دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب در حوزه آبخیز شهری نور با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی

نعمت الله حمیدی[۱]، مهدی وفاخواه[۲] و اکبر نجفی[۳]

۱ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: vafakhah@modares.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۳

چکیده

نقشه‌های خطرپذیری سیلاب می‌توانند ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های شهری در آینده باشند. در این تحقیق معیارهای تعیین مناطق مستعد سیلاب شهر نور، شامل کاربری اراضی شهری، فاصله از رودخانه، ارتفاع از سطح دریا، مقدار شیب و عمق آب زیرزمینی در نظر گرفته شد. وزن معیارهای تصمیم‌گیری براساس ماتریس مقایسه زوجی محاسبه شد. نقشه نهایی خطرپذیری سیلاب به پنج کلاس مختلف تقسیم‌بندی شد. حدود ۱۵ درصد از محدوده مطالعاتی در کلاس‌های خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد واقع شد. مناطقی که در محدوده با ریسک خطرپذیری بالا واقع می‌شوند، شامل مناطق حاشیه رودخانه‌ها، مناطق نفوذناپذیر، توپوگرافی پست و مناطق با شیب کمتر از دو درصد می‌باشند. دقت در مناطقی که سابقه رخداد سیل را دارند نیز نشان می‌دهد که مناطق با شیب کمتر از دو درصد بیشتر تحت تأثیر سیل قرار دارند. نتایج حاصل از روش AHP نشان داد که ده درصد مساحت با سابقه رخداد سیل در کلاس‌های خیلی زیاد و زیاد واقع شده است. برای توابع عضویت گوسی، مثلثی و ناقوسی شکل تعمیم یافته درصد مساحت کلاس‌های با خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد در مناطقی که سابقه رخداد سیل دارند به ترتیب برابر با ۴۳، ۳۴ و ۲۶ درصد می‌باشد. نتایج تابع عضویت گوسی بیشتر با گزارش‌های حاصل از وقایع رخداد سیل پیشین هم‌خوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل سیل‌خیزی، تصمیم‌گیری چند معیاره، منطق فازی، شهر نور

مقدمه

شهرنشینی به علت افزایش سطوح غیرقابل نفوذ توسط ساختمان‌ها، خیابان‌ها و پیاده‌روها و انسداد کانال‌ها باعث تشدید جریان سیل می‌شود (۱۱). رواناب‌ها در نقاط پست و گود شهر مشکلاتی نظیر آب‌گرفتگی معابر ایجاد خسارت در منازل و مراکز تجاری و خدماتی و موارد مشابه را ایجاد می‌نمایند. تجارب کشورهای مختلف نشان می‌دهد که اولین مرحله جهت کاهش آثار زیان‌بار سیل، شناخت مناطق سیل‌گیر و درجه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل‌گیری است تا براساس نتایج حاصله بتوان در رابطه با نحوه استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف از جمله کشاورزی، شهری و صنعتی تصمیم‌گیری نمود و زیان‌های ناشی از سیل را به حداقل ممکن کاهش داد. در بررسی‌ها و مشاهدات صورت گرفته در شهرها، عدم توجه به ویژگی‌های طبیعی زمین نظیر شیب، توپوگرافی، ساخت و سازهای بدون نقشه علمی و فنی نظیر مسدود نمودن مسیل‌های قدیمی یا کاهش حریم آنها و نیز راه‌اندازی فعالیت‌های تجاری در بستر آنها به چشم می‌خورد و از همین روست که پاره‌ای از مشکلات هیدرولوژیکی شهر بیش‌تر مورد بررسی و کنکاش قرار گرفته است. وقوع سیل و آب‌گرفتگی در سطح شهر نور در سال‌های گذشته ضرورت انجام تحقیق حاضر را برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر رخداد سیل به منظور کاهش خسارت‌های ناشی از آن را نشان می‌دهد. مزیت اصلی روش تحقیق حاضر سادگی آن و امکان انجام آن در مناطقی که اطلاعات اولیه کم است، می‌باشد و هم‌چنین این روش امکان در نظر گرفتن تغییرات مکانی معیارهای مختلف در فرآیند تصمیم‌گیری را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1] اولین بار توسط ساعتی (۱۶) مطرح شد که درصدد برآمد تا راه‌کاری مناسب برای افراد عادی برای تصمیم‌گیری در مورد مسائل پیچیده که عوامل متعددی در آن دخیل بودند، ارائه دهد و نتیجه تحقیقات وی به نام روش AHP شهرت یافت (۱۶). تئوری مجموعه‌های فازی اولین بار توسط عسگرزاده (۲۰) مطرح شد. فازی بودن از خصوصیات یک زبان مکالمه است و سرچشمه اصلی آن نادقیقی موجود در تعریف و استفاده از نمادها و سمبل‌ها است. منطق فازی که در برابر منطق کلاسیک مطرح شد، ابزاری توانمند برای حل مسائل مربوط به سیستم‌های پیچیده‌ای است که درک آن‌ها مشکل می‌باشد و یا حل مسائلی می‌باشد که وابسته به استدلال، تصمیم‌گیری و استنباط بشری هستند. مطالعه سیلاب در یک آبخیز مستلزم به‌کارگیری حجم بالایی از اطلاعات و داده‌های متنوع در مورد ویژگی‌های فیزیکی آبخیز، کاربری اراضی، نوع خاک و وضعیت هیدرولیکی می‌باشد. از این رو مدیریت سیلاب در یک آبخیز نیازمند نگرش یک جا و سیستمی به سیکل هیدرولوژی است. اسلام و سادو (۹) با استفاده از داده‌های سنجش از دور از سیل تاریخی سال ۱۹۸۸ بنگلادش یک نقشه خطر سیل برای این کشور به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه کردند. سینگ و شارما (۱۷) با استفاده از سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سیستم موقعیت‌یاب جهانی اقدام به تهیه نقشه‌های سیل شهری کردند. آن‌ها در روش کار خود

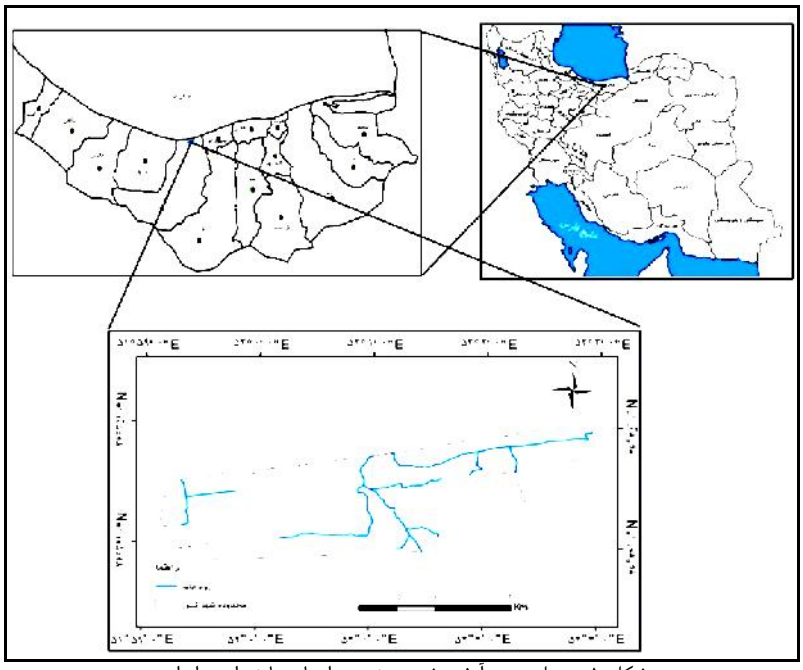
1- Analytical Hierarchy Process (AHP)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

احتمالات آماری فراوانی وقوع سیل، ماکزیمم ظرفیت تخلیه در مقطع رودخانه، نقشه مناطق مسکونی براساس تصاویری با قدرت تفکیک بالا و نقشه‌برداری با استفاده از GPS را به کار بردند. فرناندز و لوتز (۷) پژوهشی با استفاده از روش ترکیبی GIS و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری برای پهنه‌بندی خطر سیل در نواحی شهری استان توکیمان (Tucuman) آرژانتین انجام دادند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مناطق توسعه یافته‌ی شهری و مناطق پست بیش‌ترین خطر را دارند. گوما و همکاران (۸) با استفاده از مجموعه داده‌های توپوگرافی، هواشناسی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی در محیط GIS و استفاده از شماره منحنی (CN) جریان سیل را در شهر مکه مدل‌سازی کرده و مقدار عمق و حجم رواناب را محاسبه کردند. هدف از این مطالعه تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب به منظور کنترل رواناب و هرزآب‌های شهری با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، حوزه شهری نور واقع در استان مازندران می‌باشد (شکل ۱). سه منبع اصلی اطلاعاتی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ که از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد، نقشه کاربری اراضی شهری که از نقشه‌های به‌دست آمده از سازمان نقشه‌برداری کشور و شهرداری شهر نور تهیه شد و اطلاعات مربوط به چاه‌های آب زیرزمینی که از شرکت تحقیقات منابع آب ایران دریافت شد. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های شیب، ارتفاع منطقه، فاصله از رودخانه، عمق آب زیرزمینی و کاربری اراضی شهری اقدام به تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب شد.



شکل ۱- محل حوزه آبخیز شهری نور در استان مازندران و ایران.
Figure 1. The location of Nour urban watershed in Mazandran province and Iran

روش تحقیق

روش تحقیق شامل جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل اطلاعات، کاربرد آن در محیط GIS، تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره و کاربرد منطق فازی در محیط مطلب می‌باشد. روش‌شناسی این مطالعه براساس آن دسته از متغیرهایی استوار است که کنترل‌کننده روند جریان در زمان مازاد حداکثر جریان از ظرفیت سیستم زهکشی می‌باشد. این مدل از ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعاتی به تحلیل نتایج می‌پردازد.

فاصله از رودخانه

فاصله از رودخانه به عنوان یک فاکتور مهم در تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب مطرح است. اکثر مناطق مستعد سیلابی در محیط‌های شهری در نزدیکی رودخانه‌ها واقع شده‌اند که دلیل آن نیز ناشی از سرریز جریان از این کانال‌ها می‌باشد. این لایه از طریق عملیات بافر زدن که شامل تمامی مناطقی است که در فاصله مشخصی از رودخانه‌ها قرار دارند، تهیه می‌شود. سپس این لایه به کلاس‌های مختلف براساس فاصله از رودخانه تقسیم‌بندی شده و براساس این تقسیم‌بندی، رتبه‌بندی آن صورت می‌گیرد. در مورد رتبه‌بندی انجام شده باید اشاره شود که هر چه فاصله از رودخانه بیش‌تر باشد کلاس مربوط ارجحیت کم‌تری در میزان خطرپذیری سیلاب پیدا می‌کند (۱۵). کلاس‌های فاصله از رودخانه به ۶ کلاس ۱۰۰-۰، ۲۰۰-۱۰۰، ۳۰۰-۲۰۰، ۴۰۰-۳۰۰، ۵۰۰-۴۰۰ و بیش‌تر از ۵۰۰ متر تقسیم شد (۱۵).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

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

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

اطلاعات ارتفاعی

این پارامتر نقش مهمی را در کنترل سیلاب‌ها ایفا می‌کند. ارتفاع حرکت جریان آب را کنترل می‌کند به این معنی که حرکت جریان آب به سمت مناطق با ارتفاع کمتر می‌باشد. همانند فاصله از رودخانه‌ها این لایه نیز براساس مقادیر ارتفاعی به کلاس‌های مختلف تقسیم شده و سپس رتبه‌بندی این کلاس‌ها صورت گرفت. طبقات ارتفاعی به نه کلاس تقسیم‌بندی شد که محدوده طبقات هر کلاس در جدول یک نشان داده شده است. محدوده مورد مطالعه از نظر ارتفاع پایین‌تر از سطح دریـای آزاد می‌باشد و اختلاف ارتفـاع نیز کم می‌باشد. هر چند اختلاف ارتفاع اندک است ولی همین اختلاف اندک بین دو نقطه ارتفاعی محدوده قابل توجهی را در بر می‌گیرد. واضح است که مناطق با ارتفاع بیشتر حساسیت کمتری نسبت به سیل‌گیری دارند و نیز سطح محدودی از محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده که با توجه به این شرایط نحوه تقسیم‌بندی ارتفاع به این صورت انجام گرفته است.

جدول ۱- کلاس‌های طبقات ارتفاعی شهر نور

Table 1. Elevation classes of Nour city

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ارتفاع (متر)	کمتر از (۲۴-)	(۲۴-) تا (۲۳-)	(۲۳-) تا (۲۲-)	(۲۲-) تا (۲۱-)	(۲۱-) تا (۲۰-)	(۲۰-) تا (۱۵-)	(۱۵-) تا (۱۰-)	(۱۰-) تا (۵-)	بیشتر از (۵-)

مقدار شیب

مقدار شیب مناطق مختلف به عنوان یک فاکتور مهم در تعیین مناطق مستعد سیلابی مطرح می‌باشد. شیب زمین در حوزه‌های آبخیز مهم‌ترین عامل در تعیین سرعت جریان می‌باشد (۷). از این رو در شیب‌های مسطح که ماندابی اتفاق می‌افتد، حجم قابل توجهی از رواناب سطحی به عنوان ذخیره موقت باقی می‌ماند. نقشه شیب در محدوده مطالعاتی برحسب درصد با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تهیه شد. این لایه نیز به کلاس‌های مختلف تقسیم شده و سپس رتبه‌بندی آن صورت گرفت. کلاس‌های با شیب کمتر از مطلوبیت بیش‌تری در میزان خطرپذیری سیلاب برخوردار هستند. تقسیم‌بندی کلاس‌های شیب در جدول دو نشان داده شده است (۱۵).

جدول ۲- تقسیم‌بندی کلاس‌های شیب محدوده مطالعاتی

Table 2.Classification of slope classes in the study area

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شیب (درصد)	۰-۲	۲-۵	۵-۸	۸-۱۰	۱۰-۱۲	۱۲-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰<

کاربری اراضی شهری

در مناطق نفوذناپذیر مثل ساختمان‌ها و خیابان‌ها ظرفیت نفوذپذیری نزدیک به صفر یا صفر می‌باشد و رواناب این مناطق به طور کامل به کل رواناب منطقه اضافه می‌شود. به طور کلی شهرسازی به کاهش زمان تأخیر و افزایش پیک جریان و هم چنین افزایش کل جریان برای یک رخداد سیلابی منجر می‌شود (۷). این لایه نیز براساس کاربری‌های مختلف شهری به کلاس‌های مختلف تقسیم‌بندی و سپس رتبه‌بندی این کلاس‌ها صورت گرفت. کاربری اراضی با توجه به ویژگی‌های شهر نور و محدود بودن کاربری‌های تجاری و صنعتی به سه کلاس کاربری خیابان، منطقه مسکونی و فضای سبز تقسیم‌بندی شد.

عمق آب زیرزمینی

ظرفیت نفوذ متأثر از سطح ایستابی است. در مناطقی که سطح ایستابی آب زیرزمینی بالا است لایه زیرین خاک به سرعت با اولین بارش اشباع شده و باعث ایجاد سریع‌تر رواناب سطحی می‌شود. تعیین عمق مؤثر سطح ایستابی به عنوان عاملی مهم در تعیین ظرفیت ذخیره اولیه گزارش شده است (۱۸،۱۹). این لایه نیز همانند لایه‌های فوق به کلاس‌های مختلف تقسیم و رتبه‌بندی شد. هرچه سطح ایستابی پایین‌تر باشد از ارجحیت پایین‌تری در بین کلاس‌ها برخوردار است. برای تهیه نقشه عمق آب زیرزمینی از اطلاعات چاه‌های موجود در محدوده شهر نور استفاده شد. بر این اساس عمق آب زیرزمینی به سه کلاس کمتر از سه متر، ۴-۳ متر و بیشتر از چهار متر تقسیم‌بندی شد. هدف کلی ارزیابی خطرپذیری سیل در مناطق مختلف می‌باشد. این امر مستلزم برآورد اهمیت نسبی عناصر در هر سطح از سلسله مراتب تصمیم‌گیری است.

برای انجام اولویت‌بندی در تحلیل سلسله مراتبی ابتدا فاکتورها به صورت دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. برای انجام مقایسات زوجی ماتریسی با تعداد سطر و ستون فاکتورهای مورد استفاده، طراحی شده و سپس با استفاده از جدول استاندارد ارائه شده توسط ساعتی (۱۶) فاکتورها به صورت زوجی مقایسه و عددی از جدول انتخاب می‌شود. در نهایت این ماتریس به نرم‌افزار Expert Choice وارد شده و وزن نهایی هر فاکتور به دست می‌آید. هر یک از فاکتورهای ذکر شده با توجه به هدف تحقیق و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه به چند کلاس تقسیم می‌شود. واضح است که هر کلاس از فاکتورها نیز دارای ارزش متفـاوتی در وقـوع سیلاب می‌باشند، بنابراین برای هر کلاس از هر فاکتور نیز به ترتیبی که برای هر فاکتور ذکر شد وزن‌دهی انجام شده و در نهایت وزن هرکلاس در وزن آن فاکتور ضرب شده و وزن نهایی هر کلاس به‌دست می‌آید. بعد از تعیین وزن‌های لایه‌های نقشه می‌توان آن‌ها را در محیط GIS پردازش کرده و کلاس‌ها را با اعمال مقادیر وزن به هر یک با هم تلفیق کرد. آنچه که در نهایت به‌دست می‌آید نقشه‌ای است که واحدهای مکانی آن دارای اوزان متفاوت هستند و طبیعتاً وزن بالاتر در هر مکان به معنی خطرپذیری بیشتر در آن مکان است.

تهیه نقشه خطر سیلاب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی

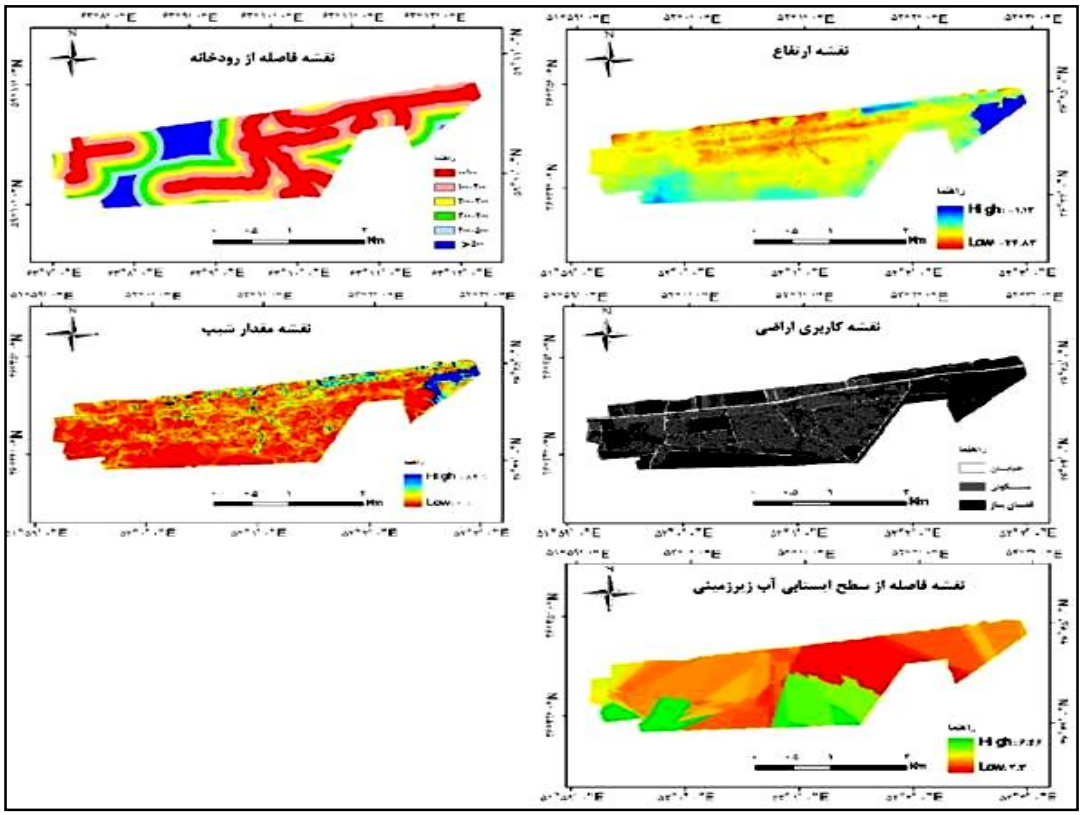
برای تهیه نقشه خطر سیلاب با روش تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی، هر کدام از عوامل شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و سطح ایستابی به رده‌هایی تقسیم می‌شوند. هر رده از این پارامترها دارای تأثیری در ناپایداری است که نرخ[1] (R_i) آن رده نامیده می‌شود و هر یک از پارامترهای مذکور دارای درجه اهمیتی نسبت به پارامترهای دیگر می‌باشد که وزن[2] (W_i) آن پارامتر نامیده می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۱) درجه خطر برای هر واحد محاسبه می‌شود (۱،۱۰،۱۳):

$$R = \sum_{i=0}^{n} (R_i \times W_i) / \sum_{i=0}^{n} (W_i) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: R درجه خطر یا نرخ کلی پتانسیل ناپایداری (مطلوبیت فازی) است. هنگامی که از مجموعه‌ها به جای اعداد حقیقی استفاده می‌شود باید محاسبات رابطه (۱) برای آن‌ها انجام شود. این کار مستلزم انجام عملیات جمع، ضرب و تقسیم مجموعه‌هاست. مجموع این عملیات نیز یک مجموعه خواهد بود که مجموعه مذکور را متوسط وزن‌های فازی (FWA) می‌نامند. پارامترهای ورودی که در این تحقیق پنج پارامتر می‌باشند در پنج ستون با ترتیب فاصله از سطح ایستابی آب زیرزمینی، شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه در فایل ورودی با پسوند متنی (txt) قرار گیرند. هم چنین وزن هر یک از عوامل مؤثر با توجه به مدل AHP به دست آمد. خروجی برنامه به صورت یک فایل با شش ستون خواهد بود که در ستون آخر مقدار خطر محاسبه شده ارائه می‌شود. سپس خروجی این برنامه که درجه خطر محاسبه شده برای هر پیکسل در نقشه محدوده مورد مطالعه می‌باشد، به محیط نرم‌افزار GIS منتقل شده تا نقشه خطر پتانسیل سیل‌خیزی تهیه شود (۱۴). برای تهیه خطر پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه مورد مطالعه از توابع عضویت گوسی[3]، مثلثی[4] و ناقوسی‌شکل تعمیم یافته[5] استفاده شد.

نتایج و بحث

نقشه‌های فاکتورهای مورد استفاده برای تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب شهر نور در شکل دو ارائه شده است. نتایج مربوط به وزن هر یک از معیارها و کلاس‌های هر یک از معیارها در جدول سه آمده است. مقدار نرخ ناسازگاری (IR) نیز برای ماتریس‌های مقایسه زوجی به دست آمده است که نشان‌دهنده سازگاری نتایج می‌باشد. با توجه به کوچک‌تر بودن مقادیر نرخ ناسازگاری از ۰/۱، سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است.



شکل ۲- نقشه‌های فاکتورهای مورد استفاده برای تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب شهر نور

Figure 2. Maps of the used factors for preparing flood risk map of Nour city

1- Rate
2- Weight
3- Gaussian Membership Function
4- Triangular Membership Function
5- Generalized Bell Shape Membership Function

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

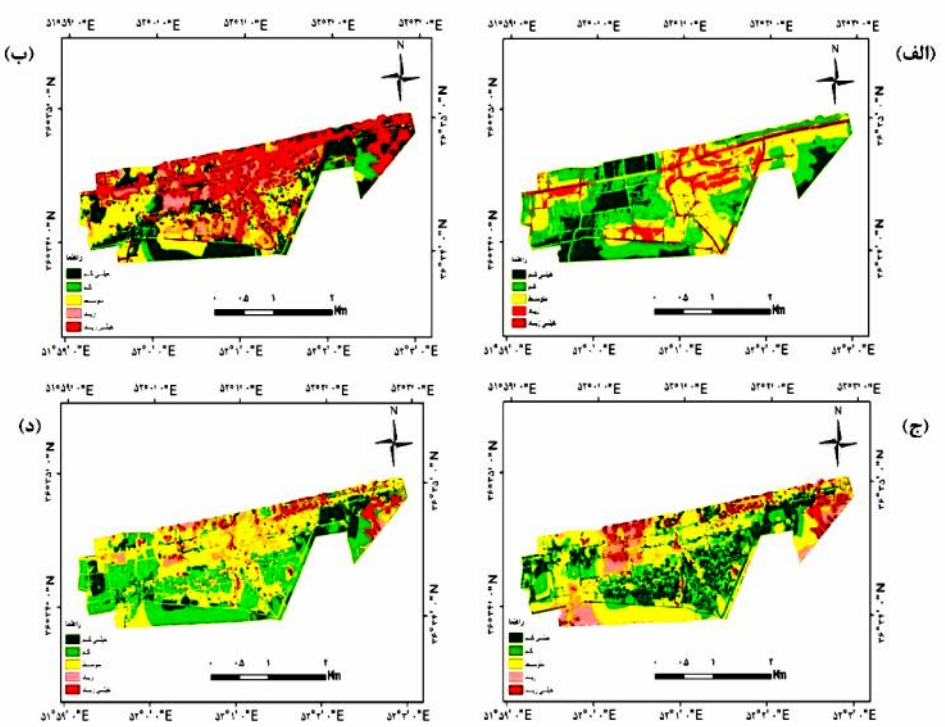
جدول ۳- وزن‌های مربوط به معیارها و کلاس‌های مربوط به هر معیار

Table 3. Weights of factors and classes of each factor

معیار	وزن	نرخ ناسازگاری	کلاس	وزن	نرخ ناسازگاری	وزن نهایی
فاصله از رودخانه	۰/۴۲۰	۰/۰۰۴۳۹	۱	۰/۳۸۲	۰/۰۲	۰/۱۶۰۴۴
			۲	۰/۲۵		۰/۱۰۵
			۳	۰/۱۶		۰/۰۶۷۲
			۴	۰/۱		۰/۰۴۲
			۵	۰/۰۶۴		۰/۰۲۶۸۸
			۶	۰/۰۴۳		۰/۰۱۸
کاربری اراضی	۰/۲۵۳		خیابان	۰/۶۴۸	۰/۰۰۳	۰/۱۶۴
			مسکونی	۰/۲۳۰		۰/۰۵۸۱۹
			فضای باز	۰/۱۲۲		۰/۰۳۰۸
ارتفاع	۰/۱۳۸		۱	۰/۳۱۳	۰/۰۶	۰/۰۴۳
			۲	۰/۲۲۶		۰/۰۳۱
			۳	۰/۱۶۱		۰/۰۲۲۲
			۴	۰/۱۱۵		۰/۰۱۵۸۷
			۵	۰/۰۸۴		۰/۰۱۱۶
			۶	۰/۰۳۵		۰/۰۰۴۸۳
			۷	۰/۰۲۷		۰/۰۰۳۷۲۶
			۸	۰/۰۲۱		۰/۰۰۲۹
			۹	۰/۰۱۷		۰/۰۰۲۳
شیب	۰/۱۳۸		۱	۰/۳۱۱	۰/۰۴	۰/۰۴۳
			۲	۰/۲۲۲		۰/۰۳
			۳	۰/۱۵۵		۰/۰۲
			۴	۰/۱۰۷		۰/۰۱۵
			۵	۰/۰۷۳		۰/۰۱
			۶	۰/۰۴۱		۰/۰۰۵۶
			۷	۰/۰۳۵		۰/۰۰۴۸
			۸	۰/۰۳۰		۰/۰۰۴
			۹	۰/۰۲۶		۰/۰۰۳۵
عمق آب زیرزمینی	۰/۰۵		۱	۰/۶۲۵	۰/۰۲	۰/۰۳
			۲	۰/۲۳۸		۰/۰۱۱۹
			۳	۰/۱۳۶		۰/۰۰۷

نقشه نهایی خطرپذیری سیلاب حاصل از روش‌های مختلف براساس نقاط شکست منحنی تجمعی به پنج کلاس تقسیم‌بندی شد که در شکل سه نشان داده شده است. هم‌چنین درصد مساحت هر یک از کلاس‌های خطرپذیری حاصل از روش‌های مختلف در جدول چهار نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]



شکل ۳ – نقشه پتانسیل خطر سیل‌خیزی شهر نور با استفاده از (الف) AHP، تابع‌های عضویت گوسی (ب)، مثلثی (ج)، ناقوسی‌شکل تعمیم‌یافته (د)

Figure 3. Potential flood hazard map for Nour city using AHP(a), membership functions of Gaussian (b), Triangular (c), Generalized Bell-shape (d)

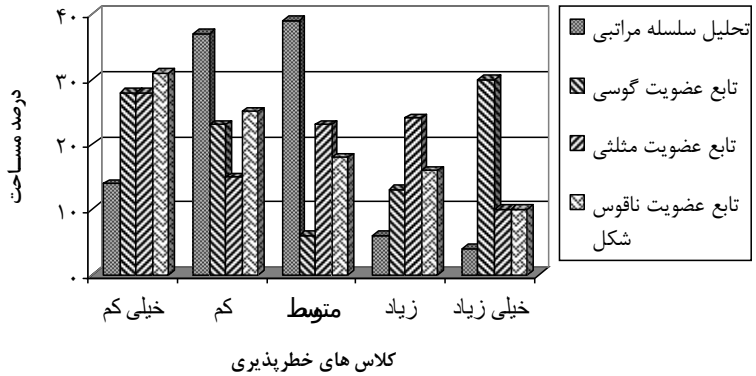
جدول ۴- درصد مساحت کلاس‌های خطرپذیری حاصل از روش‌های مختلف

Table 4. Risk classes area percent by different methods

کلاس خطر	تحلیل سلسله مراتبی	تابع عضویت گوسی	تابع عضویت مثلثی	تابع عضویت ناقوس‌شکل
خیلی کم	۱۷	۲۱	۲۶	۱۴
کم	۳۵	۶	۱۴	۳۳
متوسط	۳۳	۱۹	۳۱	۲۷
زیاد	۱۰	۲۴	۲۳	۲۱
خیلی زیاد	۵	۳۰	۶	۵

به منظور ارزیابی نقشه خطرپذیری تهیه شده محدوده‌هایی که سابقه رخداد سیل یا آب‌گرفتگی را در سطح شهر داشته‌اند با توجه به گزارش‌های موجود مشخص شد و با نتایج روش‌های مختلف مورد استفاده در این تحقیق مقایسه شد. درصد مساحت هر یک از کلاس‌های خطرپذیری به روش‌های مختلف در مناطق مشاهداتی سیل‌گرفته در شکل چهار نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]



شکل ۴- درصد مساحت هر یک از کلاس‌های خطرپذیری به روش‌های مختلف در مناطق مشاهداتی سیل‌گرفته.

Figure 4. Area percent of each risk classes by different methods in observed flood prone areas

در این تحقیق روش تحلیل سلسله مراتبی، برای تهیه نقشه پتانسیل خطر سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه انتخاب شد. این روش یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای حل مسائل MCDA[1] است (۵،۳) و کاربرد گسترده‌ای در تجزیه تحلیل‌های مخاطرات طبیعی و تناسب اراضی به دست آورده است (۱۲،۶،۲). با این حال نقطه ضعف این روش می‌تواند حساسیت نقشه تهیه شده به قضاوت کارشناسان و حساسیت به تغییر در وزن‌های متغیرهای مورد استفاده در تحقیق باشد (۴). نقشه نهایی خطرپذیری سیلاب با استفاده از AHP نشان می‌دهد مناطقی که در نزدیکی سیستم‌های جمع‌آوری رواناب می‌باشند در معرض خطرپذیری قرار دارند. از جمله ویژگی‌های مناطقی که در محدوده با ریسک خطرپذیری بالا واقع می‌شوند، می‌توان به مجاورت با رودخانه‌ها، مناطق نفوذناپذیر، توپوگرافی پست و شیب ملایم (کمتر از دو درصد) در این نواحی اشاره کرد. دقت در مناطقی که سابقه رخداد سیل را دارند نیز نشان می‌دهد که مناطق با شیب کمتر از دو درصد بیش‌تر تحت تأثیر سیل قرار دارند. هم چنین نتایج حاصل از AHP نشان داد که ده درصد مساحت با سابقه رخداد سیل در کلاس‌های خیلی زیاد و زیاد واقع شده است. مناطقی که با درجه خطرپذیری بسیار زیاد در نقشه نهایی مشخص شده‌اند، به شدت تحت تأثیر معیار فاصله از رودخانه‌ها براساس وزنی که به این معیار اختصاص داده شده است، قرار دارند.

نقشه نهایی خطرپذیری سیلاب با استفاده از توابع عضویت گوسی، مثلثی و ناقوسی شکل تعمیم یافته نیز تهیه شد که بررسی نتایج و مقایسه آن با مناطقی که سابقه رخداد سیل یا آب‌گرفتگی را دارند نشان می‌دهد که ۴۳ درصد از مساحت مناطق سیل گرفته در نقشه به‌دست آمده از تابع عضویت گوسی در کلاس‌های خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته است.

هم چنین این مقدار برای تابع عضویت مثلثی ۳۴ درصد و برای تابع عضویت ناقوسی شکل تعمیم یافته ۲۶ درصد می‌باشد. هم چنین این مقدار در نقشه تهیه شده با استفاده از AHP، ده درصد می‌باشد، بنابراین نتایج نشان می‌دهد که نقشه به دست آمده از تابع عضویت گوسی بیش‌تر با گزارشات حاصل از وقایع رخداد سیل پیشین هم‌خوانی دارد.

تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب می‌تواند به عنوان ابزار جدیدی در جهت اصلاح زیرساخت‌های جمع‌آوری رواناب در حوزه‌های شهری مورد استفاده طراحان و تصمیم‌گیرندگان در این زمینه قرار گیرد. لازم به ذکر است که مدل تهیه شده باید در مطالعات مرحله اول مسائل مربوط به کنترل سیلاب در حوزه‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد. مدل‌های با جزئیات بیش‌تر نیاز به اطلاعات دقیق‌تری از بارش و دبی‌های پیک در محدوده مطالعاتی دارند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزار توانمندی در تهیه نقشه‌های خطرپذیری با دقت بالا، مطرح می‌باشد. با توجه به این‌که یکی از اصول اولیه مدیریت، اطلاع از اولویت‌های مدیریتی می‌باشد، نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌تواند راه‌کار مناسبی برای اعمال مدیریت سیلاب در حوزه‌های شهری باشد.

1- Multi criteria Decision Analysis

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

منابع

1. AshghaliFarahani, A. 2002. Natural Slopes Instability Hazard Assessment in Rudbar Area Using Fuzzy Logic, M.Sc. Thesis, Tarbiat Moallem University, 141 pp (In Persian).
2. Banai-Kashami, A.R. 1989. New Method for Site Suitability Analysis-the Analytic Hierarchy Process. Environmental Management, 13: 685-693 (In Persian).
3. Chan, F., M. Chan and N. Tang. 2000. Evaluation Methodologies for Technology Selection, Journal of Materials Processing Technology, 107: 330-337.
4. Chang, N., G. Parvathinathan and J. Breeden. 2008. Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-making for Landfill Siting in a Fast-growing Urban Region. Journal of Environmental Management, 87: 139-153.
5. Cheng, C.H. 1997. Evaluating Naval Tactical Systems by Fuzzy AHP based on the Grade Value of Membership Function, European Journal of Operational Research, 96: 343-350.
6. Dai, F.C., C.F. Lee and X.H. Zhang. 2001. GIS-based Geo-Environmental Evaluation for Urban Land-Use Planning: a Case Study, Engineering Geology, 61: 257-271.
7. Fernandez D.S. and M.A. Lutz. 2010. Urban Flood Hazard Zoning in Tucuman Province, Argentina, Using GIS and Multicriteria Decision Analysis, Engineering Geology, 111: 90-98 (In Persian).
8. Gomaa, M.D., N.M. Meraj and A.K. Al.Ghamdi. 2011. GIS-Based Spatial Mapping of Flash Flood Hazard in Makkah City, Saudi Arabia, Journal of Geographic Information System, 3: 225-231.
9. Islam, M.D. and K. Sado 2000: Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS, Hydrological Sciences Journal, 45: 42-48.
10. Juang, C.H., D.H. Lee and C. Sheu. 1992. Mapping Slope Failure Potential Using Fuzzy Sets, Journal of Geotechnical Engineering ASCE, 118: 475-493.
11. Konrad C.P. and D.B. Booth. 2005. Hydrologic Changes in Urban Streams and Their Ecological Significance, American Fisheries Society Symposium, Alaska, 11-15 September, 47: 157-177.
12. Laskar, A. 2003. Integrating GIS and Multicriteria Decision Making Techniques for Land Resource Planning, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands, M.Sc. Thesis, 71 pp.
13. Mahdavifar, M.R. and S.M. FatemiAghda. 2002. Application Fuzzy Sets Analysis in Landslide Hazard Zonation and Description Provided Computer System, Proceeding Landslide and its Increase Disasters, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES). 137-145 pp (In Persian).
14. Pourghasemi, H.R. 2008. Landslide Hazard Assessment Using Fuzzy Logic (Case Study: A part of Haraz Watershed). M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, 115 pp (In Persian).
15. Radmehr, A. 2011. Optimal Urban Flood Management Using Spatial Multi-Criiteria Decision Making Approach. M.Sc. Thesis. University of Tehran. 197 pp (In Persian).
16. Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. Mc Graw Hill Company, New York, 350 pp.
17. Singh, A.K. and A.K. Sharma. 2009. GIS and a Remote Sensing Based Approach for Urban Flood-Plainmapping for the Tapi Catchment, India, Proceeding of Hydrology, 331: 389-394.
18. Trosh, P., F. De Trosh and W. Brutsaert. 1993. Effective Water Table Depth to Describe Initial Conditions Prior to Storm Rainfall in Humid Regions. Water Resources Research, 29: 427-434.
19. Yin, H. and C. Li. 2001. Human Impacts on Floods and Flood Disasters on the Yangtze River.
20. Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, Department of Electrical Engineering Electronics Research Laboratory, 8: 338-352.

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

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]

Development of Urban Flood Hazard Map for Nour City Using Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic

Nematollah Hamidi[1], Mahdi Vafakhah[2] and Akbar Najafi[3]

1 and 3- Graduated M.Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University,
(Corresponding author: vafakhah@modares.ac.ir)
Received: June 29, 2013 Accepted: December 14, 2014

Abstract

The maps of potential flooding areas can be the appropriate tool for urban planning in the future. In this research, potential flooding areas criteria viz. the urban land use, distance of river, elevation, slope and ground water level were considered. The weight of decision criteria were evaluated by paired comparison matrix. The final potential flooding map was divided to five different risk classes. About 15 percentage of the study area were belongs to very high and high risk classes. Including areas located in high risk near to the river, impermeable areas, low topography and slope less than two percent in these areas. Focus on areas with historical flood events showed that areas with slope less than two percent are more affect by flood. The results of the Analytical Hierarchy Process showed that ten percentage of the area with historical flood events is located in very high and high classes. The results show that percentage of the class area with high and very high risk according to historical flood events are 43, 34 and 26 percent for gaussian, triangular and generalizedbell-shaped membership functions, respectively. The result of Gaussian membership function is more similar to historical flood events reports.

Keywords: Multi-criteria decision making, Nour city, Fuzzy logic, Potential flooding

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

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.2.4]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.19]