



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

## کاربرد روش AHP در شناسایی محل های مناسب جهت مدیریت سیلاب

حسن اوجاقلو<sup>۱\*</sup>، فاطمه حسنلو<sup>۲</sup>

۱- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\* (ojaghlou@znu.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

### چکیده

در این پژوهش، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مناطق مستعد رواناب شناسایی و مدیریت بهینه آن بررسی شده است. حوضه مورد مطالعه، حوضه گچی قشلاق زنجان، به دلیل ویژگی های زمین شناسی، توپوگرافی و نوع کاربری اراضی و نزدیکی به رودخانه، نیازمند بررسی دقیق و به کارگیری روش های علمی در مدیریت رواناب است. آماده سازی داده ها در محیط ArcGIS انجام و از روش های درون یابی مانند Kriging و همچنین روش تحلیل سلسله مراتبی AHP به منظور تصمیم گیری استفاده شد. با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، وزن نهایی معیارها محاسبه شد. معیار بارش بیشترین اهمیت را با ۴۴ درصد داشت. در نهایت نقشه پهنه بندی مناطق مستعد رواناب ایجاد شد. بر این اساس حدود ۴۳ درصد اراضی مستعد اجرای طرح های مدیریت سیلاب می باشد.

واژگان کلیدی: سیلاب، معیار، AHP، مخازن ذخیره، رواناب

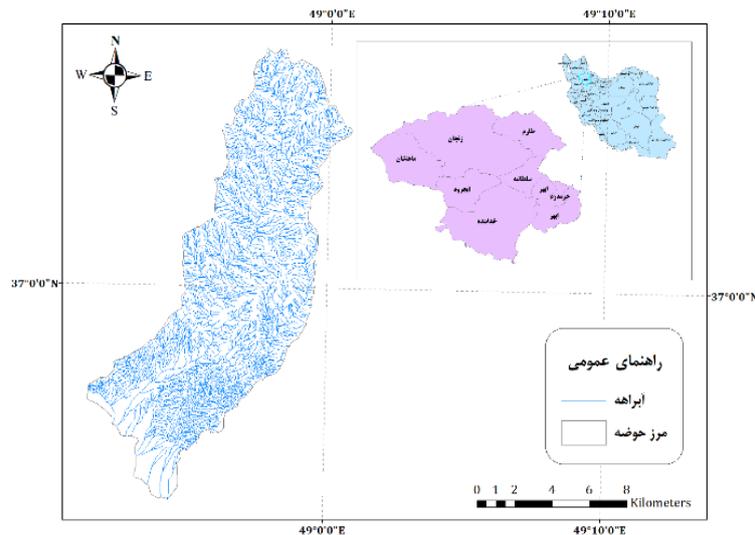
## مقدمه

براساس گزارش سازمان ملل متحد، سیلاب‌ها بیشترین سهم را در میان مخاطرات طبیعی در ایجاد خسارات جانی و مالی در جهان دارند (UNDRR, 2022). در ایران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، تنوع اقلیمی، شیب‌های تند، بارش‌های فصلی و تغییرات اقلیمی، وقوع سیلاب در بسیاری از مناطق به یک تهدید دائمی بدل شده است. با افزایش نرخ شهرنشینی و توسعه بی‌برنامه سکونت‌گاه‌ها در حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، آسیب‌پذیری مناطق پرخطر در برابر سیلاب به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (Mohammadi et al., 2021). علاوه بر این، دخالت‌های انسانی در کاربری اراضی، نابودی پوشش گیاهی و استفاده نادرست از منابع طبیعی، ظرفیت جذب و نفوذپذیری خاک را کاهش داده و باعث افزایش حجم رواناب سطحی و شدت سیلاب‌ها شده است. از این‌رو، ضرورت اجرای راهکارهای مؤثر جهت کاهش خطرپذیری سیلاب و ارتقاء تاب‌آوری مناطق آسیب‌پذیر، بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. در میان راهکارهای مقابله با سیلاب، احداث سیل‌بندها از جمله مؤثرترین و کم‌هزینه‌ترین گزینه‌ها به شمار می‌روند. سیل‌بندها با هدایت و کنترل جریان‌های سطحی، کاهش دبی اوج و ذخیره موقت رواناب، از بروز سیلاب‌های مخرب جلوگیری کرده و می‌توانند نقش مهمی در حفاظت از جان انسان‌ها، اراضی کشاورزی و زیرساخت‌های حیاتی ایفا کنند (Nourani et al., 2012). با این حال، کارایی سیل‌بندها تا حد زیادی به مکان‌یابی صحیح و اصولی آن‌ها بستگی دارد. در سال‌های اخیر، ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) همچون تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای حل مسائل مکانی پیچیده از جمله مکان‌یابی سازه‌های کنترل سیلاب معرفی شده است (Malczewski, 2006). در مطالعات مدیریت سیلاب، GIS نقش کلیدی در پهنه‌بندی خطر، ارزیابی خسارات و مکان‌یابی سازه‌های حفاظتی دارد. در کنار آن، روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به فرایند انتخاب کمک می‌کند. این روش توانایی بالایی در تبدیل قضاوت‌های کیفی به مقادیر کمی دارد و امکان کنترل سازگاری منطقی مقایسات را نیز فراهم می‌سازد (Saaty, 1980). در مطالعه‌ای با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مانند ضریب رواناب، تراکم مسکونی، تراکم جمعیت، فاصله از رودخانه، ضریب CN، کاربری اراضی، شیب، فضای باز و قدمت ابنیه، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناطق مرکزی و جنوبی تهران بیشترین خطر سیلاب را دارند (Salehi et al., 2013). پژوهش حاضر با هدف شناسایی مکان‌های بهینه احداث سیل‌بند در حوضه آبریز گچ‌قشلاق با استفاده از روش تصمیم‌گیری تحلیل سلسله‌مراتبی AHP در محیط GIS انجام شده است. در این راستا، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مربوط به معیارهای مؤثر از جمله شیب زمین، فاصله از مناطق سکونتی، تراکم آبراهه، بافت خاک و بارندگی تهیه گردید. سپس با استفاده از انجام مقایسه‌های زوجی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در GIS، پهنه‌بندی خطر سیلاب انجام و مکان‌های مستعد برای احداث سیل‌بند پیشنهاد شد.

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، یکی از حوزه‌های آبخیز استان زنجان، یعنی حوزه آبخیز گچی قشلاق، به‌عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است. این حوزه در شهرستان طارم و در قسمت شرقی شهر آب‌بر قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول‌های شرقی ۳۲°۵۱'۴۸" تا ۴۵°۰۰'۴۹" و عرض‌های شمالی ۳۶°۳۵'۴۷" تا ۳۷°۰۶'۵۷" واقع شده است. مساحت این حوزه برابر با ۱۳۴۹۵ هکتار می‌باشد. حوزه گچی قشلاق از نظر پوشش گیاهی و کاربری اراضی شامل مراتع، اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و زمین‌های سنگی و صخره‌ای است. پوشش گیاهی این منطقه به دلیل شرایط اقلیمی و توپوگرافی خاص، تنوع محدودی دارد و بیشتر شامل گونه‌های مرتعی مقاوم به خشکی می‌شود. این حوزه شامل چندین روستا می‌باشد. نقشه (۱) موقعیت حوزه در کشور و استان زنجان را به تصویر کشیده است.



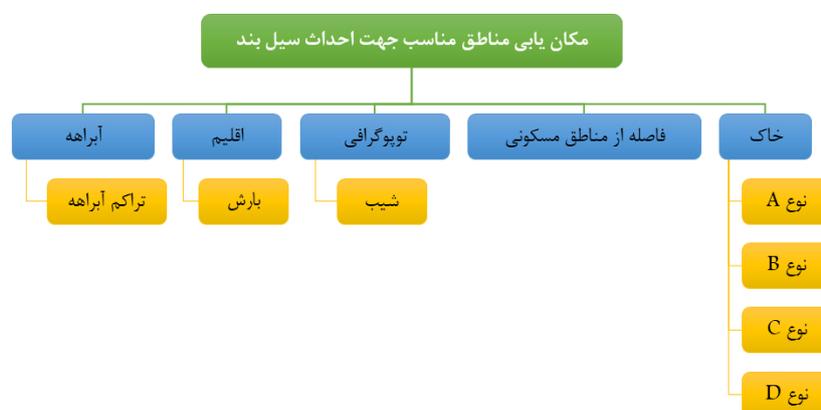
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (حوضه آبریز گچی قشلاق)

### روش AHP

روش AHP بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا شده است و امکان بررسی سناریوهای مختلف را فراهم می‌سازد. اولین مرحله شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شامل هدف‌ها، معیارها و گزینه‌های احتمالی است. فرآیند شناسایی این عناصر و ارتباط بین آن‌ها در نهایت منجر به ایجاد ساختاری سلسله‌مراتبی می‌شود. روش AHP یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه در نرم‌افزار ArcGIS است زیرا امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را به وجود می‌آورد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را امکان‌پذیر می‌سازد. در این تکنیک، میزان سازگاری و ناسازگاری سیستم مشخص می‌شود که از مزایای ممتاز این فرآیند در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. معیارهای اصلی شامل توپوگرافی، اقلیم، موقعیت مناطق مسکونی، آبراهه‌ها، نوع خاک است. برخی از معیارهای اصلی شامل زیرمعیارهای مختص به خود است. با توجه به هدف مسئله و معیارهای شناسایی‌شده، درخت تصمیم برای مطالعه حاضر طراحی شد (شکل ۲).

### منابع داده‌ای و روش جمع‌آوری اطلاعات

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان زنجان و مطالعات پیشین مرتبط گردآوری شده است. این داده‌ها شامل اطلاعات اقلیمی مانند بارش‌های ایستگاه‌های هواشناسی و نقشه‌های پهنه‌بندی، شبکه آبراهه‌ها و مدل‌های رقمی ارتفاع، خطوط میزان ارتفاع و داده‌های توپوگرافی، موقعیت مناطق مسکونی با مرزهای جغرافیایی مشخص و همچنین نقشه‌های خاک‌شناسی و اطلاعات مربوط به نوع خاک می‌باشد.



شکل ۲- درخت تصمیم برای هدف مطالعه حاضر

### مراحل آماده سازی داده ها در محیط GIS

برای آماده سازی داده ها و استفاده از آنها در تحلیل های مکانی، فرآیندهای زیر در محیط ArcGIS انجام شده است: تهیه نقشه های رستری: داده های مربوط به بارش، تراکم آبراهه ها، توپوگرافی و نوع کاربری اراضی به صورت رستری تهیه شده تا امکان تحلیل های مکانی و هم پوشانی لایه ها فراهم شود. پهنه بندی داده ها: داده های عددی مرتبط با هر معیار به کلاس های مناسب تقسیم شده و برای تحلیل های مکانی آماده سازی می شوند. تحلیل های مکانی: تمامی لایه های اطلاعاتی با استفاده از ابزارهای GIS پردازش شده و در فرایند تصمیم گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار گرفتند.

### اجرای AHP

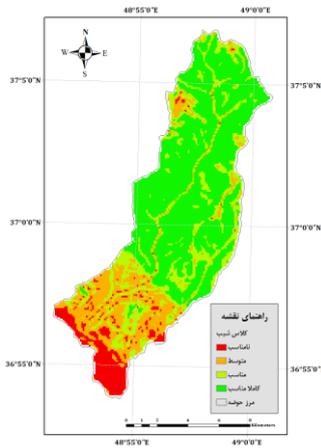
ابتدا وزن هر کدام از معیارها با تکمیل جدول مقایسه های زوجی توسط کارشناسان تعیین شد. جدولها با استفاده از افزونه extAhp در ArcGIS بر اساس میانگین دیدگاه ها تکمیل و وزن نهایی هر معیار تکمیل شد. ناسازگاری ماتریس نیز بررسی شد و در صورتی که شاخص کمتر از ۰٫۱ باشد، وزن ها قابل قبول تلقی شدند. وزن ها در لایه های رستری اعمال و لایه ها تلفیق شدند تا نقشه های نهایی و امتیازدهی شده تهیه شوند. در جدول (۱)، امتیازدهی هر کدام از معیارها بر اساس کلاس های مختلف ارائه شده است.

جدول ۱ - امتیازدهی معیارها با هدف شناسایی مکان های مناسب جهت احداث سیل بند

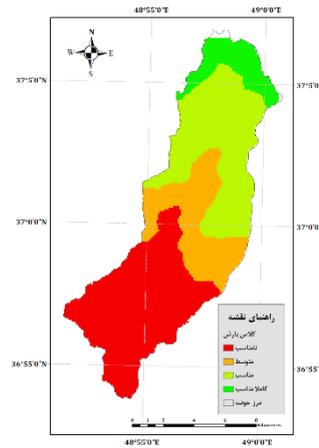
امتیاز	مقدار	زیر معیار	معیار
۲	<۵	شیب (درصد)	توپوگرافی
۵	۵-۱۵		
۷	۱۵-۳۰		
۹	>۳۰		
۳	<۲۵۰	بارش (میلیمتر)	اقلیم
۵	۲۵۰-۳۰۰		
۷	۳۰۰-۳۵۰		
۹	>۳۵۰		
۲	<۲٫۵	تراکم آبراهه (متر / متر مربع)	آبراهه
۵	۳٫۵-۲٫۵		
۷	۴٫۵-۳٫۵		
۹	>۴٫۵		
۲	ماسه، ماسه لومی و لوم ماسه ای	خاک نوع A	نوع خاک
۵	لوم، لوم سیلتی	خاک نوع B	
۷	لوم ماسه رسی	خاک نوع C	
۹	لوم رسی، لوم رسی سیلتی، رس ماسه ای، رس سیلتی و رس	خاک نوع D	
۱	>۵۰۰۰	فاصله از	مناطق مسکونی
۳	۲۰۰۰-۵۰۰۰	مناطق	
۵	۱۰۰۰-۲۰۰۰	مسکونی	
۷	۵۰۰-۱۰۰۰	(متر)	

### نتایج و بحث

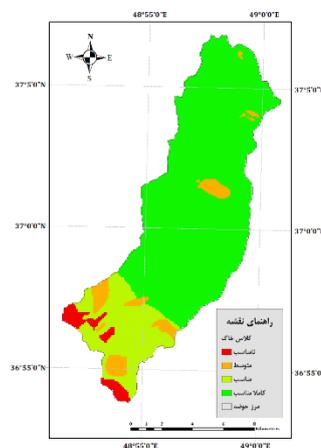
نقشه پهنه بندی معیارها شامل: شیب، بارش، تراکم آبراهه، نوع خاک، موقیت مناطق مسکونی در شکل (۳) ارائه شده است. کلاس اراضی برای هر معیار مشخص و مقدار وزنهای زیرمعیارها از طریق مقایسه های زوجی تعیین شد.



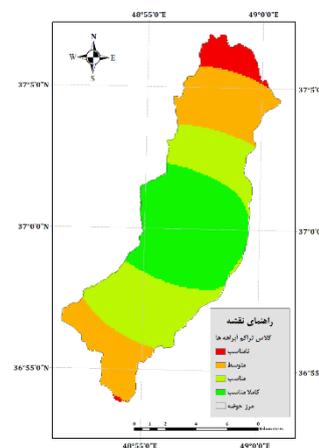
شکل ۳- ب - نقشه طبقه بندی شده معیار شیب



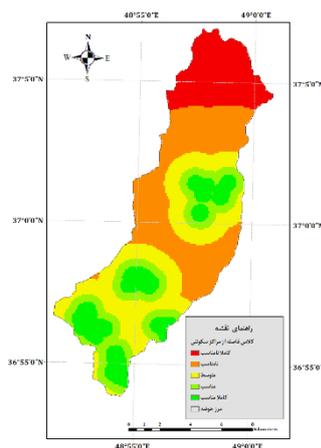
شکل ۳- الف - نقشه طبقه بندی شده معیار بارش



شکل ۳- ت - نقشه طبقه بندی شده معیار نوع خاک



شکل ۳- پ - نقشه طبقه بندی شده معیار تراکم آبراهه



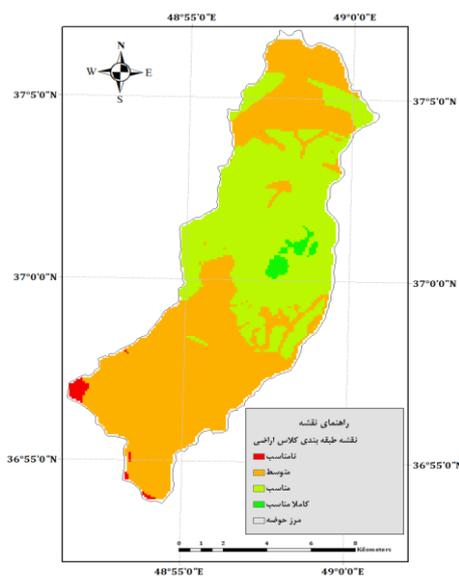
شکل ۳- ث - نقشه طبقه بندی شده معیار فاصله از مناطق مسکونی

مطابق شکل (۳) ملاحظه می‌گردد از نظر معیار شیب، به طور کلی مساحت محدوده مورد مطالعه به چهار کلاس نامناسب، متوسط، مناسب و کاملاً مناسب توزیع شده است. بخش زیادی از منطقه در کلاس کاملاً مناسب قرار گرفته و از نظر مناسب و متوسط بودن، بخش قابل توجهی در این کلاس ها قرار دارند و در نهایت بخش کمی در کلاس نامناسب قرار گرفته است. به

عبارت دیگر قسمت های شمالی و مرکزی حوضه در کلاس کاملاً مناسب قرار دارد و قسمت های جنوبی حوضه به ترتیب در کلاس های مناسب و متوسط و نامناسب قرار دارد. از نظر معیار بارش، درصد کمی از منطقه در کلاس کاملاً مناسب قرار گرفته و سه کلاس دیگر درصدهای نزدیک به هم را به خود اختصاص داده اند. قسمت های شمالی حوضه در کلاس کاملاً مناسب و بخش مرکزی در کلاس مناسب و متوسط و همچنین بخش جنوب منطقه در کلاس نامناسب قرار گرفته است.

از نظر معیار گروه هیدرولوژیکی خاک، بخش زیادی از منطقه در کلاس مناسب و یا کاملاً مناسب قرار دارد و درصد کمی در کلاس های متوسط و نامناسب قرار دارند. بخش شمالی و مرکزی این حوضه به کلاس کاملاً مناسب اختصاص دارد و بخش جنوبی در کلاس های مناسب و متوسط و نامناسب قرار دارد. از نظر معیار تراکم آبراهه، درصد بیشتری از منطقه در کلاس مناسب یا کاملاً مناسب قرار دارد و درصد خیلی کمی از منطقه مورد مطالعه مربوط به کلاس نامناسب می باشد. بخش شمالی حوضه عمدتاً در کلاس متوسط قرار دارد و در شمال غرب منطقه، بخش قابل توجهی از کلاس نامناسب مشاهده می شود. بخش مرکزی در کلاس کاملاً مناسب قرار دارد. از نظر معیار فاصله از مناطق مسکونی، به طور کلی مساحت محدوده مورد مطالعه به پنج کلاس کاملاً نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و کاملاً مناسب توزیع شده است. درصد بیشتری از منطقه در کلاس های نامناسب و کاملاً نامناسب قرار دارد. کلاس متوسط نیز سهم چشمگیری داشته است. کلاس های مناسب و کاملاً مناسب نسبت به سایر کلاس ها مساحت کمتری را به خود اختصاص داده اند. در شکل (۴) نقشه نهایی اراضی طبقه بندی شده از نظر مدیریت سیلاب در حوضه مطالعه شده ارائه شده است.

مطابق شکل (۴) به طور کلی مساحت محدوده مورد مطالعه به چهار کلاس کاملاً نامناسب، متوسط، مناسب و کاملاً مناسب تقسیم شده است. بیشترین مساحت حوضه در کلاس متوسط قرار دارد. بعد از آن، کلاس مناسب، سهم قابل توجهی در منطقه دارد و کلاس کاملاً مناسب مساحت کمتری به خود اختصاص داده است. در نهایت کمترین سهم مربوط به کلاس نامناسب می باشد. به عبارت دیگر بخش شمالی ترکیبی از کلاس متوسط و مناسب را شامل می شود. بخش مرکزی بهترین شرایط را دارد، به طوری که بخش زیادی از آن در کلاس مناسب و بخش کوچکی نیز در کلاس کاملاً مناسب قرار گرفته اند. بخش جنوبی غالباً در کلاس متوسط است، اما بخش های کوچکی از کلاس نامناسب نیز در آن دیده می شود. نواحی نامناسب بیشتر در جنوب غرب و حاشیه جنوبی متمرکز شده اند.



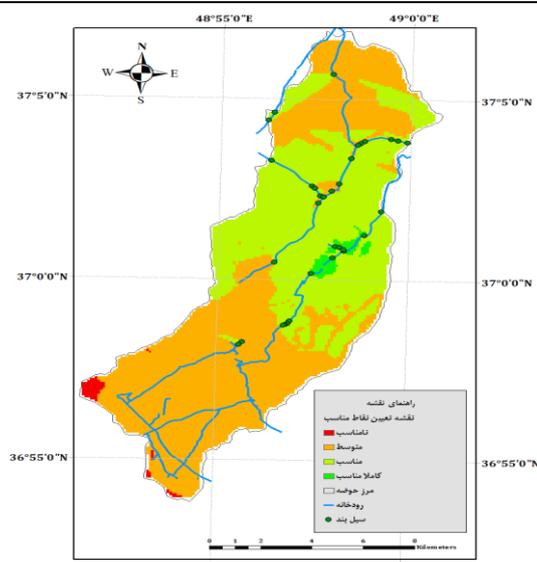
شکل ۴ - نقشه کلاس بندی نهایی از نظر مدیریت سیلاب

در جدول (۲) وزن بدست آمده برای هر کدام از معیار ها، حاصل از مقایسات زوجی ارائه شده است. مطابق جدول (۲) ملاحظه می گردد معیار بارش بیشترین اهمیت را با ۴۴ درصد داشته و در رتبه دوم و سوم و چهارم به ترتیب معیار تراکم آبراهه با ۲۱/۷ درصد و معیار فاصله از مناطق مسکونی با ۱۸/۶ درصد و معیار شیب با ۸/۱ درصد قرار دارند و در انتها معیار نوع خاک، کمترین اهمیت را با ۷/۳ درصد در این بررسی به خود اختصاص داده است.

با توجه به از هم پوشانی نقشه نهایی بدست آمده از روش AHP و همچنین رودخانه ها، محل هایی برای اقدامات حفاظتی جهت مدیریت سیلاب پیشنهاد شد. شکل فلان ارائه شده است. مطابق شکل (۵) تعداد ۱۵ محل پیشنهاد میگردد که در اولویت مدیریت سیلاب قرار دارند. مساحت و درصد اراضی مربوط به نقشه نهایی، به صورت کمی بیان شده که در جدول (۳) ارائه شده است. مطابق جدول ارائه شده ملاحظه می گردد، کلاس متوسط، بیشترین مساحت را با ۵۵٫۹۷ درصد در بر گرفته است و بعد از آن به ترتیب کلاس های مناسب با ۴۱٫۹۳ درصد و کاملاً مناسب ۱۰٫۳۷ درصد در مرتبه دوم و سوم قرار دارند و در انتها کلاس نامناسب با ۰٫۷۳ درصد کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است.

جدول ۲ - ضرایب وزنی بدست آمده برای معیارها

معیار	شیب	بارش	تراکم آبراهه	نوع خاک	فاصله از مناطق مسکونی
ضریب وزنی	۸/۱	۴۴/۰	۲۱/۷	۷/۳	۱۸/۶



شکل ۵ - نقشه کلاس بندی نهایی از نظر مدیریت سیلاب

جدول ۳ - مساحت (هکتار) و درصد کلاس اراضی از نظر مدیریت سیلاب

کلاس اراضی				مساحت (هکتار) و درصد اراضی حوضه از نظر مدیریت سیلاب
نامناسب	متوسط	مناسب	کاملاً مناسب	
۹۴/۲	۷۱۹۹/۴	۵۳۹۳/۹	۱۷۶/۴	
٪۰/۷۳	٪۵۵/۹۷	٪۴۱/۹۳	٪۱/۳۷	

### نتیجه گیری

در این تحقیق هدف، تهیه نقشه کلاس اراضی و همچنین نقاط اولویت دار جهت مدیریت سیلاب در حوضه مورد مطالعه بود. برای این منظور از روش تصمیم گیری AHP استفاده گردید. پنج معیار شیب، بارش، نوع خاک، تراکم آبراهه و فاصله از مناطق مسکونی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد معیار بارش بیشترین اهمیت و معیار نوع خاک، کمترین اهمیت را داشته اند. نتایج به دست آمده نشان داد درصد قابل توجهی از حوضه، نیازمند اقدامات حفاظتی جهت مدیریت سیلاب می باشد. به همین منظور محل های پیشنهادی از طریق تلفیق نقشه رودخانه ها و نقشه طبقه بندی شده نهایی ارائه شد. در نهایت کاربرد روش AHP در تهیه نقشه های مدیریت سیلاب توصیه می گردد و همچنین می توان بیان داشت که این روش از دقت قابل قبولی در تعیین محل های مناسب جهت مدیریت سیلاب، برخوردار می باشد.

- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703–726.
- Mohammadi, M., Ghaedi, S., & Shanbehpoor, F. (2021). Assessment of the vulnerability of riverine cities and their coping capacity: A case study of Ahvaz. *Journal of Urban Environmental Engineering*, 11(3), 1–13.
- Nourani, V., Elkiran, G., & Abdulkadir, T. (2012). Evaluation of artificial intelligence techniques in modeling rainfall–runoff process. *Journal of Hydrology*, 510, 1–13.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York
- Salehi, E., Rafii, Y., Farzad Behtash, M. R., & Aghababai, M. T. (2013). Urban flood hazard zonation using GIS and fuzzy-AHP analysis (Case study: Tehran city). *Journal of Environmental Studies*, 39(3), 179–188.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2020). *the Human Cost of Disasters: An Overview of the Last 20 Years (2000–2019)*.

### **Application of AHP Method in Identifying Suitable Locations for Flood Management**

Hassan Ojaghlo<sup>1\*</sup>, Fatemeh Hasanlou<sup>2</sup>

- 1- Associate professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan  
(\*ojaghlo@znu.ac.ir)
- 2- B.Sc. Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

#### **Abstract**

In this study, a Geographic Information System (GIS) was employed to identify runoff-prone areas and determine optimal management strategies. The Gachi-Qeshlaq watershed in Zanjan was selected for analysis due to its unique geological characteristics, topography, land-use types, and proximity to the river, all of which necessitate a comprehensive investigation and the application of scientific methods for effective runoff management. Data preparation was conducted within the ArcGIS environment, and interpolation techniques—including Kriging combined with the Analytic Hierarchy Process (AHP) were employed to enhance the decision-making process. A pairwise comparison matrix was then constructed to calculate the final weights of the criteria, with precipitation identified as the most significant factor (44%). Finally, a zoning map of runoff-prone areas was produced, indicating that approximately 43% of the study area is suitable for implementing flood management projects.

**Keywords:** Flood, Criteria, AHP, Reservoirs, Runoff