستون نظیر نشان می‌دهد (رابطه‌ی ۹).

$$X = [X_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} X_{21} \\ X_{22} \\ \dots \\ X_{m1} \end{matrix} & \begin{matrix} X_{22} & \dots & X_{2n} \\ X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{matrix} \end{matrix} \quad \text{رابطه‌ی ۹}$$

که در آن X_{ij} : عملکرد گزینه‌ی i ($i: 1, 2, \dots, m$) درباره‌ی شاخص j ($j: 1, 2, \dots, n$) است.

مرحله‌ی دوم: ایجاد جدول ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده با استفاده از روش اقلیدسی (رابطه‌ی ۱۰)

$$N_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{رابطه‌ی ۱۰}$$

که در آن N_{ij} : مقدار بی‌مقیاس شده‌ی گزینه i از نظر شاخص j و X_{ij} : مقادیر هر شاخص برای هر گزینه است.

مرحله‌ی سوم: تعیین اوزان شاخص‌ها و ایجاد جدول ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده‌ی موزون (رابطه‌ی ۱۱)

$$V_{ij} = W_j \cdot N_{ij} \quad \text{رابطه‌ی ۱۱}$$

که در آن V_{ij} : عناصر موجود در جدول ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده‌ی موزون، W_j : وزن مربوط به هر شاخص و N_{ij} : عناصر موجود در جدول ماتریس بی‌مقیاس شده است.

مرحله‌ی چهارم: تعیین ایده‌آل مثبت^۱ و ایده‌آل منفی^۲ با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳

$$f_i^+ = \max_j f_{ij} \quad \text{ایده‌آل مثبت} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad \text{ایده‌آل منفی} \quad \text{رابطه‌ی ۱۲}$$

$$f_i^+ = \min_j f_{ij} \quad \text{ایده‌آل مثبت} \quad f_i^- = \max_j f_{ij} \quad \text{ایده‌آل منفی} \quad \text{رابطه‌ی ۱۳}$$

^۱ Positive Ideal

^۲ Negative Ideal

که در آنها f_{ij} : ارزش گزینه‌ی موردنظر برای هر شاخص در ماتریس نرمال وزنی، f_i^+ : بهترین مقدار شاخص i از بین تمام گزینه‌ها و f_i^- : بدترین مقدار شاخص j از بین تمام گزینه‌ها است. مرحله‌ی پنجم: محاسبه‌ی مقدار سودمندی (S_j) و تأسف (R_j) گزینه‌ها در این مرحله برای هر گزینه به ازای هر شاخص یک شاخص مطلوبیت به دست می‌آید که مجموع سطری آنها، شاخص رضایتی S_j (حداکثر مطلوبیت گروهی از اکثریت) آن گزینه را مشخص می‌کند (رابطه‌ی ۱۴) و بزرگ‌ترین S_j هر گزینه به ازای هر شاخص، شاخص نارضایتی R_j (حداقل تأسف فردی از طرف مقابل) آن گزینه (رابطه‌ی ۱۵) است (Pynes, 1997).

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i \frac{f_i^+ - f_{ij}}{f_i^+ - f_i^-} \quad \text{رابطه‌ی ۱۴}$$

$$R_j = \max_i [W_i \frac{f_i^+ - f_{ij}}{f_i^+ - f_i^-}] \quad \text{رابطه‌ی ۱۵}$$

که در آنها f_i^+ : بزرگ‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر ستون، f_i^- : کوچک‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر ستون، f_{ij} : عدد گزینه‌ی موردنظر برای هر شاخص در ماتریس نرمال وزنی (جدول ماتریس تصمیم‌بی‌مقیاس شده‌ی موزون)، W_i : وزن موردنظر برای هر شاخص (وزن مربوط به شاخص‌ها با استفاده از AHP)، S_j : بیانگر فاصله‌ی نسبی گزینه i ام از نقطه‌ی ایده‌آل یا متوسط فاصله برای بهبود اولویت و R_i : بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه i ام از نقطه‌ی ایده‌آل یا ماکزیمم فاصله برای بهبود اولویت است.

مرحله‌ی ششم: محاسبه‌ی شاخص ویکور (Q_j)

مبنای اولویت‌بندی گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) بر اساس هدف (پتانسیل سیل‌خیزی)، شاخص ویکور بوده که مقدار آن از ۰ تا ۱ متغیر است. مقدار Q یک تابع ترکیبی است (رابطه‌ی ۱۶) و تابع ضریب نامیده می‌شود که این تابع، S و R را با وزن به صورت یک معادله درمی‌آورد و در پایان، به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها منجر می‌شود (Opricovic and Tzeng, 2007).

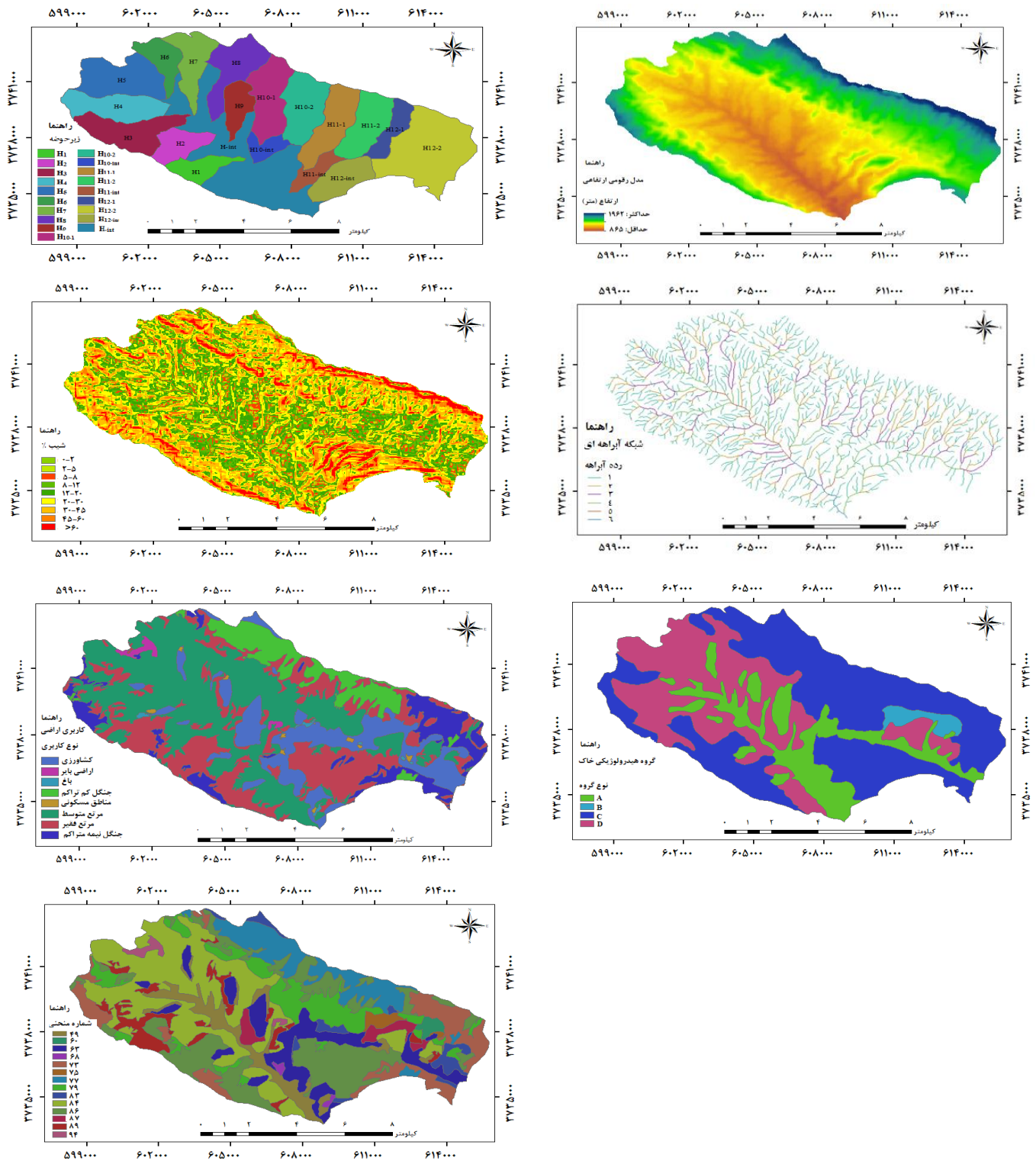
$$Q_j = v \frac{S_j - S^-}{S^+ - S^-} + (1 - v) \frac{R_j - R^-}{R^+ - R^-} \quad \text{رابطه‌ی ۱۶}$$

که در آن Q_j : شاخص ویکور برای هر گزینه، S_j : مقدار سودمندی برای هر گزینه یا مجموع مقدار S برای هر گزینه، S^- : بزرگ‌ترین عدد S_j در ستون یا بزرگ‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه: S^+ , $\max S_j$: کوچک‌ترین عدد S_j در ستون یا کوچک‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه: $\min S_j$, R_i : مقدار تأسف برای هر گزینه یا مجموع مقدار R برای هر گزینه، R^- : بزرگ‌ترین عدد R_j در ستون یا بزرگ‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه: $\max R_j$, R^+ : کوچک‌ترین عدد R_j در ستون یا کوچک‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه: $\min R_j$, v : وزنی است که بر اساس استراتژی مطلوبیت گروهی است که معمولاً برابر ۰/۵ است (Kackar, 1985 & Opricovic, 1998) و $1 - v$: وزن فرصت از دست رفته و معمولاً برابر ۰/۵ است.

مرحله‌ی هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس شاخص ویکور (Q_j)

۴- یافته‌ها (نتایج)

در این تحقیق، ابتدا نقشه‌ی لایه‌های رقومی زیرحوضه‌ها (شکل ۳) و اطلاعات اقلیمی منطقه استخراج شد (جداول ۲ تا ۴).



شکل ۳: نقشه‌های پایهی موردنیاز

جدول ۴: پارامترهای فیزیوگرافیک زیرحوضه‌ها

شماره منحنی	زمان تمرکز	شیب آبراهه اصلی	طول آبراهه	شیب متوسط	ارتفاع متوسط	مساحت	زیرحوضه
(CNII)	(h)	(m/m)	اصلی (km)	(%)	(m)	(ha)	
۷۲	۰/۳۴۸	۰/۱۶۸	۳/۵۴	۳۰/۵۶۹	۱۲۲۳/۰۲	۲۵۸/۴۳۲	H ₁
۷۷	۰/۳۳۶	۰/۱۵۳	۳/۲۲	۲۸/۲۹۳	۱۱۶۶/۲۰	۳۰۷/۲۴۶	H ₂
۷۵	۰/۵۸۱	۰/۱۱۶	۵/۷۱	۳۲/۴۳۶	۱۳۲۶/۵۸	۵۷۰/۲۶۸	H ₃
۷۵	۰/۵۴۱	۰/۱۱۸	۵/۲۷	۲۶/۱۲۷	۱۲۶۵/۶۹	۵۱۹/۷۱۹	H ₄
۷۷	۰/۶۲۱	۰/۰۶۰	۴/۴۷۹	۲۵/۴۸۶	۱۱۹۷/۰۸	۶۶۷/۹۹۵	H ₅
۷۶	۰/۴۴۹	۰/۰۹۲	۳/۶۴۸	۲۷/۳۶۶	۱۲۴۳/۹۹	۲۹۷/۹۹۸	H ₆
۷۶	۰/۵۹۳	۰/۱۰۵	۵/۵۸۸	۲۸/۵۳۶	۱۳۲۲/۴۲	۴۳۲/۵۸۲	H ₇
۷۶	۰/۵۶۲	۰/۱۲۹	۵/۷۶۶	۲۵/۷۰۳	۱۳۹۶/۳۴	۵۳۹/۹۸۳	H ₈
۷۲	۰/۳۹۱	۰/۱۲۶	۳/۵۶۴	۲۱/۰۸۱	۱۱۲۲/۵۰	۲۷۷/۴۷۳	H ₉
۷۸	۰/۵۲۳	۰/۱۳۴	۵/۳۵۷	۲۸/۶۵۵	۱۲۸۳/۹۶	۵۷۹/۸	H ₁₀₋₁
۷۸	۰/۳۷۶	۰/۱۶۳	۳/۸۵۲	۳۰/۶۳۵	۱۳۳۳/۲۷	۵۶۸/۷۸۷	H ₁₀₋₂
۸۰	۰/۵۱۹	۰/۱۳۷	۵/۳۷۸	۳۱/۴۸۰	۱۳۲۴/۳۷	۵۴۳/۱۲۷	H ₁₁₋₁
۷۶	۰/۴۴۰	۰/۱۲۰	۴/۰۴۷	۲۸/۲۰۱	۱۳۷۹/۹۴	۵۰۱/۱۹۲	H ₁₁₋₂
۷۵	۰/۳۷۷	۰/۱۵۳	۳/۷۵۵	۳۱/۵۰۵	۱۴۱۳/۷۹	۲۵۲/۱۴۱	H ₁₂₋₁
۷۵	۰/۶۴۰	۰/۱۱۵	۶/۴۶۵	۲۹/۲۱۸	۱۴۴۸/۶۴	۱۲۰۹	H ₁₂₋₂

 جدول ۵: محاسبه‌ی مقادیر پارامترهای مؤثر بر P₁₀⁶⁰ در زیرحوضه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

P ₁₀ ⁶⁰	پارامترهای مؤثر			زیر حوضه
	ارتفاع متوسط	متوسط حداکثر بارندگی	متوسط بارندگی	
	(m)	روزانه (mm)	سالانه (mm)	
۸۹/۱۲	۱۲۲۳/۰۲	۱۳۸/۷۸	۵۴۵/۶۱	H ₁
۸۶/۹۳	۱۱۶۶/۲۰	۱۳۴/۵۹	۵۲۸/۱۸	H ₂
۹۳/۰۹	۱۳۲۶/۵۸	۱۴۶/۴۲	۵۷۷/۳۸	H ₃
۹۰/۷۶	۱۲۶۵/۶۹	۱۴۱/۹۳	۵۵۸/۷۰	H ₄
۸۸/۱۲	۱۱۹۷/۰۸	۱۳۶/۸۶	۵۳۷/۶۵	H ₅
۸۹/۹۳	۱۲۴۳/۹۹	۱۴۰/۳۳	۵۵۲/۰۵	H ₆
۹۲/۹۳	۱۳۲۲/۴۲	۱۴۶/۱۱	۵۷۶/۱۱	H ₇
۹۵/۷۵	۱۳۹۶/۳۴	۱۵۱/۵۷	۵۹۸/۷۹	H ₈
۸۵/۲۳	۱۱۲۲/۵۰	۱۳۱/۳۶	۵۱۴/۷۷	H ₉
۹۱/۴۶	۱۲۸۳/۹۶	۱۴۳/۲۸	۵۶۴/۳۱	H ₁₀₋₁
۹۳/۳۵	۱۳۳۳/۲۷	۱۴۶/۹۲	۵۷۹/۴۴	H ₁₀₋₂
۹۳/۰۱	۱۳۲۴/۳۷	۱۴۶/۲۶	۵۷۶/۷۱	H ₁₁₋₁
۹۵/۱۲	۱۳۷۹/۹۴	۱۵۰/۳۶	۵۹۳/۷۶	H ₁₁₋₂
۹۶/۴۱	۱۴۱۳/۷۹	۱۵۲/۸۶	۶۰۴/۱۴	H ₁₂₋₁

H ₁₂₋₂	۶۱۴/۸۳	۱۵۵/۴۳	۱۴۴۸/۶۴	۹۷/۷۳
جدول ۶: حداکثر شدت بارش در زمان تمرکز زیرحوضه‌ها در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله (mm/h)				
زیرحوضه	۵۰ ساله	۲۵ ساله		
H ₁	۲۵۶/۰۷۴	۲۲۳/۰۳۵		
H ₂	۲۵۵/۵۶۴	۲۲۲/۵۹۱		
H ₃	۱۹۱/۹۲۸	۱۶۷/۱۶۶		
H ₄	۱۹۵/۹۵۷	۱۷۰/۶۷۴		
H ₅	۱۷۳/۸۸۷	۱۵۱/۴۵۲		
H ₆	۲۱۹/۳۵۸	۱۹۱/۰۵۶		
H ₇	۱۸۹/۰۳۰	۱۶۴/۶۴۱		
H ₈	۲۰۱/۷۲۷	۱۷۵/۷۰۰		
H ₉	۲۲۷/۲۷۳	۱۹۷/۹۵۰		
H ₁₀₋₁	۲۰۱/۹۵۶	۱۷۵/۸۹۹		
H ₁₀₋₂	۲۵۵/۱۱۸	۲۲۲/۲۰۳		
H ₁₁₋₁	۲۰۶/۳۸۸	۱۷۹/۷۶۰		
H ₁₁₋₂	۲۳۵/۰۴۶	۲۰۴/۷۲۰		
H ₁₂₋₁	۲۶۲/۹۶۲	۲۲۹/۰۳۵		
H ₁₂₋₂	۱۸۸/۹۹۶	۱۶۴/۶۱۲		

نتایج روش تحلیل سلسله مراتبی

اوزان و نسبت سازگاری شاخص‌های مبتنی بر روش AHP در جدول ۷ ارائه شده‌است. با توجه به اینکه نسبت سازگاری از ۰/۱ (یعنی ۰/۰۴) کمتر است، در این تحقیق سازگاری مورد قبول است. نتایج حاصل از اوزان نهایی شاخص‌ها با استفاده از روش AHP در پرسش‌نامه‌ی تجمعی نشان داد که شاخص‌های مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی، وزن‌های مختلفی را بر اساس نظرات کارشناسی به خود اختصاص می‌دهند و نسبت سازگاری در تمام پرسش‌نامه‌ها از ۰/۱ کمتر است؛ به طوری که در بین شاخص‌ها، شاخص مساحت با کسب بیشترین امتیاز (وزن نهایی ۰/۴۴۰)، بیشترین تأثیر و شاخص شیب متوسط با کسب کمترین امتیاز (وزن نهایی ۰/۰۹۶)، کمترین تأثیر را در پتانسیل سیل‌خیزی داشت.

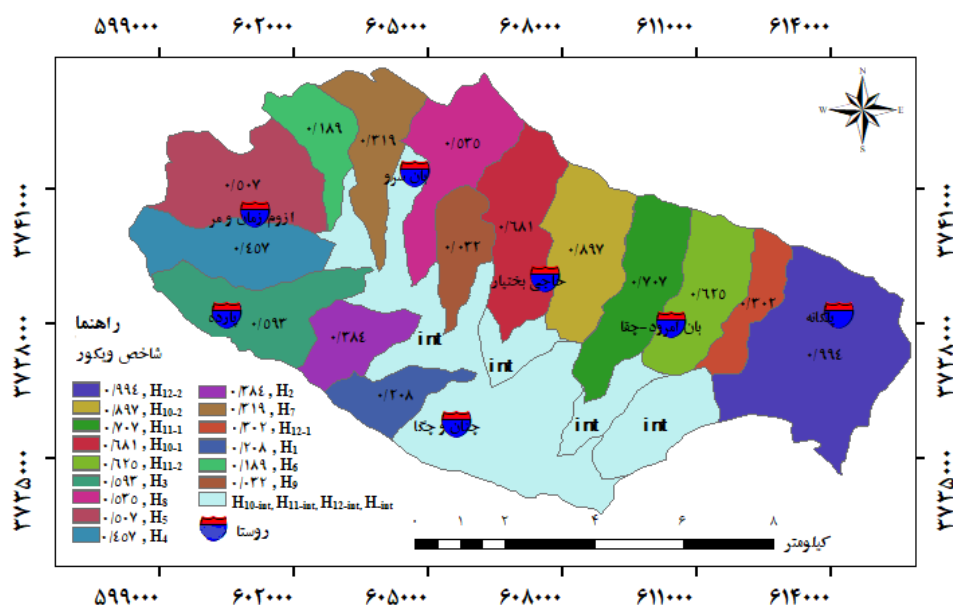
جدول ۷: وزن نهایی شاخص‌ها و نسبت سازگاری در روش تحلیل سلسله مراتبی

شاخص	نسبت سازگاری (IR)	نمایه ناسازگاری تصادفی (RII)	نمایه سازگاری (II)	وزن	نتایج
مساحت				۰/۴۴۰	نتایج
شدت بارش	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۰۴	۰/۳۰۹	شدت بارش
شماره منحنی				۰/۱۵۵	شماره منحنی
شیب متوسط				۰/۰۹۶	شیب متوسط

نتایج ماتریس تصمیم مبتنی بر ویژگی واحدهای هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه، در جدول شماره ۸ و نقشه اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص ویکور در دو دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله نیز در شکل شماره ۴ نشان داده شده‌است.

جدول ۸: جدول ماتریس تصمیم مبتنی بر ویژگی‌های واحدهای هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه

ردیف	واحد هیدرولوژیک	مساحت (هکتار)	شیب متوسط (درصد)	شماره منحنی (بدون بعد)	شدت بارش ۲۵ ساله (میلی‌متر بر ساعت)	شدت بارش ۵۰ ساله (میلی‌متر بر ساعت)
۱	H ₁	۲۵۸/۴۳۲	۳۰/۵۶۹	۷۲	۲۲۳/۰۳۵	۲۵۶/۰۷۴
۲	H ₂	۳۰۷/۲۴۶	۲۸/۲۹۳	۷۷	۲۲۲/۵۹۱	۲۵۵/۵۶۴
۳	H ₃	۵۷۰/۲۶۸	۳۲/۴۳۶	۷۵	۱۶۷/۱۶۶	۱۹۱/۹۲۸
۴	H ₄	۵۱۹/۷۱۹	۲۶/۱۲۷	۷۵	۱۷۰/۶۷۴	۱۹۵/۹۵۷
۵	H ₅	۶۶۷/۹۹۵	۲۵/۴۸۶	۷۷	۱۵۱/۴۵۲	۱۷۳/۸۸۷
۶	H ₆	۲۹۷/۹۹۸	۲۷/۳۶۶	۷۶	۱۹۱/۰۵۶	۲۱۹/۳۵۸
۷	H ₇	۴۳۲/۵۸۲	۲۸/۵۳۶	۷۶	۱۶۴/۶۴۱	۱۸۹/۰۳۳
۸	H ₈	۵۳۹/۹۸۳	۲۵/۷۰۳	۷۶	۱۷۵/۷۰۰	۲۰۱/۷۲۷
۹	H ₉	۲۷۷/۴۷۳	۲۱/۰۸۱	۷۲	۱۹۷/۹۵	۲۲۷/۲۷۳
۱۰	H ₁₀₋₁	۵۷۹/۸۰۰	۲۸/۶۵۵	۷۸	۱۷۵/۸۹۹	۲۰۱/۹۵۶
۱۱	H ₁₀₋₂	۵۶۸/۷۸۷	۳۰/۶۳۵	۷۸	۲۲۲/۲۰۳	۲۵۵/۱۱۸
۱۲	H ₁₁₋₁	۵۴۳/۱۲۷	۳۱/۴۸	۸۰	۱۷۹/۷۶۰	۲۰۶/۳۸۸
۱۳	H ₁₁₋₂	۵۰۱/۱۹۲	۲۸/۲۰۱	۷۶	۲۰۴/۷۲۰	۲۳۵/۰۴۶
۱۴	H ₁₂₋₁	۲۵۲/۱۴۱	۳۱/۵۰۵	۷۵	۲۲۹/۰۳۵	۲۶۲/۹۶۲
۱۵	H ₁₂₋₂	۱۲۰۹	۲۹/۲۱۸	۷۵	۱۶۴/۶۱۲	۱۸۸/۹۹۶



شکل ۴: اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص ویکور در (دو حالت شدت بارش) منطقه‌ی مورد مطالعه

دامنه‌ی تغییرات شاخص ویکور گزینه‌ها، مبتنی بر روش AHP-VIKOR از ۰/۳۲ تا ۰/۹۹۴ متغیر است. جدول ماتریس استانداردشده‌ی موزون، مقادیر سودمندی و تأسف شاخص‌ها و مقادیر محاسباتی شاخص ویکور در دو حالت شدت بارش (۲۵ و ۵۰ ساله)، در جدول ۹ ارائه شده‌است. نتایج حاصل از اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها بر اساس هر دو شدت بارش نشان داد که در میان ۱۵ زیرحوضه، زیرحوضه‌ی H₁₂₋₂ (روستای پلکانه) با شاخص ویکور ۰/۹۹۴، در اولویت اول (بیشینه پتانسیل سیل‌خیزی) و زیرحوضه‌ی H₉ با شاخص ویکور ۰/۳۲، در اولویت پانزدهم (کمینه پتانسیل سیل‌خیزی) است.

جدول ۹: ماتریس تصمیم استانداردشده‌ی موزون، سودمندی و تأسف شاخص‌ها و مقادیر شاخص ویکور با در نظر گرفتن دو شدت بارش ۲۵ و

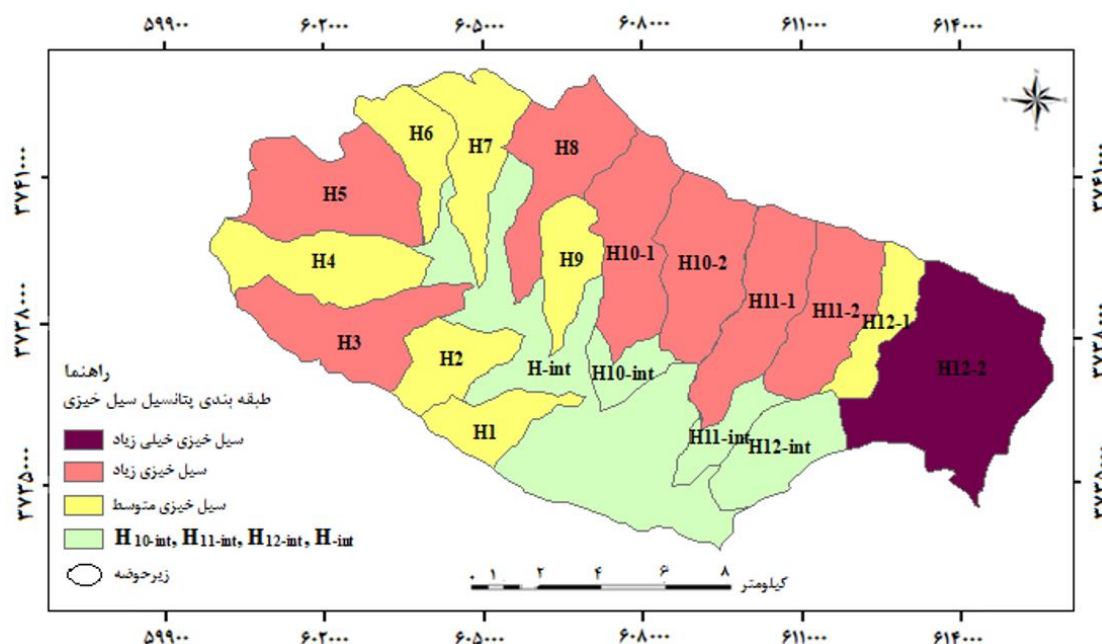
۵۰ ساله در زیرحوضه‌ها

شاخص‌ها گزینه‌ها	مساحت	شیب متوسط	شماره منحنی	شدت بارش	S_j	R_j	شاخص ویکور (Q_j)	اولویت‌بندی پتانسیل سیل خیزی
H_1	۰/۰۵۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷	۰/۰۹۳	۰/۶۳۲	۰/۴۳۷	۰/۲۰۸	۱۳
H_2	۰/۰۶۳	۰/۰۲۴	۰/۰۴۰	۰/۰۹۲	۰/۵۳۳	۰/۴۱۵	۰/۳۸۴	۱۰
H_3	۰/۱۱۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۶۹	۰/۶۳۷	۰/۲۹۴	۰/۵۹۳	۶
H_4	۰/۱۰۶	۰/۰۲۲	۰/۰۳۹	۰/۰۷۱	۰/۷۰۰	۰/۳۱۷	۰/۴۵۷	۹
H_5	۰/۱۳۷	۰/۰۲۲	۰/۰۴۰	۰/۰۶۳	۰/۶۷۵	۰/۳۰۹	۰/۵۰۷	۸
H_6	۰/۰۶۱	۰/۰۲۳	۰/۰۴۰	۰/۰۷۹	۰/۶۹۱	۰/۴۱۹	۰/۱۸۹	۱۴
H_7	۰/۰۸۸	۰/۰۲۴	۰/۰۴۰	۰/۰۶۸	۰/۷۲۴	۰/۳۵۷	۰/۳۱۹	۱۱
H_8	۰/۱۱۱	۰/۰۲۲	۰/۰۴۰	۰/۰۷۳	۰/۶۵۴	۰/۳۰۸	۰/۵۳۵	۷
H_9	۰/۰۵۷	۰/۰۱۸	۰/۰۳۷	۰/۰۸۲	۰/۸۰۳	۰/۴۲۸	۰/۰۳۲	۱۵
H_{10-1}	۰/۱۱۹	۰/۰۲۴	۰/۰۴۱	۰/۰۷۳	۰/۵۷۲	۰/۲۸۹	۰/۶۸۱	۴
H_{10-2}	۰/۱۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۴۱	۰/۰۹۲	۰/۳۷۶	۰/۲۹۴	۰/۸۹۷	۲
H_{11-1}	۰/۱۱۱	۰/۰۲۷	۰/۰۴۲	۰/۰۷۵	۰/۵۱۱	۰/۳۰۶	۰/۷۰۷	۳
H_{11-2}	۰/۱۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۴۰	۰/۰۸۵	۰/۵۳۶	۰/۳۲۵	۰/۶۲۵	۵
H_{12-1}	۰/۰۵۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۹۵	۰/۵۴۵	۰/۴۴۰	۰/۳۰۲	۱۲
H_{12-2}	۰/۲۴۸	۰/۰۲۵	۰/۰۳۹	۰/۰۶۸	۰/۳۸۱	۰/۲۵۷	۰/۹۹۴	۱

پس از اولویت‌بندی، طبقه‌بندی پتانسیل سیل خیزی زیرحوضه‌ها در ۴ طبقه و در محیط نرم‌افزاری Arc GIS 10.3 مبتنی بر شاخص ویکور (Q_j) در دو حالت شدت بارش انجام شد که حدود طبقات، مطابق با جدول ۱۰ است و نتایج آن در شکل ۵ ارائه شده‌است. مطابق شکل ۵، حدود ۳۱ درصد از مساحت منطقه در پتانسیل سیل خیزی متوسط (حدود تغییرات امتیازات ۰/۳۶-۰/۴۹)، ۵۳ درصد در پتانسیل سیل خیزی زیاد (حدود تغییرات امتیازات ۰/۵۰-۰/۵۷) و ۱۶ درصد (میانگین امتیاز ۰/۷۸) در پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد قرار گرفته‌است. از ۱۵ زیرحوضه، ۷ زیرحوضه در وضعیت سیل خیزی متوسط ($H_1, H_2, H_4, H_6, H_7, H_9, H_{12-1}$)، ۷ زیرحوضه در وضعیت سیل خیزی زیاد (H_3, H_5, H_8, H_{10-1})، ۱، H_{10-2} ، H_{11-1} ، H_{11-2} و یک زیرحوضه در وضعیت سیل خیزی خیلی زیاد (H_{12-2}) قرار دارد.

جدول ۱۰: طبقه‌بندی پتانسیل سیل خیزی زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص ویکور در دو شدت بارش با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله

کلاس	درصد طبقات	حدود تغییرات	میانگین امتیازات	شدت یا پتانسیل کمی سیل خیزی	شدت یا پتانسیل کیفی سیل خیزی
I	—	—	—	۰-۰/۲۵	کم
II	۳۱	۰/۳۵۷-۰/۴۸۸	۰/۴۲	۰/۲۵-۰/۵۰	متوسط
III	۵۳	۰/۵۰۱-۰/۵۶۶	۰/۵۳	۰/۵۰-۰/۷۵	زیاد
IV	۱۶	۰/۷۸۲	۰/۷۸	۰/۷۵-۱	خیلی زیاد



شکل ۵: نقشه‌ی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با کاربرد روش AHP-VIKOR

۵- بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر، استفاده از نظرات افراد خبره بر اساس روش دلفی و اوزان به دست آمده حاصل از مقایسه‌ی زوجی شاخص‌ها در ماتریس استانداردشده بر اساس دیدگاه‌های مختلف در فرایند وزن‌دهی و در نهایت، اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر در پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه مطالعاتی است و روشی قدرتمند در بیان نقشه‌های احتمال خطر سیلاب به شمار می‌رود؛ به ویژه در حوضه‌هایی که فاقد اطلاعات هیدرومتری است، می‌تواند در زمانی کوتاه و با هزینه‌ای کمتر، نقشه‌ی پهنه‌بندی سیلاب را تهیه و مناطق با خطر زیاد را شناسایی کرد. در این تحقیق، نتایج به دست آمده از روش AHP حاصل جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ی خبرگان است که توسط اساتید و متخصصان آبخیزداری تکمیل شده‌است (جدول ۷). از میان ۴ شاخص مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها، شاخص مساحت با کسب امتیاز (ضریب وزنی) ۰/۴۴۰ به عنوان مهم‌ترین شاخص، بیشترین تأثیر را بر پتانسیل سیل‌خیزی منطقه‌ی مورد مطالعه داشت که با نتایج تحقیقات Ozturk و Batuk (۲۰۱۱)، Dehghani و همکاران (۲۰۱۳)، Ghazavi و همکاران (۲۰۱۹) و Nafarzadegan و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. بعد از این شاخص، شاخص شدت بارش با کسب امتیاز ۰/۳۰۹، دومین شاخص مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه است که با نتایج تحقیقات Dehghani و همکاران (۲۰۱۳)، Parvaresh و همکاران (۲۰۱۷)، Nafarzadegan و همکاران (۲۰۱۹)، Yodying و همکاران (۲۰۱۹) و Shahiri Tabarestani و Zokaei (۲۰۲۰) همخوانی دارد. شاخص شماره منحنی با کسب امتیاز ۰/۱۵۵، سومین شاخص مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی است که با نتایج تحقیقات Khosroshahi و Saghafian (۲۰۰۳)، Soleimani Sardoo و همکاران (۲۰۱۳)، Rostami و Kazemi (۲۰۱۹)، Ghazavi و همکاران (۲۰۱۹) و Nafarzadegan و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد و در نهایت، شاخص شیب متوسط با کسب امتیاز ۰/۰۹۶ به عنوان چهارمین شاخص، در جریان سیل‌خیزی در منطقه‌ی مورد مطالعه کمترین اهمیت را دارد که با نتایج به دست آمده از تحقیقات Rostami و Kazemi (۲۰۱۹) و Aghdam Ebadi و Saebian (۲۰۱۹) همخوانی دارد. همچنین طبق نتایج روش AHP، میزان سازگاری کلی ۰/۰۴ است؛ از این رو، سازگاری ماتریس‌های

مقایسه‌ی زوجی مورد قبول می‌باشد و نتایج حاصل از وزن‌دهی شاخص‌ها پذیرفته می‌شود (Saaty, 2003 & Eastman, 2006). پس از محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها با استفاده از روش AHP، برای اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها از روش ویکور - که مدل مورد استفاده در تحقیقات Saraskanroud Asghari و همکاران (۲۰۱۵)، Amiri و همکاران (۲۰۱۸) و Nafarzadegan و همکاران (۲۰۱۹) است - استفاده شد.

با توجه به نقشه‌ی نهایی اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در دو شدت بارش با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله (شکل ۴) مشاهده شد که از ۱۵ زیرحوضه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه در هر دو شدت بارش، زیرحوضه‌ی H₁₂₋₂ با دربرگرفتن ۱۲۰۹ هکتار از مساحت کل منطقه، بالاترین پتانسیل تولید رواناب در حوضه (بالاترین شاخص ویکور ۰/۹۹۴) را به خود اختصاص داد و سیل‌خیزترین زیرحوضه بود؛ این امر به دلیل موقعیت توپوگرافی و بارندگی سالیانه‌ی بیشتر در این زیرحوضه، همچنین پارامترهای فیزیوگرافی از جمله مساحت زیاد زیرحوضه بود. پس باید این زیرحوضه در اقدامات اصلاحی و عملیات آبخیزداری در اولویت نخست قرار گیرد و در طرح‌های حفاظت منابع طبیعی، بیش از سایر زیرحوضه‌ها بدان توجه شود که با نتایج مطالعات Rahmati و همکاران (۲۰۱۵) و Esmaeili و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. در مقابل، زیرحوضه‌ی H₉ با دربرگرفتن ۲۷۷/۴۷۳ هکتار از مساحت کل منطقه، به دلیل موقعیت توپوگرافی و بارندگی سالیانه کمتر به همراه پارامترهای فیزیوگرافی از جمله شیب متوسط و شماره منحنی کم، کمترین پتانسیل تولید رواناب را در حوضه (کمترین شاخص ویکور ۰/۰۳۲) دارد که باید در اقدامات آبخیزداری در اولویت پایانی قرار گیرد. از طرف دیگر، نتایج نشان می‌دهد که زیر حوضه‌ی H₁₂₋₂ با کسب بیشترین شاخص ویکور، از میان شاخص‌های مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی تنها در شاخص مساحت بالاترین رتبه را دارد و در مقابل زیرحوضه‌ی H₉ با کسب کمترین شاخص ویکور، تنها در دو شاخص شیب متوسط و شماره منحنی کمترین رتبه را دارد؛ بنابراین، این مسئله نشان می‌دهد که تلفیق وزن‌های به دست آمده از شاخص‌های مختلف، به اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها منجر می‌شود که با نتایج تحقیقات Saghafian و Farazjoo (۲۰۰۷)، Bashir Gonbad و همکاران (۲۰۰۸) و Saleh Pour Jam و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص ویکور در هر دو شدت بارش، به یک حالت است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها بر مبنای AHP-VIKOR در هر دو شدت بارش (شکل ۵) نشان داد که حدود ۳۱ درصد از مساحت منطقه دارای پتانسیل سیل‌خیزی متوسط، ۵۳ درصد در پتانسیل سیل‌خیزی زیاد و ۱۶ درصد در پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد قرار گرفته‌است و از ۱۵ زیرحوضه، ۷ زیر حوضه در وضعیت سیل‌خیزی متوسط (شامل H₁, H₂, H₄, H₆, H₇, H₉, H₁₂₋₁)، ۷ زیرحوضه در وضعیت سیل‌خیزی زیاد (شامل H₃, H₅, H₈, H₁₀₋₁, H₁₀₋₂, H₁₁₋₁, H₁₁₋₂) و یک زیرحوضه در وضعیت سیل‌خیزی خیلی زیاد (زیرحوضه‌ی H₁₂₋₂) قرار دارد که با نتایج تحقیقات Mosavi و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد. بنابراین، این نتایج از پتانسیل بالای منطقه در ایجاد سیلاب حکایت دارد؛ از این رو اراضی با احتمال خطر خیلی زیاد و زیاد، اراضی هستند که باید اقدامات آبخیزداری مانند جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک، کاهش سرعت جریان آب، افزایش زمان تمرکز سیلاب، ایجاد فرصت برای نفوذ آب در لایه‌های زیرین و تغذیه‌ی آبخوان‌ها، کشت گیاهان مناسب با شرایط جغرافیایی دامنه‌ها و احیای مراتع در آنها انجام شود تا بتوانیم جنبه‌های منفی این مناطق را در جهت مثبت سوق دهیم.

۶- سپاس‌گزاری

این مقاله از پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد خانم شهناز خورشیدی استخراج شد و در راستای اهداف هسته‌ی پژوهشی مدیریت جامع حوضه آبخیز است که بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از حمایت این هسته‌ی پژوهشی و دانشگاه ایلام تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

1. Alizadeh, A., 2011. Principles of Applied hydrology. 33th Edition, Ferdowsi University of Mashhad, Imam Reza University Press, Mashhad, Iran. (In Persian).
2. Amani, M., & A. Najafi Nejad., (2014). Prioritization of sub-watersheds based on morphometric analysis GIS and RS techniques: Lohandar watershed, Golestan province. *Journal of Watershed Management Research*. 9(5), 1-15. (In Persian).
3. Amiri, M.; Pourghasemi, H. R.; & A. R. Arabameri, 2018. Prioritization of flood inundation sub-watersheds of Maharloo watershed in Fars province using morphometric parameters and VIKOR decision making model, *Eco Hydrology*, 5(3), 813-827. (In Persian).
4. Anees, M. T.; Abdullah, K.; Nawawi, M. N. M.; Rahman, N. N. A.; Piah, A. R. M.; Zakaria, N.; Syakir, M. I.; & A. K. M. Omar, 2016. Numerical modeling techniques for flood analysis, *Journal of African Earth Sciences*, 124, 478-486.
5. Askari, M., & A. Soroush., (2016). Inventory Classification Using Integrated Multi-Criteria Decision Making. First National Conference on Quantitative Models and Techniques in Management. Tehran. 1-21. (In Persian).
6. Asghari Saraskanroud, S.; Piroozi, E.; & B. Zeinali, 2015. Flood hazard zonation in the Ag Laghan Chai basin by using VIKOR model, *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 4(3), 231-245. (In Persian).
7. Asgharizade, E., 2019. Multi-characteristic decision techniques, University of Tehran, Publications. (In Persian).
8. Ataei, M., 2010. Multiple criteria decision making (MCDM). First Edition, Shahroud: Industrial University of Shahroud, 348 p. (In Persian).
9. Badri, B.; Zareh Bidaki, R.; Honarbakhsh, A.; & F. Atashkhar, 2016. Prioritization of flooding potential in Beheshtabad subbasins, *Natural Geographic Researches*, 48(1), 143-158. (In Persian).
10. Bakhtiarifar, M.; Mesgari, M.; & M. Karimi, 2008. Modeling to determine appropriate land use using multivariate location decision, Geomatic Conference, National Cartographic, Tehran, Iran. (In Persian).
11. Bashir Gonbad, M.; Soleimani, K.; Mousavi, S. R.; & Sh. Khalighi, 2008. Study of flood generation potential in a watershed using HEC-HMS and GIS (Case Study: Kasilian experimental watershed), *Journal of Research in Geography*, 65, 51-60. (In Persian).
12. Bazdar, M., & S. Shahedi., (2010). Determining flood origin areas and flooding prioritization at a river basin (Case Study: Lavidj river basin-Mazandaran province). *Journal of Watershed Management Research*, 1(2), 21-30. (In Persian).
13. Bisht, S.; Chaudhry, S.; Sharma, S.; & S. Soni, 2018. Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 12, 35-47.
14. Boulomytis, V.; Zuffo, A.; & M. Imteaz, 2019. Detection of flood influence criteria in ungauged basin on a combined Delphi-AHP approach, *Operations Research Perspectives*, 6, 100-116.
15. Budak, E., 1976. Development of a machine tool selection system using AHP, Industrial and Systems Engineering, the Ohio State University.

16. Chung, E. S., & K. S. Lee., (2009). Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multi-criteria decision making techniques. *Journal of Environmental Management*. 90, 1502-1511.
17. Dalal Ughli, A.; Fathi, M.; & K. Khoshdel, 2017. Application of new multi-criteria decision making methods for the estimation of flooding potential with emphasis on geomorphic factors (Case Study: Ajorlu Chai basin), *Geographic Space*, 17(59), 67-82. (In Persian).
18. Dasturani, M. T.; Karimian, A. A.; Ebrahimi, M. R.; & M. H. Rostam, 2012. Review method (TOPSIS) and its application assessing the ecological potential areas for watershed management, Eighth National Conference on Science and Watershed Engineering, University of Lorestan, Lorestan, Iran. (In Persian).
19. Das, S., 2018. Gographic information system and AHP based flood hazard zonation of Vaitarna basin. Maharashtra, India. *Arab J Geosci*, 11(19), 576.
20. Das, S., 2019. Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin India. *Remote Sensing Applications, Society and Environment*, 14, 60-74.
21. Dehghani, M.; Ghasemi, H.; & A. Malekian, 2013. Priority places reduce flood and erosion control operations using Fuzzy logic (Case Study: Fourg watershed), *Journal of Watershed Management Research*, 66(1), 73-88. (In Persian).
22. Djordjevic, B., & S. Bruck., (1998). System approach to the selection of priority areas of erosion control with emphasis on the implications of the water resources subsystem. Proc. 4 the Int. Sym. River Sedimentation, Beijing, China. 1547-1554.
23. Doocy, S.; Daniels, A.; Packer, C.; Dick, A.; & T. D. Kirsch, 2018. The human impact of earthquakes: A historical review of events, 1980-2009 and systematic literature review, *Plos Curr*, 5.
24. Eastman, J. R., 2006. IDRISI Andes, Guide to GIS and image processing. Clark labs, Clark University.
25. Ebadi Aghdam, S., & S. M. Saeqebian., (2019). Flood risk zoning using GIS and hierarchical analysis process (Case Study: Sarand Chai watershed). The 2nd conference on Architecture, Urban Planning, Civil Engineering and Geography in Sustainable Development. (In Persian).
26. Esmaeili, R.; Jokar, E.; & P. Roshan Neko, 2016. Determination of flooding potential using TOPSIS method, *Physical Geography Research Quarterly*, 31(9), 77-87. (In Persian).
27. Falah, F.; Rahmati, O.; Rostami, M.; Ahmadisharaf, E.; Daliakopoulos, I.; & H. R. Pourghasemi, 2019. Artificial neural networks for flood susceptibility mapping in Data-Scaree urban areas, *Spatial modeling in GIS and R for Earth and Environmental SciencesElsevier*, 14, 323-336. (In Persian).
28. Fernandez, D. S., & M. A. Lutz., (2010). Urban flood hazard and zoning in Tucuman Province, Argentina using GIS and multi-criteria decision analysis, *Research Engineering Geology*, 111(1), 90-98.
29. Fustos, I.; Abarca-Del-Rio, R.; Avila, A.; & R. Orrego, 2017. Asimple logistic model to understand the occurrence of flood events into the Biobio River Basin in central Chile, *Journal of Flood Risk Management*, 10 (1), 17-29.
30. Ghazavi, R.; Baaei Hesar, S.; & M. Erfanian, 2019. Prioritizing flood –prone urban sub-areas using PCA technique as a new weighting method (Case Study: Urmia city), *Journal of Natural Environment Hazards*, 8(20), 83-100. (In Persian).
31. Hammami, S.; Zouhri, L.; Souissi, D.; Souei, A.; Zghibi, A.; Mazougui, A.; & M. Dlala, 2019. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and Analytical Hierarchy Process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia), *Arabian Journal Geosciences*, 12(21), 1-16. (In Persian).
32. Hasanloo, M.; Pahlavani, P.; & B. Bigdeli, 2020. Flood risk zonation using a multi-criteria spatial group fuzzy AHP decision making and fuzzy overlay analysis, the international

- Archives of photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 455-460. (In Persian).
33. Hassas, H., 2017. A simple expert model for flood zoning. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of ardestan. (In Persian).
 34. Hatami Nejad, H.; Atashafrooz, N.; & M. Arvin, 2017. Flood hazard zonation using multi-criteria analysis and GIS (Case Study: Izeh township), *Disaster Prevention and Management Knowledge (quarterly)*, 7(2): 44-57. (In Persian).
 35. Hong, H.; Panahi, M.; Shirzadi, A.; Ma, T.; Liu, J.; Zhu, A.; Chen, W.; Kougias, I.; & N. Kazakis, 2018. Flood susceptibility assessment in Hengfeng area coupling adaptive neuro-fuzzy inference system with genetic algorithm and differential evolution, *Science of the Total Environment*, 62(1), 1124-1141.
 36. Jain, V., & R. Sinha., (2003). Evaluation of geomorphic control on flood hazard through geomorphic instantaneous unit hydrograph. *Current Science*. 85(11), 1596-1600.
 37. Kackar, R. N., 1985. Off-line quality control, Parameter design and the taguchi method, *Journal of Quality Technology*, 17, 176-188.
 38. Kazakis, N.; Kougias, I.; & T. Patsialis, 2015. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index based approach and analytical hierarchy process: Application in Rhodope-Evros region, Greece, *Science of the Total Environment*, 538, 555-563.
 39. Keeney, R. L., & H. Raiffa., (1976). Decision with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. Cambridge University Press, New York, USA, 569 p.
 40. Kholghi, M., 2002. The use of MCDM methods in order to prioritize Sub-structural structural flood control, *Journal of Natural Resources, Range and Watershed Management*, 55, 25-37. (In Persian).
 41. Khosroshahi, M., & B. Saghaian., (2003). Determination of the role sub-basins in the severity of basin flooding. *Journal of Research and Construction*. 16(59), 67-75. (In Persian).
 42. Levy, J. K., 2005. Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19, 438-447.
 43. Mahdavi, M., 2006. Applied Hydrology. Vol 1, 10th Edition, University of Tehran Press. (In Persian).
 44. Mahdavi, M., 2011. Applied Hydrology. Vol 2, 6th Edition, University of Tehran Press. (In Persian).
 45. Mahmoudzadeh, H., & M. Bakoi., (2018). Flood zoning using fuzzy analysis (Case Study: Sari city). *Journal of Natural Environmental Hazards*. 7(18), 51-68. (In Persian).
 46. Malczewski, J., 1999. Spatial Multi-criteria decision analysis In: J. still (Ed), Multi-criteria decision making and analysis: A geographic information sciences approach. Brook field, VT: Ashgate publishing.
 47. Memarian, H.; Balasundram, S. K.; Abbaspour, K. C.; Talib, J. B.; Sung, C. T. B.; & A. M. Sood, 2015. Integration of analytic hierarchy process and weighted goal programming for land use optimization at the watershed scale, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 38(2), 1-20.
 48. Mishra, K., & R. Sinha., (2020). Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. *Geomorphology*. 350, 1-19.
 49. Mohammadi Motlagh, R.; Jalalkamali, N.; & A. Jalalkamali, 2013. Study of contribution role of sub-basin in intense flooding (Case Study: Dalaki basin in Fars province), *Irrigation and Water Engineering Journal*, 4(13), 31-44. (In Persian).
 50. Mosavi, S. M.; Negahban, S.; Rakhshani Moghadam, H.; & S. M. Hosseinzadeh, 2016. Assessment and zoning Flood risk by using Fuzzy logic TOPSIS in GIS (Case Study: Baghemalek watershed), *Journal of Natural Environmental Hazards*, 5(10), 79-98. (In Persian).

51. Naderi, N.; MohseniSaravi, M.; Malekian, A.; & D. Ghasemian, 2011. Analytical Hierarchy Process technique for deciding watersheds, *Journal of Environment and Development*, 4(2), 41-50. (In Persian).
52. Nafarzadegan, A. R.; Mohammadifar, A. A.; Vagharfard, H.; & M. Forouzanfard, 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).
53. Opricovic, S., 1998. Multi-criteria optimization of civil engineering systems. Faculty of Civil Engineering Belgrade.
54. Opricovic, S., & G. H. Tzeng., (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking method. *European Journal of Operational Research*. 178(2), 514-529.
55. Ozturk, D., & F. Batuk., (2011). Implementation of GIS based Multi-criteria decision analysis with Vain in Arc GIS. *International Journal of Information Technology and Decision Making*. 6, 1023-1042.
56. Pandeya, B.; Uprety, M.; Paul, J.; Sharma, R.; Dugar, S.; & W. Buytaert, 2020. Mitigating flood risk using Low-Cost sensors and citizen science: A proof of concept Study from western Nepal, *Journal of Flood Risk Management*, 34(3), 311-324.
57. Papaioannou, G.; Vasiliades, L.; & A. Loukas, 2015. Multi-criteria analysis framework for potential flood prone areas mapping, *Water Resources Management*, 29(2), 399-418.
58. Parvaresh, E.; Mahdavi, R.; Malekian, A.; Ismail Pour, Y.; & A. Halysaz, 2017. Prioritization of factor affecting flood potential using type 3 electre and flood flow coefficient (Case Study: Under Sarkhoon watersheds, Bander Abbas), *Arid Biome Journal, Iran*, 8(1), 493-507. (In Persian).
59. Pourebrahim, Sh.; Hadipour, M.; & M. Bin Mokhtar, 2011. Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas, Case of Kuala Langat District, Selangor, *Malaysia, Landscape and Urban Planning*, 101, 84-97. (In Persian).
60. Pynes, J. E., 1997. Human resources management for public and nonprofit organizations, John Wiley and Sons, New York.
61. Rahmati, O.; Tahmasebipour, N.; & H. R. Pourghasemi, 2015. Sub-watershed flooding prioritization using morphometric and correlation analysis (Case Study: Golestan watershed), *Eco-hydrology*, 2, 151-161. (In Persian).
62. Rahmati, O.; Zeinivand, H.; & M. Besharati, 2019. Flood hazard zoning in the Yasooj Region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis, *Geomatics, Natural Hazard and Risk*, 7(3), 1000-1017. (In Persian).
63. Rostami, N., & Y. Kazemi., (2019). Flood hazard zoning in the Ilam city using AHP and GIS. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 6(1), 179-193. (In Persian).
64. Roughani, M.; Mahdavi, M., & A. M. Ghafouri, 2004. Introducing a method in site selection of areas influencing to flood control programming and decreasing flood damages in Iran watersheds Case study in Rodak basin, *Pajouhesh & Sazandegi*, 61, 18-27. (In Persian).
65. Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting resource allocation. New York/London: McGraw-Hill International Book Co.
66. Saaty, T. L., & L. G. Vargas., (1994). Decision making in Economic, Political, Social and Technological environments with the analytic hierarchy process. Pittsburgh, RWS Publications.
67. Saaty, R. W., 2003. Decision Making with Dependence and Feedback, The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
68. Saghafian, B., & H. Farazjoo., (2007). Determination of flood producing areas and prioritization of flooding in the hydrologic units of Golestan dam basin. *Iran Watershed Management Science and Engineering Journal*. 1(1), 1-11. (In Persian).

69. Saleh Pour Jam, A.; Tabatabaee, M.; & J. Mostafaei, 2019. Prioritization of flood potential in the ungauged Sub-watersheds using AHP-TOPSIS method (Case Study: Klogan plan area, Latian dam basin), The 14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran, Urmia: Urmia University Publications, Iran. (In Persian).
70. Shabanlou, S., & F. Yosefvand., (2015). Calculation of sub-basin participation in total flood of Golestan basin. Golestan, Iran. *Agricultural Communications*. 3(2), 54-62. (In Persian).
71. Shahiri Tabarestani, E., & M. S. Zokaei., (2020). Assessment of flood hazard using analysis hierarchy process method (AHP) in Mazandaran province. *Environment Water Engineering*. 6(4), 331-344. (In Persian).
72. Soleimani, K.; Bashir Gonbad, M.; Mousavi, S. R.; & Sh. Khalighi Sigaroudi, 2008. Production potential of flooding in the basins using HEC-HMS model in GIS environment (Case Study: Kesilian basin), *Natural Geographic Researches*, pp. 51-60. (In Persian).
73. Soleimani Sardoo, F.; Soltani Kupayee, S.; & A. Salajegheh, 2013. Selection of proper flood index by using Rainfall-Ranoff (HEC-HMS) model and RS and GIS techniques (Case Study: Jiroft dam basin), *Journal of Watershed Management Research*, 4(8), 90-105. (In Persian)
74. Song, S.; Wang, S.; Fu, B.; Dong, Y.; Liu, Y.; Chen, H.; & Y. Wang, 2020. Improving representation of collective memory in Socio-hydrological model and new in Sights into flood risk management, *Journal of Flood Risk Management*, 34(3), 324-335.
75. Sujatha, E. R.; Selva Kumar, R.; Rajasimman, U. A. B.; & R. Victor, 2015. Morphometric analysis of sub-watershed in parts of Western Ghats, South India using ASTER DEM Geomatics, *Natural Hazard and Risk*, 6(4), 326-341.
76. Termeh, S. V. R.; Kornejady, A.; Pourghasemi, H. R.; & S. Keesstra, 2018. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms, *Science Total Environment*, 615(4), 438-451.
77. Verstappen, H., 1983. The applied geomorphology, Enschede (The Netherlands). International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC).
78. Wang, Y.; Hong, H.; Chen, W.; Li, S.; Pamucar, D.; Gigovic, L.; Drobnjak, S.; Tien Bui, D.; & H. Duan, 2019. A hybrid GIS multi-criteria decision making method for flood susceptibility mapping at Shangyou, China, *Remote Sensing*, 11(1), 1-32.
79. Wanielista, M. P., 1990. Hydrology and Water quantity control, John wiley and Sons Inc, 565p.
80. Xiao, Y.; Yi, S.; & Z. Tang, 2017. Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference, *Science of the Total Environment*, 599, 1034-1046.
81. Yahaya, S., 2008. Multi-criteria analysis for flood vulnerable areas in Hadejia-Jama are river basin, Nigeria. Annual Conference Portland, Oregon, ASPRS 2008 annual conference Portland, Oregon, April 28-May 2.
82. Yang, X. L.; Ding, J. H.; & H. Hou, 2013. Applocation of a triangular fuzzy AHP approach for flood risk evaluation and response measures analysis, *Nat Hazards*, 68, 657-674.
83. Yari, A.; Ardelan, A.; Ostad taghizadeh, A.; Zarezadeh, Y.; Soufi Boubakran, M.; Bidarpoor, F.; & A. Rahimiforoushan, 2019. Underlying factors affecting death due to flood in Iran: Agualitative content analysis, *International Journal Disaster Risk Reduction*, 40, 1-10. (In Persian).
84. Yodying, A.; Seejata, K.; Chatsudarat, S.; Chidburee, P.; Mahavik, N.; Kongmuang, C. H.; & S. Tantane, 2019. FD flood hazard assessment using Fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Bang Rakam model in Thiland, the 40th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2019) October 14-18, 2019/ Daejeon Convention Center (DCC), Daejeon, Korea.

Prioritizing flood producing potential in ungauged watersheds using the AHP-VIKOR method (Case study: Haji-Bakhtiar Watershed, Ilam)

Shahnaz Khourshidi: M.Sc. of Watershed Management, Forest, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Noredin Rostami¹: Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Amim Salehpour Jam: Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Article History (Received: 2021/03/19

Accepted: 2021/06/11)

Extended abstract

1- Introduction

Flood is one of the most complex and destructive natural phenomena that cause significant damage to agriculture, fisheries, housing, and infrastructure and significantly affects social and economic activities (Chang et al., 2008). The relationship between geomorphological and hydrological parameters makes it possible to predict floods in gauged basins and generalize predictions to similar ungauged basins by creating relationships between the geomorphologically similar basins (Jain & Sinha, 2003). Prioritization of areas for flood control projects is a fundamental decision that must be confirmed by studying the area's physical, social, and economic conditions and determining the effectiveness of the plans (Djrodjette & Bruck, 1989).

Sub-basins with critical conditions or are close to main rivers, or public facilities (reservoir dams, diversion dams, etc.) prioritize carrying out rehabilitation projects.

The region being mountainous, lack of proper past and present management of pastures, very steep slopes and slope instability, relatively severe soil erosion, the existence of rock outcrops with inadequate vegetation, and human interventions are the factors that cause flood problems in the Haji-Bakhtiar watershed. In the current study, the sub-basins in the Haji Bakhtiar watershed will be prioritized based on the factors mentioned above. To this end, two techniques are combined: AHP and VIKOR.

2- Methodology

In order to meet the purpose of the research, the following steps are carried out.

- Studying the theoretical foundations by searching library documents and using expert opinions to identify the most important indicators of flood potential in sub-basins
- Collecting and preparing the required climate data and digital layers
- Calculating the weights of the indicators by using Analytic Hierarchy Process (AHP)
- Prioritizing (15) sub-basins in terms of flood potential using the VIKOR method and preparing a sub-basin potential prioritization map in two cases of 25 and 50 year return period rainfall
- Classifying flood potential of sub-basins in 4 classes (very high, high, medium, low) based on the VIKOR method.

3- Results

In the AHP method, important flood-producing indices were determined using the Delphi technique (consulting with experts) and 15 questionnaires. The results showed that the indicators affecting flood potential have different weights, based on experts' judgments, and the

¹ Corresponding Author: n.rostami@ilam.ac.ir

compatibility ratio in all questionnaires is less than 0.1. Among the indicators, the area index (final weight 0.44) has the most significant effect on flood potential, and the average slope index (final weight 0.096) has the least effect on flood potential.

The range of changes in the VIKOR index of options, based on the AHP-VIKOR method, varies from 0.032 to 0.994. The results of prioritizing flooding potential of sub-basins, based on two rainfall intensities with 25 and 50 return periods, showed that in both cases, sub-basin H12-2 (Palkaneh village) with VIKOR index of 0.994 has the highest priority (Maximum flooding potential) and H9 sub-basin with VIKOR index of 0.032 has the lowest priority (minimum flooding potential).

After prioritization in Arc GIS 10.3 environment based on the VIKOR index in two cases of rainfall intensity, the flooding potential of the sub-basins were classified into four classes. The sub-basin flooding potential map results at both return periods showed that, for both rainfall intensities, about 31% of the area had medium flood potential, 53% high flood potential, and 16% of the area had very high flooding potential. Out of 15 sub-basins, seven sub-basins are in moderate flooding condition, seven sub-basins are in high flooding condition, and one sub-basin is in very high flooding condition.

4- Discussion & Conclusions

The results obtained from the AHP method in the present study are based on aggregating the data collected by a questionnaire, which professors and watershed management experts complete. The results show that, among the four indicators affecting the flooding potential of sub-basins, the area index has the most significant impact on the flooding potential of the study area. This finding is consistent with Dehghani et al. (2013) and Ozturk & Batuk (2011). The rainfall intensity index is the next most important factor affecting the flood potential of the study area, which is consistent with the results of Karam and Derakhshan (2012); Dehghani et al. (2013); Yahaya (2008); and Ozturk & Batuk (2011). The curve number index is the third important index, which corresponds to Khosroshahi and Saghafian (2003); Soleimani Sardo et al., (2013). Finally, the fourth index is the average slope index; this result is consistent with the results of Karam and Derakhshan (2012); Dehghani et al. (2013), and Yahaya (2008); Fernandez & Lutz (2010). After calculating the weights of the indicators using the AHP method, the VIKOR method (Asghari Saraskanrood et al., 2015; Khalghi, 2002) was used to prioritize the flood potential sub-basins. The flood classification potential of sub-basins shows the high potential of the region in terms of flood generation. The lands with very high risk need watershed management measures such as preventing soil erosion and destruction, reducing water flow rate, increasing flood concentration-time, creating opportunities for water infiltration in the subsoil and recharge the aquifers, and cultivating suitable plants for the conditions. The geography of the slopes and rangelands restoration should be done to change what makes the region vulnerable to its strengths.

Key Words: MCDM; Decision Matrix; AHP; VIKOR Index; Inconsistency Ratio; Haji-Bakhtiar Wa