

ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوضه سرپل ذهاب با استفاده از تحلیل پارامترهای مورفومتریک

منصور پروین*

گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۴/۲۵

چکیده

سیل به عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی هر ساله زیان‌های بسیاری به جوامع انسانی مناطق مختلف دنیا وارد می‌کند. پارامترهای مورفومتری به علت کنترل پاسخ هیدرولوژیکی، نقش مهمی در هیدرولوژی حوضه‌ها دارند. بنابراین تحلیل پارامترهای مورفومتریک یک ابزار مناسب برای ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوضه‌های آبخیز است. حوضه‌ی سرپل ذهاب به علت واقع شدن در دامنه‌های غربی زاگرس، دارای بارش‌های سنگین بوده و به علت شرایط ژئومورفولوژیکی مستعد رخداد مخاطره سیل می‌باشد. هدف این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیل خیزی حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن می‌باشد. ابتدا شبکه‌ی زهکشی و زیرحوضه‌های، حوضه مورد مطالعه از DEM ده متر منطقه استخراج گردید. در روش اول با استفاده از ۹ پارامتر مورفومتری تاثیرگذار بر سیل، درجه خطر سیل خیزی برای حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن محاسبه گردید. در روش دوم مقادیر ۱۲ پارامتر مورفومتری و شاخص (Cv) محاسبه شده و حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه‌های آن از نظر پتانسیل سیل خیزی پهنه‌بندی گردید. نتایج نشان داد، که روش دوم به علت به کارگیری تعداد بیشتر پارامترهای مورفومتری و تاکید بر پارامترهای مرتبط با شکل حوضه از کارایی مطلوبتری نسبت به روش اول برخوردار می‌باشد. به طوری که ۳۲/۶۷٪ مساحت حوضه سرپل ذهاب منطبق بر حوضه ریجاب دارای پتانسیل خطر زیاد، ۵۷/۰۵٪ منطبق بر زیرحوضه‌های قلعه‌شاهین و پاتاق دارای پتانسیل خطر متوسط و ۱۰/۲۷٪ منطبق بر زیرحوضه‌های سراگرام و قلاویز دارای پتانسیل خطر کم سیل خیزی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای مورفومتری، زیرحوضه، پتانسیل سیل خیزی، درجه خطرپذیری، حوضه سرپل ذهاب.

مقدمه

سیل جریانی است، که نسبت به میانگین حجم آب در طول رودخانه بیشتر است (Wohl, 2000). در واقع سیل، آب زیادی است، که با سرعت جاری شده و پهنه‌ی از زمین را که در شرایط عادی زیر آب نبوده در بر گرفته و از بزرگترین بلایای طبیعی می‌باشد (Getahun and Gebre, 2015). براساس گزارش IF-NET (۲۰۰۵) حدود ۲۰٪ تلفات انسانی و ۳۳٪ خسارات ناشی از بلایای طبیعی در جهان متعلق به سیل می‌باشد. (Bukle, 2007) خسارات ناشی از سیل در سال‌های دهه ۲۰۰۰ حدود ۲۱ میلیارد دلار برآورد کرده است. در ایران نیز سیل از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی بوده و در سال‌های گذشته حدود ۷۰٪ اعتبارات سالانه طرح کاهش اثرات بلایای طبیعی و ستاد حوادث غیرمترقبه صرف جبران خسارات ناشی از سیل شده و رشد ۲۵۰٪ خسارات ناشی از سیل در پنج دهه گذشته موید این ادعاست (کریمی فیروزجائی و همکاران، ۱۳۹۶). در میان روش‌های مختلف مطالعه‌ی مخاطره سیل، ارزیابی ویژگی‌های طبیعی حوضه آبریز به درک مسائل هیدرولوژیکی و ژئومورفیک مانند سیل، فرسایش و حرکت توده‌ای کمک می‌کند (Eze and Efiog, 2008). در واقع یکی از مهم‌ترین ابزارها در آنالیز هیدرولوژیکی، بررسی پارامترهای مورفومتریک حوضه است، که ارزیابی رفتار سیستم‌های هیدرولوژیکی حوضه را امکان‌پذیر می‌کند (Angillieri, 2008). بهره‌گیری از اصول ژئومورفولوژیکی برای پتانسیل‌یابی خطر سیل منجر به شناسایی روابط بین پارامترهای مورفومتریک و سیل می‌گردد (Patton, 1988). آنالیز مورفومتریک در مطالعات هیدرولوژیکی ضروری بوده و برای مدیریت حوضه‌های زهکشی

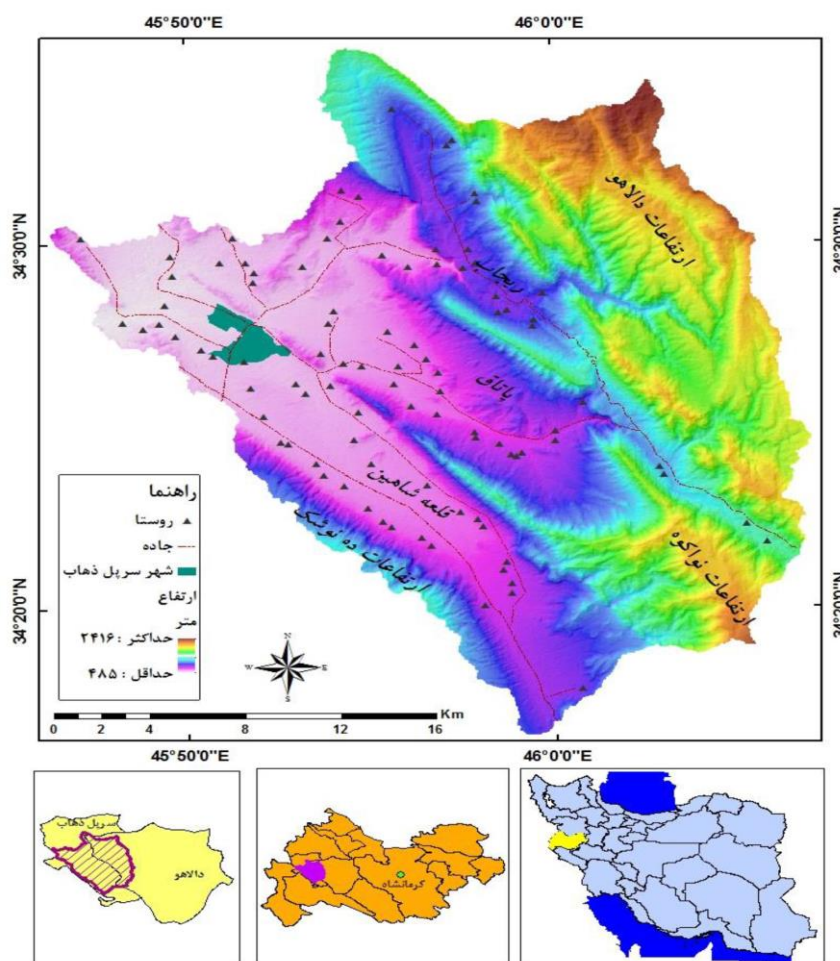
لازم است (Syed et al, 2017). در واقع پارامترهای مورفومتری به شناسایی و درک ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبخیز و ارتباط آنها با سیل کمک می‌کند (Bhatt and Ahmed, 2014). استرالر (Strahler, 1964) آنالیز مورفومتریک را توصیف کمی از سیستم زهکشی به‌عنوان جنبه مهمی از ویژگی‌های حوضه‌های آبریز معرفی می‌کند. این آنالیز شامل محاسبه پارامترهای خطی، شکلی، ناهمواری و شیب حوضه است (Nag and Chakraborty, 2003). ارزیابی مورفومتریک به برآورد اولیه هیدرولوژیکی صحیح جهت پیش‌بینی درست رفتار تقریبی حوضه آبریز با در نظر گرفتن شرایط ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی کمک می‌کند (Angillieri, 2008). پاسخ هیدرولوژیکی حوضه رودخانه با خصوصیات فیزیوگرافی حوضه زهکشی، مانند اندازه، شکل، شیب، تراکم زهکشی و طول جریان‌ها ارتباط دارد (Kumar et al, 2015). به کارگیری پارامترهای مورفومتری در مطالعات مخاطره سیل و تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از آن یک روش مفید، کارآمد و کم هزینه در مدیریت حوضه‌های آبخیز است. زیرا نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل، که به راحتی قابل استفاده بوده، باعث کاهش اثرات زیانبار سیل می‌شوند (Bapalu and Sinha, 2005). بهره‌گیری از مطالعات مورفومتری در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل نیازمند به کارگیری نرم‌افزارهای کامپیوتری جهت افزایش دقت و سهولت در مطالعه است. یکپارچه سازی داده‌ها در محیط GIS برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل از آغاز قرن ۲۱ به طور مداوم ارتقاء یافته است (Zerger and Smith, 2003). حوضه سرپل ذهاب دارای بارش‌های سنگین بوده و شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی آن نیز مساعد ایجاد سیلاب می-

پارامتر مورفومتری، حوضه ال لیتة عربستان را به ۳ پهنه با خطر کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی کردند. پروکا و آنگیلییری (Perucca and Angilieri, 2011) حوضه سن‌جون آرژانتین را براساس پارامترهای مورفومتری از نظر سیل‌خیزی مورد ارزیابی قرار داده و نتایج نشان داد، که این پارامترها می‌توانند نقش مهمی در شناخت رفتار هیدرولوژیکی حوضه داشته باشند. سمسون و همکاران (Samson et al, 2016) با استفاده از پارامترهای مورفومتریک نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه اوو نیجریه را تهیه کرده و بیشتر مساحت حوضه در پهنه‌ی با پتانسیل زیاد خطر قرار دارند. المصطفی (Elmoustafa, 2012) با استانداردسازی پارامترهای مورفومتریک به پهنه-بندی خطر سیل در حوضه‌ی در شرق مصر پرداخت و نتایج بیانگر کارایی این روش در ارزیابی سیل‌خیزی است.

منطقه مورد مطالعه

حوضه‌ی سرپل‌ذهاب در غرب استان کرمانشاه در محدوده‌ی سیاسی شهرستان‌های سرپل‌ذهاب و دالاهو در عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}17'$ تا $34^{\circ}36'$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $45^{\circ}46'$ تا $46^{\circ}05'$ شرقی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه سرپل‌ذهاب ۲۴۱۶ متر در ارتفاعات دالاهو و ۴۸۵ متر در خروجی حوضه در جنوب شهر سرپل‌ذهاب بوده و رودخانه‌ی الوند زهکش اصلی این حوضه می‌باشد.

باشد. برای مثال در مورخه ۱۳۹۷/۷/۳۰ سیل باعث آبگرفتگی ۱۰۰ خانوار در سرپل‌ذهاب گردید. با توجه به عبور رودخانه‌ی الوند از داخل شهر سرپل‌ذهاب و فرارگیری روستا و زمین‌های کشاورزی و تاسیسات انسانی در حواشی این رودخانه پهنه‌بندی خطر سیل در این حوضه لازم و ضروری است. هدف این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن با استفاده از پارامترهای مورفومتریک می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه‌ی سیل و مورفومتری در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است. نیری و همکاران (۱۳۹۵) حوضه‌ی سطح استان کردستان را براساس پارامترهای مورفومتریک به دو دسته تقسیم کرده، که حوضه‌های شرقی استان به علت شرایط توپوگرافی، لیتولوژی و پوشش گیاهی سیل‌خیزتر از حوضه‌های پربارش غرب استان می‌باشند. ابو زید و منصور (Abuzied and Mansour, 2018) با استفاده از پارامترهای مورفومتری حوضه داهاب در مصر را به پنج پهنه-ای خطر سیل تقسیم کرده و مناطق پرخطر داری توپوگرافی ناهموار و لیتولوژی نفوذناپذیر بوده‌اند. سید و همکاران (Syed et al, 2017). با استفاده از پارامترهای مورفومتریک حوضه قره‌قروم پاکستان را از نظر سیل‌خیزی به پنج پهنه تقسیم کرده و دریافتند، عوامل ژئومورفولوژی-زمین‌شناسی نقش زیادی در ایجاد خطر سیل داشته‌اند. باجابا و همکاران (Bajabaa et al, 2014) با ارزیابی ۲۵

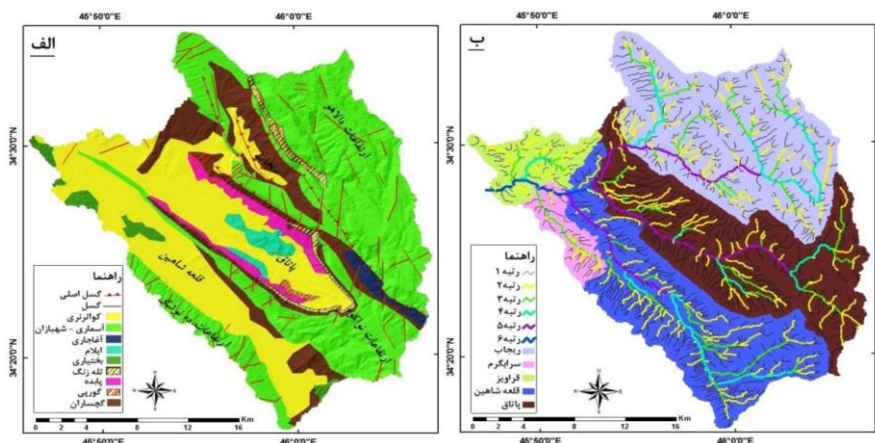


شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه سرپل ذهاب

حوضه سرپل ذهاب در شمال غرب زاگرس حوضه سرپل ذهاب در شمال غرب زاگرس چین خورده واقع شده و از نظر ساختمانی از دشت ناودیسی قلعه شاهین-سرپل ذهاب، کمب پاتاق، ناو ارتفاع یافته ریجاب و بخش‌های از تاقدیس‌های دالاهو، نواکوه و ده نوشک تشکیل شده است. نهشته‌های کواترنری در سطح دشت‌های قلعه شاهین- سرپل ذهاب، کف ناودیس معلق ریجاب و محدوده میانی کمب پاتاق رخنمون دارند. ارتفاعات نواکوه، دالاهو و ده‌نوشک از سازند آسماری شهبازان (دولومیت- آهک) تشکیل شده است. سازندهای ایلام (آهک)، گورپی (شیل-شیل آهکی-آهک‌رسی)، پابده (شیل-آهک‌رسی-مارن)، تله‌زنگ (آهک-شیل-آهک‌رسی)، گچساران (مارن- آهک‌رسی-گچ) و آغاچاری (مارن - ماسه سنگ) در داخل کمب پاتاق رخنمون دارند. کنگلومرای بختیاری نیز در سطح دشت قلعه شاهین - سرپل ذهاب رخنمون یافته است (شکل ۲ الف). از نظر تکنونیک حوضه سرپل ذهاب به شدت تکتونیزه بوده و گسل‌های کردند، ریجاب، پیران و پاتاق گسل‌های اصلی حوضه بوده و دارای روند شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشند. گسل‌های فرعی نیز با جهات مختلف دامنه‌ای تاقدیس‌های حوضه را بریده‌اند. شرایط ژئومورفولوژی حوضه سرپل ذهاب متأثر از ویژگی‌های ساختمانی حوضه می‌باشد. دشت آبرفتی قلعه شاهین- سرپل ذهاب ناودیسی بوده و دشت فرسایشی پاتاق در محدوده کمب پاتاق شکل گرفته است. ناو ارتفاع یافته ریجاب به شدت تحت‌تأثیر عملکرد گسل‌های اصلی حوضه قرار گرفته

کانیون ریجاب در این محدوده شکل گرفته و ارتفاعات حوضه منطبق بر تاق‌دیس‌ها بوده و به علت رخنمون سازندهای کربناته دارای دره‌های عمیق کارستی و دیگر لندفرم‌های کارستی می‌باشند (شکل ۲).

است. تحول ناودیس ریجاب در این سامانه‌ای گسلی نه تنها موجب ارتفاع یافتگی آن به شکل یک قلعه طبیعی شده است، بلکه زمینه ساز شکل‌گیری تقریباً تمام عوارض دیدنی آن مانند تندآب‌ها، آبشارها، تنگ‌ها و دره‌های عمیق نیز بوده است (علائی طالقانی و رحیم‌زاده، ۱۳۹۲).



شکل ۲: الف) نقشه زمین‌شناسی حوضه سرپل‌ذهاب، ب) نقشه زیرحوضه‌ها و شبکه زهکشی حوضه سرپل‌ذهاب

$$\text{HD} = \frac{4(X - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} + 1 \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\text{HD} = \frac{4(X - X_{\max})}{(X_{\min} - X_{\max})} + 1 \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادلات HD درجه خطرپذیری پارامترها، X میزان پارامترهای مورفومتریک و X_{\min} و X_{\max} مقادیر حداکثر و حداقل هر یک از پارامترهای مورفومتریک در حوضه‌ها می‌باشند. معادله ۲ برای محاسبه درجه خطرپذیری پارامتر میانگین وزنی نسبت انشعاب که نسبت معکوس را نشان می‌دهد (Davis, 1975)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. خطرپذیری سایر پارامترها براساس معادله رابطه ۱ محاسبه شده و پهنه‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل خطر سیل خیزی براساس حاصل مجموع پارامترهای نه‌گانه است. پتانسیل خطر سیل براساس این روش به پنج پهنه با پتانسیل خطر کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد و شدید تقسیم شده (جدول ۲) و به ترتیب امتیاز ۱

مواد و روش‌ها

ابتدا در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از DEM ده متر منطقه اخذ شده از سازمان نقشه-برداری کشور، محدوده‌ی حوضه‌ی سرپل‌ذهاب، شبکه‌ی زهکشی و زیرحوضه‌های آن استخراج شده و رتبه‌بندی آبراهه‌ها براساس روش استرالر انجام گرفت. در روش اول ۹ پارامتر مورفومتری مساحت، شاخص شیب، نسبت ناهمواری، میانگین وزنی نسبت انشعاب، فروانی جریان، تراکم زهکشی، شاخص شکل حوضه، عدد ناهمواری و نسبت بافت در حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن (جدول ۱) محاسبه شده و این مقادیر با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی-زمین‌شناسی مورد تحلیل قرار گرفتند. در ادامه درجه خطرپذیری هر یک از پارامترها براساس معادله رابطه ۱ و ۲ محاسبه گردید.

شده براساس تعداد کل حوضه‌ها بوده و از آنجا که تعداد ۶ حوضه‌ها در این مطالعه وجود داشت، هر پارامتر امتیاز بین ۱ تا ۶ را به خود اختصاص داد. مقادیر بالا که دارای تاثیر بیشتری در سیل خیزی بوده بیشترین امتیاز و مقادیر کمتر نیز کمترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهند (Altaf et al, 2014). در ادامه شاخص (Cv) که حاصل میانگین ۱۲ پارامتر مورفومتری است، محاسبه شده و براساس نتایج آن زیرحوضه‌ها به سه پهنه‌ی با پتانسیل خطر زیاد، متوسط و کم سیل خیزی دسته‌بندی می‌گردند (جدول ۱).

تا ۵ را به خود اختصاص داده‌اند (Farhan and Ayed, 2017). در روش دوم ۱۲ پارامتر نسبت انشعاب، فروانی آبراهه، تراکم زهکشی، بافت زهکشی، شاخص فشردگی، فاکتور شکل، نسبت دایره‌ای، نسبت کشیدگی، نسبت لنیزکت، ناهمواری حوضه، عدد ناهمواری و نسبت ناهمواری، که دارای نسبت مستقیمی با رواناب هستند، برای حوضه سرپل ذهاب و پنج زیرحوضه-ی آن با توجه به جدول ۱ محاسبه گردید. برای مقادیر حاصل از هر یک از پارامترها دوازده‌گانه در هر زیرحوضه‌ها امتیاز تعیین گردید. امتیاز تعیین

جدول ۱: پارامترهای مورفومتری مورد استفاده

منبع	فرمول	پارامتر
شوم (۱۹۵۶)	GIS	مساحت (area)
ماجیور و سونکسن (۱۹۹۱)	$SI=(E/0.75VL)100$	شاخص شیب (Slope index)
شوم (۱۹۵۶)	$Rr=(Rf/LB)100$	نسبت ناهمواری (Relief ratio)
استرالر (۱۹۵۲)	$WMRb=\frac{\sum \frac{Rub}{Rub+1}*(Nu+Nu+1)}{\sum N}$	میانگین وزنی نسبت انشعاب (ratio Weighted mean bifurcation)
هورتن (۱۹۳۲)	$F=N\mu/A$	فروانی جریان (Stream frequency)
هورتن (۱۹۳۲)	$D=Lu/A$	تراکم زهکشی (Drainage density)
هاگت (۱۹۵۶)	$Ish = 1.27A/LB^2$	شاخص شکل حوضه (Basin shape index)
میلتون (۱۹۵۷)	$Rn = Rf*D$	عدد ناهمواری (Ruggedness number)
هورتن (۱۹۴۵)	$Rt = \sum Nu/Pr$	نسبت بافت (Texture ratio)
هورتن (۱۹۴۵)	$Rb=Nu/Nu+1$	نسبت انشعاب (Bifurcation ratio)
هورتن (۱۹۴۵)	$Dt = N\mu /P$	بافت زهکشی (Drainage texture)
گراویلیوس (۱۹۱۴)	$c = P2\sqrt{pA}$	شاخص فشردگی (Compactness index)
هورتون (۱۹۳۲)	$F = A/L^2$	فاکتور شکل (Form factor)
میلر (۱۹۵۳)	$Rc = 4\pi A/P2$	نسبت دایره‌ای (Circularity ratio)
شوم (۱۹۵۶)	$Re= 1.128(\sqrt{A} / Lb)$	نسبت کشیدگی (Elongation ratio)
چورلی و همکاران (۱۹۵۷)	$K = 12/4A$	نسبت لنیزکت (Lemniscate ratio)
استرالر (۱۹۵۷)	$Rf=Hmox-Hmin$	ناهمواری (Relief)

جدول ۲: مقادیر پهنه‌های پتانسیل خطر سیل‌خیزی براساس روش محاسبه درجه خطر

پهنه خطر	مقادیر عددی	درجه خطر
خطر کم	۲۰.۹-۱۹	۱
خطر متوسط	۲۲.۹-۲۱	۲
خطر زیاد	۲۴.۹-۲۳	۳
خطر خیلی زیاد	۲۶.۹-۲۵	۴
خطر شدید	۲۸.۹-۲۷	۵

نتایج

حوضه‌ی سرپل‌ذهاب دارای پنج زیرحوضه ریجاب، پاتاق، قلعه شاهین، سراپگرم و قراویز بوده (شکل ۲ ب) و الگوی شبکه‌ی زهکشی در آنها از نوع دندریتیک است. الگو درختی به‌عنوان رایج‌ترین الگو در طبیعت به دو نوع شاخه درختی متراکم و شاخه درختی باز تقسیم می‌شود. الگو شاخه درختی باز در زیر حوضه ریجاب و بخش‌های از حوضه‌های پاتاق و قلعه شاهین بر روی سازند آسماری شهبازان شکل گرفته و الگو شاخه درختی متراکم در چهار زیرحوضه‌ی دیگر بر روی سازندهای غیر کربناته شکل گرفته است. زهکش اصلی حوضه سرپل‌ذهاب که همان رودخانه‌ی الوند است، دارای رتبه ۶ می‌باشد (شکل ۲ ب).

-تحلیل پارامترهای مورفومتری نه گانه حوضه سرپل‌ذهاب و زیر حوضه‌های آن: مساحت حوضه سرپل-ذهاب حدود ۵۹۱ کیلومترمربع است (جدول ۳) و زیرحوضه‌های ریجاب، پاتاق و قلعه‌شاهین با مساحت بیش از ۱۰۰ کیلومترمربع در رده‌های حوضه‌های متوسط و زیرحوضه‌های سراپگرم و قراویز با وسعت کمتر از ۱۰۰ کیلومترمربع در رده‌ی حوضه‌های کوچک قرار دارند. میانگین وزنی نسبت انشعاب در حوضه سرپل‌ذهاب ۴/۰۳ و در زیرحوضه‌های ریجاب و قلعه شاهین بیشتر از ۴ و در سایر زیرحوضه‌ها کمتر از ۴ است. مقادیر بیشتر از ۴ این پارامتر حاکی از کوهستانی و

ناهموار بودن حوضه سرپل‌ذهاب می‌باشد. پارامتر فروانی آبراهه‌ها وابسته به شرایط سنگ‌شناسی، ظرفیت نفوذ، پوشش گیاهی، ناهمواری، میزان بارش و نفوذپذیری مواد زیرسطحی است (Hajam et al, 2013). میزان این پارامتر در حوضه سرپل-ذهاب ۲/۱۶ و در زیرحوضه‌ها بین ۱/۹۹ (پاتاق) و ۲/۴۰ (سراپگرم) متغیر بوده و شرایط لازم برای ایجاد رواناب را دارا می‌باشند. تراکم زهکشی تابع عملکرد اقلیم، سنگ‌شناسی، ساختارهای زمین-شناسی و ناهموری است (Pareta and Pareta, 2011). میزان تراکم زهکشی در حوضه سرپل-ذهاب ۲/۰۷ (Km/Km²) بوده (جدول ۳) و رخنمون سازندهای سخت آهکی در بیش از ۵۰٪ مساحت حوضه سرپل‌ذهاب و بیشتر مساحت زیرحوضه ریجاب سبب پایین بودن مقادیر پارامتر تراکم زهکشی می‌باشد. زیرا رخنمون سازندهای آهکی باعث ایجاد ژئومورفولوژی کارست شده و این امر سبب افزایش نفوذپذیری سطحی و در نتیجه کاهش میزان تراکم آبراهه در زیر حوضه ریجاب و ارتفاعات زیرحوضه‌های قلعه‌شاهین و پاتاق شده است. شاخص شکل حوضه سرپل‌ذهاب ۰/۳۳ و در زیرحوضه‌ها کمترین و بیشترین میزان به ترتیب متعلق به زیرحوضه‌های قلعه شاهین (۰/۲۱) و قراویز (۰/۳۷) است (جدول ۳). مقادیر کمتر این پارامتر نشان‌دهنده‌ی شکل کشیده‌تر حوضه‌ها و در نتیجه سیل‌خیزی کمتر است.

رسوب‌زایی حوضه آبخیز است (Sujatha et al, 2013). میزان این پارامتر برای حوضه سرپل ذهاب ۳/۹۹ و برای زیرحوضه‌ها بین ۰/۶۶ (قراویز) تا ۳/۸۵ (پاتاق) متغیر بوده و بیانگر سیل‌خیزی نسبی حوضه‌ای سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن می‌باشد. پارامتر نسبت بافت متأثر از شرایط سنگ‌شناسی، نفوذپذیری و ناهمواری زمین است (El Maghraby et al, 2014). اسمیت (۱۹۵۸)، حوضه‌های زهکشی را براساس نسبت بافت به درشت (<16,4 Km)، متوسط (۱۶/۶ تا ۱۶ Km-1) و ریز (>16 Km-1) طبقه‌بندی کرد. مقادیر پایین نسبت بافت نشان دهنده‌ی میزان نفوذ بالا و کاهش خطر سیل است. حوضه سرپل ذهاب دارای بافت متوسط و خطر سیل متوسط و زیرحوضه‌های آن دارای بافت درشت و خطر کم سیل می‌باشند.

شاخص شیب شاخصی برای ارزیابی شیب کانال اصلی حوضه بوده و در ارزیابی حجم رواناب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yousif and Bubener, 2015). مقادیر شاخص شیب حوضه‌ی سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن بین ۰/۰۰۷ تا ۰/۰۴۹۶ در نوسان بوده (جدول ۳) و میزان بالای این پارامتر نشان‌دهنده‌ی سیل‌خیزی بیشتر است. نسبت ناهمواری حوضه‌ی سرپل ذهاب و بیشتر زیرحوضه‌های آن نشان دهنده‌ی توپوگرافی ناهموار بوده و مقادیر این پارامتر برای کل حوضه ۴/۲۹ است. نسبت ناهمواری میزان تبدیل انرژی بالقوه به انرژی جنبشی جریان آب در حوضه را کنترل کرده و هر دو پارامتر شاخص شیب و نسبت ناهمواری مستقیماً با سیلاب و غیرمستقیم با زمان تمرکز در ارتباط می‌باشند (باجابا و همکاران، ۲۰۱۴). مقادیر بزرگتر از ۰/۵ پارامتر عدد ناهمواری نشان دهنده‌ی سیل‌خیزی و

جدول ۳: میزان پارامترهای مورفومتری نه گانه در حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه‌های آن

پارامتر	سرپل ذهاب	ریجاب	پاتاق	قلعه شاهین	سرابگرم	قراویز
مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	۵۹۰	۱۹۳	۱۷۸	۱۵۹	۲۳	۳۷
میانگین وزنی نسبت انشعاب	۴۰۳	۴۸۷	۳۲۵	۴۲۱	۳۸۷	۳۴۸
فروانی جریان (در کیلومتر مربع)	۲۰۷	۲۱۲	۱۹۹	۲۳۸	۲۴۰	۲۲۴
تراکم زهکشی (کیلومتر/کیلومتر مربع)	۲۰۷	۱۸۳	۲۲۲	۲۳۶	۲۵۶	۲۱۰
شاخص شکل حوضه	۰.۳۳	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۱۹	۰.۲۰	۰.۳۷
شاخص شیب (/)	۰.۰۳۵۶	۰.۰۴۴۸	۰.۰۴۹۶	۰.۰۳۱۹	۰.۰۱۱۱	۰.۰۰۰۷
نسبت ناهمواری	۴.۲۹	۵.۳۲	۵.۲۶	۴.۹۶	۴.۴۹	۲.۴۲
عدد ناهمواری	۳.۹۹	۳.۳۳	۳.۸۵	۳.۷۵	۱.۵۱	۰.۶۶
نسبت بافت (در کیلومتر)	۷.۰۱	۳.۷۵	۲.۹۵	۳.۲۲	۱.۴۱	۱.۴۷

نسبت انشعاب بین ۳ تا ۴ می‌باشند. مقادیر نسبت انشعاب (جدول ۴) حاکی از کوهستانی بودن تمامی زیرحوضه‌ها و پتانسیل بالای سیل‌خیزی آنها می‌باشد. پارامتر فروانی آبراهه‌ها با نفوذپذیری، ظرفیت نفوذ، ناهمواری و ایجاد رواناب در ارتباط بوده (Eze and Efiog, 2010) و مقادیر بالای آن حاکی از نفوذناپذیری مواد زیرسطحی، ناهمواری

-تحلیل پارامترهای مورفومتری دوازده گانه حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه‌های آن: نسبت انشعاب یک پارامتر مهم تاثیرگذار بر دبی پیک هیدروگراف رواناب بود (Jain and Sinha, 2003) و مقادیر بالای آن حاکی از دبی آبی بالا و رخداد سیل است (Howard, 1990). استرال (۱۹۶۴) معتقد است، که نواحی کوهستانی و پرشیب دارای

شکل یا طرح کلی حوضه و نسبت بین مساحت و طول حوضه می‌داند. مقادیر بالا فاکتور شکل نشان دهنده‌ی پتانسیل بالا برای ایجاد جریان‌های با پیک بالا در زمان کوتاه بوده و مقادیر کم برعکس می‌باشد (Reddy et al, 2004). مقادیر فاکتور فرم در حوضه سرپل‌ذهاب و تمامی زیرحوضه‌های آن حاکی از کشیدگی زیرحوضه و پتانسیل کم سیل-خیزی می‌باشد. استرالر (۱۹۶۴) نسبت دایره‌ی را یک اندازه‌گیری کمی برای تجسم شکل حوضه می‌داند. مقادیر بالای این پارمتر نشان‌دهنده‌ی شکل دایره‌ی، ناهمواری بالا تا متوسط و نفوذپذیری کم در حوضه بوده که باعث ایجاد دبی پیک در زمان کمتر می‌گردد. مقادیر پایین نیز بیانگر شکل کشیده حوضه، زمان تمرکز طولانی و دبی پیک کمتر و پتانسیل سیل‌خیزی کمتر است (التاف و همکاران، ۲۰۱۳). میزان نسبت دایره‌ی حوضه‌ی سرپل‌ذهاب $0/24$ و زیر حوضه‌ی ریجاب $0/28$ است، که نشان دهنده‌ی شکل نسبتاً کشیده‌ی آنها و پتانسیل سیل‌خیزی نسبتاً کم در آنها است. میزان این پارمتر در سایر زیرحوضه‌ها کمتر از $0/19$ است، که حاکی از شکل کشیده آنها و پتانسیل سیل‌خیزی کم آنها می‌باشد. نسبت کشیدگی به درک ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه زهکشی کمک کرده و مقدار آن بین ۱ برای حوضه‌های دایره‌ی تا ۰ برای حوضه‌های کشیده در نوسان بوده و مقادیر بالای آن نشان-دهنده‌ی شکل دایره‌ی حوضه، دبی پیک بالا و پتانسیل سیل‌خیزی بالا است (Singh and Singh, 1997). مقادیر نسبت کشیدگی حوضه سرپل-ذهاب و زیرحوضه قراویز بیش از $0/5$ بوده و حاکی از پتانسیل نسبتاً بالای سیل‌خیزی در آنها است. مقادیر این پارمتر در سایر زیرحوضه‌ها حاکی از شکل نسبتاً کشیده و پتانسیل متوسط سیل‌خیزی

بالا و کم بودن ظرفیت نفوذ است (Patton and Baker, 1976). مقادیر پارمتر فروانی آبراهه در حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن (جدول ۴) حاکی از پتانسیل متوسط سیل‌خیزی آنها می‌باشد. تراکم زهکشی یک عامل مهم کنترل رواناب سطحی است، که بر میزان دبی سیل تاثیرگذار است (Pallard et al, 2009). در مناطق با نفوذپذیری کم، ناهمواری زیاد و پوشش گیاهی کم مقادیر این پارمتر بالا است. مقادیر تراکم زهکشی در زیرحوضه ریجاب $1/83$ (km/km^2) و در حوضه سرپل‌ذهاب و سایر زیرحوضه‌ها بیشتر از 2 (km/km^2) است. تراکم زهکشی بیشتر از 2 (km/km^2)، حاکی از نفوذپذیری کم و سیل-خیزی می‌باشد. بافت زهکشی یک مفهوم ژئومورفولوژیکی است، که بازتاب دهنده‌ی شرایط لیتولوژیکی، ظرفیت نفوذ، ناهمواری و توپوگرافی حوضه است (Rai et al, 2018). براساس طبقه-بندی (Smith, 1958) بافت زهکشی حوضه سرپل‌ذهاب ($7/32$) از نوع بافت متوسط و زیرحوضه‌ها نیز دارای بافت زهکشی درشت می‌باشند، که حاکی از نفوذپذیری مناسب و زمان واکنش دیرتر به بارش و ایجاد رواناب است. شاخص فشردگی عددی از درجه انحراف شکل حوضه از یک دایره استاندارد بوده و متأثر از شرایط لیتولوژیکی، پوشش گیاهی و رژیم اقلیمی حوضه است (Wentz, 2000). حوضه‌های دایره‌ی ($C=1$) دارای کوتاه‌ترین زمان تمرکز قبل از پیک جریان بوده و در حوضه‌های غیر دایره‌ی ($C>1$) برعکس است (التاف و همکاران، ۲۰۱۳). حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن با مقادیر شاخص فشردگی کمتر از ۱ دارای ضریب نفوذ کم، ضریب رواناب بالا و پتانسیل خطر سیل‌خیزی هستند. هورتون (۱۹۴۵) فاکتور شکل را نشان دهنده‌ی

سیل خیزی است. در زیر حوضه‌های قراویز و سراگرام مقادیر این پارامتر کمتر از ۶۰۰ متر بوده و نشان‌دهنده‌ی پتانسیل کم سیل‌خیزی می‌باشد. شاخص عدد ناهمواری منعکس‌کننده‌ی شیب و توپوگرافی حوضه بوده و از شاخص‌های مهم موثر بر رواناب می‌باشند. در حوضه‌های دارای دامنه‌هایی شیب‌دار، سرعت جریان بیشتر، رواناب سطحی سریع‌تر و زمان رسیدن به پیک هیدروگراف کمتر بوده (Masoud, 2016) و به دلیل افزایش ناهمواری و تراکم زهکشی دبی پیک افزایش می‌یابد (پاتون، ۱۹۸۸). میزان پارامتر عدد ناهمواری در حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌ی ریجاب، پاتاق و قلعه شاهین بین ۳/۳۳ تا ۳/۹۹ بوده که حاکی از پتانسیل متوسط سیل‌خیزی این حوضه‌ها بوده و دو زیرحوضه دیگر دارای پتانسیل سیل‌خیزی کمتر می‌باشند. نسبت ناهمواری بالا در حوضه‌های زهکشی نشان‌دهنده‌ی زمان تأخیر کم، سرعت جریان بالا، دبی پیک بالا است (بهات و احمد، ۲۰۱۴). حوضه سرپل ذهاب و تمامی زیرحوضه به جزء زیرحوضه قراویز دارای نسبت ناهمواری بالای ۴ بوده، که نشان‌دهنده‌ی پتانسیل سیل‌خیزی بالای آنها می‌باشد (جدول ۴).

آنها است. نسبت لنینزکات برای تعیین شکل شیب حوضه زهکشی استفاده می‌شود (Chorley et al, 1957). براساس طبقه‌بندی (Lykoudi and Zanis, 2004) مقادیر لنینزکات بین ۰/۵ تا ۱/۸ بیانگر شکل کشیده حوضه، مقادیر کمتر از ۰/۵ بیانگر نزدیکی به حالت دایره‌ی و مقادیر بیشتر از ۲ نیز بیانگر کشیدگی کامل حوضه است. حوضه‌های دارای مقادیر کم لنینزکات دارای زمان تمرکز کم، دبی پیک بالا و پتانسیل سیل‌خیزی بالا هستند (چورلی و همکاران، ۱۹۵۷). مقادیر این پارامتر حاکی از شکل کشیده و پتانسیل کم سیل‌خیزی در حوضه سرپل ذهاب و تمامی زیرحوضه‌های آن می‌باشد. پارامتر ناهمواری یک عامل مهم برای درک ویژگی‌های اصلی حوضه آبخیز، لندفرم‌ها، توسعه شبکه زهکشی، ویژگی‌های رواناب و شرایط فرسایش ناهمواری‌ها است (Patton, 1988). مقادیر بالای این پارامتر باعث نفوذ کم، ضریب رواناب بالا و پاسخ سریع هیدرولوژیکی به رخداد بارش و پتانسیل سیل‌خیزی بالا می‌باشد (Ozdemir et al, 2009). میزان پارامتر نسبت ناهمواری در حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های ریجاب، پاتاق و قلعه شاهین بیش از ۱۵۰۰ متر بوده و نشان‌دهنده‌ی پتانسیل بالای

جدول ۴: میزان پارامترهای مورفومتری دوازده‌گانه در حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه‌های آن

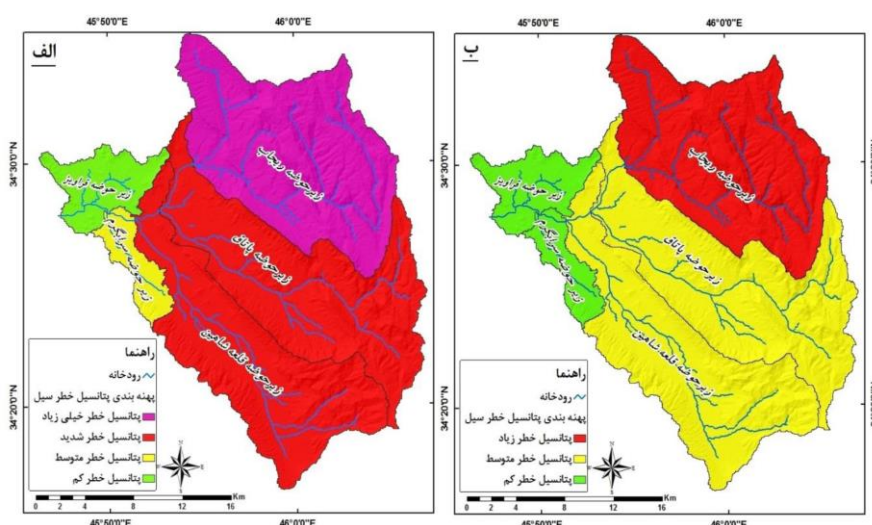
پارامتر	سرپل ذهاب	ریجاب	پاتاق	قلعه شاهین	سراگرام	قراویز
نسبت انشعاب	۴.۰۲	۴.۴۲	۳.۱۸	۴.۱۰	۴.۰۴	۳.۷۴
فروانی جریان (در کیلومتر مربع)	۲.۱۶	۲.۱۲	۱.۹۹	۲.۳۸	۲.۴۰	۲.۲۴
تراکم زهکشی (کیلومتر/کیلومتر مربع)	۲.۰۷	۱.۸۳	۲.۲۲	۲.۳۶	۲.۵۶	۲.۱۰
بافت زهکشی	۷.۳۲	۳.۸۹	۲.۷۵	۳.۲۲	۱.۳۴	۱.۷
شاخص فشردگی	۰.۲۷	۰.۳۴	۰.۴۲	۰.۴۳	۰.۶۷	۰.۵۸
فاکتور شکل	۰.۳۰۴	۰.۱۸۸	۰.۱۶۳	۰.۱۵۵	۰.۱۵۹	۰.۲۱۸
نسبت دایره‌ای	۰.۲۴	۰.۲۸	۰.۱۳	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸
نسبت کشیدگی	۰.۶۳	۰.۴۶	۰.۴۵	۰.۴۳	۰.۴۴	۰.۵۳
نسبت لنینزکات	۰.۸۲	۱.۳۲	۱.۵۲	۱.۶۱	۱.۵۶	۱.۱۴
ناهمواری (متر)	۱۹۳۱	۱۸۲۴	۱۷۳۶	۱۵۹۰	۵۹۳	۳۱۵
عدد ناهمواری	۳.۹۹	۳.۳۳	۳.۸۵	۳.۷۵	۱.۵۱	۰.۶۶
نسبت ناهمواری	۴.۲۹	۵.۳۲	۵.۲۶	۴.۹۶	۴.۴۹	۲.۴۲

خیز می‌باشند. حوضه‌های با نسبت ناهمواری بالا دارای نفوذپذیری کم و ضریب رواناب بالا بوده و در نتیجه دارای درجه خطر سیل‌خیزی بالاتری هستند. حوضه سرپل ذهاب و تمامی زیرحوضه‌های آن براساس میزان درجه خطر این پارامتر دارای خطر سیل‌خیزی بالا هستند. میزان پارامتر عدد ناهمواری و درجه‌ی خطر آن در حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های ریجاب، پاتاق و قلعه شاهین بیانگر سیل‌خیزی بالای آنها می‌باشد. زیرحوضه‌های سراپگرم و قراویز نیز براساس پارامتر عدد ناهمواری دارای خطر متوسط سیل-خیزی هستند. تمامی زیرحوضه‌های حوضه سرپل‌ذهاب دارای بافت درشت و در نتیجه میزان نفوذ بالا و ضریب کم رواناب هستند. مقادیر درجه خطر این پارامتر نیز در تمامی زیرحوضه‌ها بیانگر کم بودن خطر سیل‌خیزی در آنها است. اما حوضه سرپل‌ذهاب دارای نسبت بافت متوسط و درجه خطر متوسط از نظر سیل‌خیزی است. جمع کل مقادیر درجه خطر پارامترهای نه‌گانه مورفومتری در هر زیرحوضه محاسبه گردید (جدول ۵). مقادیر حاصل براساس تقسیم‌بندی جدول ۲ نشان داد، که حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های پاتاق و قلعه شاهین دارای پتانسیل خطر شدید، زیرحوضه ریجاب دارای پتانسیل خطر خیلی زیاد، زیرحوضه سراپگرم دارای پتانسیل خطر متوسط و زیرحوضه قراویز دارای پتانسیل خطر کم سیل-خیزی می‌باشند (شکل ۴ الف).

-ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن براساس محاسبه درجه خطر: از نظر مساحت حوضه‌ی سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های ریجاب، پاتاق و قلعه شاهین امکان ایجاد رواناب را دارا بوده و میزان درجه خطر این پارامتر (جدول ۵) بیانگر خطر نسبی سیل‌خیزی آنها می‌باشد. مقادیر درجه‌ی خطر میانگین وزنی نسبت انشعاب بیانگر کوهستانی بودن حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن، نفوذ کم و خطر سیل بالا در تمامی زیرحوضه‌ها می‌باشد. مقادیر درجه‌ی خطر پارامتر فروانی جریان در حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن بیانگر خطر نسبتاً بالای رخداد سیل در حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های آن است. درجه خطر پارامتر تراکم زهکشی در زیرحوضه کارستی ریجاب کمترین میزان را دارا بوده و سایر زیرحوضه دارای مقادیر درجه خطر متوسط تا زیاد می‌باشند، که حاکی از خطر بالای سیل‌خیزی در آنها است. پارامتر شاخص شکل حوضه بیانگر کشیدگی شکل زیرحوضه‌های پاتاق، قلعه شاهین، سراپگرم و ریجاب بوده و در نتیجه میزان درجه خطر سیل‌خیزی به علت نفوذ بیشتر و زمان تمرکز طولانی کم می‌باشد. در زیرحوضه‌ی قراویز و حوضه سرپل‌ذهاب مقادیر درجه خطر پارامتر شاخص شکل حوضه بیانگر سیل‌خیز بودن آنها است (جدول ۵). براساس شاخص شیب و همچنین مقادیر درجه‌ی خطر این پارامتر حوضه سرپل‌ذهاب و زیرحوضه‌های پاتاق، قلعه شاهین و ریجاب ناهموار و شیب‌دار بوده و در نتیجه سیل-

جدول ۵: میزان درجه خطر پارامترهای مورفومتری در حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن

پارامتر	سرپل ذهاب	ریجاب	پاتاق	قلعه شاهین	سرابگرم	قراویز
مساحت حوضه	۲۳۶	۲۱۹	۲۰۹	۱۹۵	۱۰۴	۱۰۹
میانگین وزنی نسبت انشعاب	۳۰۷	۳۰۹	۳۴۵	۲۸۹	۳۸۷	۳۷۵
فروانی جریان	۲۷۴	۲۳۳	۳۱۱	۳۸۶	۳۴۸	۳۵۶
تراکم زهکشی	۲۳۱	۱۴۳	۳۱۳	۳۰۹	۴۲۱	۲۴۷
شاخص شکل حوضه	۱۸۳	۱۷۳	۱۴۶	۱۱۳	۱۲۲	۱۵۴
شاخص شیب (%)	۳۶۸	۴۵۴	۴۶۷	۳۳۳	۱۳۸	۱۸۷
نسبت ناهمواری	۳۷۸	۴۴۷	۴۴۱	۳۸۷	۳۷۱	۳۲۱
عدد ناهمواری	۴۴۶	۴۲۰	۴۸۳	۴۷۱	۲۰۲	۲۳۴
نسبت بافت	۲۹۸	۲۶۷	۲۱۱	۲۲۹	۱۱۰	۱۰۴
مجموع	۲۷۲۱	۲۶۶۵	۲۸۲۶	۲۷۱۲	۲۲۰۳	۲۰۸۷



شکل ۴: الف) نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه‌ای سرپل ذهاب براساس پارامترهای ۹ گانه، ب) نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه‌ای سرپل ذهاب براساس پارامترهای ۱۲ گانه

ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن با استفاده از شاخص (Cv): پارامترهای دوازده‌گانه‌ای انتخابی رابطه‌ای مستقیمی با رواناب و پتانسیل سیل خیزی دارند. بنابراین مقادیر بالای پارامترها با توجه به تاثیر بیشتر در پارامترهای دوازده‌گانه‌ای انتخابی رابطه‌ای مستقیمی با رواناب و پتانسیل سیل خیزی دارند. بنابراین مقادیر بالای پارامترها با توجه به تاثیر بیشتر در پتانسیل سیل خیزی بیشترین امتیاز (امتیاز ۶) و مقادیر کمتر، پایین‌ترین امتیاز (امتیاز ۱) را به خود اختصاص می‌دهند. جدول ۶ مقادیر

امتیاز اختصاص یافته به هر پارامتر را در هر زیرحوضه نشان می‌دهد. مقادیر شاخص (Cv) برای هر زیرحوضه از میانگین‌گیری از شاخص‌های ۱۲ گانه به دست آمده و بر این اساس حوضه سرپل ذهاب دارای پتانسیل خطر زیاد سیل خیزی می‌باشد. همچنین زیرحوضه ریجاب دارای پتانسیل خطر زیاد، زیرحوضه‌های پاتاق و قلعه شاهین دارای پتانسیل خطر متوسط و زیرحوضه‌های قراویز و سراپگرم دارای پتانسیل خطر کم سیل خیزی می‌باشند (شکل ۴ ب).

جدول ۶: میزان پارامترهای مورفومتری دوازده گانه در حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه‌های آن

پارامتر	سرپل ذهاب	ریجاب	پاتاق	قلعه شاهین	سرابگرم	قراویز
نسبت انشعاب	۳	۶	۱	۵	۴	۲
فروانی جریان	۳	۲	۱	۵	۶	۴
تراکم زهکشی	۲	۱	۴	۵	۶	۳
بافت زهکشی	۶	۵	۳	۴	۱	۲
شاخص فشردگی	۶	۵	۴	۳	۱	۲
فاکتور شکل	۶	۴	۳	۱	۲	۵
نسبت دایره‌ای	۵	۶	۱	۲	۳	۴
نسبت کشیدگی	۶	۴	۳	۱	۲	۵
نسبت لینزکات	۶	۴	۳	۱	۲	۵
ناهمواری (متر)	۶	۵	۴	۳	۲	۱
عدد ناهمواری	۶	۳	۵	۴	۲	۱
نسبت ناهمواری	۲	۶	۵	۴	۳	۱
شاخص CV	۴.۷۵	۴.۲۵	۳.۰۸	۳.۱۶	۲.۸۳	۲.۹۱
پتانسیل خطر	زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	کم	کم

نتیجه‌گیری

سیل از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی ایران و منطقه‌ی زاگرس بوده و معمولاً داده‌های ایستگاه جهت مطالعه وضعیت سیل‌خیزی در بیشتر زیرحوضه‌های کشور در دسترس نمی‌باشد. رخداد سیل تحت‌تأثیر عوامل مختلف ژئومورفولوژیکی، اقلیمی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی است. حوضه سرپل ذهاب در غرب استان کرمانشاه دارای پنج زیرحوضه بوده، که عموماً فاقد داده‌های ایستگاهی مناسب می‌باشند. بنابراین در این مطالعه شرایط ژئومورفولوژیکی حوضه به‌عنوان عامل مهم در پاسخ هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها در نظر گرفته شده و براساس پارامترهای مورفومتریک پتانسیل سیل‌خیزی حوضه سرپل-ذهاب و زیر حوضه‌های مختلف آن با دو روش بررسی گردید. محاسبه درجه خطر براساس نه پارامتر نشان داد، که حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه ریجاب دارای پتانسیل خطر زیاد، زیرحوضه‌های پاتاق و قلعه شاهین دارای پتانسیل

خطر شدید (خیلی زیاد)، زیر حوضه سرابگرم پتانسیل خطر متوسط و زیرحوضه قراویز دارای پتانسیل خطر کم می‌باشد. به عبارتی ۵۷/۰۵٪ مساحت حوضه سرپل ذهاب دارای پتانسیل خطر شدید، ۳۲/۶۷٪ دارای پتانسیل خطر زیاد، ۳/۸۶٪ دارای پتانسیل خطر متوسط و ۶/۴۱٪ دارای پتانسیل خطر کم می‌باشد. در واقع ۸۹/۷۲٪ مساحت حوضه سرپل ذهاب دارای پتانسیل خطر سیل‌خیزی زیاد و شدید است. در روش دوم که براساس محاسبه ۱۲ پارامتر مورفومتری بوده حوضه سرپل ذهاب و زیر حوضه ریجاب دارای پتانسیل خطر زیاد، زیرحوضه‌های پاتاق و قلعه شاهین دارای پتانسیل خطر متوسط و زیرحوضه قراویز و سرابگرم دارای پتانسیل خطر کم می‌باشند. در واقع ۳۲/۶۷٪ مساحت حوضه سرپل-ذهاب دارای پتانسیل خطر زیاد، ۵۷/۰۵٪ دارای پتانسیل خطر متوسط و ۱۰/۲۷٪ دارای پتانسیل خطر کم می‌باشد. بررسی پارامترهای مورد استفاده در هر دو روش نشان می‌دهد، که در

خطر کم می‌باشند. زیرحوضه‌های کشیده و دراز پاتاق و قلعه شاهین، که بخش عمده‌ی از مساحت آنها در محدوده‌ی نهشته‌های نفوذپذیر کواترنری قرار داشته و دارای شیب کم است، دارای پتانسیل خطر متوسط قرار دارند. زیرحوضه ریجاب به علت ناهمواری زیاد دارای دامنه‌های شیب‌دار بوده و از شکل نزدیک به دایره برخوردار است، دارای پتانسیل خطر زیاد است. حوضه سرپل ذهاب نیز در مجموع به علت شرایط کوهستانی و وجود دامنه‌های شیب‌دار در بیش از ۶۵٪ مساحت خود و شکل نزدیک به دایره دارای پتانسیل خطر سیل‌خیزی زیاد است. به کارگیری ۱۲ پارامتر مورفومتری نسبت به ۹ پارامتر مورفومتری و تاکید بیشتر بر پارامترهای مرتبط با شکل حوضه باعث کارایی مطلوب‌تر روش دوم در پتانسیل‌یابی خطر سیل در حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن گردیده است.

روش اول ویژگی‌های خطی آبراهه، ناهمواری، شیب، مساحت و نهایتاً شکل حوضه مورد تاکید بوده، اما در روش دوم تاکید بیشتری بر روی پارامترهای مرتبط با شکل حوضه (شاخص فشردگی، نسبت لینزکات، نسبت دایره‌ی، نسبت کشیدگی و فاکتور شکل) صورت گرفته است. پارامترهای شکلی بر زمان تمرکز، میزان نفوذ و ضریب رواناب تاثیر دارند. در روش دوم پارامترهای ناهمواری و خطی نیز مورد تاکید قرار گرفته‌اند. مقایسه‌ی نتایج دو روش با یکدیگر و شرایط مورفومتری و ژئومورفولوژی حوضه سرپل ذهاب و زیرحوضه‌های آن نشان می‌دهد، که نتایج روش دوم که با تکیه بر ۱۲ پارامتر مورفومتری حاصل شده است، تطبیق بیشتری با شرایط طبیعی حوضه دارد. دو زیرحوضه کوچک و نسبتاً هموار قراویز و سرابرگرم، که دارای شیب کم توپوگرافی بوده و در محدوده نهشته‌های کواترنری با نفوذپذیری مناسب قرار دارند، دارای پتانسیل

منابع

اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: رودخانه نکا، مجله پژوهش‌های کمی، شماره ۴، ص ۱۷۵-۱۷۹.
-نیری، ه، سالاری، م. و میرزا مرادی، ا، ۱۳۹۵.
پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز استان کردستان با به کارگیری شاخص‌های مورفومتری و تحلیل‌های آماری، مجله پژوهش‌های کمی، شماره ۱، ص ۱۸۱-۱۹۰.

-علائی طالقانی، م. و رحیم زاده، ز، ۱۳۹۲. نقش گسل‌کردن در تحول شکل چین‌ها در شمال غرب زاگرس مورد: ناودیس ریجاب، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۰، ص ۱۷۹-۱۹۰.
-کریمی فیروزجایی، م، عبدالهی کاکرودی، ع. و جلوخانی نیارکی، م، ۱۳۹۶. تهیه نقشه خطر سیل مبتنی بر انرژی جریان با استفاده از سیستم

-Abuzied, S.M. and Mansour, B.M., 2018. Geospatial hazard modeling for the delineation of flash flood-prone zones in Wadi Dahab basin, Egypt, *Journal of Hydroinformatics*, v. 21(1), p. 180-206.
-Altaf, S., Meraj, G. and Romshoo, S.A., 2014. Morphometry and land

cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed, *Environmental monitoring and assessment*, v. 186(12), p. 8391-8412.
-Angillieri, M.Y.E., 2008. Morphometric analysis of Colangiùil river basin and flash flood hazard, San

- Juan, Argentina. Environmental geology, v. 55(1), p. 107-111.
- Bajabaa, S., Masoud, M. and 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 Journal of Geosciences, v. 7(6), p. 2469-2481.
- Bapalu, G.V. and Sinha, R., 2005. GIS in flood hazard mapping: A case study of Kosi River Basin, India, GIS Development Weekly, v. 1(13), p. 1-3.
- Bhatt, S. and Ahmed, S.A., 2014. Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM, Geocarto International, v. 29(8), p. 878-894.
- Bukle, P., 2007. Community Based Management: A New Approach to Managing Disasters, Proceeding of ESA Conference, Visions and Divisions, Helsinki, August 28-septemberv, v. 1, p. 364-383.
- Chorley, R.J., Malm, D.E.G. and Pogorzelski, H.A., 1957. A new standard for estimating basin shape, American Journal of Science, v. 255, p. 138-141
- Davis, J.C., 1975. Statics and data analysis in geology, Wiley, New York.
- El Maghraby, M., Masoud, M. and Niyazi, B., 2014. Assessment of Surface Runoff in Arid, Data Scarce Regions; An Approach Applied in Wadi Al Hamd, Al Madinal al Munawarah, Saudi Arabia, Life Science Journal, Elmoustafa, A.M. (2012). Weighted normalized risk factor for floods risk assessment, Ain Shams Engineering Journal, v. 3(4), p. 327-332.
- Eze, B.E. and Efiog, J., 2010. Morphometric parameters of the Calabar River basin: implication for hydrologic processes, Journal of Geography and Geology, v. 2, p. 18-26.
- Farhan, Y. and Ayed, A., 2017. Assessment of Flash-Flood Hazard in Arid Watersheds of Jordan, Journal of Geographic Information System, v. 9(06), p.18-26.
- Getahun, Y.S. and Gebre, S.L., 2015. Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the Awash River Basin in Ethiopia using GIS and HEC-GEORAS/HECRAS Model", Journal of Civil & Environmental Engineering, v. 5(4), p. 1-12.
- Gravelius, H., 1914. Flusskunde, Goschen Verlagshandlung Berlin, En Zavoianu, I. 1985. In: Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, Amsterdam.
- Haggett, P., 1965. Locational Analysis in Human Geography, Edward Arnold Ltd, London.
- Hajam, R.A., Hamid, A. and 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, v. 4(157), p. 176-198.
- Horton, R.E., 1932. Drainage basin characteristics, American Geophysics Union Transactions, v. 13, p. 350-361.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, Geological society of America bulletin, v. 56(3), p. 275-370.
- Howard, A.D., 1990. Role of hypsometry and planform in basin hydrologic response, Hydrol Process, v. 4(4), p. 373-385
- Jain, V. and Sinha, R., 2003. Evaluation of geomorphic control on flood hazard through geomorphic instantaneous unit hydrograph, Current Science, v. 85 (11), p. 1596-1600.
- Kumar, R., Kumar, S., Lohani, A.K., Nema, R.K. and Singh, R.D., 2000. Evaluation of geomorphological

- characteristics of a catchment using GIS, *GIs India*, v. 9(3), p. 13-17.
- Lykoudi, E. and Zanis, D., 2004. The influence of drainage network formation and characteristics over a catchment's sediment yield, In: *Proceedings of second international conference on fluvial hydraulics-river flow*, University of Napoli-Federico II, Naples, p. 793-800.
- Pareta, K. and Pareta, U., 2011. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS, *International journal of Geomatics and Geosciences*, v. 2(1), p. 248-269.
- Majure, J.J. and Soenksen, P.J., 1991. Using a geographic information system to determine physical basin characteristics for use in floodfrequency equations, In: Balthrop BH, Terry JE (eds), *U.S. Geological Survey National Computer Technology Meeting-Proceedings*, Phoenix, Arizona, November 14-18, 1988: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report, v. 90-4162, p. 31-40.
- Masoud, M.H., 2016. Geoinformatics application for assessing the morphometric characteristics' effect on hydrological response at watershed (case study of Wadi Qanunah, Saudi Arabia), *Arabian Journal of Geosciences*, v. 9(4), p. 280-296.
- Melton, M., 1957. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology, Project NR 389-042, Tech. Rept. 11, Columbia Univ.
- Miller, V., 1953. A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee, Project NR389-402, Technical Report 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- Nag, S.K. and Chakraborty, S., 2003. Influence of rock types and structures in the development of drainage network in hard rock area, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, v. 31(1), p. 25-35.
- Ozdemir, H. and Bird, D., 2009. Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point floods, *Environmental Geology*, v. 56, p. 1405-1415.
- Pallard, B., Castellarin, A. and Montanar, A., 2009. A look at the links between drainage density and flood statistics, *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 13, p. 1019-1029.
- Pareta, K. and Pareta, U., 2011. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS, *International journal of Geomatics and Geosciences*, v. 2(1), p. 248-265.
- Patton, P.C., 1988. Drainage basin morphometry and floods, In: Baker VR, Kochel RC, Patton PC (eds) *Flood geomorphology*, Wiley, USA, v. 22, p. 51-65.
- Patton, P.C. and Baker, V.R., 1976. Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls, *Water Resources Research*, v. 12, p. 941-952.
- Perucca, L.P. and Angilieri, Y.E., 2011. Morphometric characterization of Del Molle Basin applied to the evaluation of flash floods hazard, *Iglesia Department, San Juan, Argentina, Quaternary international*, v. 233(1), p. 81-86.
- Rai, P.K., Chandel, R.S., Mishra, V.N. and Singh, P., 2018. Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data, *Applied Water Science*, v. 8(1), p.171-152.

- Reddy, G.P.O., Maji, A.K. and Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 6(1), p. 1-16.
- Samson, S.A., Eludoyin, A.O., Ogbole, J., Alaga, A.T., Oloko-Oba, M., Okeke, U.H. and Popoola, O.S., 2016. Drainage Basin Morphometric Analysis for Flood Potential Mapping in Owu Using Geospatial Techniques, *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, v. 4(3), p. 1-8.
- Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambos, New Jersey, *Geological Society of America Bulletin*, v. 67, p. 597-646.
- Singh, S. and Singh, M.C., 1997. Morphometric analysis of Kanhar river basin, *National Geographic J India*, v. 43(1), p. 31-43
- Smith, K.G., 1958. Standards for grading texture of erosional topography, *American Journal of Science*, v. 248(9), p. 655-668.
- Strahler, A.N., 1964. Part II. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, *Handbook of Applied Hydrology: McGraw-Hill, New York*, v. 17, p. 4-39.
- Strahler, A., 1952. Dynamic Basis of Geomorphology, *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, p. 938-949.
- Strahler, A., 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, *Transactions, American Geophysical Union*, v. 38, p. 913-920.
- Sujatha, E., Selvakumar, R., Rojasimman, U. and Victor, R., 2013. Morphometric Analysis of Sub-Watersheds in Part of Western Ghats, South India Using ASTER DEM. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 6, p. 326-341.
- Syed, N.H., Rehman, A.A., Hussain, D., Ishaq, S. and Khan, A.A., 2017. Morphometric analysis to prioritize sub-watershed for flood risk assessment in Central Karakoram National Park using GIS/RS approach, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 4, p. 367-382.
- Wentz, E.A., 2000. A shape definition for geographic applications based on edge, elongation and perforation, *Geographical Analysis*, v. 32(2), p. 95-112.
- Wohl, E.E., 2000. *Inland flood hazards: human, riparian, and aquatic communities*, Cambridge University Press.
- Yousif, M. and Bubenzer, O., 2015. Geoinformatics Application for Assessing the Potential of Rainwater Harvesting in Arid Regions, Case Study: El Daba'a Area, Northwestern Coast of Egypt, *Arab Journal of Geosciences*, v. 9, p. 9169-9191.
- Zerger, A. and Smith, D.I., 2003. Impediments to using GIS for real-time disaster decision support, *Comp, Environ Urban Sys*, v. 27, p. 123-141.