دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیطور بافق)

محمد حسن‌زاده نفوتی[۱] و حبیب ا... خواجه بافقی[۲]

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی گروه آبخیزداری میبد دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، یزد، ایران،
(نویسنده مسوول: hasanzadeh.m@gmail.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، یزد، ایران
تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۴

چکیده

امروزه یکی از مسائل مهم در پروژه‌های مهار سیلاب کشور، اولویت‌بندی حوزه ها برای تخصیص بودجه و عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌باشد. فقدان ایستگاه‌های هیدرومتری در بسیاری از زیرحوزه‌ها، تعیین میزان مشارکت زیرحوزه‌های مختلف یک آبخیز در ایجاد سیلاب خروجی را با مشکل مواجه می‌کند. لذا بررسی پارامترهای مؤثر در بروز سیل در زیرحوزه‌ها از طریق مدل‌هایی نظیر سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDAS) می‌تواند در تعیین نقش هر یک از زیرحوزه‌ها در بروز سیلاب راهگشا باشد. حوزه آبخیز شیطور بافق از جمله حوزه‌هایی است که علی‌رغم بروز سیلاب‌های مکرر فاقد هرگونه ایستگاه هیدرومتری است. هدف از این پژوهش بررسی میزان پتانسیل زیرحوزه‌های این آبخیز در ایجاد سیلاب می‌باشد. در این تحقیق پس از تهیه لایه‌های رقومی پارامترهای مؤثر نظیر مساحت حوزه، شیب حوزه، شیب آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب شکل حوزه، بارندگی سالانه، کاربری اراضی و نفوذپذیری زیر حوزه‌ها، با روش AHP اقدام به وزندهی هر لایه بر اساس میزان اهمیت آن در بروز سیلاب شد. در نهایت با اعمال وزن‌ها و ضرایب هر یک از لایه‌ها در الحاقیه MCDAS نرم‌افزار ArcGIS، نقشه ترکیبی تهیه شد. ارزش پیکسل‌های نقشه ترکیبی می‌تواند از صفر تا یک متغیر باشد که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد بیانگر پتاسیل بیشتر سیل‌خیزی است. بر اساس نقشه نهایی، زیر حوزه C'_5 با ارزش ۰/۷۹ از بیشترین پتانسیل بروز سیلاب برخوردار است که باید در الویت اقدامات اصلاحی قرار گیرد. پس از آن زیرحوزه‌های C_1 و C_2 و C_3 در گروه با خطر زیاد و زیرحوزه‌های C'_7 و C'_3 در گروه با خطر وقوع سیلاب کم قرار گرفتند و در نهایت زیر حوزه C_5 با ارزش ۰/۱۵ کمترین خطر سیل خیزی را در منطقه دار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیل، سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل سلسله مراتبی، حوزه شیطور بافق

مقدمه

مطابق آمار تهیه شده توسط سازمان ملل متحد در میان بلایای طبیعی، سیل و طوفان بیش‌ترین تلفات و خسارات را به جوامع بشری وارد آورده‌اند، به گونه‌ای که تنها در یک دهه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی، میزان خسارات ناشی از سیل و طوفان بالغ بر ۲۱ میلیارد دلار در مقابل ۱۸ میلیارد دلار خسارات ناشی از زلزله بوده است (۲). این امر در کشور ما نیز صادق است و در اغلب سال‌های گذشته حدود ۷۰٪ اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیرمترقبه صرف جبران خسارات ناشی از سیل شده است. ضمن این که باید توجه داشت به دلیل بهبود روش‌های ساخت و ساز و رعایت ضوابط و مقررات ایمنی، سازه‌ها و تأسیسات در مقابل خطراتی چون زلزله افزایش می‌یابد ولی متأسفانه روند طبیعی توسعه در کشورهایی نظیر ایران باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده و خسارات سیل مرتباً افزایش می‌یابد. بازدار و شاهدی (۳) در مطالعه ای که در حوزه آبخیز لاویج رود انجام دادند، با استفاده از مدل بارش- رواناب HEC-HMS، دبی‌های خروجی از هر واحد هیدرولوژیک محاسبه کردند، سپس با استفاده از روندیابی جریان در رودخانه تا خروجی کل حوزه، و در نهایت با استفاده از روش حذف انفرادی هر واحد هیدرولوژیک در هر بار اجرای مدل، سهم هر یک از واحدهای هیدرولوژیک در دبی خروجی کل حوزه تعیین نمودند و اولویت‌بندی سیلخیزی واحدهای هیدرولوژیک با استفاده از دو شاخص سیلخیزی gf و Fانجام دادند.

پهنه‌بندی خطر سیل، در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرات سیل است و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه هم‌زمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط زیست است (۱۸). مطالعات متعددی در خصوص پهنه‌بندی خطر سیل در خارج از کشور و ایران صورت پذیرفته که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود: هیالمارسون (۷) برای پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق آریزونای غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیکی و ژئومرفولوژیکی، به بررسی خطرهای تهدیدکننده عملیات مهندسی پرداخت.

لیانگ و موهانتی (۱۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، در منطقه ماهانادی واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیل کردند. آنها مدیریت سیلاب‌ها بر اساس پهنه‌بندی را به منزله یک روش غیرسازه‌ای کنترل سیلاب معرفی و آن را بهینه کردند. کوریا و همکاران (۴) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، در دشت‌های سیلابی که با توسعه شهری همراه است و در معرض خطر سیل قرار دارند، تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند. ایسلام و کیمیترو (۱۳) با استفاده از داده‌های سنجش از دور از سیل

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

تاریخی ۱۹۸۸، یک نقشه خطر سیل را برای بنگلادش تهیه نمودند. آنها دو نقشه رقومی خطر سیل که با استفاده از داده‌های طبقه‌بندی پوشش زمین، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی تهیه شدند را روی هم قرار دادند و نقشه خطرپذیری سیل را تهیه کردند. سیناکودان و همکاران (۱۷) با استفاده از GIS و نرم‌افزار Arcview اقدام به تهیه نقشه خطر سیل برای رودخانه پاری در مالزی نمودند و با توجه به مشاهدات میدانی، نتیجه‌گیری کردند که GIS محیط مناسبی را برای تهیه نقشه خطر سیل ایجاد می‌کند. یاهایا (۲۰) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره اقدام به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوزه رودخانه هادیجیا – جاما نیجریه کرد. پارامترهای لحاظ شده در این تحقیق شامل بارندگی سالانه، شیب حوزه، تراکم زهکشی، پوشش زمین و نوع خاک است. فرناندز و لوتز (۶) با کمک GIS و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره اقدام به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری در یکی از استان‌های کشور آرژانتین کردند. این دو با استفاده از پارامترهای فاصله تا کانال‌های زهکشی، ارتفاع منطقه، شیب منطقه، عمق آب زیرزمینی و کاربری اراضی کردند. ایشان با وزن‌دهی به هر یک از این عوامل پنج‌گانه و به کمک سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطقه مورد نظر خود را در پنج پهنه با خطر زیاد، خطر متوسط تا زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر خیلی کم پهنه‌بندی کردند. اوزترک و باتوک (۱۴) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره و معرفی برنامه‌ای تحت عنوان GIS–MCDA اقدام به پهنه‌بندی حوزه مرمره ترکیه کردند. این پهنه‌بندی با انتخاب و تهیه لایه‌های مؤثر در ایجاد سیلاب منطقه شامل بارندگی سالانه، مساحت زیر حوزه‌ها، ارتفاع، شیب، جهت شیب و ضریب زهکشی انجام گرفته است. این لایه‌ها در محیط GIS–MCDA به صورت زوجی مقایسه و ضریب نهایی برای هر لایه به روش AHP تعیین شد. نقشه نهایی بر اساس ارزش هر پیکسل به پهنه‌هایی با خطر سیل خیزی خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم می‌کند.

خلقی (۱۱) با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره زیرحوزه‌های آبخیز رودخانه کن را بر اساس حجم کار و هزینه اجرایی اولویت‌بندی کرد و نتیجه گرفت که با الویت‌بندی زیرحوزه‌ها می‌توان از صرف هزینه‌های بیهوده در مناطق با الویت پایین جلوگیری کرد. کروسی و همکاران (۵) از مدل مفهومی URBFEP برای بررسی دبی اوج سیلاب زیرحوزه‌های شهری لومباردی ایتالیا استفاده کردند. آنها از پارامترهایی مثل مساحت، سطح مناطق غیرقابل نفوذ، ضریب رواناب، تراکم شبکه زهکشی، طول آبراهه اصلی و متوسط شیب برای پتانسیل‌سنجی تولید دبی اوج سیلاب استفاده کردند و نتیجه گرفتند که مدل مذکور به خوبی توانسته الویت‌بندی زیرحوزه‌ها را انجام دهد. جان و همکاران (۹) از مدل فرآیند محور برای برآورد خطر حداکثر سیلاب زیرحوزه‌های آبخیز رودخانه آرکانزاس در کالیفرنیا استفاده کردند و حداکثر سیلاب احتمالی را با کمک مدل‌های بارش رواناب، اطلاعات بارش‌های استثنایی و سیلاب‌های تاریخی برآورد کردند. روزخش (۱۵) مناطق تحت تأثیر سیل در حوزه کسیلیان را مشخص کرد. در این تحقیق پس از تعیین دبی حداکثر برای دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل HEC-2 ارتفاع سطح نرمال و بحرانی آب رودخانه محاسبه شد و در نهایت پهنه‌بندی سیل انجام شد و برای تعیین میزان دبی در مقاطع از روش ماسکینگام استفاده شد.

خلیلی‌زاده و همکاران (۱۰) در تحقیقی با استفاده از نرم‌افزارهای Arcview-GIS اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل درطول ۱۰/۵ کیلومتر از مسیر رودخانه زیارت کردند و علاوه بر ترسیم نقشه پهنه‌های خطر سیل، مقدار خسارت ناشی از سیل را نیز برآورد کردند. وهابی (۱۹) با استفاده از سیلاب های برآوردی از روش SCS و کاربرد مدل $Mike_{11}$ نسبت به پهنه‌بندی خطر سیل در رودخانه طالقان اقدام نمود. در نقشه پهنه‌بندی تهیه شده، مناطق ممنوع، مشروط و مجاز با ذکر شرایط، مشخص شد.

امیراحمدی و همکاران (۲) از طریق وزن‌دهی به متغیرهای مؤثر بر سیل‌خیزی و لایه‌های کاربری اراضی و تراکم شهری، با استفاده از سیستم AHP، اقدام به مقایسه زوجی لایه‌ها و تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب در محدوده شهر سبزوار کردند. علایی و همایونی (۱) با استفاده از دبی حداکثر سالانه ده ایستگاه هیدرومتری مجاور حوزه دینور کرمانشاه و همپوشانی عوامل مؤثر در تولید رواناب منطقه در محیط GIS اقدام به پهنه‌بندی سیلاب در پنج پهنه‌ی تولید سیلاب بالا، نسبتا بالا، متوسط، نسبتا کم و کم کردند. کرم و درخشان (۸) با رقومی ساختن داده‌های مورد نیاز در سیستم اطلاعات جغرافیایی، در حوزه آبخیز آبشوران کرمانشاه و تهیه لایه‌های نقشه‌ای مختلف شامل بارندگی، سنگ‌شناسی، خاک و واحدهای اراضی، تراکم زهکشی، شیب زمین و پوشش زمین اقدام به پهنه‌بندی سیل‌خیزی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، برآورد سیلاب به روش استدلالی و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع آب‌های سطحی کردند.

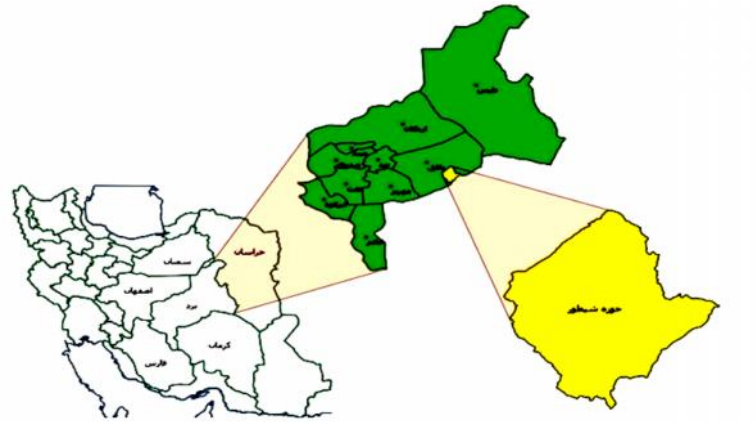
علیرغم بروز مکرر سیل در حوزه آبخیز شیطور بافق و تحمیل خسارت‌های مالی و جانی (کشته شدن یک نفر در سیلاب سال ۱۳۸۹) در سنوات گذشته، تاکنون مطالعات چندانی در زمینه پهنه‌بندی خطر سیلاب با هدف به کارگیری در مدیریت و برنامه‌ریزی و مهار سیل در این حوزه صورت نگرفته است، لذا تحقیق حاضر با هدف پهنه‌بندی خطر سیل زیرحوزه‌های مختلف آن به منظور بودجه‌بندی و سازماندهی عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای در آن انجام گرفته است. از کارایی نرم‌افزار ArcGis و الحاقیه MCDAS آن که قابلیت اعمال وزن عوامل و محدودیت‌ها و هم‌چنین تلفیق نقشه‌های مختلف را دارد در این تحقیق استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز شیطور بافق، از نظر جغرافیایی بین عرض‌های ″۵۱ ′۲۳ °۳۱ و ″۱۵ ′۴۵ °۳۱ شمالی و طول‌های ″۴۶ ′۴۵ °۵۵ و ″۲۲ ′۰۸ °۵۶ شرقی واقع شده است. این حوزه در استان یزد، در بخش جنوبی شهرستان بافق در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری شهر بافق از سمت شرق، در حد فاصل مرز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

استان یزد و کرمان قرار گرفته است. مساحت حوزه آبخیز شیطور ۷۱۱ کیلومتر مربع، تیپ اقلیمی منطقه نیمه‌خشک و با بارندگی سالانه ۱۶۱ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۱).



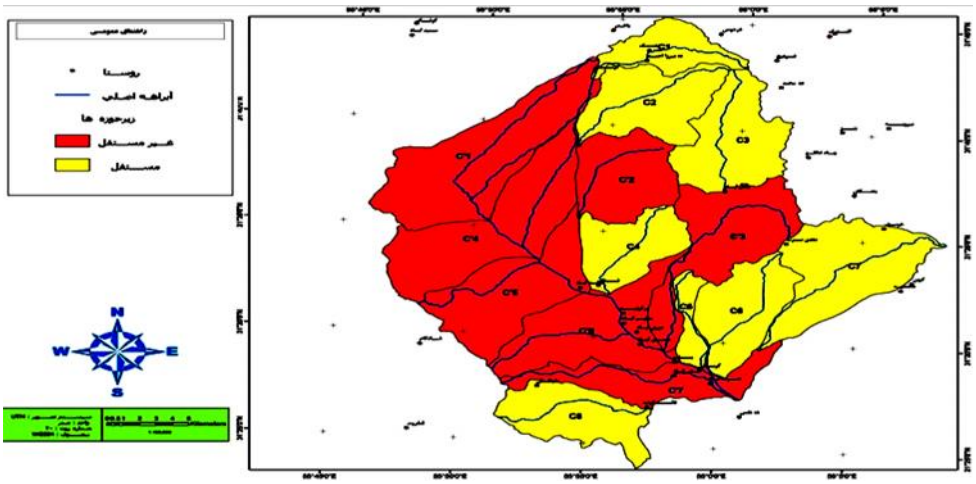
شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در استان یزد و شهرستان بافق
Figure 1. Location of study area in Yazd province and Bafgh city

تقسیم‌بندی حوزه به واحدهای فیزیوگرافی

به منظور بررسی و تعیین سهم زیرحوزه‌ها در بروز سیلاب، حوزه مورد مطالعه به هشت زیرحوزه هیدرولوژیک (مستقل) به نام‌های C_1، C_2، C_3، C_4، C_5، C_6، C_7 و C_8 و هفت زیرحوزه غیرهیدرولوژیک (غیرمستقل) به نام‌های C'_1، C'_2، C'_3، C'_4، C'_5، C'_6 و C'_7 تقسیم شده است که بر این اساس زیرحوزه‌های ترکیبی حوزه مورد مطالعه عبارتند از:

$CO_1 = C_1 + C'_1$
$CO_2 = C_1 + C'_1 + C'_4$
$CO_3 = C_2 + C'_2$
$CO_4 = C_1 + C'_1 + C'_4 + C_2 + C'_2 + C'_5$
$CO_5 = C_3 + C'_3$
$CO_6 = C_1 + C'_1 + C'_4 + C_2 + C'_2 + C'_5 + C_3 + C'_3 + C_4 + C'_6$
$CO_7 = C_1 + C'_1 + C'_4 + C_2 + C'_2 + C'_5 + C_3 + C'_3 + C_4 + C'_6 + C_5 + C_6 + C_7 + C'_7$

حوزه آبخیز شیطور از ۲ حوزه کامل CO_7 و C_8 تشکیل شده است که هر کدام از مجموع زیر حوزه‌های هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک تشکیل شده است. خروجی هر کدام مستقل از دیگری بوده و هیچ ارتباط هیدرولوژیکی با هم ندارند (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه واحد های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شیطور بافق
Figure 2. Hydrologic units of Sheytur watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

انتخاب عوامل مؤثر بر بروز سیلاب

برای تهیه نقشه ریسک‌پذیری سیل زیرحوزه‌های آبخیز شیطور بافق، عوامل اصلی مؤثر در بروز سیلاب در منطقه با استفاده از منابع منتشر شده مرتبط و نظر اساتید و کارشناسان متخصص انتخاب و نقشه هر یک از عوامل توسط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد که شامل:

۱) مساحت زیرحوزه‌ها: مساحت حوزه به‌عنوان یک عامل فیزیکی مهم و مؤثر در هر حوزه‌ای شناخته می‌شود که دبی‌های حداکثر، حداقل و متوسط سالانه و هم چنین شکل هیدروگراف به آن بستگی دارد. به همین میزان مساحت هر یک از زیرحوزه‌ها می‌تواند در تعیین مقدار مشارکت آن زیر حوزه در سیلاب کل منطقه مورد مطالعه مؤثر باشد.

۲) شیب حوزه: شیب حوزه نقش بسزایی روی حجم سیلاب و میزان نفوذپذیری آب در خاک دارد. به گونه‌ای که هر چه اختلاف ارتفاع داخل حوزه کمتر باشد، حجم سیلاب و در نتیجه فرسایش خاک به حداقل خواهد رسید.

۳) شیب آبراهه اصلی: شیب آبراهه اصلی بر روی حجم سیلاب و زمان تمرکز حوزه و روی شکل هیدروگراف اثر می‌گذارد. هر چه شیب آبراهه اصلی بیش‌تر باشد زمان تمرکز حوزه کمتر و در نتیجه زمان پایه هیدروگراف کمتر و دبی پیک بیش‌تر می‌باشد.

۴) تراکم زهکشی: تراکم زهکشی از تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل آبراهه‌های اصلی و فرعی به مساحت حوزه به دست می‌آید. میزان تراکم زهکشی در یک حوزه می‌تواند نشان‌دهنده وضعیت شدت و ضعف رواناب و فرسایش در قسمت‌های مختلف آن باشد. به‌طوری که اعداد کم بیانگر مقاومت به فرسایش و یا نفوذپذیری خوب و اعداد بالاتر بیانگر مقاومت ضعیف و نفوذپذیری کم حوزه می‌باشد.

۵) ضریب شکل حوزه: شکل حوزه تأثیر فراوانی روی هیدروگراف سیلاب داشته به طوری که با مساوی بودن سایر شرایط فیزیکی دبی حداکثر سیلاب در حوزه‌های گرد بیشتر از حوزه‌های کشیده است، زیرا زمان تمرکز در حوزه‌های گرد کوتاه‌تر بوده و عکس‌العمل آنها نسبت به رگبارهای سیل‌زا شدیدتر از حوزه‌های کشیده می‌باشد. ضرایب شکل معمولاً بین صفر تا یک متغیر هستند. هرچه ضرایب شکل به یک نزدیک‌تر باشد حوزه گردتر و و هرچه به صفر متمایل گردد حوزه کشیده‌تر می‌باشد. هرچه حوزه گردتر باشد زمان تمرکز در آن کمتر و در نتیجه شدت رواناب حاصله بیش‌تر خواهد بود.

۶) بارندگی سالانه: بارندگی سالانه از عوامل اقلیمی مؤثر و انکارناپذیر در بروز و ظهور هر روان آبی در حوزه آبخیز است و مقدار و شدت آن در بروز سیلاب، زمان تمرکز، هیدروگراف سیل مؤثر است.

۷) کاربری اراضی: تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه‌ای که از تنوع کاربری زیادی چون مراتع، زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، کوهستان‌ها و اراضی دشتی متنوعی برخوردار است در کار پهنه‌بندی سیلاب از اصلی‌ترین و ضروری‌ترین نقشه‌های کاربردی می‌باشد.

۸) نفوذپذیری: نفوذپذیری رابطه عکسی با تولید روان آب و ایجاد سیلاب در حوزه آبخیز دارد.

تعیین وزن پارامترها

یکی از روش‌های ارزیابی و وزن‌دهی، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، می‌باشد که به وسیله ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد (۱۶). پس از تعیین معیارها و پارامترهای مورد نیاز در پهنه‌بندی خطر سیلاب، نمودار سلسله مراتبی معیارها ساخته شدند. سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسأله پیچیده واقعی می‌باشد که در رأس آن هدف کلی مسأله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌های تصمیم‌گیری قرار دارند. سپس معیارها در ماتریس‌های مقایسه زوجی به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و وزن هر معیار نسبت به معیار دیگر برحسب میزان اولویت به آن معیار اختصاص داده شده است. اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها بر اساس نظر ۲۰ متخصص و کارشناس خبره شامل اساتید دانشگاه و کارشناسان ارشد مربوطه که از طریق پرسشنامه گرفته شد، انجام شد. پس از تکمیل ماتریس‌های مقایسه زوجی، وزن معیارهای اصلی و زیرمعیارها با استفاده از نرم افزار محاسبه شد که در جدول یک آمده است. لازم به ذکر است که نرخ ناسازگاری تمام عوامل در این تحقیق کمتر از ۰/۱ می‌باشد.

ورود نقشه‌ها و وزن‌دهی در سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چندمعیاره

سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDAS، از ضمائم نرم‌افزار ArcGis می‌باشد که در دو بخش کلی با تجزیه و تحلیل داده‌های ورودی و بر اساس معیارهایی که برای آن تعریف می‌شود، اقدام به تلفیق مکانی نقشه‌ها می‌کند. در گام نخست تمام لایه‌ها از حالت برداری به حالت رستری تبدیل شده و وارد سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری شد. لایه‌ها در قسمت Coincidence Analysis کلاس‌بندی شده و در نهایت با اعمال وزن هر لایه در قسمت Multiple Criteria Evaluation نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوزه آبخیز شیطور بافق تهیه شد (شکل ۳).

پهنه‌بندی سیلاب حوزه آبخیز شیطور بافق از تلفیق لایه‌های مختلف نظیر مساحت زیرحوزه‌ها، شیب حوزه، شیب آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب بارندگی سالانه، کاربری اراضی و نفوذپذیری در سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDAS) حاصل شد. این لایه خروجی شامل پیکسل‌هایی است که ارزش آنها از صفر تا یک متغیر است. بر این اساس هر زیرحوزه‌ای که ارزش پیکسل‌های آن به یک نزدیک‌تر باشد، در تشکیل روان آب و بروز سیلاب نقش بیش‌تری داشته و زیرحوزه‌های با ارزش پیکسل‌های نزدیک به صفر پتانسیل کمتری بروز رواناب و تشکیل سیل دارد. نقشه پهنه‌بندی خطر سیل زیرحوزه‌های آبخیز شیطور در شکل ۴ نشان داده شده است.

نتایج و بحث

براساس نتایج به دست آمده، زیر حوزه C_5 با ارزش کمی ۰/۱۵ کمترین خطر سیل‌خیزی را در منطقه دارد. از آنجا که

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

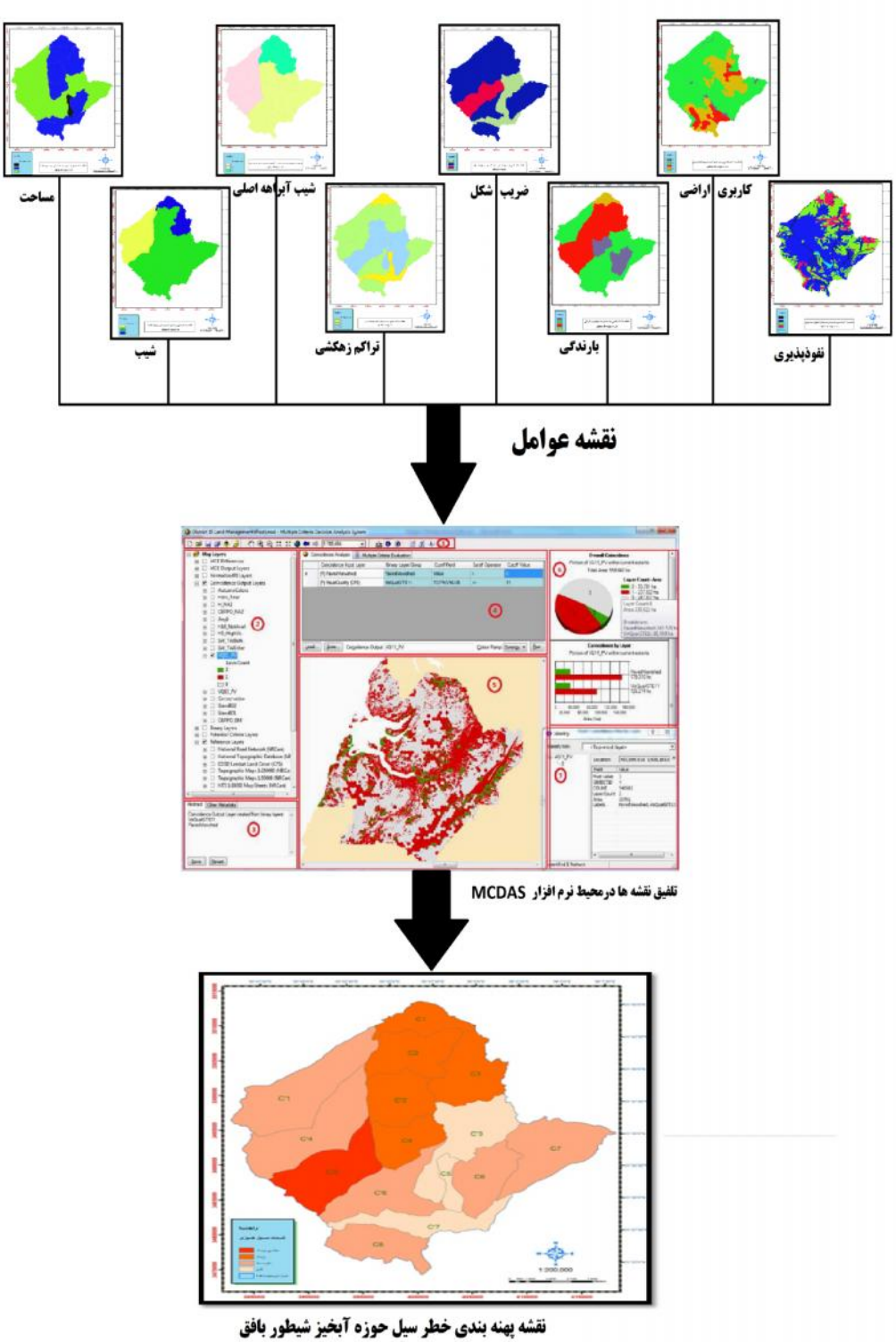
ضریب شکل حوزه یکی از پارامترهای مهم در بروز سیل می‌باشد، خطر سیل‌خیزی پایین این زیرحوزه را می‌توان به کشیدگی آن و طولانی شدن زمان تمرکز آن نسبت داد. این زیرحوزه که دلیل آن را می‌توان به ضریب شکل و کشیدگی زیاد زیرحوزه فوق نسبت داد که موجب کاهش حجم سیلاب نهایی در خروجی این زیر حوزه می‌شود. چنین استدلالی را می‌توان برای زیرحوزه‌های C'_7 و C'_3 با خطر وقوع سیلاب کم هم عنوان نمود که با واقعیت میدانی و علمی آن نیز مطابقت دارد.

جدول ۱- کلاس‌بندی عوامل و وزن هر عامل

Table 1. Factors classification and the weight of each factor

عوامل	وزن معیار	طبقات عوامل	ارزش نسبی طبقات عوامل
مساحت زیر حوزه ها (کیلومتر مربع)	۰/۰۷۲۴	۰-۲۰	۱
		۲۰-۵۰	۳
		۵۰-۱۰۰	۶
شیب حوزه (درصد)	۰/۰۹۷۲	۰-۱۰	۱
		۱۰-۳۰	۳
		۳۰-۵۰	۶
شیب آبراهه اصلی (درصد)	۰/۱۱۴۵	۰-۱۵	۱
		۱۵-۳۰	۳
		۳۰-۴۵	۶
تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	۰/۰۵۸۳	۴-۵	۱
		۵-۶	۳
		۶-۷	۵
ضریب شکل حوزه	۰/۰۵۷۶	<۰/۲۵	۱
		۰/۲۵-۰/۵	۳
		۰/۵-۰/۷۵	۵
		۰/۷۵-۱	۷
بارندگی (میلیمتر)	۰/۲۳۱۰۳	۰-۱۵۰	۱
		۱۵۰-۱۷۵	۳
		۱۷۵-۲۰۰	۵
		۲۰۰<	۷
کاربری اراضی	۰/۱۵۸۲۲	اراضی مرتعی و کشاورزی و دیم زارهای با پوشش بیش از ۵۰ درصد	۱
		اراضی مرتعی و کشاورزی و دیم زارهای با پوشش کمتر از ۵۰ درصد	۳
		مراتع فقیر و دشت‌های وسیع	۵
		اراضی صخره‌ای وکوهستان‌ها و مناطق مسکونی	۷
نفوذپذیری	۰/۲۱۰۷۲	سرعت نفوذ خیلی زیاد	۱
		سرعت نفوذ زیاد	۳
		سرعت نفوذ متوسط	۵
		سرعت نفوذ کم	۷
		سرعت نفوذ خیلی کم	۹

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]



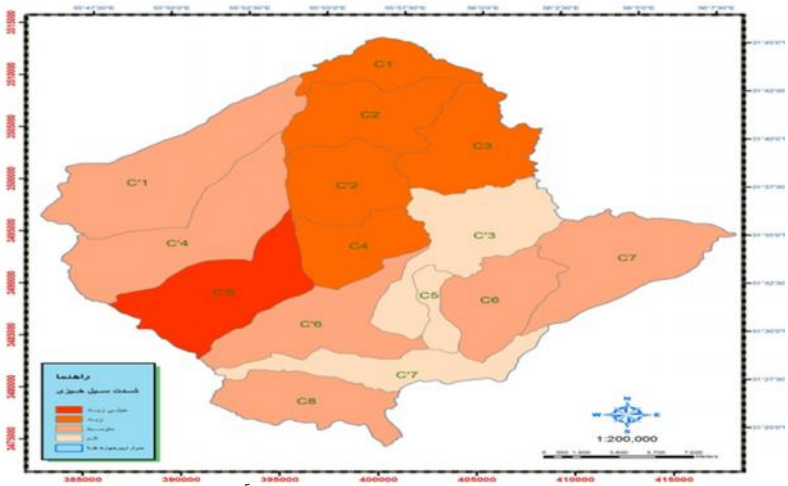
شکل ۳- نقشه عوامل و مراحل ورود اطلاعات در نرم‌افزار MCDAS و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل

Figure 3. Factors map and the data entry process in MCDAS software and flood hazard zonation map

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی خطر سیل زیرحوزه‌های آبخیز شیطور

Figure 4. Flood hazard zonation map of Sheytur watershed

زیرحوزه‌های C_1 و C_2 و C_3 در گروه زیرحوزه‌هایی قرار دارند که خطر بروز سیلاب در آن‌ها زیاد پیش‌بینی شده است. موقعیت توپوگرافی این زیرحوزه‌ها (مرتفع‌ترین نقاط حوزه آبخیز شیطور) و بارندگی سالانه بیش‌تر و نفوذپذیری کم به همراه پارامترهای فیزیوگرافی (شیب حوزه و شیب آبراهه اصلی) باعث شده که پتانسیل تولید رواناب در این زیرحوزه‌ها زیاد شده و در گروه زیرحوزه‌هایی با خطر سیلاب بالا قرار گیرند. زیر حوزه C'_5 با ارزش عددی، ۰/۷۹ بیش‌ترین خطر بروز سیلاب، در بین زیرحوزه‌های آبخیز شیطور را داراست. وزن بالای بسیاری از عوامل تأثیرگذار در سیل در این زیرحوزه، باعث شده که بیش‌ترین ارزش پیکسل‌ها را به خود اختصاص دهد و در زمره خطرپذیری بالای سیل در منطقه قرار گیرد. از این رو باید در اولویت اول اقدامات اصلاحی مدیران منطقه در جهت کاهش خطر سیل قرار گیرد. در این پژوهش عوامل فیزیوگرافی در نظر گرفته شده شامل مساحت زیرحوزه‌ها، شیب حوزه، شیب آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و ضریب شکل می‌باشند که به عنوان شاخص‌ترین عوامل در مطالعات علایی طالقانی و همایونی، (۱)، کرم و درخشان (۷)، یاهایا (۱۷) و فرناندز و لوتز (۵) در پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است.

در این تحقیق از بین عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب در منطقه مورد مطالعه، سه عامل مساحت زیرحوزه‌ها، شیب حوزه و شیب آبراهه اصلی بیش‌ترین تأثیر و مشارکت را در ایجاد و تشدید سیلاب دارند که این موضوع با نتایج مطالعات کرم و درخشان (۷)، فرناندز و لوتز (۵) و اوزترک و باتوک (۱۱) نیز هم‌خوانی دارد. به علاوه عوامل بارندگی و کاربری ارضی نیز در بررسی پتانسل بروز سیلاب است مدنظر قرار گرفت که این موضوع نیز با نتایج تحقیقات کرم و درخشان (۷)، یاهایا (۱۷) و اوزترک و باتوک (۱۰) هم‌خوانی دارد.

در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی که در تحقیقات کرم و درخشان (۷)، یاهایا (۱۷) و اوزترک و باتوک (۱۱) نیز مورد قرار گرفته است، و نشان‌دهنده کارایی بالا و مناسب این مدل در وزن‌دهی به عوامل فوق می‌باشد، برای وزن‌دهی و تعیین میزان مشارکت هر عامل در بروز سیلاب استفاده شد. هم‌چنین از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها استفاده شد که در تحقیق خلقی (۱۱) نیز بر کارایی مناسب این روش تأکید شده است.

امروزه تنگناهای مالی برای مدیریت آبخیزهای کشور اقتضا می‌کند که در یک حوزه، بودجه‌بندی به نحو صحیح انجام گیرد و اقدامات حفاظتی در مقابل فرسایش و کنترل سیلاب به ترتیب اولویت انجام، تا بیشترین اثربخشی را داشته باشد. از این رو بررسی و تحلیل مناطق سیل‌گیر و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های یک آبخیز بر مبنای میزان مشارکت هر یک در تولید رواناب و سیل، می‌تواند در اختصاص بودجه، الویت‌بندی و سازماندهی عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای نقش بسزایی داشته باشد. بر این اساس در حوزه آبخیز شیطور پهنه‌هایی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب ۸ و ۲۷ درصد از منطقه را تشکیل می‌دهد که باید در اولویت اقدامات کاهش سیلاب از قبیل فعالیت‌های سازه‌ای (احداث سدهای اصلاحی) قرار گیرد. ۵۰ درصد مساحت منطقه در پهنه خطر متوسط و ۱۵ درصد در پهنه خطر کم قرار دارند که می‌تواند توسط برنامه‌ریزان محلی برای توسعه و انجام پروژه‌های عمرانی مدنظر قرار گیرند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

منابع

1. Alaei Taleghani, M. and S. Homayooni. 2011. Flood Hazard Zonation in Dinvar Basin According to the Geomorphology Component. Journal of Geographical Research, 1: 49-37 (In Persian).
2. Amir Ahmadi, A., A. Bhniafar and M. Ebrahimi. 2011. Flood Hazard Zonation for Sabzevar Urban Sustainable Development. Geographical Journal of Environmental Planning, 16: 33-17 (In Persian).
3. Bazdar, M and S. Shahedi. Determining Flood Origin Areas and Flooding Prioritization at a River Basin (Case Study: Lavidj River Basin, Mazandaran Province). Journal of Watershed Management Research Vol. 1, No. 2, Fall and Winter 2010 pp: 21-30.
4. Correia, E.N., M.G. Saraiva, F.N. Silva and I. Romos. 1999. Floodplain Management in Urdan Development Area. Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urdan Growth Modeling. February 1999, Volume 13, Issue 1, pp: 23-37.
5. Croci, S., A. Paoletti and P. Tabellini. 2014. URBFEP Model for Basin Scale Simulation of Urban Floods Constrained by Sewerage's Size Limitations. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013. Procedia Engineering, 70: 389-398
6. Fernandez, D.S. and M.A. Lutz. 2010. Urban Flood Hazard Zoning in Tucumán Province, Argentina, Using GIS and Multicriteria Decision Analysis. Research Engineering Geology, 111: 90-98.
7. Hyalmarson, H.W. 1988. Flood Hazard Zonation in Aridland. Wesley Publishers, 114 pp.
8. Karam, A. and F. Derakhshan. 2012. Flood Hazard Zonation, Flood Estimation and Evaluation of Surface Water Disposal Channels in Urban Watersheds: A Case Study Abshore Basin in Kermanshah. Geography Quarterly, 16: 54-37 (In Persian).
9. John, F., J. England, Y. Pierre Julien and M.L. Velleux. 2014. Physically-Based Extreme Flood Frequency with Stochastic Storm Transposition and Pale flood Data on large Watersheds. Journal of Hydrology, 510: 228-245.
10. Khalilizadeh, M., A. Mosaedi and A. Najafi Nejad. 2005. Flood Hazard Zonation in a Part of the Ziarat River Basin Area of the City of Gorgan Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 4: 146-138 (In Persian).
11. Kholghi, M. 2002. The Use of MDCM Method in Prioritizing Sub-Watershedsstructural Flood Control. Iranian Journal of Natural Resources, 55: 479-490 (In Persian).
12. Liang, S. and C.R.C. Mohanty. 1997. Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning a Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 28: 11-20.
13. Islam, M.D. and S. Kimitero. 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45: 42-48.
14. Ozturk, D. and F. Batuk. 2011. Implementation of Gis-Based Multicriteria Decision Analysis with Va in ArcGic. International Journal of Information Technology & Decision Making, 6: 1023-1042.
15. Roozkhash, B. 1996. GIS Application in Flood Warning Systems and Flood Hazard Zones Design in Kasilian Watershed, M.Sc. Thesis, Tehran University. 146 pp (In Persian).
16. Saaty, T. 1980. The Analytical Hierarchy Process. New York, McGraw-Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000). Pittsburgh: RWS Publications. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008.
17. Sinnakaudan, S.K., A.A. Ghani and C.C. Kiat. 2003. Flood Inundation Analysis Using HEC-6 and ArcView GIS 3.2a. Final Year Project Report, University of Science Malaysia, 132 pp.
18. Telvari, A. 1997. Flood Control Management and Flood Mitigation. Expert Workshop on Rivers Flood Control. Hamadan, 15 and 16 May, pp: 59-50 (In Persian).
19. Vahhabi, J. 2006. Flood Hazard Zonation Using Hydrologic and Hydraulic Models Used in Taleghanrood Area. Journal of Natural Resources Research and Development, 5: 40-33 (In Persian).
20. Yahaya, S. 2008. Multicriteria 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, 2008.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]

Flood Hazard Zoninig Using Multiple Criteria Decision Analysis System (Case Study: Sheytoor Watershed in Bafgh)

Mohammad Hassanzadeh Nafooti[1] and Habibollah Khajebafghi[2]

1- Assistant Professor, Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Maybod Branch, Yazd, Iran.
(Corresponding author: hasanzadeh.m@gmail.com)
2- Graduate M.Sc., in watershed management, Islamic Azad University, Maybod Branch, Yazd, Iran.
Received: December 7, 2013 Accepted: July 26, 2014

Abstract

Today, one of the major problems of flood control projects is watershed prioritizing for resource allocation and structural and non-structural practices. Due to the lack of hydrometric stations in many watersheds, is difficult determining the participation of sub catchments to create flood. So study the affective factors in watersheds through models such as multi-criteria decision analyzing system (MCDAS) can help to determine the role of each sub catchment in creating flood. Despite the frequent occurrence of floods in Sector watershed, it has not any hydrometric station. The purpose of this study was to evaluate the potential of sub catchment in creating flood. In this study after providing digital layers of factors such as area, slope, main channel slope, drainage density, form factor, annual rainfall, land use and the infiltration of sub catchment, the AHP method was based to measure weight of each layer Finally, by applying weights and coefficients of each layer in MCDAS extension in ArcGIS, a combination map was produced. Pixel values of combination map can be varied from zero to one that it has much potential of flooding. According to the final map, the C'_5 sub catchment has 0.79 value that has the greatest potential flood risk and it should be a priority for corrective practices. Next, C_1 and C_2 and C_3 were at the high risk groups and C'_7 and C'_3 were at low risk group of flooding and C_5 sub catchment with 0.15 value has the lowest risk of flooding in the region.

Keywords: AHP, Flood, MCDAS, Sheytoor-Bafgh Watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.4.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.37]