



مدل سازی سیلاب در حوضه های آبریز با استفاده از تحلیل آماری و ویژگی های مورفومتری مطالعه ی موردی: حوضه های آبریز استان کردستان

فاطمه منبری^۱، امجد ملکی*^۲، هادی نبیری^۳

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۳- استادیار ژئومورفولوژی، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، کردستان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۹

چکیده

تجزیه و تحلیل مورفومتری حوضه های زهکشی و شبکه رودخانه، نقش مهمی در شناخت رفتار هیدروژئولوژیکی حوضه زهکشی ایفا می کند و در حوضه های فاقد آمار می تواند ابزاری مفید برای پیش بینی سیلاب باشد. از این رو تحقیق حاضر با هدف مدل سازی سیلاب و ارتباط آن با متغیرهای مورفومتری با استفاده از رگرسیون چندمتغیره انجام گرفت. روش پژوهش مبتنی بر استخراج پارامترهای مورفومتری و تحلیل های آماری شامل بررسی ضریب همبستگی و تحلیل رگرسیون خطی می باشد. در همین راستا ابتدا حوضه های مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10.5 تعیین و حدود هر یک مشخص شده است. سپس ویژگی های مورفومتری آنها استخراج شده است. دبی سیلاب نیز در دوره های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ ساله با استفاده از نرم افزار ایزی فیت بازسازی شده است. برای مدل سازی ابتدا رابطه خطی بین هر یک از متغیرهای مورفومتری به عنوان متغیر مستقل با دبی سیلاب به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفته و بعد از اطمینان از وجود رابطه ی خطی بین متغیرها و دبی سیلاب همبستگی بین هر یک از متغیرها و دبی سیلاب محاسبه شد. متغیرهایی که بیشترین همبستگی را دارند مشخص گردید که این متغیرها عبارت بودند از مساحت حوضه، طول حوضه و طول جریان سطحی. با استفاده از رگرسیون چند متغیره اقدام به مدل سازی برای متغیرهای مستقل و دبی سیلاب گردید. نتایج نشان می دهد که هر چه دوره بازگشت سیلاب افزایش می یابد ارتباط بین متغیرهای مستقل و دبی سیلاب افزایش می یابد به طوری که همبستگی مساحت با دوره ی برگشت ۲۵ ساله ۰/۶۰۹ و با دوره ی بازگشت ۲۰۰ ساله ۰/۶۷۷ می باشد. همچنین مدل های ارائه شده با استفاده از تحلیل رگرسیون چندمتغیره در دوره های بازگشت بالاتر از ۲۵ تا ۵۰۰ سال دارای اعتبار بیشتری برای پیش بینی سیلاب می باشد. به طوری که ضریب تبیین دوره ی ۵ ساله برابر با ۰/۳۲۵ و دوره ۵۰۰ ساله برابر با ۰/۵۲۱ می باشد.

کلمات کلیدی: دبی سیلاب، دوره ی بازگشت، رگرسیون چندمتغیره، متغیرهای مورفومتری، استان کردستان، غرب ایران.

۱- مقدمه

حوضه آبریز یک واحد ایده‌آل به منظور مدیریت منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار است (خان^۱، ۲۰۰۱: ۱۴۳۰). شناخت عوامل هیدروژئومورفولوژیک و عملکرد آن‌ها در حوضه آبریز، به منظور شناخت و مدیریت محیط آن، اهمیت زیادی دارد (مکرم و همکاران، ۱۳۹۶). خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها، نه تنها بر رژیم هیدرولوژیک آن‌ها از جمله میزان آبدهی سالانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و رسوب تولیدی اثر مستقیم دارد، بلکه به‌طور غیرمستقیم با تأثیر بر ویژگی‌های آب و هوا و وضعیت اکولوژی و پوشش گیاهی رژیم آبی حوضه آبریز را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. تجزیه و تحلیل مورفومتری حوضه‌های زهکشی و شبکه کانال، نقش مهمی در شناخت رفتار جوی و هیدروژئولوژیکی حوضه زهکشی ایفا می‌کند و بیان‌کننده اقلیم غالب، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و ساختار حوضه است (حاجام^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). از طرفی عواملی همچون افزایش بارش، تغییر کاربری اراضی و افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع می‌تواند باعث افزایش سیل-خیزی در حوضه آبریز شود (مصطفی‌زاده و مه‌ری، ۱۳۹۷). خصوصیات فیزیوگرافی در هر حوضه تقریباً ثابت بوده و اهمیت‌شان از این جهت است که میان آن‌ها و رواناب حوضه، رابطه وجود دارد. بنابراین برای حوضه‌هایی که در آن‌ها ایستگاه‌های دبی‌سنج وجود ندارد و یا دوره‌ی برداشت داده‌ها برای بررسی کافی نیست، می‌توان از این روابط استفاده کرد و مقدار رواناب یا شدت سیلاب را تخمین زد و بین دبی با دوره‌های بازگشت و مورفومتری حوضه‌ها رابطه برقرار کرد (قنواتی، ۱۳۸۲).

در سال‌های اخیر، تحلیل کمی ویژگی‌های مورفومتری حوضه با استفاده از معیارهای ریاضی به‌طور گسترده برای اهداف متعدد به‌ویژه برای ارزیابی پتانسیل خطر سیلاب حوضه‌های زهکشی انجام شده است (بات^۳، ۲۰۱۹). مطالعات مورفومتری در زمینه هیدرولوژی ابتدا توسط هورتون^۴ و استرالر^۵ در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ آغاز شد. هدف آن‌ها مطالعه ویژگی‌های مهم جریان رودخانه‌ای و تمایز آن‌ها از سایر ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری جریان رودخانه بود. یکی از اولین ویژگی‌های مورفومتری رودخانه که کمی شد، سلسله مراتب بخش‌های مختلف جریان بود. بعدها محققان در سایر نقاط جهان با توجه به اهمیت این موضوع تحقیقات متعددی در این زمینه انجام دادند. بررسی ویژگی‌های مورفومتری زیرحوضه‌های آبریز، در حوضه آبریز تونز نشان داد که عمق بالای سطح آب با مقادیر کم فراوانی جریان و مقدار نفوذپذیری ارتباط دارد (میشرا^۶ و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۷۱). تحلیل مورفومتری حوضه آبریز ویشاو برای مطالعات ژئوهیدرولوژیکی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نشان داد که توسعه مقاطع رودخانه در حوضه، تحت تأثیر بارندگی، دبی آب‌های زیرزمینی و ذوب برف است و

1- Khan
2- Hajam
3- Batt

4- Horton
5- Strahler
6- Mishra

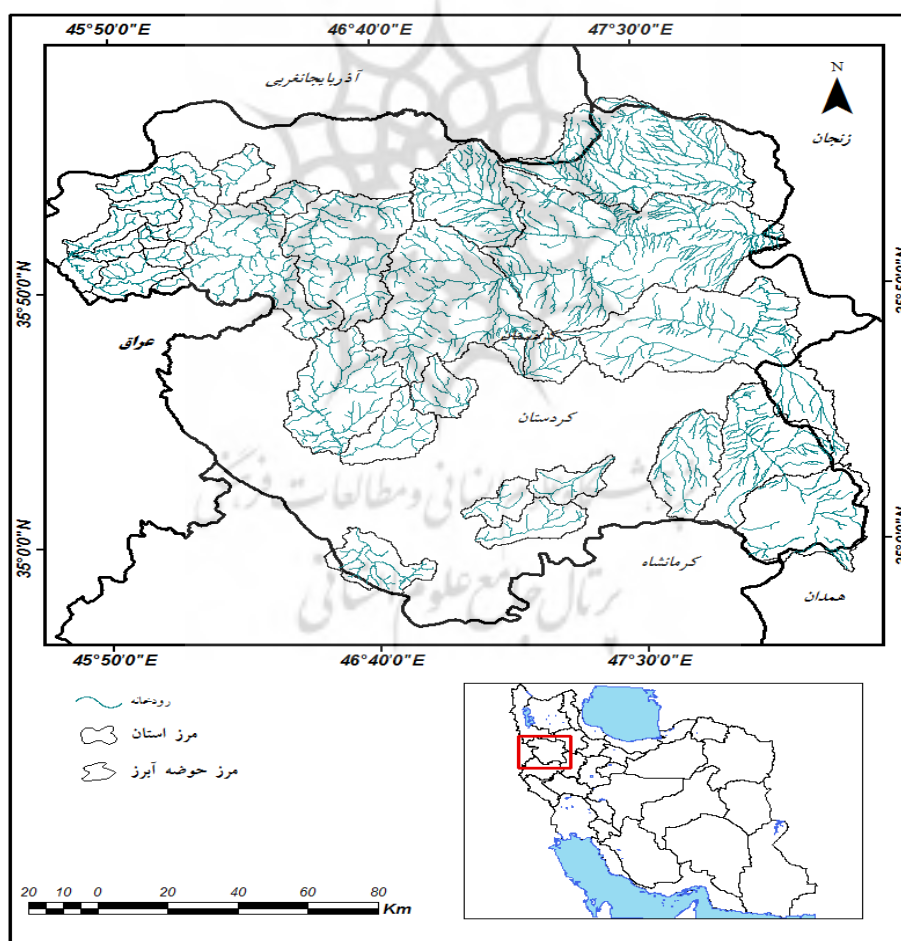
همچنین بیان شد که تجزیه و تحلیل مورفومتریک حوضه زهکشی، به‌طور کامل حالت تعادل دینامیکی حوضه را به دلیل ارتباط میان ماده و انرژی به دست می‌آورد (حاجام و همکاران، ۲۰۱۳: ۱). اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوضه آبریز دوداهاالا واقع در جنوب هند با استفاده از تجزیه و تحلیل مورفومتریک و ابزار سنجش‌ازدور مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که حوضه‌های دارای وسعت کم و مقادیر پایین پارامترهای مورفومتریک در نظر گرفته شده برای تجزیه و تحلیل، دارای جریان پیک نسبتاً بالا برای مدت کوتاه است (ایننتال و همکاران، ۲۰۱۵: ۹۱). مورفومتری حوضه او^۱ در ارتباط با پتانسیل سیلاب، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که معیشت افراد و جان آن‌ها در این مناطق به سبب مستعد بودن در برابر وقوع سیلاب در خطر است و آمادگی در برابر خطرات قریب‌الوقوع، ضروری است (سامسون و همکاران، ۲۰۱۶: ۲). فرهان و همکاران (۲۰۱۸) اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز از نظر فرسایش در جنوب اردن با استفاده از تحلیل‌های مورفومتریک، GIS و آمار چندمتغیره مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داده شد که حوضه‌های آبریز مورد مطالعه با توجه به کلاس‌های شناسایی شده کاملاً با هم متفاوت بوده و شرایط فرسایش خاک و شرایط ژئومورفیک از یک کلاس به کلاس دیگر کاملاً متفاوت می‌باشد (فرهان و همکاران، ۲۰۱۸: ۴۳۷). حوضه‌های آبریز وادی گابگابا و وادی علاقی با استفاده از GIS و سنجش از دور مورد تجزیه و تحلیل هیدرومورفیک قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استفاده از تحلیل‌های آماری می‌توان ویژگی‌های حوضه آبریز را ارزیابی نمود و پتانسیل هیدرولوژیکی حوضه را ترسیم و یک طرح جامع برای مدیریت پایدار حوضه‌های آبریز تهیه کرد (همدان، ۲۰۲۰: ۳۸). حساسیت حوضه‌های آبریز به سیلاب‌های ناگهانی در جنوب شرق بنگلادش با استفاده از پارامترهای مورفومتری مورد ارزیابی قرار گرفت. با انتخاب ۱۸ پارامتر مورفومتری مطالعه فوق صورت گرفت و نشان داد که تجزیه و تحلیل پارامترهای مورفومتریک بینش مفیدی در مورد پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌های زهکشی به رخداد بارندگی با شدت بالا ارائه می‌دهد و این اطلاعات برای درک پتانسیل سیل ناگهانی حوضه‌های زهکشی و برای اجتناب از تخریب‌های ناشی از خطر سیلاب ارزشمند است (آلام و همکاران، ۲۰۲۱: ۲۹۵). تأثیر ویژگی‌های هندسی آبریزها بر سیلاب‌های لحظه‌ای در حوضه‌های شمال البرز مورد بررسی گرفت و نشان داد که برای تعیین همگنی نیاز به اندازه‌گیری تعداد زیادی از پارامترهای هندسی نیست، بلکه در منطقه مورد مطالعه پارامتر مساحت، ارتفاع متوسط، شیب رودخانه، درصد پوشش جنگلی، تراکم زهکشی و بارش متوسط سالیانه نقش تعیین‌کننده داشته و متغیر مساحت عامل اصلی در تعیین همگنی بوده است (غیائی و همکاران، ۱۳۸۳: ۲). تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های سردآبرود، چالوس و کورکورسر با استفاده از متغیرهای مورفومتری نشان داد که متغیر تعداد کانال رود بهترین متغیر مستقل برای تشکیل معادله رگرسیون خطی و برآورد سیلاب می‌باشد (بزرگمهر، ۱۳۸۹: ۸۹). مدل‌سازی

جریان در رودخانه جاجرود با استفاده از رگرسیون چندمتغیره نشان داد که از بین خصوصیات مورفومتری فاکتورهای مساحت حوضه، طول آبراهه اصلی، ضریب شکل، ضریب تراکم، زمان تمرکز و مجموع طول آبراهه نقش زیادی در مدل سازی سیلاب دارند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۶۴). بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه های آبریز استان کردستان، با بکارگیری شاخص های مورفومتری و تحلیل های آماری، نشان داد که حوضه های واقع در خوشه یک، دارای مقادیر استاندارد شده بالا و به تبع آن پتانسیل سیل خیزی بیشتری هستند که چنین استنباط می شود برآیند تأثیرگذاری لیتولوژی و ساختار منطقه بر روی مورفومتری حوضه ها و در نهایت سیل خیزی آن ها باشد. به این ترتیب، نفوذناپذیری بالای لیتولوژی دگرگونی موجود در محدوده مطالعاتی، زمینه ای برای بالارفتن شاخص های موجود و به تبع آن افزایش پتانسیل سیل خیزی آن شده است (نیری و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۸۱). پهنه بندی شدت سیل خیزی در حوضه آبریز میشخاص با استفاده از تحلیل عاملی - خوشه ای نشان داد که عامل شکل حوضه با مقدار ویژه ۷/۶۴ مهم ترین عامل در سیل خیزی حوضه مورد مطالعه می باشد (حلبیان و عسگری، ۱۳۹۶: ۱۵۳). از روش تحلیل خوشه ای و رگرسیون چند متغیره برای ارزیابی پتانسیل سیل خیزی در حوضه آبریز رودخانه مارون با تأکید بر پارامترهای هیدروژئومورفولوژی استفاده گردید. با استفاده از روش تحلیل خوشه ای حوضه های مورد مطالعه به سه حوضه همگن تقسیم بندی گردیده و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS و رگرسیون چندمتغیره مدل های هیدروژئومورفولوژیکی سیلاب مناطق همگن در دوره های بازگشت مختلف را تدوین شد (شریفی پیچون و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۵). بررسی مورفومتری و اثر آن در دبی در دوره های مختلف، یک عامل موثر در کاهش یا افزایش دبی در دوره های گوناگون است و تاکنون در مطالعات هیدروژئولوژی توجهی به دوره ی بازگشت، مطالعات مورفومتری و دبی نشده است. بنابراین ضرورت دارد این موضوع بررسی شود. لذا در این راستا و با توجه به اهمیت موضوع، نیاز به بررسی عملکرد حوضه های آبریز استان کردستان و همچنین ارتباط ویژگی های مورفومتری حوضه ها و دبی در دوره های بازگشت معین، جهت مدیریت صحیح تر منابع آب و کنترل و پیشگیری از خطرات سیلاب در این استان ضروری است. بنابر این هدف پژوهش حاضر مدل سازی سیلاب و ارتباط آن با متغیرهای مورفومتری با استفاده از رگرسیون چندمتغیره می باشد.

۲- مواد و روش

محدوده ی مورد مطالعه شامل ۳۲ حوضه آبریز می باشد که بین طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و در محدوده ی استان های کردستان، آذربایجان غربی، همدان، زنجان و کرمانشاه گسترده شده است. وسعت محدوده حدود ۱۹۰۲۸/۶۴ کیلومتر مربع می باشد که بخش اعظم آن در استان کردستان قرار دارد (شکل ۱). با توجه به تغییرپذیری بارش در سطح استان کردستان و کوهستانی بودن این منطقه، میزان سیل خیزی در این منطقه

بسیار بالاست. این منطقه همواره خسارت‌های قابل توجهی را به سبب رخداد سیلاب متحمل شده است. از این میان می‌توان به سیل ناشی از بارندگی‌های رگباری ۲۳ تیر ۱۳۷۸ و بارندگی‌های رگباری ۲۱ مرداد ۱۳۸۴ اشاره کرد (حیدری، ۱۳۸۵: ۴۳۹). در چندسال اخیر نیز می‌توان به سیل ۲۷ و ۲۸ تیرماه ۱۳۹۴ در شهرستان‌های سقز، بانه، دیواندره و زرینه اشاره کرد که موجب خسارت به مغازه‌ها، معابر، منازل مسکونی و خودروها، زمین‌های زراعی و مسدود شدن مسیرهای ارتباطی در شهرستان‌های سقز و دیواندره شد (خبرگزاری ایسنا، دوشنبه ۲۹ تیر ۱۳۹۴).



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure (1): The study area

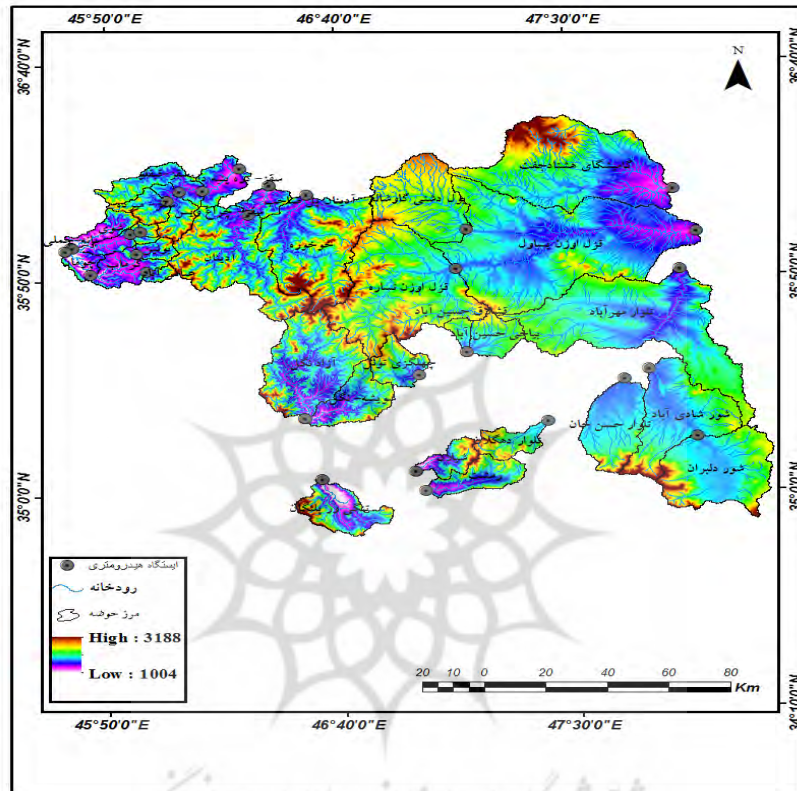
در این پژوهش به منظور مدل‌سازی سیلاب ابتدا محدوده حوضه‌های منتخب با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰۰) و نرم‌افزار ARC GIS 10.5 مشخص گردید. و شاخص‌های مورفومتری مرتبط با سیلاب استخراج و برای تمامی حوضه‌های مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۱).

جدول (۱): پارامترهای مورفومتری انتخاب شده^۱

Table (1): Selected morphometric parameters

شماره	پارامتر	علامت اختصاری	فرمول ریاضی	مرجع	محققینی که اخیراً از آنها استفاده کرده‌اند
۱	مساحت حوضه	A	$A =$ مساحت داخلی حوضه	شیوم، ۱۹۵۶	نیری ۱۳۹۵، مصطفی‌زاده، ۱۳۹۶.
۲	طول حوضه	L_b		شیوم، ۱۹۵۶	مصطفی‌زاده، ۱۳۹۶. سامسون، ۲۰۱۶.
۳	تراکم زهکشی	D_b	$D_d = L_u/A$ $L_u =$ مجموع طول آبراهه‌ها	هورتون، ۱۹۴۵	همدان، ۲۰۲۰. شریفی بیچون و همکاران، ۱۳۹۸
۴	نسبت انشعاب	R_b	$A =$ مساحت حوضه $R_b = N_u/N_u+1$ $N_u =$ تعداد آبراهه‌ها در رده معین $N_u+1 =$ تعداد آبراهه‌ها در رده بالاتر	هورتون، ۱۹۴۵	فرهان و همکاران، ۲۰۱۸. رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰
۵	فراوانی آبراهه‌ها	F_u	$F_u = N/A$ $N =$ تعداد آبراهه‌ها در همه رده‌ها	هورتون، ۱۹۶۴	بزرگمهر، ۱۳۸۹.
۶	طول جریان	L_o	$L_o = L_1+L_2+L_3 \dots\dots+L_n$	استرالز، ۱۹۶۴	آلام، ۲۰۲۱. مصطفی‌زاده، ۱۳۹۶
۷	ضریب فرم	R_f	$R_f = A/L_b^2$ $A =$ مساحت حوضه $L_b =$ طول حوضه	هورتن، ۱۹۳۲	غیائی و همکاران، ۱۳۸۳.
۸	شکل حوضه	B_s	$B_s = L_b^2/A$ $L_b^2 =$ مربع طول حوضه $A =$ مساحت حوضه	استرالز، ۱۹۶۴	مقیمی و همکاران، ۱۳۸۸. آلام، ۲۰۲۱
۹	ضریب کشیدگی	R_c	$R_c = \sqrt{A}/\pi/L_b$ $A =$ مساحت حوضه $L_b =$ طول حوضه	شیوم، ۱۹۵۴	عابدینی و همکاران، ۱۴۰۰. آریال و همکاران، ۲۰۲۰
۱۰	ضریب گردی	R_c	$R_c = A/A_c = 4\pi\pi/P^2$ $A =$ مساحت حوضه km^2 ، $P =$ محیط حوضه، $A_c =$ مساحت دایره که مساحتی برابر با حوضه دارد.	میلر، ۱۹۵۳	آلام ۲۰۲۱، عابدینی ۱۴۰۰
۱۱	ضریب فشردگی	C_c	$C_c = L_{bm}^2/A$ $L_{bm} =$ بزرگ‌ترین طول حوضه	میلر، ۱۹۵۳	مقیمی و همکاران، ۱۳۸۸.
۱۲	نسبت بافت	T	$T = N_u/P$ $N_u =$ مجموع تعداد آبراهه‌ها در یک حوضه معین	اسمیت، ۱۹۵۰. هورتون، ۱۹۴۵	همدان، ۲۰۲۰. شریفی بیچون و همکاران، ۱۳۹۸

۱- محققین زیادی در داخل و خارج از ویژگی‌های مورفومتری و فرمول‌های ذکر شده در مطالعات خود استفاده نموده‌اند. در اینجا فقط تعدادی به عنوان نمونه ذکر شده است



شکل (۲): مدل رقومی ارتفاعی و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure (2): Digital Elevation Model and location of hydrometric stations of the study area

در مرحله‌ی بعد دوره‌های بازگشت بر اساس داده‌های پیک لحظه‌ای سیلاب با استفاده از توابع توزیع احتمال مشخص گردید و آزمون نرمال بودن داده‌ها صورت گرفت.

در مرحله سوم، نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کلوموگروف-اسمیرونوف تک نمونه‌ای استفاده گردید.

در مرحله چهارم، در درجه‌ی اول همبستگی بین متغیرها و سیلاب با دوره‌های بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. معمول‌ترین ضریب همبستگی که برای محاسبه ضریب همبستگی فاکتورهای کمی محاسبه می‌شود ضریب همبستگی پیرسون می‌باشد. از آنجا که متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش کمی می‌باشند از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین متغیرها استفاده گردید. برای محاسبه ضریب همبستگی

پیرسون نیاز به یک شاخص دیگر به نام کوواریانس می‌باشد. یعنی ابتدا باید کوواریانس را محاسبه و بعد بر اساس میزان کوواریانس ضریب همبستگی را محاسبه نماییم. کواریانس از طریق فرمول ۱ محاسبه می‌شود:

$$\text{COV}(X, Y) = E[(X - E(X))(Y - E(Y))] = E[XY] - E(X) \cdot E(Y) \quad (1)$$

در این رابطه‌ی X متغیر مستقل و Y متغیر وابسته می‌باشد.

ضریب همبستگی پیرسون نیز با فرمول ۲ محاسبه می‌شود:

$$\text{ضریب همبستگی} = \frac{E(XY) - E(X) \cdot E(Y)}{\sqrt{\text{Var}(X) \text{Var}(Y)}} \quad (2)$$

در این رابطه نیز X متغیر مستقل و Y متغیر وابسته می‌باشد.

در مرحله پنجم، برای دستیابی به مدل مناسب پیش‌بینی سیلاب از روش‌های رگرسیون چندمتغیره استفاده گردید. در مدل رگرسیون چندمتغیره رابطه یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل به طور همزمان مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. یکی از فرض‌های لازم در تحلیل رگرسیون عدم وجود همخطی میان متغیرهای مستقل می‌باشد. چرا که همبستگی بالای متغیرهای مستقل باعث شده که نتایج تحلیل رگرسیون مطلوب نباشد. به همین دلیل قبل از تحلیل رگرسیون همخطی بین متغیرها بررسی گردید و بعد از اطمینان عدم وجود همخطی بین متغیرها تحلیل رگرسیون انجام گردید. متغیر وابسته در این پژوهش سیلاب و شاخص‌های مورفومتری، متغیرهای مستقل می‌باشد. رگرسیون چندمتغیره در حقیقت، ارتباط بین یک سری از متغیرهای مستقل را با یک متغیر مورد نظر بیان می‌کنند. در صورت وجود متغیرهای مستقل $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ اگر بخواهیم ارتباط خطی بین آنها و متغیر Y که وابسته به آنها است ایجاد کنیم رابطه‌ی زیر بین آنها برقرار می‌باشد (جلالی لیچایی و بیدهندی، ۱۳۸۵: ۱۴۲).

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n + \quad (3)$$

که در این مدل a_0 ضریب ثابت مدل رگرسیونی و a_1, a_2, \dots, a_n با عنوان ضرایب رگرسیون $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ متغیرهای مستقل که همان متغیرهای مورفومتریکی می‌باشند و e نشان‌دهنده‌ی خطای مدل رگرسیون است. تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- بررسی همبستگی بین سیلاب و متغیرهای مورفومتری

از آنجا که داده‌های مورد مطالعه تحقیق حاضر متغیرهای کمی می‌باشد از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین متغیرها استفاده گردید. نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و داده‌هایی که نرمال

نبودند نرمال گردید. جهت توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کلوموگروف-اسمیرنوف تک‌نمونه‌ای استفاده گردید. بررسی ضریب همبستگی بین متغیرها نشان می‌دهد که سیلاب با بیشتر متغیرهای مورفومتری (جدول ۲) دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد و در سیلاب‌های با دوره‌ی بازگشت بالاتر این ضریب همبستگی بیشتر می‌باشد (جدول ۳). نکته قابل توجه این است که ضریب همبستگی و سطح معناداری متغیرها تا حد معینی با افزایش دوره‌های بازگشت افزایش می‌یابد اما در یک حدی دوباره با افزایش دوره‌ی بازگشت ضریب همبستگی روند کاهشی می‌یابد. بررسی همبستگی بین متغیر مساحت، محیط، طول، تراکم زهکشی، طول جریان سطحی، ضریب فرم، ضریب کشیدگی، ضریب گردی و نسبت بافت نشان داد که همبستگی این متغیرهای در دوره‌های بازگشت ۲ ساله و ۵ ساله بسیار پایین بوده (به عنوان مثال ضریب همبستگی مساحت با دوره‌ی بازگشت ۲ ساله ۰/۰۰۶ و با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله ۰/۲۵۱ می‌باشد) به نحوی که می‌توان از این همبستگی صرف نظر کرد. ولی با افزایش دوره‌ی بازگشت به دوره‌های ۱۰، ۲۰ ساله و بیشتر تا ۲۰۰ ساله به تدریج میزان همبستگی افزایش می‌یابد (به عنوان مثال ضریب همبستگی مساحت با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله ۰/۴۲۵ و با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله ۰/۶۷۷ می‌باشد). اما از دوره‌ی بازگشت ۵۰۰ ساله به بعد دوباره میزان ضریب همبستگی کاهش می‌یابد (جدول ۴).

جدول (۲): ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های مورد مطالعه

Table (2): Morphometric characteristics of the studied basins

کد	نام	A	L	D	R _b	F _u	L _o	R _f	B _s	R _e	R _c	C _c	T
۱	عباس آباد	۴۹/۶۵	۹/۵	۰/۹۰	۵/۴۵	۱/۰۵	۱۲/۱۰	۰/۵۵	۲/۹۵	۰/۶۶	۰/۳۶	۱/۶۶	۱/۲۵
۲	چومان	۱۱۵/۲	۱۴/۱۵	۱/۰۹	۲/۲۱	۰/۹۵	۲۵/۴۷	۰/۵۸	۵/۶۲	۰/۴۸	۰/۲۹	۱/۸۵	۱/۵۵
۳	گرماب	۲۴۸/۴	۲۵/۹	۱/۰۸	۵/۵۶	۱/۴۷	۳۱/۵۱	۰/۳۷	۳/۹۹	۰/۵۷	۰/۲۸	۱/۸۸	۳/۴۵
۴	بوئین	۹۷/۱	۱۳/۱۵	۱/۰۵	۷/۴۶	۰/۹۸	۱۶/۵	۰/۵۶	۲/۸	۰/۶۷	۰/۳۷	۱/۶۳	۱/۶۶
۵	بانه-جملی	۱۰۴/۶	۲۰/۶	۱/۱۸	۴/۹۱	۱/۰۹	۱۲/۳۸	۰/۲۵	۷/۶۶	۰/۴۱	۰/۲۳	۲/۰۷	۱/۵۱
۶	بانه-کوره پزی	۳۸/۴۵	۹/۱۴	۱/۰۱	۵/۰۴	۱/۰۹	۱۰/۶۱	۰/۴۶	۲/۹۳	۰/۶۶	۰/۲۹	۱/۸۴	۱/۰۳
۷	بانه- بنه خوی	۲۹/۴۲	۶/۲	۰/۹	۳/۱۷	۱/۲۶	۵/۸۳	۰/۷۷	۱/۱۶	۱/۰۵	۰/۳۵	۱/۶۸	۱/۱۴
۸	شوی	۱۶۴/۵	۲۴/۹	۱/۱۴	۲/۰۶	۱/۵۴	۳۴/۱۴	۰/۲۷	۷/۰۹	۰/۴۲	۰/۲۲	۲/۱۱	۲/۶۲
۹	آدینان	۹۵۱/۱	۴۶/۴	۱/۰۲	۵/۲۹	۱/۲۵	۷۰/۲۸	۰/۵۱	۴/۵۳	۰/۵۳	۰/۲۰	۲/۲۳	۵/۱۸
۱۰	خوخوره	۱۲۳۷/۵	۵۰/۹	۱/۰۸	۳/۶۱	۱/۲۹	۸۴/۲۷	۰/۴۸	۵/۷۴	۰/۴۷	۰/۲۵	۱/۹۷	۶/۴۴
۱۱	سقز- میرده	۱۶۸/۳	۲۰/۲	۰/۹۸	۷	۰/۹۵	۲۵/۴۵	۰/۴۱	۳/۸۵	۰/۵۸	۰/۳	۱/۸	۱/۹
۱۲	آدینان پل صاحب	۱۴۴/۵	۱۴/۴	۱/۱۷	۲/۸	۰/۹۱	۲۲/۱۱	۰/۷	۳/۳۸	۰/۶۱	۰/۳۵	۱/۶۸	۱/۸۱
۱۳	سقز- چراغ ویس	۱۹۶/۶	۲۱/۳	۱/۰۱	۷/۷۵	۱/۲۱	۳۱/۹۹	۰/۴۳	۵/۲۱	۰/۵۰	۰/۲۳	۲/۱۰	۲/۲۸
۱۴	سقز- قبقلو	۳۰۳/۹	۳۵/۷	۱/۰۷	۱/۶۷	۱/۲۰	۵۸/۹۶	۰/۲۴	۱۱/۴	۰/۳۳	۰/۱۷	۲/۴	۲/۴۳
۱۵	سقز- دره پنبه‌دان	۲۱۴/۷	۲۰/۴	۱/۲۶	۸/۱۱	۱/۱۷	۲۵/۶۴	۰/۵۲	۳/۰۶	۰/۶۵	۰/۲۹	۱/۱۸۶	۲/۵۷
۱۶	رمشت	۳۱۱/۹	۳۴	۰/۹۴	۲/۱۳	۱/۰۵	۴۰/۷	۰/۲۷	۵/۳۱	۰/۴۹	۰/۲۶	۱/۹۵	۲/۶۷

ادامه‌ی جدول (۲):
Con. Table (2):

کد	نام	A	L	D	R _b	F _u	L _o	R _f	B _s	R _e	R _c	C _c	T
۱۷	شیلان	۱۹۰	۲۲/۸	۰/۷۷	۱/۴۲	۰/۷۹	۲۵/۲	۰/۳۷	۳/۳۴	۰/۶۲	۰/۲۵	۱/۹۸	۱/۵۴
۱۸	شور-دلبران	۱۰۲۳/۹	۴۰	۱/۱۴	۱/۲۴	۱/۰۲	۶۴/۶	۰/۶۴	۴/۰۶	۰/۵۶	۰/۳۰	۱/۸۲	۵/۰۲
۱۹	تلوار- دهگلان	۲۲۶/۵	۲۷/۶	۲۷/۶	۱/۳۴	۰/۹۷	۳۰	۰/۳۰	۴/۵۲	۰/۵۳	۰/۲۳	۲/۰۶	۱/۹۸
۲۰	تلوار-حسنخوان	۵۹۵/۱	۴۰/۵	۴۰/۵	۱/۸۲	۱/۳۱	۴۸/۵	۰/۳۶	۳/۹۵	۰/۵۷	۰/۳۴	۱/۶۹	۵/۲۹
۲۱	شویشه- نگل	۴۰۹/۱	۳۲/۱	۳۲/۱	۱/۵۵	۰/۷۵	۶۹/۵	۰/۴	۱/۱۸	۰/۳۳	۰/۲۸	۱/۸۸	۲/۲۶
۲۲	شور شادی‌آباد	۹۶۷/۳	۴۸	۴۸	۲/۶۸	۰/۷۶	۶۲/۷	۰/۴۲	۴/۰۶	۰/۵۶	۰/۲۱	۲/۱۴	۳/۱۰
۲۳	چهل‌گری تونل	۲۶۹	۲۰/۲	۲۰/۲	۱/۳۵	۰/۹۲	۲۴/۶	۰/۶۶	۲/۲۵	۰/۷۵	۰/۲۹	۱/۸۳	۲/۳۱
۲۴	قشلاق حسین‌آباد	۷۶/۷	۱۵	۱۵	۲/۲۹	۰/۹۵	۱۷	۰/۳۴	۳/۷۷	۰/۵۸	۰/۳۰	۱/۷۷	۱/۳۲
۲۵	آزاد نگل	۱۰۰۳/۷	۴۷	۴۷	۱/۲۲	۰/۶۴	۴۱/۵	۰/۴۵	۱/۷۲	۰/۸۶	۰/۳	۱/۸	۳/۱۶
۲۶	بیایخی حسین‌آباد	۲۴۹/۹	۲۱/۳	۲۱/۳	۱/۸۸	۰/۶۹	۲۵	۰/۵۵	۲/۵	۰/۷۱	۰/۳۵	۱/۶۸	۱/۸۲
۲۷	تلوار مهرآباد	۱۹۹۸	۶۲	۶۲	۱/۲۰	۰/۵۷	۹۴/۷	۰/۵۲	۴/۴۹	۰/۵۳	۰/۱۳	۲/۷۳	۲/۶۴
۲۸	قزلاوزن نساره	۱۶۹۴/۷	۴۸	۴۸	۱/۵	۰/۶۹	۷۱/۱	۰/۷۴	۲/۹۸	۰/۶۵	۰/۲۳	۲/۰۷	۳/۸۵
۲۹	قزلاوزن یساول	۲۷۸۹/۲	۸۶	۸۶	۶/۲۸	۰/۷۰	۱۱۱/۵	۰/۳۸	۴/۴۶	۰/۵۴	۰/۲۲	۲/۱۱	۴/۸۹
۳۰	یولکشتی گاوشاله	۸۳۴/۵	۳۸/۳	۳۸/۳	۱/۳۹	۰/۶۵	۵۰/۵	۰/۵۷	۳/۰۶	۰/۶۴	۰/۳۲	۱/۷۵	۳
۳۱	گامیشگی هشتادجفت	۱۷۷۹/۲	۷۴	۷۴	۴/۷۲	۰/۴۳	۹۰/۳	۰/۳۲	۴/۵۸	۰/۵۲	۰/۲۵	۲	۰/۵۳
۳۲	تنگی‌ور پلنگان	۴۰۵/۹	۲۶/۳	۲۶/۳	۱/۳۲	۰/۹۰	۴۰	۰/۵۹	۳/۹۴	۰/۵۷	۰/۲۶	۱/۹۳	۲/۶۲

جدول (۳): دوره‌های بازگشت محاسبه شده با استفاده از توابع توزیع احتمال توسط نرم‌افزار Easy Fit
Table (3): Return periods calculated using probability distribution functions by Easy Fit software

کد	نام	QT ₂	QT ₃	QT ₅	QT ₁₀	QT ₂₅	QT ₅₀	QT ₁₀₀	QT ₂₀₀	QT ₅₀₀
۱	عباس‌آباد	۲۲/۳۵	۲۷/۲	۳۱/۸	۳۶/۵	۴۱/۱	۴۳/۷۸	۴۶	۴۷/۸	۴۹/۶
۲	چومان	۲۴۲/۵	۲۶۳	۲۸۶	۳۲۵/۴	۳۹۹	۴۷۷/۵	۵۸۳/۴	۷۳۶/۴	۹۹۴/۸
۳	گرماب	۲۰۰	۲۶۳/۶۴	۳۲۳	۳۸۴/۱	۴۴۴	۴۷۹	۵۰۷	۵۳۰	۵۵۳/۳
۴	بوئین	۴۳/۱۵	۷۰/۰۵	۶۳/۱	۷۳/۶	۸۴/۷۲	۹۱/۹	۹۸/۴	۱۰۴/۳	۱۱۱/۵
۵	بانده-جملی	۴۶/۵	۷۵/۵	۶۸	۷۹/۳	۹۱/۳	۹۹	۱۰۶	۱۱۲/۴	۱۲۰/۲
۶	بانده-کوره‌پزی	۱۷/۳	۵۵/۹	۲۴/۶۲	۲۸/۳	۳۱/۸	۳۳/۹	۳۵۲/۶	۳۷	۳۸/۴
۷	بانده-بنه‌خوی	۲۲	۳۸/۲	۷۷	۱۵۷	۲۹۹	۴۵۲	۵۸۷/۶	۷۷۶	۹۸۵
۸	شوی	۳۲/۷	۴۰	۴۶/۵	۵۲/۹	۵۸/۷	۶۱/۹	۶۴/۳	۶۶/۱	۶۸
۹	آدینان	۱۸۹/۱۸	۲۳۳/۸۵	۲۸۳/۲	۳۴۴/۶	۴۲۱/۵	۴۷۸/۳	۵۳۴/۹	۵۲۷/۵	۶۶۷/۳
۱۰	خوخوره	۷۳/۷	۹۷/۹۷	۱۳۳/۵	۱۹۵/۵	۳۱۵/۳	۴۴۸/۸	۵۳۶/۵	۹۰۱/۴	۱۴۲/۷
۱۱	سقز-میرده	۹۳/۷	۱۱۲	۱۳۰/۳	۱۴۹	۱۶۶/۳	۱۷۵	۱۸۱/۶	۱۸۶/۳	۱۹۰/۵
۱۲	آدینان پل صاحب	۱۸۲/۸	۲۲۴/۸	۲۷۲/۲	۳۳۲/۶	۴۱۰	۴۶۸/۴	۵۲۷/۵	۵۸۷/۵	۶۶۹
۱۳	سقز-چراغ‌ویس	۹۴/۳	۱۰۴	۱۱۳/۷	۱۲۸/۵	۱۵۳/۷	۱۷۸/۳	۲۰۹	۲۴۷	۳۱۲/۴

ادامه ی جدول (۳):

Con. Table (3):

QT500	QT200	QT100	QT50	QT25	QT10	QT5	QT3	QT2	نام	کد
۵۰۲/۹	۳۸۵/۲	۳۱۴	۲۵۵/۶	۲۰۷	۱۵۵/۷	۱۲۴/۸	۱۰۵/۵	۹۲	سقر-قبقلو	۱۴
۳۹۱	۳۲۲/۷	۲۷۸/۵	۲۳۹/۷	۲۰۵/۵	۱۶۵/۷	۱۳۸/۲	۱۱۸	۱۰۰	سقر- دره پنبه دان	۱۵
۷۴۵/۴	۳۴۸/۳	۱۹۶/۲	۱۱۰/۴	۶۲	۲۹	۱۶	۱۰/۲	۶/۸	رمشت	۱۶
۹۷/۵	۷۵	۶۰/۶	۴۸	۳۷	۲۴/۵	۱۶/۵	۱۱/۲	۷/۱۶	شیلان	۱۷
۸۱۰/۸	۶۶۰/۸	۵۵۱/۹	۴۴۷/۹	۳۴۷/۹	۲۲۷/۱	۱۴۳/۵	۸۷/۹	۴۸/۸	شور-دلبران	۱۸
۱۱۰/۶	۹۳	۷۹/۳	۶۵/۳	۵۱/۲	۳۳/۲	۲۰/۷	۱۲/۵	۶/۹	تلوار- دهگلان	۱۹
۳۱۵/۵	۳۱۱	۳۰۵	۲۹۳/۸	۲۶۹/۸	۲۰۱	۱۱۷	۶۵/۵	۲۳/۸	تلوار-حسن خوان	۲۰
۲۷۰/۷	۲۱۸/۸	۱۸۰/۷	۱۴۲/۸	۱۰۶/۵	۶۱/۷	۳۲	۱۴/۹	۶/۳	شویشه- نگل	۲۱
۷۴۹/۳	۵۵۰	۳۹۹	۲۸۳/۷	۱۴۰/۲	۵۴/۷	۲۶/۴	۱۵	۹/۳	شور شادی آباد	۲۲
۳۰۷/۵	۲۳۱/۲	۱۸۰/۱	۱۳۴/۸	۹۵/۵	۵۳	۲۸/۸	۱۵/۴	۷/۸	چهل گزی تونل	۲۳
۳۵۸/۲	۱۸۸/۲	۱۱۵	۷۰	۴۲	۲۱	۱۱/۸	۷/۴	۴/۷	قشلاق حسین آباد	۲۴
۷۹۴/۶	۶۴۷/۷	۵۴۱	۴۳۹	۳۴۱	۲۲۲/۶	۱۴۰/۷	۸۶/۲	۴۷/۸	آزاد نگل	۲۵
۱۲۵/۲	۷۵	۵۰/۸	۳۴	۲۳	۱۳/۲	۸/۳	۵/۶	۳/۷	بیایخی حسین آباد	۲۶
۱۵۵۵	۱۳۵۴	۱۱۲۳	۸۵۶	۶۳۳	۲۴۸	۱۱۷/۱	۶۳/۱	۳۵/۲	تلوار مهرآباد	۲۷
۱۰۲۴	۸۱۲/۳	۶۶۲	۵۲۱/۴	۳۹۱/۷	۲۴۰/۱	۱۴۳/۷	۸۵/۵	۴۹/۵	قزلاوزن نساره	۲۸
۱۰۸۹	۹۱۷	۸۷۸/۴	۶۵۹	۵۳۲	۳۶۸	۲۴۸/۱	۱۶۳/۸	۱۰۱/۴	قزلاوزن یساول	۲۹
۱۱۹۷	۵۹۵	۳۵۰	۲۰۵/۲	۱۱۹/۳	۵۶/۶	۳۰/۵	۱۸	۱۰/۷	یولکشتی گاوشاله	۳۰
۴۲۱/۵	۳۴۶	۲۸۹/۸	۲۳۵	۱۸۱/۷	۱۱۵/۴	۷۰	۴۱/۷	۲۳/۶	گامیشگای هشتادجفت	۳۱
۶۳۸/۳	۳۸۴	۲۶۱/۸	۱۷۸/۸	۱۲۲/۳	۷۳/۹	۴۹/۷	۳۶/۲	۲۷/۱	تونگی ور پلنگان	۳۲

جدول (۴): بررسی همبستگی بین متغیرها و سیلاب با دوره های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ سال

Table (4): Checking the correlation between variables and floods with return periods of 2 to 500 years

T500	T200	T100	T50	T25	T10	T5	T2		
۰/۶۳۶**	۰/۶۹۵**	۰/۶۸۸**	۰/۶۸۱**	۰/۶۳۱**	۰/۴۶۱**	۰/۲۹۵	۰/۰۴۵	همبستگی پیرسون	مساحت حوضه
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۱۰۱	۰/۸۰۵	S-g.(2-tailed)	
۰/۵۴۲**	۰/۵۷۹**	۰/۵۶۳**	۰/۵۶۱**	۰/۵۲۲**	۰/۳۹۰*	۰/۲۳۳	-۰/۰۰۱	همبستگی پیرسون	طول حوضه
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰/۲۰۰	۰/۹۹۶	S-g.(2-tailed)	
-۰/۱۵۰	-۰/۱۰۵	-۰/۰۷۹	۰/۰۴۱	۰/۱۱۶	۰/۲۹۲	۰/۴۰۶*	۰/۵۲۳**	همبستگی پیرسون	تراکم زهکشی
۰/۴۱۲	۰/۵۶۹	۰/۶۶۶	۰/۸۲۴	۰/۵۲۶	۰/۱۰۵	۰/۰۲۱	۰/۰۰۲	S-g.(2-tailed)	
۶۸۶**	۰/۶۲۱**	۰/۵۸۵**	۰/۶۰۱**	۰/۵۵۶**	۰/۴۰۹*	۰/۲۷۴	۰/۰۷۳	همبستگی پیرسون	طول جریان
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۱۳۰	۰/۶۹۳	S-g.(2-tailed)	
۰/۳۵۰*	۰/۳۶۷*	۰/۳۶۱*	۰/۳۵۸*	۰/۳۱۴	۰/۲۶۸	۰/۲۲۶	۰/۱۹۹	همبستگی پیرسون	ضریب فرم
۰/۰۴۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۸۰	۰/۱۳۸	۰/۲۱۳	۰/۲۷۴	S-g.(2-tailed)	

جدول (۴): بررسی همبستگی بین متغیرها و سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ سال

Table (4): Checking the correlation between variables and floods with return periods of 2 to 500 years

T500	T200	T100	T50	T25	T10	T5	T2		
۰/۳۵۰*	۰/۴۳۰*	۰/۴۴۹***	۰/۳۹۸*	۰/۳۶۸*	۰/۱۷۷	۰/۰۹۵	۰/۰۳۷	همبستگی پیرسون	ضریب فشردگی
۰/۰۴۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	۰/۰۲۴	۰/۰۳۸	۰/۳۳۲	۰/۶۰۶	۰/۸۴۱	S-g.(2-tailed)	
-۰/۰۴۵	-۰/۰۳۸	-۰/۰۰۳	-۰/۰۳۲	-۰/۰۲۹	-۰/۰۵۴	-۰/۰۸۴	-۰/۱۵۴	همبستگی پیرسون	ضریب کشیدگی
۰/۸۰۹	۰/۸۳۸	۰/۹۸۵	۰/۸۶۰	۰/۸۳۲	۰/۷۷۱	۰/۶۴۹	۰/۴۰۰	S-g.(2-tailed)	
۰/۵۵۸**	۰/۵۶۹**	۰/۵۴۸**	۰/۵۸۱**	۰/۵۶۳**	۰/۵۳۱**	۰/۴۲۲*	۰/۲۳۶	همبستگی پیرسون	نسبت بافت
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	۰/۱۹۴	S-g.(2-tailed)	
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲		N

*** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed)
* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed)

سیلاب با متغیرهایی مانند شکل حوضه و فراوانی آبراهه و ضریب گردی دارای همبستگی منفی می‌باشد. همبستگی سیلاب با این شاخص‌ها در سطح معنی‌داری (Sig) پایین می‌باشد. بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، زمانی دو متغیر با هم دارای همبستگی معنادار می‌باشند که سطح معناداری آنها (Sig) کمتر از ۰/۰۵ باشد. اما همانطور که داده‌های جدول (۵) نشان می‌دهد سطح معناداری این پارامترها با سیلاب بیشتر از ۰/۰۵ بوده به طوری که می‌شود از این متغیرها صرف‌نظر کرد. چنانچه برای آنها مدل خطی تعریف شود نمی‌تواند پاسخ‌های صحیحی را برای پیش‌بینی سیلاب ارائه دهد.

جدول (۵): همبستگی بین شکل حوضه، فراوانی آبراهه، ضریب گردی و سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ سال
Table (5): Correlation between the shape of the basin, the frequency of waterways, the roundness coefficient and floods with return periods of 2 to 500 years

T500	T200	T100	T50	T25	T10	T5	T2		
-۰/۱۹۱	-۰/۲۲۱	-۰/۲۵۹	-۰/۳۰۴	-۰/۳۴۱	-۰/۳۳۵	-۰/۳۴۶	-۰/۳۲۴	همبستگی پیرسون	شکل حوضه
۰/۲۹۵	۰/۲۲۴	۰/۱۵۳	۰/۰۹۰	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱	۰/۰۵۳	۰/۰۷۰	S-g.(2-tailed)	
-۰/۲۳۱	-۰/۲۱۸	-۰/۲۳۵	-۰/۱۲۸	-۰/۰۵۱	۰/۱۳۵	۰/۲۳۹	۰/۳۲۵	همبستگی پیرسون	فراوانی آبراهه
۰/۲۲۷	۰/۲۵۷	۰/۲۱۹	۰/۵۰۹	۰/۷۹۲	۰/۴۸۵	۰/۲۱۲	۰/۰۸۵	S-g.(2-tailed)	
-۰/۰۴۶	-۰/۰۹۵	-۰/۱۵۸	-۰/۳۰۴	-۰/۳۳۰	۰/۳۶۹*	۰/۳۶۳*	-۰/۳۰۵	همبستگی پیرسون	ضریب گردی
۰/۸۰۳	۰/۶۰۳	۰/۳۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۶۵	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱	۰/۰۸۹	S-g.(2-tailed)	
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲		N

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed)
* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed)

متغیرهایی مانند نسبت انشعابات اگر چه دارای همبستگی بالایی با سیلاب نمی‌باشد اما همبستگی این متغیر با سیلاب‌های با دوره‌ی بازگشت پایین بیشتر از سیلاب‌های با دوره‌ی بازگشت بالا می‌باشند به طوری که هر چه دوره‌ی بازگشت سیلاب بالا تر می‌رود میزان همبستگی سیلاب با این متغیر نیز کاهش می‌یابد. این روند تا سیل با دوره‌ی بازگشت ۲۰۰ ساله ادامه دارد اما از دوره‌ی بازگشت ۵۰۰ ساله به بعد دوباره همبستگی این متغیر با سیلاب افزایش می‌یابد. به این ترتیب این متغیر کاملاً عکس متغیرهایی مانند مساحت، طول و .. می‌باشد (جدول ۶). و چنانچه بخواهیم از این متغیر برای مدلسازی پیش‌بینی سیلاب استفاده کنیم بهتر است برای دبی با دوره‌ی بازگشت پایین استفاده شود.

جدول (۶): بررسی همبستگی بین نسبت انشعاب و سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ سال

Table (6): Investigating the correlation between the ratio of branching and flooding with return periods of 2 to 500 years

T500	T200	T100	T50	T25	T10	T5	T2		
-۰/۱۶۸	-۰/۰۹۰	-۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۱۲۶	۰/۲۹۱	۰/۳۷۸*	۰/۴۱۸*	نسبت	همبستگی پیرسون
۰/۳۸۳	۰/۶۴۲	۰/۸۶۶	۰/۸۰۸	۰/۵۱۵	۰/۱۲۶	۰/۰۴۳	۰/۰۲۴	انشعاب	S-g.(2-tailed)
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	N	

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed).

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد (2-tailed).

۳-۲- تحلیل رگرسیون چندمتغیره و مدل‌سازی

تحلیل رگرسیون به فرایندی کامل‌تر از بررسی ارتباط بین یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای تبیینی، مستقل اشاره دارد. تحلیل رگرسیون خطی با این فرض شروع می‌شود که یک رابطه خطی بین متغیر وابسته (Y) و متغیرهای مستقل (X) وجود دارد. یک برآمد مهم تحلیل رگرسیون، معادله‌ای است که این اجازه را فراهم می‌سازد تا متغیر (Y) را از طریق مقادیر (X) پیش‌بینی کنیم (راجرسون، ۲۰۰۱: ۱۰۴). در این تحقیق متغیرهای مورفومتری به عنوان متغیرهای مستقل و سیلاب به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است و چون محاسبات برای بیش از یک متغیر انجام شده، از تحلیل رگرسیون چندمتغیره استفاده شده است. هر چه قدر همبستگی بین دو متغیر بیشتر باشد امکان پیش‌بینی یک متغیر با متغیر دیگر بیشتر خواهد شد. بنابراین هر چقدر بین سیلاب به عنوان یک متغیر وابسته و مساحت حوضه به عنوان یک متغیر مستقل همبستگی بیشتری وجود داشته باشد و این همبستگی به یک نزدیک‌تر باشد می‌توان متغیر وابسته یعنی سیلاب را با توجه به تغییر مساحت با دقت بیشتری پیش‌بینی کرد. در نتیجه بررسی همبستگی متغیرها مشخص گردید که شاخص‌های مساحت حوضه و طول جریان سطحی و طول حوضه دارای بیشترین همبستگی با متغیر سیلاب در دوره‌های بازگشت ۲ سال تا ۵۰۰ سال می‌باشند. بنابراین رگرسیون خطی بین این متغیرها و سیلاب مورد

تحلیل قرار گرفت. به طوری که با استفاده از این سه متغیر می‌توان بیش از ۷۰ درصد تغییرات متغیر وابسته یعنی سیلاب را پیش‌بینی کرد.

جدول (۷): مدل ارائه شده برای دوره بازگشت ۲۵ سال

Table (7): The presented model for the return period of 25 years

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
۱	^a ۰.۷۳۴	۰.۵۳۸	۰.۴۳۸	۱۲۵/۴۸۰

a. Predictors: (Constant), مساحت حوضه، طول حوضه و طول جریان سطحی

جدول (۷) نشان‌دهنده‌ی مدل رگرسیون سه متغیر مساحت حوضه، طول حوضه و طول جریان سطحی برای پیش‌بینی سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله می‌باشد که ضریب همبستگی (R) پایین می‌باشد. یعنی با این مدل ارائه شده فقط می‌توان ۴۸ درصد تغییرات متغیر وابسته (سیلاب) را پیش‌بینی کرد. تحلیل رگرسیون و مدل‌سازی متغیرهای فوق برای دوره‌های بازگشت طولانی تر دارای ضریب همبستگی بیشتری می‌باشد به طوری که برای سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله برابر با ۰/۶۸۹، دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله برابر با ۰/۷۴۱ و برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برابر با ۰/۷۵۴ و برای دوره‌ی بازگشت ۲۰۰ ساله برابر با ۰/۷۶۶ می‌باشد. این تغییرات نشان می‌دهد که مدل ارائه شده بر اساس تحلیل رگرسیون خطی سیلاب‌های با دوره برگشت بالاتر را با دقت بیشتری پیش‌بینی می‌کند.

نتایج جداول تحلیل واریانس نیز نشان‌دهنده‌ی این است که مدل ارائه شده برای دوره‌های بازگشت ۲۵ سال تا ۵۰۰ سال دارای سطح معنادار مناسبی می‌باشند به عبارتی سطح معناداری مدل در این دوره‌ها کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد (جداول ۸).

جدول (۸): نتایج تحلیل واریانس مدل رگرسیون خطی (دوره‌ی بازگشت ۲۵ و ۲۰۰ ساله)

Table (8): The results of the variance analysis of the linear regression model (25 and 200-year return period)

سطح معناداری Sig	F	Mean Square	Df	Sum of Squares	مدل	
^b ۰/۰۰۱	۷/۲۶۶	۱۲۱۷۷۹/۴۹۳	۳	۳۶۵۳۳۸/۴۷۹	Regression	۱ T25
		۱۶۷۵۹/۰۸۰	۲۵	۴۱۸۹۷۷/۰۰۱	Residual	
			۲۸	۷۸۴۳۱۵/۴۸۱	Total	
^b ۰/۰۰۰	۱۱/۸۰۲	۵۵۵۵۱۷/۸۷۰	۳	۱۶۶۶۵۵۳/۶۰۹	Regression	۱ T200
		۴۷۰۷۱/۰۳۳	۲۵	۱۱۷۶۷۷۵/۸۳۱	Residual	
			۲۸	۲۸۴۳۳۲۹/۴۴۰	Total	

a. Dependent Variable: T200, T25

b. Predictors: (Constant), طول جریان سطحی, مساحت حوضه, طول حوضه

در نهایت برای هر یک از دوره‌های بازگشت مورد مطالعه با استفاده از ضرایب ارائه شده توسط تحلیل رگرسیون خطی مدل‌های زیر را می‌توان ارائه داد:

$$R^2 = 0.049 \quad Q_{T2} = 85.278 + (0.36 \times A) + (-3.126 \times L) + (1.274 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.325 \quad Q_{T5} = 127.787 + (0.097 \times A) + (-3.603 \times L) + (0.845 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.407 \quad Q_{T10} = 171.558 + (0.173 \times A) + (-5.075 \times L) + (0.844 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.538 \quad Q_{T25} = 256.650 + (0.341 \times A) + (-10.317 \times L) + (2.041 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.595 \quad Q_{T50} = 329.319 + (0.460 \times A) + (-14.005 \times L) + (2.853 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.576 \quad Q_{T100} = 422.736 + (0.599 \times A) + (-16.890 \times L) + (2.332 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.615 \quad Q_{T200} = 503.577 + (0.707 \times A) + (-23.555 \times L) + (6.036 \times Lo)$$

$$R^2 = 0.521 \quad Q_{T500} = 623.731 + (0.797 \times A) + (-28.422 \times L) + (8.845 \times Lo)$$

در این معادلات A، مساحت حوضه، L، طول حوضه و Lo طول جریان سطحی می‌باشند.

۴- بحث

مطالعه ویژگی‌های خاص جریان رودخانه‌ای به معنای درک جنبه‌های منحصر به فرد طبیعی این واحدها می‌باشد. می‌توان گفت این تحقیق و تحقیقات مشابه آن برای مدیریت حوضه‌های آبریز ضروری می‌باشد. این تحقیق نقش و اهمیت تحلیل‌های آماری و GIS را در تحلیل‌های مورفومتریک شبکه‌های زهکشی نشان می‌دهد. تعدادی از متغیرهای مورفومتریک شامل ۱۲ متغیر با استفاده از تکنیک‌های GIS و مدل رقومی ارتفاعی محدوده استخراج گردیده، دوره‌های بازگشت برای حوضه‌های فاقد آمار هیدرومتری با استفاده از نرم‌افزار Easy fit محاسبه و با استفاده از تحلیل‌های آماری ارتباط بین متغیرها و دوره‌های بازگشت مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌های آماری صورت گرفته در این تحقیق نشان داد که اگر چه تمام ویژگی‌های مورفومتری دارای اثرات یکسان بر دبی سیلاب نیستند ولی می‌توان با استفاده از متغیرهایی که دارای همبستگی بیشتری با دبی سیلاب هستند رابطه‌ی معناداری را بین آن متغیرها و دبی سیلاب برقرار نمود و مدل آماری متناسب با هر حوضه را ارائه داد. در این تحقیق نیز مشخص گردید که بین دبی سیلاب و مساحت حوضه، طول حوضه و طول جریان سطحی بیشترین همبستگی وجود دارد. متغیر مساحت حوضه (A) یک پارامتر مورفومتریک اساسی و یک جزء اصلی فرایندهای هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز می‌باشند که محققینی همچون چورلی و همکاران (۱۹۵۷) و السعیدی و همکاران (۲۰۱۶) بر این نکته تأکید کرده‌اند. این متغیر دارای همبستگی بالا و معناداری با دبی سیلاب در حوضه‌های آبریز می‌باشد. هر چه مساحت حوضه‌ای بزرگ‌تر باشد ظرفیت تولید رواناب حوضه افزایش می‌یابد (بیشتر و همکاران ۲۰۱۹). متغیر طول رودخانه نیز از فاکتورهای دارای اهمیت زیاد در واکنش‌های

هیدرولوژیکی حوضه آبریز می‌باشند. کرستوفر و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که آبراهه‌های با طول بیشتر نشان‌دهنده‌ی شیب کمتر حوضه می‌باشد. حوضه‌های با طول آبراهه کمتر سیل خیزتر از حوضه‌های با طول آبراهه بیشتر می‌باشند. طول جریان سطحی متغیر مهم دیگری است که دارای همبستگی بالایی با دبی سیلاب در حوضه می‌باشد. مقادیر طول جریان سطحی نیز از عوامل مهم و اثرگذار بر دبی سیلاب در حوضه‌ها بوده که مقادیر کم نشان‌دهنده‌ی سرعت بالای رواناب و شیب بالاتر منطقه می‌باشند (بیش و همکاران، ۲۰۱۹). این پارامترها دارای همبستگی و ارتباط معناداری با سیلاب می‌باشند، به طوری که با استفاده از این ارتباط می‌توان مدل‌هایی را برای دوره‌های بازگشت مورد نظر ارائه داد. همچنین بررسی‌ها نشان داد که مدل‌های ارائه شده در دوره‌های بازگشت بالاتر نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. تحلیل واریانس متغیرها نیز مؤید این مطلب می‌باشد و نشان داد که مدل‌های ارائه شده برای دوره‌های بازگشت ۲۵ تا ۵۰۰ سال دارای سطح معناداری بیشتری می‌باشند.

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر و سایر پژوهش‌های مشابه (آلام و همکاران، ۲۰۲۱؛ همدان، ۲۰۲۰؛ آلتا و آوزدمی، ۲۰۱۸) مشخص گردید که متغیرهای مورفومتری نقش تعیین‌کننده‌ای در رخداد سیلاب در حوضه‌های آبریز دارند. محققان همچنین معتقدند (آلام و همکاران، ۲۰۲۱؛ مقیمی و همکاران، ۱۳۸۸ و نیری و همکاران، ۲۰۱۷) که تحلیل ویژگی‌های مورفومتری کمک می‌کند که وضعیت سیلاب را در حوضه‌ها مطالعه نموده و در مدیریت حوضه‌ها و برنامه‌ریزی در جهت جلوگیری از خسارات ناشی از سیلاب اقدامات لازم را انجام داد. در پایان پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه اغلب بخش‌های منطقه کوهستانی بوده و شرایط سیلابی شدن در آن خصوصاً حوضه‌های کوچک مهیا می‌باشد جهت جلوگیری از خسارات ناشی از سیل عملیات آبریزداری با اولویت حوضه‌های کوچک به دلیل حساس بودن این حوضه‌ها و اتخاذ تدابیر مدیریتی برای جلوگیری از بهره برداری بی‌رویه از منابع این حوضه‌ها در اولویت برنامه‌ریزی منطقه قرار گیرد. این تحقیق به دلایل مختلف از جمله مرزی بودن منطقه با محدودیت داده‌ها و اطلاعات مواجه بوده، داده‌های موجود نیز دارای نقایص فراوان بوده و در بیشتر موارد نگارندگان مجبور به بازسازی داده‌ها بوده‌اند.

۵-منابع

- Abedini, M., Pour Farrash Zadeh, F., Gharachorlu, M. (2021). Analysis and Modeling of the Relationship between Monthly Discharge and Geomorphometric Characteristics (Case Study: Kashafrud Watershed). *Journal of Geography and Environmental Planning*, Vol. 32 (4). 26-43.
- Alam, A., Bayesm, A., & Sammons, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575 (576): 295-307.
- Al-Saady, Y., Al-Suhail, Q., Al-Tawash, B. and Othman, A. (2016) Drainage Network Extraction and Morphometric Analysis Using Remote Sensing and GIS Mapping Techniques (Lesser Zab River Basin, Iraq and Iran). *Environmental Earth Sciences*, 66, 537-548.
- Aryal, S.K., Zhang, Y., & Chiew, F., (2020). Enhanced low flow prediction for water and environmental management, *Journal of Hydrology*, Vol. 584: 124-138.
- Batt, M.S., Alam A., Ahmad S., Farooq H., & Ahmad, B. (2019). Flood hazard assessment of upper 398 Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78 (54).
- Behestijavid. E., Esfandiariarabad. F., Rostaei. SH., (2018). Evaluating the impact of morphometry of landforms on the flood risk of catchment basins (case study of the northern basins of Sablan Mountain). *Hydrogeomorphology*. 16: 177-197. (In Persian).
- Bisht, S., Chaudhry, S., Sharma, S., Soni, S., 2018. Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India, *Remote Sensing Applications: Society and Environmen* 12: 35-47.
- Bozorgmehr, K., (2011). Investigation of the use of morphometric variables of catchments in flood zone analysis (Case study: Catchment of; Sardabroud, Chalouso and Korcorser). *Journal of Natural Resources Science and Technology*, 5 (4): 89-98. (In Persian).
- Christopher, O., Idowu, A., Olugbenga, A., (2010). Hydrological analysis of Onitsha North East drainage Basin using Geoinformatic techniques, *World Appl. Sci. J* 11 (10): 1297–1302.
- Chorley, R., Donald, M. and Pogorzelski, H. (1957) A New Standard for Estimating Drainage Basin Shape. *American Journal Science*, 255, 138-141.
- Farhan, Y., Ali, A., Al-Shaikh, N., Almohammad, H., Alshawamreh, S., & Barghouthi, M. (2018). Prioritization of Sub-Watersheds in a Large Semi-Arid Drainage Basin (Southern Jordan) Using Morphometric Analysis, GIS and Multivariate Statistics. *Agricultural Sciences*, 9: 437-468.
- Ghanavati, E., (2004). Geomorphological model of flood in Gamasiab basin. *Journal of Geographical research*, 596: 174-182. (In Persian).

- Ghiasi, N., Arabkhedri, M., Ghafari, A., & Hatami, H. (2004). Survey on the effect of some morphometric characteristics of basins on peak discharge with different return periods (Case study north Alborz basins). *Pajouhesh and Sazandegi*, 62: 2-10. (In Persian).
- Hajam, R. A., 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.
- Halabyain, A. H., Asgari, SH., (2017). Flood severity zoning in Mishkhas catchment area using factor-cluster analysis. *Hydrogeomorphology*.12: 135-177. (In Persian).
- Hamad, R. (2020). Multiple Morphometric Characterization and Analysis of Malakan Valley Drainage Basin Using GIS and Remote Sensing, Kurdistan Region, Iraq. *American Journal of Water Resources*, 8 (1): 38-47.
- Hamdan, M., A., (2020). Hydro-Morphometric analysis using Geospatial Technology: a case study of Wadi Gabgabi and Wadi Allaqi watersheds, Southern OUTHERN Egypt-Northern Sudan. *Journal of Asian Scientific Research*. 23.
- Heydari, M., (2006). The study of two types of floods in Kurdistan province and the suggestion of using a successful model of flood management to reduce flood damage. The first regional conference on the optimal use of water resources in the Karun and Zayandeh River basins (shahre Kord).pp439. (In Persian).
- Horton, R.E., (1932). Drainage basin characteristics. *Trans Am Geophys Union*, 13: 350–361.
- Horton, R.E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soc Am Bull*, 56: 275–370
- Ital, M.P., Kumar, Ch., & Ugarkar, A.G. (2015). Morphometric Analysis and Mini Watersheds Prioritization of Doddahalla Watershed, Ghataprabha River Sub-Basin, Karnataka, South India, *International journal of Earth Sciences and Engineering*, 8 (3): 91-98.
- Jalali Lichaei, M., & Bidhendi, M.N. (2007). Comparison between Multiple Linear Regression and Artificial Neural Networks for Porosity and Permeability Estimation. *Earth Sciences*, 16 (61): 140-149. (In Persian).
- Khan, M.A., Gupta, V.P., & Moharana, P.C. (2001). Watershed prioritization using RS and GIS: a case study from Guhiya, India, *Journal of Arid Environments*, 49 (3):465-475.
- Miller, V.C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Proj. NR 389-402. Tech Rep 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York
- Mishra, A., Dubey, D.P., & Tiwari, R.N. (2011). Morphometric Analysis of Tons basin, Rewa District, Madhya Pradesh, based on watershed approach, *Earth Science India*, 171-180.
- Moghimi, A., Mosavi herami, R., Moetamed, A., & Ahmadi, H. (2010). Investigation of the effect of basin morphometric variables on maximum flood discharge in Chalous river basin using

- statistical methods and mathematical models. *Journal of Earth and Resources*, 2 (1): 65-80. (In Persian).
- Mostafazadeh, R. Mehri, S. (2018). Trends in Variability of Flood Coefficient in River Gauge Stations of Ardabil Province, Iran. *Journal of Watershed Management Research*, 9 (17). 82-95. (In Persian).
- Mostafazadeh, R. Haji, Kh. Esmali-Ouri, A. Nazarnejad, H. (2017). Prioritization the Critical Sub-Watersheds based on Soil Erosion and Sediment using Watershed Erosion Response Model (WERM) and Morphometric Analysis (Case study: Rozechai Watershed, West Azerbaijan Province). *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 8, (16). 142-156. (In Persian).
- Mokarram, M., Darvishi, A., & Negahban, S. (2016). Relationship between morphometric features of watersheds and erosion in Different elevation levels using topographic position index (TPI). *Scientific - Research Quarterly of Geographical Data*, 26 (101): 131-142. (In Persian).
- Nayyeri, H., Salari, M., & Mirzamoradi, A. (2017). Flood potential of catchments in Kurdistan province by using morphometric indices and statistical analysis. *Journal of Quantitative Geomorphological research*. 5 (1):181-190 (In Persian).
- Rezaeimoghadam, M., Asghari, S., & Feyzolapour, M. (2012). Modeling the flood flow of the Jajroud River catchment using multivariate regression. *Iranian Journal of Geographical Association*. 9 (30): 164-176. (In Persian).
- Samson, S.A., Eludoyin, A.O., Ogbale, J., Alaga, A.T., Oloko-Oba, U.H., Okeke, M., & 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*, 4 (3): 1-8.
- Schumm, S. A. (1956). Evaluation of drainage system and slopes in bad lands at Perth Amboy, New Jersey. *Bull Geol Soc Am*, 67: 597-646.
- Sharifi Paichoon, M., Omidvar, K., & Motazaker, K. (2018). Assessment of flooding using cluster analysis and multivariable regression methods with emphasis on Hydrogeomorphological parameters (Case study: Maroon catchment). *Journal of Environmental Hazards*, 8 (21):75-92. (In Persian).
- Smith, K.G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *Am J Sci* 248: 655-668.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative analysis geomorphology of drainage basins and channel Networks. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Book Company, New York section: 4-11.
- Utlu, M., Ozdemir, H. (2018). The Role of Basin Morphometric Features in Flood Output: A Case Study of the Biga River Basin. *Journal of Geography* 36: 49-62.