دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی کارآیی تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی در اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین

جمال مصفایی[۱]، مهدی کمالی[۲]، امین صالح‌پور جم[۱]، کریم سلیمانی[۳]، کاکا شاهدی[۴] و افشین یوسف گمرکچی[۵]

۱- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: jamalmosaffaie@yahoo.com)
۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه تهران
۳ و ۴- استاد و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۵- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران
تاریخ ارسال: ۹۶/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶
صفحه: ۴۸ تا ۵۸

چکیده

سیل یکی از بلایای طبیعی است که از هرساله موجب خسارات جانی و مالی فراوانی می‌شود. لذا پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی، اقدامی ضروری برای کاهش خسارات ناشی از آن است. هدف از این پژوهش، بررسی کارآیی تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین قزوین بود. بدین‌منظور پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها با بکارگیری تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین و با نتایج سیل‌خیزی حاصل از مدل HEC-HMS به‌عنوان داده‌های مشاهداتی مقایسه شد. نتایج نشان داد که علاوه‌بر تطابق کامل بین نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده دو روش، همبستگی معنی‌داری (۰/۹۲۹ و ۰/۹۳٤) بین رتبه پتانسیل سیل‌خیزی حاصل از AHP و رتبه دبی پیک سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ سال زیرحوضه‌ها وجود دارد. همچنین تحلیل اوزان حاصل از AHP نشان داد که در سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها، به‌طور کلی عوامل هیدروکلیماتیک (وزن = ۰/٦۵) از اهمیت بیشتری نسبت به عوامل مورفومتری (وزن = ۰/۳۵) برخوردارند و عامل شدت بارش برابر با زمان تمرکز نیز مهم‌ترین عامل می‌باشد (وزن = ۰/۳۷۳). بر اساس رتبه‌بندی نهایی، زیرحوزه‌های ۵، ۳ و ٤ که در نواحی کوهستانی و بالادست حوزه واقع شده‌اند، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند که بیشتر به‌دلیل وزن بالای دو زیرمعیار شدت بارش برابر با زمان تمرکز و بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله نسبت به زیرحوزه‌های دیگر است. نتایج این تحقیق علاوه بر شناخت فرآیندهای حاکم بر حوزه، می‌تواند راهنمای مناسبی برای کنترل سیلاب‌های منطقه مطالعاتی باشد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، تحلیل سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، دبی اوج

مقدمه

سیلاب از جمله مهم‌ترین بلایای طبیعی است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل، همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه میزان خسارات مالی و جانی به‌همراه دارد (۱۷). از طرفی در حوزه‌های آبخیز مشرف به مناطق شهری و صنعتی، میزان خسارت از اهمیت دو چندانی برخوردار است (۱۳). هرچند کنترل کامل خسارات ناشی از سیلاب امری غیرممکن می‌نماید اما می‌توان با تحلیل‌های مناسب و انجام اقدامات پیشگیری، تا حد زیادی از اثرات مخرب آن است (۲۱) که یکی از این اقدامات تهیه نقشه پتانسیل سیل‌خیزی است (۲۵). از آنجاکه انجام عملیات کنترل سیلاب در سراسر آبخیز امکان‌پذیر نبوده و در صورت عدم بررسی دقیق می‌تواند امکان تشدید دبی اوج را با تغییر همزمانی دبی‌های اوج زیرحوضه‌ها سبب گردد؛ لذا باید به طریقی مناطق سیل‌خیز را شناسایی و عملیات کنترل سیلاب را در آن‌ها متمرکز نمود. تا کنون نیز تحقیقات متعددی در زمینه تعیین مناطق سیل‌خیز و بحرانی انجام گرفته است (۵، ۳۵،۳۴،۳۳،۲۴). اعظمی‌راد و همکاران، نقشه پتانسیل سیل‌خیزی آبخیز کشف‌رود را با روش SCS تهیه و نتیجه گرفتند که به‌ترتیب ۶۸، ۲۵ و ۷ درصد منطقه دارای پتانسیل‌های سیل‌خیزی نرمال، بحرانی و فوق‌بحرانی می‌باشند که عمده مناطق با کلاس فوق‌بحرانی در مرتفع و شیبدار قرار گرفته‌اند (۱). رضوی ترمه و همکاران، دقت نقشه‌های پتانسیل سیل‌گیری تهیه‌شده توسط مدل‌های آماری و تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای شهرستان جهرم ارزیابی کرده و دقت مدل‌های AHP و تاپسیس را به‌ترتیب برابر با ۶۸ و ۷۰ درصد محاسبه نمودند (۲۵). کمالی و همکاران در آبخیز باراجین (۱۰) و خسروشاهی و ثقفیان در آبخیز دماوند (۱۲)، میزان تاثیر هر زیرحوزه در سیل خروجی را با بهره‌گیری از مدل HEC-HMS[1] و روش تکرار حذف انفرادی زیرحوزه‌ها در هر اجرای مدل، ارزیابی کرده و از این طریق میزان تاثیر هر زیرحوزه در سیلاب خروجی را اولویت‌بندی نمودند. دهقانی و همکاران، پتانسیل سیل‌خیزی آبخیز اخترآباد را با روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی پهنه‌بندی کرده و نتیجه گرفتند که قسمت‌های مرکزی حوزه از پتانسیل سیل‌خیزی کمی برخوردار است (۷). زهتابیان و همکاران، با مدل HEC-HMS زیرحوزه‌های آبخیز مارمه را از نظر سیل‌خیزی اولویت‌بندی کردند و نتیجه گرفتند که پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها، علاوه بر عامل مساحت تابع عواملی نظیر موقعیت مکانی و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز می‌باشد (۳۶). بهیان مطلق و همکاران، دقت مدل HEC-HMS را برای حوضه‌های نیمه‌توزیعی و یکپارچه ارزیابی و نتیجه گرفتند که دقت مدل با درنظرگرفتن زیرحوضه‌ها در مقایسه با حوضه یکپارچه بیشتر است (۳).

تولید رواناب در یک آبخیز به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله آنها می‌توان به خصوصیات حوزه آبخیز، دینامیک بارش، نفوذ و شرایط پیشین حوزه اشاره نمود (۱۸). به‌همین ترتیب وقوع، بزرگی و تکرار سیل و در نتیجه میزان

1- Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

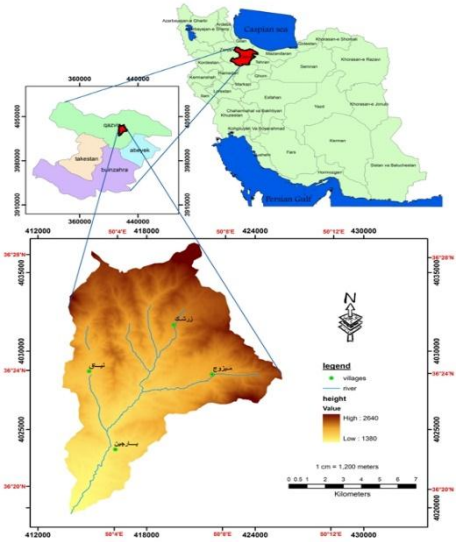
خسارت‌های ناشی از آن نیز متاثر از ویژگی‌های فیزیکی حوزه (شکل، شیب، شبکه آبراهه و غیره) و ویژگی‌های هیدرومتئولوژیکی (بارش و ویژگی‌های آن، زمان تمرکز و غیره) می‌باشند. شناسایی مهم‌ترین عوامل موثر بر ایجاد سیلاب، از اصول اولیه مهار آن است که از طریق آن می‌توان نقاط بحرانی آبخیز را شناسایی و با تمرکز برنامه‌های کنترل رواناب در آنها، خسارات ناشی از سیلاب را کاهش داد (۲۱). امیدوار و همکاران پتانسیل سیل‌خیزی آبخیز کنجانچم ایلام را با استفاده ۲۸ عامل و به‌کارگیری تکنیک‌های تحلیل عاملی و خوشه‌ای بررسی و نتیجه گرفتند که سیل‌خیزی آبخیز مذکور را می‌توان با ۵ عامل اصلی شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب، به ۴ منطقه همگن پهنه‌بندی نمود (۲۲). ترکیب GIS و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تاکنون در مدل‌سازی‌های مکانی و تحلیل‌های مربوط به بلایای طبیعی فراوانی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۶،۱۹،۲۰). روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله روش‌های مدیریتی برای شناسایی مناطق بحرانی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌های مختلف می‌باشند که می‌توان با فرض عوامل مختلف موثر بر سیلاب به‌عنوان معیار و زیرحوزه‌های مختلف به‌عنوان گزینه‌ها، پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها را اولویت‌بندی نمود که در این ارتباط تاکنون تحقیقات متعددی نیز به انجام رسیده است (۱۴، ۲۴، ۳۳، ۳۵).

مرور منابع نشان می‌دهد که توجه به تعیین مناطق مولد سیل امر تازه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت آبخیز نبوده و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی می‌تواند گامی موثر در بهبود مدیریت آبخیز باشد. همچنین در تحقیقات گذشته، مهم‌ترین عوامل موثر بر سیل‌خیزی شناسایی و معرفی شده‌اند و اگرچه در حوزه‌های دارای آمار، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با به‌کارگیری مدل‌هایی نظیر HEC-HMS انجام شده است ولی در حوزه‌های فاقد آمار، فقط از مدل‌های مدیریتی مختلف برای اولویت‌بندی خطر سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها بدون درنظرگرفتن ارزیابی دقت کارایی آنها استفاده شده است درحالی‌که برای اولویت‌بندی خطر سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در آبخیزهای فاقد آمار، ارزیابی کارآیی مدل‌های مختلف مدیریتی ضروری است. هدف از تحقیق حاضر، تعیین مهم‌ترین عوامل موثر در ایجاد سیل و بررسی کارآیی تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

آبخیز باراجین با مساحتی معادل ۱۰۸۷۷ هکتار، بین مختصات ′۱۵ °۳۶ تا ′۳۰ °۳۶ عرض شمالی و ′۰۲ °۵۰ تا ′۱۰ °۵۰ طول شرقی و در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهر قزوین واقع شده است (شکل ۱). تیپ اراضی سطح حوضه عمدتاً کوهستانی بوده (البرز میانی)، ارتفاع حداقل حوضه ۱۳۸۰ متر و ارتفاع حداکثر ۲۶۴۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد است. رودخانه اصلی آن از ارتفاعات ۲۶۴۰ متری سرچشمه گرفته و در نزدیکی قزوین به رودخانه عبدل‌آباد متصل می‌گردد. شیب متوسط حوضه ۲۶ درصد و جهت عمومی شیب، جنوبی است. متوسط بارش منطقه با استفاده از معادله گرادیان بارش طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۹، ۳۶۰ میلی‌متر و توزیع زمانی بارش عموماً از تمرکز بارش در زمستان (۳۶٪)، بهار (۳۲٪) و پاییز (۳۰٪)، و خشکی منطبق بر تابستان (۲٪) تبعیت می‌کند. از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح‌شده، آبخیز باراجین دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد. وجود چنین شرایطی در آبخیز باراجین که در بالادست شهر قزوین قرار دارد، باعث افزایش ریسک سیلاب شده که می‌تواند خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را در داخل حوضه و یا شهر قزوین بوجود آورد (۱۰).



شکل ۱- نقشه موقعیت آبخیز باراجین
Figure 1. Location map of Barajin watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین استفاده شد. برای ارزیابی کارآیی تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین، ضریب همبستگی اسپیرمن بین نتایج این روش و داده‌های مشاهداتی (رتبه دبی پیک لحظه‌ای زیرحوزه‌ها) و همچنین شاخص کاپا که بیانگر میزان تطابق بین نقشه‌های طبقه‌بندی شده حاصل از دو روش می‌باشد، محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب کاپا، معمول‌ترین آماره برای بررسی میزان تطابق دو نقشه است که با استفاده از فرمول کوهن محاسبه می‌شود.

فرمول ۱: $K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$

که در آن Po: دقت مشاهداتی و Pe: دقت برآوردی و K: میزان تطابق می‌باشد. ضریب کاپای برابر با یک نشانه تطابق کامل و مقدار کاپای برابر با صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو نقشه است. بدین‌منظور ابتدا اعداد دبی و پتانسیل سیل‌خیزی بر اساس مقادیر موجود به ۴ طبقه خیلی‌کم، کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی و نقشه مربوط به هر روش تهیه شد.

برای تهیه داده‌های مشاهداتی، پس از اعتبارسنجی مدل HEC-HMS با استفاده از داده‌های بارش–رواناب آبخیز باراجین برای دوره آماری ۱۳۴۵–۱۳۹۰، میزان تاثیر هر زیرحوزه در سیلاب خروجی حوضه با روش حذف انفرادی زیرحوزه‌ها در هر اجرای مدل نیز ارزیابی و از این طریق میزان تاثیر هر زیرحوزه در سیلاب خروجی اولویت‌بندی شده است (۱۰).

تحلیل سلسله مراتبی

تکنیک AHP یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی ابداع شد (۲۷). AHP بر اساس مقایسات زوجی معیارهای تصمیم‌گیری که نیازمند جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه‌ای از تصمیم‌گیرندگان است پایه‌گذاری شده است (۸). در این روش از آنجاکه فقط دو عامل فارغ از سایر عوامل، با هم مقایسه می‌شوند، اطلاعات ارزشمندی فراهم می‌شود که فرآیند تصمیم‌گیری را منطقی می‌سازد (۱۵). علت سلسله‌مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و اولویت‌ها که در راس هرم قرار دارند آغاز کرد و با گسترش آنها سنجه‌ها را شناسایی کرد تا به پایین هرم رسید. این فرآیند ترکیب معیارهای کیفی و کمی را به‌طور همزمان امکان‌پذیر می‌سازد (۲۳).

در آبخیز باراجین، معیارها و زیرمعیارها بر اساس مرور منابع و ویژگی‌های حوضه تعیین و درخت سلسله‌مراتبی ایجاد شد. رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ پتانسیل سیل‌خیزی که دربرگیرنده هدف اصلی است به‌عنوان سطح اول انتخاب شد. دو معیار مورفومتری و هیدروکلیماتولوژی که در واقع معیارهای اساسی موثر بر وقوع سیل می‌باشند در سطح دوم قرار گرفتند. در سطح سوم عوامل موثر بر وقوع سیل شامل عوامل مورفومتریک مساحت، شکل حوزه، تراکم زهکشی، شیب متوسط وزنی آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط وزنی، شیب متوسط وزنی زیرحوزه و عوامل هیدروکلیماتولوژیک ضریب رواناب، زمان تمرکز، حداکثر بارش ۲۵ ساله، حداکثر شدت بارش ۲۵ ساله معادل زمان تمرکز حوزه، و دبی حداکثر قرار گرفتند. در سطح چهارم نیز ابتدا دامنه مقادیر هر یک از عوامل به سه کلاس طبقه‌بندی و این طبقات به‌عنوان سطح چهارم درخت سلسله‌مراتبی در نظر گرفته شد.

ماتریس‌های مقایسات زوجی طی پرسشنامه‌های نه گزینه‌ای ساعتی توسط نظرات متخصصین (معاون آبخیزداری، کارشناسان ادارات کنترل سیلاب و آبخواندارای، مهندسی و مطالعات، حفاظت خاک و آبخیزداری استان قزوین)، تکمیل شد. در نهایت، قضاوت‌های کارشناسان در وزن‌دهی معیارها براساس نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها (کمتر از ۰/۱) تصحیح شد و پس از نرمالیزه‌کردن ماتریس به روش میانگین هندسی، وزن نهایی هر گزینه از طریق مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها محاسبه گردید. لازم بذکر است که در این تحقیق به‌منظور تولید سلسله‌مراتبی، محاسبه میزان ناسازگاری و اوزان گزینه‌ها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد.

مدل HEC-HMS

کمالی و همکاران، دبی اوج لحظه‌ای سیلاب در زیرحوزه‌های آبخیز باراجین را با استفاده از مدل Hec-HMS محاسبه کرده‌اند (۱۰) که در این تحقیق از نتایج آن به‌عنوان داده‌های مشاهداتی و برای ارزیابی میزان کارآیی تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. در این قسمت خلاصه‌ای از مراحل انجام تحقیق مزبور ارائه می‌گردد.

برای پهنه‌بندی پتانسیل رواناب، از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)[1] استفاده شد. بدین‌منظور ابتدا نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و انجام بازدیدهای صحرایی استخراج و پس از تلفیق با لایه کاربری زمین، نقشه شماره منحنی (CN)[2] با استفاده از جداول استاندارد استخراج شد.

حداکثر بارش ۶ ساعته از رابطه ذیل، طبق توصیه سازمان حفاظت خاک آمریکا محاسبه شد.

$$P_{6,T} = \frac{P_{24,T}}{1.48}$$

نقشه عمق رواناب از تلفیق نقشه‌های شماره منحنی (CN) و مقادیر بارش با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ سال مطابق با روابط زیر تهیه شد.

$S = ((1000/CN) - 10)*25.4$

$Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$

که در آن S: ضریب نگهداشت، P: بارش ۶ ساعته (mm)، Q: رواناب (mm) و CN: شماره منحنی است.

در نهایت پس از تهیه مدل هیدرولوژیکی حوزه و محاسبه زمان تمرکز و تاخیر هر یک از زیرحوزه‌ها و آماده‌سازی ورودی‌های مدل، فرآیند شبیه‌سازی در مدل HEC-HMS اجرا و روندیابی سیلاب به روش تاخیری[3] که فقط نشان‌دهنده انتقال موج است و در آن تضعیف جریان در نظر گرفته نمی‌شود، انجام شد. ضمنا برای کالیبره‌کردن و اعتبارسنجی نتایج مدل نیز از روابط Q/Qp و t/tp و آمار مشاهداتی دبی در

1- Soil Conservation Service 2- Curve Number 3- Lag Time

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

ایستگاه هیدرومتری باراجین استفاده شد. برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توان به منبع Kamali و همکاران مراجعه نمود (۱۰).

نتایج و بحث

تحلیل سلسله مراتبی

ویژگی‌های مورفومتری و هیدروکلیماتولوژی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز باراجین در جدول یک ارائه شده است.

از آنجاکه دامنه هر یک از عوامل، به ۳ طبقه تقسیم شده که در جدول یک ارائه شده است، و در مقایسات زوجی این طبقات با یکدیگر مقایسه شده‌اند، اعداد ارجحیت هر طبقه نسبت به طبقه دیگر در عوامل مختلف، یکسان تخصیص یافته و در مدل تحلیل سلسله‌مراتبی، نظر کارشناسی بیش از این قادر به تفکیک طبقات مختلف عوامل نبوده و به‌همین دلیل، اوزان نهایی ارائه‌شده در جدول ۲ تا حدودی شبیه به هم می‌باشند. جدول ۲ نشان می‌دهد که در بخش مورفومتری، زیرمعیارهای شیب متوسط و شیب متوسط آبراهه اصلی و در بخش هیدروکلیماتولوژی، زیرمعیار شدت بارش برابر با زمان تمرکز، از وزن و اهمیت بیشتری نسبت به سایر زیرمعیارها برخوردارند.

پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، با توجه به میزان اهمیت، از ابزار تحلیل‌گر فضایی[1] برای همپوشانی ریاضی لایه‌ها استفاده شد و لایه پتانسیل وقوع سیلاب هر زیرحوزه تهیه شد که در شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های مورفومتری و هیدروکلیماتولوژی حوزه آبخیز باراجین

Table 1. Morphometric and hydrocolamathologic characteristics of Barajin watershed

زیرحوزه	مورفومتری						هیدروکلیماتولوژی				
	مساحت (km^2)	ضریب گراولیوس	تراکم زهکشی (km/km^2)	شیب متوسط آبراهه (درصد)	ارتفاع متوسط (m)	شیب متوسط (درصد)	ضریب رواناب	زمان تمرکز (دقیقه)	حداکثربارش ۲۵ ساله (mm)	شدت بارش برابر زمان تمرکز (میلیمتر بر ساعت)	دبی حداکثر ۲۵ ساله (m^3/s)
A۱	۲۰/۸	۱/۸	۷/۳	۶/۵	۱۸۷۲	۲۷/۸	۰/۳۵	۷۷	۶۰/۶	۹/۸	۱۳/۳
A۲	۹/۶	۱/۵	۷/۷	۷/۸	۱۹۸۴	۳۱/۷	۰/۵۱	۵۰	۶۱/۳	۱۱	۱۵
A۳	۱۴/۲	۱/۵	۷/۷	۹/۹	۲۱۰۱	۳۳	۰/۵۳	۴۹/۶	۶۱/۱	۱۱/۹	۲۴/۷
A۴	۱۱/۶	۱/۳	۶/۲	۸/۵	۲۰۷۱	۲۱	۰/۵۶	۳۵/۹	۶۱/۷	۱۴/۹	۲۶/۹
A۵	۲۳/۳	۱/۳	۷/۷	۷/۴	۱۹۶۶	۲۸/۵	۰/۵۵	۵۴/۶	۶۳/۳	۱۳/۸	۴۰/۴
A۶	۱۱/۶	۱/۸	۸/۹	۳/۸	۱۶۹۷	۲۹/۷	۰/۴۶	۵۵/۶	۶۲/۶	۹/۵	۱۴/۱
A۷	۳/۸	۱/۳	۶/۷	۷/۲	۱۶۷۹	۲۵/۷	۰/۴۰	۳۲/۵	۶۰/۲	۵/۹	۲/۵
A۸	۰/۱۴	۱/۵	۶/۶	۰۲	۱۵۰۱	۱۵	۰/۱۵	۷۱/۹	۶۰/۳	۸	۲/۹
کل حوضه	۱۰۸/۸	۱/۶	۷/۴	۵/۶	۱۸۷۹	۲۶/۶	۰/۴	۱۲۳/۴	۶۰/۹	۶/۵	۸۱/۸

*رنگ سبز: کلاس۱، رنگ آبی: کلاس۲، رنگ قرمز: کلاس۳

نتایج مربوط به اوزان نهایی معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها (طبقات هر زیرمعیار) در جدول ۲ ارائه شده است.

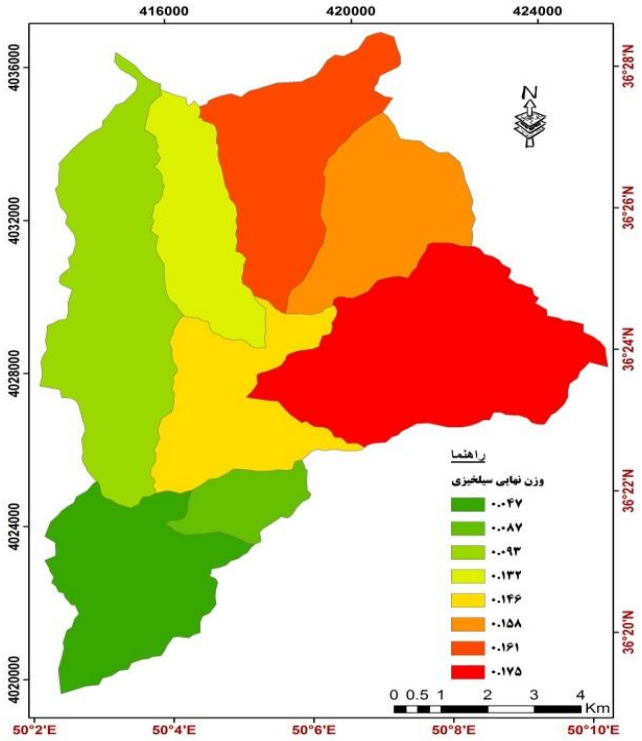
جدول ۲- وزن نهایی برای هر کدام از معیارها، زیرمعیارها و طبقات

Table 2. The final weight for each of criteria, sub-criteria and categories

معیار	وزن	زیر معیار	وزن	وزن شاخص (کلاس)		
				۱	۲	۳
مورفومتری	۰/۳۵	مساحت	۰/۰۸۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		شکل حوزه	۰/۱۳۶	۰/۵۶	۰/۳۳	۰/۱۱
		تراکم زهکشی	۰/۱۹۸	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		شیب آبراهه اصلی	۰/۲۲۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		ارتفاع متوسط	۰/۰۵۲	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		شیب متوسط زیرحوزه	۰/۳۰۸	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
هیدروکلیماتولوژی	۰/۶۵	ضریب رواناب	۰/۱۲۵	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		زمان تمرکز	۰/۱۴۱	۰/۵۶	۰/۳۳	۰/۱۱
		حداکثربارش ۲۵ ساله	۰/۲۳۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		شدت بارش	۰/۳۷۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶
		دبی حداکثر	۰/۱۲۸	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۵۶

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

بر این اساس زیرحوزه‌های شماره ۵ و ۳ با اوزان نهایی به‌ترتیب ۰/۱۷۵ و ۰/۱۶۱ بیشترین پتانسیل ایجاد سیل را داشته و در اولویت عملیات مدیریت سیل در حوزه آبخیز مورد تحقیق قرار دارند و زیرحوزه‌های ۸ و ۷ به‌ترتیب با وزن ۰/۰۴۷ و ۰/۰۸۷ دارای درجه اهمیت بسیار کم در پتانسیل ایجاد سیل در حوضه مذکور می‌باشند. نقشه پتانسیل سیل‌خیزی حوزه بیانگر آن است که خطر ایجاد سیلاب در ارتفاعات حوزه به‌دلیل کاربری نامناسب و عواملی همچون شیب زیاد و رخنمون‌های سنگی بدون پوشش گیاهی، بسیار بالا بوده و لذا اولویت هرگونه عملیات مهندسی آبخیزداری در این محدوده بیش از سایر نقاط است.

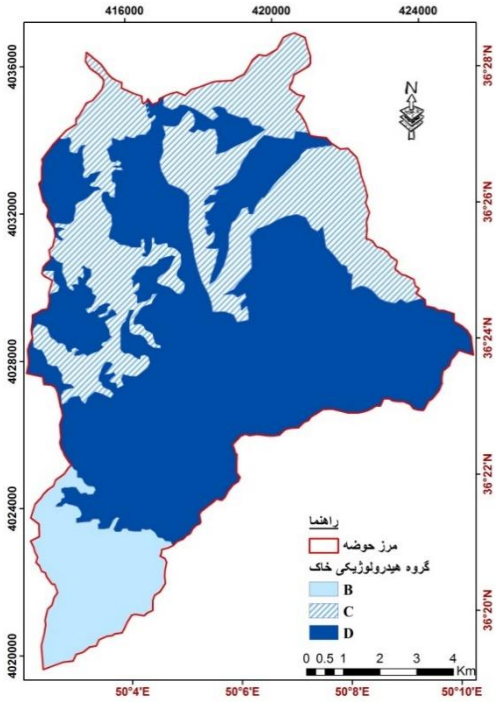


شکل ۲- نقشه پتانسیل سیل‌خیزی آبخیز باراجین
Figure 2. Flooding potential map of Barajin watershed

مدل HEC-HMS

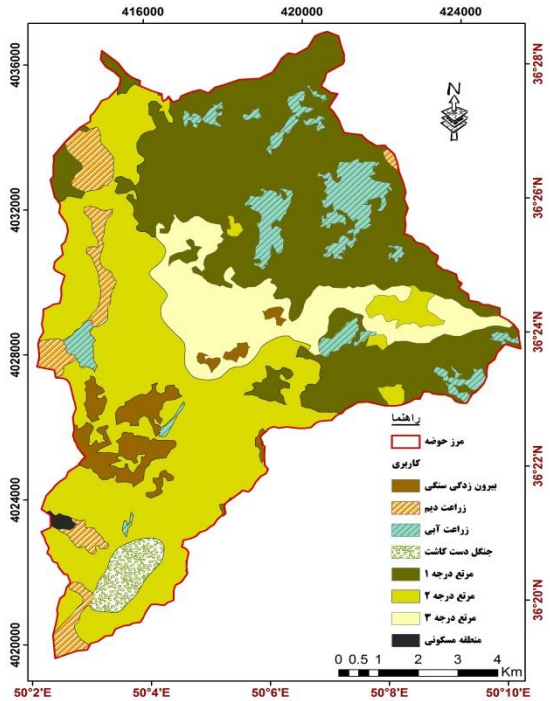
نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک نشان می‌دهد در حوزه باراجین، سه گروه با ترتیب وسعت D>C>B وجود دارد و در نتیجه غالب اراضی منطقه نفوذپذیری کمی داشته و دارای خاک بسیار کم‌عمق و یا برونزد سنگی است که توان تولید رواناب بالایی دارند (شکل ۳).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]



شکل ۳- نقشه گروه‌های هیدرولوژیک حوزه باراجین
Figure 3. Hydrologic groups Map of Barajin watershed

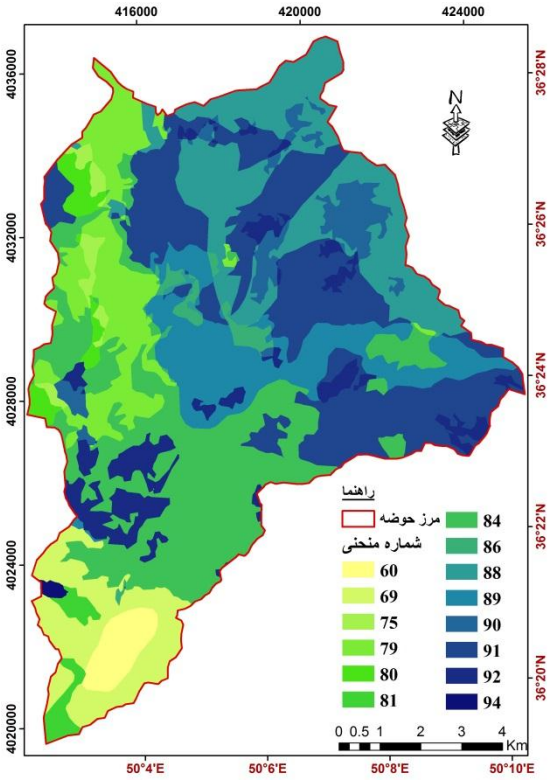
بر اساس نقشه کاربری اراضی (تهیه‌شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور)، در آبخیز باراجین ۶ کاربری موجود است که البته کاربری مرتع خود به سه وضعیت فقیر، متوسط و خوب تقسیم شده است (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوزه باراجین
Figure 4. Land use map of Barajin watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

نقشه شماره منحنی (CN) (شکل ۵) نیز نشان می‌دهد که در حوزه باراجین، شماره منحنی‌ها از ۶۰ برای جنگل‌های دست کاشت تا ۹۴ برای تاسیسات و مناطق مسکونی متغیر است. بالابودن میانگین وزنی شماره منحنی (۸۵/۱۵) و ضریب پایین نگهداشت سیل کل حوزه، بیانگر خطر بالای ایجاد سیلاب در حوزه آبخیز باراجین است.



شکل ۵- نقشه شماره منحنی حوزه باراجین
Figure 5. Curve Number Map of Barajin watershed

جدول ۳ مقادیر حداکثر بارش روزانه و ۶ ساعته و نیز دبی حداکثر لحظه‌ای را برای حوزه باراجین و جدول ۴ نیز دبی حداکثر لحظه‌ای را برای حوزه آبخیز باراجین نشان می‌دهد.

نتایج اعداد پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها و اعداد دبی پیک لحظه‌ای زیرحوزه‌ها در شکل ۶ ارائه شده است.

جدول ۳- بارندگی و دبی حوزه آبخیز باراجین

Table 3. Rainfall and discharges of Barajin watershed

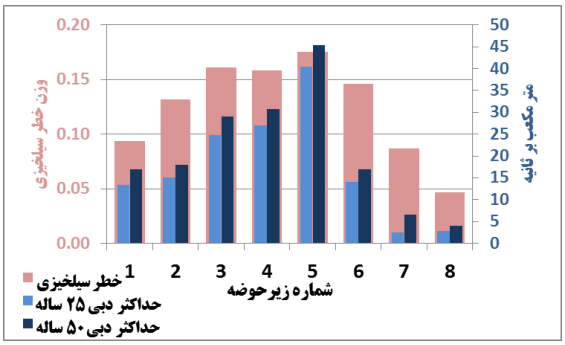
دوره بازگشت (سال)	۲۵	۵۰
بارش ۲۴ ساعته (mm)	۵۴/۵	۵۹/۴
بارش ۶ساعته (mm)	۳۶/۸۲	۴۰/۱۳
دبی (m^3/s)	۸۱/۷۸	۱۰۷/۹۷

جدول ۴- مقادیر دبی اوج زیرحوزه‌های باراجین

Table 4. Peak flow discharges of Barajin sub watersheds

زیرحوزه		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
دبی اوج (m^3/s)	T=۲۵	۱۳/۳	۱۵	۲۴/۷	۲۶/۹	۴۰/۴	۱۴/۱	۲/۵	۲/۹
	T=۵۰	۱۶/۹	۱۷/۹	۲۹	۳۰/۸	۴۵/۳	۱۶/۹	۶/۶	۴

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]



شکل۶- نمودار پتانسیل سیل‌خیزی و دبی پیک زیرحوزه‌های آبخیز باراجین
Figure 7. Flooding potential and 25 years peak flow for Barajin watershed

ضریب همبستگی اسپیرمن بین رتبه خطر سیل‌خیزی برآوردی زیرحوضه‌ها (حاصل از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی) و رتبه دبی‌های اوج لحظه‌ای ۲۵ و ۵۰ سال (داده‌های مشاهداتی حاصل از مدل بارش-رواناب) به‌ترتیب برابر با ۰/۹۲۹ و ۰/۹۳۴ است که در سطح اعتماد یک درصد معنی‌دار می‌باشند و بدین معناست که تکنیک تحلیل سلسله مراتبی به‌خوبی توانسته است برآورد مناسبی از پتانسیل خطر سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها داشته باشد. این دستاورد با نتایج تحقیقات قبل که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای اولویت‌بندی مناسب می‌دانند در یک راستا می‌باشد (۲، ۴، ۶، ۹، ۱۱، ۱۳).

نتایج مربوط به طبقه‌بندی مقادیر سیل‌خیزی و دبی با دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ سال نیز در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- طبقات خطر سیل زیرحوزه‌های باراجین
Table 5. Flood hazard classes of Barajin sub watersheds

طبقات		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد
سیل خیزی	مرز طبقه	<۰/۰۹	۰/۱۵-۰/۰۹	۰/۱۷-۰/۱۵	۰/۱۷<
	زیرحوضه	۷،۸	۱،۲،۳	۳،۴	۵
دبی	مرز طبقه	<۱۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۳۰<
	زیرحوضه	۷،۸	۱،۲،۳	۳،۴	۵

از اهداف این تحقیق، تعیین مهم‌ترین عوامل موثر در ایجاد سیل و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز باراجین از لحاظ پتانسیل خطر وقوع سیلاب بود. تحلیل وزن‌های نهایی تکنیک AHP نشان داد که معیار هیدروکلیماتولوژی با وزن ۰/۶۵ اهمیت بیشتری نسبت به معیار مورفومتری با وزن ۰/۳۵ دارد. همچنین از بین عوامل موثر در وقوع سیل، شدت بارش برابر با زمان تمرکز با وزن ۰/۳۷۳ و شیب متوسط وزنی زیرحوزه‌ها با وزن ۰/۳۰۸ بیشترین تاثیر را در سیل‌خیزی حوزه دارد.

براساس رتبه‌بندی نهایی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها، رتبه اول تا سوم به‌ترتیب به زیرحوزه‌های شماره ۵، ۳ و ۴ اختصاص یافته‌اند که پتانسیل بسیار زیادی در تولید رواناب دارند؛ این امر به‌دلیل وزن بالای دو زیرمعیار ضریب رواناب و شدت بارش برابر با زمان تمرکز نسبت به زیرحوزه‌های دیگر است. این سه زیرحوزه با پوشش حدود ۴۵ درصد کل مساحت حوزه در نواحی کوهستانی و بالادست حوزه واقع شده‌اند که توان زیادی در تولید رواناب دارند، بنابراین اولویت اول برای اجرای اقدامات حفاظتی می‌باشند. اگرچه بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز بدون توجه به تاثیر مکانی (اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها)، انجام می‌شود لیکن در صورت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، حجم عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای و در نتیجه هزینه‌های سرسام‌آور حاصل از آن در حوزه‌های آبخیز به‌میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت (۲۶). نتایج تحقیق نشان داد که زیرحوزه‌های شماره ۷ و ۸ آخرین رتبه در پتانسیل سیل‌خیزی را دارند که در این پهنه‌ها با کاهش شیب و افزایش زمان تمرکز، و در نتیجه افزایش نفوذپذیری، سرعت جریان آب کم شده و توان تولید رواناب کمتری را از خود نشان می‌دهند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

منابع

1. Azamirad, M., B. Ghahreman and K. Esmaili. 2018. Investigation flooding potential in the Kashafrud watershed, Mashhad the method SCS and GIS. Journal of Watershed Management Research, 9 (17): 26-38 (In Persian).
2. Bakhtiarifar, M., M. Mesgari and M. Karimi. 2008. Modeling to determine appropriate land use using multivariate location decisions. Geomatics Conference, National Cartographic, Tehran, (In Persian).
3. Behyan Motlagh, S., M. Pajoohesh, A. Honarbakhsh and N. Salehi Hafshejani. 2018. Assessment performance of HEC-HMS hydrological model for the lumped and semi-distributive watershed (Case study: Kohsukhteh catchment). Journal of Watershed Management Research, 9(17): 39-48 (In Persian).
4. Chung, E.S. and K.S. Lee. 2009. Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multicriteria decision making techniques. Journal of Environmental Management, 90(3): 1502-1511.
5. Cook, A. and M. Venkatesh. 2009. Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. Journal of Hydrology, 337: 131-142.
6. Dasturani, M.T., A.A. Karimian, M.R. Ebrahimi and M.H. Rustam. 2012. Review method (TOPSIS) and its application in assessing the ecological potential areas for watershed management. Eighth National Conference on Science and Watershed Engineering, University of Lorestan, (In Persian).
7. Dehghani, M., H. Ghasemi and A. Malekian. 2013. Spatial Prioritization of Flood Mitigation and Soil Erosion Control Practices Using Fuzzy Logic Approach (Case Study: Foorg Watershed). Journal of Range and Watershed Management, 66(1): 73-88 (In Persian).
8. Ghodsipour, H. 1992. Analytical hierarchy process AHP. Amirkabir industrial university, Tehran, Iran, 220 (In Persian).
9. Harrald, J. R., Irmak Renda, T., Shaw, G. L., Rubin, C. B., Yeletaysi, S. 2006. Review of risk based prioritization. Decision making methodologies for dams, The george washington university institute for crisis, disaster and risk management, 31 pp.
10. Kamali, M., K. Solaimani, K. Shahedi, A. Noshahri and A. Gomrokchi. 2015. Detrmining the flooding points and prioritizing subcatchments of Barajin catchment of Qazvin using Hec-HMS and GIS. Iranian journal of watershed management science and engineering, under print (In Persian).
11. Kholghi, M. 2002. The use of MCDM methods in order to prioritize sub-structural flood control. Journal of Natural Resources, Range and Watershed Management, 55 (4): 12-25 (In Persian).
12. Khosroshahi, M. and B. Saghafian. 2005. Prioritization of flood active areas: A strategy for flood control measures in watersheds. Science Journal of Agricultural and Natural Resources, 12(2): 128-138.
13. Levy, J.K. 2005. Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 19(6): 438-447.
14. Malekian, A., A. Oftadegan Khuzani and Q. Ashurnejad. 2013. Flood hazard zoning in watershed scale using fuzzy logic (Case study: Akhtar Abad Watershed). Physical Geography Research, 44(4): 131-152 (In Persian).
15. Masomzadeh, S.M. and A. Torabzadeh. 2004. Ranking of industrial production. Iranian Journal of Trade Studies, 30: 69- 84 (In Persian).
16. Mosaffaie, J., M. Ownegh, M. Mesdaghi and M. Shariat Jafari. 2009. Comparing the efficiency of statistical and empirical landslide hazard zonation models in Alamout watershed. Journal of Water and Soil Conservation, 16(4): 43-61 (In Persian).
17. Mosaffaie, J. 2015. Comparison of two methods of regional flood frequency analysis by using L-moments. Water Resources, 42(3): 313-321.
18. Mosaffaie, J., M.R., Ekhtesasi, M.T. Dastorani, H.R. Azimzadeh and M.A. Zare Chahuki. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. Arabian Journal of Geosciences, 8: 5971-5979.
19. Mosaffaie, J. 2016. Application of artificial neural network, multiple-regression and index-flood techniques in regional flood frequency estimation. International Journal of Water, 10(4): 328-342.
20. Mosaffaie, J., M.R., Ekhtesasi, A. Salehpour Jam and M.R. Rajabi. 2017. Sediment source ascription in Vartavan catchment using composite fingerprint technique. Journal of Watershed Management Research, 8(16): 123-131 (In Persian).
21. Mosaffaie, J. and A. Salehpour Jam. 2018. Economic assessment of the investment in soil and water conservation projects of watershed management. Arabian Journal of Geosciences, DOI: 10.1007/s12517-018-3706-0.
22. Omidvar, K., A. Kianfar and Sh.A. Askari. 2010. Flood potential zonation in Kanjanchm watreshed. Physical Geography Research, 72: 73-90 (In Persian).
23. Pohekar. S.D. and M. Ramachandran. 2004. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning. Renewable and sustainable energy reviews, 8(4): 365-381.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

24. Qin, Q., H. Tang and H. Chen. 2011. Zoning of highway flood-triggering environment for highway in fuling district. Chongqing. Journal of the International Society for Optical Engineering, No. 8205. PP 820530-8.
25. Razavi Termeh, S.V., H.R. Pourghasemi and F. Alidadganfard. 2018. Flood inundation susceptibility mapping using Analytical Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS decision making methods and weight of evidence statistical model (Case Study: Jahrom township, Fars province). Journal of Watershed Management Research, 9(17): 68-71 (In Persian).
26. Roghani, M., S.M.R. Tabatabyi and S. Shadfar. 2011. Assessment of watershed practice and introduce a flood control structure measure. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 4(13): 51-60.
27. Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York, Ny: Mc Graw-Hill.
28. Salehpour Jam, A., A. Sarreshtehdari and M.R. Tabatabaei. 2018. Prioritizing preventing factors affecting on stakeholder's participation in watershed plans based on experts' idea, case study: watershed area surrounding city of Tehran. Journal of watershed engineering and management, 9(4): 441-450 (In persian).
29. Salehpour Jam, A., J. Mosaffaie and M.R. Tabatabaei. 2019. Investigation of pedological criterion affecting on desertification in alluvial fans using nonparametric tests, case study: south of Rude-Shoor watershed area. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts, 6(3): 1-14 (In Persian).
30. Salehpour Jam, A., H. Peyrowan, M.R. Tabatabaei, A. Sarreshtehdari and J. Mosaffaie. 2019. An assessment of the land degradation potential using the TOPSIS method (Case study: rangelands overlooking the city of Eshtehard, the province of Alborz). Watershed Management Journal, 32(4), 72-93. doi:10.22092/wmej.2019.126535.1227 (In Persian).
31. Salehpour Jam, A., M.R. Tabatabaei, A. Sarreshtehdari and J. Mosaffaie. 2019. Investigation of drought characteristics in north-west of Iran using Deciles Index. Journal of watershed engineering and management, 10(4), 552-563. doi:10.22092/IJWMSE.2018.115672.1360 (In Persian).
32. Salehpour Jam, A., R. Fahimeh, A. Sarreshtehdari, J. Mosaffaie and M.K. Kianian. 2020. Prioritization of preventing social indices affecting on peoples' participation in natural resources plans using AHP method and nonparametric tests. Journal of Watershed Engineering and Management, 12(1), 330-339. doi:10.22092/ijwmse.2018.121767.1480 (In Persian).
33. Sinha, R., G. Bapalu, L. Singh and B. Rath. 2008. Flood risk analysis in the kosi river basin. North bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). Journal of Indian Soc. Remote Sens, 36: 335-349.
34. Wang, Y., J. Colby and K. Mulcahy. 2002. An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using landsat TM and DEM data. International Journal of Remote Sensing, 23: 3681-3696.
35. Willett, K. and R. Sharda. 1991. Using the analytic hierarchy process in water resources planning. Selection of flood control projects. Journal of Socio-Economic Planning Sciences, 25: 103-112.
36. Zehtabian, Gh., J. Ghoddusi, H. Ahmadi and M. Khailizadeh. 2009. Priority subwatershed flood hazard and identification of areas potentially produce flood (case study: Rameh watershed in Fras). Physical Geography Research, 2(6): 1-13 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]

Evaluation the Efficiency of AHP Model in Prioritizing of Barajin Sub Watersheds from Flood Potential Viewpoint

Jamal Mosaffaie[1], Mehdi Kamali[2], Amin Salehpour Jam[1], Kaka Shahedi[3], Karim Soleimani[4] and Afshin Gomrokchi[5]

1- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, (Corresponding author: jamalmosaffaie@yahoo.com)
2- Ph.D. Student of watershed management, Tehran University
3 and 4- Professor and Associated Professor, University of Sari Agricultural sciences and Natural resources and Natural Resources Sciences of Sari university, Iran
5- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran
Received: 25 February, 2018 Accepted: 16 January, 2019

Abstract

Flood is one of the natural hazards that causes numerous financial and life damages each year. Therefore, flood potential prioritizing is crucial to reduce the damages caused by it. The aim of this study was to evaluate the efficiency of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in flood potential prioritizing of Barajin sub-catchments. So, flood potential of sub-catchments was determined using AHP and the results are compared with the outputs of the HEC-HMS model as observed data. The results showed that in addition to full compliance of the two maps, there is a significant correlation (0.9299 and 0.934) between flooding potential ranks and peak flood discharge ranks with the return periods of 25 and 50 years of sub-catchments. The weights of AHP were also showed that in the flood of sub-catchments, generally, hydro-climatic criteria (weight = 0.65) is more important than morphometric criteria (weight = 0.35); and the rainfall intensity is the most important sub-criteria (weight = 0.373). Based on the final ranking, sub-catchments of 5, 3, and 4 that are located in upland and mountainous areas, have high flood potential due to the high weight of tow sub-criteria, one rainfall intensity, and the other 25-years rainfall. The results of this study could be a good guide for controlling floods of the study area in addition to understanding the processes governing the watershed.

Keywords: AHP, HEC-HMS, Multi Criteria Decision Making, Peak flow, Prioritizing of flood potential

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.6.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.48]