دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۵
پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۳۱۲-۲۹۳

موسی عابدینی[۱]
ابراهیم بهشتی جاوید[۲]

پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب حوضه آبخیز لیقوان‌چای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۲۵

چکیده

امروزه مخاطرات محیطی و مقابله با آن‌ها از جمله مهم‌ترین دغدغه‌های پژوهشگران در زمینه برنامه‌ریزی محیطی و مدیریت بحران می‌باشد. پدیده سیل به‌عنوان یکی از پرخطرترین بلایای طبیعی است که در مدیریت بحران باید نگاه ویژه‌ای را به آن معطوف داشت. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی به‌صورت نقشه‌های طبقه‌بندی شده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کارها در زمینه کاهش خطرات سیل و پیشگیری از وقوع آن است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی و با استفاده از ۱۰ پارامتر طبیعی و انسانی (شیب زمین، جهت شیب، انحنای پلان و پروفیل، کاربری‌زمین، بارش، جنس‌زمین، خاک‌شناسی، تراکم پوشش گیاهی و تراکم شبکه آبراهه) حوضه رودخانه لیقوان چای از نظر پتانسیل سیل‌خیزی مورد بررسی قرار گرفته است. طبق نتایج به‌دست آمده از تحقیق بخش‌های جنوبی حوضه با قرارگیری در پهنه‌های با پتانسیل خیلی‌زیاد و زیاد، به‌عنوان سیل‌خیزترین بخش‌های حوضه معرفی شده‌اند و به ترتیب ۱۱ و ۲۳/٦ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شوند. کلاس پتانسیل‌کم و خیلی‌کم مناطقی

۱- دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه محقق اردبیلی. E-mail:abedini@uma.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

هستند که اغلب با کاربری کشاورزی و باغات، سازندهای با نفوذپذیری بالا و شیب کم و ارتفاع پایین مشخصه سازی شده‌اند. این مناطق به‌ترتیب حدود ۲۲/۷ و ۱۲/۳ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند. از نظر توزیع فضایی بیش‌ترین تمرکزشان در بخش‌های پایینی حوضه و در زمین‌های پست و کم شیب است که در آن‌ها به دلیل شیب کم و عمق زیاد رسوبات و مواد نفوذپذیر امکان نفوذ بیش‌تر بارش‌ها وجود دارد و قدرت تولید رواناب این مناطق در مقایسه با سایر بخش‌ها بسیار کم می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پتانسیل سیل‌خیزی، مدل فرآیند تحلیل شبکه، منطق فازی، پهنه‌بندی، لیقوان‌چای.

مقدمه

سیل پدیده‌ای طبیعی است که جوامع بشری آن را به‌عنوان واقعه‌ای اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند، اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند. به همین دلیل رابطه بین بارندگی و رواناب به‌طور محسوس از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت است (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۳). رخداد سیل یکی از سه مخاطره طبیعی و اصلی ایران است و به جرأت می‌توان گفت که حداقل در سال در یک نقطه از این سرزمین سیلاب قابل‌توجهی رخ می‌دهد. بر اساس مطالعات انجام گرفته، سالانه ٤٠ رخداد کوچک و بزرگ سیل در اقصی نقاط کشور رخ می‌دهد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، ۱۳۸۸: ۱). آنچه مسلم است سیلاب ناشی از بارندگی است ولی مطالعات نشان می‌دهد که رابطه خطی و مستقیمی بین این دو عامل وجود ندارد (خسروشاهی، ۱۳۸۰: ٢٦). امروزه مبارزه با سیل از طریق مدیریت غیرسازه‌ای حوضه‌های آبخیز مورد توجه است، بر همین اساس اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود مهار سیل در سر منشاء آن یعنی زیر حوضه‌های آبخیز است (عبدی، ۱۳۸۵: ۲۰۰). هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی روشی است که با در نظر گرفتن این ویژگی‌ها و همچنین میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضه را بر اساس توان سیل‌خیزی پهنه‌بندی می‌کند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲). این روش علاوه بر کاهش اثرات سیل در یک منطقه، اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با محیط پیرامون، سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد (نیک‌نژاد و علیزاده، ۱۳۸۸: ٢٥٦).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

حوضه آبخیز لیقوان‌چای در استان آذربایجان‌شرقی در دامنه شمالی توده آتشفشانی سهند و برف‌گیر و سیلاب‌زا واقع شده است. به دلیل واقع شدن چندین روستا در این حوضه و کلان‌شهر تبریز در مسیر جریان این رودخانه، بررسی مسائل سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه آبخیز لیقوان‌چای از اهمیت خاصی برخوردار است.

پیشینه پژوهش

در این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز لیقوان‌چای مورد بررسی قرار گرفته است. در طول دهه‌های گذشته و به‌ویژه در دهه اخیر وقوع سیلاب‌های مخاطره‌آمیز در حوضه آبخیز لیقوان‌چای در منطقه سهند شهر تبریز (نظیر سیلاب ۱۳۷۵) خسارت‌های مالی و جانی زیادی را به بار آورده است. به دلیل اهمیت خاص مخاطرات ناشی از سیلاب در منطقه، با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه[3] و توابع فازی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در محیط نرم‌افزار ArcGIS برای حوضه آبخیز لیقوان‌چای انجام شده‌است. برای انجام این کار از مجموعه‌ای از داده‌های اقلیمی، انسانی، ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی استفاده شده است.

بررسی پیشینه تحقیق نشان داد که در مورد سیلاب حوضه مورد تحقیق با مدل فرآیند تحلیل شبکه، منطق فازی و ArcGIS تا به حال کاری صورت نگرفته است. لذا به خاطر اهمیت موضوع سیلاب در این حوضه این تحقیق به‌صورت طرح دانشگاهی انجام شد و نتایج آن مقاله کنونی است. با وجود این کارهای متعددی در زمینه سیل در داخل و خارج کشور انجام شده است که به اجمال به برخی از آن‌ها اشاره شد:

استفان (۲۰۰۲) در حوضه رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانای امریکا به بررسی سیل‌های به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ پرداخت و سپس اقدام به تعیین پهنه‌های سیل‌گیر در سیل‌های این دو سال کرد.

فلیپ و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی از طریق رکوردهای تاریخی درازمدت بارش، رواناب و دیگر فاکتورهای اقلیمی، شرایط هیدرولوژیکی حوضه ولتا در دوره زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های تحقیق آن‌ها نشان داد که فاکتورهای اقلیمی (شدت بارندگی، نوع بارش و دمای هوا) در ارتباط با ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه (شکل حوضه، جنس حوضه، شیب و کاربری اراضی) تأثیر زیادی در چگونگی سیل (شدت و دوام) آن دارد. فیورنتینو و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی تأثیر فرآیندهای متفاوت هیدرولوژی فعال در یک حوضه را در ارتباط با فرآیندهای اقلیمی متفاوت در ایجاد سیل را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌های تحقیق نشان داد افزایش معناداری را در ارتباط فرآیندهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر ایجاد سیل دارد. تیلا گاتاوانی و همکاران (۲۰۱۱)[4]،

3- Network processing Modeling
4- Thilagavathi

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همچنین به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، موفق به نقشه‌برداری و پهنه‌بندی مناطق در معرض خطر سیل در استان پاپاناسام[۵] در شمال هند شدند. به نظر آن‌ها مناطق پرخطر و سیل‌گیر مناطق شهری به دلیل توپوگرافی خاص آن و مناطق ساحلی به دلیل فرسایش ساحلی است. اوزتورک و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی تاثیر تغییرات کاربری اراضی را در هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز روستایی مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که حجم رواناب تولیدی به‌شدت با تغییرات زمین از نوع جنگل به کشاورزی در ارتباط است و واکنش کم‌تری را در زمین‌های با کاربری جنگلی دارد. آن‌ها دریافتند به‌طور کلی مدل‌سازی ابزاری مفید برای ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی یک حوضه می‌باشد.

ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی-فازی پرداختند. نتایج تحلیل ناحیه‌ای که حاصل همپوشانی نقشه نهایی با نقشه‌های هر یک از عوامل موثر بر سیل‌خیزی نشان داد که مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی زیاد در پهنه‌هایی با شیب بیش از ٦٠ درصد و بارش بین ٤٠٠-۳۰۰ میلی‌متر قرار دارند. پوشش گیاهی مناسب، خاک تکامل‌یافته و تراوایی بیش‌تر، در قسمت مرکزی و پایین‌دست حوزه واقع شده است که شرایط سیل‌خیزی را کاهش داده است. عابدینی و همکاران (۱۳۹۱) اقدام به برآورد دبی سیلابی با استفاده از مدل‌های تجربی فولر جاستین، در محیط ArcGIS در حوضه آبخیز شهری ایذه-خوزستان کرده‌اند. آنان دبی‌های پیک را با هر سه مدل برآورد کرده‌اند و در نهایت در نقشه و جدول حالت‌های پیک و سیلابی را نشان داده‌اند.

هاگ و همکاران[٦] (۲۰۱۲) قابلیت‌های بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور را در ارزیابی و پهنه‌بندی سیلاب بیان نموده‌اند. آجین و همکاران (۲۰۱۳) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، خطر ریسک سیلاب را در رودخانه واماناپورام[۷] در ایالت کرالا[۸] بررسی کردند. این تحقیق به بررسی نقش عواملی محدود از جمله توزیع بارندگی، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، نوع خاک، اندازه حوضه، شیب و جاده‌ها در هر زیر حوضه پرداخت. به کمک نقشه خطر به‌دست آمده، پنج منطقه با میزان خطرپذیری خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد نسبت به سیلاب تفکیک شدند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی سیل‌خیزی پرداختند. نتایج حاصل از مقایسه‌ی مدل‌های به‌کار گرفته شده نشان داد که مدل گامای فازی شاخص‌ترین ابزار مفهومی برای تعیین پهنه‌های در معرض سیل‌خیزی در این منطقه

5- Papanasam
6- Haq
7- Vamanapuram
8- Kerala

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌باشد. دهقانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تاثیر اقدامات آبخیزداری بر کاهش سیل‌خیزی حوضه آبخیز طزرجان یزد با کمک مدل ریاضی HEC-HMS پرداختند. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، تاثیر اقدامات مکانیکی و بیولوژیک و تلفیق آن‌ها بر دبی اوج به طور متوسط ٦/٤٤، ٠/٦٦ و ٧/١٩ درصد بوده است. از طرفی با افزایش دوره بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج کاهش یافته و تاثیر اقدامات بیولوژیک با افزایش دوره بازگشت تا ۱۰ سال روند افزایشی داشته، سپس روند کاهشی به خود گرفته است. تلفیق اقدامات بیولوژیک و مکانیکی بیش‌ترین تأثیر را روی کاهش دبی اوج داشته است. عابدینی و شاه‌محمدی (۱۳۹۳) مدل‌سازی حداکثر دبی سیلاب شهری با استفاده از نرم‌افزار WMS مشکین‌شهر در محیط (GIS) نموده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که وقوع سیلاب شهری دخالت غیراصولی در بالادست حوضه شهری، عدم طراحی متناسب کانال‌های تخلیه آب و بارش‌های شدید جزو عوامل مهم در شکل‌گیری سیلاب‌های شدید است.

عابدینی و فتحی (۱۳۹۳) اقدام به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب و ارزیابی خسارت آن در حوضه آبخیز خیاوچای مشکین‌شهر با مدل فرآیند تحلیل شبکه و ArcGIS نمودند و به این نتیجه رسیدند که بیش از ۱۵ درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب بسیارزیاد و حدود ۳۷ درصد از سطح حوضه خطر وقوع سیلاب زیاد است که بیش‌تر در قسمت‌هایی از پایین‌دست حوضه واقع شده است.

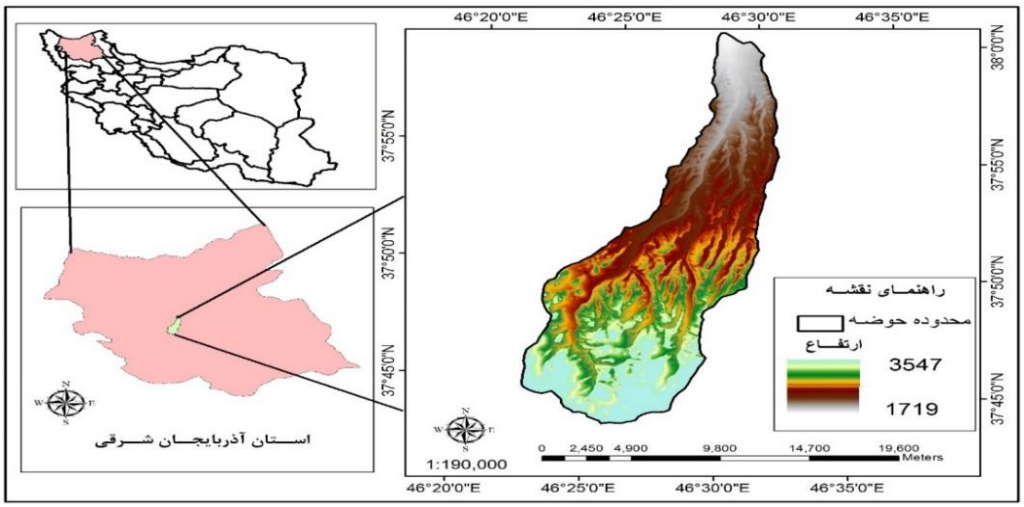
اسکندری‌نژاد و همکاران (١٣٩٤) با استفاده از مدل منطق فازی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه نمرود را مورد مطالعه قرار دادند. طبق نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی، پهنه‌های با خطر بسیارزیاد در نیمه شمالی و غربی حوضه واقع گردیده‌اند، اغلب این مناطق از لحاظ تراکم پوشش‌گیاهی در سطح پایینی قرار داشته و از لحاظ کاربری‌زمین از نوع مرتع متوسط و فقیر و نیز زمین‌های با کاربری کشاورزی، تراکم شبکه زهکشی بالا به‌ویژه در بخش‌های غربی، دامنه‌های واگرا با پروفیل محدب و مناطقی با بارش زیاد را تشکیل می‌دهند. در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری، بیش‌تر مناطق شرقی و جنوب‌شرقی حوضه را مناطقی با پتانسیل سیل‌گیری زیاد و خیلی‌زیاد در برگرفته‌اند.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز لیقوان‌چای در استان آذربایجان‌شرقی است. این حوضه جزو زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه است که وسعتی معادل ۱۹۵ کیلومترمربع را در بر می‌گیرد. این حوضه در موقعیت جغرافیایی به مختصات ٤٦ درجه و ٢٢ دقیقه تا ٤٦ درجه ٣١ دقیقه طول شرقی و ٣٧ درجه و ٤٣ دقیقه تا ٣٨ درجه در جنوب‌شرق شهر تبریز واقع شده‌است (شکل ۱). رودخانه لیقوان از دامنه‌های شمالی توده آتشفشانی سهند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سرچشمه گرفته و در جهت جنوب به شمال جریان می‌یابد. این رودخانه بعد از عبور از شهرهای باسمنج و تبریز در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. ارتفاع حوضه در نظر گرفته شده بین ۱۷۱۹ تا ۳۵۴۷ متر در نوسان است. رژیم بارندگی در منطقه اساساً از نوع مدیترانه‌ای است که از طریق یک فصل پر باران و برفی منطبق بر ایام سرد سال، تحت تأثیر بادهای غربی و فرود مدیترانه‌ای و فصل خشک منطبق بر شرایط پایداری و استقرار پرفشار جنب مداری مشخص می‌شود. متوسط بارش سالانه در حوضه ۲۸۳ میلی‌متر است. شدت و عملکرد فصل مرطوب و خشک‌سال در سطح حوضه تابع عمق و نفوذ و عملکرد توده‌های مدیترانه‌ای و شمالی است.



شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه آبریز لیقوان‌چای در استان آذربایجان شرقی

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سعی شده است تا براساس پارامترهایی نظیر شیب، کاربری اراضی، شاخص تراکم پوشش گیاهی[9] انحنا پروفیل و انحنای پلان، بارش، تراکم شبکه زهکشی، جنس سازند، جهت شیب و جنس خاک پهنه‌های با قابلیت تولید رواناب بالا و سیل‌خیز در حوضه رودخانه لیقوان شناسایی و پهنه‌بندی شود. مدلی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته مدل فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی است که با توجه به ماهیتی که این مدل‌ها دارند هرکدام در مرحله‌ای از پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

فرآیند تحلیل شبکه

مدل فرآیند تحلیل شبکه شکل گسترده‌ای از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد (ساعتی[10]، ۱۹۸۰: ۲۳). فرض اصلی این روش وجود استقلال زیر معیارها

9- NDVI
10- Saaty

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

باهم است (ساعتی، ۲۰۰٦: ۲۳). ساعتی در مواردی که این اصل نقض می‌شود و ساختار مسئله به شکل شبکه‌ای می‌شود، روش فرآیند تحلیل شبکه را معرفی می‌کند (عمل‌نیک و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰۲). فرآیند تحلیل شبکه هر موضوع را به شکل شبکه‌ای از معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند در نظر می‌گیرد. تمامی عناصر در یک شبکه می‌توانند به هر شکل دارای ارتباط با یکدیگر باشند؛ به عبارت دیگر در یک شبکه بازخورد و ارتباط متقابل بین و میان خوشه‌ها امکان‌پذیر است (گارسیا ملون[11]، ۲۰۰۸: ۱٤٥)؛ بنابراین مدل فرآیند تحلیل شبکه را می‌توان متشکل از دو قسمت دانست: سلسله‌مراتب کنترلی[12] و ارتباط شبکه‌ای[13]. سلسله‌مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و زیر معیارها را شامل شده و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود (ساعتی، ۱۹۹۹: ۱).

فرآیند تحلیل شبکه شامل چندین مرحله است که به ترتیب عبارتند از: ۱- ساخت مدل و ایجاد یک ساختار شبکه‌ای ۲- مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت که در واقع مشابه آنچه در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مقایسه معیارها صورت می‌گیرد در فرآیند تحلیل شبکه نیز تکرار می‌شود. ۳- تشکیل سوپر ماتریس اولیه و ناموزون[14]. ٤- تشکیل سوپر ماتریس موزون[15] ٥- در نهایت تشکیل سوپر ماتریس حد[16]، در این مرحله از مدل تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون به حدی به توان می‌رسند تا همگرا شده و مقادیر آن باهم برابر شوند. با تشکیل سوپر ماتریس حد بردار وزن عمومی به‌دست می‌آید (لی[17] و همکاران: ۲۰۰۸: ۱-۲). (شکل ۲) قالب عمومی یک سوپرماتریس را نشان می‌دهد؛ که در آن ماتریس w_{21} نتیجه مقایسات دودوئی معیارهای اصلی و بردار موزون حاصل از آن، ماتریس w_{22} نتیجه مقایسه دودویی وابستگی درونی معیارهای اصلی، ماتریس w_{32} مقایسه دودویی زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی و ماتریس w_{33} مقایسه دودویی وابستگی درونی زیرمعیارها را نشان می‌دهد.

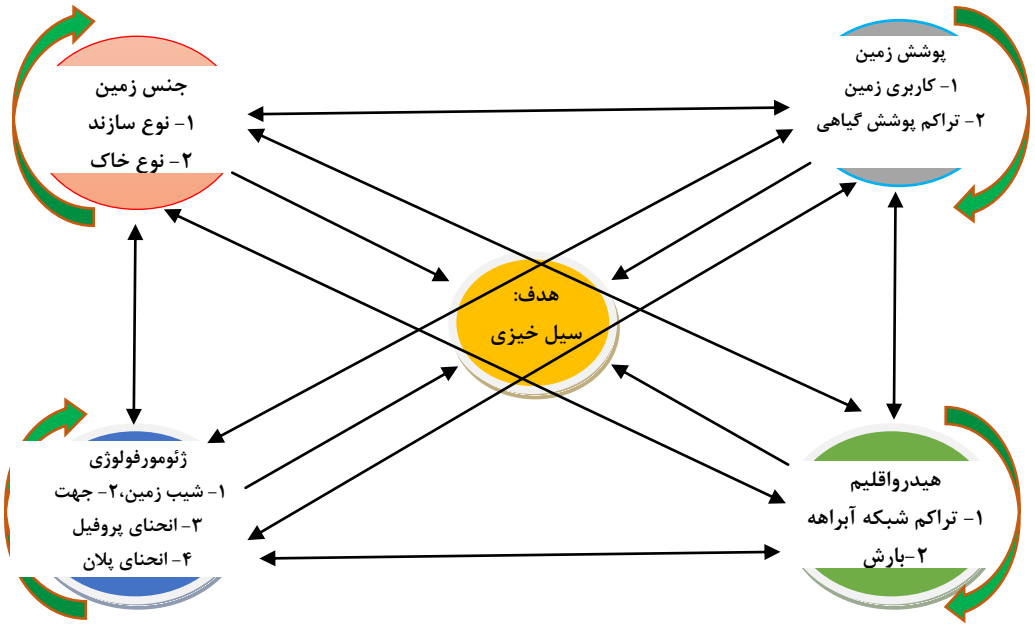
W=	خوشه ها: هدف	معیارهای اصلی	زیرمعیار ها
هدف	0	0	0
معیارهای اصلی	w_{21}	W_{22}	0
زیرمعیار ها	0	W_{32}	W_{33}

شکل ۲: قالب عمومی یک سوپر ماتریس اولیه (ماخذ: زبردست ۱۳۹: ۸۹)

11- Garcia-Melon
12- Control Hierarchical
13- Network Relationship
14- Unweighted super matrix
15- weighted super matrix
16- Limit super matrix
17- Lee

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برخلاف فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که ارتباط بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها یک‌سویه است در فرآیند تحلیل شبکه‌ای علاوه بر ارتباط سلسله‌مراتبی، ممکن است در بخش‌هایی از مدل، بین معیارها و زیرمعیارها ارتباط و وابستگی متقابل وجود داشته باشد. در این پژوهش با توجه به ماهیت پارامترهای در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی، پارامترها در چهار خوشه اصلی شامل (هیدرواقلیم، ژئومورفولوژی، جنس زمین و پوشش زمین) دسته‌بندی شدند. در (شکل ۳) ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته شده برای سیل‌خیزی نشان داده شده است.



شکل ۳: ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی

معیارهای به‌کار رفته در مدل بنا به ماهیت‌شان هرکدام از مقیاس‌های اندازه‌گیری مخصوصی طبیعت می‌کنند (متر، درجه، درصد و گاها به‌صورت کیفی می‌باشند) و عملکرد متفاوتی را در سیل‌خیزی ایفا می‌کنند. علاوه بر این هرکدام از این معیارها خود دارای طبقه‌بندی‌های منحصربه‌فردی هستند که این طبقات با توجه به دسته‌بندی صورت گرفته از شرایط متفاوتی نسبت به سایر طبقات برخوردار هستند. از این‌رو لازم است برای رفع این موانع و یکسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تعیین سطح تاثیر طبقات معیارها در سیل‌خیزی از روشی مناسب برای رسیدن به اهداف فوق استفاده شود. از مدل‌های مناسب در این زمینه می‌توان به مدل منطق فازی و توابع فازی اشاره کرد. در این پژوهش برای رسیدن به این اهداف از روش منطق فازی استفاده شده است. تئوری مجموعه‌های فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده مطرح شد. طبق تئوری فازی یک عنصر می‌تواند تا درجاتی و نه کاملاً، عضو یک

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مجموعه باشد. به بیان دیگر یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از المان‌ها[18] با ویژگی‌های مشابه است که در آن، مجموعه درجه‌ای مشخص از صفر تا یک دارد. صفر به معنی عدم عضویت و یک به معنی عضویت کامل است (دومان[19] و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۴۳). در منطق فازی با استفاده از توابع مختلف فازی می‌توان داده‌ها و معیارها را بنا به عملکردشان در دامنه بین صفر تا یک قرار داد و در نتیجه سطح تأثیر هر یک از طبقات معیارها را در وقوع یک پدیده همچون سیل نشان داد.

یافته‌ها و بحث

در مدل فرآیند تحلیل شبکه با در نظر گرفتن ارتباط شبکه‌ای موجود بین خوشه‌ها و زیرمعیارها و نیز ارتباط درونی آن‌ها باهم، ماتریس‌های مربوط به مقایسات زوجی تهیه و آماده شد. با توجه به حجم بالای محاسبات و مقایسات بین عناصر شبکه و برای راحتی و افزایش دقت کار در به‌دست آوردن بردار اهمیت معیارها و سوپرماتریس‌ها از نرم‌افزار Super Decision استفاده شده است که در آن با وارد کردن ماتریس‌های مقایسات زوجی، به‌ترتیب سوپرماتریس ناموزون اولیه (جدول ۱) سوپرماتریس موزون اولیه (جدول ۲) و سوپر ماتریس حد (جدول ۳) به‌دست آمد.

18 -Elements
19 - Duman

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- سوپر ماتریس اولیه و ناموزون (با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

		هدف	معیارها				زیرمعیارها									
		سیل خیزی	هیدرواقلیم	ژئومورفولوژی	جنس زمین	پوشش زمین	جهت شیب	تراکم شبکه آبراهه	کاربری زمین	جنس سازند	تراکم پوشش گیاهی	انحنای پلان	انحنای پروفیل	بارش	شیب	خاک
هدف	سیل خیزی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
معیارها	هیدرواقلیم	۰/۴۸	۰	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	ژئومورفولوژی	۰/۱۶	۰/۵۵	۰	۰/۴۹	۰/۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جنس زمین	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۵۴	۰	۰/۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	پوشش زمین	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
زیرمعیارها	جهت شیب	۰	۰	۰/۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶			۰/۶۳	۰/۲	
	تراکم شبکه آبراهه	۰	۰/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	کاربری زمین	۰	۰	۰	۰	۰/۶۶	۰	۰/۰۷	۰	۰/۱۱	۰/۰۷			۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۰۹۵
	جنس سازند	۰	۰	۰	۰/۶۶	۰	۰	۰/۳۹	۰/۰۹۷	۰	۰/۰۹۶			۰	۰/۳	۰/۴۶
	تراکم پوشش گیاهی	۰	۰	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰/۱۵	۰	۰/۲۷
	انحنای پلان	۰	۰	۰/۲۳	۰	۰	۰/۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰
	انحنای پروفیل	۰	۰	۰/۰۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴	۰
	بارش	۰	۰/۶۶	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱۷	۰/۰۷	۰/۴۷	۰/۳۱	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶
	شیب	۰	۰	۰/۳۸	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰/۲۷	۰	۰/۱۲	۰/۶۶	۰/۶۶	۰	۰	۰
	خاک	۰	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۲- سوپر ماتریس موزون با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

		هدف	معیارها				زیرمعیارها									
		سیل خیزی	هیدرواقلیم	ژئومورفولوژی	جنس زمین	پوشش زمین	جهت شیب	تراکم شبکه آبراهه	کاربری زمین	جنس سازند	تراکم پوشش گیاهی	انحنای پلان	انحنای پروفیل	بارش	شیب	خاک
هدف	سیل خیزی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
معیارها	هیدرواقلیم	۰/۴۸	۰	۰/۱۹۸	۰/۲	۰/۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	ژئومورفولوژی	۰/۱۶	۰/۳۶	۰	۰/۳۳	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جنس زمین	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۳۶	۰	۰/۳۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	پوشش زمین	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
زیرمعیارها	جهت شیب	۰	۰	۰/۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶			۰/۶۳	۰/۲	
	تراکم شبکه آبراهه	۰	۰/۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	کاربری زمین	۰	۰	۰	۰	۰/۲۲	۰	۰/۰۷	۰	۰/۱۱	۰/۰۷			۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۰۹۵
	جنس سازند	۰	۰	۰	۰/۲۲	۰	۰	۰/۳۹	۰/۰۹۷	۰	۰/۰۹۶			۰	۰/۳	۰/۴۶
	تراکم پوشش گیاهی	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱	۰	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۲۵	۰	۰	۰	۰/۱۵	۰	۰/۲۷
	انحنای پلان	۰	۰	۰/۰۷۶	۰	۰	۰/۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰
	انحنای پروفیل	۰	۰	۰/۰۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴	۰
	بارش	۰	۰/۲۲	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱۷	۰/۰۷	۰/۴۷	۰/۳۱	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶
	شیب	۰	۰	۰/۱۲	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰/۲۷	۰	۰/۱۲	۰/۶۶	۰/۶۶	۰	۰	۰
	خاک	۰	۰	۰	۰/۳۳	۰	۰	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰	۰	۰	۰	۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- سوپر ماتریس حد (با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

			زیر معیارها														
		سیل‌خیزی	پوشش زمین	جنس زمین	ژئومورفولوژی	هیدرو اقلیم	جهت شیب	تراکم شبکه آبراهه	کاربری زمین	جنس سازند	تراکم پوشش گیاهی	انحنای پلان	انحنای پروفیل	بارش	شیب	خاک
هدف	سیل خیزی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
معیارها	هیدرو اقلیم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	ژئومورفولوژی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰
	جنس زمین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	پوشش زمین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جهت شیب	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸	۰/۱۱۸
	تراکم شبکه آبراهه ها	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹
	کاربری زمین	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤
	جنس سازند	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦	۰/۱۲٦
	تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳
	انحنای پلان	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷
	انحنای پروفیل	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤	۰/۰۳٤
	بارش	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦
	شیب	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
	خاک	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵

با به‌دست آوردن سوپرماتریس‌های ناموزون، موزون و حد، درنهایت وزن هر یک از زیرمعیارها به‌دست آمد که درواقع ضریب تأثیر هر یک از معیارها را در سیل‌خیزی یک منطقه نشان می‌دهد. در (جدول ٤) وزن‌های به‌دست آمده برای هر یک از معیارها نشان داده شده است. بر اساس مقایسات انجام‌شده معیارهای شیب (۰/۱۸)، سنگ‌شناسی (۰/۱۲۵)، جهت شیب (۰/۱۱۸)، بارش (۰/۱۰٦) و انحنای پلان (۰/۱۰۷) بیش‌ترین ضریب تاثیر را در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه داشته‌اند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ٤- وزن نهایی هر یک زیرمعیارها

پارامتر	وزن پارامتر	پارامتر	وزن پارامتر
جهت شیب	۰/۱۱۸	انحنای پلان	۰/۱۰۷
تراکم شبکه آبراهه	۰/۰۱۸	انحنای پروفیل	۰/۰۳۳
کاربری زمین	۰/۰۸٤	بارش	۰/۱۰٦
سنگ‌شناسی	۰/۱۲٥	شیب زمین	۰/۱۸
تراکم پوشش گیاهی	۰/۰۸۲	خاکشناسی	۰/۰۷٥

در این مرحله از پژوهش برای این‌که بتوانیم نحوه تأثیرگذاری طبقات مختلف پارامترها را در سیل‌خیزی و تولید رواناب نشان دهیم و نیز پارامترها را از نظر مقیاس اندازه‌گیری استانداردسازی کنیم لازم بود تا از یک روش مناسب برای این کار استفاده شود. لذا در این مرحله هر یک از معیارها بر اساس عملکردشان در تولید رواناب و سیل‌خیزی با استفاده از توابع عضویت فازی‌سازی شدند. در (جدول ٥) توابع مربوط به معیارهای رستری آورده شده است.

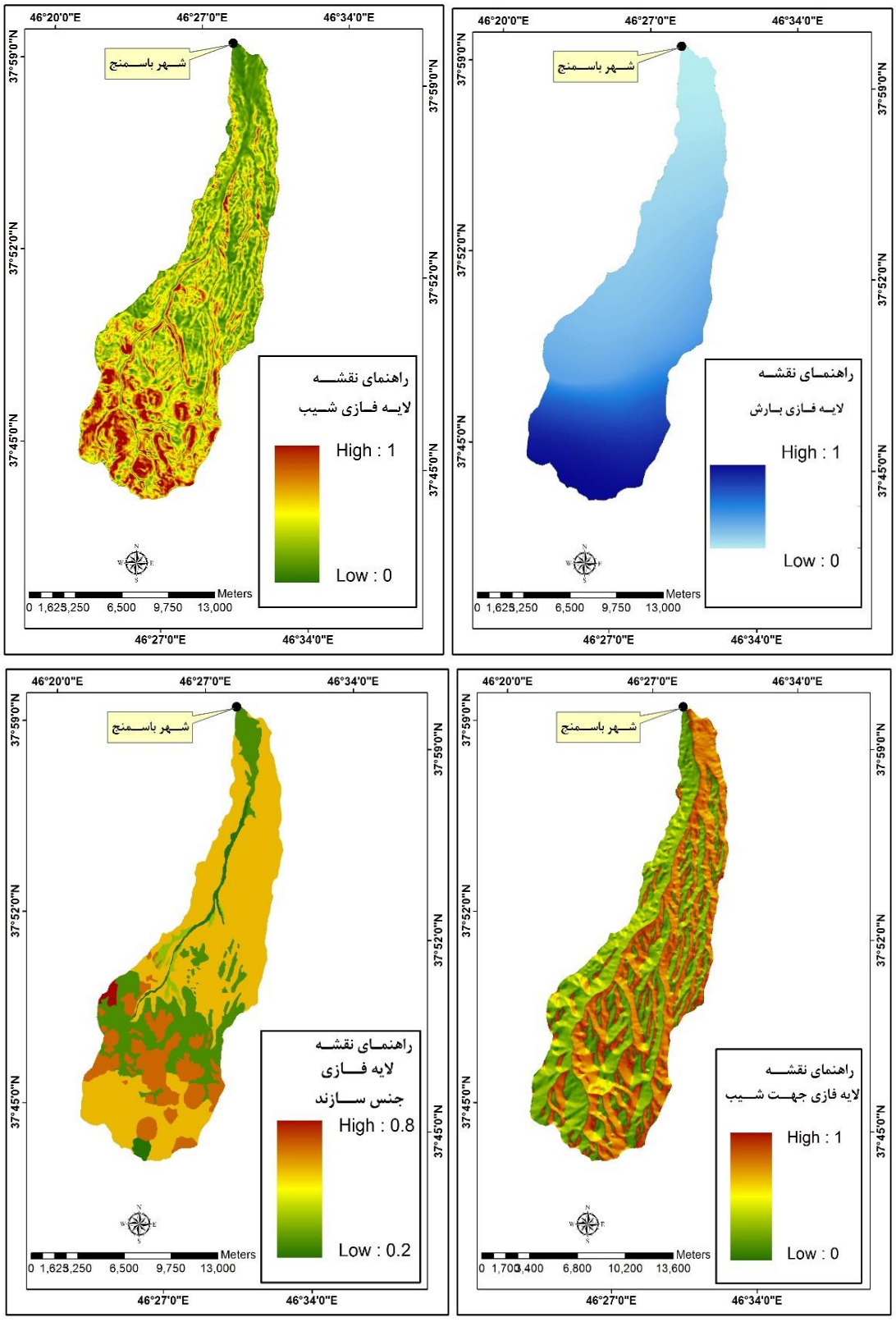
جدول ٥ - توابع عضویت لایه‌ها

پارامتر	توابع عضویت
شیب	$f(x)=\begin{cases}\frac{x-0}{44} & ,If \quad x\le 44\\ 1 & ,If \quad x>44\end{cases}$
انحنا پروفیل	$f(x)=\frac{0.009-x}{0.009} \quad ,If \quad x\le 0.009$
انحنا پلانی متریک	$f(x)=\frac{x-0}{2.76} \quad ,If \quad x\le 2.76$
بارش	$f(x)=\frac{x-0}{622} \quad ,If \quad x\le 622$
تراکم زهکشی	$f(x)=\frac{2.8-x}{2.8} \quad ,If \quad x\le 2.8$
جهت شیب	$f(x)=\frac{x-0}{360} \quad ,If \quad x\le 360$
طول شیب	$f(x)=\frac{x-0}{5832} \quad ,If \quad x\le 5832$
شاخص NDVI	$f(x)=\begin{cases}\frac{225-x}{225} & ,If \quad x\le 225\end{cases}$

برای فازی‌سازی داده‌های برداری (لایه کاربری زمین، جنس سازند و جنس خاک) نیز به این صورت عمل شد که ابتدا کلاس‌های هریک از لایه‌ها با توجه به عملکردشان در سیل‌خیزی بین ۰ تا ۱ وزن‌دهی شدند و در نهایت با تبدیل به لایه رستری فازی‌سازی شدند.

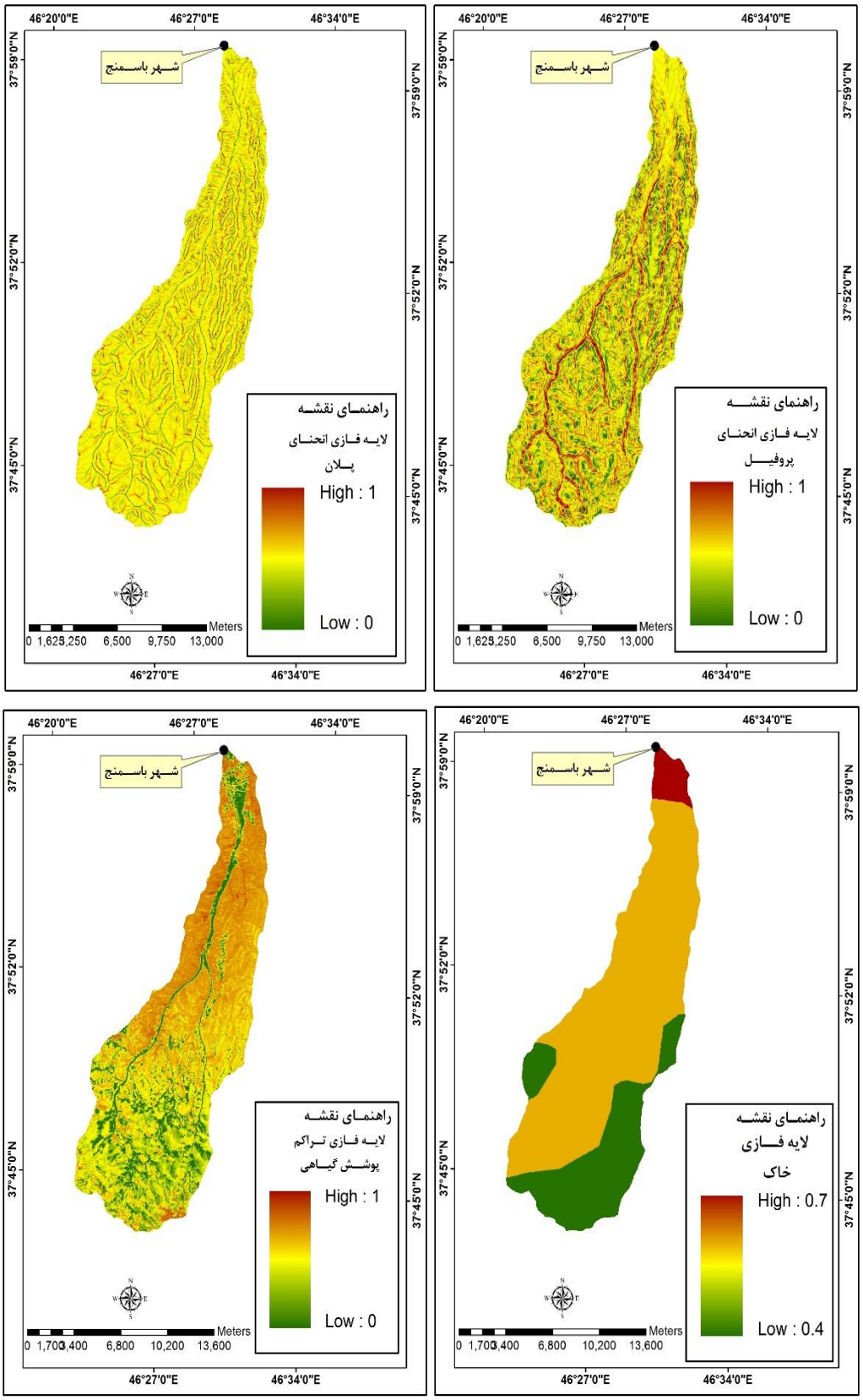
در (شکل‌های ٤، ٥ و ٦) لایه‌های فازی پارامترهای مورد استفاده در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی آورده شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



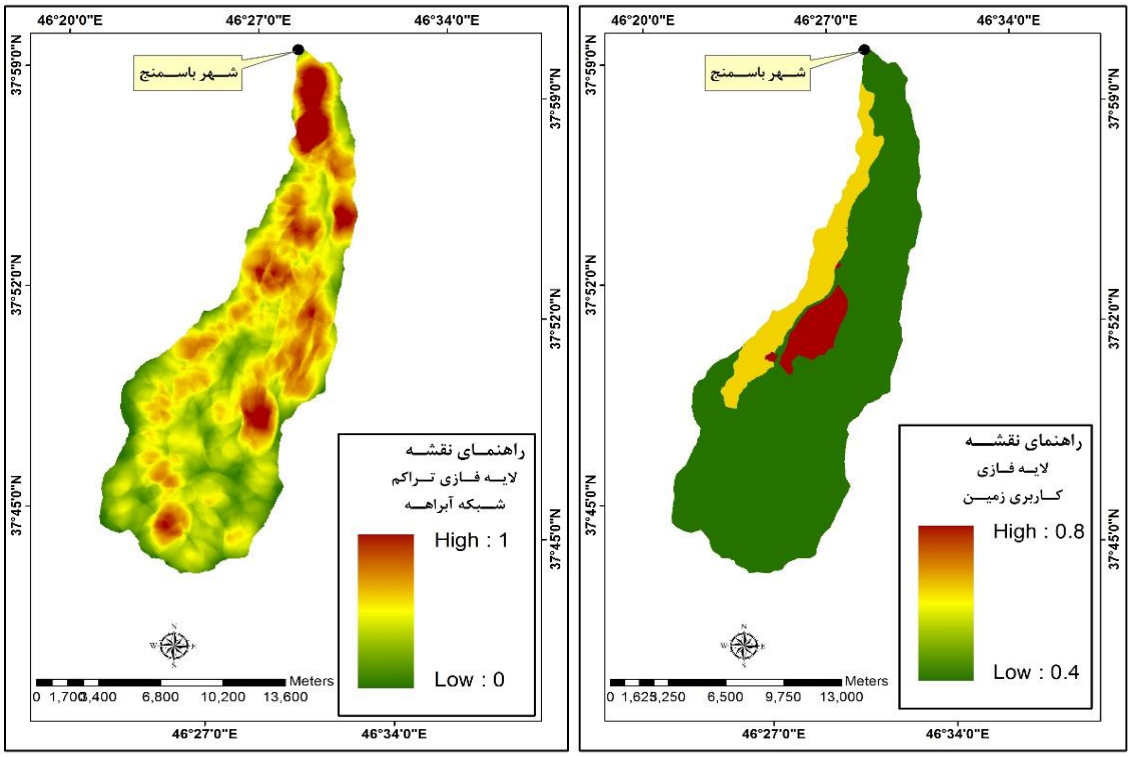
شکل ٤: لایه‌های فازی شده پارامتر شیب زمین، بارش، جنس سازند و جهت شیب

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

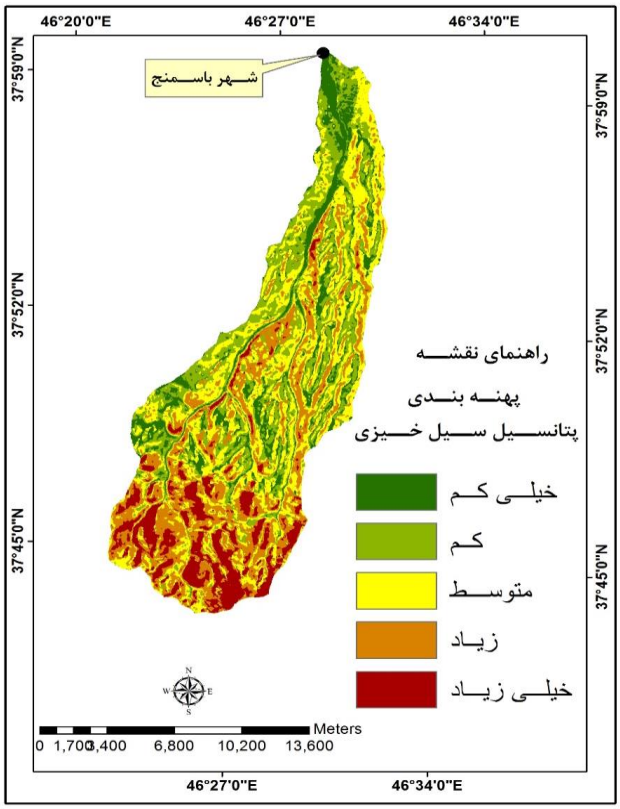


شکل ۵: نقشه فازی انحنای پلان، انحنای پروفیل، تراکم پوشش گیاهی و خاک

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ٦: نقشه فازی تراکم شبکه آبراهه و کاربری زمین



شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه لیقوان‌چای

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بعد از مرحله فازی‌سازی، لایه‌ها آماده استفاده در مدل شدند. در این مرحله پارامترهای مورد استفاده در پژوهش با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده از مدل فرآیند تحلیل شبکه به‌صورت (رابطه ۱) از طریق تحلیل‌گر Raster Calculator روی‌هم گذاری شدند و در نهایت نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی برای حوضه به‌دست آمد.

رابطه (۱): نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی= (کاربری زمین * ۰/۰۸٤)+ (جهت دامنه * ۰/۱۱۸) + (انحنای پلن * ۰/۱۰۷) + (تراکم پوشش گیاهی * ۰/۰۸۳) + (بارندگی * ۰/۱۰٦) + (انحنای پروفیل * ۰/۰۳٤) + (شیب * ۰/۱۸) + (طول شیب ۰/۰۸٤) + (خاکشناسی * ۰/۰۷۵) + سنگ‌شناسی * ۰/۱۲٦) + (تراکم شبکه آبراهه * ۰/۰۱۹)

نقشه به‌دست آمده از مدل با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی در پنج کلاس پتانسیل سیل‌خیزی طبقه‌بندی شد (پتانسیل خیلی‌کم، پتانسیل‌کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد). (شکل ۷) نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه رودخانه لیقوان را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از ۱۱ پارامتر طبیعی شامل شیب زمین، جهت شیب، طول شیب، انحنای پلان و پروفیل، کاربری زمین، بارش، جنس زمین، خاک‌شناسی، تراکم شبکه آبراهه و تراکم پوشش گیاهی و با به‌کارگیری مدل‌های فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه رودخانه لیقوان مورد پژوهش قرار گرفت. بر اساس مدل فرآیند تحلیل شبکه و مقایسات زوجی صورت گرفته بین معیارها، معیارهای شیب (۰/۱۸۷)، جنس سازند (۰/۱۲۵)، جهت شیب (۰/۱۱۸)، بارش (۰/۱۰٦) و انحنای پلان (۰/۱۰۷) بیش‌ترین ضریب‌تاثیر را در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه داشته‌اند. بعد از مشخص شدن ضریب‌تاثیر پارامترها با مدل فوق لایه‌های در نظر گرفته شده از طریق عملگرهای مناسب، فازی‌سازی شده و آماده مدل‌سازی شدند. نتیجه کار به‌صورت یک نقشه طبقه‌بندی‌شده در ۵ کلاس پتانسیل سیل‌خیزی است که عبارتند از: طبقه پهنه‌های با پتانسیل خیلی‌زیاد، پتانسیل زیاد، پتانسیل متوسط، پتانسیل کم و پتانسیل خیلی‌کم.

بر اساس نقشه به‌دست آمده از مدل، بخش‌های جنوبی حوضه با قرارگیری در پهنه‌هایی با پتانسیل خیلی‌زیاد و زیاد، به‌عنوان سیل‌خیزترین بخش‌های حوضه معرفی شده‌اند. این مناطق به دلیل ویژگی زمین‌شناسی که دارند (سنگ‌بستر آتشفشانی با نفوذپذیری پایین) و شیب زیاد، دریافت بارش بیش‌تر و تراکم شبکه آبراهه بالا قابلیت تولید رواناب بالایی را دارا هستند و از این نظر در کلاس طبقات با پتانسیل خیلی‌زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند. بر اساس اطلاعات (جدول ۵-۱) حدود ۱۱ درصد از مساحت حوضه مورد نظر در کلاس خطر با پتانسیل خیلی‌زیاد و ۲۳/٦ درصد مساحت نیز در طبقه با پتانسیل زیاد قرار گرفته‌است که از این نظر در رتبه دوم قرار می‌گیرد. کلاس بعدی طبقات

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سیل‌خیزی طبقه با پتانسیل سیل‌خیزی متوسط است. این طبقه با مساحتی در حدود ۳۰/٤ درصد (جدول ۵) از مساحت حوضه بیش‌ترین مساحت را دارا است. مناطق با پتانسیل متوسط به‌طور پراکنده در اغلب بخش‌های حوضه قابل مشاهده هستند.

جدول ۵- مساحت طبقات پتانسیل سیل‌خیزی به درصد

طبقات پتانسیل سیل‌خیزی	مساحت به درصد
خیلی‌زیاد	٪۱۱
زیاد	٪۲۳/٦
متوسط	٪۳۰/٤
کم	٪۲۲/۷
خیلی‌کم	٪۱۲/۳

کلاس پتانسیل‌کم و خیلی‌کم مناطقی هستند که اغلب با کاربری کشاورزی و باغات، سازندهای با نفوذپذیری بالا، شیب کم و ارتفاع پایین مشخصه‌سازی شده‌اند. طبق (جدول ۵) این مناطق به‌ترتیب حدود ۲۲/۷ و ۱۲/۳ درصد مساحت حوضه را در برگرفته‌اند. از نظر توزیع فضایی بیش‌ترین تمرکز این طبقات در بخش‌های پایینی حوضه و در زمین‌های پست و کم شیب حوضه است، جایی که به دلیل شیب کم و عمق زیاد رسوبات و وجود مواد نفوذپذیر مقدار زیادی از بارش نفوذ می‌کند. با توجه به این امر قدرت تولید رواناب این مناطق در مقایسه با سایر بخش‌ها بسیار کم است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- اسفندیاری‌درآباد، فریبا؛ بهشتی‌جاوید، ابراهیم؛ فتحی، محمدحسین (۱۳۹۳)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی رودخانه آغلاغان‌چای با استفاده از مدل هیبریدی CN-AHP»، کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها، تبریز زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۲-۱.

- اسکندری‌نژاد، فاطمه؛ مرتضی اف اکتم، آرتوبلسکی موسی‌اف (۱۳۹۳)، «بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه نمرود و تأثیر آن بر ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی منطقه و ارائه راهکارهایی جهت مدیریت آن»، ***پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی***، شماره ٤، صص ۸۹-۷۵.

- امیدوار، کمال؛ کیانفر، آمنه؛ عسگری، شمس‌اله (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز کنجانچم»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۷۲، صص ۹۰-۷۳.

- دهقانی‌فیروزآبادی، نجمه؛ جمالی، علی‌اکبر؛ حسن‌زاده‌نفوتی، محمد (۱۳۹۳)، «بررسی تاثیر اقدامات آبخیزداری بر کاهش سیل‌خیزی حوضه آبخیزبا کمک مدل ریاضی HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طزرجان یزد)»، ***مجله فضای جغرافیایی***، شماره ٤٧، صص ۱۸۲-۱٦۳.

- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، «کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای»، ***نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی***، شماره ٤١، صص ۹۰-۷۹.

- خسروشاهی، محمد (۱۳۸۰)، «تعیین نقش زیر حوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه (مطالعه موردی حوضه آبخیز دماوند)»، رساله دکتری، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس.

- عابدینی، موسی؛ اسمعلی‌عوری، اباذر؛ موسوی، معصومه؛ طولابی، سوسن (۱۳۹۱)، «برآورد دبی سیلابی با استفاده از مدل‌های تجربی فولر جاستین، درمحیط Arc GIS) مطالعه موردی: حوضه شهری ایذه-خوزستان، همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ۹ اسفند، تهران-خانه اندیشمندان علوم انسانی.

- عابدینی، موسی؛ شاه‌محمدی، نسرین (۱۳۹۳)، «پهنه‌بندی خطر سیلاب وقوع سیلاب شهری با استفاده مدل‌های WMSوHegras مطالعه موردی حوضه آبخیز مشکین‌شهر»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.

- عابدینی، موسی؛ فتحی، محمدحسین (۱۳۹۳)، «پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب و ارزیابی خسارت آن در حوضه آبخیز خیاوچای مشکین‌شهر با مدل ANP و ArcGIS»، طرح پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- عبدی، پرویز (۱۳۸۵)، «بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه زنجان رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی»، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب ۲۵ مرداد ۱۳۸۵، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان.

- عمل‌نیک، محسن؛ انصاری‌نژاد، ایوب؛ انصاری‌نژاد، صمد؛ میری‌نرگسی، سینا (۱۳۸۹)، «یافتن رابطه علی معلولی و رتبه‌بندی عوامل بحرانی موفقیت و شکست پروژه‌های پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی به کمک ترکیب روش‌های ANP و DEMATEL فازی گروهی»، ***نشریه تخصصی مهندسی صنایع***، شماره ٤٤، صص ۲۱۲-۱۹۵.

- دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو و دفترنظام فنی اجرایی (۱۳۸۸)، «راهنمای برآورد رواناب در طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی»، ***نشریه شماره ۹۱۵***، صص ۱۵۰-۱.

- نیک‌نژاد، داوود، علیزاده، عزت‌اله (۱۳۸۵)، «مطالعه سیلاب و کنترل آن در دو زیر حوضه منتهی به دریاچه ارومیه»، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان.

- یمانی، مجتبی؛ داورزنی، زهرا؛ دادرسی، ابوالقاسم (۱۳۹۱)، «ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، مورد شناسی: حوضه داورزن»، ***فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای***، شماره (۵) ١٤، صص ١٣٤-١٢١.

- ملکیان، آرش؛ افتادگان‌خوزانی، اصغر؛ عشورنژاد، غدیر (۱۳۹۱)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره (۲۲) ۸۲، صص ۱۵۲-۱۳۱.

- Duman, T.Y., Can, T., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., Sonmez, H., (2006), Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, Istanbul, Turkey, ***Environmental Geology***, 51: 241-256.

- Garcia, M., Monica, J., Ferris, O., Jeronimo, A. B., Pablo, A. B., Rocio, P., (2008), "Farmland appraisal based on the analytic network process", ***Journal of Global Optimization***, 42 (2): 143-155.

- Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., Rahmatullah, J., (2012), "Techniques of remote sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: a case study of Sindh province, Pakistan", ***Egypt. J. Rem. Sens. Space Sci***, 15: 135–141.

- Lee, H., Lee, S., Park, Y., (2009), "Selection of technology acquisition mode using the analytic network process, ***Mathematical and Computer Modeling***, 49: 1274-1282.

- Mauro, F. A, Salvatore, M. A, Vito, I., (2007), "Peak runoff contributing area as hydrological signature of the probability distribution of floods", ***Advances in Water Resources***, 30: 2123-2134.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Pilip, G., Oguntunde, A., Jan, F., A., Nick, V. G., Hubert, H. G., (2006), "Hydro climatology of the Volta River Basin in West Africa: Trends and variability from 1901to 2002", ***Journal Physics and Chemistry of the Earth***, 31: 1180-1188.

- Saaty, T. L., (1999), "Fundamentals of the analytic network process, Proceedings of ISAHP 1999, Kobe", Japan, August 12-14, pp 1999: 1-14.

- Saaty, T., (1980), "***The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation"***, New York; London: McGraw-Hill International Book Co.

- Saaty, T., (2006),"Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks", New York: Springer.

- Stephan, R., (2002), "Hydrologic investigation by the U.S Geological survey following the 1996 and 1997 floods in the Upper Yellostone River, Montana American Recourses Association", Annual Montana Section Meeting, Section one, pp 1-18.

- Oztürk , M., Nadim, K., Copty, A., Kerem, S., (2013), "Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed", ***Journal of Hydrology***, 497 (8): 97–109

- Thilagavathi, G., Tamilenthi, S., Ramu, C., Baskaran, R., (2011), "Application of GIS in flood hazard zoning studies in Papanasam,Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu", ***Advances in Applied Science Research***, 2 (3): 574-585.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]