

۱- مقدمه

جاری شدن سیل یکی از شدیدترین خطراتی است که به زیرساخت‌ها آسیب می‌رساند و منجر به نتایج فاجعه بار در مناطق خشک کوهستانی می‌شود. ایران یکی از کشورهای مستعد سیل در جهان است که در معرض ویران کننده‌ترین حوادث سیل در سالهای ۱۳۶۶، ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ بوده است (۱). سیل ناگهانی در اثر بارندگی بیش از حد در مناطق خشک و نیمه خشک ایجاد می‌شود. سیل‌های ناگهانی، اگرچه مناطق نسبتاً کمتری را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۵-۲۰٪)، اما منجر به آسیب قابل توجه به جان انسان‌ها، دارایی‌ها و معیشت مردم به ویژه در مناطق کوهستانی می‌شوند. تعیین مناطق سیل خیز یکی از استراتژی‌های جهت کاهش تأثیرات سیل است. سیلاب در نتیجه دو گروه متمایز از پارامترها ایجاد می‌شود، دسته اول شامل عوامل هواشناسی است که از نظر مکان و زمان متغیر است و به دلیل تعداد کم ایستگاه هواشناسی با دقت قابل قبول در دسترس نیست و گروه دوم پارامترهای ثابت شامل شرایط ژئومورفولوژی و زمین شناسی غالب حوضه است. از جمله پارامترهای ثابت می‌توان به ویژگی‌های ریخت‌سنجی حوضه اشاره کرد که در حجم و زمان جریان آب باران از مناطق بالادست به سمت قسمت‌های پایین دست موثر اند. سرعت و شدت جریان بیشتر به مشخصات ریخت‌سنجی بستگی دارد. مطالعات ریخت‌سنجی برای اولین بار توسط هورتون و استراهلر در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ انجام گرفت (۸). تجزیه و تحلیل ریخت‌سنجی از طریق اندازه‌گیری مشخصات خطی، سطحی و پستی و بلندی حوضه انجام می‌شود. بسیاری از مطالعات پارامترهای مختلف ریخت‌سنجی مانند ترتیب جریان، مساحت و محیط حوضه، طول جریان، طول حوضه، تراکم زهکشی (Dd)، فرکانس جریان (Fs)، نسبت انشعاب (Br)، بافت زهکشی (T)، نسبت پستی و بلندی (Rr)، عدد ناهمواری (Rn)، زمان تمرکز (Tc) و عامل نفوذ (If) برای تجزیه و تحلیل رفتار حوضه و اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز برای مطالعه ویژگی‌های سیلاب مورد استفاده قرار دادند (۲۲، ۱۳). با به دست آوردن اولویت زیرحوضه‌های یک آبخیز، می‌توان نتیجه گرفت که کدام یک از زیرحوضه‌ها می‌توانند سیلاب بیشتری ایجاد کنند.

در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) کار هیدرولوژیست‌ها را در مطالعه علمی و مدیریت منابع آب تسهیل کرده است. (۴). به طور خاص استفاده از مدل ارتفاع رقومی (DEM) باعث شده است که تعیین مرزهای حوضه و استخراج خصوصیات ریخت‌شناسی حوضه به سهولت انجام شود. مطالعه حاضر به دنبال تعیین و اولویت‌بندی پتانسل تولید سیلاب در زیرحوضه‌های حوضه سد درونگر در استان خراسان رضوی با استفاده از خصوصیات ریخت‌سنجی است که بدین منظور از قابلیت‌های GIS و تحلیل رقومی داده‌ها استفاده شده است.

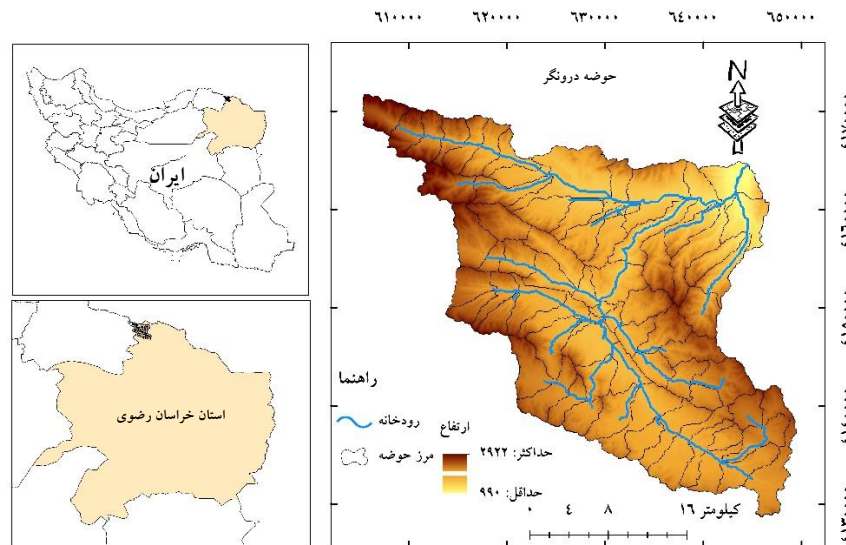
۲- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز مورد مطالعه در شمال شرق ایران در شهرستان درگز در شمال شرق ایران و در مجاورت مرز ترکمنستان قرار دارد. وسعت حوضه ۹۴۱/۱ کیلومترمربع و محیط ۲۴۰ کیلومتر است. حداقل ارتفاع ۹۹۰ متر از سطح دریا در محل خروجی حوضه در زیرحوزه ۳ تا حداکثر ارتفاع ۲۹۲۲ متر از سطح دریا واقع در ارتفاعات زیرحوضه ۶۵ متغیر است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در شرایط آب و هوایی نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۰۴/۲ میلیمتر قرار دارد. همچنین میانگین دمای سالیانه هوای منطقه ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که میانگین گرمترین ماه در تیر با ۲۳/۷ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه با میانگین ۰/۳ درجه در بهمن ماه می‌باشد. حوضه دارای توپوگرافی کوهستانی و شیب دار با شیب متوسط حدود ۳۴/۳ درجه است. حوزه آبخیز درونگر

از نظر ساختاری مربوط به زون کپه‌داغ بوده و شامل دو تیپ زمین‌شناسی سنگ آهک و ماسه سنگ می‌باشد. شکل (۱) موقعیت حوزه مورد مطالعه را در کشور و استان خراسان رضوی نشان می‌دهد.

۳- مواد و روش‌ها

داده‌های استفاده شده در این مطالعه شامل مدل رقومی ارتفاع است که از ماهواره ASTER با دقت مکانی ۳۰ متر از وب سایت سازمان زمین شناسی آمریکا دریافت شد. مرزهای حوضه و شبکه زهکشی و زیرحوضه‌ها با استفاده از اکستنشن‌های Arc Hydro و HEC-GeoHMS در محیط ArcGIS 10.2 مشخص شدند (۴) و حوضه به ۷۴ زیرحوضه تفکیک شد. برای هر زیرحوضه تجزیه و تحلیل ریخت‌سنجی به طور جداگانه برای برآورد تأثیر جریان آب و ایجاد سیل انجام شد. بدین منظور از ۱۲ پارامتر ریخت‌سنجی که در منابع متعدد مورد استفاده قرار گرفته، استفاده شد (۱،۲،۵،۸) مقادیر این پارامترها و روابط مورد استفاده برای هر کدام در جدول (۱) ارایه شده است.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

فاکتور فرم (Ff) به صورت نسبت بین مساحت حوضه و مربع طول حوضه بیان می‌شود (۱۲). مقادیر بالای Ff نشان دهنده تخلیه زیاد در مدت زمان کوتاه و بالعکس است (۵). شاخص فشردگی (Cc) به عنوان نسبت بین طول مرزحوضه زهکشی و محیط دایره‌ای با همان مساحت تعریف می‌شود (۱۱) که نمایش عددی از درجه انحراف شکل حوضه از یک دایره استاندارد را ارائه می‌کند. حوضه‌های دایره‌ای ($Cc=1$) کوتاهترین زمان تمرکز و بیشترین دبی اوج را دارند (۶). ضریب گردی (Rc) به عنوان نسبت سطح حوضه به مساحت یک دایره با محیط یکسان با محیط حوضه تعریف می‌شود که تعیین کننده کارایی زهکشی و در نتیجه خطر سیل است. به طور کلی، رواناب در یک حوضه گرد با دبی اوج بالا به خروجی حوضه می‌رسد اما در حوضه‌های کشیده رواناب در طول زمان توزیع شده و منجر به دبی اوج کمتری می‌شود. ضریب کشیدگی (E) به عنوان نسبت قطر دایره‌ای با مساحت حوضه به حداکثر طول حوضه تعریف می‌شود (۲۰). مقادیر بالای E برای حوضه‌های دایره‌ای بدست می‌آید که خطر سیل بیشتری دارد، زیرا در مقایسه با مقادیر کم E در حوضه‌های کشیده، در مدت کوتاهی اوج جریان را دارند. تراکم زهکشی (Dd) با جمع کل طول شبکه انشعابات در کلیه مرتبه‌های آن در واحد سطح تعریف می‌شود (۱۳). که به معیارهای آب و هوا، نفوذ پذیری، مقاومت مواد سطحی،

تراکم پوشش گیاهی، توپوگرافی و رواناب بسیار حساس است (۲۰). مقدار بالای Dd منعکس کننده تراکم جریان نسبتاً زیاد، رواناب زیاد، واکنش جریان سریع و بنابراین سرعت نفوذ کم است. در مقابل، تراکم زهکشی پایین حوضه‌ها به معنی رواناب کم و نفوذ زیاد است (۱۸). عدد ناهمواری (Rn) پارامتر بدون بعد از تراکم و تخلیه زهکشی است (۹). Rn در زیرحوضه‌های با شیب تند زیاد است که باعث فرسایش، اوج سریع جریان و جاری شدن سیل می‌شود. بافت زهکشی (T) نمایانگر نسبت بین تعداد کل جریان‌ها و محیط حوضه است، بافت زهکشی تابعی از سنگ شناسی، شیب، آب و هوا، پوشش گیاهی و نوع خاک است و به چهار کلاس، بزرگ (> ۴ در هر کیلومتر)، متوسط (۴-۱۰ در هر کیلومتر)، خوب (۱۰-۱۵ در هر کیلومتر)، و بسیار خوب (< ۱۵ در هر کیلومتر) طبقه‌بندی می‌شود (۲۲). فراوانی جریان (Fs) نسبت بین تعداد کل آبراهه‌های همه رتبه‌های حوضه به سطح حوضه است. Fs بالا به معنی ایجاد رواناب بالا است که به طور کلی تابعی از مواد سطحی غیر قابل نفوذ، پوشش گیاهی کم و تسکین زیاد است (۱۹). نسبت انشعاب (Br) یک معیار بدون بعد است که نسبت بین تعداد بخش‌های جریان هر مرتبه و مرتبه بالاتر بعدی را نشان می‌دهد. نسبت انشعاب معمولاً در حوضه‌های زهکشی مسطح حداکثر و در حوضه‌های زهکشی کوهستانی یا جداشده حداقل است (۱۳). نسبت پستی و بلندی (Rr) حوضه یا پستی و بلندی کل به فاصله افقی در امتداد طولانی ترین بعد حوضه، موازی با مسیر اصلی جریان زهکشی اطلاق می‌شود (۲۰). ایده‌ای در مورد سرعت جریان، شیب و وضعیت فرسایش حوضه زهکشی ارائه می‌دهد. Rr بالا بیانگر کاهش زمان تاخیر، اوج تخلیه ناگهانی و احتمال زیاد طغیان است فاکتور شکل (Sf) به طول جریان اصلی و محیط حوضه بستگی دارد. ژئومورفولوژی و خصوصیات سنگ شناسی حوضه نقش مهمی در تعیین شکل حوضه دارند (۲). مقدار کم نشان دهنده پتانسیل زیاد تولید رواناب است (۱۶). طول جریان (Li) زیرحوضه‌های آبنخیز یک ویژگی هیدرولوژیکی مهم است که بر ایجاد رواناب تأثیر مثبت می‌گذارد (۱۶). طول جریان بیشتر نشان دهنده نفوذ کمتر و حجم بیشتر رواناب است که منجر به وقوع سیل ناگهانی می‌شود (۷).

جدول ۱: پارامترهای ریخت‌سنجی مورد استفاده در تحقیق به همراه روابط مربوطه

ردیف	معیار	فرمول	توضیحات	منبع
۱	فرم فاکتور	$FF = \frac{A}{L^2}$	A = مساحت زیرحوضه (Km ²) L = طول زیرحوضه (km)	(۱۲)
۲	شاخص فشردگی	$CC = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$	P = محیط زیرحوضه (km)	(۱۱)
۳	ضریب گردی	$Rc = \frac{4\pi A}{p^2}$		(۱۵)
۴	ضریب کشیدگی	$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$		(۲۱)
۵	تراکم زهکشی	$Dd = \frac{\sum Lu}{A}$	Lu = طول کل جریان‌ها در زیرحوضه (km)	(۱۲)
۶	عدد ناهمواری	$Rn = \frac{\Delta H \times Dd}{100}$	ΔH = اختلاف ارتفاع (km)	(۱۷)
۷	بافت زهکشی	$T = \frac{Nu}{P}$	Nu = تعداد کل جریان‌ها در زیرحوضه	(۲۲)
۸	فرکانس جریان	$Fs = \frac{Nu}{A}$		(۱۳)
۹	نسبت انشعاب	$Br = \frac{Nu}{Nu + 1}$		(۱۳)
۱۰	نسبت پستی و بلندی	$Rr = \frac{\Delta h}{l}$	Δh = اختلاف ارتفاع (m) l = طول زیرحوضه (m)	(۲۱)
۱۱	فاکتور شکل	$SF = \frac{L^2}{A}$		(۱۴)

۱۲	طول جریان	$Li = \sum Lu$	طول کل آبراهه‌ها در زیرحوضه (km)	(۱۳)
----	-----------	----------------	----------------------------------	------

به منظور تعیین درجه سیل خیزی کل، برای پارامترهای با رابطه مستقیم، به بیشترین مقدار هر پارامتر، اولویت ۱ و به کمترین مقدار، اولویت ۷۴ اختصاص داده شد همچنین برای پارامترهای منفی به کمترین مقدار اولویت ۱ و بیشترین مقدار اولویت ۷۴ نسبت داده شد. (۸). در نهایت با محاسبه میانگین رتبه‌های اختصاص یافته به هر پارامتر، رتبه کل بدست آمد. در نهایت میانگین رتبه‌ها نرمال‌سازی شد و زیر حوضه‌ها در پنج کلاس بسیار سیل خیز (۰-۰/۲)، سیل خیز (۰/۲-۰/۴)، متوسط (۰/۴-۰/۶)، کم خطر (۰/۶-۰/۸) و بسیار کم خطر (۰/۸-۱) کلاس بندی شدند.

۴- نتایج و بحث

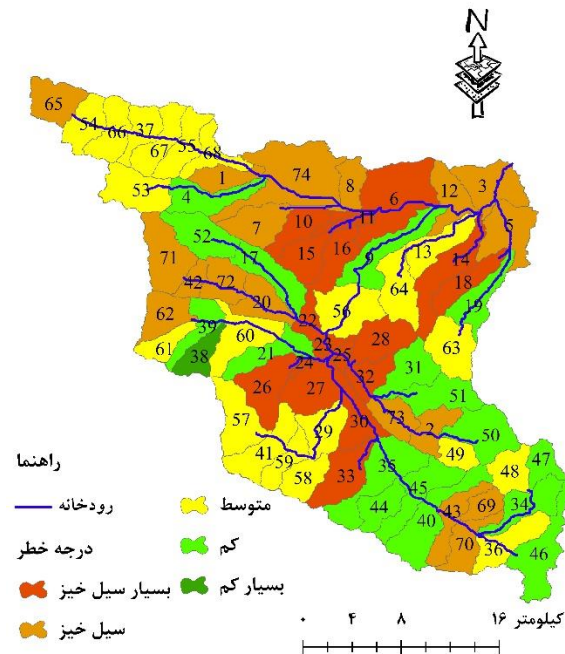
مشخصات آماری پارامترهای ریخت شناسی حوضه درونگر و تاثیر آن در سیلاب حوضه، در جدول (۲) ارایه شده است. مقادیر بالای Ff نشان دهنده تخلیه زیاد در مدت زمان کوتاه است (۵). زیرحوزه ۵۴ بالاترین مقدار فاکتور فرم ۰/۷۷۲ و به دنبال آن زیرحوضه‌های ۶۳ و ۲۳ به ترتیب با مقادیر ۰/۷۴۳ و ۰/۷۴ می‌باشند. شاخص فشردگی (Cc) که نمایش عددی از درجه انحراف شکل حوضه از یک دایره را ارائه می‌دهد در زیر حوضه‌های ۷۲، ۲۷ و ۶۵ کمترین مقدار را دارد که نشان دهنده ظرفیت نفوذ کم یا رواناب زیاد است، در حالی که زیر حوضه‌های ۱۱ و ۴۶ دارای بالاترین مقدار Cc هستند که نشان دهنده ظرفیت نفوذ بالا یا کمترین رواناب نسبت به بقیه زیرحوضه‌ها است (جدول ۲). همچنین بالاترین مقدار ضریب گردی در زیرحوضه ۷۲ به مقدار ۰/۳۹۳ و کمترین در زیرحوضه ۱۱ با مقدار ۰/۱۳۴ است (جدول ۲). ضریب گردی کم نشان دهنده خطر کم سیل است، در حالی که مقدار زیاد نشان دهنده پتانسیل رواناب بالا و در نتیجه رواناب ناگهانی و خطر سیل است. مقادیر ضریب کشیدگی (E) از ۱ در حوضه‌های دایره‌ای تا ۰ در حوضه‌های کشیده متفاوت است. در حوضه درونگر، E از ۰/۳ در زیرحوضه ۱۱ تا ۰/۹ در زیرحوضه ۵۴ متغیر است (جدول ۲). مقدار بالای Dd منعکس کننده تراکم جریان نسبتاً زیاد، رواناب زیاد، واکنش جریان سریع و بنابراین سرعت نفوذ کم است. در این مطالعه، Dd از ۱/۸ کیلومتر در کیلومتر مربع در زیر حوضه ۶۴ تا ۳/۱ کیلومتر در کیلومتر مربع در زیر حوضه ۱۱ متغیر بود. عدد ناهمواری (Rn) در زیرحوضه‌هایی با شیب تند زیاد است که باعث اوج سریع جریان و جاری شدن سیل می‌شود. حوضه آبخیز ۱۴ دارای بالاترین میزان ناهمواری (۲/۷۱) و کمترین مقدار در زیرحوضه ۲۴ با مقدار ۰/۵۷ است. بافت زهکشی (T) در حوضه درونگر از ۰/۳ تا ۰/۹ متغیر بوده (جدول ۲) بنابراین پتانسیل تولید تخلیه اوج سریع بالا را نشان می‌دهد. فرکانس جریان (Fs) بالا به معنی ایجاد رواناب بیشتر است که به طور کلی تابعی از مواد سطحی غیر قابل نفوذ، پوشش گیاهی کم است. در زیرحوضه‌های مختلف مقدار این پارامتر از ۲/۹ به عنوان کمترین سطح برای زیرحوضه ۳۸ تا ۶/۳ به عنوان بالاترین سطح برای زیرحوضه ۳۲ متغیر است (جدول ۲). نسبت انشعاب معمولاً در حوضه‌های زهکشی مسطح، حداکثر و در حوضه‌های زهکشی کوهستانی حداقل است (۱۳). در اینجا، میانگین نسبت انشعاب زیرحوضه ۷۱ با مقدار ۷/۷ بالاترین و زیرحوضه ۱۰ حداقل مقدار ۱/۴ را نشان داد (جدول ۲). Rr زیاد، بیانگر کاهش زمان تاخیر، اوج تخلیه ناگهانی و احتمال زیاد طغیان است. Rr زیرحوضه‌ها از ۰/۲ برای زیرحوضه ۲۳ تا ۰/۰۵ برای زیرحوضه ۱۱ متغیر است (جدول ۲). فاکتور شکل (Sf) نیز از بیشترین مقدار ۸/۶۸ در زیرحوضه ۱۱ و کمترین مقدار ۱/۲۹ در زیرحوضه ۵۴ ثبت شده است. طول جریان بیشتر نشان دهنده نفوذ کمتر و حجم بیشتر رواناب است که منجر به وقوع سیل ناگهانی می‌شود (۷). در میان ۷۴ زیر حوضه، زیرحوضه ۵۴ با مقدار ۹۰/۵۲ دارای بیشترین طول

جریان و در زیرحوضه ۲۴ با مقدار ۵/۶۳ دارای کمترین مقدار می‌باشد (جدول ۲). آبراهه‌های رتبه اول با ۱۱۳۷/۹۴ کیلومتر حداکثر طول را دارند و ۵۰/۲۱ درصد از کل طول جریان‌ها را تشکیل می‌دهند.

جدول ۲: دامنه تغییرات پارامترها

پارامتر	Ff	Cc	Rc	E	Dd	Rn	T	Fs	Br	Rr	Sf	Li
حداقل	۰/۱۲	۱/۵۹	۰/۱۳	۰/۳۸	۱/۸۹	۰/۵۷	۳/۶۵	۲/۹۹	۱/۴۴	۰/۰۶	۱/۲۹	۵/۶۴
حداکثر	۰/۸۷	۲/۷۳	۰/۳۹	۰/۹۹	۳/۰۷	۲/۷۱	۹/۴۵	۶/۳۲	۷/۶۹	۰/۲۴	۸/۶۸	۹۰
دامنه تغییرات	۰/۶۶	۱/۱۴	۰/۲۶	۰/۶۱	۱/۱۸	۲/۱۴	۸۰/۵	۳/۳۳	۶/۲۶	۰/۱۸	۷/۳۹	۸۴/۴
انحراف از معیار	۰/۱۷	۰/۲۹	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۵۰	۱/۰۷	۰/۶۹	۱/۳۳	۰/۰۴	۱/۶۲	۱۳/۶
تاثیر بر سیلاب	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت

نتایج تلفیق مقادیر پارامترها و محاسبه شاخص سیل خیزی کل در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس زیرحوضه‌های ۳۳، ۳۲، ۲۷، ۳۰، ۲۸، ۲۶، ۲۵ و ۲۴ در کلاس بسیار سیل خیز قرار گرفته‌اند (شکل ۲). این زیرحوضه‌ها ۲۳ درصد حوضه را در برمی‌گیرد ۲۴ درصد زیرحوضه‌ها نیز در کلاس سیل خیز قرار می‌گیرد. مقادیر پارامترهای Br، Dd، T، Ff، E، Rr و Rn که با مقدار سیلاب تولیدی رابطه مستقیم دارد در زیرحوضه‌های سیل خیز بالاست. شیب زیاد این زیرحوضه‌ها (۸-۳۲ درجه)، سنگلاخی بودن و کاربری مرتع با پوشش گیاهی ضعیف از دیگر عوامل اولویت بالا و سیل خیز بودن این مناطق می‌باشد.



شکل ۲: کلاس‌های خطر سیل در حوضه مورد مطالعه

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه ۱۲ پارامتر ریخت‌سنجی حوضه درونگر در استان خراسان رضوی به عنوان فاکتورهای مهم کنترل کننده در پاسخ هیدرولوژیکی به سیلاب با استفاده از GIS استخراج شد و با توجه به ارتباط آن با سیلاب ترکیب شد. نتایج نشان داد که ۲۳ درصد زیرحوضه‌ها دارای درجه خطر بسیار بالا، ۲۴ درصد زیرحوضه‌ها در کلاس سیل خیز، ۲۹ درصد در کلاس متوسط، ۲۲ درصد در کلاس کم خطر و تنها یک زیرحوضه (۳۸) در کلاس بسیار کم خطر دسته بندی شده اند. ۵۲ درصد از کل این زیرحوضه‌ها در کلاس‌های متوسط به پایین قرار گرفته‌اند یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که نقشه‌های حساسیت به سیل می‌توانند به برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان برای مقابله با مناطق حساس در برابر سیلاب با استفاده از اقدامات کاهش دهنده یا پیشگیرانه در برابر سیلاب‌های ناگهانی کمک کنند.

منابع

۱. رضایی مقدم، م ح.، حجازی، ا.، ولیزاده، ک خ. ۱۳۹۹. بررسی حساسیت سیلخیزی حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص‌های هیدروژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه آبریز الندیچای، شمال غرب ایران). پژوهش‌های ژئومورفولوژی. ۹ (۲): ۱۹۵-۲۱۴.
2. Abuzied S, Yuan M, Ibrahim S, Kaiser M, Saleem T (2016) Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt. *J Arid Environ* 133:54–72.
3. Adnan M. S. G, Dewan A., Khatun E. Zannat K. E. and Abdullah A. Y. M. (2019). The use of watershed geomorphic data in flash flood susceptibility zoning: a case study of the Karnaphuli and Sangu river basins of Bangladesh. *Natural Hazards*, doi.org/10.1007/s11069-019-03749-3.
4. Ahmed SA, Chandrashekarappa KN, Raj SK, Nischitha V, Kavitha G. 2010. Evaluation of morphometric parameters derived from ASTER and SRTM DEM – a study on Bandihole sub-watershed basin in Karnataka. *J Indian Soc Remote Sens*. 38:227–238.
5. Alam, A., Ahmed, B., & Sammonds, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575, 295-307.
6. Altaf F, Meraj G, Romshoo SA (2013) Morphometric analysis to infer hydrological behaviour of Lidder Watershed, Western Himalaya.
7. Bajabaa S, Masoud M, Al-Amri N (2014) Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia) *Arabian. J Geosci* 7:2469–2481. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0941-2>.
8. Bhatt, S., & Ahmed, S. A. (2014). Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM. *Geocarto international*, 29(8), 878-894.
9. Costa J. E. (1987). Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States. *Journal of Hydrology*, 93, 313-338.
10. Farhan Y, Anaba O, Salim A (2017) Morphometric Analysis and flash floods assessment for drainage basins of the Ras En Naqb Area, South Jordan using GIS Applied Morphometry and Watershed Management Using RS, GIS and Multivariate Statistics (Case Studies), p. 413.
11. Gravelius H (1914) *Flusskunde*. Goschen Verlagshaus dlug Berlin. En Zavoianu, I. 1985. In: *Morphometry of drainage basins*. Elsevier, Amsterdam.
12. Horton R.E. (1932) Drainage basin characteristics. *Trans Am Geophys Union* 13:350–361.
13. Horton RE. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull Geol Soc Am*. 56:276–370.
14. Miller VC (1953) A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in Clinch Mountains Area, Virginia and Tennessee. Technical report, 3 Office of the Naval Research. Department of Geology, Columbia University, New York.
15. Miller VC. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area. Virginia and Tennessee, Proj. NR 389-402, Technical Report 3, New York (NY): Columbia University, Department of Geology, ONR.

16. Nasir, M. J., Iqbal, J., & Ahmad, W. (2020). Flash flood risk modeling of swat river sub-watershed: a comparative analysis of morphometric ranking approach and El-Shamy approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(20), 1-19.
17. Ozdemir, H., & Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. *Environmental Geology*, 56, 1405_1415.
18. Patel D, Gajjar C, Srivastava P. 2012. Prioritization of malesari mini-watersheds through morphometric analysis: a remote sensing and gis perspective. *Environ Earth Sci*. 69:2643–2656.
19. Reddy GPO, Maji AK, Gajbhiye KS (2004) Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 6(1):1–16.
20. Sahu N, Reddy GO, Kumar N, Nagaraju MSS, Srivastava R, Singh SK (2017) Morphometric analysis in basaltic Terrain of Central India using GIS techniques: a case study. *Appl Water Sci* 7(5):2493–2499.
21. Schumm SA. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bull.* 67:597–646.
22. Smith KG. 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *Am J Sci*. 248:655–668.