



مقایسه و اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه های نکارود با استفاده از روش مورفومتریک در سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقاله پژوهشی

مهراب زالی، کریم سلیمانی، محمود حبیب نژاد روشن، میرحسن میریعقوب زاده

دریافت: ۹ مرداد ۱۴۰۰ / بازنگری: ۳۱ مرداد ۱۴۰۰ / پذیرش: ۴ شهریور ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۱۰ شهریور ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ خرداد ۱۴۰۱

چکیده

جانمی می شود. سیلاب از نظر خسارت در مقایسه با خسارات ناشی از زمین لرزه، آتشفشان و رانش زمین، در رتبه اول قرار دارد پیامدهای این بلایا را می توان در قالب اقتصادی و زیست محیطی شدیدی از جمله از بین بردن زمین های کشاورزی، کاهش عملکرد محصول و ایجاد کمبود آب شیرین در منطقه سیل خیز اشاره کرد. سیلاب نه تنها در مناطق جلگه ای بلکه در محیط های کوهستانی نیز می تواند رخ دهد. تجزیه و تحلیل سیل و روابط آن با متغیرهای توضیحی می تواند به مدیران آب کمک کند تا مؤثرترین متغیر را در سیلاب شناسایی کنند. جوامع، کشورها و قاره ها، به دلیل افزایش شدت و فراوانی این بلایای طبیعی، با تلفات شدید انسانی و هزینه های اقتصادی روبرو شده است. در جهان به دلیل افزایش های این بلایای طبیعی، مرگ انسان در دوره پیش رو احتمالاً دو برابر تخمین زده می شود. سیل یکی از جدی ترین خطرات طبیعی است که تهدیدهای جدی برای مناطق مسکونی به وجود می دهد. تغییرات آب و هوا و افزایش مداوم شهرنشینی که با افزایش جمعیت رخ می دهد، به دنبال آن ساخت و سازها توسط بشر افزایش می یابد و در

پیشینه و هدف سیلاب از فاجعه بارترین و خطرناک ترین خطرات طبیعی است، زیرا ناگهانی و غیرقابل پیش بینی است و منجر به تخریب زیرساخت ها، تهدیدی برای جان و مال انسان می شود. شناسایی مناطق دارای پتانسیل سیل خیز بالا از جمله کارهای بسیار مهم در کنترل سیلاب و کاهش خسارات ناشی از آن می باشد. سیل یکی از جدی ترین خطرات طبیعی است که تهدیدهای جدی برای مناطق مسکونی به وجود می آورد و همچنین باعث خسارات مالی و

مهراب زالی (✉) ^۱، کریم سلیمانی ^۲، محمود حبیب نژاد روشن ^۳، میرحسن میریعقوب زاده ^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت حوضه های آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴. استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: m.zali@stu.sanru.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.2.2.2>

جهت ارزیابی مورفولوژی آبخیز یک DEM با وضوح ۱۲/۵ متر بارگیری شد. پارامترهای مورفولوژی به‌طور مستقیم یا معکوس با طغیان در ارتباط هستند. پس از رتبه‌بندی مورفولوژی، مقادیر مربوط به هر یک از زیر حوضه‌ها برای طبقه‌بندی و تعیین حساسیت آن‌ها به وقوع سیل ناگهانی جمع شد. مقادیر درجه پارامترهای مورفومتریک خلاصه‌شده از ۰ برای کمترین مقدار رتبه و ۱ برای بالاترین مقدار رتبه برای به دست آوردن شاخص حساسیت سیلاب در برابر هر زیر حوضه نرمال شد و مورد ارزیابی نهایی قرار گرفت. تغییرات واضحی در پارامترهای اساسی زیر حوضه‌های آبخیز مانند مساحت، محیط و طول حوضه مشاهده می‌شود. این پارامترهای حوضه، یک ویژگی هیدرولوژیکی بسیار قابل توجه هستند. مساحت آبخیز از ۴۸۴/۳۷ کیلومترمربع در زیر حوضه N1 تا ۴۸/۱۸ کیلومترمربع در زیر حوضه N8 متغیر است. همچنین از محیط می‌توان به‌عنوان یک شاخص از شکل و اندازه زیر آبخیز استفاده کرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده یک همبستگی بالا بین مساحت و محیط آبخیز وجود دارد.

نتایج و بحث حوضه نکارودرودرود با استفاده از جعبه‌ابزار Hydrology از ArcGIS به ۱۲ زیر حوضه تقسیم شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که زیر حوضه‌های N8 و N9 از اولویت بالایی برای سیل‌خیزی برخوردار هستند. نتایج نشان می‌دهد که این ۲ زیر حوضه بسیار مستعد از لحاظ سیل‌خیزی هستند. همچنین زیر حوضه‌های N11 و N12 از میزان خطر خیلی کمتری نسبت به سیل‌خیزی برخوردار هستند. تعداد کل جریان‌های ۱۲ زیر حوضه برای آبخیز ۳۶۶۶۸۱ مورد است و اولین مرتبه ۵۲٪ کل جریان‌های آبخیز را تشکیل می‌دهد. مقادیر هندسی برای ۱۲ زیر حوضه آبخیز به‌صورت نمودار و یک خط مستقیم نشان داده می‌شود که مقادیر ورود به سیستم شماره جریان بر روی یک نمودار رسم شده است.

نتیجه‌گیری از آنجاکه سوابق آب و هوایی و هیدرولوژیکی تاریخی کافی برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی وجود ندارد، از تحلیل مورفومتریک برای ارزیابی حساسیت زیر آبخیز به سیل استفاده شده است.

نهایت باعث کاهش سطح نفوذپذیر و احتمالاً خطر سیل و پتانسیل خسارت اقتصادی-اجتماعی را بیشتر افزایش می‌دهد. با تأیید خطرات در حال رشد و افزایش دفعات وقایع سیل، یک تغییر الگوی در مدیریت ریسک سیل در بسیاری از کشورها مانند اروپا مشاهده می‌شود. مدیریت سیل و کاهش خطرات ناشی از آن مستلزم اتخاذ دیدگاه‌های جامع است که مجموعه متنوعی از اقدامات مدیریت ریسک سیل شامل مشارکت فعال ذینفعان، ارتباطات و افزایش آگاهی را در نظر می‌گیرند. مطالعه حاضر در آبخیز نکارودرودرود در استان مازندران انجام‌گرفته است. استفاده از سامانه‌های جغرافیایی می‌تواند در حداقل زمان با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی، مناطق حساس به سیل را با دقت بالایی شناسایی کند این آبخیز یکی از مهم‌ترین آبخیزهای این استان می‌باشد و مطالعه آن از لحاظ خطرات سیلابی با توجه به بارندگی بالایی که دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف کلی این مطالعه اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با توجه به جاری شدن سیل بر اساس تجزیه و تحلیل مورفولوژی و نیز استفاده از نرم‌افزار GIS به‌عنوان ابزاری کارآمد و مقرون‌به‌صرفه است. در این مطالعه به بررسی مورفومتریک آبخیز پرداخته شد و زیر حوضه‌های سیلابی مورد شناسایی قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق، شناسایی مناطقی با پتانسیل سیل بالا در آبخیز نکارودرودرود استان مازندران جهت جلوگیری از خطرات ناشی از این بلای طبیعی و مانع از ایجاد خسارت به‌صورت مالی و جانی است.

مواد و روش‌ها هفده پارامتر مورفومتریک به‌منظور توصیف آبخیز و اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز نکارودرودرود با توجه به حساسیت به سیل ناگهانی تعیین شد. پارامترهای اساسی با استفاده از تکنیک‌های GIS مستقیماً از نقشه رقومی ارتفاع (DEM) اندازه‌گیری شدند و شامل مساحت حوضه، طول حوضه، محیط، تعداد جریان‌ها و طول جریان‌ها برای هر رتبه جریان است. در این تحقیق پارامترهای بسیار مهم مورفومتریک کمی انتخاب و برای این تجزیه و تحلیل استفاده شدند. این پارامترها با خطرات رواناب، اوج تخلیه و فرسایش خاک رابطه مستقیم یا معکوس دارند. این پارامترها را به سه بخش خطی، ناهمواری و سطحی تقسیم شدند. در نهایت با استفاده از این روش زیر حوضه‌ها اولویت‌بندی شدند.

سیلاب را کاهش می‌دهد. این مطالعه نشان داد شد که حفاظت از منطقه در برابر سیل ناگهانی باید در اولویت اصلی مقامات ذیصلاح برای محافظت از جان انسان‌ها و مزارع کشاورزی و در نهایت جلوگیری از فاجعه‌ای سیل باشد. در این مطالعه ثابت شد که ادغام و تجزیه و تحلیل مورفولوژی با GIS می‌تواند ابزاری قابل توجه برای درک ویژگی‌های زیر حوضه‌های آبخیز مربوط به مدیریت سیل فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: سیل، تجزیه و تحلیل مورفولوژی، اولویت‌بندی، آبخیز نکارود

نتایج و تجزیه و تحلیل‌های به دست آمده در مطالعه حاضر دارای زمینه‌های متعددی برای کاربرد عملی و توسعه آینده است. تجزیه و تحلیل مورفومتری حوضه نکارودرودرود نشان داده است که آبخیز یک سیستم زهکشی که دارای ۶ مرتبه است که دارای حساسیت بسیار بالا به سیلاب است. با توجه به نتایج، زیر حوضه N8 و N9 از میزان خطر بالای سیل‌خیزی برخوردار هستند. در مقابل زیر حوضه N12 از میزان طغیان سیلاب خیلی کمتری برخوردار هستند. بررسی حوضه نشان داد که علت پایین بودن طغیان در زیر حوضه N12، شکل حوضه و میزان شیب می‌باشد که دارای شکل کشیده و منطقه از لحاظ ناهمواری تقریباً مسطح است، که میزان خطر

مقدمه

سیلاب از فاجعه‌بارترین و خطرناک‌ترین خطرات طبیعی است، زیرا ناگهانی و غیرقابل‌پیش‌بینی است و منجر به تخریب زیرساخت‌ها، تهدیدی برای جان و مال انسان می‌شود (۲۴). سیلاب از نظر خسارت در مقایسه با خسارات ناشی از زمین‌لرزه، آتشفشان و رانش زمین، در رتبه اول قرار دارد (۹). با توجه به پیش‌بینی که انجام شده است، سیل همراه با سایر خطرات، می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ خسارت سالانه تا ۴۱۵ میلیارد دلار در سطح جهانی ایجاد کند. شدت و مدت بارش، خصوصیات بارندگی، تبخیر و نفوذ آب، خصوصیات زهکشی، شرایط محیطی و فرآیندهای انسانی مهم‌ترین عواملی هستند که بر شدت سیلاب تأثیر می‌گذارند (۱۵). تعیین مرزهای مناطق مستعد سیلاب برای نجات جان انسان و حفاظت اموال او ضروری است (۷).

مدیریت آبخیزداری باهدف کنترل رواناب و استفاده از آن برای مصارف مفید، مبارزه با فرسایش و افزایش ذخیره آب زیرزمینی انجام می‌شود (۲۱). تجزیه و تحلیل مورفولوژی به منظور اولویت‌بندی و ارزیابی حساسیت حوزه‌های آبخیز به خطرات طبیعی مانند سیل‌های ناگهانی و فرسایش به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (۱). پارامترهای مورفولوژی بیانگر رویکردهای نسبتاً ساده‌ای است که می‌تواند برای بررسی حوضه هیدرولوژیک و تاریخ زمین‌شناسی و ژئومورفیک آن مورد استفاده قرار گیرد (۲۵). پارامترهای مورفولوژی شامل پارامترهای خطی، پارامترهای سطحی و پارامترهای ناهمواری است که می‌تواند در چندین تحقیق مانند ارزیابی و حفاظت از منابع طبیعی و ارزیابی خطرات زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد. این پارامترها به پیش‌بینی پاسخ حوزه در دوره‌های بارندگی شدید کمک می‌کنند (۸). در سراسر جهان، از تجزیه و تحلیل مورفولوژی با دقت بالا برای نقشه‌برداری حساسیت در برابر سیلاب استفاده می‌شود (۳). اسفاو و کارنه (۵) بیان کردند که تحلیل مورفومتریک نقش مهمی در درک خصوصیات ژئوهیدرولوژیکی یک حوضه زهکشی در رابطه با ویژگی زمین و الگوهای جریان آن دارد.

همچنین به تخمین میزان نفوذ و رواناب و سایر خصوصیات هیدرولوژیکی مرتبط حوزه آبخیز مانند فرسایش و حمل و نقل رسوبات کمک می‌کند. با تجزیه و تحلیل مورفومتریک تراکم زهکشی آبخیز مورد مطالعه، نتایج نشان داد که منطقه بسیار نفوذپذیر است و در نتیجه ظرفیت ذخیره آب زیرزمینی بهتر است و کمتر در معرض فرسایش خاک قرار دارد. استچاریزوپولوس و همکاران (۱۰) با انجام تحقیقاتی نشان دادند، پارامترهای مورفولوژی شامل پارامترهای خطی، پارامترهای سطحی و پارامترهای ناهمواری است که می‌تواند در چندین تحقیق مانند ارزیابی و حفاظت از منابع طبیعی و ارزیابی خطرات زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد. این پارامترها به پیش‌بینی پاسخ حوزه در دوره‌های بارندگی شدید کمک می‌کنند. آکای و کوچیگیت (۲) تحقیقی در رابطه با اولویت‌بندی خطر احتمالی سیل در ترکیه با استفاده از روش‌های سنتی تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداختند. در نتیجه ۱۲ پارامتر مورفومتریک برای آبخیز تعیین کردند و آزمون‌های ضریب همبستگی کندال تاو و اسپیرمن و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های عملکرد گیرنده برای تأیید نتایج روش‌های سنتی و روش‌های MCDM برای اولویت‌بندی خطر سیل زیر حوضه‌ها انجام دادند. نتایج نشان داد که نشان داد که از رویکردهای MCDM می‌توان برای ارائه مدیریت کارآمد حوضه‌ها در رابطه با حفاظت از منابع آب و خاک استفاده کرد.

بارمن و همکاران (۶) با تحلیل ژئومورفولوژی، بر اساس مورفومتریک-اولویت‌بندی و تکنیک مفاهیم در رودخانه لیو، بیان کردند که مورفومتری یک روش مفید در تجزیه و تحلیل آبخیز است که به تفسیر فرم‌های سرزمین کمک می‌کند. نتایج نشان داد که ارزیابی پارامترهای مورفومتریک و مورفوتکنیک همراه با اولویت‌بندی فرسایش خاک و در دسترس بودن آب در آبخیز بسیاری از خطرات را کاهش می‌دهد. ولیزاده کامران و همکاران (۲۸) در تحقیقات خود نشان دادند که شناسایی مناطق سیل‌خیز یکی از مهم‌ترین گام‌ها برای کنترل سیلاب و کاهش خطرات احتمالی است. راتنام و همکاران (۲۲) با انجام مطالعات خود در منطقه میدناپور در کشور هندوستان نشان

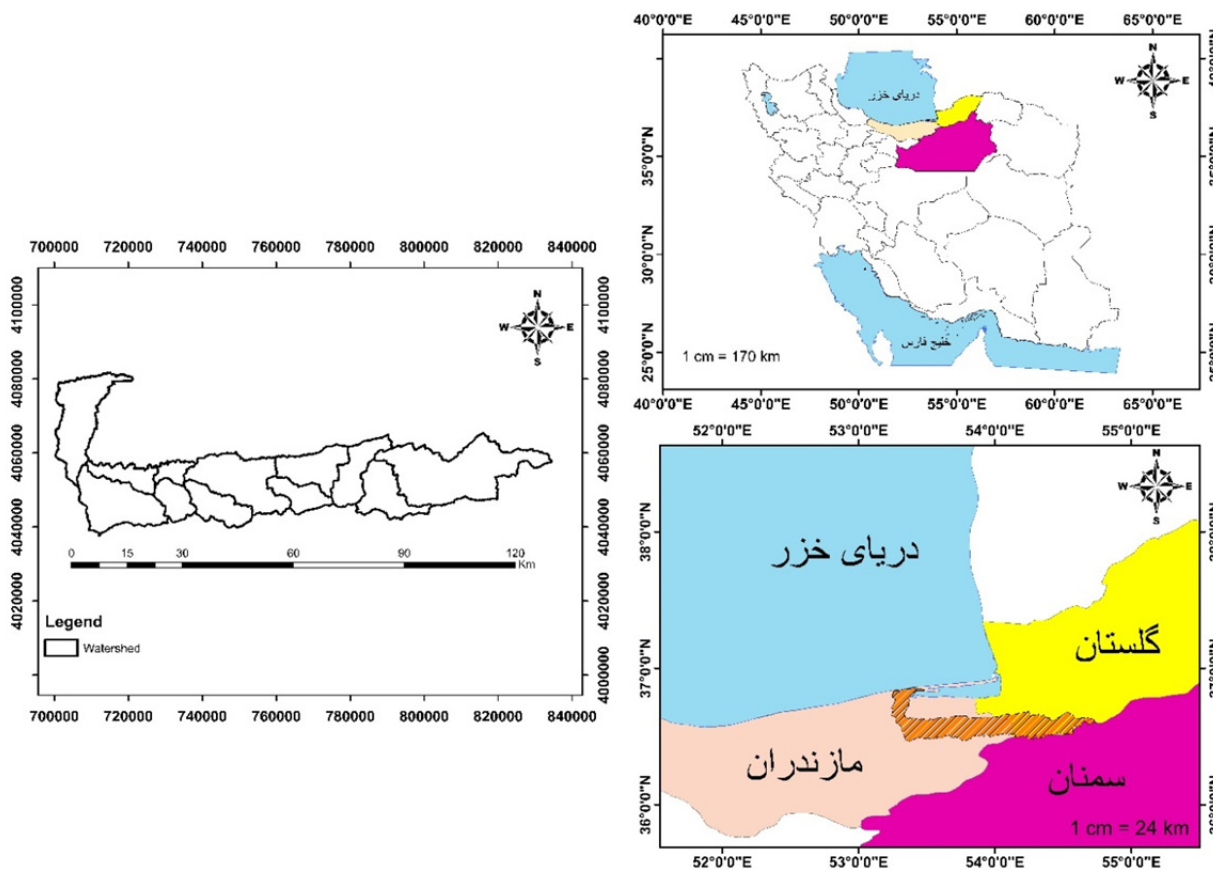
خسارت به صورت مالی و جانی است. جهت شناسایی مکان‌های امن برای انجام هدف از انجام این تحقیق، شناسایی مناطقی با پتانسیل سیل بالا در آبخیز نکارودرود استان مازندران جهت جلوگیری از خطرات ناشی از این بلای طبیعی و مانع از ایجاد خسارت به صورت مالی و جانی است.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه آبخیز رودخانه نکارودرود واقع در شرق استان مازندران است که در امتداد شمال به جنوب به سمت دریای خزر جریان دارد. این منطقه بین مختصات جغرافیایی $۱۷^{\circ} ۵۳'$ تا $۴۴^{\circ} ۵۴'$ طول شرقی و $۲۸^{\circ} ۳۶'$ تا $۴۲^{\circ} ۳۶'$ عرض شمالی واقع شده است. این آبخیز از شمال به آبخیز قره‌سو و آبخیز کوچک خلیج گرگان و از غرب به آبخیز رودخانه تجن و از شرق به آبخیز قره‌سو گرگان و از جنوب به آبخیز تجن و آبخیز استان سمنان منتهی می‌شود. کمینه و بیشینه ارتفاع منطقه از $۹۰-$ تا ۳۸۰۶ متر تغییر می‌کند. متوسط بارش منطقه ۶۰۰ میلی‌متر است. آبخیز نکارودرود از لحاظ پوشش گیاهی شامل جنگل‌های انبوه و متراکم است. شیب منطقه از جنوب شرق به سمت شمال غرب است. قسمت شمال غرب منطقه جلگه ساحلی و نیز از لحاظ توپوگرافی یک منطقه نسبتاً همواری دارد، در حالی سایر بخش‌های آبخیز توپوگرافی کوهستانی دارد. با توجه به نقشه‌های هیدرولوژیکی خاک آبخیز نکارودرود، غالب سطح آبخیز در گروه هیدرولوژیکی C قرار گرفته است. سازند زمین‌شناسی حوضه غالباً از لایه‌نازک آهکی تشکیل شده است. به جز ایستگاه نوذرآباد که در برخی از ماه‌های آن، جریان صفر است (به علت استفاده از آب برای مصارف کشاورزی)، شبکه رودخانه در بقیه ایستگاه‌ها دارای شرایط دائمی است (شکل ۱).

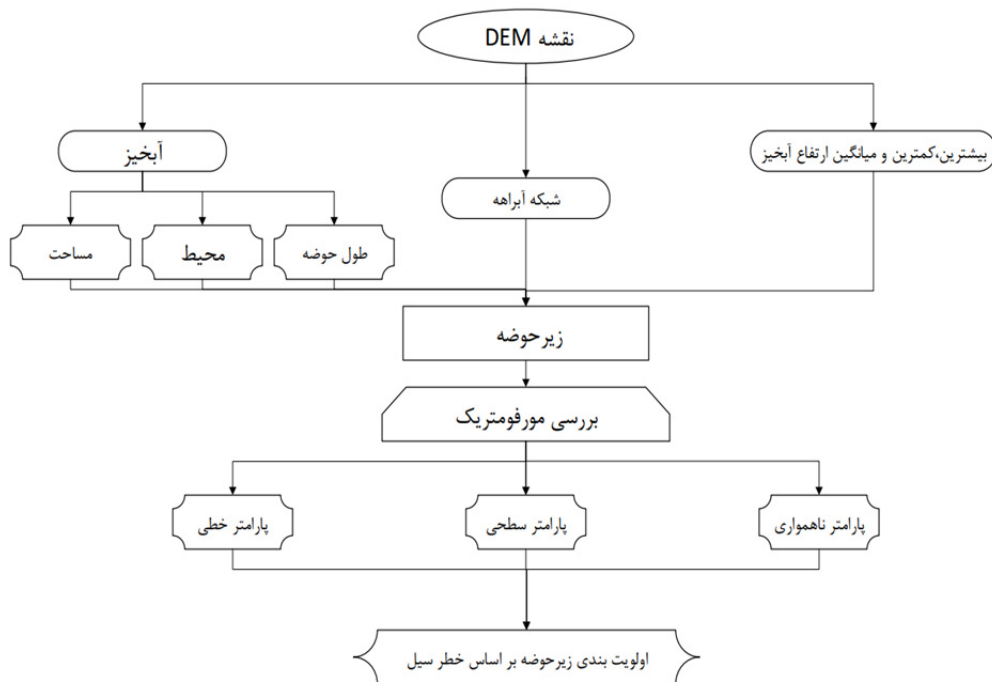
دادند که در دسترس بودن و دسترسی آزاد به نقشه‌های دیجیتال رقومی ارتفاع (DEM) با کیفیت بالا و استفاده از ابزارهای قدرتمند مانند GIS بسیاری از محققان را قادر به مطالعه آبخیزهای زهکشی و بررسی دقیق پارامترهای می‌کند. این توسعه منجر به امکان استفاده از تجزیه و تحلیل مورفومتری مبتنی بر ابزار GIS در چندین موضوع تحقیقاتی شد. یکی از آن‌ها اولویت‌بندی زیر آبخیزها از نظر حساسیت به فرسایش و جاری شدن سیل است. مطالعه حاضر در آبخیز نکارودرود در استان مازندران انجام گرفته است. استفاده از سامانه‌های جغرافیایی می‌تواند در حداقل زمان با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی، مناطق حساس به سیل را با دقت بالایی شناسایی کند این آبخیز یکی از مهم‌ترین آبخیزهای این استان است و مطالعه آن از لحاظ خطرات سیلابی با توجه به بارندگی بالایی که دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف کلی این مطالعه اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با توجه به جاری شدن سیل بر اساس تجزیه و تحلیل مورفولوژی و نیز استفاده از نرم‌افزار GIS به عنوان ابزاری کارآمد و مقرون به صرفه است. در این مطالعه به بررسی مورفومتریک آبخیز پرداخته شد و زیر حوضه‌های سیلابی مورد شناسایی قرار گرفت. بررسی مورفومتریک، به منظور شناخت مناطقی که دارای پتانسیل بالای سیل‌خیزی هستند حائز اهمیت است. با شناخت زمین‌های مستعد به سیل فعالیت‌های انسانی از جمله ساخت راه، بخش‌های تأسیساتی و نیز در سایر بخش‌ها، اطلاعاتی را در اختیار کارفرمایان جهت تصمیم‌گیری درست با توجه به ویژگی منطقه قرار می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، مناطق دارای خطر بالای سیل از لحاظ مورفومتریک در آبخیز نکارودرود شناسایی شدند. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، شناسایی مناطقی با پتانسیل سیل بالا و اولویت‌بندی در آبخیز نکارودرود استان مازندران جهت جلوگیری از خطرات ناشی از این بلای طبیعی و مانع از ایجاد



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و کشور ایران
 Fig. 1. Location of the study area in Mazandaran province and Iran

است. جهت ارزیابی مورفولوژی آبخیز یک نقشه ارتفاع رقومی (DEM) با وضوح ۱۲/۵ متر بارگیری شد. در این تحقیق پارامترهای بسیار مهم مورفومتریک کمی انتخاب و برای این تجزیه و تحلیل استفاده شدند. این پارامترها با خطرات رواناب، اوج تخلیه و فرسایش خاک رابطه مستقیم یا معکوس دارند. این پارامترها را به سه بخش خطی، ناهمواری و سطحی تقسیم شدند. در نهایت با استفاده از روش زیر حوضه‌ها اولویت‌بندی شدند.

خلاصه‌ای از روش‌های اتخاذ شده در این تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است. ۱۷ پارامتر مورفومتریک به منظور توصیف آبخیز و اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز نکارود با توجه به حساسیت به سیل ناگهانی تعیین شد (جدول ۱). پارامترهای اساسی با استفاده از تکنیک‌های GIS مستقیماً از DEM اندازه‌گیری شدند و شامل مساحت حوضه، طول حوضه، محیط، تعداد جریان‌ها و طول جریان‌ها برای هر رتبه جریان



شکل ۲. فلوجارت مطالعه مورفومتریک آبخیز نکارود

Fig. 2. Flowchart of morphometric study of Neka watershed

مقدار کمترین رتبه تعلق می‌گیرد. مهم‌ترین این پارامترها مساحت و محیط حوضه بوده، به طوری که مساحت حوضه به طور مستقیم بر اندازه هیدروگراف سیل، مقادیر پیک و میانگین رواناب تأثیر می‌گذارد (۱۲).

پارامترهای مورفومتری ناهمواری

شرایط ناهمواری حوضه‌های آبخیز به طور قابل توجهی با ویژگی‌های سه بعدی وسعت، ارتفاع و حجم لند فرم‌ها در ارتباط بوده و در تحلیل‌های ژئوهیدرولوژیکی به کار گرفته می‌شوند. ناهمواری حوضه یکی از عوامل مهم در درک فرایندهای ژئومورفیک و ویژگی‌های لندفرم است (۱۲)، و به عنوان یک پارامتر هیدرولوژیکی شناخته می‌شود (۴).

پارامترهای خطی

این پارامترها تحت تأثیر چگونگی اتصال آبراهه‌ها و شرایط توپوگرافی-زمین‌شناسی حوضه قرار دارند (۱۲). اولین گام در مطالعه حوضه‌های زهکشی طبقه‌بندی آبراهه‌ها است (۱۰). در این پژوهش از روش طبقه‌بندی استرالر استفاده شده است و زهکش اصلی حوضه دارای رتبه ۶ است. به شمارش آبراهه‌ها با یک نظم مشخص، تعداد آبراهه مشخص می‌گردد (۱۴).

پارامترهای مورفومتری سطحی

این پارامترها با فرسایش نسبت عکس داشته و برعکس پارامترهای خطی به بیشترین مقدار بیشترین رتبه و به کمترین

جدول ۱. پارامترهای تجزیه و تحلیل آبخیز نکارود

Table 1. Parameters of Neka watershed analysis

| منابع | واحد | فرمول و روش‌ها | پارامترهای مورفومتریک |
|-------|--------------------|---|-----------------------|
| - | km ² | تجزیه و تحلیل نرم افزار GIS | مساحت |
| - | km | تجزیه و تحلیل نرم افزار GIS | محیط |
| - | m | تجزیه و تحلیل نرم افزار GIS | بیشترین ارتفاع |
| - | m | تجزیه و تحلیل نرم افزار GIS | کمترین ارتفاع |
| (۲۷) | m | $l_b = 1.312 \times A^{0.568}$ | طول |
| (۲۶) | بدون واحد | سلسله مراتبی | ترتیب جریان |
| (۱۴) | بدون واحد | $Nu = N_{u1} + N_{u2} + \dots + N_{un}$ | شماره جریان |
| (۱۴) | km | $Lu = L_{u1} + L_{u2} + \dots + L_{un}$ | طول آبراهه |
| - | - | - | انواع پارامترها |
| - | - | - | پارامترهای خطی |
| - | km | میانگین طول جریان همه رتبه‌ها | میانگین طول جریان |
| (۲۳) | بدون واحد | $R_b = N / Nu + 1$ | نسبت انشعاب |
| (۱۴) | بدون واحد | $R_i = Lu / Lu - 1$ | نسبت طول جریان |
| (۲۳) | بدون واحد | میانگین طول جریان همه رتبه‌ها | میانگین نسبت انشعاب |
| (۲۳) | بدون واحد | میانگین طول جریان همه رتبه‌ها | نسبت طول جریان متوسط |
| (۲۳) | km ⁻² | $F_s = Nu / A$ | فرکانس جریان |
| (۲۳) | km/km ² | $D = Lu / A$ | تراکم زهکشی |
| (۲۳) | km ⁻¹ | $D_t = Nu / P$ | بافت زهکشی |
| (۲۳) | km | $L_o = 1 / (2D_d)$ | طول جریان زمینی |
| (۱۱) | km ⁻¹ | $D_i = F_s / D_d$ | شدت زهکشی |
| (۱۴) | بدون واحد | R_{lm} / R_b | ضریب RHO |
| (۱۱) | km ⁻³ | $I_f = F_s \times D_d$ | شماره نفوذ |
| - | - | - | پارامترهای ناهمواری |
| (۲۳) | بدون واحد | $R_h = B_h / L_b$ | ناهمواری حوضه |
| (۱۸) | بدون واحد | $R_{hp} = H \times 100 / P$ | ضریب ناهمواری |
| (۱۸) | بدون واحد | $D_I = H / R_a$ | شاخص شدت فرسایشی |
| - | - | - | پارامترهای سطحی |
| (۱۹) | بدون واحد | $R_c = 4\pi A / P^2 ; \pi = 3.14$ | نسبت دایره‌ای |
| (۲۳) | بدون واحد | $R_e = (2 / L_b) \times (A / \pi) 0.5$ | نسبت طول |
| (۱۴) | بدون واحد | $F_f = A / L_b^2$ | ضریب شکل حوضه |
| (۱۴) | بدون واحد | $C_c = P / (2(\pi A)) 0.5$ | ضریب فشردگی |

زیر حوضه‌های آبخیز استفاده شد (۲۰). هر پارامتر مورفومتریک با توجه به نوع آن در یکی از پارامترها طبقه‌بندی شد. درجه ۱ به درجه احتمال بسیار کم احتمال خطر سیل

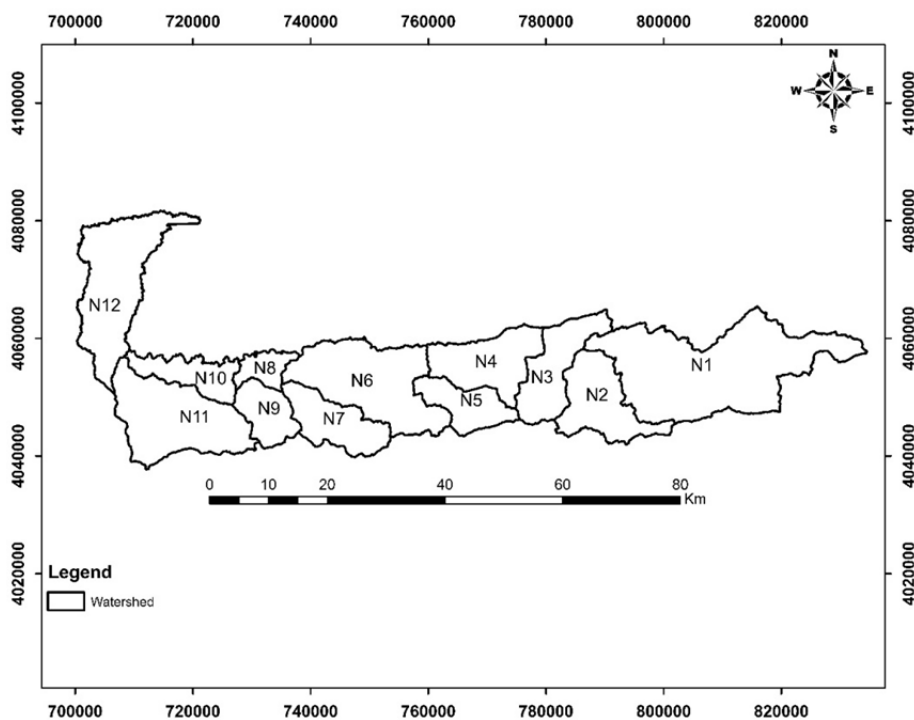
پارامترهای مورفومتریک با استفاده از معادلات ریاضی ارائه شده در جدول ۱ محاسبه شد. در این مطالعه با استفاده از روش رتبه‌بندی مورفومتریک (رتبه کل) به منظور اولویت‌بندی

دریاچه یا باتلاق دریافت می‌شود. شناخت خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز از اولین گام‌هایی است که در بررسی هیدرولوژیکی مانند فرسایش و رسوب، مطالعه سیلاب و توسعه منابع آب و دیگر مسائل حوضه ضرورت دارد و حوضه آبخیز نکارودرود نیز دارای خصوصیات فیزیکی مربوط به خود بوده است. حوضه آبخیز نکارودرود در استان مازندران قرار دارد. مساحت گستره مورد مطالعه برابر با ۲۳۳۰۶ کیلومتر مربع می‌باشد. پست‌ترین نقطه حوضه با ارتفاع ۳۱ - متر و بلندترین نقطه در ارتفاع ۳۸۲۱ متر واقع شده است. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقطه حوضه ۳۸۵۲ متر می‌باشد. حوضه نکارود با استفاده از جعبه‌ابزار Hydrology از ArcGIS به ۱۲ زیر حوضه تقسیم شد که به ترتیب از N1 شروع و در N12 به پایان می‌رسد. شکل ۳ تقسیم‌بندی آبخیز نکارود را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه و تحلیل مورفولوژی کل حوضه در جدول ۲ نشان داده شده است. الگوی زهکشی آبخیز نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.

اشاره دارد. در این مطالعه ۱۹ پارامتر برای ارزیابی حساسیت زیر حوضه‌ها برای سیلاب انتخاب شدند. پارامترهای مورفولوژی به‌طور مستقیم یا معکوس با طغیان در ارتباط هستند. پس از رتبه‌بندی مورفولوژی، مقادیر مربوط به هر یک از زیر حوضه‌ها برای طبقه‌بندی و تعیین حساسیت آن‌ها به وقوع سیل ناگهانی جمع شد. مقادیر درجه پارامترهای مورفومتریک خلاصه شده از ۰ برای کمترین مقدار رتبه و ۱ برای بالاترین مقدار رتبه برای به دست آوردن شاخص حساسیت سیلاب در برابر هر زیر حوضه نرمال شد. پارامترهای دارای مقادیر یکسان دارای رتبه‌بندی مشابه بودند. سرانجام، نقشه اولویت سیلاب با طبقه‌بندی نتایج در پنج دسته حساسیت به سیلاب ایجاد شد که این پنج دسته شامل اولویت بسیار کم، کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد می‌باشد.

نتایج

حوضه آبخیز پهنه‌ای است که تمامی رواناب ناشی از بارش باران و ذوب برف بر آن پهنه، توسط یک رودخانه،



شکل ۳. نقشه زیر حوضه‌های آبخیز نکارود

Fig. 3. Map of Neka watersheds

جدول ۲. نتایج تجزیه و تحلیل زیر حوضه‌های آبخیز نکارود

Table 2. Results of analysis of Neka watersheds

| زیر حوضه‌ها | | | | | | پارامترها |
|-------------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------------------|
| N6 | N5 | N4 | N3 | N2 | N1 | |
| ۲۷۵/۰۶۷ | ۹۴/۵۱۴۵ | ۱۵۷/۸۰۱ | ۱۴۰/۰۸۸ | ۱۵۸/۱۳۲ | ۴۸۴/۳۷۳۶ | مساحت |
| ۹۹/۶۳۰۹ | ۵۵/۲۷۵۶ | ۷۰/۳۰۷۳ | ۶۹/۲۹۷۰ | ۷۸/۳۶۲۸ | ۱۴۷/۵۳۵ | محیط |
| ۱۹۴۲ | ۲۵۰۳ | ۲۳۹۳ | ۲۶۱۶ | ۳۵۷۵ | ۳۸۲۱ | بیشترین ارتفاع |
| ۶۶۱ | ۱۰۵۱ | ۱۰۵۱ | ۱۴۰۶ | ۱۵۰۷ | ۱۵۰۶ | کمترین ارتفاع |
| ۱۴۵۰ | ۱۷۵۰ | ۱۸۰۰ | ۲۰۵۰ | ۲۵۵۰ | ۲۷۰۰ | میانگین ارتفاع |
| ۶۴۷/۱۱۳ | ۲۳۵/۸۱۲ | ۴۱۸/۵۳۶ | ۳۴۵/۷۷۸ | ۳۷۱/۷۶۴ | ۱۱۵۳/۹۱۷ | طول |
| ۴۵۳۴۱ | ۱۶۳۷۳ | ۲۸۹۲۸ | ۲۴۰۸۸ | ۲۵۸۷۵ | ۸۰۱۱۴ | شماره جریان |
| ۳۱/۸۸ | ۱۷/۳۸ | ۲۳/۲۵ | ۲۱/۷۳ | ۲۳/۲۸ | ۴۳/۹۷ | طول جریان (کیلومتر) |
| ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۸۷ | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۷۱ | میانگین طول جریان |
| ۰/۰۹۸ | ۰/۰۸۰ | ۰/۱۲۵ | ۰/۲۶۴ | ۰/۱۱۰ | ۰/۰۹۷ | نسبت انشعابات |
| ۰/۱۶۷ | ۰/۲۲۰ | ۰/۱۶۶ | ۲/۰۱۶ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۶۹ | نسبت طول جریان |
| ۰/۰۹۲ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵۳ | ۰/۱۶۵ | میانگین نسبت انشعابات |
| ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۸۷ | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۷۱ | نسبت طول جریان |
| | | | | | | متوسط |
| ۲/۳۵۳ | ۲/۴۹۵ | ۲/۶۵۲ | ۲/۴۶۸ | ۲/۳۵۱ | ۲/۳۸۲ | تراکم زهکشی |
| ۱/۶۴۸ | ۱/۷۳۲ | ۱/۸۳۳ | ۱/۷۱۹ | ۱/۶۳۶ | ۱/۶۷۸ | فرکانس جریان |
| ۴/۵۵۱ | ۲/۹۶۲ | ۴/۱۱۵ | ۳/۴۷۶ | ۳/۳۰۲ | ۵/۵۰۸ | بافت زهکشی |
| ۰/۲۱۳ | ۰/۲۰۰ | ۰/۱۸۹ | ۰/۲۰۳ | ۰/۲۱۳ | ۰/۲۱۰ | طول جریان |
| ۰/۷۰۱ | ۰/۶۹۴ | ۰/۶۹۱ | ۰/۶۹۷ | ۰/۶۹۶ | ۰/۷۰۴ | شدت زهکشی |
| ۰/۴۰۸ | ۰/۵۰۴ | ۰/۳۱۸ | ۰/۲۲۸ | ۰/۴۵۷ | ۰/۴۱۱ | ضریب RHO |
| ۳/۸۷۸ | ۴/۳۲۲ | ۴/۸۶۲ | ۴/۲۴۴ | ۳/۸۴۷ | ۳/۹۹۷ | شماره نفوذ |
| ۰/۰۹۲ | ۰/۱۳۷ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۸۶ | ۰/۱۰۲ | ۰/۰۵۸ | ناهمواری حوضه |
| ۰/۴۰۲ | ۰/۸۳۶ | ۰/۵۷۷ | ۰/۵۵۷ | ۰/۸۸۸ | ۰/۵۲۷ | ضریب ناهمواری |
| ۰/۸۸۳ | ۰/۸۳۰ | ۰/۷۴۶ | ۰/۵۹۰ | ۰/۸۱۱ | ۰/۸۵۷ | شاخص شدت فرسایشی |
| ۰/۳۴۸ | ۰/۳۸۹ | ۰/۴۰۱ | ۰/۳۶۶ | ۰/۳۲۳ | ۰/۲۷۹ | نسبت دایره‌ای |
| ۰/۵۸۷ | ۰/۶۳۱ | ۰/۶۱۰ | ۰/۶۱۵ | ۰/۶۱۰ | ۰/۵۶۵ | نسبت طول |
| ۰/۲۷۱ | ۰/۳۱۳ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۹۷ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۵۱ | ضریب شکل |
| ۱/۶۹۵ | ۱/۶۰۴ | ۱/۵۷۹ | ۱/۶۵۲ | ۱/۷۵۸ | ۱/۸۹۲ | ضریب فشردگی |
| زیر حوضه‌ها | | | | | | |
| N12 | N11 | N10 | N9 | N8 | N7 | |
| ۲۶۵/۴۰۵ | ۲۵۳/۷۶۰ | ۸۹/۷۶۴۳ | ۸۳/۴۴۷۳ | ۴۵/۱۸۷۰ | ۱۲۳/۳۴۵۹ | |
| ۱۱۵/۸۱۸ | ۸۵/۵۶۵۵ | ۶۷/۸۸۵۶۵ | ۴۲/۲۶۷۲ | ۴۰/۲۲۵۷ | ۶۱/۰۸۰۰۴ | |

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه و تحلیل زیر حوضه‌های آبخیز نکارود

Cont. Table 2. Results of analysis of Neka watersheds

| | | | | | |
|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| ۱۸۶ | ۸۷۰ | ۱۲۷۹ | ۱۲۶۰ | ۱۲۷۲ | ۲۲۰۶ |
| ۳۱ | ۶۲ | ۶۳ | ۴۱۸ | ۴۰۹ | ۶۶۱ |
| ۱۵۰ | ۶۵۰ | ۴۵۰ | ۸۰۰ | ۸۰۰ | ۱۳۰۰ |
| ۷۲۰/۷۷۵ | ۶۲۵/۳۶۹۷ | ۱۹۳/۴۲۹ | ۱۹۲/۹۵۲ | ۹۱/۸۰۲۰ | ۲۸۵/۵۵۳۶ |
| ۴۹۸۵۸ | ۴۳۳۰۹ | ۱۳۴۳۰ | ۱۳۳۹۳ | ۶۳۸۵ | ۱۹۵۸۷ |
| ۳۱/۲۴ | ۳۰/۴۵ | ۱۶/۸۸ | ۱۶/۱۹ | ۱۱/۴۳ | ۲۰/۲۲ |
| ۰/۰۸۷ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۸۶ |
| ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۷۴ |
| ۰/۱۹۱ | ۰/۲۲۷ | ۰/۰۹۵ | ۰/۲۲۲ | ۰/۱۳۶ | ۰/۲۵۷ |
| ۰/۱۰۳ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۴۱ |
| ۰/۰۸۷ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۸۶ |
| ۲/۷۱۶ | ۲/۴۶۴ | ۲/۱۵۵ | ۲/۳۱۲ | ۲/۰۳۲ | ۲/۳۱۵ |
| ۱/۸۷۹ | ۱/۷۰۷ | ۱/۴۹۶ | ۱/۶۰۵ | ۱/۴۱۳ | ۱/۵۸۸ |
| ۴/۳۰۵ | ۵/۰۶۱ | ۱/۹۷۸ | ۳/۱۶۹ | ۱/۵۸۷ | ۳/۲۰۷ |
| ۰/۱۸۴ | ۰/۲۰۳ | ۰/۲۳۲ | ۰/۲۱۶ | ۰/۲۴۶ | ۰/۲۱۶ |
| ۰/۶۹۲ | ۰/۶۹۳ | ۰/۶۹۴ | ۰/۶۹۴ | ۰/۶۹۶ | ۰/۶۸۶ |
| ۰/۴۶۵ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ | ۰/۶۵۸ | ۰/۵۴۴ |
| ۵/۱۰۲ | ۴/۲۰۶ | ۳/۲۲۴ | ۳/۷۱۱ | ۲/۸۷۱ | ۳/۶۷۶ |
| ۰/۱۹۲ | ۰/۴۶۱ | ۱/۲۰۳ | ۰/۱۸۶ | ۰/۲۷۲ | ۰/۱۶۵ |
| ۰/۰۵۰ | ۰/۲۶۵ | ۰/۷۲۱ | ۰/۵۲۰ | ۰/۷۵۵ | ۰/۷۶۴ |
| ۱/۰۳۳ | ۱/۲۴۳ | ۲/۷۰۲ | ۱/۰۵۳ | ۱/۰۷۹ | ۱/۱۸۸ |
| ۰/۲۴۹ | ۰/۴۳۵ | ۰/۲۴۵ | ۰/۵۸۷ | ۰/۳۵۱ | ۰/۴۱۵ |
| ۰/۵۸۹ | ۰/۵۹۰ | ۰/۶۳۴ | ۰/۶۳۷ | ۰/۶۶۴ | ۰/۶۲۰ |
| ۰/۲۷۲ | ۰/۲۷۴ | ۰/۳۱۵ | ۰/۳۱۸ | ۰/۳۴۶ | ۰/۳۰۲ |
| ۲/۰۰۶ | ۱/۵۱۶ | ۲/۰۲۲ | ۱/۳۰۶ | ۱/۶۸۹ | ۱/۵۵۲ |

وقوع سیل بیشتر خواهد بود و به زیر حوضه‌هایی که بیشترین مقدار رادارند، بالاترین رتبه یعنی ۱ و به کمترین مقدار عدد ۱۲ داده شد. برعکس پارامترهای سطحی رابطه معکوس با رواناب دارند. این بدان معنی است که مقادیر پایین این پارامترها، فرصت وقوع سیل بالاتر است. بر این اساس، کمترین مقدار این پارامترها بالاترین رتبه یعنی ۱۲ و به کمترین مقدار عدد ۱ را داشتند. رتبه کل برای هر زیر آبخیز بر اساس پارامترهای مورفومتریک محاسبه شده تعیین شد، سپس نرمال‌سازی و طبقه‌بندی می‌شود. در نهایت کمترین مقدار بعد از نرمال‌سازی بیشترین حساسیت به سیل را دارد. جدول ۳ نتایج حاصل رتبه‌بندی را نشان می‌دهد.

خصوصیات حوزه‌های آبخیز نحوه رفتار این حوزه‌های آبخیز را تعیین می‌کند؛ بنابراین، زیر حوضه‌های حیاتی باید به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب و متمرکز مشخص شوند. پارامترهای مورفومتریک مورد بحث در بالا به منظور اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز با توجه به حساسیت آن برای سیلاب استفاده شد. با توجه به جدول ۲ و مقدار پارامترهای استخراج شده و نهایت جهت ساده‌سازی کار و همچنین رابطه پارامترها با رواناب مقادیر بین ۱ تا ۱۲ با توجه به تعداد زیر حوضه‌ها در نظر گرفته شده است. پارامترهای خطی و ناهمواری رابطه مستقیمی با رواناب دارد. به عبارت دیگر، هرچه مقادیر این پارامترها بیشتر باشد، فرصت

جدول ۳. نتایج رتبه‌بندی آبخیز نکارود

Table 3. Results of Neka watershed ranking

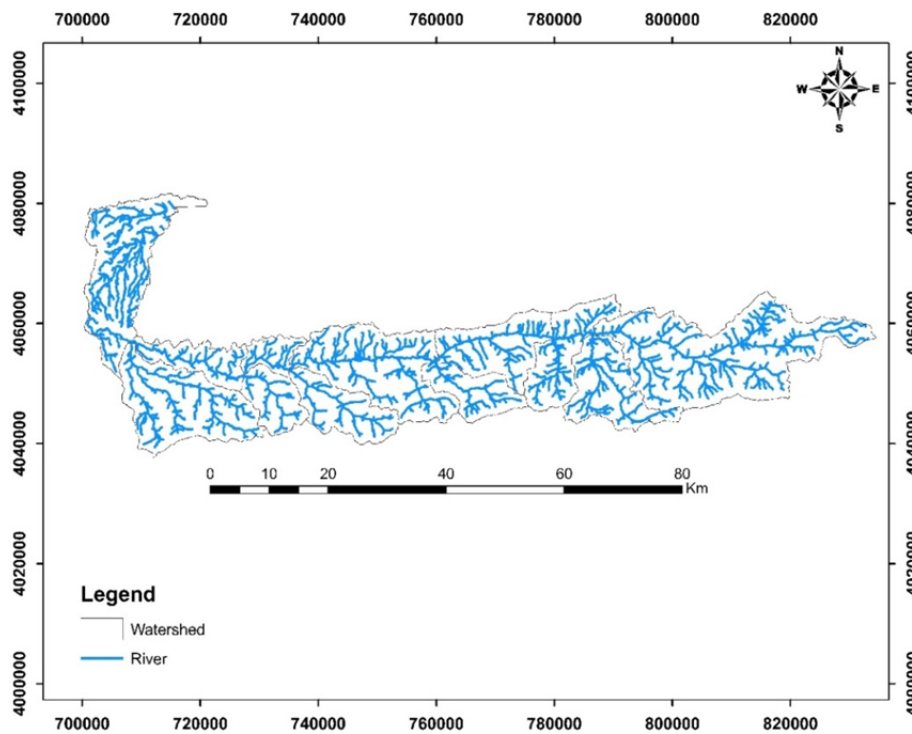
| زیر حوضه‌ها | | | | | | پارامترها |
|-------------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| N6 | N5 | N4 | N3 | N2 | N1 | |
| ۶ | ۵ | ۱۰ | ۱۲ | ۹ | ۱ | میانگین طول جریان |
| ۹ | ۴ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۰ | ۸ | نسبت انشعابات |
| ۴ | ۶ | ۳ | ۱۲ | ۱۱ | ۱۰ | نسبت طول جریان |
| ۱۰ | ۴ | ۸ | ۶ | ۷ | ۱۲ | میانگین نسبت انشعابات |
| ۶ | ۵ | ۱۰ | ۱۲ | ۹ | ۱ | نسبت طول جریان متوسط |
| ۶ | ۱۰ | ۱۱ | ۹ | ۵ | ۷ | تراکم زهکشی |
| ۶ | ۱۰ | ۱۱ | ۹ | ۵ | ۷ | فرکانس جریان |
| ۱۰ | ۳ | ۸ | ۷ | ۶ | ۱۲ | بافت زهکشی |
| ۷ | ۳ | ۲ | ۴ | ۸ | ۶ | طول جریان |
| ۱۱ | ۷ | ۲ | ۱۰ | ۹ | ۱۲ | شدت زهکشی |
| ۳ | ۱۰ | ۲ | ۱ | ۵ | ۴ | ضریب RHO |
| ۶ | ۱۰ | ۱۱ | ۹ | ۵ | ۷ | شماره نفوذ |
| ۳ | ۶ | ۴ | ۳ | ۵ | ۱ | ناهمواری حوضه |
| ۳ | ۱۱ | ۷ | ۶ | ۱۲ | ۵ | ضریب ناهمواری |
| ۶ | ۴ | ۲ | ۱ | ۳ | ۵ | شدت فرسایش |
| ۸ | ۵ | ۴ | ۶ | ۹ | ۱۰ | نسبت دایره‌ای |
| ۱۱ | ۴ | ۷ | ۶ | ۸ | ۱۲ | نسبت طول |
| ۱۱ | ۴ | ۷ | ۳ | ۸ | ۱۲ | ضریب شکل |
| ۵ | ۸ | ۹ | ۷ | ۴ | ۳ | ضریب فشردگی |
| ۰/۸۲ | ۰/۷۴ | ۰/۸۱ | ۰/۸۴ | ۰/۸۶ | ۰/۸۴ | نرمال‌سازی |

| زیر حوضه‌ها | | | | | |
|-------------|-----|-----|----|----|----|
| N12 | N11 | N10 | N9 | N8 | N7 |
| ۱۱ | ۷ | ۴ | ۳ | ۲ | ۸ |
| ۷ | ۶ | ۲ | ۵ | ۱ | ۳ |
| ۵ | ۸ | ۱ | ۷ | ۲ | ۹ |
| ۱۱ | ۹ | ۳ | ۲ | ۱ | ۵ |
| ۱۱ | ۷ | ۴ | ۳ | ۲ | ۸ |
| ۱۲ | ۸ | ۲ | ۳ | ۱ | ۴ |
| ۱۲ | ۸ | ۲ | ۴ | ۱ | ۳ |
| ۹ | ۱۱ | ۲ | ۴ | ۱ | ۵ |
| ۱ | ۵ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۲ | ۹ |

ادامه جدول ۳. نتایج رتبه‌بندی آبخیز نکارود

Cont. Table 3. Results of Neka watershed ranking

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| ۳ | ۴ | ۶ | ۵ | ۸ | ۱ |
| ۶ | ۸ | ۷ | ۹ | ۱۲ | ۱۱ |
| ۱۲ | ۸ | ۲ | ۴ | ۱ | ۳ |
| ۹ | ۱۱ | ۱۲ | ۸ | ۱۰ | ۷ |
| ۱ | ۲ | ۸ | ۴ | ۹ | ۱۰ |
| ۷ | ۱۱ | ۱۲ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
| ۱۱ | ۲ | ۱۲ | ۱ | ۷ | ۳ |
| ۱۰ | ۹ | ۳ | ۲ | ۱ | ۵ |
| ۱۰ | ۹ | ۳ | ۲ | ۱ | ۵ |
| ۲ | ۱۱ | ۱ | ۱۲ | ۶ | ۱۰ |
| ۰/۹۴ | ۰/۹۰ | ۰/۶۱ | ۰/۶۰ | ۰/۵۴ | ۰/۷۴ |



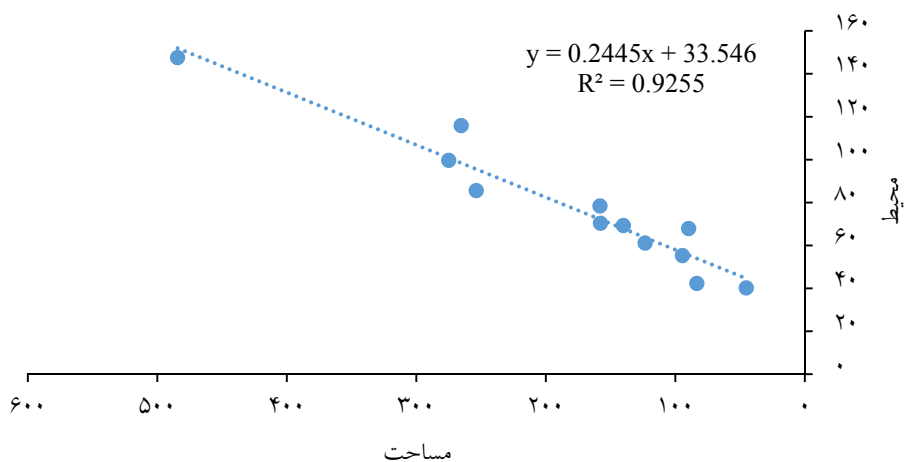
شکل ۴. الگوی زهکشی و ترتیب جریان آبخیز نکارود

Fig. 4. Drainage pattern and sequence of Neka watershed

است. همچنین از محیط می‌توان به‌عنوان یک شاخص از شکل و اندازه زیر آبخیز استفاده کرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده یک همبستگی بالا بین مساحت و محیط آبخیز وجود دارد. شکل ۵ نشان‌دهنده همبستگی بین مساحت و محیط آبخیز را نشان می‌دهد.

ارتباط بین پارامترها

تغییرات واضحی در پارامترهای اساسی زیر حوضه‌های آبخیز مانند مساحت، محیط و طول حوضه مشاهده می‌شود. این پارامترهای حوضه، یک ویژگی هیدرولوژیکی بسیار قابل‌توجه هستند. مساحت آبخیز از ۴۸۴/۳۷ کیلومترمربع در زیر حوضه N1 تا ۴۸/۱۸ کیلومترمربع در زیر حوضه N8 متغیر

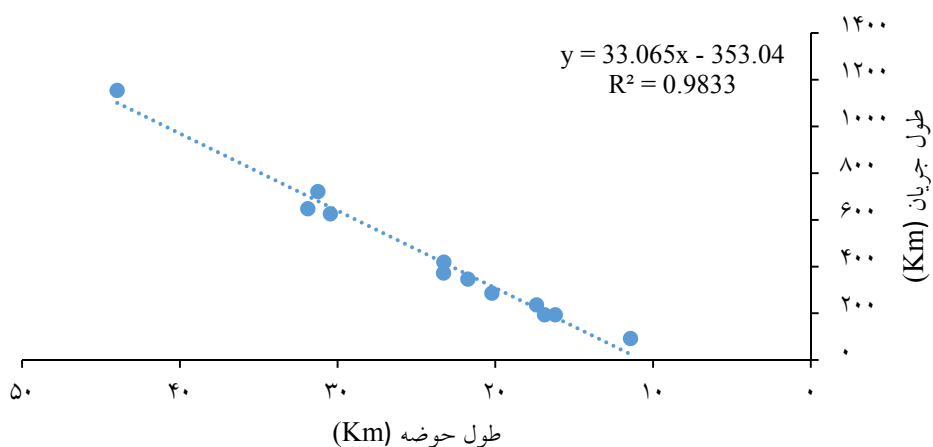


شکل ۵. میزان همبستگی بین مساحت و محیط

Fig. 5. The degree of correlation between area and environment

درحالی‌که N1 نشان‌دهنده طولانی‌ترین جریان است. رابطه بین طول حوضه و طول جریان در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه نتایج یک همبستگی بالا بین طول جریان و طول حوضه وجود دارد.

طول حوضه شاخصی از مشخصه رواناب سطحی است (۲۸). طول حوضه برای ۱۲ زیر حوضه در محدوده ۴۳/۹۶ کیلومتر برای N1 و ۱۱/۴۲ کیلومتر برای N8 است. N8 کوتاه‌ترین جریان را نشان می‌دهد (بالاترین رواناب)،



شکل ۶. میزان همبستگی بین طول حوضه و طول جریان

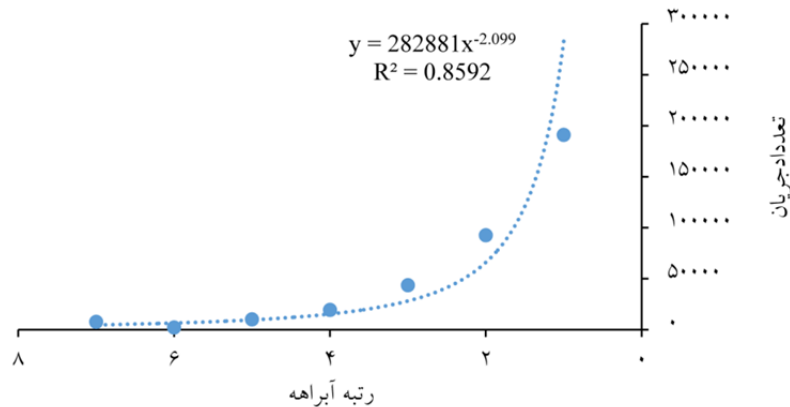
Fig. 6. Correlation between basin length and flow length

حوضه برای آبخیز ۳۶۶۶۸۱ مورد است و اولین مرتبه ۵۲٪ کل جریان‌های آبخیز را تشکیل می‌دهد. جزئیات ویژگی‌های جریان توسط قانون اول هورتون (۱۹۴۵) تأیید می‌شود، که بیان

حوضه‌های آبخیز با تعداد جریان بالا در مقایسه با حوضه‌های آبخیز دارای تعداد جریان کم دارای رواناب زیاد و جریان اوج سریع هستند (۴). تعداد کل جریان‌های ۱۲ زیر

شماره جریان بر روی یک نمودار رسم شده است. شکل ۷ ارتباط بین شماره جریان و تعداد آبراهه‌ها با رتبه‌های متفاوت را نشان می‌دهد. طبق این شکل بین تعداد آبراهه و رتبه آن‌ها میزان ۰/۸۵ همبستگی وجود دارد.

می‌کند تعداد جریان‌های مختلف از یک نظم خاص در یک آبخیز، نسبت به یک هندسی، مشخص می‌شود. این مقادیر هندسی برای ۱۲ زیر حوضه آبخیز به صورت نمودار و یک خط مستقیم نشان داده می‌شود که مقادیر ورود به سیستم

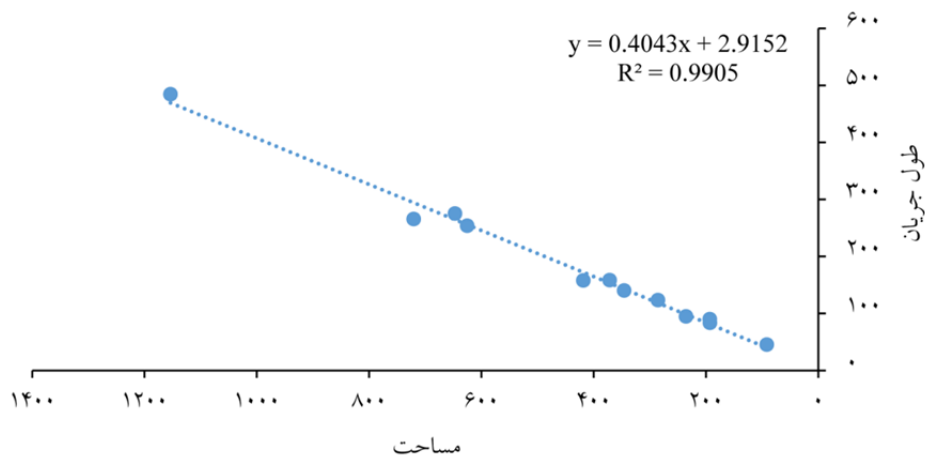


شکل ۷. میزان همبستگی بین رتبه آبراهه و تعداد جریان

Fig. 7. The degree of correlation between the rank of the waterway and the number of streams

طول جریان تفاوت قابل توجهی بین جریان‌های مختلف وجود دارد؛ بنابراین بین طول جریان و مساحت حوضه نیز ارتباط قوی وجود دارد (۱۶). شکل ۸ میزان همبستگی بین طول جریان و مساحت آبخیز را نشان می‌دهد.

جریان‌های طولانی‌تر نشان‌دهنده نفوذ کمتر و توانایی تولید رواناب بالاتر در یک حوزه آبخیز است (۲۳). طول کل جریان شبکه ۵۲۸۲ کیلومتر است. علاوه بر این، یک ارتباط قوی بین طول جریان و سطح حوضه پیدا شد. در مقادیر نسبت



شکل ۸. میزان همبستگی بین مساحت و طول جریان

Fig. 8. Correlation between flow area and length

همبستگی و بین تعداد جریان و رتبه آبراهه کمترین میزان همبستگی وجود دارد.

با توجه به جدول ۴، نتایج به دست آمده از همبستگی‌ها نشان داد که، بین طول جریان و مساحت بیشترین میزان

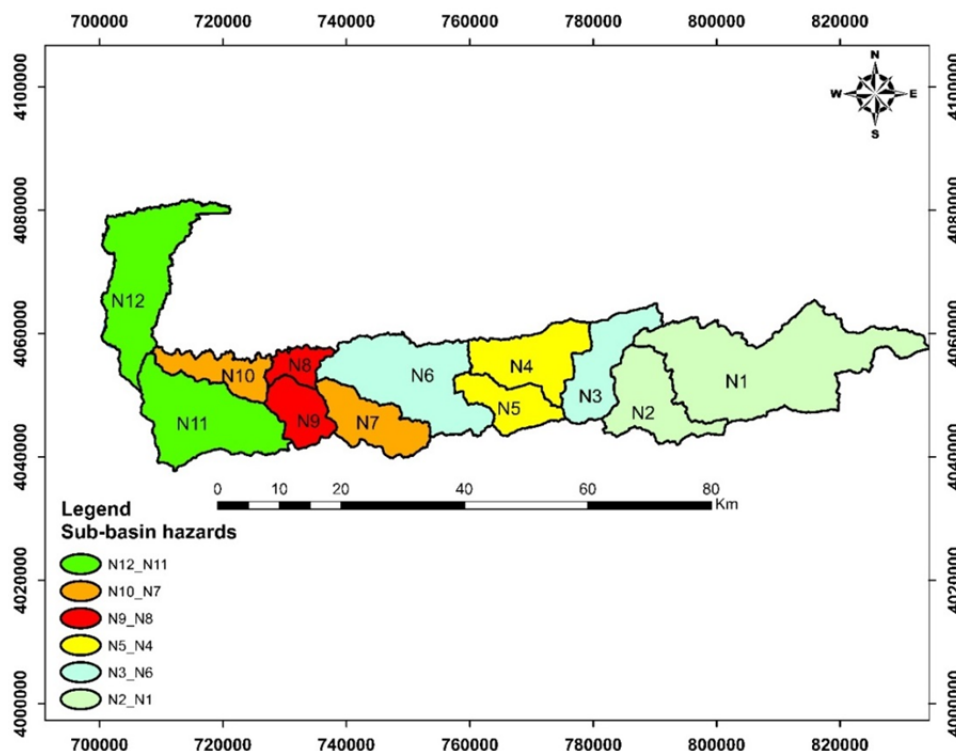
جدول ۴. میزان همبستگی بین پارامترها

Table 4. The degree of correlation between the parameters

| میزان همبستگی | پارامترها |
|---------------|---------------------------|
| ۰/۹۲ | محیط و مساحت |
| ۰/۹۸ | طول جریان و طول حوضه |
| ۰/۸۵ | تعداد جریان و رتبه آبراهه |
| ۰/۹۹ | طول جریان و مساحت |

حوضه های N11 و N12 از میزان خطر خیلی کمتری نسبت به سیل خیزی برخوردار هستند. شکل ۹ نقشه زیر حوضه ها را از لحاظ میزان پتانسیل سیل خیزی نشان می دهد.

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که زیر حوضه های N8 و N9 از اولویت بالایی برای سیل خیزی برخوردار هستند. نتایج نشان می دهد که این دو زیر حوضه بسیار مستعد از لحاظ سیل خیزی هستند. همچنین زیر



شکل ۹. نقشه پتانسیل زیر حوضه ها نسبت به خطر سیل خیزی

Fig. 9. Potential map of sub-basins in relation to flood risk

مدل سازی هیدرولوژیکی وجود ندارد، از تحلیل مورفومتریک برای ارزیابی حساسیت زیر آبخیز به سیل استفاده شده است. تجزیه و تحلیل مورفومتریک حوضه ها می توان دو نوع اصلی از مطالعات کاربردی را به دست آورد: اول، مکان یابی زیر

بحث و نتیجه گیری

برای تهیه آسیب پذیری و خطر آبخیز مورد مطالعه، پارامترها مشخص و مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به این که سوابق آب و هوایی و هیدرولوژیکی تاریخی کافی برای

حوضه‌های دارای خطر طغیان شدید، بنابراین مقامات مسئول باتدبیر پیشگیری اقدامات مناسب برای کاهش این خطرات را انجام می‌دهند. برنامه‌های حفاظت با توجه به متغیرهای کنترل‌کننده خطر طغیان سیل و توزیع فضایی آن‌ها، خطر احتمالی را می‌توان در حوضه‌های دیگر با پیکربندی هیدروگرافی مشابه پیش‌بینی کرد، زیرا روش پیشنهادی اطلاعات سریع و مفیدی را برای حساسیت سیل و درنهایت ارزیابی آسیب‌پذیری فراهم می‌کند. اگرچه این روش شاید یکی از نقاط قوت اصلی این تحقیق باشد و بتوان آن را به سایر مناطق مورد مطالعه نیز تسری داد. تعیین مناطق اولویت‌دار برای برنامه‌های آینده مدیریت ریسک، که مقامات محلی باید از وقوع سیل احتمالی در منطقه آگاه باشند. با توجه به تغییرات کاربری اراضی، در آینده برای معکوس کردن وضعیت خطرناک شدن سیل تأکید ویژه‌ای بر این بخش خواهد شد. علاوه بر این، باید توجه ویژه‌ای به افراد ساکن در خروجی حوضه برنامه‌های خاص داده شود تا درک خطر ابتلا به سیل در آن‌ها را تنظیم کند. این اقدامات باید شامل جلساتی برای نشان دادن نقشه خطر سیل حوضه و شواهد (به‌عنوان مثال، عکس‌ها و گزارش‌ها) از نتایج حوادث سیل گذشته در حوضه‌ها باشد. تجزیه و تحلیل مورفومتری حوضه نکارود نشان داده است که آبخیز یک سیستم زهکشی که دارای ۶ مرتبه است که دارای حساسیت بسیار بالا به سیلاب است. با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در وقوع سیل از قبیل طول آبراهه اصلی، نسبت انشعاب، تراکم زهکشی و سایر عوامل مؤثر می‌توان اظهار نمود که زیر حوضه N8 و N9 که نزدیک به غرب و جنوب آبخیز می‌باشند و دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالا از نقطه نظر فیزیوگرافی می‌باشند که در اولویت‌های اول و دوم از لحاظ سیل‌خیزی تعیین شده‌اند و علت آن را می‌توان در شکل حوضه که نزدیک به شکل دایره است که این عامل باعث افزایش میزان طغیان سیل در این دو زیر حوضه می‌شود. با بررسی هر سه پارامتر در این دو زیر حوضه نشان داد که بالا بودن مقدار دو پارامتر خطی و ناهمواری بالا و پایین بودن پارامتر سطحی از علل طغیان سیل در این دو زیر حوضه است.

در مقابل زیر حوضه N12 از میزان طغیان سیلاب خیلی کمتری برخوردار هستند. بررسی حوضه نشان داد که علت پایین بودن طغیان در زیر حوضه N12، شکل حوضه و میزان شیب است که دارای شکل کشیده و منطقه از لحاظ ناهمواری تقریباً مسطح است، که میزان خطر سیلاب را کاهش می‌دهد. این مطالعه نشان داد شد که حفاظت از منطقه در برابر سیل ناگهانی باید در اولویت اصلی مقامات ذیصلاح برای محافظت از جان انسان‌ها و مزارع کشاورزی و درنهایت جلوگیری از فاجعه‌ای سیل باشد. با توجه به تحقیقات منصور (۱۷) و نیز حمدی و همکاران (۱۳) در رابطه با بررسی میزان سیلاب و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با استفاده از روش مورفومتریک، به این نتیجه رسیدند که استفاده از این روش جهت مقایسه و طبقه‌بندی آبخیز جهت جلوگیری از مخاطرات سیل و جلوگیری از هرگونه آسیب‌های مالی و جانی یک روش با دقت مناسبی در زمینه اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز است. مطالعات یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که نقشه‌های حساسیت به سیل می‌توانند به برنامه ریزان و تصمیم‌گیران برای مقابله با مناطق حساس و بسیار زیاد در برابر سیلاب با استفاده از اقدامات کاهش‌دهنده یا پیشگیرانه سیل ناگهانی، کمک کنند. درنهایت می‌توان گفت میزان مشارکت هیدرولوژیک زیر حوضه‌ها در سیل خروجی کل آبخیز و اولویت‌بندی از نظر پتانسیل سیل‌خیزی از اهمیت خاصی برخوردار است. دستیابی به این هدف می‌تواند الگوی روشن و مبنای محکمی برای اولویت‌بندی مکانی-زمانی پروژه‌های کنترل سیل و تعیین تأثیر کمی آن‌ها بر رژیم سیل‌خیزی آبخیز باشد. همچنین از نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان در برنامه‌ریزی عملیات کنترل سیلاب نوع سازه‌های کوچک و یا تقویت و مدیریت پوشش گیاهی در منطقه اولویت زیر حوضه‌ها را مدنظر قرارداد. در این مطالعه ثابت شد که ادغام و تجزیه و تحلیل مورفولوژی با GIS می‌تواند ابزاری قابل توجه برای درک ویژگی‌های زیر حوضه‌های آبخیز مربوط به مدیریت سیل فراهم کند.

تقدیر و تشکر

استفاده از الگوریتم‌های مختلف در مقطع کارشناسی ارشد است که با حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شده است.

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان بررسی مقایسه‌ای تأثیر شکل هندسی آبخیز نکارود رود بر سیلاب با

References

1. Abuzied S, Yuan M, Ibrahim S, Kaiser M, Saleem T. 2016. Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 133: 54-72. doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.06.004.
2. Akay H, Baduna Koçyiğit M. 2020. Flash flood potential prioritization of sub-basins in an ungauged basin in Turkey using traditional multi-criteria decision-making methods. *Soft Computing*, 24(18): 14251-14263. doi:10.1007/s00500-020-04792-0.
3. Alam A, Ahmed B, Sammonds P. 2021. Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575-576: 295-307. doi:https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.047.
4. Altın TB, Altın BN. 2011. Development and morphometry of drainage network in volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey. *Geomorphology*, 125(4): 485-503. doi:https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.09.023.
5. Asfaw D, Workineh G. 2019. Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2): 150-157. doi:https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.003.
6. Barman BK, Rao CUB, Rao KS, Patel A, Kushwaha K, Singh SK. 2021. Geomorphic Analysis, Morphometric-based Prioritization and Tectonic Implications in Chite Lui River, Northeast India. *Journal of the Geological Society of India*, 97(4): 385-395. doi:10.1007/s12594-021-1696-0.
7. Bhat MS, Alam A, Ahmad S, Farooq H, Ahmad B. 2019. Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78(2): 54. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-019-8046-1.
8. Borga M, Gaume E, Creutin JD, Marchi L. 2008. Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes. *Hydrological Processes*, 22(18): 3883. doi:https://doi.org/10.1002/hyp.7111.
9. Bui DT, Hoang N-D, Martínez-Álvarez F, Ngo P-TT, Hoa PV, Pham TD, Samui P, Costache R. 2020. A novel deep learning neural network approach for predicting flash flood susceptibility: A case study at a high frequency tropical storm area. *Science of The Total Environment*, 701: 134413. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134413.
10. Charizopoulos N, Mourtziou P, Psilovikos T, Psilovikos A, Karamoutsou L. 2019. Morphometric analysis of the drainage network of Samos Island (northern Aegean Sea): Insights into tectonic control and flood hazards. *Comptes Rendus Geoscience*, 351(5): 375-383. doi:https://doi.org/10.1016/j.crte.2019.03.001.
11. Faniran A. 1968. The index of drainage intensity: a provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31(9): 326-330. doi:https://doi.org/10.1007/s13201-017-0534-4.
12. Hajam RA, Hamid A, Bhat S. 2013. Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology—a case study of Vishav Drainage Basin. *Hydrology Current Research*, 4(3): 1-12. doi:https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000157.
13. Hamdi SA, Ali SA, Ghareb JISA. 2019. Analysis of Basin Geometry in Ataq Region, Part of Shabwah Yemen: Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques. *Bulletin of Pure & Applied Sciences-Geology*, 38-F (Geology)(1): 1-15. doi:https://doi.org/10.5958/23203234.2019.00001.5.
14. Horton RE. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3): 275-370. doi:https://doi.org/10.1177/030913339501900406.
15. Jodar-Abellan A, Valdes-Abellan J, Pla C, Gomariz-Castillo F. 2019. Impact of land use changes on flash flood prediction using a sub-daily SWAT model in five Mediterranean ungauged watersheds (SE Spain). *Science of The Total Environment*, 657: 1578-1591. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.034.
16. Magesh NS, Chandrasekar N, Soundranayagam JP. 2011. Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. *Environmental Earth Sciences*, 64(2): 373-381. doi:https://doi.org/10.1007/s12665-010-0860-4.

17. Mansor P. 2020. Investigating the relationship between basin morphometric conditions and groundwater resources: Case study of Kamyaran Basin. *Quantitative Geomorphological Research*, 8(4): 18-33.
doi:<https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.106408>.
18. Melton MA. 1958. Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents. *The Journal of Geology*, 66(4): 442-460.
doi:<https://doi.org/10.1086/626527>.
19. Miller VC. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics on the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Columbia Univ New York, Proj. NR 389-402, Tech Rep 3. New York: Columbia University, Department of Geology, ONR. <https://doi.org/10.1086/626413>.
20. Patel DP, Dholakia MB, Naresh N, Srivastava PK. 2012. Water Harvesting Structure Positioning by Using Geo-Visualization Concept and Prioritization of Mini-Watersheds Through Morphometric Analysis in the Lower Tapi Basin. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 40(2): 299-312.
doi:<https://doi.org/10.1007/s12524-011-0147-6>.
21. Ratna Reddy V, Saharawat YS, George B. 2017. Watershed management in South Asia: A synoptic review. *Journal of Hydrology*, 551: 4-13.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.05.043>.
22. Ratnam KN, Srivastava YK, Venkateswara Rao V, Amminedu E, Murthy KSR. 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis-Remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(1): 25.
doi:<https://doi.org/10.1007/BF02989988>.
23. Schumm SA. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646. doi:[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597).
24. Siahkamari S, Zeinivand H. 2017. Flood prone areas mapping by using statistical index and weights of evidence models (Case study: Madar Soo watershed, Golestan). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7(4): 116-133. (In Persian).
25. Strahler AN. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11): 1117-1142. doi:[https://doi.org/doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)631117](https://doi.org/doi.org/10.1130/0016-7606(1952)631117).
26. Strahler AN. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of Applied Hydrology In V Chow (Ed), Handbook of applied hydrology (pp 439- 476)* New York: McGraw Hill. [https://doi.org/101130/0016-7606\(1952\)631117](https://doi.org/101130/0016-7606(1952)631117).
27. Taha MMN, Elbarbary SM, Naguib DM, El-Shamy IZ. 2017. Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8: 157-167.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.007>.
28. Valizadeh Kamran K, Delire Hasannia R, Azari Amghani K. 2019. Flood zoning and its impact on land use in the surrounding area using unmanned aerial vehicles (UAV) images and GIS. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(3): 59-75. (In Persian).



Comparison and prioritization of flooding in Nekarood sub-basins using morphometric method in GIS

Mehrab Zali, Karim Soleimani, Mahmoud Habibnejad Roshan, Mir Hassan Miryaghoubzadeh

Received: 31 July 2021 / Received in revised form 22 August 2021 / Accepted: 26 August 2021
Available online 1 September 2021 / Available print 22 May 2022

Abstract

Background and Objective Floods are one of the most catastrophic and dangerous natural hazards because they are sudden and unpredictable and lead to the destruction of infrastructure, and a threat to human life and property. Identifying areas with high flood potential is one of the most important tasks in flood control and reducing the damage caused by it. Floods are one of the most serious natural hazards that pose serious threats to residential areas and also pose financial and human risks. Floods rank first in terms of damage caused by earthquakes, volcanoes, and landslides. Cited. Floods can occur not only in the plains but also in mountainous environments. Flood analysis and its relationship to explanatory variables can help water managers identify the most effective variable in floods. Communities, countries, and

continents have suffered severe human losses and economic costs due to the increasing severity and frequency of these natural disasters). In the world due to the increase of these natural disasters, human death in the coming period is probably doubled. Floods are one of the most serious natural hazards that pose a serious threat to residential areas. Climate change and the steady increase in urbanization that occurs with increasing population, followed by an increase in man-made structures, ultimately reduce permeability and possibly further increase the risk of floods and the potential for socio-economic damage. Confirming the growing risks and increasing frequency of flood events, a paradigm shift in flood risk management is observed in many countries, such as Europe. Flood management and mitigation require comprehensive perspectives that take into account a diverse set of flood risk management measures, including active stakeholder engagement, communication, and awareness raising. The present study was conducted in the Neka Rud watershed in Mazandaran province. The use of geographical systems can identify flood-sensitive areas with high accuracy in the shortest time using information layers. This watershed is one of the most important watersheds in the province and its study is of great importance in terms of flood risks due to its high rainfall. Enjoys. The overall purpose of this study is to prioritize sub-basins concerning flooding based on morphological analysis and also to use GIS software as an efficient and cost-effective tool.

M. Zali¹, K. Soleimani², M. Habibnejad Roshan³, M. H. Miryaghoubzadeh⁴

1. MSc. Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
3. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4. Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, West Azerbaijan, Iran

e-mail: m.zali@stu.sanru.ac.ir

In this study, the morphometric study of the watershed was investigated and flood sub-basins were identified. The purpose of this study is to identify areas with high flood potential in the Neka River watershed of Mazandaran province to prevent the risks of this natural disaster and prevent financial and human damage.

Materials and Methods Seventeen Morphometric parameters were determined to describe the watershed and prioritize the sub-basins of the Neka watershed according to the sensitivity to sudden floods. The basic parameters were measured directly from the DEM using GIS techniques and include basin area, basin length, environment, number of streams, and flow lengths for each flow rating. In this study, very important morphometric parameters were quantitatively selected and used for this analysis. These parameters are directly or inversely related to runoff hazards, peak discharge, and soil erosion. These parameters were divided into three parts: linear, uneven, and surface. Finally, sub-basins were prioritized using this method. To assess the morphology of the watershed, a digital elevation map (DEM) with a resolution of 12.5 m was loaded. Morphological parameters are directly or inversely related to the outbreak. After morphological ranking, the values of each sub-basin were collected to classify and determine their susceptibility to flash floods. The values of the sum of morphometric parameters summarized from 0 for the lowest rank value and 1 for the highest rank value to obtain the flood sensitivity index for each sub-basin were normalized and finally evaluated. Clear changes are observed in the basic parameters of watersheds such as area, environment, and length of the basin. These basin parameters are a very remarkable hydrological feature. The watershed area varies from 484.37 square kilometers under the N1 basin to 48.18 km² under the N8 basin. The environment can also be used as an indicator of the shape and size of the watershed. According to the obtained results, there is a high correlation between the area and the watershed environment.

Results and Discussion The Neka Basin was divided into 12 sub-basins using the Hydrology Toolbox from ArcGIS. According to the obtained results, it was found that sub-basins N8 and N9 have a high priority for flooding. The results show that these two sub-basins are very prone to flooding. Also, sub-basins N11 and N12 have a much lower risk of flooding. The total number of 12 sub-basin flows for the watershed is 366681 and for the first time, it constitutes 52% of the total watershed flows. Geometric values for 12 watersheds are shown in the form of a graph and a straight line, where the log values of the flow number are plotted on a graph.

Conclusion Because there are insufficient historical climatic and hydrological records for hydrological modeling, morphometric analysis has been used to assess sub-watershed susceptibility to flooding. The results and analysis obtained in the present study have several fields for practical application and future development. Morphometric analysis of the Neka basin has shown that the watershed is a six-stage drainage system that is very sensitive to flooding. According to the results, sub-basins N8 and N9 have a high risk of flooding. In contrast, the N12 sub-basin has a much lower rate of flooding. The study of the basin showed that the reason for the low flooding below the N12 basin is the shape of the basin and the amount of slope, which has an elongated shape and the area is almost flat in terms of unevenness, which reduces the risk of floods. This study showed that the protection of the region against sudden floods should be the main priority of the competent authorities to protect human lives and agricultural farms and ultimately prevent flood disasters. In this study, it was proved that integration and morphological analysis with GIS can provide a significant tool for understanding the characteristics of watershed sub-basins related to flood management.

Keywords: Flood, Morphological analysis, Prioritization, Nekarood watershed