



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۱  
پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۴۸-۲۵

\* رضا خوش‌رفتار<sup>۱</sup>  
امجد ملکی<sup>۲</sup>  
محمد احمدی<sup>۳</sup>  
مهدی فیض‌اله پور<sup>۴</sup>  
لیلا صفری<sup>۵</sup>

## بررسی نقش لیتولوژی و گسل در آشفستگی شبکه زهکشی رود مرگ کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۷

### چکیده

به‌منظور بررسی آشفستگی شبکه زهکشی حوضه آبریز مرگ پس از تعیین حدود منطقه مطالعاتی و تقسیم‌بندی آن به ۸۰ زیر حوضه، نقشه‌های زمین‌شناسی، شبکه زهکشی، نقشه رستری و گسل‌ها تهیه و سپس متغیرهای مساحت و محیط حوضه‌ها، تعداد و طول آبراهه، فراوانی زهکشی، زاویه عمومی، زاویه داخلی، تراکم گسل، اختلاف زاویه داخلی و عمومی و درصد بیش‌ترین HI محاسبه شد. نحوه محاسبه شاخص‌های فوق به‌صورت دستی بوده است. نتایج تجزیه واریانس یک طرفه بر اساس فاکتورهای لیتولوژی، تراکم گسل و نوع پهنه گسلی نشان داد که در بین متغیرها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و نتایج مقایسه میانگین با روش دانکن نشان داد که زیر حوضه‌های قرارگرفته بر روی پهنه‌های گسلی شماره ۲ و ۳ با فراوانی گسلی بین ۱۰ تا ۱۵ و همچنین با خصوصیات سنگی مارن، آهک، فلیش، سنگ‌آهک، دولومیت و سنگ آهک سنوماین بیش‌ترین آشفستگی زهکشی با توجه به زاویه آبراهه‌ها دارند. نتایج تجزیه چند متغیره به‌منظور بررسی آشفستگی زهکشی زیر حوضه‌ها و شناسایی زیر حوضه‌های دارای گسل و

E-mail: khoshraftar@znu.ac.ir

\*۱- گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

۲- گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۳- تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه.

۴- گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

۵- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان.

فاقد گسل نشان داد که زیر حوضه‌های فاقد گسل تقریباً در یک گروه قرار گرفتند و تنها زیر حوضه‌های ۷۳، ۵۰، ۵۱ و ۷۲ هرچند بر اساس نقش‌های مورد بررسی آثاری از گسل نداشتند اما بر اساس تجزیه کمی انجام شده بر روی خصوصیات مورفومتری، در گروه زیر حوضه‌های دارای گسل قرار گرفتند. سایر زیر حوضه‌ها، جز زیر حوضه‌هایی بودند که احتمال وجود گسل در آن‌ها، بالا بود.

**کلید واژه‌ها:** پهنه‌گسلی، آشفستگی شبکه‌زهکشی، خصوصیات مورفومتری، حوضه آبریز مرگ کرمانشاه.

#### مقدمه

رشته‌کوه‌های زاگرس در محل برخورد پلتفرم عربستان و اوراسیا، نمونه یک کمربند کوهزایی جوان و فعال است. شواهد زمین‌شناسی، لرزه‌شناسی و ژئومورفولوژیکی نشان می‌دهد که زاگرس از شمال غرب به جنوب شرق، جوان‌تر می‌شود (Berberian, 1995: 2011). فعالیت‌های تکتونیکی و مقدار بالآمدگی در بخش‌های مختلف زاگرس متفاوت است (Nilforoushan et al., 2003: 417). وقوع زلزله‌ها (Blanc et al., 2003: 405)، بالآمدگی کانال‌های آبیاری قدیمی (Hessami et al., 2006: 146) و شواهد ژئومورفیک بالآمدگی چین‌ها مانند الگوی شبکه‌زهکشی (Oberlander, 1985: 161)، از نشانه‌های بالآمدگی زاگرس می‌باشد.

از میان شواهد ژئومورفولوژیکی، شبکه‌های زهکشی و خصوصیات مربوط به آن‌ها مانند الگوی زهکشی، تراکم زهکشی، ناهنجاری‌های زهکشی، زاویه اتصال شبکه‌ها و جهت شبکه‌ها در شناسایی تکتونیک فعال و تفاوت‌های مکانی آن‌ها نقش مهمی دارند (Bahrami et al., 2011: 62). بررسی الگوهای شبکه‌زهکشی، خصوصاً در صورت وجود آنومالی در آن و ارتباط این آنومالی‌ها به عوامل موثر بر آن می‌تواند در شناخت هر چه بیشتر عوامل موثر در شکل‌گیری آبراهه‌ها در مطالعات ژئومورفولوژی کمک نماید.

در میان انواع شکل‌بندی‌ها، عوارض خطی بیش‌تر به عوامل شکل‌دهنده ناهمواری‌ها حساس می‌باشند و بیش‌تر از سایر عوارض تحت تأثیر فرایندهای فرسایشی و ساختمانی قرار دارند. تغییرات سطحی عارضه‌ها با کمک خطوط شکست یا خطوط ساختمانی، قابل توصیف هستند (Clement et al., 2008: 47). انعکاس تغییرات ساختمانی شامل گسل‌ها، چین‌ها، تقارن و عدم تقارن‌های سطحی شکل و مساحت حوضه‌های آبریز و عوارض خطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر همین اساس، شاخص‌های ژئومورفیک، ابزارهای مفیدی به‌منظور تحلیل اشکال زمینی و ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در نواحی مختلف می‌باشد (Guanieri et al., 2008: 268) که بر اساس شبکه‌های زهکشی و جبهه‌های کوهستانی تحلیل می‌شوند (Malik et al., 2007: 609).

تحقیقات مختلفی در این زمینه در سطح جهان و ایران انجام شده است. در منطقه‌ای از مراکش، گسل‌های فعال با استفاده از روش‌های مورفومتریکی و تحلیل الگوی زهکشی از طریق زاویه برخورد شبکه‌های زهکشی، بررسی شد

(Deffontaine et al., 1992: 205). در تایوان ناهنجاری‌های زهکشی و الگوی متفاوت آبراهه‌ای بر اساس داده‌های DEM، SLAR و SPOT به همراه داده‌های میدانی جهت کنترل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نقش تکتونیک فعال در آنومالی‌های زهکشی بررسی شد (Deffontaine et al., 1994: 253). در نیوزیلند بر اساس شواهد تغییر شبکه‌های زهکشی، تکامل ساختمانی سیستم‌های گسلی و چین‌خورده (Jackson et al., 1996: 229) و انحراف مسیر شبکه آبی و ایجاد الگوی زهکشی مورد ارزیابی قرار گرفت و نقش گسل‌ها و آثار کج شدگی چین‌ها در آن بررسی شد (Jackson et al., 1998: 379). در دره سان جوکین کالیفرنیا، با بررسی تأثیر زاویه شیب بر تراکم زهکشی، عنوان شد که در دامنه‌های کم شیب، تراکم زهکشی نسبت به دامنه‌های با شیب بالا بیش‌تر است. همچنین همبستگی مثبت بیش‌تر زمانی رخ می‌دهد که فرسایش از طریق جریان‌ات سطحی باشد (Talling et al., 1999: 818). در جنوب لبنان نیز، Abdallah et al (2006: 54)، به‌منظور مقایسه شبکه‌های زهکشی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاعی و روش‌های متداول استفاده از داده‌های ژئومورفولوژی، دریافتند که نتایج روش‌ها ۹۳ درصد شبیه به هم بود. نتایج بررسی ژئومتری شبکه‌های زهکشی منطقه آرچترا در کوه‌های آلپ ایتالیا، نشان داد که سیستم‌های زهکشی متفاوتی با توجه به تکتونیک شکل گرفته و منطقه به دو بخش شمال غربی و جنوب شرقی تقسیم شد که در منطقه شمال‌غربی رابطه قوی بین ساختار تکتونیک و جهت آبراهه‌ها وجود داشت. در بخش جنوب‌شرقی بالآمدگی طولانی مدت باعث توسعه شبکه زهکشی طولی به‌صورت یک سیستم عرضی شد (Ribolini et al., 2008: 260). Ribolini et al (2010)، به تجزیه و تحلیل کمی فعالیت‌های نسبی تکتونیکی در ناحیه سروستان زاگرس مرکزی پرداختند. Lin et al (2011) در ژاپن به مطالعه رابطه بین تراکم زهکشی و زاویه شیب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. در این پژوهش از مدل ارتفاعی رقومی با وضوح ۱ متر در تجزیه و تحلیل پروفیل‌های طولی و عرضی استفاده شد.

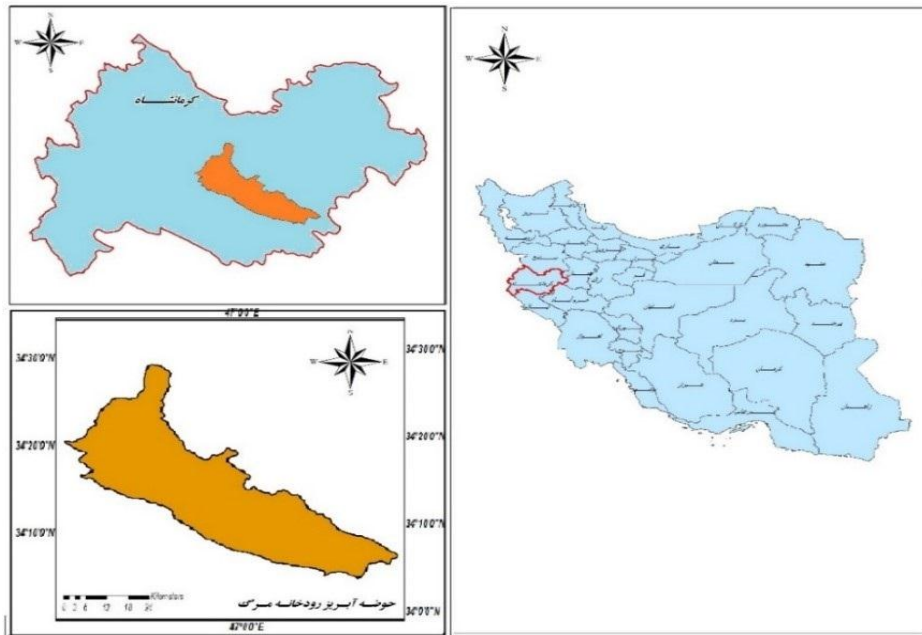
در تحقیقات داخلی نیز در زمینه آنومالی ژئومورفولوژیک رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از تحقیقات میدانی و داده‌های مورفولوژیک در کشور تحقیقی انجام شده است (Hosseini, 2011: 301)، اما گزارشی در خصوص آنومالی زهکشی با استفاده از زاویه برخورد در دست نیست. در بررسی فعالیت تکتونیکی در حوضه اترک بر اساس فاکتورهای مختلف از جمله فاکتور عدم تقارن زهکشی، نتایج نشان داد که می‌توان زیر حوضه‌ها را در چهار گروه با فعالیت تکتونیکی خیلی بالا، فعالیت تکتونیکی بالا، فعالیت متوسط و فعالیت تکتونیکی کم قرار داد. برعکس قسمت‌های جنوبی، قسمت‌های شمالی فعالیت تکتونیکی ندارند (Ezati et al., 2013: 182). Jabari & Khazai (2011) در تحقیقی با استفاده از نقشه‌های زمین ریخت‌شناسی به پیش‌بینی آب گرفتگی دشت کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که در دوره‌های برگشت مختلف داخل دشت و همچنین پایکوه به‌صورت یکنواخت زیر آب نمی‌رود و در حاشیه رود حریم سیل‌های مختلف به‌صورت ناهمگون از رود فاصله می‌گیرند. Sharifinajafababdi et al (2013) در تحقیقی به بررسی و تطبیق شواهد ژئومورفولوژی و لرزه‌شناسی زمین‌ساخت فعال در محدوده زاگرس مرکزی پرداختند. نتایج به‌دست آمده افزایش فعالیت زمین‌ساختی از زون سنندج سیرجان به سمت زاگرس مرتفع را نشان

می‌دهد. (Negahban & Hidari (2015) با بررسی نو زمین‌ساخت، فرسایش و رسوب‌دهی حوضه آبخیز کرچمریز از شاخص‌های کمی دریافتند که گسترش سازنده‌های زمین‌شناسی حساس به فرسایش از جمله سازنده‌های آهکی و تأثیر فعالیت‌های نوزمین ساخت در سیستم آبراهه به‌شدت موجب فرسایش و رسوب‌دهی در حوضه می‌شود. (Ehsani et al (2015) به تحلیل نشانه‌های زمین ریختی زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز جراحی در جنوب باختر ایران پرداختند. به این منظور از شاخص‌های مختلفی استفاده شد. نتایج نشان داد که نوزمین ساخت نقش مهمی در تکامل زمین ریختی این بخش از زاگرس دارد. (Babai et al (2017) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی به بررسی زمین‌ساخت فعال در البرز مرکزی پرداختند. نتایج حاصل از شاخص زمین‌ساخت فعال نشان می‌دهد که گستره مورد بررسی دارای فعالیت زمین ساختی بسیار بالاست.

در تحقیق حاضر رابطه تکتونیک با فرم‌های سطح زمین بررسی شده و آشفتگی شبکه زهکشی حوضه رود مرگ به عنوان یکی از علائم خاص ژئومورفولوژیکی از طریق تعیین زاویه اتصال دره و آبراهه‌ها، مورد بررسی قرار گرفت. بر همین اساس مطالعات ژئومورفولوژیکی این حوضه در جهت برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و بلندمدت مدیریت آبخوان از مسائل بسیار مهم در بررسی این حوضه می‌باشد؛ بنابراین تجزیه و تحلیل زاویه اتصال دره و آبراهه‌های موجود در حوضه می‌تواند در پاسخ به علت وجودی این آشفتگی مفید واقع گردد. به بیان دیگر، بررسی مورفومتری شبکه آبراهه‌ای و ارتباط کمی عوارض خطی با میتولوژی و ساختمان زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی پاسخی در جهت روشن نمودن ساختار شبکه آبراهه‌ای و آنومالی آن در حوضه آبریز رود مرگ خواهد داشت.

#### محدوده مورد مطالعه

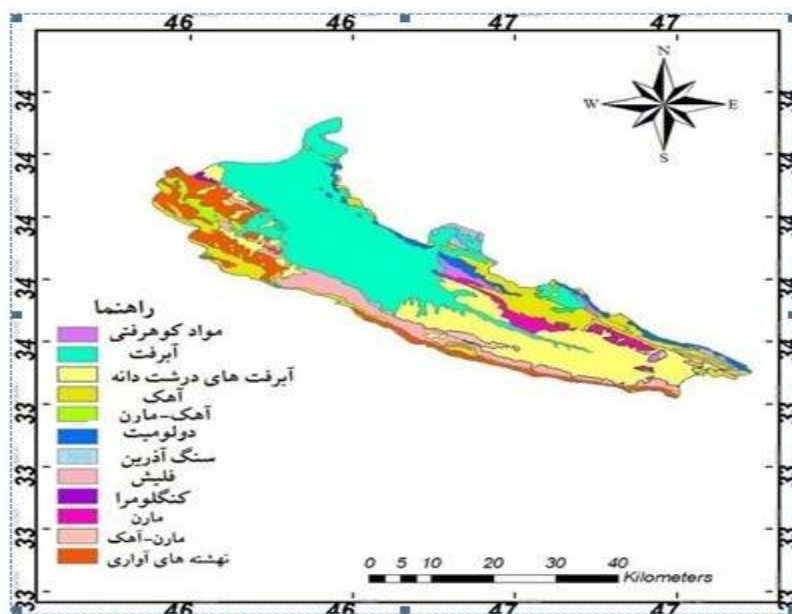
حوضه آبریز مرگ با مساحت ۱۴۶۶ کیلومتر مربع در غرب ایران و در محدوده سیاسی استان کرمانشاه، بین مدارهای ۳۴ تا ۳۵ درجه شمالی و ۴۶ ۳۰ تا ۴۷ ۲۵ درجه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. رود مرگ از ارتفاعات سفید کوه سرچشمه گرفته، سراسر طول دشت را پیموده و در قسمت شرق روستای دوآب، به طرف شمال منحرف و به رودخانه قره‌سو می‌ریزد. این رود زهکش اصلی و منبع عمده تامین آب‌های سطحی ماهیدشت می‌باشد. این حوضه از قسمت‌های غربی و شمالی به سرشاخه‌های رودخانه قره‌سو، از غرب به حوضه آبریز رود چمبرزه و از جنوب به حوضه آبریز رود راوند اسلام آباد غرب محدود می‌گردد. رود مرگ به طول ۱۵۰ کیلومتر، آبراهه اصلی این واحد هیدرولوژیک است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت حوزه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه

Figure 1: Location of the Mergh river catchment area, Kermanshah province

حوضه آبریز رود مرگ با توجه به این که از نظر زمین شناسی مرز زاگرس رورانده و چین خورده می باشد از بخش های رورانده، چین خورده، رسوبات دوران چهارم و عهد حاضر تشکیل شده است. بخش رورانده دارای سازندهای آهک دولومیتی، رادیولاریت و سنگ های آذرین بیرونی از قبیل آندزیت، بازالت و افیولیت بوده و تماما در دوران کرتاسه شکل گرفته اند (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه لیتولوژی حوزه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه

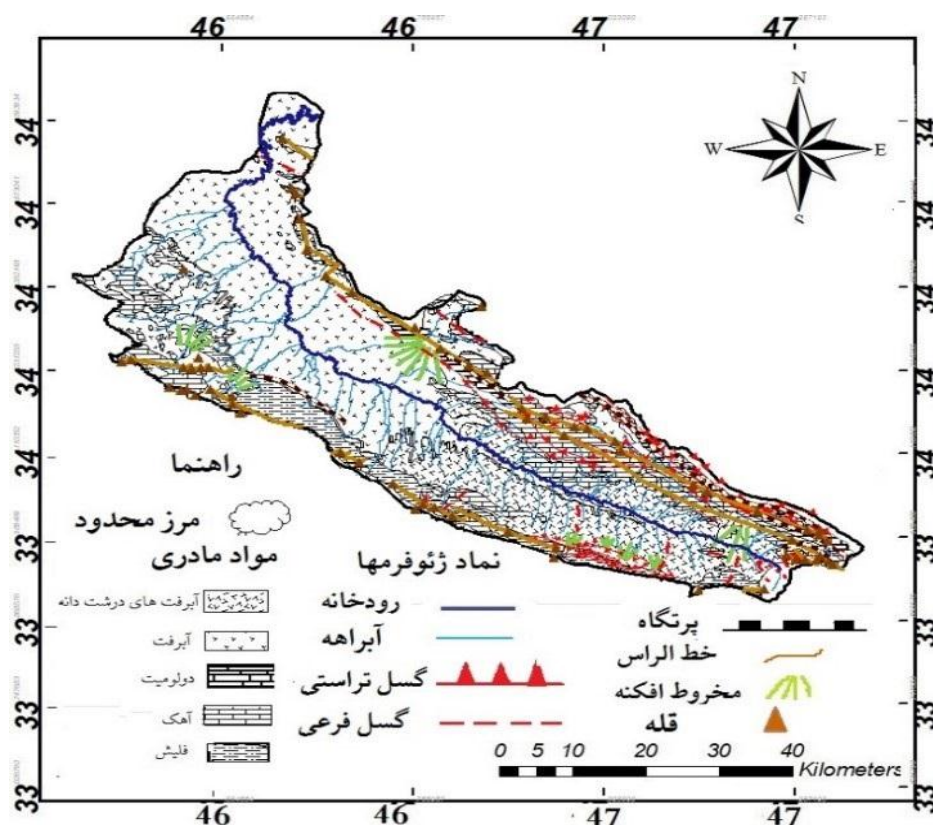
Figure 2: Lithology map of Mergh river catchment area, Kermanshah province

حوضه آبریز رود مرگ منطقه‌ای نسبت کوهستانی می‌باشد که ۴۰ درصد اراضی را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهد (شکل ۳). ارتفاع متوسط آن ۲۰۳۷ متر از سطح دریا می‌باشد و مرتفع‌ترین قله، کوه سفید با ۲۷۶۰ متر و پست‌ترین نقطه، محل پیوند رود مرگ با رود قره‌سو به ارتفاع ۱۳۱۵ متر از سطح دریا است (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات ارتفاعی حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه.

Table 1- Elevation profile of Mergh river catchment area, Kermanshah province

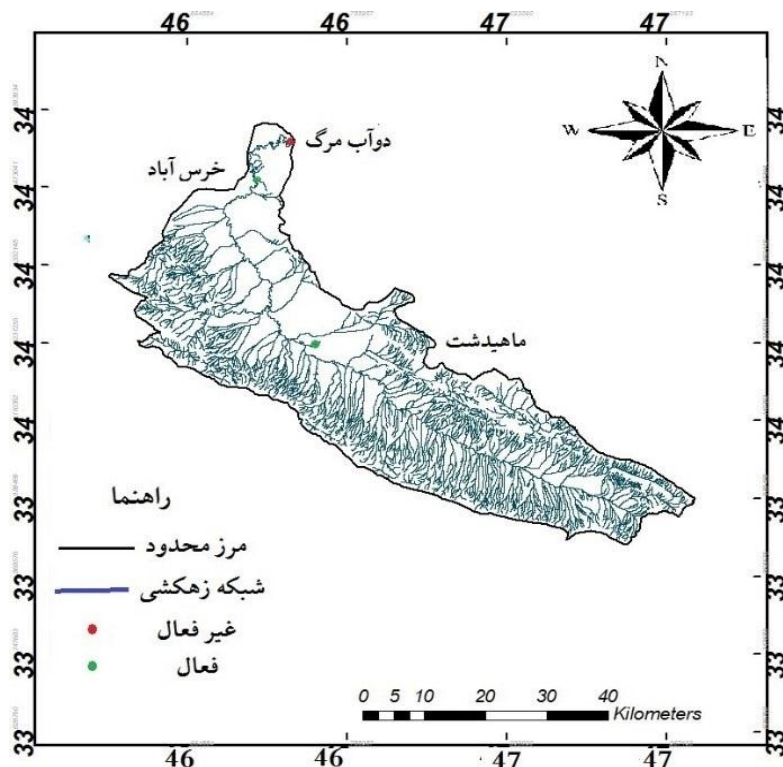
ارتفاع (متر) با بیش‌ترین فراوانی	ارتفاع (متر) با فراوانی ۵۰ درصد	ارتفاع (متر) میانه	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	حوضه آبریز رود مرگ
۱۴۰۰-۱۳۱۵	۱۶۷۷	۲۰۳۷	۲۷۶۰	۱۳۱۵	



شکل ۳: نقشه ژئومورفولوژی خلاصه شده حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه

Figure 3: Summary geomorphological map of Mergh river catchment area, Kermanshah province

رود فصلی مرگ از ارتفاعات کوه سفید در جنوب شرقی کرمانشاه سرچشمه گرفته و با جریان در امتداد جنوب شرقی-شمال غربی به رود قره‌سو ملحق می‌شود. این رود در محدوده دشت قرار گرفته و با توجه به این‌که منبع تامین آب برای کشاورزی است، حائز اهمیت است (شکل ۴).



شکل ۴: شبکه زهکشی و ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه

Figure 4: Drainage network and hydrometric stations of the Mergh river catchment area, Kermanshah province

#### مواد و روش‌ها

ابتدا به منظور تولید مدل رقومی ارتفاعی، نقشه توپوگرافی حوضه آبریز مرگ از طریق نرم‌افزار ArcGIS تهیه و برای رفع خطاهای احتمالی، پردازش اولیه از مدل انجام شد. سپس خصوصیات مورفومتری و شبکه دره‌ها و آبراهه‌ها و خط الراس‌ها استخراج شد. به دنبال آن، زاویه اتصال قطعات آبراهه‌ای محاسبه شده و زوایای اتصال و آزیموت قطعات دسته‌بندی مکانی شد. در این بخش به منظور بررسی ارتباط و توجیه منطقی اشکال خطی و ساختمانی، زوایای محاسبه شده با نقشه گسل‌ها هم‌پوشانی شده و پارامترهای آماری زاویه و آزیموت قطعات آبراهه‌ای و دره‌ها محاسبه و نقشه مناطق آشفته‌گی ترسیم می‌شود. در نهایت هر یک از زاویه‌ها در محل گره‌های آبراهه‌ای تحلیل آماری می‌گردد. برای تحلیل‌های آماری از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین، تجزیه چند متغیره، همبستگی بین متغیرها و تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شده است. در تجزیه واریانس، یک سری داده بر اساس مجموعه عواملی به گروه-هایی تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال اگر ۲۰ زیر حوضه از نظر طول آبراهه انتخاب شده و دارای ۴ نوع لیتولوژی باشند می‌توان آن‌ها را در ۴ گروه قرار داد؛ بنابراین لیتولوژی به عنوان فاکتور گروه‌بندی در نظر گرفته شده و بیست حوضه به چهار گروه تقسیم شده که در اینجا  $n=4$  بوده و تعداد مشاهدات در هر گروه شامل تعداد زیر حوضه‌های قرارگرفته در هر دسته لیتولوژی است؛ که با تجزیه واریانس یک طرفه می‌توان اختلاف بین زیر حوضه‌ها از لحاظ

طول آبراهه را بر اساس نوع لیتولوژی مشخص نمود. به بیان ساده اگر  $F$  به دست آمده از  $F$  جدول (با درجه آزادی صورت و مخرج کسر آزمون که به ترتیب شامل  $n-1$  و  $n(r-1)$  است) در سطح احتمال مشخص، بزرگتر باشد بین زیر حوضه‌های قرارگرفته در هر لیتولوژی برای طول آبراهه اختلاف معنی‌دار وجود دارد و لیتولوژی عامل تغییر طول آبراهه است. در تجزیه واریانس فقط وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها مشخص می‌گردد، اما این که کدام گروه بیش‌ترین میانگین را داشته و از لحاظ آماری با کدام گروه اختلاف معنی‌دار دارد با تجزیه واریانس مشخص نمی‌گردد. به همین دلیل معمولاً از مقایسه میانگین استفاده می‌شود. روش‌های متعددی برای مقایسه میانگین ارائه شده است که روش دانکن<sup>۶</sup> یکی از این روش‌ها می‌باشد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن همچنان که از عنوان آن مشخص است میانگین‌های به دست آمده از گروه‌ها را بر اساس انحراف معیار و دامنه فاصله آن‌ها از همدیگر مورد مقایسه قرار می‌دهد. در این روش ابتدا انحراف معیار را از طریق معادله ۱ محاسبه می‌گردد:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{MSW}{r}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

انحراف معیار و  $MSW$  میانگین مربعات بین گروه‌ها در جدول تجزیه واریانس و  $r$  تعداد مشاهدات هر گروه می‌باشد.

در مرحله بعد میزان  $SSR$ <sup>۷</sup> در سطح احتمال مورد آزمون از جدول با توجه به دامنه مورد مقایسه استخراج شده و سپس با استفاده از معادله (۲)  $LSR$ <sup>۸</sup> محاسبه می‌شود.

$$LSR_p = S_{\bar{X}} \times SSR_p \quad \text{رابطه (۲)}$$

منظور از دامنه مورد مقایسه این است که چند گروه میانگین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد میانگین‌های گروه‌ها را به ترتیب از بزرگ به کوچک مرتب کرده و تفاوت بین دو میانگین را با  $LSR$  مربوط به دامنه آن‌ها مقایسه و در صورت کوچک بودن این تفاوت نسبت به  $LSR$  چنین نتیجه‌گیری می‌شود که بین دو میانگین اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. در نهایت به میانگین‌ها بر اساس داشتن یا نداشتن اختلاف معنی‌دار حروفی اختصاص داده شده که هر دو میانگین با حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند و میانگین‌هایی که حروف مشترک ندارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (Babai et al., 2017: 44). پارامتر آماری دیگر، همبستگی بین متغیرها می‌باشد. اگر رابطه بین دو متغیر  $X$  و  $Y$  مثبت باشد، تغییرات دو متغیر در یک جهت بوده و با افزایش متغیر  $X$  متغیر  $Y$  نیز افزایش یافته و با کاهش  $X$  متغیر  $Y$  کاهش می‌یابد. ضریب همبستگی بیانگر شدت رابطه بین دو متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد شدت رابطه بیش‌تر است؛ بنابراین ضریب همبستگی بین ۱ و -۱ متغیر است و از معادله زیر حساب می‌شود.

- 6- Duncan's multiple range test
- 7- Studentized significant range
- 8- Least significant range



$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

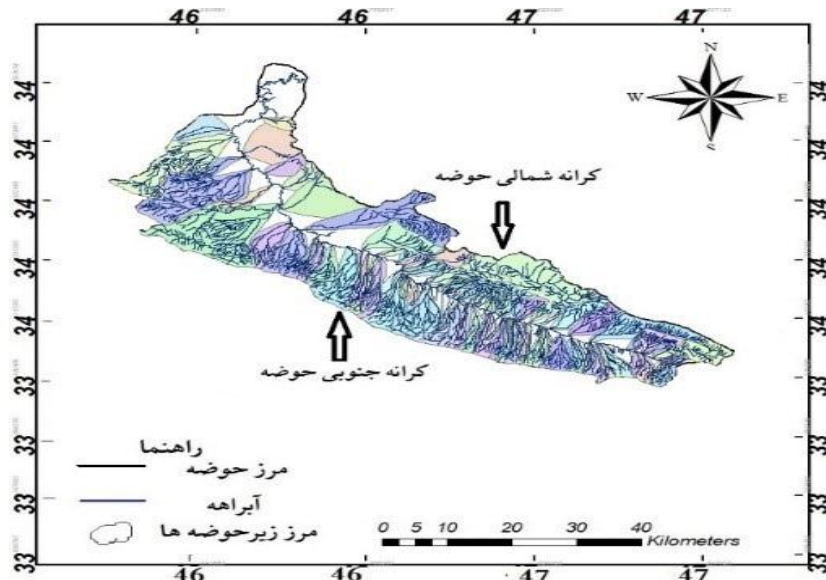
این معادله از نوع ضریب همبستگی پیرسن بوده و صورت معادله نشانه مقادیر کواریانس بوده و مقادیر مخرج نشان دهنده انحراف معیار می‌باشد.

در نهایت آخرین پارامتر آماری استفاده شده، روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) می‌باشد. در این روش، با استفاده از یک ساختار چند متغیره به‌طور هم‌زمان، تأثیر چند متغیر در چند جامعه آماری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و این امکان را فراهم می‌کند تا علاوه بر بررسی روابط بین متغیرها، تأثیر آن‌ها بر جامعه آماری، به‌طور هم‌زمان بررسی شود.

### یافته‌ها و بحث

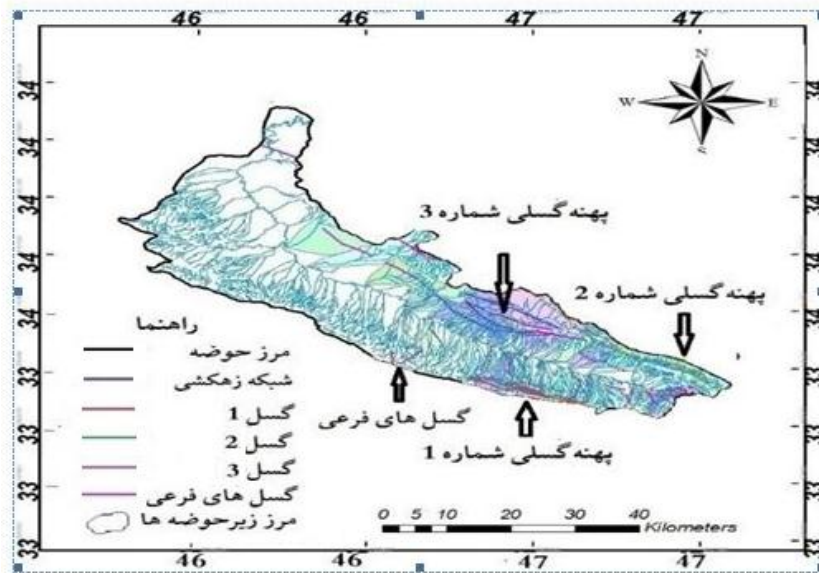
در این تحقیق برای بررسی نقش تکتونیک فعال در خصوصیات مورفومتریکی شبکه‌های جریانی، یکی از زیر حوضه‌های زاگرس بنام حوضه مرگ در نظر گرفته شده است. بعد از مشخص کردن محدوده حوضه براساس نقشه توپوگرافی و شبکه آبراهه در حوضه موردنظر تعداد ۸۰ زیر حوضه مشخص شد. انتخاب زیر حوضه‌ها از روی نقشه توپوگرافی و خطوط آبراهه‌ای صورت گرفت. زیر حوضه‌ها به دودسته زیر حوضه‌های قسمت جنوبی و شمالی آبراهه اصلی، تقسیم شدند. تعداد ۴۵ زیر حوضه در دامنه جنوبی و تعداد ۳۵ زیر حوضه در دامنه شمالی قرارگرفته است (شکل ۷). بعد از تهیه نقشه لیتولوژی از روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه، لایه گسل حوضه مورد مطالعه استخراج گردید. لایه گسل محدود حوضه رودخانه مرگ ترکیبی از ۳ عارضه بزرگ کوهستان، تپه‌ماهور و دشت است. پیکره اصلی این عوارض تحت تأثیر ساختمان گسل‌ها نیز مجدداً شکست و گسیخته شده است. در کرانه راست رود مرگ گسیختگی‌های توپوگرافی قطع‌شدگی شیب، برون‌زدگی سنگی متعدد، تغییرات ناگهانی جهت دره‌ها، نامتقارن بودن شیب جانبی همین دره‌ها نشانه‌هایی از عملکرد ترکیبی گسل و سنگ‌شناسی است. روند این گسل‌ها در امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق دره مرگ است اما در کرانه چپ، پرتگاه‌های ممتد و تقریباً پیوسته در بالاترین تراز ارتفاعی و همین‌طور وجود لایه‌های سنگ‌شناسی آواری اثرات گسل را نسبت تعدیل کرده است. با توجه به مشخص کردن زیر حوضه‌های این حوضه ۴۴ زیر حوضه دارای گسل و ۳۶ زیر حوضه فاقد گسل می‌باشد. در سیستم گسلی حوضه مرگ ۳ پهنه اصلی گسل عمده در حوضه قابل مشاهده می‌باشد که پهنه‌های اصلی شماره‌گذاری گردید. گسل شماره ۱ حوضه جزء گسل‌های اصلی بوده و در جنوب رود مرگ و کرانه چپ قرار دارد که تعداد ۱۲ زیر حوضه با شماره‌های ۲۵-۲۷-۲۸-۲۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۳-۳۵-۳۶-۳۷-۳۸ را در بر گرفته است. گسل شماره ۲ در شمال رود اصلی و در قسمت راست کرانه رودخانه قرار دارد. این گسل جزء گسل‌های اصلی می‌باشد که تعداد ۴ زیر حوضه را به شماره‌های ۴۹-۵۲-۵۴-۵۵ در بر گرفته است. گسل شماره ۳ در شمال رود اصلی و در قسمت راست کرانه رودخانه قرار دارد. این گسل جزء گسل‌های اصلی می‌باشد که تعداد ۱۴ زیر حوضه به شماره‌های ۵۶-۵۷-۵۸-۵۹-۶۰-۶۱-۶۲-۶۳-۶۴-۶۵-۶۶-۶۸-۶۹-۷۱ را در بر گرفته است. اطلاعات استخراج شده

از لایه گسل شامل دسته‌بندی گسل‌ها، تراکم گسل در زیر حوضه‌ها و نحوه پراکندگی گسل‌ها در کرانه شمال یا جنوب حوضه می‌باشد.



شکل ۵: زیر حوضه‌های، حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه

Figure 5: Submarine basins of Mergh catchment area, Kermanshah province



شکل ۶: بهنه‌های گسلی حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه.

Figure 6: Fault zones of the Mergh catchment area, Kermanshah province.

در مرحله بعد با توجه به هدف تحقیق، اقدام به رتبه‌بندی شبکه‌های زهکشی شده و مقادیر تراکم زهکشی تمام زیر حوضه‌ها با توجه به آبراهه‌های رتبه ۱ و مقادیر فراوانی زهکشی کل زیر حوضه‌های حوضه مرگ با توجه به آبراهه‌های رتبه ۱ برآورد شده و در نهایت زاویه عمومی و داخلی شبکه زهکشی، محاسبه شد. به علت حجم بالای

داده‌ها از ذکر آن‌ها در این بخش، اجتناب شده است. در جدول (۲) علامت اختصاری داده‌های استفاده شده در تحلیل‌های آماری نمایش داده شده است.

جدول ۲- شاخص‌های مورد استفاده شده در تحلیل حوضه آبریز رود مرگ، استان کرمانشاه.

Table 2- Indicators used in the analyses of meregh catchment area, Kermanshah province

معدل فارسی	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	تعداد آبراهه	فراوانی زهکشی	طول آبراهه (کیلومتر)	تراکم زهکشی	زاویه عمومی	زاویه داخلی	تراکم گسل	اختلاف زاویه داخلی و خارجی
علامت اختصاری	SBA	SBP	NS	FD	LS	DD	GA	IA	DF	PHHI

تأثیر لیتولوژی بر خصوصیات مورفومتری حوضه

به‌منظور بررسی تأثیر لیتولوژی بر خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌های مورد بررسی از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد (جدول ۳). ابتدا، لیتولوژی آبراهه‌های رتبه یک در هر زیر حوضه مشخص گردید و بر این اساس ۹ لیتولوژی مختلف برای ۸۰ زیر حوضه به‌دست آمد و زیر حوضه‌ها در ۹ گروه قرار گرفتند.

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس یک‌طرفه خصوصیات مورفومتری زیرحوضه‌ها بر اساس ساختار زمین‌شناسی

Table 3- Mean squares obtained from one-way analysis of variance Morphometric characteristics of the sub basins based on geological structure

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		SBA	SBP	NS	FD	LS	DD	GA	IA	GA-IA	DF	PHHI
بین گروه‌ها	۸	۱۶۱۵**	۳۴۹/۵**	۲۵۰۸**	۴/۳۵۸**	۸۱۳ <sup>NS</sup>	۱/۲۴۷**	۱۶۴۷۳**	۱۳/۵۴**	۵۵۳۶**	۵۲/۳۱**	۲۰/۳۱ <sup>NS</sup>
داخل گروه‌ها (خطا)	۷۱	۲۶۹	۸۵/۷	۳۷۷	۰/۷۶۷	۴۲۷	۰/۴۳	۴۷۱۶	۲/۳۹	۱۷۷۴	۱۰/۱۶	۱۳/۱۱

\*\* اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار است. NS اختلاف غیر معنی‌دار است

نتایج نشان داد که لیتولوژی بر طول آبراهه و حد بالای HI تأثیر معنی‌دار نداشت و دیگر خصوصیات به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) تحت تأثیر لیتولوژی بودند. به بیان دیگر مساحت و محیط زیر حوضه‌ها با تغییر نوع سنگ در آبراهه‌های رتبه یک، تغییر معنی‌داری داشته است. همچنین تعداد آبراهه، فراوانی و تراکم زهکشی و فراوانی گسل نیز تحت تأثیر لیتولوژی زیر حوضه‌ها بود؛ اما مهم‌تر از همه تأثیر لیتولوژی بر زاویه عمومی، زاویه داخلی و انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی در آبراهه‌های رتبه یک زیر حوضه‌ها بود؛ بنابراین با توجه به تجزیه واریانس می‌توان به‌خوبی نقش لیتولوژی بر فرایندهای هیدروگرافی حوضه و شکل‌گیری شبکه زهکشی را، بیان کرد. به بیان ساده‌تر با

توجه به این‌که خصوصیات مورفومتری شبکه آبراه‌های بین زیر حوضه‌های مختلف با توجه به تجزیه واریانس تفاوت معناداری دارد و ناشی از لیتولوژی است پس می‌توان مناطقی که بر اساس زاویه آبراه‌ها دارای بیش‌ترین آشفستگی هستند را با توجه به لیتولوژی مشخص کرد و آن را عامل تأثیرگذار بر این آشفستگی، دانست. برای دستیابی به این هدف از مقایسه میانگین با روش دانکن استفاده شد (جدول ۵). به‌منظور بررسی تأثیر نوع لیتولوژی (به‌عنوان یک عامل موثر در ایجاد آشفستگی) بر شبکه آبراه‌های زیر حوضه‌ها و سایر خصوصیات مورفومتری از آزمون دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. بیش‌ترین متوسط مساحت زیر حوضه در سازند امیران (افیولیت، رادیولاریت) وجود داشت که با دیگر لیتولوژی‌ها اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد و کم‌ترین متوسط مساحت مربوط به زیرحوضه‌هایی با سنگ مارن و تراس رودخانه‌ای بود که متوسط مساحت‌های زیر حوضه‌ای برای این لیتولوژی‌ها تنها با سازند امیران و دولومیت اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد. به بیان دیگر زیرحوضه‌هایی که سازند امیران در آن‌ها غالب بود دارای بیش‌ترین متوسط مساحت بودند و بعد از آن زیر حوضه‌هایی که لیتولوژی دولومیتی داشتند متوسط مساحت بیش‌تری داشتند و دیگر زیر حوضه‌ها از لحاظ متوسط مساحت در یک سطح قرار داشته و اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیش‌ترین متوسط محیطی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که لیتولوژی غالب آبراه‌های رتبه یک آن‌ها، سازند امیران بود که متوسط محیطی آن‌ها با متوسط محیط زیرحوضه‌هایی که لیتولوژی دولومیتی داشتند اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نداشت. کم‌ترین متوسط محیطی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که لیتولوژی غالب آبراه‌های رتبه اول آن‌ها مارن بود و این زیر حوضه‌ها با آن‌هایی که لیتولوژی غالب آبراه‌های رتبه اول آن‌ها سازند امیران و دولومیت بود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد و با زیر حوضه‌هایی که دارای لیتولوژی دیگر بودند، اختلاف معنی‌دار از نظر متوسط محیطی نداشتند. در مورد طول آبراه نیز، بیش‌ترین متوسط طول آبراه مربوط به زیرحوضه‌هایی با سازند امیران بود و با دیگر زیر حوضه‌های دارای لیتولوژی‌های متفاوت، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد و از طرف دیگر تمامی زیر حوضه‌های قرارگرفته در دیگر لیتولوژی‌ها در یک گروه قرار گرفتند و از لحاظ طول آبراه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نداشتند. بیش‌ترین تعداد آبراه رتبه اول در زیرحوضه‌هایی قرار داشت که دارای سازند امیران بودند و با دیگر زیرحوضه‌هایی که دارای لیتولوژی دیگری قرار داشتند اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان دادند و کم‌ترین تعداد آبراه‌ها در زیرحوضه‌هایی با سنگ غالب مارن قرار داشتند. بیش‌ترین فراوانی زهکشی هم در زیرحوضه‌هایی بود که لیتولوژی غالب آبراه‌های رتبه اول آن‌ها مارن-آهک-فلیش بود که با دیگر زیر حوضه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد و با سایر زیر حوضه‌ها از نظر متوسط فراوانی زهکشی اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین می‌توان گفت، فراوانی زهکشی که به‌عنوان یک پارامتر در جهت مشخص نمودن آشفستگی زهکشی مورد توجه است تنها در زیر حوضه‌هایی با لیتولوژی غالب آبراه‌های رتبه اول آن‌ها مارن-آهک-فلیش دارای بیش‌ترین مقدار است و سایر لیتولوژی‌ها تأثیر معناداری بر فراوانی زهکشی نداشتند. برای خصوصیت تراکم زهکشی بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار در بین زیر حوضه‌های دارای لیتولوژی متفاوت مشاهده نشد. به عبارتی با توجه به آزمون دانکن لیتولوژی تأثیر معنی‌داری بر روی تراکم زهکشی نداشته

است. این نتیجه بیانگر این مطلب است که بر اساس تراکم زهکشی و با توجه به لیتولوژی نمی‌توان مناطق دارای آشفستگی را شناسایی نمود و به عبارت دیگر این پیش‌فرض که لیتولوژی می‌تواند عامل تراکم زهکشی باشد، با آزمون دانکن اثبات نشد و در نتیجه نمی‌توان با توجه به تراکم زهکشی در حوضه مورد مطالعه مناطق دارای آشفستگی را اثبات کرد؛ اما برای خصوصیت زاویه عمومی مشاهده شد که بیش‌ترین زاویه عمومی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که دارای لیتولوژی غالب مارن-آهک-فلیش در آبراهه‌های رتبه یک بودند که تنها با زیرحوضه‌هایی که دارای سازند غالب امیران در آبراهه‌های رتبه یک بودند اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ داشتند و با دیگر زیر حوضه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند، البته بعد از زیرحوضه‌هایی با لیتولوژی غالب مارن-آهک-فلیش، زیر حوضه‌های با لیتولوژی سنگ‌آهک دارای بیش‌ترین زاویه عمومی بودند و از طرف دیگر زیر حوضه‌های دارای سازند غالب امیران دارای کم‌ترین زاویه عمومی بودند. با توجه به این‌که هرچه زاویه عمومی آبراهه‌های رتبه اول بیش‌تر باشد، آشفستگی زهکشی نیز بیش‌تر است (جدول ۴).

در مورد زاویه داخلی نتایج آزمون دانکن نشان داد که بیش‌ترین زاویه داخلی آبراهه‌های رتبه یک مربوط به زیر حوضه‌های آبرفتی بودند که تنها با زیر حوضه‌های با لیتولوژی سنگ‌آهک و دولومیت اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ داشتند و با دیگر زیر حوضه‌ها، اختلاف معنی‌دار نشان نداد و کم‌ترین زاویه داخلی مربوط به زیر حوضه‌هایی بود که لیتولوژی غالب آبراهه‌های رتبه یک آن‌ها دولومیت بود و در مرتبه بعد، کمترین زاویه داخلی به زیر حوضه‌های با لیتولوژی سنگ‌آهک اختصاص داشت. با توجه به اینکه هرچه زاویه داخلی آبراهه‌ای کم‌تر باشد، آشفستگی زهکشی بیش‌تر است، زیرحوضه‌هایی که دارای بیش‌ترین آشفستگی در زهکشی بر اساس زاویه داخلی بودند، در مناطقی با دولومیت و سنگ‌آهک قرار داشتند.

برای خصوصیت قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی آبراهه‌های رتبه اول نیز، مشاهده گردید بیش‌ترین انحراف مربوط به زیر حوضه‌های بود که لیتولوژی غالب آبراهه‌های رتبه اول آن‌ها تراس رودخانه‌ای بود و تنها با زیرحوضه‌هایی با لیتولوژی غالب دولومیت و زیر حوضه‌های با لیتولوژی غالب سنگ‌آهک سنومانین اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ داشتند. کم‌ترین قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که لیتولوژی غالب آبراهه‌های رتبه اول آن‌ها دولومیت بود و تنها با زیرحوضه‌هایی با لیتولوژی غالب آبراهه‌های رتبه اول تراس رودخانه‌ای و آبرفتی اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نشان داد. بنابراین با توجه به این‌که هرچه قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی کم‌تر گردد بیانگر بروز آشفستگی در زهکشی می‌باشد، نتایج آزمون دانکن برای فراوانی گسل در زیر حوضه‌ها نشان داد که کم‌ترین میزان فراوانی گسل در زیرحوضه‌هایی با سازند امیران، سنگ‌آهک سنومانین و آبرفت بود که تنها با زیر حوضه‌های دارای لیتولوژی غالب تراس رودخانه، فلیش، مارن-آهک-فلیش و دولومیت اختلاف معنی‌دار نداشتند. بیش‌ترین فراوانی گسل در زیرحوضه آبرفتی بود. در مورد شاخص حد بالای HI نیز، بیش‌ترین میزان مربوط به لیتولوژی‌های آبرفت، سازند امیران و تراس رودخانه‌ای و کم‌ترین میزان مربوط به لیتولوژی دولومیتی بود. دیگر لیتولوژی‌ها در حد متوسطی نسبت به این دو گروه قرار داشتند.

جدول ۴- مقایسه میانگین به روش دانکن برای خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها بر اساس لیتولوژی

Table 4 - Comparison of Duncan's mean for morphometric characteristics of the sub-basins based on lithology

ساختار زمین‌شناسی*	SBA	SBP	NS	FD	SL	
آبرفت	۲۵.۹۲ bc	۲۳.۵۷ bc	۱۵.۷۳ bc	۰.۶۰ b	۱۷.۱۵ b	
تراس رودخانه‌ای	۶.۸۹ c	۱۵.۱۲ c	۷.۵۰ bc	۱.۲۰ b	۸.۴۱ b	
سنگ‌آهک	۱۳.۰۳ bc	۱۶.۴۵ c	۱۹.۱۳ bc	۱.۸۸ b	۱۸.۱۸ b	
سنگ‌آهک سنوماتین	۱۲.۸۳ bc	۱۶.۰۵ c	۱۳.۳۳ bc	۱.۰۳ b	۶.۷۷ b	
فلیش	۱۷.۰۷ bc	۲۲.۷۱ bc	۱۸.۶۲ bc	۱.۱۴ b	۱۸.۸۸ b	
مارن	۳.۶۵ c	۹.۹۲ c	۳.۸۳ c	۱.۱۶ b	۵.۳۴ b	
مارن، آهک، فلیش	۱۴.۷۸ bc	۱۷.۶۳ c	۲۰.۵۰ bc	۴.۶۹ a	۴.۶۱ b	
سازند امیران (افیولیت، رادیولاریت)	۶۷.۸۴ a	۳۷.۴۴ a	۹۰.۰۰ a	۱.۲۰ b	۵۱.۰۸ a	
دولومیت	۳۴.۷۳ b	۳۲.۸۱ ab	۳۵.۵۰ b	۱.۰۰ b	۴.۹۹ b	
ساختار زمین‌شناسی	DD	GA	IA	[GA-IA]	DF	PHHI
آبرفت	۱.۰۰۲ a	۱۵۱.۰ ab	۱۷۶.۳۰ a	۸۴.۱۸ ab	۰.۰۴۰ c	۳۴.۴۰ a
تراس رودخانه‌ای	۰.۳۹۵ a	۱۲۱.۷ ab	۱۷۶.۱۶ ab	۸۶.۷۹ a	۲.۱۰۵ abc	۳۴.۰۰ a
سنگ‌آهک	۰.۰۱۳ a	۲۰۶.۳ ab	۱۷۳.۸۱ b	۳۹.۰۹ abc	۶.۳۵۲ a	۳۱.۶۱ ab
سنگ‌آهک سنوماتین	۰.۰۲۳ a	۱۹۵.۰ ab	۱۷۵.۶۰ ab	۱۹.۴۲ bc	۰.۰۰۰ c	۳۰.۷۰ ab
فلیش	۰.۷۰۸ a	۱۱۰.۶ ab	۱۷۵.۵۱ ab	۷۳.۷۴ abc	۱.۲۱۲ bc	۳۲.۴۳ ab
مارن	۰.۰۰۶ a	۲۰۵.۷ ab	۱۷۴.۵۳ ab	۳۷.۹۱ abc	۵.۱۸۷ ab	۳۳.۳۶ ab
مارن، آهک، فلیش	۰.۰۰۲ a	۲۱۴.۳ a	۱۷۵.۶۷ ab	۳۸.۶۵ abc	۰.۵۶۶ bc	۳۰.۶۲ ab
سازند امیران (افیولیت، رادیولاریت)	۰.۰۷۵۳ a	۱۰۱.۳ b	۱۷۵.۳۵ ab	۷۴.۰۹ abc	۰.۰۰۰ c	۳۴.۲۱ a
دولومیت	۰.۰۰۴ a	۱۸۲.۶ ab	۱۷۰.۸۵ c	۱۵.۸۱ c	۱.۷۵۷ abc	۲۸.۰۲ b

\* میانگین‌های با حرف مشترک، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند..

تأثیر پهنه‌گسلی بر خصوصیات مورفومتری حوضه

با توجه به این‌که لیتولوژی نمی‌تواند تنها عامل موثر بر آشفستگی شبکه زهکشی و خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها باشد و عوامل دیگری نیز نقش دارند، از این‌رو تأثیر نوع پهنه گسلی نیز، مورد بررسی قرار گرفت. سه پهنه مختلف گسلی شماره ۱، ۲ و ۳ نام‌گذاری شدند و چندین پهنه گسلی کوچک نیز وجود دارد که تحت عنوان سایر گسل‌ها، در یک گروه قرار گرفت و نهایتاً زیرحوضه‌هایی که فاقد گسل بودند، به نام حوضه‌های بدون گسل در یک گروه قرار گرفت. تأثیرات این پنج دسته پهنه گسلی، بر خصوصیات مورفومتری زیرحوضه‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه تجزیه و تحلیل شد (جدول ۵) و نتایج نشان داد که نوع گسل در زیر حوضه‌ها بر روی متغیرهای مساحت و محیط زیر حوضه‌ها، تعداد و طول آبراهه، فراوانی زهکشی و بیش‌ترین درصد  $HI^9$  تأثیر معنی‌دار نداشت اما نوع گسل روی زاویه عمومی و داخلی و همچنین فراوانی گسل تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ و همچنین بر روی قدرمطلق انحراف زاویه عمومی از داخلی در سطح ۵٪ تأثیر معنی‌دار نشان داد (جدول ۶).

## 9- Hypsometric Integral

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها بر اساس نوع گسل

Table 5- Mean squares obtained from one-way analysis of variance morphometric characteristics of the sub basins by fault type

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		SBA	SBP	NS	FD	LS	DD	GA	IA	GA-IA	DF	PHHI
بین گروه‌ها	۴	۷۸۴ <sup>NS</sup>	۲۴۹ <sup>NS</sup>	۱۲۰۷ <sup>NS</sup>	۱/۱۴۷ <sup>NS</sup>	۴۳۶ <sup>NS</sup>	۲/۳۶۶ <sup>**</sup>	۱۸۶۳۵ <sup>**</sup>	۲۱/۵۵ <sup>**</sup>	۶۱۱۲ <sup>*</sup>	۱۶۸/۴ <sup>**</sup>	۲۰/۹۹ <sup>NS</sup>
داخل گروه‌ها (خطا)	۷۵	۳۸۶	۱۰۵	۵۶۱	۱/۱۳۰	۴۶۸	۰/۴۱۴	۵۲۲۷	۲/۵۶	۱۹۴۴	۶/۲	۱۳/۴۶

\*\* اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار است. \* اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار است. NS اختلاف غیر معنی‌دار است

به منظور تعیین نوع تأثیر گسل‌ها بر متغیرهای اندازه‌گیری شده و خصوصاً متغیرهای مرتبط با زاویه آبراهه‌ها از مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد (جدول ۶). در مورد مساحت، محیط زیر حوضه و تعداد آبراهه بیش‌ترین میزان مربوط به زیر حوضه‌های روی گسل شماره ۲ بود و گسل ۲ با دیگر گسل‌ها برای این خصوصیات اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ داشت. برای فراوانی زهکشی، طول آبراهه و درصد بیش‌ترین HI بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در بین گسل‌های موجود در حوضه مورد بررسی مشاهده نشد. برای خصوصیت تراکم زهکشی مشاهده شد که بیش‌ترین تراکم مربوط به زیرحوضه‌هایی است که بر روی گسل قرار نداشته و با حوضه‌های قرار گرفته بر روی گروه پنجم (سایر گسل‌ها) اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نداشت. از طرف دیگر گسل‌های شماره ۱، ۲ و ۳ نیز از لحاظ تراکم زهکشی با همدیگر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. برای تراکم گسل تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد به این شرح که بیش‌ترین تراکم گسل در زیرحوضه‌هایی بودند که بر روی گسل ۳ قرار داشتند و در رده دوم زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی گسل یک دارای بیش‌ترین تراکم گسل بودند و زیر حوضه‌های گسل ۲ نیز در رده سوم قرار داشت. لازم به ذکر است زیر حوضه‌های موجود در این سه نوع گسل با همدیگر از نظر تراکم گسل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان دادند. کمترین تراکم گسل به زیر حوضه‌های بدون گسل تعلق داشت که این امر طبیعی اما با زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی سایر گسل‌ها اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان نداد. در مورد زاویه عمومی نیز مشاهده گردید که بیش‌ترین زاویه عمومی مربوط به زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی گسل‌های شماره ۳ و ۲ بود که با زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی گسل شماره یک و زیر حوضه‌های بدون گسل که کمترین زاویه عمومی را داشتند، اختلاف معنی‌دار نشان دادند. زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی سایر گسل‌ها در حد متوسطی بین دو گروه برای زاویه عمومی قرار گرفتند و با هر دو گروه اختلاف معنی‌دار نشان ندادند؛ بنابراین به‌خوبی می‌توان مشاهده کرد که گسل‌های شماره ۲ و ۳ با تأثیر بر هیدروگرافی حوضه باعث شده که زاویه عمومی آبراهه‌های رتبه یک زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی این دو گسل افزایش داشته باشد و در نتیجه در شبکه زهکشی آشفته‌گی برای این زیر حوضه‌ها بر اساس زاویه عمومی وجود داشته باشد و از طرف دیگر ملاحظه شد که وجود گسل در افزایش زاویه عمومی نقش داشته و زیرحوضه‌هایی که فاقد گسل بودند، دارای کم‌ترین زاویه عمومی بودند، اما نکته قابل توجه زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی گسل شماره یک بود که این زیر حوضه‌ها از لحاظ زاویه عمومی در رده زیر حوضه‌های بدون گسل قرار داشتند که

شاید دلیل این نتیجه تأثیر عوامل دیگر از جمله میتولوژی بر روی زاویه عمومی آبراه‌های این زیر حوضه‌ها باشد و یا عدم فعالیت تکتونیکی برای گسل موجود باشد. زیر حوضه‌های قرارگرفته بر روی گسل شماره ۳ کم‌ترین میزان زاویه داخلی داشتند و با دیگر زیرحوضه‌های قرارگرفته بر روی دیگر گسل‌ها و زیر حوضه‌های بدون گسل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نشان دادند. بر اساس زاویه داخلی نیز ملاحظه شد که گسل شماره ۳ باعث کاهش زاویه داخلی زیرحوضه‌های قرارگرفته بر روی آن شده و در نتیجه آشفستگی زهکشی در این زیر حوضه‌ها می‌تواند متاثر از فعالیت تکتونیکی این پهنه گسلی باشد. در مورد پهنه گسلی شماره ۲ نیز هرچند اختلاف معنی‌دار با گسل‌های ۱ و سایر گسل‌ها و همچنین گروه بدون گسل بر اساس آزمون دانکن مشاهده نشد، اما این پهنه گسلی بعد از گسل شماره ۳ کم‌ترین زاویه داخلی را داشت. در مورد قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از داخلی، زیر حوضه‌های قرار گرفته روی سایر گسل‌ها و زیر حوضه‌های بدون گسل بیش‌ترین میزان را داشتند و با هم در یک گروه قرار گرفتند و با زیر حوضه‌های قرار گرفته بر روی گسل‌های شماره ۱ و ۳ اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نداشتند. از طرف دیگر زیر حوضه‌های قرار گرفته روی گسل شماره ۲ با داشتن کم‌ترین انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی در یک گروه قرار داشت که با زیر حوضه‌های گسل ۱ و ۳ اختلاف معنی‌دار نشان نداد. زیر حوضه‌های قرارگرفته روی گسل‌های شماره ۲ و ۳ دارای کم‌ترین میزان هستند و به تبع آشفستگی سیستم زهکشی این زیر حوضه‌ها بر اساس این متغیر می‌تواند ناشی از این دو نوع پهنه گسلی باشد. تأثیر پهنه‌های گسلی شماره ۲ و ۳ بر روی آشفستگی زهکشی بیش‌تر بود و علاوه بر آن به‌طور کلی نقش گسل و تأثیر آن بر روی شبکه زهکشی نیز از نتایج قابل استنباط بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین به روش دانکن برای خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها بر اساس نوع گسل

Table 6- Comparison of Duncan's mean for morphometric characteristics of the sub-basins based on the type of fault

نوع گسل*	SBA	SBP	NS	FD	SL	
بدون گسل	۱۷.۷۷ b	۱۹.۵۰ b	۱۸.۷۷ b	۱.۲۶ a	۱۶.۷۴ a	
گسل شماره ۱	۸.۰۷ b	۱۷.۶۴ b	۸.۸۳ b	۱.۰۱ a	۹.۹۹ a	
گسل شماره ۲	۳۴.۷۵ a	۳۰.۹۷ a	۴۳.۲۰ a	۱.۳۱ a	۲۸.۱۵ a	
گسل شماره ۳	۹.۸۸ b	۱۵.۴۱ b	۱۴.۶۴ b	۱.۸۰ a	۱۱.۹۹ a	
سایر گسل‌ها	۱۵.۲۰ b	۱۶.۹۰ b	۱۱.۵۷ b	۱.۲۴ a	۹.۸۱ a	
نوع گسل*	DD	GA	IA	GA-IA	DF	PHHI
بدون گسل	۰.۷۸ a	۱۳۲ b	۱۷۶ a	۷۷.۵۲ a	۰.۰۰ d	۳۳.۷۲ a
گسل شماره ۱	۰.۰۴ b	۱۲۸ b	۱۷۶ a	۵۷.۰۶ ab	۴.۸۸ b	۳۳.۴۱ a
گسل شماره ۲	۰.۰۳ b	۲۰۳ a	۱۷۵ a	۲۸.۵۵ b	۲.۲۳ c	۳۰.۵۲ a
گسل شماره ۳	۰.۰۱ b	۲۰۵ a	۱۷۳ b	۴۰.۰۲ ab	۷.۷۲ a	۳۱.۴۷ a
سایر گسل‌ها	۰.۳۱ ab	۱۵۸ ab	۱۷۶ a	۷۹.۲۲ a	۱.۸۸ cd	۳۲.۵۸ a

\* میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، در سطح ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار را، نشان نمی‌دهند.



تأثیر تراکم گسل بر خصوصیات مورفومتری حوضه

به منظور بررسی تأثیر تراکم گسل‌ها بر خصوصیات مورفومتری زیرحوضه‌های مورد بررسی از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد (جدول ۷) ابتدا حوضه مورد مطالعه در چهار طبقه تراکمی تعریف شدند. طبقه اول زیر حوضه‌های فاقد گسل، طبقه دوم زیر حوضه‌های دارای فراوانی گسل بین ۰/۰۰۱ تا ۵/۰۰، طبقه سوم زیر حوضه‌های دارای فراوانی گسل بین ۵/۰۰۱ تا ۱۰/۰۰ و طبقه چهارم زیر حوضه‌های دارای فراوانی گسل بین ۱۰/۰۰۱ تا ۱۵/۰۰ بود. طبقه‌بندی‌های فوق از طریق انجام محاسبات و به صورت تجربی تعیین گردید تا بدین وسیله مطلوب‌ترین نتیجه حاصل گردد. نتایج نشان داد که تراکم گسل در زیر حوضه‌ها بر متغیرهای مساحت زیر حوضه‌ها، تعداد و طول آبراهه، فراوانی زهکشی و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی تأثیر معنی‌دار نداشته است و نکته جالب توجه تأثیر معنی‌دار تراکم گسل در سطح ۰/۵٪ بر روی زاویه عمومی و داخلی بود. همچنین تأثیر معنی‌دار تراکم گسل بر روی تراکم زهکشی و درصد بیش‌ترین HI در سطح ۰/۱٪ مشاهده شد.

جدول ۷- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها بر اساس طبقات تراکم گسل

Table 7- Mean squares obtained from one-way analysis of variance Morphometric characteristics of the sub basins based on fault density classes

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		SBA	SBP	NS	FD	LS	DD	GA	IA	GA-IA	PHHI
بین گروه‌ها	۳	۹۵۴ <sup>ns</sup>	۴۱۲ <sup>**</sup>	۷۶۳ <sup>ns</sup>	۱/۲۹ <sup>ns</sup>	۲۸۹ <sup>ns</sup>	۲/۷۸ <sup>**</sup>	۱۵۰۵۲ <sup>*</sup>	۱۲/۰۶ <sup>*</sup>	۵۰۳۷ <sup>ns</sup>	۴۶۹۷ <sup>**</sup>
داخل گروه‌ها (خطا)	۷۶	۳۸۴	۱۰۱	۵۸۷	۱/۱۲	۴۷۴	۰/۳۸	۵۵۴۵	۳/۱۸	۲۰۴۲	۱۲/۵۳

\*\* اختلاف در سطح ۰/۱٪ معنی‌دار است. اختلاف در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار است. ns اختلاف غیر معنی‌دار است.

در ادامه به منظور تعیین مؤثرترین فراوانی گسل بر خصوصیات مورفومتری، خصوصاً زاویه عمومی و داخلی از مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۰/۵٪ استفاده شد (جدول ۸). بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰/۵٪ برای تعداد آبراهه، فراوانی زهکشی، طول آبراهه، قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی و درصد بیش‌ترین HI گروه‌بندی متفاوتی حاصل نشد و هر چهار طبقه تراکم گسل در یک گروه قرار داشتند. در مورد مساحت زیر حوضه‌ها مشاهده شد که زیر حوضه‌های با فراوانی گسل بین ۰/۰۰۱ تا ۵/۰۰ دارای بیش‌ترین متوسط مساحت بودند و کم‌ترین متوسط مساحت به زیرحوضه‌هایی با فراوانی ۱۰/۰۰۱ تا ۱۵/۰۰ اختصاص داشت. این روند برای محیط زیر حوضه‌ها نیز صادق بود. برای تراکم زهکشی نیز مشاهده شد که بیش‌ترین تراکم زهکشی در زیر حوضه‌های فاقد گسل بود و با دیگر زیر حوضه‌ها در سطح ۰/۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیش‌ترین زاویه عمومی مربوط به زیر حوضه‌های قرارگرفته در مناطقی با تراکم زهکشی بین ۱۰/۰۰۱ تا ۱۵/۰۰ بود و تنها با زیرحوضه‌هایی با تراکم زهکشی بین ۵/۰۰۱ تا ۱۰/۰۰ اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کم‌ترین زاویه عمومی مربوط به زیر حوضه‌های بدون گسل بود. هرچقدر فراوانی گسل بیش‌تر شده به‌طور معناداری زاویه عمومی نیز بزرگ شده و به عبارت دیگر آشفستگی زهکشی نیز بیش‌تر شده، بیش‌ترین زاویه عمومی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که دارای فراوانی گسل بیش‌تری بودند و این زیر حوضه‌ها آشفستگی زهکشی بیش‌تری داشتند. از طرف دیگر زیرحوضه‌هایی که فراوانی گسل در آن‌ها صفر بود،

کم‌ترین زاویه عمومی وجود داشت و کم‌ترین آشفته‌گی زهکشی نیز در این زیر حوضه‌ها دیده می‌شود. کم‌ترین زاویه داخلی مربوط به زیر حوضه‌های مناطقی با تراکم زهکشی بین ۱۰/۰۰۱ تا ۱۵/۰۰۰ بود و با دیگر سطوح تراکم زهکشی اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نشان داد و زیر حوضه‌های دیگر سطوح تراکم زهکشی برای زاویه داخلی اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نداشتند. در مورد زاویه داخلی روند هم مانند زاویه عمومی بود اما در جهت عکس به‌طوری که کم‌ترین زاویه داخلی مربوط به زیرحوضه‌هایی بود که بیش‌ترین تراکم گسل داشتند، بنابراین افزایش تراکم گسل باعث کاهش زاویه داخلی در زیر حوضه‌ها شده و افزایش آشفته‌گی زهکشی را به دنبال داشت.

جدول ۸- مقایسه میانگین به روش دانکن برای خصوصیات مورفومتری زیر حوضه‌ها بر اساس طبقات تراکم گسل

Table 8 - Comparison of Duncan's mean for morphometric characteristics of the sub-basins based on fault density classes

کم گسل*	SBA	SBP	NS	FD	SL
بدون گسل	۱۷/۴۱ab	۱۹/۲۳ab	۱۸/۳۳a	۱.۲۴a	۱۶/۵۷a
بین ۰/۰۰۱ تا ۵/۰۰۰	۲۰/۱۵a	۲۲/۵۰a	۲۱/۱۱a	۱.۱۹a	۱۵/۳۲a
بین ۵/۰۰۱ تا ۱۰/۰۰۰	۵/۰۵ab	۱۲/۹۹bc	۷/۲۷a	۱.۵۰a	۹/۵۶a
بین ۱۰/۰۰۰ تا ۱۵/۰۰۰	۲/۹۳b	۹/۷۷c	۶/۰۰a	۲.۰۱a	۶/۰۵a
نوع گسل	DD	GA	IA	GA-IA	PHHI
بدون گسل	۰/۸۱۸a	۱۳۸b	۱۷۶a	۸۰/۲۰a	۳۳/۹۰a
بین ۵/۰۰۰ تا ۱۰/۰۰۱	۰/۱۰۱b	۱۴۸b	۱۷۵a	۵۱/۸۵a	۳۱/۱۰a
بین ۱۰/۰۰۰ تا ۱۵/۰۰۰	۰/۰۰۸b	۱۷۷ab	۱۷۶a	۵۶/۵۷a	۳۴/۱۵a
بین ۱۵/۰۰۰ تا ۲۰/۰۰۰	۰/۰۰۳b	۲۲۳a	۱۷۳b	۵۰/۰۵a	۳۳/۰۶a

\* میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند اختلاف معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ ندارند

بررسی روابط متغیرهای مورفومتری

به‌منظور بررسی روابط بین متغیرهای مورد بررسی با استفاده از میانگین به دست آمده برای ۸۰ زیر حوضه، از ضریب همبستگی پیرسن استفاده شد (جدول ۹). مساحت و محیط زیر حوضه‌ها به همراه تعداد و طول آبراهه‌ها با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۱٪ نشان دادند. همچنین مساحت زیر حوضه‌ها دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ با قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی و تراکم گسل بود؛ اما محیط زیر حوضه‌ها همبستگی منفی و معنی‌دار با قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی و فراوانی زهکشی در سطح ۰.۵٪ و با درصد بیش‌ترین HI و تراکم گسل در سطح ۰.۱٪ نشان داد. تعداد آبراهه‌ها با قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ و با درصد بیش‌ترین HI در سطح ۰.۱٪ دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود.

زاویه عمومی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با فراوانی زهکشی در سطح ۰.۵٪ و با تراکم زهکشی در سطح ۰.۱٪ بود. همچنین رابطه منفی و معنی‌دار بین زاویه عمومی در سطح ۰.۱٪ با تراکم زهکشی و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی مشاهده شد. تراکم زهکشی با طول آبراهه و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۱٪ و با شاخص درصد بیش‌ترین HI همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نشان داد. همچنین رابطه بین تراکم زهکشی و فراوانی گسل منفی و معنی‌دار در سطح ۰.۱٪ بود. زاویه داخلی با قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۱٪ و با شاخص درصد بیش‌ترین HI همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ نشان داد. همچنین رابطه بین زاویه داخلی و تراکم گسل منفی و معنی‌دار در سطح ۰.۵٪ بود؛ و در نهایت رابطه بین شاخص درصد بیش‌ترین HI و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰.۱٪ بود.

جدول ۱۰- همبستگی بین خصوصیات مورد بررسی با استفاده از ضریب پیرسن

Table 10 - Correlation between the studied properties by using of Pearson coefficient

DF	[GA-IA]	IA	GA	DD	SL	FD	NS	SBP	SBA	خصوصیات مورفومتری
									۰/۹۱۴**	SBP
								۰/۸۸۸**	۰/۹۰۸**	NS
							۰/۰۱۳	-۰/۲۴۶*	-۰/۱۶۲	FD
						-۰/۰۴۷	۰/۶۵۹**	۰/۵۷۱**	۰/۶۲۳**	SL
					۰/۲۹۹**	-۰/۱۹۴	۰/۰۸۰	۰/۱۲۵	۰/۰۷۴	DD
				-۰/۴۲۴**	۰/۰۵۶	۰/۲۲۲*	-۰/۰۲۲	-۰/۱۳۱	-۰/۰۳۶	GA
			-۰/۱۲۱	۰/۲۱۲	۰/۰۴۲	-۰/۲۰۷	-۰/۱۰۳	-۰/۰۰۳	-۰/۰۲۱	IA
		۰/۳۱۹**	-۰/۴۲۷**	۰/۴۹۹**	-۰/۱۳۰	-۰/۲۱۰	-۰/۲۴۹*	-۰/۲۳۲*	-۰/۲۷۷*	[GA-IA]
	-۰/۱۷۹	-۰/۲۵۲*	۰/۲۸۸**	-۰/۳۷۱**	-۰/۱۵۵	۰/۱۹۳	-۰/۱۹۲	-۰/۳۱۱**	-۰/۲۹۳*	DF
۰/۰۲۳	۰/۳۳۵**	۰/۲۸۰*	-۰/۱۰۸	۰/۲۵۷*	-۰/۰۹۳	۰/۰۳۶	-۰/۲۶۳**	-۰/۲۶۹**	-۰/۲۰۷	PHHI
**همبستگی در سطح ۰.۱٪ معنی‌دار است										
*همبستگی در سطح ۰.۵٪ معنی‌دار است										

ارزیابی چند متغیره متغیرهای مورفومتریکی زیر حوضه‌ها

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌ها نشان داد که سه مولفه که مقدار ویژه بالای یک داشتند به ترتیب ۳۲، ۲۳ و ۱۰ درصد از واریانس موجود در ساختار داده‌ها را توجیه نمودند و در مجموع ۶۲ درصد از واریانس موجود با این سه مولفه بیان شد (جدول ۱۰). در مولفه اول خصوصیات مساحت و محیط زیر حوضه‌ها به همراه تعداد و طول آبراهه دارای بیش‌ترین سهم مثبت بودند. در مولفه دوم، تراکم زهکشی، زاویه داخلی و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی دارای بیش‌ترین سهم مثبت و زاویه عمومی به همراه تراکم گسل دارای بیش‌ترین سهم منفی بودند (مولفه افزایش خصوصیات تراکم زهکشی، زاویه داخلی و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی و کاهش زاویه عمومی

و تراکم گسل). در مولفه سوم دو خصوصیت فراوانی زهکشی و شاخص درصد بیش‌ترین HI دارای بیش‌ترین سهم مثبت بودند.

جدول ۹- مقادیر سه مولفه اول برای خصوصیات مورفومتری به همراه مقادیر ویژه، درصد از واریانس و جمعیت

Table 9- The values of the first three components for morphometric properties along with special values, percentage of variance and cumulative variance

مولفه سوم	مولفه دوم	مولفه اول	خصوصیات مورفومتری
۰/۰۲۳	-۰/۰۵۴	۰/۹۵۲*	SBA
۰/۱۰۳	۰/۰۱۶	۰/۹۳۱	SBP
۰/۱۶۹	-۰/۱۲۵	۰/۹۱۸	NS
۰/۶۶۶	-۰/۴۲۰	-۰/۱۸۸	FD
۰/۳۶۴	۰/۰۵۹	۰/۷۴۹	SL
۰/۲۷۳	۰/۷۵۶	۰/۱۸۶	DD
۰/۰۹۹	-۰/۶۵۱	-۰/۱۱۳	GA
-۰/۰۷۶	۰/۵۴۳	-۰/۰۵۳	IA
۰/۰۶۳	۰/۷۷۲	-۰/۲۶۵	GA-IA
۰/۲۱۶	-۰/۵۱۱	-۰/۳۶۸	DF
۰/۵۵۱	۰/۴۴۲	-۰/۳۱۸	PHHI
۱/۰۶	۲/۵۴	۳/۵۷	مقادیر ویژه
۹/۶۳	۲۳/۱۱	۳۲/۴۶	درصد از واریانس
۶۵/۲۱	۵۵/۵۸	۳۲/۴۶	واریانس جمعیت

\* مقادیری که زیر آن‌ها خط کشیده شده دارای بیش‌ترین مقدار برای خصوصیت موردنظر در مولفه می‌باشند.

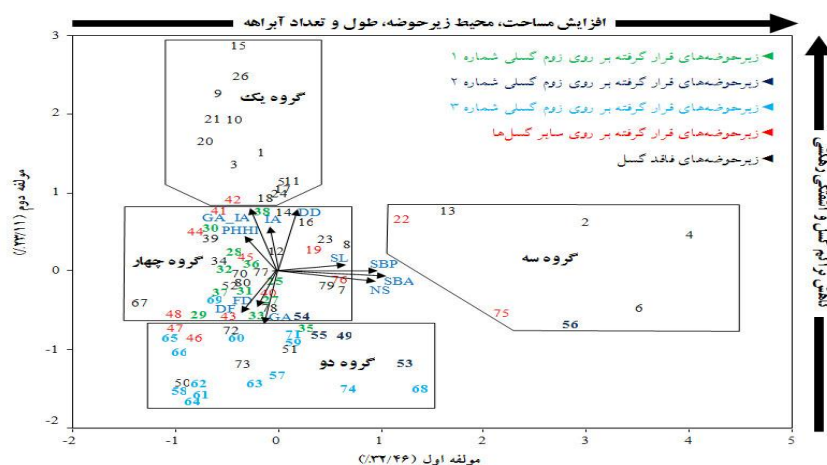
سه روند متفاوت در بین خصوصیات مورفومتری مشاهده می‌شود به‌طوری که محیط و مساحت زیر حوضه‌ها به همراه طول و تعداد آبراهه‌ها دارای یک روند بودند. با افزایش تراکم گسل، فراوانی زهکشی و زاویه عمومی نیز بیش‌تر شده و از طرف دیگر زاویه داخلی، قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی، تراکم زهکشی و شاخص HI کاهش یافت. بنابراین انتظار می‌رود که زیر حوضه‌های قسمت پایین نمودار یا به بیان ریاضی زیر حوضه‌های دارای مقدار مولفه دوم کم‌تر، زیرحوضه‌هایی باشند که دارای بیش‌ترین فراوانی گسل باشند. این انتظار دقیقاً مشاهده شده و قسمت اعظم زیر حوضه‌های این قسمت جزء زیر حوضه‌های دارای فراوانی گسل بالا بودند. از طرف دیگر پراکنش زیر حوضه‌ها بر اساس مقادیر مولفه اول و دوم بر روی بای پلات نشان داد که می‌توان این زیر حوضه‌ها را در ۴ دسته، قرار داد (شکل ۷).

- دسته اول زیر حوضه‌های ۱۵، ۲۶، ۹، ۱۰، ۲۱، ۲۰، ۱، ۳، ۱۱، ۵، ۱۷، ۲۴ و ۱۸ تماماً فاقد گسل می‌باشند و با توجه به بای پلات دارای بیش‌ترین تراکم زهکشی، زاویه داخلی، قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از داخلی و شاخص HI بوده و دارای کم‌ترین مقدار زاویه عمومی، تراکم گسل و فراوانی زهکشی بودند. کم‌ترین آشفتگی زهکشی بر

اساس داده‌های مورفومتری باید متعلق به این زیر حوضه‌ها باشد زیرا هم تراکم گسل کم‌تری داشته و هم زاویه داخلی بیش‌تر و انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی، بیش‌تر است. همچنین، در این زیر حوضه‌ها احتمال وجود گسل، کم می‌باشد.

- زیرحوضه‌های ۶۸، ۵۳، ۷۴، ۵۷، ۶۳، ۶۲، ۶۱، ۶۴، ۵۸، ۵۰، ۷۳، ۵۱، ۵۹، ۷۱، ۵۵، ۴۹، ۳۵، ۴۷، ۶۰، ۷۲، ۶۶، ۴۶ و ۶۵ در نقطه مقابل زیر حوضه‌های گروه قبل قرار داشتند. این زیر حوضه‌ها بیش‌ترین تراکم گسل، زاویه عمومی و فراوانی زهکشی داشتند و برای مقادیر زاویه داخلی، قدر مطلق انحراف زاویه داخلی از عمومی، شاخص HI و تراکم زهکشی دارای کم‌ترین مقادیر بودند. این حوضه‌ها در دسته حوضه‌های با بیش‌ترین آشفته‌گی زهکشی قرار دارند. جالب این‌که زیرحوضه‌های ۷۳، ۵۰، ۵۱ و ۷۲ که بر روی نقشه آثاری از گسل نشان ندادند در این گروه قرار دارند؛ زیرا با توجه به این‌که خصوصیات مورفومتری شبیه زیرحوضه‌های با تراکم گسل بالا دارند، می‌توان استنباط کرد که احتمالاً گسل‌هایی در این زیر حوضه‌ها، وجود دارد. همچنین زیر حوضه‌های ۲، ۱۳، ۴ و ۶ از گروه دوم و زیر حوضه‌های ۱۴، ۱۶، ۲۳، ۸، ۳۹، ۳۴، ۷۰، ۷۷، ۸۰، ۵۲، ۶۷، ۷۸، ۷، ۱۲ و ۷۹ از گروه سوم جزء زیرحوضه‌هایی بودند که روی نقشه آثاری از گسل نداشتند که احتمال وجود گسل برای این زیر حوضه‌ها نیز، بالا بود.

- زیر حوضه‌های ۴، ۲، ۱۳، ۲۲، ۷۵، ۵۶ و ۶ با توجه به موقعیت آن‌ها بر روی بای پلات، علاوه بر داشتن خصوصیات مورفومتری مشابه دارای بیش‌ترین متوسط مساحت و محیط و همچنین بیش‌ترین تعداد و طول آبراهه بوده و این زیر حوضه‌ها دارای مقادیر متوسطی برای دیگر خصوصیات مورد بررسی بودند. در آخر دیگر زیر حوضه‌ها که در مرکز قرار داشتند برای تمام خصوصیات مقادیر متوسطی به خود اختصاص دادند. از طرف دیگر زیر حوضه‌های قرارگرفته بر روی پهنه‌های گسلی متفاوت و همچنین زیر حوضه‌های فاقد گسل با رنگ‌های مختلف مشخص گردیده که با کاهش آشفته‌گی زهکشی بر اساس متغیرهای مورد بررسی خصوصاً زوایای آبراهه‌ای میزان تراکم گسل نیز کاهش داشته و پنج نوع پهنه گسلی نیز تا حدودی تفکیک داشته است و این خود نیز دلیلی بر تأثیر پهنه‌های مختلف گسلی و تراکم گسل بر آشفته‌گی زهکشی بود.



شکل ۷: بای پلات مولفه اول و دوم تجزیه به مولفه‌های اصلی، حوضه آبریز مرگ، استان کرمانشاه

Figure 7: Byplate of the first and second components of parsing into principal components, Mergh river catchment area, Kermanshah province

## نتیجه‌گیری

در حوضه آبریز رود مرگ که حد فاصل زاگرس منظم و زاگرس مرتفع قرار گرفته نه تنها در فواصل کوتاه سنگ‌ها از نظر جنس (مقاومت) و زمان تغییرات زیادی دارند، بلکه فعالیت گسلی نیز به شدت افزایش یافته است. گسل‌های بلند و کشیده در کنار گسل‌های کوتاه در سه بخش شمال، مرکز و جنوب حوضه، مشاهده شده است. عوارض خطی ژئومورفولوژیک ناشی از عملکرد گسل‌ها می‌توانند منجر به رفتار غیرعادی در سطح زمین شوند. زاویه داخلی آن‌ها با افزایش فعالیت تکتونیک، کاهش یافته و مقدار زاویه داخلی آن‌ها با افزایش فرسایش آبی افزایش می‌یابد.

جنس سنگ‌ها بر روی، زاویه داخلی، اختلاف زاویه عمومی و داخلی تأثیرات معنی‌دار داشته است. به عبارتی، پیکربندی هیدروگرافی آبراه‌های رتبه یک در ارتباط با جنس سنگ بوده و از نظر آماری معنادار است. بررسی ارتباط مساحت و طول، دو ویژگی مورفومتری با جنس سنگ نشان داد که سنگ‌های مقاوم و فرسایش‌پذیر روی پارامترهای آماری انعکاس مناسبی دارند. تراکم زهکشی با توجه به آزمون دانکن، کم‌تر از جنس سنگ متاثر بوده است. شاید بتوان آن را به اثرات عمومی تنش ناشی از فعالیت‌های گسلی در سنگ‌ها دانست. آبرفت و مواد منفصل در تغییرات زاویه داخلی رفتار وارونه‌ای نسبت به سنگ‌های سخت دارند، زاویه داخلی زهکش‌های که روی آبرفت-ها قرار دارند، به‌طور معناداری بیش‌تر است. توزیع نامتقارن تخریب سنگ‌ها و به دنبال آن انعکاس مورفولوژیک آن می‌تواند ناشی از سیستم هیدروژئومورفیک سطحی (اقلیم)، واحد سنگ، نوع خاک، شیب توپوگرافی، ناهمواری، کاربری زمین و توسعه حوضه باشد. فعالیت نسبی گسل‌ها نیز می‌تواند موثر باشد؛ یعنی برخی از گسل‌ها به‌طور نسبی فعال‌تر و برخی خاموش باشند و فقط شواهد ظاهری گسل‌ها حفظ شده باشد.

معنادار نبودن انتگرال هیدرومتریکی (HI) در واحدهای سنگی مختلف اطراف گسل‌ها ممکن است به علت تغییرپذیری میزان تخریب سنگ‌ها باشد. مقدار کم HI به معنای تخریب سنگ‌ها در نتیجه تنش گسل است. مقاومت مورفولوژیک سنگ‌ها روی مقدار HI تأثیر دارد، به‌طوری‌که آبرفت‌ها مقاومت مورفولوژیک کم‌تری نسبت به دولومیت دارند.

بررسی اثر گسل بر زاویه داخلی، زاویه عمومی و قدر مطلق تفاضل زاویه عمومی و زاویه داخلی آبراهه سطح معنی‌داری ۱٪ و ۵٪ را نشان داد. تراکم آبراهه‌ای، زاویه داخلی به‌عنوان دو متغیر تحت تأثیر اثر تنش ساختمانی روی سنگ‌ها با نوع گسل رابطه معنادار دارند. زیر حوضه‌های روی گسل شماره ۳ دارای کم‌ترین زاویه داخلی بوده و نسبت به سایر زیر حوضه‌ها از این نظر اختلاف معنی‌دار داشتند. بیش‌ترین تراکم گسل نیز در این زیر حوضه‌ها مشاهده گردید. شاخص HI در چهار تراکم گسل مقدار متفاوتی داشته است. آنچه که در این بررسی بیش‌تر آشکار گردید این است که گسل شماره ۳ انعکاس مورفولوژیک موثرتری را نشان داده است. گواه آن روابط معناداری است که در پارامترهای مختلف به‌ویژه زاویه داخلی به‌دست آمد. همبستگی مثبت و معنی‌دار HI با تراکم زهکشی، طول آبراهه و قدر مطلق انحراف زاویه عمومی از زاویه داخلی در سطح ۵٪ نشان دهنده وجود یک نوع خودهمبستگی نه‌تنها بین متغیرهای یاد شده بلکه بین سایر متغیرهای مورد بررسی است.

## References

- Abdallah, C., Bou Kheir, R., khawlie, M., Faour, G., (2006), "Comparative analysis of drainage networks extracted from DEMs and conventional approaches in Lebanon", *Lebanon science journal*, 7 (1): 49-62.
- Babai, S., Dehbozorgi, M., Hakimi, S, S., Hoseini Asl., (2017), "Assessment of active tectonics by using morphometric indices in central Alborz", *Quantitative Geomorphological research*, 6: 40- 56. [In Persian].
- Bahrami, S., Maghsoudi, M., Bahrami, K., (2011), "Evaluating the effect of tectonic in anomaly of drainage system morphometry in four catchments in Zagros", *Physical geography research Quarterly*, 43: 51-70. [In Persian].
- Berberian, M., (1995), "Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: Active basement tectonics and surface morphotectonics", *Tectonophysics*, 241: 193-224.
- Blanc, E. J. P., Allen, M. B., Inger, S., Hassani, H., (2003), "Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran", *Journal of the Geological society, London*, 160: 401-412.
- Clement, A. J. H., Brook, M. S., (2008), "Tilting of active folds and drainage asymmetry on the manawatu anticlines New Zealand, A preliminary investigation", *Earth Surface processes and landforms*, 33: 1787-1795.
- Deffontaines, B., Chotin, P., Air Brahim, L., Rozanov, M., (1992), "Investigation of active fault in morocco using morphometric methods and drainage pattern analysis", *Geologische Rundschau*, 81: 199- 210.
- Deffontaines, B., Lee, L. C., Angelier, J., Carvalho, J., Rudant, J. P., (1994), "New geomorphic data on the active Taiwan orogen a multisource approach", *Journal of geophysical research*, 99: 243-266.
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., Hosseiniasl, A., (2010), "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran", *geomorphology*, 121: 329-341.
- Ehsanni, J., Arian, M., (2015), " Geomorphic signatures of active tectonics in the Jarahi-Hendijan drainage basin (Marun- Zohreh river) in south- west Iran", *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, 24: 211-219. [In Persian].
- Ezati, M., Agh Atabai, M., (2013), "Active tectonic analysis of Atrak river subbasin located in NE Iran", *Journal of Tethys*, 1 (3): 177-188.
- Guanieri, P., Pirrotta, C., (2008), "The response of drainage basins to the late quaternary tectonic in the Sicilian side of the Messina strait (NE sicily)", *Geomorphology*, 95: 260-273.
- Hessami, K., Nilfroushan, F., Talbot, C. J., (2006), "Active deformation within the Zagros mountains deduced from GPS measurements", *Journal of the Geological society, London*, 163: 143-148.
- Hosseini, V., (2011), "Recognition of geomorphic anomalies in the Ghezel Ozan river basin, NW Iran", *World Applied Sciences journal*, 12 (3): 299-306.
- Jabari, A., Khazai, A., (2011), "Prediction of flooding in Kermanshah plain using geological maps", *Geography and Development Iranian Journal*, 22: 73-88 [In Persian].
- Jackson, J., Norris, R., Yougson, J., (1996), "The structural evolution of active fault and fold systems in central Otago, New Zealand, evidence revealed by drainage patterns", *Journal of structural geology*, 18 (2-3): 217-234.
- Jackson, J., Van Dissen, R., Berryman, K., (1998), "Tilting of active folds and Faults in the Manawatu region, New Zealand, evidence from surface drainage pattern", *New Zealand Journal of, Geology and geophysics*, 41: 377- 385.

- Lin, Z., Oguchi, T., (2011), "Analyses of watershed longitudinal transverse profiles and stream net structure using high resolution DEMs", *Geomorphology*, 23: 15-18.
- Malik, J., Mahanty, C., (2007), "Active tectonic influence on the evolution of drainage and landscape: geomorphic signatures from frontal and hinterland areas along the North-western Himalaya, India", *Journal of Asian earth Sciences*, 29: 604-618.
- Negahban, S., Hidari, A., (2015), "Survey neotectonic and erosion Kor- Chamriz watershed by use quantitative models", *Journal of Physical Geography*, 29: 91- 107. [In Persian].
- Nilforoushan, F., Vernant, P., Masson, F., (2003), "GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran", *Journal of Geodesy*, 77: 411- 422.
- Oberlander, T. M., (1985), "Origin of drainage transverse to structures in orogens", *Tectonic Geomorphology*, 34: 155-182.
- Ribolini, A., Spagnolo, M., (2008), "Drainage network geometry versus tectonics in the Argentera massif", *Geomorphology*, 93 (3-4): 253-266.
- Sharifinajafabadi, R., Moayeri, M., Ghayoor, H. A., Safaei, H., Sayf, A., (2013), "Assessment and conformance of geomorphologic and seismologic evidence of active tectonic in central Zagros area", *Geography and environmental planning*, 24: 175-192. [In Persian].
- Talling, P. G., Sowter, A. M., (1999), "Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler ridge, California", *Earth surface processes and landforms*, 24 (9): 809-824.