Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۶۰
زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۲۴۵-۲۲۷

*آیلا قلی زاده[۱]
عزت الله قنواتی[۲]
حمیده افشار منش[۳]
حجت امان اله پور[٤]

کارایی مدل فازی در پتانسیل سیل خیزی حوضه زنگمار

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸

چکیده

سیلاب از جمله بلایای طبیعی شناخته شده می‌باشد که خسارت مالی و جانی فراوانی به همراه دارد این پدیده با کمک شناسایی مناطق سیل‌خیز و مدیریت مناسب قابل کنترل می‌باشد. هدف این مقاله ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه زنگمار در شهرستان ماکو با استفاده از مدل فازی می‌باشد به این منظور لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شیب، ارتفاع، انحنای پلانی متریک، انحنای پروفیل، کاربری اراضی، خاک، سنگ‌شناسی، فاصله از رود، تراکم زهکشی و شاخص NDVI مورد استفاده قرار گرفته است. نقشه پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از عملگر گاما ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ تهیه شد و برای آزمودن کارایی مدل فازی و انتخاب عملگر مناسب گاما، همبستگی پارامترها با هر یک از عملگرها جداگانه محاسبه شد. نتایج نشان داد، گاما ۰/۹ مناسب‌ترین عملگر می‌باشد. در نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی نواحی با خطر بسیار بالا در بالادست و شمال حوضه قرار دارند. اغلب نواحی با خطر سیل‌خیزی بسیار بالا در دامنه‌های محدب و ستیغ‌ها و در شیب‌های بین ۰-۷ درصد که اغلب مناطق کوهستانی، است قرار دارد. ارتفاع این سطوح اغلب، بین ۸۰۰-۱۲۰۰ متر می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پتانسیل، سیل‌خیزی، فازی، زنگمار، ماکو.

*۱- کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی. (نویسنده مسئول). E-mail:Ayla_gholizadeh@yahoo.com
۲- عضو هیات علمی، دانشگاه خوارزمی.
۳- دانشجوی دکتری اقلیم، دانشگاه خوارزمی.
٤- کارشناس برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

مقدمه

سیل یکی از بزرگ‌ترین مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارت‌های سنگینی را به جوامع مختلف تحمیل می‌کند با توجه به این‌که سیلاب پدیده‌ای است که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده اما دخالت‌های بشری از قبیل تغییر کاربری زمین، تخریب پوشش گیاهی و خاک، تجاوز در حریم رودخانه‌ها بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه موجب افزایش خسارات جانی و مالی و زیربنایی می‌شود که برنامه توسعه را با مشکلاتی مواجه می‌سازد بنابراین به‌منظور برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری بهینه و کنترل سیلاب مطالعه و تحقیقات جامعی باید تدوین گردد که از جمله اقدامات تحقیقاتی و مدیریتی شناسایی خطر سیل در نواحی سیل خیز و قسمت‌هایی از منطقه که تحت تاثیر شدید این پدیده قرار می‌گیرند می‌باشد. آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیلاب در حوضه مورد مطالعه می‌افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی و شهری در محدوده‌های سیل‌خیز می‌باشد، وجود چنین مراکزی در محدوده حوضه‌های سیلابی علاوه بر این‌که موجب افزایش تولید رواناب می‌گردد افزایش خسارات جانی و مالی را نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت به همراه دارد. از جمله رخدادهای سیلاب در حوضه مورد مطالعه می‌توان به سیلاب ۷ آگوست (۲۰۰۸) اشاره کرد که به دنبال رویداد یک بارش رگباری به مدت حدود ۱۰ دقیقه به مقدار ۲۰ میلی‌متر در شهر ماکو باعث ایجاد خسارت بر ۳۵۰ واحد مسکونی، ۷۰۰ دستگاه خودرو، ۵۸ واحد صنفی، آب گرفتگی واحدهای مسکونی ۱۵۰ خانوار و تخریب کلی ۲۲ واحد مسکونی شد. در این جریان ۸۲ نفر مصدوم و ٤ نفر نیز جان خود را از دست دادند. همچنین بارش‌های رگباری سال‌های (۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) که منجر به گرفتگی معابر عمومی در ماکو شد بیانگر شایع بودن وقوع سیلاب در این شهر می‌باشد (Ahmadzadeh et al, 2015: 1). با توجه به این‌که حوضه مورد مطالعه از نظر خطر ریزش نیز یک منطقه شناخته شده می‌باشد رخداد سیل سبب حمل مواد ریزشی دامنه‌ها به داخل شهرها می‌شود بنابراین وقوع سیلاب در شهرستان‌های ماکو، شوط و چالدران همچنین شهرستان پلدشت به دلیل این‌که در خروجی حوضه بنا شده است و نیز به خاطر نزدیکی به رود ارس و بالا آمدن آب این رود به دنبال بارش‌های رگباری و در فصل ذوب برف‌ها موجب وقوع سیل در این منطقه می‌شود که در اکثر مواقع با خسارات جانی و مالی همراه بوده است، نشان دهنده ضرورت مطالعه جامع در زمینه سیلاب در این حوضه می‌باشد.

- هدف پژوهش

در این پژوهش سعی گردیده تا به این سوال پاسخ داده شود که: کدام پهنه‌ها در حوضه زنگمار دارای بیش‌ترین خطر رخداد سیلاب می‌باشد؟ در نتیجه هدف از این مطالعه تعیین نواحی با بیش‌ترین قابلیت رخداد سیلاب با استفاده از مولفه‌های ژئومورفولوژیکی می‌باشد. جهت پاسخ به این سوال از روشی به نام مدل فازی استفاده شده است. مدل فازی به‌وسیله لطفی عسگرزاده در سال (۱۹٦۵) عرضه شده است. نظریه فازی نظریه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه مفاهیم و متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی در می‌آورد (Momeni, 2011: 187). با توجه به این امر که پدیده‌هایی نظیر سیلاب تحت تاثیر عوامل بسیاری قرار دارند که تاثیر احتمالی و

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

غیرقطعی دارند، بنابراین در مطالعه چنین پدیده‌هایی استفاده از مدل بولین[5] که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، منطقی به نظر نمی‌رسد. به همین دلیل در این پژوهش از مدل فازی جهت پهنه‌بندی سیلاب در حوضه زنگمار استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

مطالعات داخلی و خارجی بسیاری در ارتباط با سیلاب و زمینه‌های مختلف مرتبط با آن صورت گرفته است از جمله می‌توان به کارهای انجام شده توسط Sharma et al (2011: 3219) با استفاده از سنجش از دور و مدل فازی به بررسی سیل شرق گجرات در هند پرداختند و با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای سال‌های قبل و بعد از دوره جاری شدن سیل و نتایج حاصل از فازی نتیجه گرفتند تغییرات پوشش زمین سبب وقوع سیل در منطقه بوده است. Chen et al (2011: 1918) روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخص‌های مساحت تحت تاثیر قرار گرفته، تعداد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران شده و میزان خسارات اقتصادی مستقیم را در طبقه‌بندی خطر سیلاب در ۳۰ استان چین به‌کار برده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که روش تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه‌بندی خطر سیلاب می‌باشد. Shafapurtehrani et al (2013: 69) با هدف مقایسه و عملکرد دو مدل آماری، نسبت فراوانی و رگرسیون لاجستیک برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در کلانتان در مالزی پرداختند نتایج حاصل از مقایسه دو مدل نشان داد که سطح زیر منحنی برای مدل نسبت فراوانی ۰/۸۷ و برای رگرسیون لاجستیک ۰/۹۰ و میزان موفقیت به‌ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۸۳ برای پیش‌بینی سیلاب بود. Degiorgis et al (2012: 3029) در پژوهشی با عنوان طبقه‌بندی برای پیش‌بینی مناطق سیل‌خیز، با استفاده از داده‌های ارتفاعی سنجش از دور و نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل حوضه تانارو یکی از زیرشاخه‌های رودخانه بزرگ پو در ایتالیا پرداختند و جهت درجه‌بندی مناطق خطر از طبقه‌بندی کیفی استفاده کردند اعلام نمودند که تکنیک‌های طبقه‌بندی باید در شناسایی و پهنه‌بندی خطر سیل مدنظر قرار گیرند. Rehman et al (2012: 945) بر اساس معادلات تجربی و رگرسیون غیرخطی به پیش‌بینی خطر سیل در رودخانه چناب پرداختند و نتیجه گرفتند این معادلات برای برآورد خطر سیل در محدوده قابل قبول و از صحت و دقت بالایی برخوردار است و می‌توان آن‌ها را در مناطق دیگر که از نظر ویژگی‌های آب‌وهوایی و فیزیوگرافی مشابه استفاده کرد. Gashaw et al (2011: 179) به ارزیابی خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوضه آبریز ریب گومارا در اتیوپی پرداختند و نتیجه گرفتند که مناطق پایین‌دست حوضه و زمین‌هایی که کاربری آن‌ها تغییر کرده در محدوده خطر بسیار بالا قرار دارند. از جمله کارهایی که در زمینه سیلاب در داخل کشور انجام شده، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

Malekian et al (2012: 31) در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی به این نتیجه رسیدند که برای جلوگیری از رخداد سیلاب باید در مرحله نخست عوامل موثر در پهنه‌بندی

5- bolyen

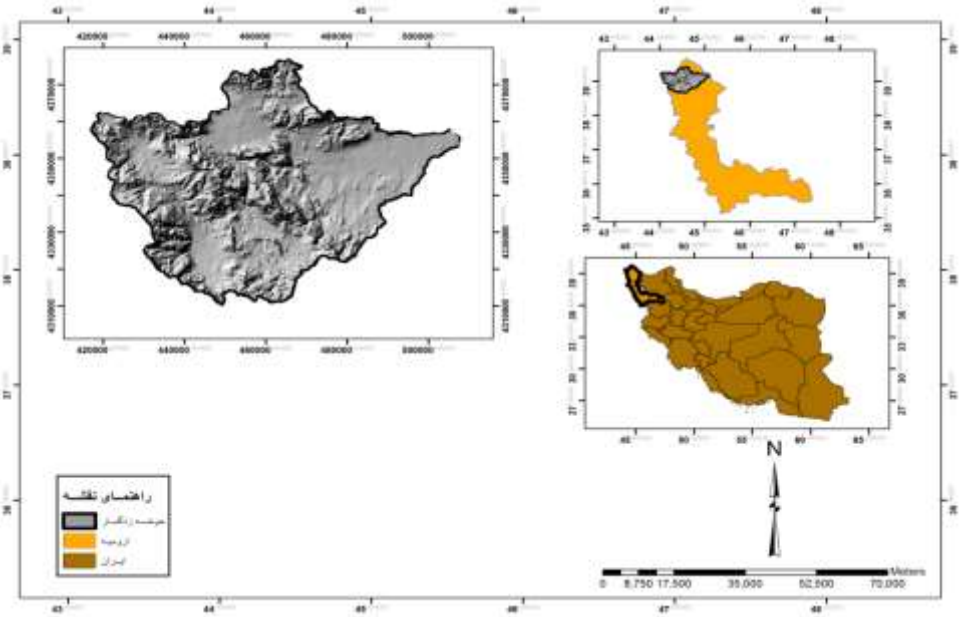
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

پتانسیل خیزی را شناسایی کرد. Ghanavati et al (2014: 67) با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS به مطالعه پتانسیل سیل‌خیزی حوضه رودخانه بالخلو پرداختند و نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوضه را با دوره بازگشت‌های مختلف تهیه کردند. Farajzadehasl (2013: 59) جهت بررسی خطر سیل‌خیزی در زیر حوضه‌های استان آذربایجان‌غربی با استفاده از روش استراهلر به طبقه‌بندی رودخانه‌های استان آذربایجان‌غربی پرداختند سپس برای هر یک از طبقه‌ها یک پهنه به‌عنوان محدوده خطر سیل در محیط GIS تعیین کردند و سرانجام با استفاده از آمار وقوع سیل در زیر حوضه‌ها شدت خطر سیل‌پذیری هر حوضه مشخص شد و به این نتیجه رسیدند که زیر حوضه زنگمار در خطر سیل‌پذیری شدید قرار دارد. Qomioily et al (2011: 105) به شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS در رودخانه کارون پرداختند و ضمن تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل محدوده و میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی که در صورت وقوع سیلاب به خطر خواهند افتاد را برای سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت مختلف مشخص کردند. Amirahmadi et al (2012: 17) جهت بررسی میزان خطرپذیری سیلاب و ارزیابی خسارات وارده در شهر سبزوار به کمک مدل فرآیند سلسله مراتبی محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب، آب‌گرفتگی و خسارات ناشی از سیل را در قالب نقشه ارزیابی خسارت ارائه نمودند. Alaeitaleghani et al (2009: 37) در پژوهشی تحت عنوان پهنه‌بندی حوضه دینور از نظر تولید سیلاب با استناد به مولفه‌های ژئومورفولوژی نتیجه گرفتند سیل‌خیزی حوضه متاثر از ساختار ژئومورفولوژی حوضه است و ساخت‌های، هم‌شیب با شیب تند و یکنواخت همراه با ساخت نفوذناپذیر، دلیل رخداد سیلاب‌های دینور می‌باشد بنابراین با توجه به این‌که پدیده سیلاب مهم‌ترین مخاطره در حوضه مورد مطالعه می‌باشد و تاکنون هیچ مطالعه جامع در این مورد در سطح منطقه صورت نگرفته پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه زنگمار ضروری می‌نماید.

منطقه مورد مطالعه

این حوضه واقع در '۵۵ °۳۸ و '۲۲ °۳۹ عرض شمالی و '٦ °٤٤ و '۹ °٤٥ طول شرقی حدود ۲۱۸۸ کیلومتر مربع از خاک کشور را به خود اختصاص داده است. این حوضه از نظر شرایط طبیعی دارای آب‌وهوای نیمه خشک با تابستان گرم و زمستان سرد است و یکی از زیر حوضه‌های رودخانه ارس و بالمال حوضه آبخیز دریای خزر می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۰۸۵ متر در اشنگل داغی و حداقل آن ۸۵۳ متر در پلدشت می‌باشد. حوضه مورد مطالعه دارای شکل نسبتاً کشیده‌ای می‌باشد، در نتیجه هیدروگراف سیل و دبی حداکثر متاثر از شکل حوضه آبخیز می‌باشد. تراکم زهکشی برای کل حوضه ۰/۱۹۲ زمان تمرکز ۱۲ ساعت و ۳۰ دقیقه، شیب متوسط با استفاده از روش هورتون ۱۱ درصد و ارتفاع متوسط حوضه ۱۹۰۰ متر محاسبه شده است. رژیم رودخانه زنگمار از نوع رژیم برفی، مختلط که خود قسمتی از رژیم برفی کوهستان به‌حساب می‌آید، می‌باشد. حداکثر جریان این رودخانه اردیبهشت و حداقل آن در مرداد و شهریور اتفاق می‌افتد. دبی متوسط سالانه رودخانه زنگمار به حدود ٤/٥ متر مکعب در ثانیه می‌رسد. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در دوره ترشیاری در نتیجه فشارهای وارده بر قفقاز و آسیای صغیر شکل گرفته است. (شکل ۱) موقعیت حوضه مورد مطالعه را در سطح کشور و استان نشان می‌دهد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

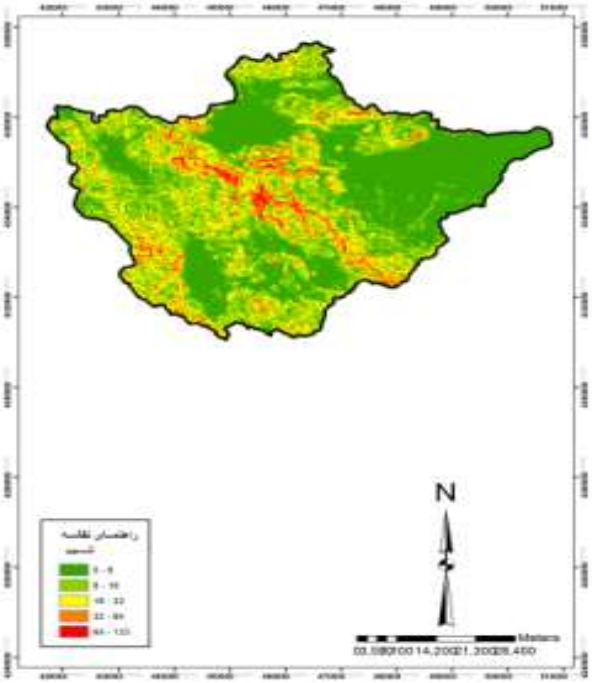
– داده‌ها و لایه‌های مورد استفاده

در این تحقیق ابتدا عوامل موثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و با نظر کارشناسان شناسایی شدند. پس از شناسایی معیارها داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف جمع‌آوری و تهیه گردیدند. برای تهیه هر یک از معیارها و لایه‌های اطلاعاتی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه قابلیت اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ ماکو، تصویر ماهواره‌ای IRS-LISS III شهرستان ماکو استفاده شده است. همچنین جهت آنالیز تصاویر ماهواره‌ای، تهیه لایه‌های اطلاعاتی و اجرای مدل نرم‌افزار ArcGIS با توجه به قابلیت آن در تحلیل داده‌های مکانی به‌کار رفته است. ابتدا لایه DEM حوضه بر اساس نقشه توپوگرافی حوضه تهیه گردید سپس با کمک این لایه، لایه‌های شیب (شکل ۲)، انحنا پروفیل (شکل ۳)، انحنا پلانی‌متریک (شکل ٤) و ارتفاع (شکل ٥) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS آماده گردید. لایه تراکم زهکشی (شکل ٦) و فاصله از آبراهه (شکل ۷) نیز بر مبنای لایه آبراهه‌ها استخراج شده از نقشه توپوگرافی تهیه گردیده است. جهت تهیه لایه سنگ‌شناسی از نقشه زمین‌شناسی و جهت تهیه لایه خاک‌شناسی (شکل ۹) از نقشه قابلیت اراضی بهره بردیم. همچنین با کمک تصاویر ماهواره‌ای لایه شاخص NDVI تهیه گردید. جهت آماده‌سازی لایه بارش (شکل ۱۱) ابتدا آمار بارش ایستگاه‌های حوضه زنگمار از سازمان هواشناسی با دوره آماری ۲۰ ساله تهیه شد سپس از طریق همبستگی (رابطه ۱) رابطه خطی این پارامترها با ارتفاع در نرم‌افزار SPSS به‌دست آمد و در نهایت در نرم‌افزار ArcGIS با اعمال روی DEM منطقه این لایه‌ها نیز تهیه گردیدند.

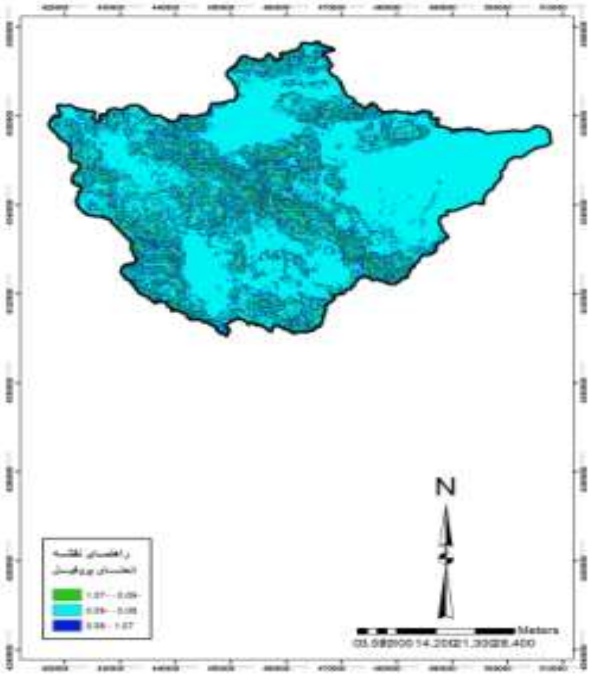
رابطه (۱): رابطه همبستگی بارش و ارتفاع

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

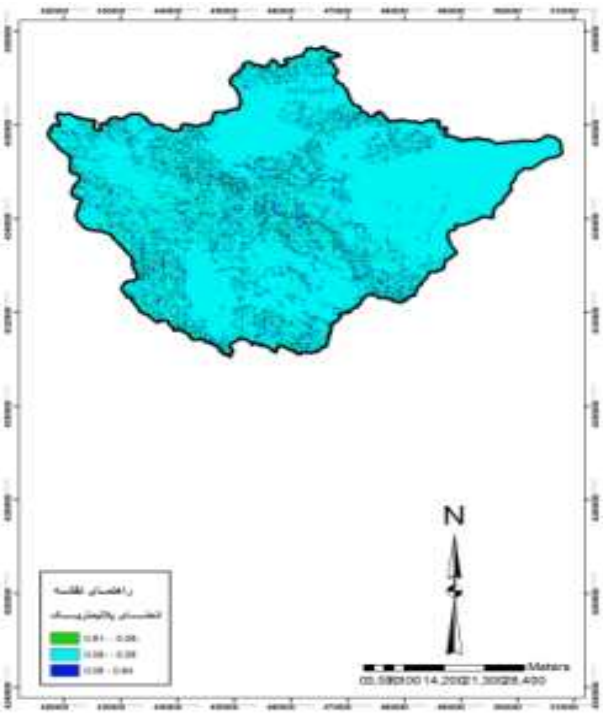
$$y = 68.56 + 0.158x \qquad R = 0.889$$



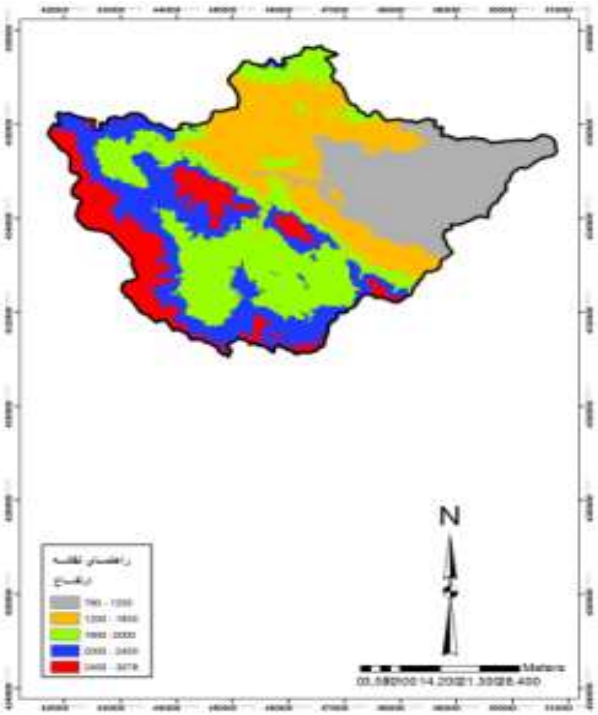
شکل ۲: نقشه شیب



شکل ۳: نقشه انحنای پروفیل

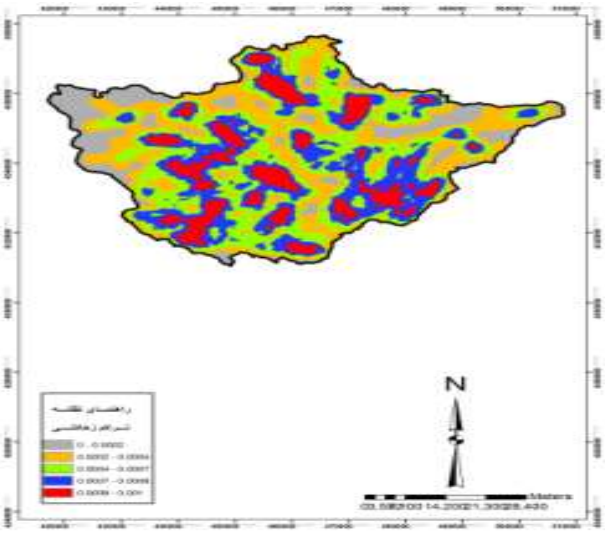


شکل ٤: نقشه انحنای پلانی متریک

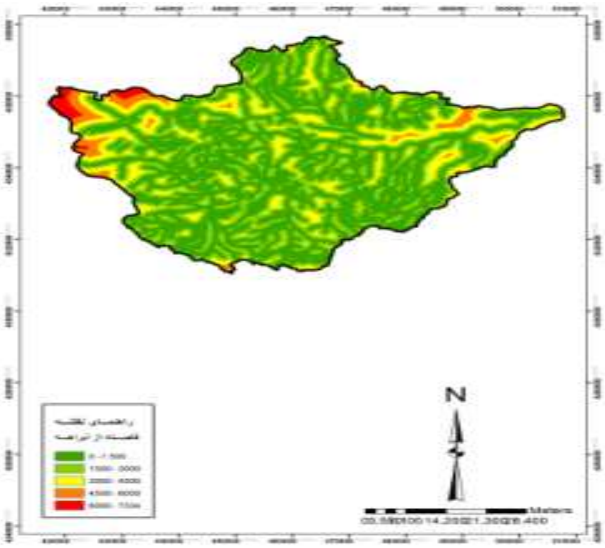


شکل ٥: نقشه ارتفاع

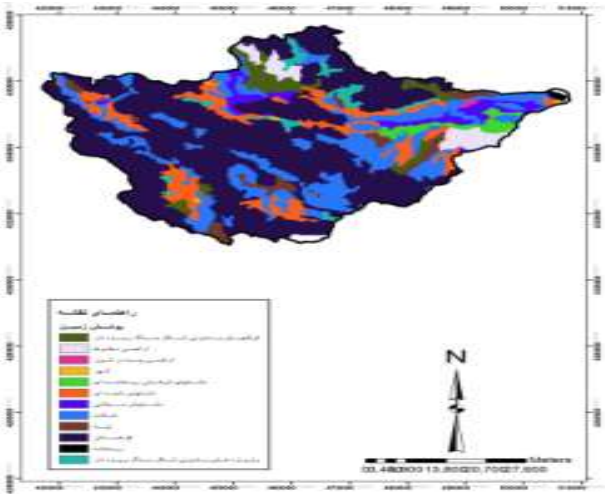
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025



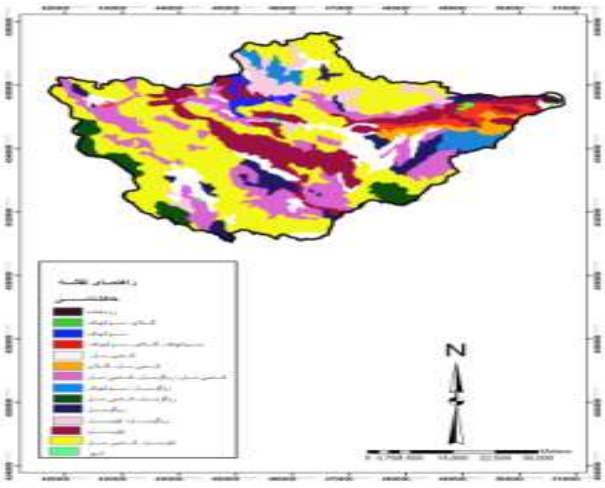
شکل ٦: نقشه تراکم زهکشی



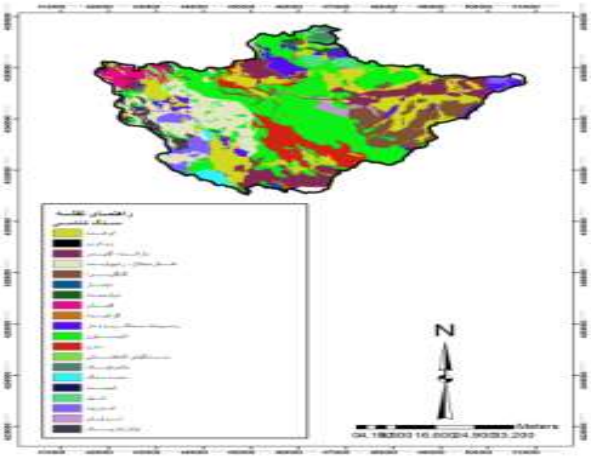
شکل ۷: نقشه فاصله از ابراهه



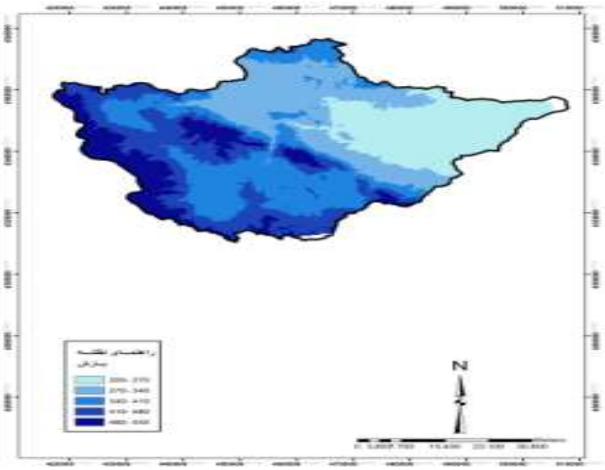
شکل ۸: نقشه پوشش زمین



شکل ۹: نقشه خاک‌شناسی

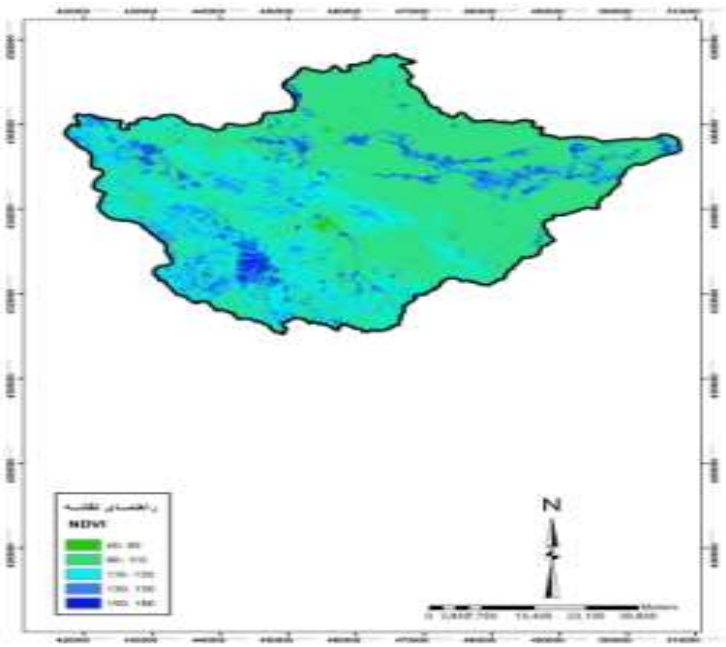


شکل ۱۰: نقشه سنگ‌شناسی



شکل ۱۱: نقشه بارش

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025



شکل ۱۲: نقشه شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

- مدل فازی مدل

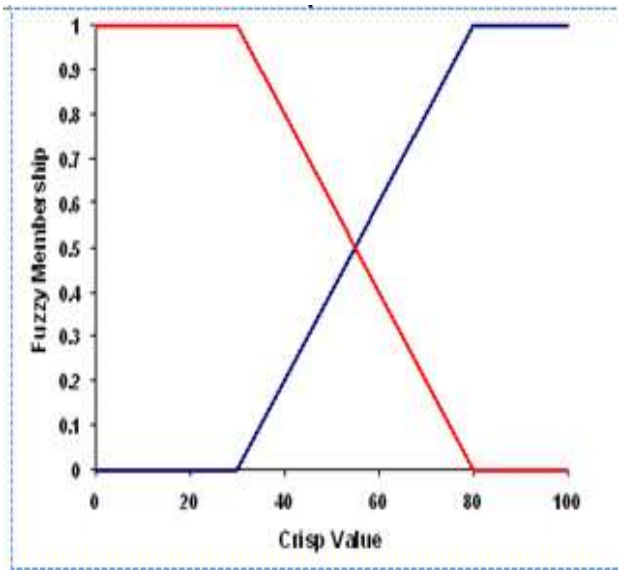
فازی بر منطق فازی استوار بوده که اساسا به منظور اقدام در شرایط ابهام ارائه گردیده است. هر فرد هم‌زمان در مجموعه‌های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیز خود این دو حد را می‌پذیرد (Van Alphen, 2000: 1706). یک مجموعه فازی توسط تابع عضویتی بیان می‌شود که این تابع عضویت درجه تعلق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین [۱، ۰] نشان می‌دهد. تابع عضویت برابر (۱) نشان‌دهنده عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان‌دهنده عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است؛ بنابراین قبل از اجرای مدل فازی نیاز است که برای هریک از لایه‌های اشاره شده در فوق توابع عضویت تعیین گردد و ارزش لایه‌ها در بازه‌ای بین [۱، ۰] قرار گیرد، بدین منظور ابتدا رابطه هر یک از پارامترها با سیل‌خیزی مورد بررسی قرار گرفته و سپس توابع مربوط به آن‌ها تعریف شد؛ که در این مطالعه از تابع لارج و تابع خطی استفاده شده است (شکل‌های ۱۳و ١٤). تابع لارج (تابع ۲) تابعی است که برای حالات خطی افزاینده به‌کار می‌رود. نقطه میانی به‌وسیله کاربر تعریف شده، عضویت فازی ۰/۵ به خود می‌گیرد. ارقام بالاتر از نقطه میانی به سمت ۱ میل می‌کنند و ارقام پایین‌تر از نقطه میانی به سمت عضویت صفر میل می‌کنند؛ که برای پارامترهای کاربری اراضی، خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، انحنای پلانی متریک، بارش، تعریف شد. تابع خطی دو حالت دارد:

۱- حالت اس شکل (خط آبی): در اجرای دستور دو حالت کمینه و بیشینه برای داده‌ها در نظر می‌گیرد. تمامی ارزش‌های کم‌تر از عدد کمینه داده شده به سیستم عضویت صفر به‌خود می‌گیرند و تمامی ارزش‌های بزرگ‌تر از

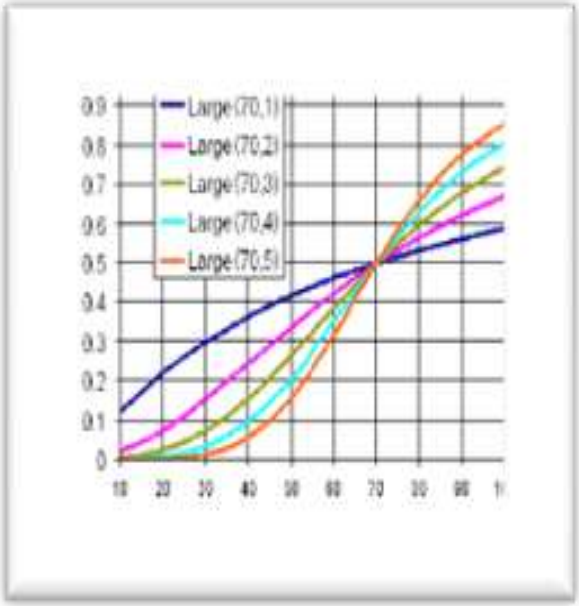
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

عدد بیشینه داده شده، عضویت ۱ می‌گیرند. اعداد مابین کمینه و بیشینه نیز عضویت صعودی صفر تا یک به خود می‌گیرند.

۲- حالت دوم (خط قرمز) قرینه حالت اول است تمامی ارزش‌های کم‌تر از عدد کمینه عضویت ۱ و تمامی ارزش‌های بیش‌تر از عدد بیشینه، عضویت صفر می‌گیرند. لذا پارامترهای انحنای پروفیل، NDVI، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، شیب و ارتفاع تابع خطی تعریف شد.



شکل ۱۳: تابع خطی S شکل فازی و قرینه آن



شکل ١٤: تابع لارج فازی

عامل شیب (شکل ۲) با تولید رواناب رابطه مستقیم دارد، یعنی هر چه شیب بیش‌تر باشد رواناب بیش‌تری تولید می‌شود. انحنا پروفیل (شکل ۳) نشان دهنده دامنه‌های کاو و کوژ می‌باشد و انحنا پلانی متریک (شکل ٤) تعیین‌کننده دره‌ها و ستیغ‌هاست؛ بنابراین دامنه‌های کاو و خط الراس‌ها و ستیغ سطوح مستعد برای سیل‌خیزی می‌باشند. ارتفاع (شکل ۵) از عوامل بسیار مهم در پدیده‌های هیدرولوژیکی می‌باشد، اهمیت این عامل به دلیل تاثیری است که بر روی تغییرات دما و بارش دارد. همچنین مناطق مرتفع با شیب زیاد قدرت رواناب را افزایش می‌دهد بنابراین این عامل با سیل‌خیزی رابطه مستقیم دارد. تراکم زهکشی از تقسیم طول آبراهه‌ها بر مساحت به‌دست می‌آید این پارامتر با پدیده سیل‌خیزی دارای رابطه معکوس می‌باشد (شکل ٦). فاصله از آبراهه از دیگر پارامترهای موثر بر سیل‌خیزی می‌باشد، هر چه فاصله از آبراهه در حوضه کاهش یابد خطر سیل‌خیزی کاهش می‌یابد (شکل ۷).

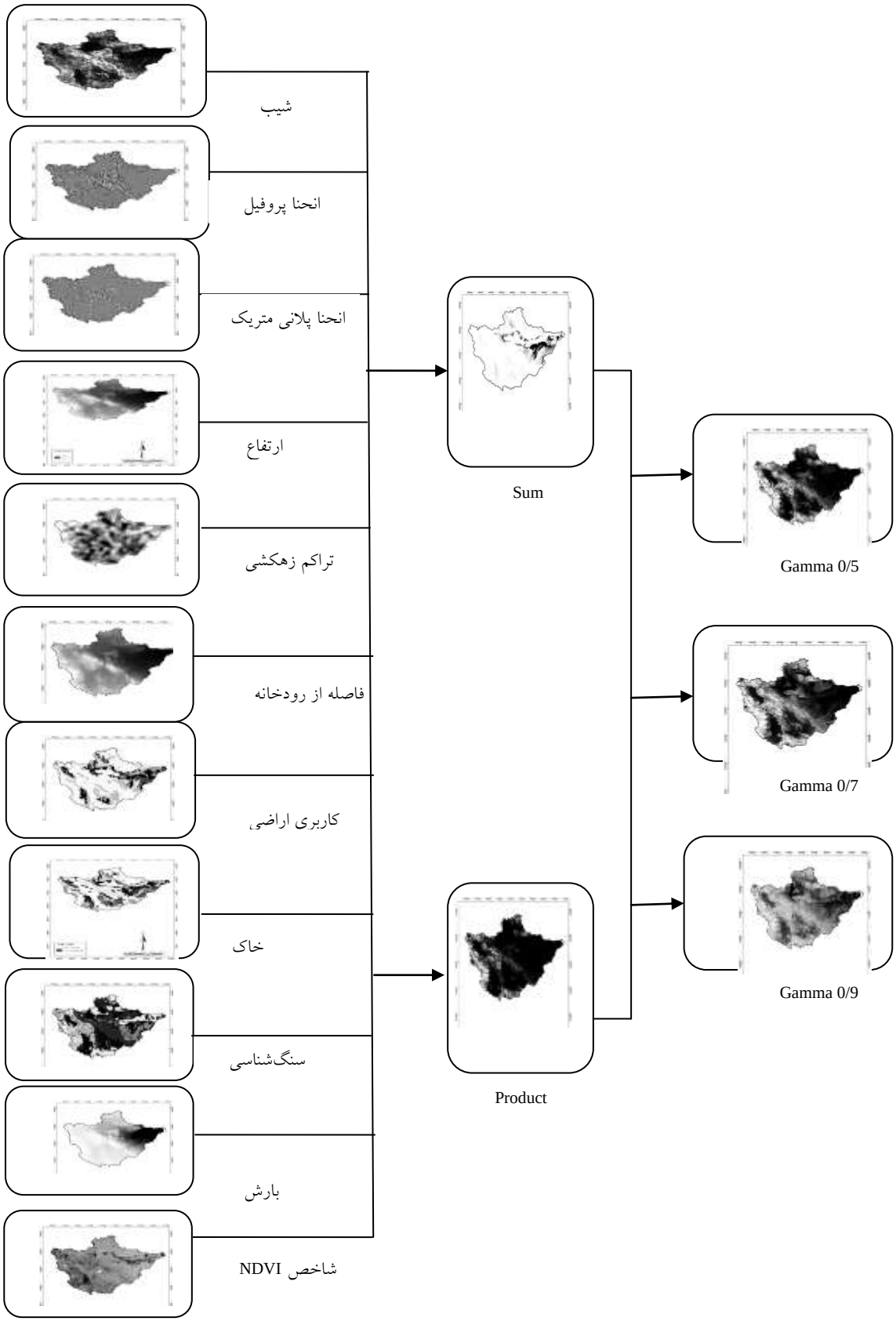
در لایه کاربری حوضه (شکل ۸) نیز به هر یک از کاربری‌ها با توجه به تاثیر موقعیت و شرایط‌شان بر سیلاب امتیازدهی شده است. این امتیازدهی به‌گونه‌ای است که با سیلاب رابطه مستقیم دارد. لایه خاک‌شناسی (شکل ۹) بر

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

اساس میزان نفوذپذیری خاک، هر چه نفوذپذیری خاک بیش‌تر باشد رواناب کم‌تری تولید می‌شود بنابراین این پارامتر با سیل‌خیزی رابطه معکوس دارد. شرایط لیتولوژیک منطقه (شکل ۱۰) از عوامل موثر بر رواناب می‌باشند و لیتولوژی مقاوم به تولید رواناب بیش‌تر منجر می‌گردد امتیازدهی به عامل لیتولوژی به‌گونه‌ای است که با تولید رواناب رابطه مستقیم دارد عامل بارش با تولید رواناب رابطه مستقیم دارد در واقع در نواحی با حجم بارش بالاتر مقدار رواناب تولید شده بیش‌تر می‌باشد (شکل ۱۱). شاخص NDVI (شکل ۱۲) نشان دهنده تراکم پوشش گیاهی می‌باشد و رابطه معکوس با سیل‌خیزی و تولید رواناب دارد در واقع مقدار کم این شاخص نشان دهنده فقر پوشش گیاهی و قابلیت بالا در تولید رواناب می‌باشد. پس از تعیین نوع رابطه هر یک از پارامترها با پدیده سیلاب، برای هر یک لایه‌های وابسته به این پارامترها، توابع عضویت (شکل‌های ۱۳ و ١٤) تعیین و به لایه‌ها اعمال می‌گردد. سپس لایه‌ها وارد مدل فازی می‌گردند.

برای اجرای تکنیک فازی (شکل ۱۵) در این مطالعه از عملگرهای جمع جبری، ضرب جبری و گاما استفاده گردیده است عملگر ضرب جبری باعث می‌شود تا اعداد مجموعه‌ها به سمت صفر و عملگر جمع جبری موجب می‌گردد تا اعداد به سمت یک میل نمایند، لذا از عملگر گاما جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب جبری و دقت خیلی کم عملگر جمع جبری شکل گرفته است. مقدار گاما تعدیل کننده بین صفر و یک است که مقدار آن از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است (Dadrasisabzevari, 2009: 233).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

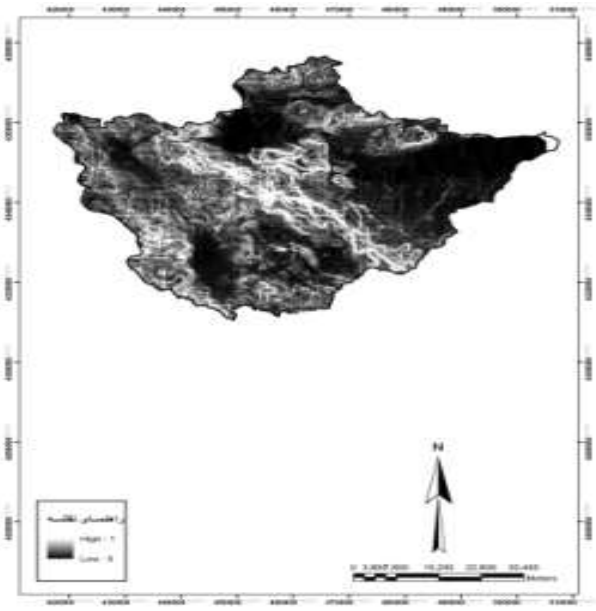


شکل ۱۵: مراحل شکل‌گیری مدل فازی در مطالعه سیلاب

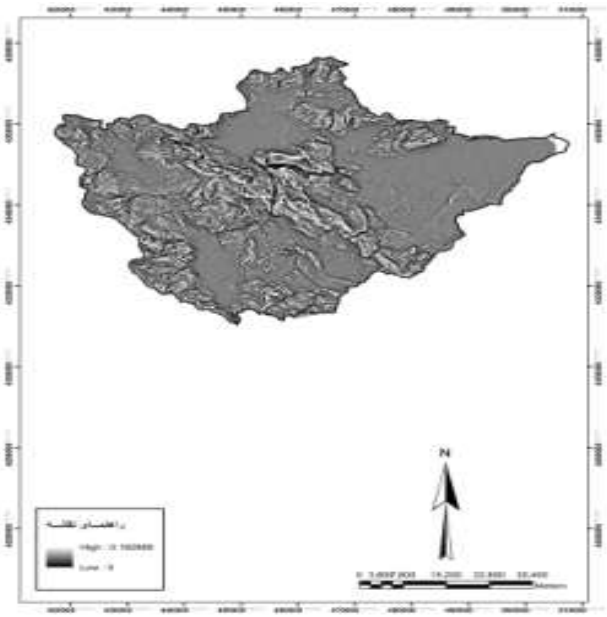
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

یافته‌ها و بحث

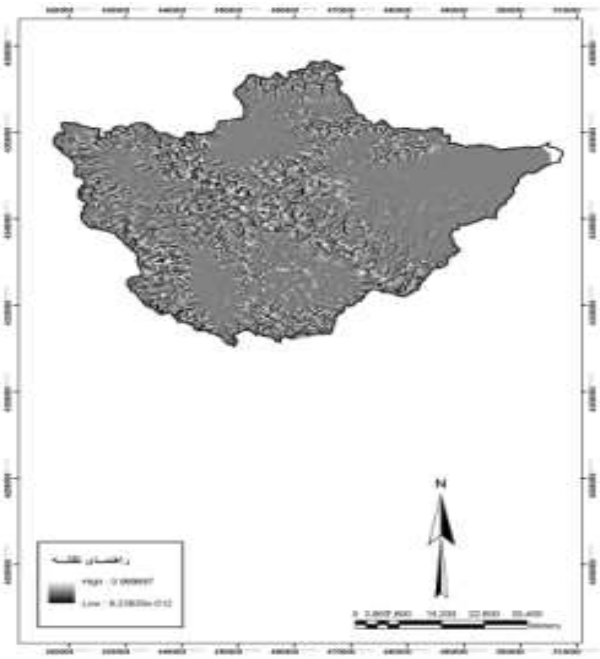
در مدل فازی پس از اعمال توابع به هر یک از لایه‌ها (شکل‌های ۱۶ تا ۲۵)، مقدار ارزش هر یک از لایه‌ها در بازه‌ای بین صفر و یک قرار گرفته است. به‌طوری که سطوح با بیش‌ترین تاثیر در رخداد رواناب بالاترین مقدار عددی (۱) و سطوح با کم‌ترین تاثیر پایین‌ترین مقدار عددی (۰) را پذیرفته است.



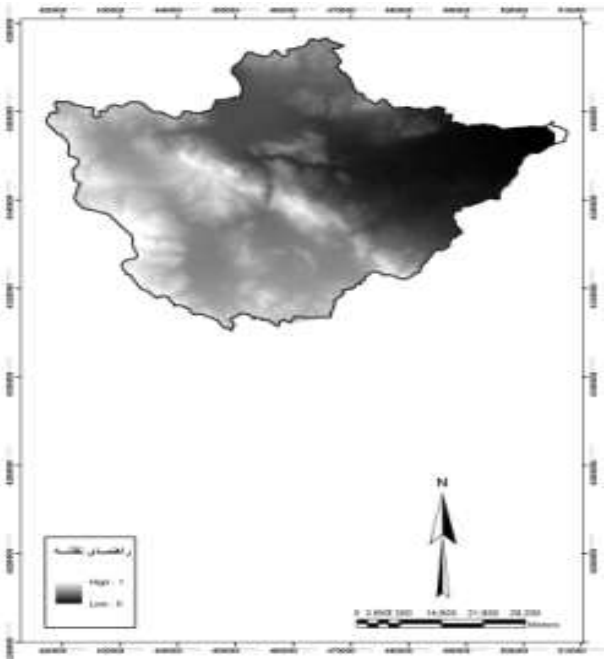
شکل ۱۶: لایه شیب فازی شده



شکل ۱۷: لایه انحنای پروفیل فازی شده

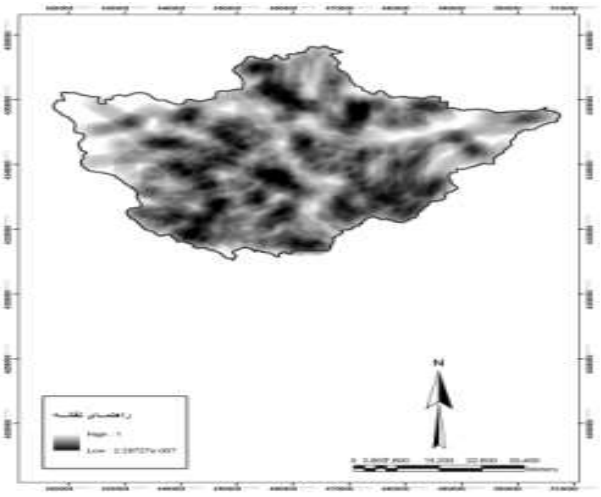


شکل ۱۸: لایه انحنای پلانیمتریک فازی شده

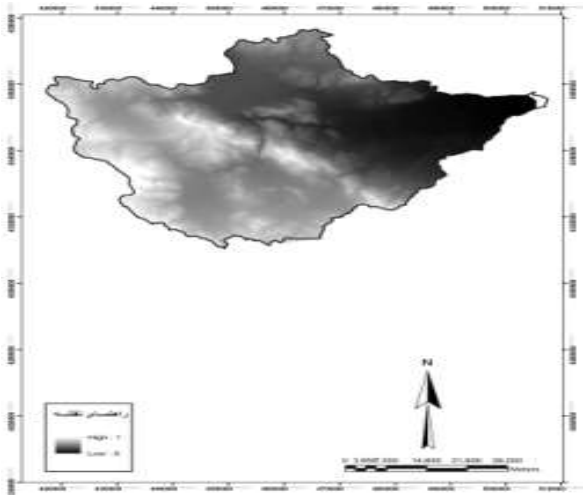


شکل ۱۹: لایه ارتفاع فازی شده

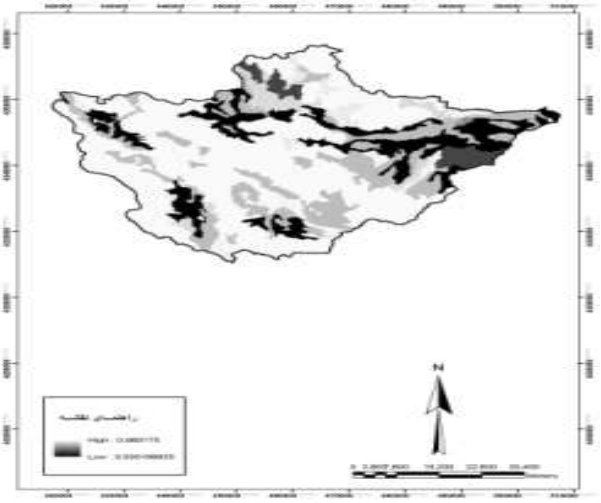
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025



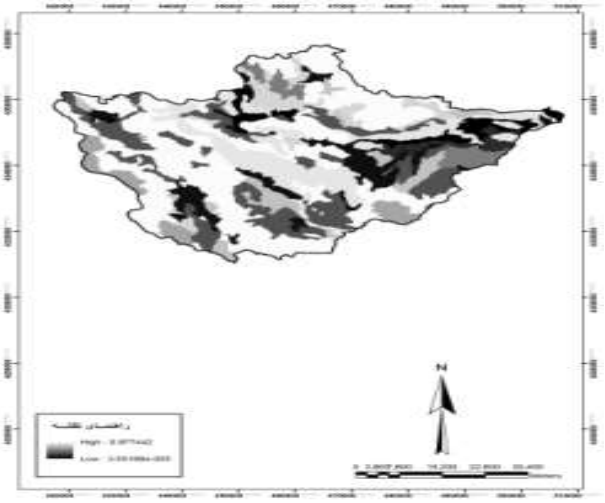
شکل ۲۰: لایه تراکم زهکشی فازی شده



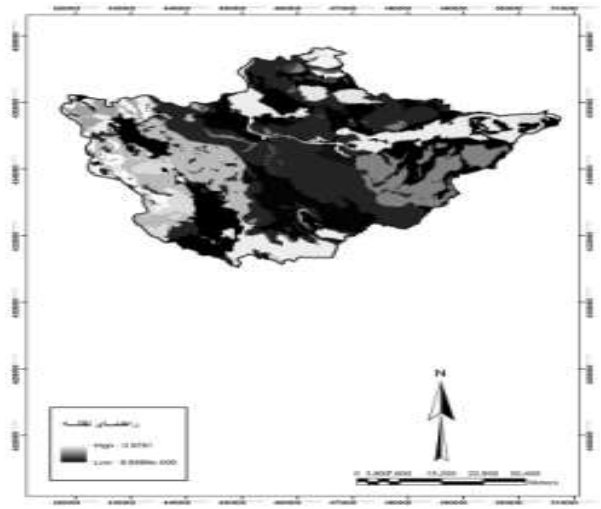
شکل ۲۱: لایه فاصله از آبراهه فازی شده



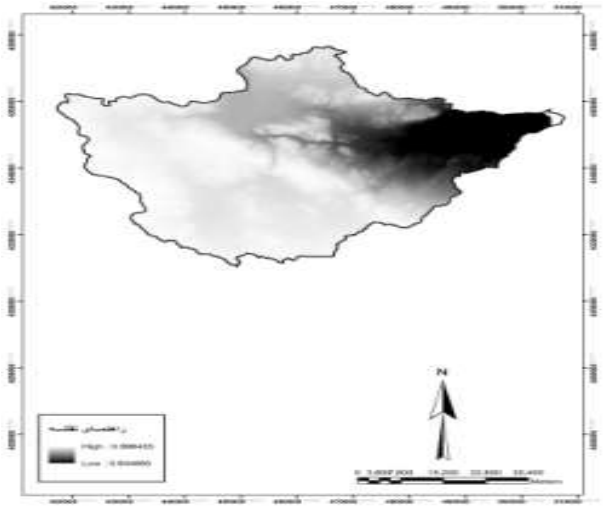
شکل ۲۲: لایه کاربری اراضی فازی شده



شکل ۲۳: لایه خاکشناسی فازی شده

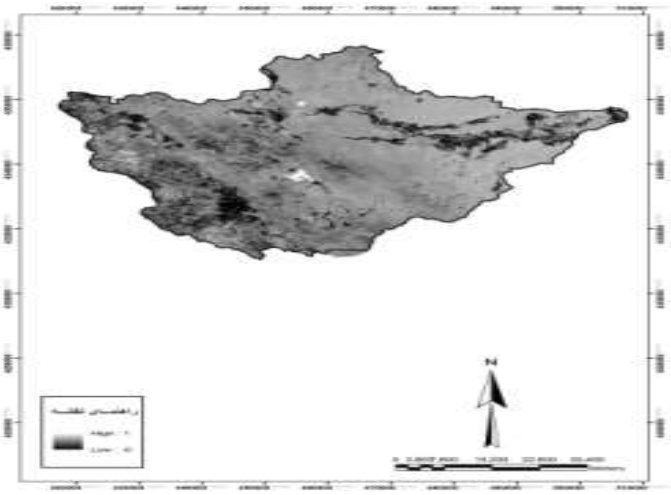


شکل ۲٤: لایه سنگ شناسی فازی شده



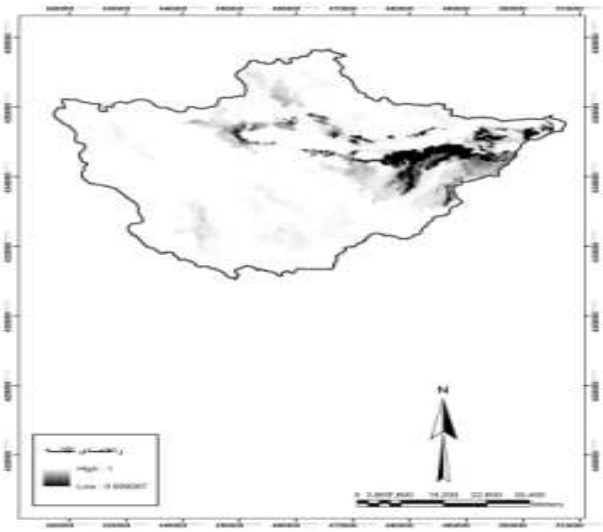
شکل ۲۵: لایه بارش فازی شده

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

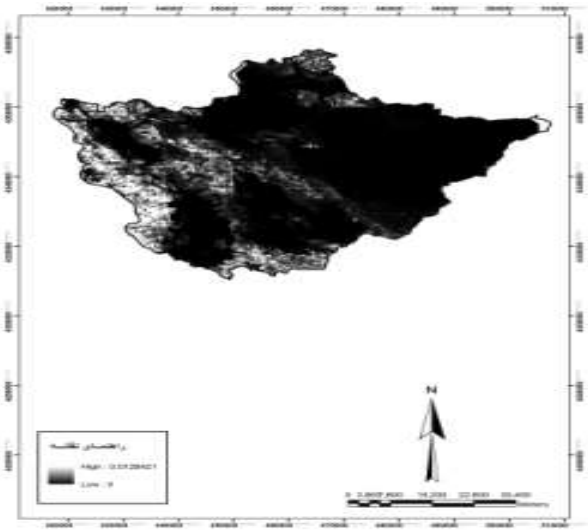


شکل ۲۶: لایه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) فازی شده

پس از اعمال توابع لایه‌ها مطابق با (شکل ۱۵) در نرم‌افزار ArcGIS عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها اعمال گردیدند. (شکل ۲۷) نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر جمع جبری فازی و (شکل۲۸) نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر ضرب جبری فازی را نشان می‌دهد، مقایسه این دو نقشه با هم نشان می‌دهد که در نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر جمع جبری در مقایسه با نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر ضرب جبری سطوح با خطر زیاد وسعت بیش‌تری دارند در حالی که سطوح با خطر کم وسعت کم‌تری دارند.



شکل ۲۷: نقشه عملگر جمع جبری فازی

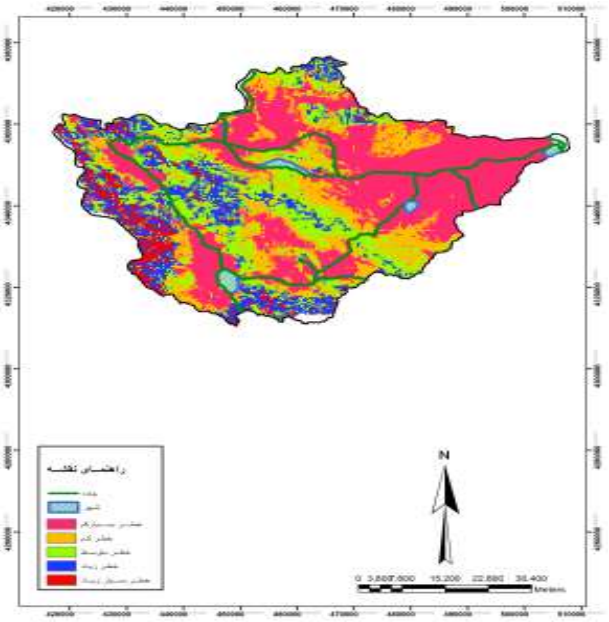


شکل ۲۸: نقشه عملگر ضرب جبری فازی

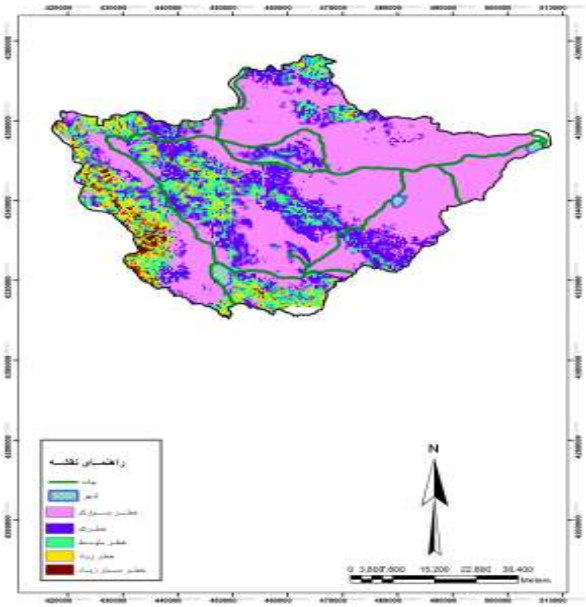
بنابراین جهت به‌دست آوردن نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب و تعدیل نقشه‌های به‌دست آمده بر اساس عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری، از عملگرهای گاما ۰/۹، گاما ۰/۷ و گاما ۰/۵ استفاده شده است. در نهایت تمامی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

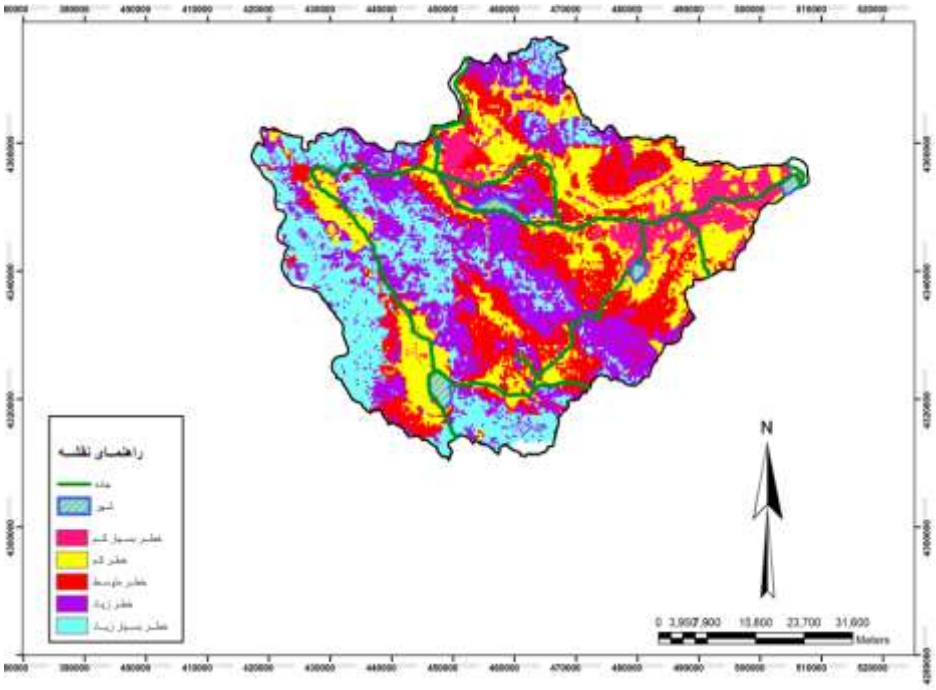
نقشه‌ها در پنج سطح بر اساس متد شکستگی‌های طبیعی طبقه‌بندی و سطوح با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم در نقشه‌های گاما ۰/۷ (شکل ۲۹)، گاما ۰/۵ (شکل ۳۰) و گاما ۰/۹ (شکل ۳۱) تعیین گردیدند.



شکل ۲۹: نقشه گاما ۰/۷



شکل ۳۰: نقشه گاما ۰/۵



شکل ۳۱: نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه زنگمار (گاما ۰/۹)

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

به دلیل عدم وجود داده‌های میدانی جهت تعیین مناسب‌ترین گاما در پهنه‌بندی سیلاب، مقدار همبستگی بین لایه‌های اطلاعاتی اولیه و نقشه‌های نهایی گاما ۰/۹، ۰/۷ و ۰/۵ در نرم‌افزار ArcGIS به‌دست آمد. نقشه گاما ۰/۹ بالاترین مقدار همبستگی را با لایه‌های اطلاعاتی اولیه داشته، بنابراین گاما ۰/۹ به‌عنوان نقشه نهایی در پهنه‌بندی خطر سیل خیزی انتخاب گردید (شکل ۲۹)، که بر اساس متد شکستگی‌های طبیعی در پنج سطح طبقه‌بندی شده است.

یافته‌ها و بحث

با توجه به (شکل ۳۱) هر چه از جنوب به شمال حوضه و از پایین‌دست به بالادست حوضه حرکت کنیم بر میزان قابلیت تولید رواناب افزوده می‌شود؛ که نواحی مستعد تولید رواناب منطبق بر میان آب‌ها و خط الراس ها با شیب تند و نواحی با خطر قابلیت پایین تولید رواناب اغلب در دره‌ها و خط القعرها که شیب کم‌تری دارند واقع گردیده‌اند. مشخصات مربوط به هر یک از طبقات خطر در نقشه پهنه‌بندی قابلیت تولید رواناب حوضه زنگمار در (جدول ۱) ارائه شده است. بر اساس این جدول بیش‌تر مساحت منطقه مربوط به نواحی با قابلیت تولید رواناب کم، متوسط و زیاد با مساحت به‌ترتیب ۷۰۸/۸ کیلومتر مربع (۲۲/۷۱ درصد)، ۷۰۷/۱ کیلومتر مربع (۲۲/٦٦ درصد) و ۸۰٦ کیلومتر مربع (۲۵/۸۳ درصد) می‌باشد و کم‌ترین مساحت نیز مربوط به سطوح با قابلیت بسیار کم ۲۷۵/۵ کیلومتر مربع (۸/۸۲ درصد) است که اغلب اقدامات مدیریتی در ارتباط با کنترل رواناب باید بر روی این مناطق صورت گیرد.

جدول ۱- مشخصات نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی حوضه زنگمار

ردیف	سطوح	مساحت-Km^2	مساحت- درصد
۱	بسیار کم	۲۷۵/۵	۸/۸۲
۲	کم	۷۰۸/۸	۲۲/۷۱
۳	متوسط	۷۰۷/۱	۲۲/٦٦
٤	زیاد	۸۰٦	۲۵/۸۳
۵	بسیار زیاد	٦۲۳	۱۹/۹٦
مجموع		۳۱۲۰/۱	۱۰۰

بنابراین جهت تعیین تاثیر هریک از پارامترها در سیل‌خیزی، نقشه نهایی خطر سیل‌خیزی با هر یک از پارامترها همپوشانی شد و نتایج حاصل از این همپوشانی در (جدول ۲) ارائه شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

جدول ۲- جمع‌بندی نتایج همپوشانی هر یک از لایه‌ها با نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی

ردیف	معیار	موثرترین سطوح	مساحت (درصد)	کم تاثیر ترین سطوح	مساحت (درصد)
۱	شیب	۰ تا ۷ درصد	۰/۹۸	۳۰ تا ٤٥ درصد	۰/۰۸ درصد
۲	انحنا پروفیل	دامنه‌های محدب	۰/۹۸	دامنه‌های مقعر	۰/۲٤
۳	انحنا پلانی متریک	ستیغ‌ها و خط الراس ها	۰/٤۹	دره‌ها	۰/۲۱
٤	بارش	٤۰۰ تا ٥٥۰ میلی‌متر	۷۸/۳٦	۲٥۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر	۰/۱۸
٥	تراکم زهکشی	تراکم ۰/۸ تا ۱/۷	۳۷/۸	تراکم ۰ تا ۰/۲	٥/۲
٦	فاصله از آبراهه	۰ –۰/۱	۰/۷۱	۰ –۰/۱	۰
۷	لیتولوژی	لایمستون	٥۹/۲	مخروط‌های سنگ‌ریزه دار	۰
۸	خاک	لیتوسل-کامبی سل	۰/۷۱	گلای-سولنچاک	۰/۰۰۲
۹	کاربری اراضی	کوهستان	۹۱/٥	اراضی پست و شور-دشت‌های سیلابی	۰/۰۰۰۳
۱۰	شاخص NDVI	۹۹ تا ۱۱۱	۰/۹٥	۱۳۱ تا ۱۷۹	۰/۰۱
۱۱	ارتفاع	۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر	۰/۷۳	۲۰۰۰ تا ۲٤۰۰ متر	۰/۱۰

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از همپوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با هریک از پارامترها نشان داد که مناطق سیل خیزحوضه منطبق بر دامنه‌های محدب و ستیغ‌ها و خط الراس‌ها قرار دارد و این مناطق اغلب ارتفاعی بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر و شیبی بین ۰ تا ۷۰ درصد همچنین بارشی بین ٤۰۰ تا ٥٥۰ میلی‌متر دارند. تراکم زهکشی این پهنه‌ها در بیش‌تر موارد بین ۰/۸ تا ۱/۷ است. از لحاظ لیتولوژیکی و خاک‌شناسی از نوع سنگ آهکی می‌باشد که اغلب نواحی کوهستانی با شیب زیاد در منطقه از این سنگ‌ها تشکیل شده است. پهنه‌های موثر در تولید رواناب با شاخص NDVI بین ۹۹ تا ۱۳۰ و اغلب در نواحی کوهستانی می‌باشند. دره‌های با دامنه‌های مقعر کم تاثیرترین سطوح در ایجاد رواناب در حوضه می‌باشند. این سطوح اغلب شیبی بین ۳۰ تا ٤٥ درصد و بارشی بین ۲٥۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر دارند. تراکم زهکشی این محدوده در بیش‌تر موارد بین ۰ تا ۰/۲ است و از لحاظ لیتولوژیکی متشکل از رسوبات رود ارس و از نظر خاک‌شناسی دارای خاک کامبی سل می‌باشد. این سطوح اغلب دشت‌های سیلابی و با شاخص NDVI بین ۱۳۱ تا ۱۷۹ می‌باشد. نتایج حاصل از اجرای مدل فازی نیز نشان داد که مدل فازی دارای قابلیت و کارایی قابل قبول در پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد. لذا از این مدل می‌توان برای مدل‌سازی در زمان نبود قطعیت و صراحت در مسائل دنیای واقعی نظیر در دسترس نبودن داده‌ها و اطلاعات دقیق مورد نیاز استفاده کرد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025

References

- Ahmadzadeh, H., Aabadi, S., Nuri, E., (2012), "Investigation and zoning of flood susceptible areas with emphasis on urban floods (Case study: Maku city)", ***Journal of Hydrogeomorpholoy***, 1: 1-24. [In persian].
- Amirahmadi, A., Behniafar, A., Ebrahimi, M., (2012), "Microzonation of flood risk in sabzevar suburb with the aim of sustainable urban development, environmentalbased territorial planning", ***Amayesh***, 16: 17-32. [In persian].
- Dadrasisabzevari, A., (2009), "Camparing fuzzy logic model with other concept models of compatible GIS development in locating of flood spread suitable areas with application of Satellite Information Sensor Etm", In proceedings of Conference of Geomatics,12-13 may,Tehran: National Cartographic Center.[In persian].
- Alaeitaleghani, M., Homayouni, S., (2009), "The zoning of the dinor basin in terms of flood production based on geomorphologic components", ***Geography and Environmental Sustainability***, 1: 37-49. [In persian].
- Farajzadehasl, M., (2013), "Investigating the risk of flooding in the sub-basins of West Azarbayjan province", ***Journal of Quantitative Geomorphology Research***, 1: 59-68. [In persian].
- Qomioily, F., Sadeghian, M. S., Javid, A. H., Mirbagheri A, (2010), "Flood zoning simulation using HEC-RAS model (Case study: Karun River, between Qir Dam and Ahwaz), ***Science and Technology of Natural Resources***, 1: 105-115. [In persian].
- Ghanavati, E., Saffari, A, Beheshtijavid, E., Mansourian, E.,(2014), "Flood potential zonation by combining CN and AHP hydrologic model in GIS environment (Case study: Balkhloo Basin)", ***Geographic Quarterly of Zagros Landscape***, 25: 67-80. [In persian].
- Malekian, A., Abadegankhuzani, A., Ashourinejad, M., (2012), "The zoning of the flood potential of the Ahftabad watershed using a fuzzy hierarchical analysis method", ***Natural Geography Research***, 44:131- 152. [In persian].
- Momeni, M., (2011), "New toics in the Operations Reserch", management scool publication Tehran university. [In persian].
- Chen, J., Shufang, Z. H., Huimin, W., (2011), "Risk analysis of flood disaster based on fuzzy clustering Method" ***Energy Procedia***, 5: 1915-1919.
Degiorgis, M., Gnecco, G., Gorni, S., Roth, G., Sanguineti, M., celete taramasso, A., (2012), "Classifiers for the detection of flood- prone areas using remote sensed elevation data", ***Journal of Hydrology***, 470-471: 302-315.
- Gashaw, W., Dagnachew, L., (2011), "Flood hazard and risk assessment using GIS and remote sensing in fogera woreda, northwest ethiopia", ***Nile River Basin***: Hydrology, climate and water use, January 1: 179-206.
- Rehman ur, H., Usman Ali, N., Hashim, N., Naeem, E., (2012), "Development of empirical equations for the peak flood of the chenab river using GIS", ***Arabian Journal For Science And Engineering***, 37: 945-954.
- Shafapour tehrany, M., Biswajeet, P., Mustafa Neamah, J., (2013), "Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS", ***Journal of Hydrology***, 504: 69-79.
- Sharma, C., Mukund, D. B., Atmaram, M., Sudhindra, N, P., (2011), "Assessing flood induced land-cover changes using remote sensing and fuzzy approach in Eastern Gujarat (India)", ***Water Resources Management***, 25: 3219-3246.

- Van Alphen, B. J., Stoorvogel, J. J., (2000), "A functional approach to soil characterization in supoort of precision agricaltare", ***Soil Sci. Soc. Amer. J***, 64: 1706-1713.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:53 IRST on Friday October 31st 2025