

بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های کمی شبکه‌های زهکشی (مطالعه موردی: حوضه‌های بار، بقیع

و قلعه میدان در دامنه جنوبی رشته کوه بینالود)

جواد جمال‌آبادی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار. ایران
محمد علی زنگنه اسدی - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار. ایران
زهرا فاتحی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار. ایران
مریم رباط سرپوشی - دانشجوی کارشناسی رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار. ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۱۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴

چکیده

رودخانه‌ها و شبکه زهکشی از جمله مهم‌ترین عوارضی هستند که نسبت به تغییرات زمین ساختی بسیار حساس می‌باشند. در این پژوهش، جهت بررسی تأثیر تکتونیک فعال بر مورفومتری شبکه‌های زهکشی، ابتدا ۴ حوضه بار (دو زیر حوضه با عنوان فاز ۱ و فاز ۲)، بقیع و قلعه میدان در رشته کوه بینالود در استان خراسان رضوی انتخاب شد. سپس شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (ga)، پارامترهای شاخص انشعابات (R)، نسبت شکل حوضه (BS)، نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه ($LSBW$) در آن مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین Δa و BS ، Δa و $LSBW$ و رابطه غیرمستقیمی بین Δa و ga ، BS و ga ، $LSBW$ و ga وجود دارد. ضریب همبستگی بین زوج‌های $\Delta a - BS$ ، $\Delta a - R$ ، $\Delta a - BWLS$ ، $ga - R$ ، $ga - BWLS$ به ترتیب $+0.843$ ، $+0.706$ ، $+0.906$ ، $+0.882$ ، -0.542 ، $+0.550$ به دست آمده است. همچنین نتایج محاسبات نشان می‌دهد که بین شاخص انشعابات (R) و دیگر پارامترها همبستگی مطلوبی وجود دارد.

واژگان کلیدی: مورفومتری، تکتونیک، ناهنجاری سلسله مراتبی زهکشی، شاخص انشعابات.

مقدمه

فرایندهای مورفوژنز درونی در طی سالیان طولانی و در مقیاس عمر جغرافیایی، مناطق گسترده‌ای از کره زمین را دچار تغییرات گسترده‌ای نموده‌اند. سرزمین ایران نیز به‌عنوان بخشی از زون فعال زمین ساختی آلپ-همیالیاست که از نگاه زمین ساختی و لرزه زمین ساختی ویژگی‌های خاصی دارد (زرگرزاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۱) به همین لحاظ ارزیابی و بررسی فعالیت‌های تکتونیکی و اثرات ناشی از آن در برنامه‌ریزی‌های عمران ناحیه‌ای و آمایش سرزمین و مدیریت محیط از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. از آنجاکه بررسی‌های کیفی جوابگوی ارزیابی این فعالیت‌ها نخواهد بود، کمی نمودن رفتار حرکات تکتونیکی ضروری به نظر می‌رسد. اندازگیری‌های کمی و عددی این فرصت را به ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد تا به طور واقعی و ملموس لندفرم‌های مختلف را ارزیابی و با یکدیگر مقایسه کنند. (گورابی و نوحه‌گر، ۱۳۸۶: ۱۷۷، غلامی، ۱۳۸۹: ۳)

تحقیقات میدانی، آزمایشگاهی و مدل‌های عددی نشان می‌دهد که بالآمدگی و تفاوت در سبک تغییر شکل سنگ‌بستر، باعث آشفستگی‌هایی در شبکه رودخانه‌ای خواهد شد. (ریبولینی و اسپاگنولو^۱، ۲۰۰۸: ۲۵۳) رودخانه‌ها اولین اشکال محیطی هستند که نسبت به تغییرات در بستر جریان و یا بروز تغییرات در طول بستر جریان، سریعاً واکنش نشان می‌دهند. در سراسر دنیا کارشناسان و متخصصان مختلفی در زمینه تحلیل و ارزیابی تکتونیک فعال به‌ویژه در دهه‌های اخیر، با استفاده از ارزیابی ویژگی‌های کمی شبکه زهکشی رودخانه‌ها مطالعه نموده‌اند. گارنیری و پیروتا^۲ (۲۰۰۸) نیز جهت بررسی تأثیر تکتونیک در چهار حوضه زهکشی در شمال شرق سیسیلی ایتالیا از شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی و شاخص انشعابات، استفاده کرده و دریافتند که تکتونیک فعال نظم شبکه زهکشی را برهم می‌زند و مقدار شاخص‌های ناهنجاری زهکشی در حوضه‌های فعال از نظر تکتونیک بیش از حوضه‌های با فعالیت تکتونیک کم است. سیکاسی و همکاران^۳ (۱۹۸۶) شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی را تعریف نمودند. هیروگادنر^۴ (۱۹۸۵)، دفونتینز و همکاران^۵ (۱۹۹۲)، جکسون و همکاران^۶ (۱۹۹۸)، لی و همکاران^۷ (۱۹۹۹)، تالینگ و سوتر^۸ (۱۹۹۹)، گولدزورسی و جکسون^۹ (۲۰۰۰)، سیمونی و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۳)، سونگ و چن^{۱۱} (۲۰۰۴)، مالیک و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۷)، شاخص‌های مورفومتری را در ارزیابی تکتونیک فعال و ایجاد ناهنجاری زهکشی مورد استفاده قرار دادند. هم‌چنین همدونی و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۸) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک (IAT)^{۱۴} به طبقه‌بندی تکتونیک جنوب اسپانیا پرداخته و مناطق فعال تکتونیک را مشخص نمودند. آلتین^{۱۵} (۲۰۱۰) مورفومتری شبکه زهکشی در زمین‌های آتشفشانی در آنتالیای ترکیه را مورد بررسی قرار دادند و اظهار نمودند که توسعه شبکه زهکشی به گسل و مقاومت سنگ‌ها وابسته است.

¹-Ribolini&spagnolo

²-Guarnieri&Pirrotta

¹-siccacci ea al

⁴- Hare and Grardner

⁵-Deffontaines et al.

⁶-Jackson et al.

⁷-Li et al.

⁸- Taling&Sowter

⁹- Goldsworthy& Jackson

¹⁰-Simoni et al.

¹¹-Sung &chen

¹²-Malik et. al.

¹³-Hamdouni et al.

¹⁴-Index of relative Active tectonic

¹⁵-Altin

در ایران نیز جمال آبادی و همکاران (۱۳۹۳)، ملک (۱۳۷۷)، پور کرمانی و معتمدی (۱۳۸۱)، رضایی مقدم و احمدی (۱۳۸۵)، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۴)، رادفروپور کرمانی (۱۳۸۴) گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶)، کرمی (۱۳۸۸ و ۱۳۹۱)، بیاتی خطیبی (۱۳۸۸)، مقصودی و همکاران (۱۳۹۰)، زرگزاده و همکاران (۱۳۸۸)، خاوری و همکاران (۱۳۸۹)، روستایی و نیری (۱۳۹۰)، پیراسته و همکاران (۲۰۱۱)، بهرامی (۱۳۹۲) با استفاده از شاخص های ژئومرفیک نظیر گرادیان طول رودخانه، عدم تقارن آبراهه ها، تقارن توپوگرافی عرضی، تقعر مقطع طولی رودخانه، شاخص شکل حوضه، شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی و... به ارزیابی تکتونیک فعال پرداختند.

اهمیت مطالعات مورفوتکتونیک دست یابی به نتایج مهم و اساسی است که غالباً از طریق سایر روش ها دستیابی به آن ها امکان نداشته یا مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی می باشد. بدین منظور در طی مطالعات مورفوتکتونیک شاخص هایی مورد استفاده قرار می گیرد که می تواند در رسیدن تحقیق به نتیجه نهایی کمک شایان توجهی نماید (کلر^۱، ۱۹۸۶: ۱۲۴) در این پژوهش تأثیر تکتونیک در ویژگی های کمی شبکه زهکشی در چهار حوضه آبریز شامل بار (فاز ۱ و ۲)، بقیع و قلعه میدان در شمال شرق ایران مورد بررسی قرار گرفت، که در آن علاوه بر شاخص های نظیر: R ، g_a ، Δa ، از شاخص هایی همچون نسبت شکل حوضه (BS) و شاخص WLSB (نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه) نیز استفاده شده است.

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه بار (۱)

حوضه آبخیز بار نیشابور در دامنه های جنوبی ارتفاعات بینالود واقع شده است این حوضه در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان نیشابور با مساحتی معادل ۵۳۹۹/۴۷ هکتار در مختصات ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۴۰ دقیقه و ۴۴ ثانیه تا ۵۸ درجه و ۴۶ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول شرقی واقع شده است. از نظر زمین شناسی، این حوضه بخشی از زیرزون ساختاری بینالود-آلداغ است که در نتیجه تحولات زمین ساختی واقع در آن واحدهای سنگی و رسوبی دوران دوم و سوم زمین شناسی بر روی آن گسترش یافته است. واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان بخش اعظم شمال و جنوب شرق حوضه را پوشش می دهد.

این واحد دربرگیرنده تیپ آهکی لار، تیپ مارن دلیچای و شیل و ماسه ژوراسیک به همراه تیپ آبرفتی می باشد. واحد ژئومورفولوژی تپه ماهور بخش های مرکزی و غربی حوضه را فرامی گیرد و در برگیرنده تیپ های آهکی دلیچای، شیل های تیره و فرسایش یافته ژوراسیک و پادگانه های آبرفتی می باشد. خاک حوضه بار به جهت شرایط اقلیمی، زمین شناسی، پوشش گیاهی و توپوگرافی از خاک متنوعی برخوردار است. بر اساس مطالعات انجام گرفته رژیم رطوبتی خاک حوضه نیز زیریک می باشد.

سازندهای دوران دوم (ژوراسیک شامل لار و دلیچای) و چهارم که همان رسوبات کواترنری شامل Qt2 (رسوبات بستر، مخروط افکنه های جوان و رسوبات دشت سیلابی)، QtL (پادگانه های آبرفتی قدیمی) Qal (آبرفت های جوان) می باشد که در محل تلاقی آبراهه ها و مسیل ها با رودخانه اصلی و شاخه های فرعی گسترش یافته است.

حوضه بار (۲)

این حوضه در ۵۴ کیلومتری شمال غربی شهرستان نیشابور، در محدوده جغرافیایی ۴۰° ۲۸' تا ۳۶° ۳۶' ۲۴' درجه عرض شمالی و ۵۸° ۴۳' ۲۸' تا ۵۸° ۴۹' ۳۱' درجه طول شرقی واقع شده و ۶۱/۸۷ کیلومتر مربع وسعت دارد.

^۱-Keller

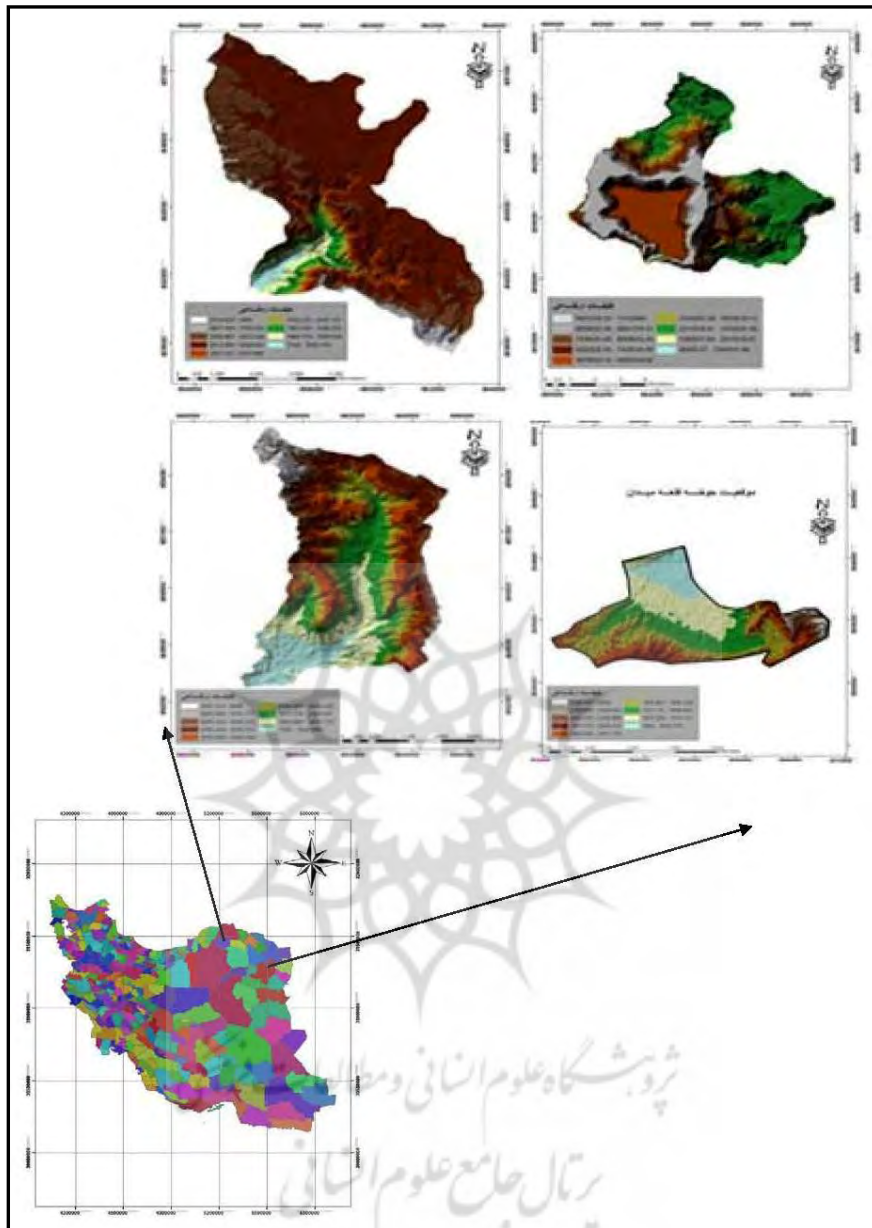
این حوضه از شمال به حوضه آبخیز بازه سر حصار و منطقه هفت چاه، از جنوب به حوضه آبخیز طاغان، از شرق به حوضه آبخیز فریزی و از غرب به حوضه آبخیز بقیع محدود می‌گردد.

حوضه آبخیز بار (۲) از نظر زمین‌شناسی در منطقه بینالود و زون البرز شرقی قرار دارد. نوع سنگ‌شناسی حوضه محدود به تشکیلات دوره ژوراسیک شامل آهک لار و سنگ‌های مارنی - آهکی دلیچای و بخش محدودی از ماسه‌سنگ‌های دوره ائوسن و در نهایت رسوبات دوره کواترنری و عهد حاضر می‌باشد. این حوضه دارای دو بخش مورفولوژیکی مشخص می‌باشد. منطقه فلات سنگی که دارای توپوگرافی ملایمی بوده و شامل تشکیلات آهک لار می‌باشد و منطقه غسل خورده با توپوگرافی تند و پرشیب که شامل رسوبات مارنی و آهکی با تداخل‌هایی از ماسه‌سنگ و شیل و خاک‌های برجا حاصل از فرسایش بخش‌های آهکی است. شبکه آبراهه‌ها متأثر از تشکیلات منطقه، از نوع دندریتی با تراکم زهکشی پایین و عمدتاً راست‌گوشه در آهک‌های لار تا تحت تأثیر عوامل مورفودینامیک و موازی و نیمه موازی در مارن - آهک (jdm) متغیر است. تشکیلات زیر حوضه‌ها نیز در محدوده مورد مطالعه شامل ۴ تیپ سنگ‌آهک نخودی روشن توده‌ای (jd)، تیپ سنگ‌آهک، مارن خاکستری روشن (jd)، تیپ ماسه‌سنگ (ES)، تیپ رسوبات آبرفتی عهد حاضر (Q) می‌باشد.

حوضه قلعه میدان

حوضه قلعه میدان یکی از زیر حوضه‌های سد سنگرد با مساحتی معادل ۸۶۸۰/۴۲ هکتار در حدفاصل ۳۶°۲۵' تا ۳۶°۳۱' عرض جغرافیایی و ۵۸°۰۸' تا ۵۹°۰۲' طول جغرافیایی قرار دارد. فاصله حوضه مطالعاتی تا مرکز استان (مشهد) ۳۱۰ کیلومتر می‌باشد. بهترین راه دسترسی به حوضه، ۹۰ کیلومتر جاده سبزوار - بردسکن است که از غرب حوضه وارد آن می‌شود.

ارتفاع متوسط حوضه ۱۷۹۶/۱۹ متر، شیب متوسط حوضه ۲۱/۸۸ درصد می‌باشد. ساختمان‌های زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه شامل دوران‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌باشند که این واحدها از قدیم به جدید شامل سنگ‌های اولترا بازیک و افیولیتها می‌باشد که در داخل آن‌ها سنگ‌های دیابازی، بازالتی - اسپلیتی، سنگ‌های آهکی بیومیکریتی، تناوب سنگ‌های ولکانیکی و افیولیتها به شدت سرپانتینیته شده قرار دارد. بعد از این واحدهای سنگی آهک پائوسن بالایی مشاهده می‌شود. واحد بعدی سنگ‌های ولکانیکی ائوسن میانی، شامل تراکی آندزیت، آندزیت، پیروکسن آندزیت، داسیت تا ریوداسیت است. در ائوسن بالایی واحدهای کنگلومرای، ماسه‌سنگی، توفی، آهکی و در نهایت رسوبات عهد حاضر شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیم Qt1 و جدید Qt2 و نیز نهشته‌های رودخانه‌ای عهد حاضر Qal می‌باشند.



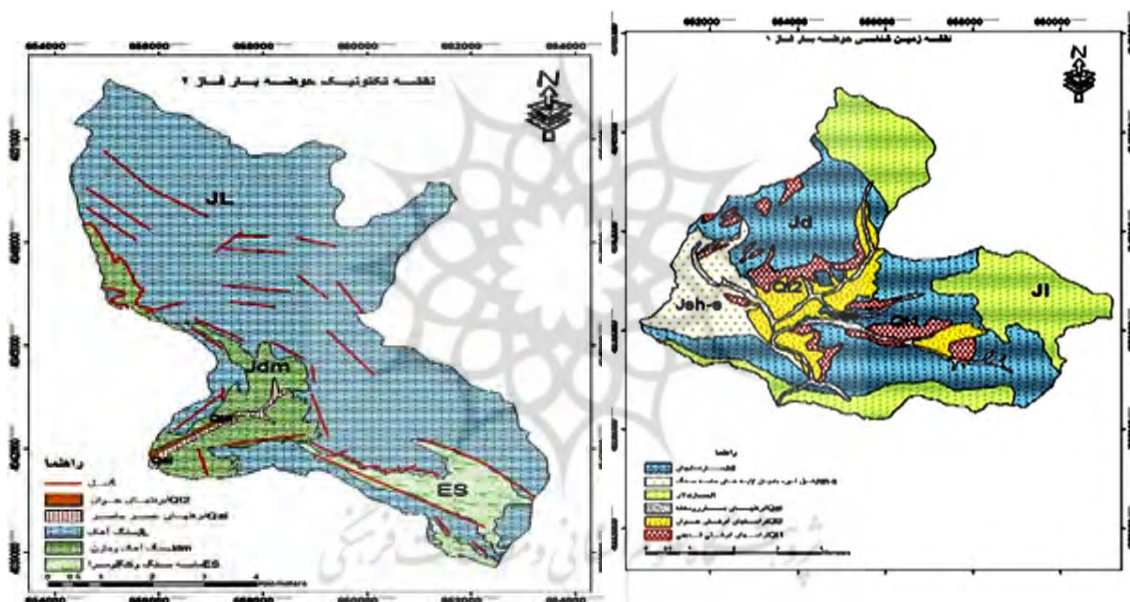
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه بقیع

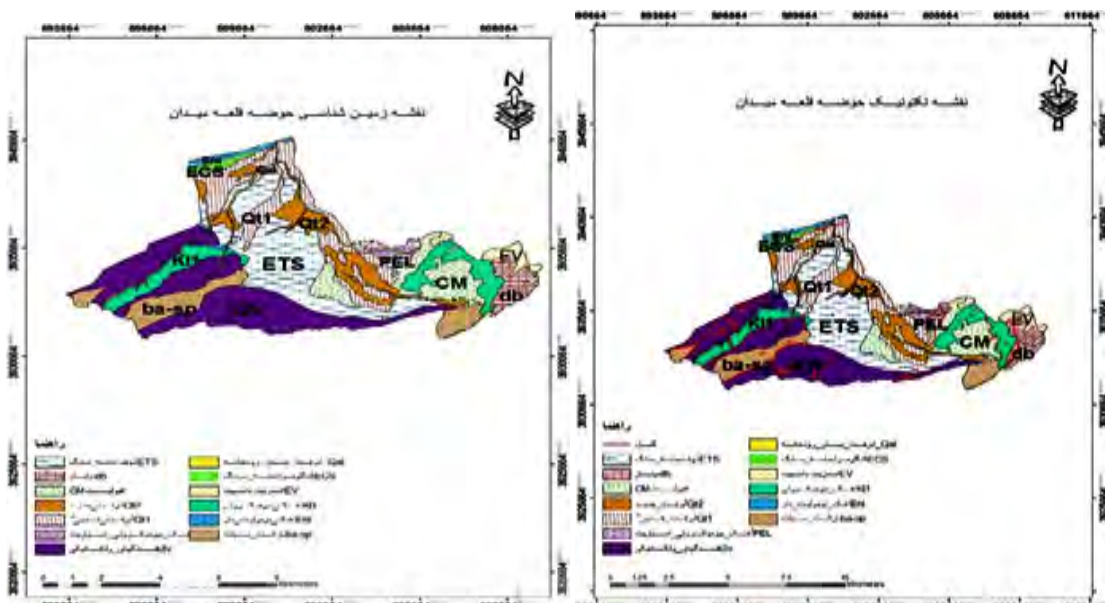
حوضه آبخیز بقیع نیشابور، در حوضه آبریز اصلی کویر مرکزی (از حوضه های شش گانه استان خراسان) واقع شده است. از نظر موقعیت جغرافیایی، حوضه آبخیز بقیع در محدوده طول جغرافیایی $58^{\circ}38'59''$ الی $58^{\circ}44'13''$ و عرض جغرافیایی $36^{\circ}38'30''$ شمالی و در دامنه های جنوبی ارتفاعات بینالود واقع شده است. حوضه آبخیز بقیع در شمال شهرستان نیشابور و در بخش سرولایت واقع شده است. روستاهای بجنوی علیا و سفلی، قرونه و بقیع درون منطقه مطالعاتی واقع شده است. محدوده مورد مطالعه از غرب به روستای برمهان، از جنوب به روستای بار و از جنوب غربی به روستای تنگه علیا منتهی می گردد. مساحت حوضه معادل 6367 هکتار و ارتفاع متوسط 2209 متر است. که حداکثر ارتفاع آن 2880 متر از سطح دریا و حداقل نقطه ارتفاعی منطقه مطالعاتی نیز در خروجی حوضه به ارتفاع 1720 متر از سطح دریا می باشد.

از نظر زمین‌شناسی ساختمانی منطقه بینالود از ورقه‌های رورانده متعددی تشکیل شده است که از ساختمان‌های اصلی زون بینالود به شمار می‌آید. هر یک از این ورقه‌ها با یک گسل تراستی در ارتباط است. امتداد گسل‌های اصلی شمال غرب - جنوب شرق است که از شمال به سمت جنوب، سن آن‌ها جوان‌تر می‌شود. راندگی‌های جوان از نوع شکنده و راندگی‌های قدیمی از نوع شکل‌پذیر می‌باشد. سازندهای دوران دوم (ژوراسیک: مزدوران، چمن بید و کشف رود) و چهارم که همان رسوبات کواترنری شامل Q^{al} (آبرفت‌های جوان) می‌باشد، در محل تلاقی آبراهه‌ها و مسیل‌ها با رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی گسترش یافته است.

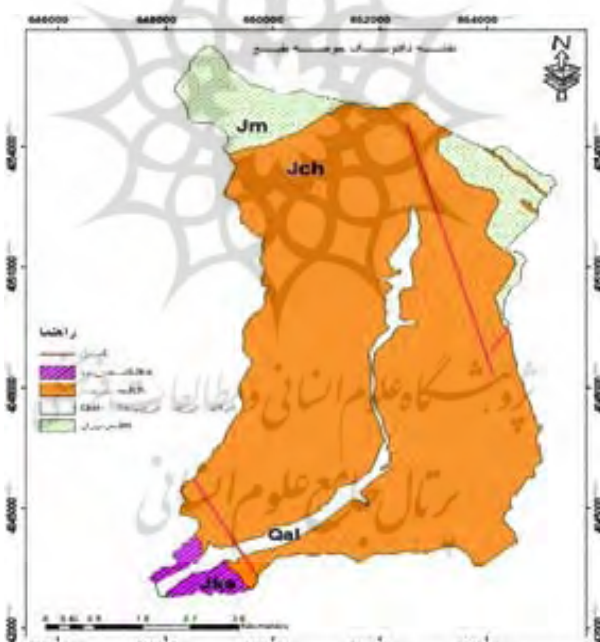
اکثر چین‌های منطقه ارتباط مستقیم با گسلش دارند. چین‌ها عمدتاً از نوع مایل، خوابیده و برگشته هستند و امتداد کلی چین‌خوردگی‌ها در حوضه مورد مطالعه همان امتداد کلی سلسله جبال بینالود یعنی شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد. وضعیت تکتونیک و وجود گسل‌های فراوان یکی از عوامل عمده تشدید حرکات توده‌ای دامنه‌ها می‌باشد. بایستی خاطر نشان کرد که در حوضه بقیع گسل مهمی مشاهده نمی‌شود ولی در ناحیه مجاور گسل‌های متعددی دیده می‌شود.



شکل ۲: سازندهای زمین‌شناسی حوضه بارفاز (منبع نگارندگان) شکل ۳: نقشه تکتونیک حوضه بارفاز (منبع نگارندگان)



شکل ۴: نقشه تکتونیک حوضه قلعه میدان (منبع نگارندگان) شکل ۵: لیتولوژی حوضه قلعه میدان (منبع نگارندگان)



شکل ۶: لیتولوژی حوضه بقیع (منبع نگارندگان)

مواد و روش ها

در این تحقیق به منظور شناسایی تاثیر تکتونیک در ویژگی های کمی شبکه های زهکشی، ابتدا ۴ حوضه در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود واقع در محدوده سیاسی استان خراسان رضوی در شمال شرق کشور انتخاب و با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی، مرز و محدوده حوضه ها تعیین گردید. سپس نقشه های مورد نیاز در محیط نرم افزار GIS رقومی و پارامترهای مورد نیاز در شاخص ها محاسبه گردید. جهت محاسبه شاخص های Δa ، ga و R آبراهه ها بر اساس روش استرالر رتبه بندی شد سپس تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی برای مسیرهای زهکشی محاسبه گردید همچنین شاخصهای نسبت شکل حوضه (BS)، و نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه

جهت بررسی تأثیر تکتونیک در ناهنجاری زهکشی حوضه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت به منظور تهیه نقشه تکتونیک و زمین‌شناسی نیز از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده و نهایتاً تحلیل نتایج و محاسبه ضریب همبستگی و خط رگرسیون با استفاده از برنامه آماری و گرافیکی Excel صورت پذیرفت.

یافته‌های تحقیق:

- شاخص Δa (شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی)

در سیستم شبکه زهکشی، هر آبراهه درجه ۱ اگر به آبراهه درجه ۲ وارد شود، نظم سلسله مراتبی دارد. اما، اگر آبراهه‌ای به آبراهه با درجه بعلاوه ۲ و بالاتر وارد شود ($3 \rightarrow 4,1 \rightarrow 4,1 \rightarrow 5,2 \rightarrow 5,2 \rightarrow 6,3 \rightarrow 6,3$ و غیره)، اتصال مذکور دارای ناهنجاری سلسله مراتبی است. بنابراین، به این آبراهه‌های درجه ۱ که ناهنجاری دارند، باید به صورت فرضی آبراهه‌هایی اضافه شود تا نظم سلسله مراتبی یابد. آونا^۱ و همکاران (۱۹۶۷) شاخصی به نام Ha (تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه) را تعریف کردند. به نظر آونا و همکاران، Ha عبارت است از حداقل تعداد آبراهه‌های درجه یک، که باید به طور فرضی به شبکه زهکشی اضافه شوند؛ تا اتصالات دارای نظم سلسله مراتبی شوند (به نقل از گارنیری و پیروتا ف ۲۰۰۸: ۲۶۷). با توجه به مشکلات ناشی از محاسبه دستی Ha ، بهرامی (۲۰۱۳) رابطه کمی را ارائه داد. بدین صورت که در حالتی که یک آبراهه مبدأ (به عنوان مثال درجه ۱) به آبراهه بالاتر یا مقصد (به عنوان مثال درجه ۳) متصل شود، اگر آبراهه مبدأ را I و آبراهه مقصد را J بنامیم، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی هر اتصال آبراهه ($Ha_{i \rightarrow j}$) از رابطه ۱ به دست می‌آید (بهرامی، ۲۰۱۳: ۹۱۸):

$$Ha_{i \rightarrow j} =$$

بعد از محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ ، تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال ($NS_{i \rightarrow j}$) به دست می‌آید. سپس از مجموع حاصل ضرب $NS_{i \rightarrow j}$ و $Ha_{i \rightarrow j}$ ، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای کل حوضه (Ha_t) به دست می‌آید (بهرامی، ۲۰۱۳: ۹۱۸) (رابطه ۲)

$$Ha_t = \sum (Ha_{i \rightarrow j} \times NS_{i \rightarrow j})$$

ابتدا تعداد آبراهه‌ها با درجه مختلف حوضه تعیین شد (شکل ۳) و بعد از آن Ha_t محاسبه گردید. شاخص Ha_t محاسبه شده در ۴ حوضه مورد مطالعه بین ۴۳۲ در حوضه شماره ۳ و ۱۹۳۶ حوضه شماره ۴ متغیر می‌باشد (جدول ۲). بعد از محاسبه Ha_t ، شاخص Δa از رابطه زیر قابل محاسبه است (گارنیری و پیروتا، ۲۰۰۸: ۲۶۷):

$$\Delta a = Ha_t (N)$$

در رابطه فوق:

$$\Delta a = \text{شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی}$$

$$Ha_t = \text{تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی}$$

$$(N) = \text{تعداد واقعی آبراهه‌های رتبه یک می‌باشد.}$$

¹-Avenaet al

هر چه مقدار شاخص ناهنجاری های سلسله مراتبی (Δa) بیشتر باشد نشان از تکتونیک بیشتر حوضه ها می باشد. در ۴ حوضه مورد مطالعه، بالاترین ناهنجاری زهکشی مربوط به حوضه های ۲ و ۳ به ترتیب ۱/۵۶ و ۰/۸۳ می باشد. این امر بیانگر تکتونیک فعال تر این دو حوضه نسبت به حوضه های شماره ۱ و ۴ می باشد (جدول ۲).

- شاخص ga (تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی):

یکی دیگر از شاخص هایی که بر اساس آن می توان تأثیرات تکتونیک را مورد تجزیه و تحلیل قرارداد؛ شاخص ga (تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی) می باشد که از رابطه زیر به دست می آید (سیکاسی و همکاران، ۱۹۸۶: ۳۹):
(رابطه ۴)

$$ga = Ha_i / A$$

ga = تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی

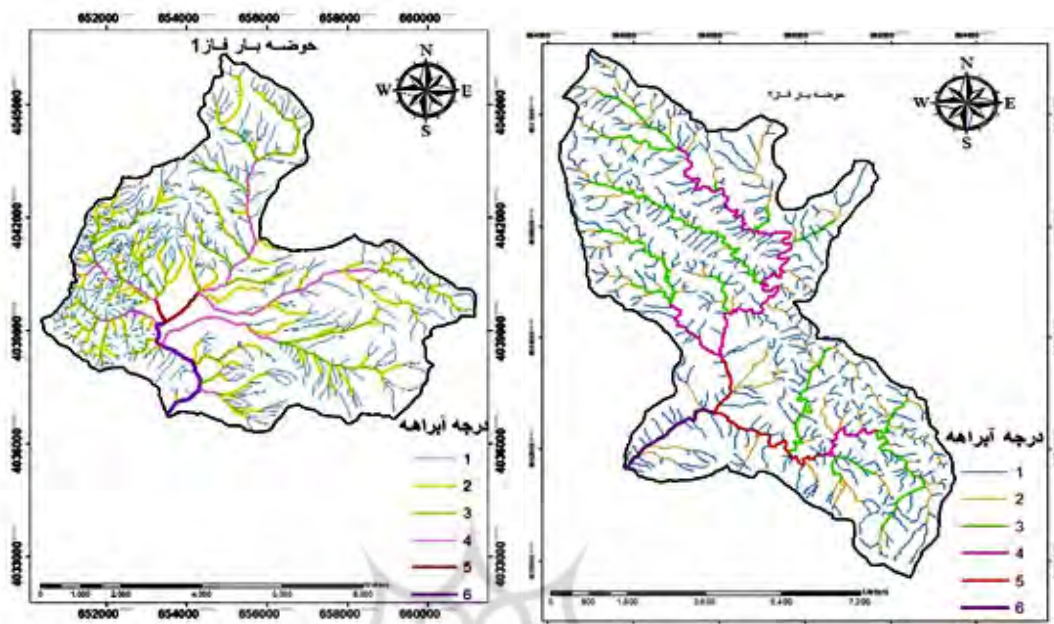
Ha_i = تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای کل حوضه

A = مساحت حوضه

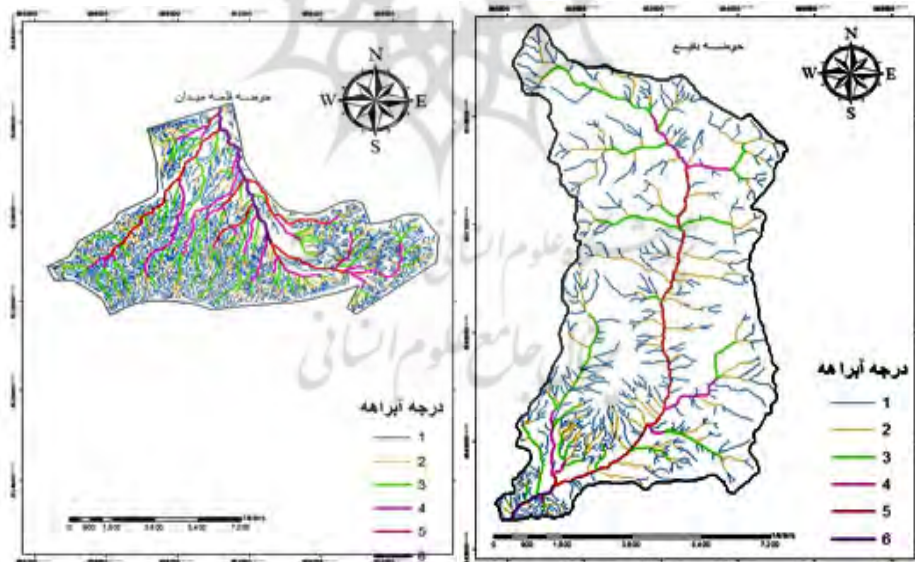
مقدار این شاخص نیز در حوضه های مورد مطالعه محاسبه شد. بالاترین مقدار این شاخص مربوط به حوضه ۴ (۲۴/۴۸) و کمترین آن مربوط به حوضه ۳ (۸) می باشد. جدول ۲ پارامترهای Ha_i و Δa ، ga شکل های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، شبکه آبراهه ها در حوضه های مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۱: پارامترهای Δa و Ha_i در حوضه های مورد مطالعه (منبع نگارندگان)

حوضه ۱: بقیع	حوضه ۲: بار (فاز ۲)	حوضه ۳: بار (فاز ۱)	حوضه ۴: قلعه میدان	مسیر
($Hai \rightarrow jx Nsi \rightarrow j$)	($Hai \rightarrow jx Nsi \rightarrow j$)	($Hai \rightarrow jx Nsi \rightarrow j$)	($Hai \rightarrow jx Nsi \rightarrow j$)	
۴۲(۱) = ۴۲	۷۹(۱) = ۷۹	۹۶(۱) = ۹۶	۳۳۰(۱) = ۳۳۰	۱ → ۳
۱۳(۳) = ۳۹	۴۰(۳) = ۱۲۰	۴۰(۳) = ۱۲۰	۱۱۶(۳) = ۳۴۸	۱ → ۴
۲۰(۷) = ۱۴۰	۲۰(۷) = ۱۴۰	۰(۷) = ۰	۶۲(۷) = ۴۳۴	۱ → ۵
۱۱(۱۵) = ۱۶۵	۱۵(۱۵) = ۲۲۵	۶(۱۵) = ۹۰	۱۸(۱۵) = ۲۷۰	۱ → ۶
۲(۲) = ۴	۱۰(۲) = ۲۰	۱۹(۲) = ۳۸	۵۶(۲) = ۱۱۲	۲ → ۴
۲۳(۶) = ۱۳۸	۴(۶) = ۲۴	۰(۶) = ۰	۳۶(۶) = ۲۱۶	۲ → ۵
۴(۱۴) = ۵۶	۳(۱۴) = ۴۲	۲(۱۴) = ۲۸	۷(۱۴) = ۹۸	۲ → ۶
۶(۴) = ۲۴	۲(۴) = ۸	۰(۴) = ۰	۱۲(۴) = ۴۸	۳ → ۵
۲(۱۲) = ۲۴	۰(۱۲) = ۰	۳(۱۲) = ۳۶	۴(۱۲) = ۴۸	۳ → ۶
۱(۸) = ۸	۰(۸) = ۸	۳(۸) = ۲۴	۴(۸) = ۳۲	۴ → ۶
۶۴۰	۶۶۶	۴۳۲	۱۹۳۶	Ha
۳۸.۱	۵۶.۱	۸۳.۰	۰.۳.۱	Δa
۰.۵.۱۰	۷۹.۱۰	۸	۴۸.۲۴	ga



شکل ۷: نقشه شبکه آبراهه‌ی حوضه بار فاز ۱ (منبع نگارندگان) شکل ۸: نقشه شبکه آبراهه‌ی حوضه بار فاز ۲ (منبع نگارندگان)



شکل ۹: شبکه آبراهه‌ی حوضه‌ی بقیع (منبع نگارندگان) شکل ۱۰: نقشه شبکه آبراهه‌ی حوضه‌ی بقیع (منبع نگارندگان)

– شاخص انشعابات (R)

شاخص انشعاب (رابطه ۵) با وجود ناهنجاری‌ها در شبکه زهکشی در ارتباط است. شاخص مذکور اطلاعات مفیدی را در مورد تیپولوژی فرایندهای فعال فرسایشی و درجه تحول حوضه ارائه می‌دهد (گارنیری و پیروتا، ۲۰۰۸: ۲۶۷).

معادله (۵)

$$R = Rb - Rbd$$

شاخص انشعابات از عدد نسبت انشعابات حوضه (Rb) منها نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) حوضه به دست می آید (بارونی و همکاران ، ۲۰۰۵ : ۲۲۳) . با افزایش درجه تأثیر عوامل تکتونیکی در حوضه ها ، مقدار شاخص مذکور افزایش می یابد .

جهت محاسبه شاخص انشعابات ابتدا باید نسبت انشعابات (Rb) و سپس نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) محاسبه گردد . نسبت انشعاب (Rb) با استفاده از رابطه ۶ قابل محاسبه است :

(رابطه ۶)

$$Rb (u - u + 1) = Nu / Nu + 1$$

در این معادله :

Rb = نسبت انشعابات

Nu = تعداد آبراهه های رتبه ویژه

Nu+1 = تعداد آبراهه های رتبه بالاتر می باشد (بیاتی خطیبی ، ۱۳۸۸ : ۳۲ - ۳۰)

به عبارت دیگر نسبت انشعابات برای هر رده از آبراهه ، از تقسیم تعداد کل آبراهه های آن درجه بر تعداد کل آبراهه های یک درجه بالاتر به دست می آید. نسبت انشعابات کل حوضه از میانگین Rb کل درجات محاسبه می شود. (گارنیری و پیروتا ، ۲۰۰۸ : ۲۶۷)

نسبت انشعابات برای حوضه (۳/۵۳ ، ۳/۶۵ ، ۳/۶۳ ، ۴/۶۵) محاسبه گردید .

جدول ۲: تعداد آبراهه ها و نسبت انشعابات در حوضه های مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

حوضه درجه آبراهه	حوضه ۱: بقیع	حوضه ۲: بار(فاز ۲)	حوضه ۳: بار(فاز ۱)	حوضه ۴: قلعه میدان
	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه
۱	۴۶۳	۴۲۵	۵۱۹	۱۸۷۱
۲	۱۲۱	۹۰	۱۱۶	۴۱۳
۳	۲۷	۱۷	۳۱	۹۵
۴	۷	۴	۹	۲۴
۵	۲	۲	۲	۷
۶	۱	۱	۱	۱
۷	۰	۰	۰	۰
Rb	۵۳.۳	۶۵.۳	۶۳.۳	۶۵.۴

- نسبت مستقیم انشعاب (Rbd)

شاخص Rbd از رابطه ۷ محاسبه می شود (بارونی و همکاران ، ۲۰۰۵ : ۲۲۳) :

(رابطه ۷)

$$Rbd(u - u + 1) = Ndu / Nu + 1$$

که در اینجا:

Rbd = نسبت مستقیم انشعاب

Ndu = تعداد آبراهه های رتبه ویژه که به رتبه بالاتر جریان می یابند

$Nu+1$ = تعداد آبراهه‌های رتبه بالاتر می‌باشد

با افزایش فعالیت تکتونیکی، مقدار شاخص انشعابات در حوضه‌ها افزایش می‌یابد.

جدول ۳: تعداد آبراهه هر درجه که به طور مستقیم به درجه بالاتر می‌ریزند، نسبت مستقیم انشعابات و مقادیر R در حوضه‌های مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

قلعه میدان	بار: (فاز ۱)			بار: (فاز ۲)			بقیج			حوضه مسیر آبراهه
	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد آبراهه	
۱۳۴۸	۳۶۸	۲۶۷	۳۷۰						1→2	
۲۹۸	۹۶	۶۸	۸۷						2→3	
۸۰	۲۵	۱۴	۱۸						3→4	
۲۰	۴	۴	۶						4→5	
۷	۲	۲	۲						5→6	
۰	۰	۰	۰						6→7	
۹۱.۳	۶۰.۲	۸.۲	۷۶.۲						Rbd	
۷۴.۰	۰.۳	۸۵.۰	۷۷.۰						R=Rb-Rbd	

- نسبت شکل حوضه (BS)

شاخص BS از رابطه ۹ بیان می‌گردد:
(رابطه ۹)

$$BS = B1 / BW$$

که در اینجا:

BS = شاخص شکل حوضه

B1 = اندازه طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه

BW = پهناي حوضه در پهن‌ترین قسمت

حوضه‌های فعال تکتونیکی، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالآمدگی، به تدریج دایره‌ای می‌شود (بوربانک و آندرسون^۱، ۲۰۰۱: ۲۰۳). مقادیر بالای این شاخص مشخص کننده مناطق فعال زمین ساختی است در حالی که مقادیر کوچک آن در حوضه‌های دایره‌ای شکل، نواحی غیرفعال را نشان می‌دهد. زمانی که فعالیت زمین ساختی کم یا متوقف می‌شود عریض شدگی رخ می‌دهد و زمانی که پیشانی کوهستان سریع بالا می‌آیند، حوضه‌های کشیده و تند را ایجاد می‌کنند (ده بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۳۵).

حوضه شماره ۱ به دلیل طویل بودن، بیشترین مقدار شاخص BS را به خود اختصاص داده است (۲/۱۸). در حالی که حوضه شماره ۴ که از لحاظ شکل حوضه شبیه دایره می‌باشد، کمترین مقدار BS را (۰/۶۸) در حوضه‌های مورد مطالعه دارد. (جدول ۴)

جدول ۴: مقادیر نسبت شکل حوضه (BS) در حوضه‌های مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

نام حوضه	حوضه ۱: بقیج	حوضه ۲: بار (فاز ۲)	حوضه ۳: بار (فاز ۱)	حوضه ۴: قلعه میدان
شاخص BS	۱۸.۲	۷۲.۱	۹۶.۰	۶۸.۰

- نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه (LSBW)

از دیگر شاخص های مربوط به شکل حوضه ، شاخص نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه (LSBW) می باشد . شاخص مذکور نیز مانند شاخص شکل حوضه (BS) می تواند بیانگر تکتونیک فعال در حوضه باشد ؛ به نحوی که بالا بودن مقدار این شاخص ، نشان دهنده فعالیت تکتونیکی بالا در منطقه است . این شاخص به صورت رابطه کمی زیر (رابطه ۱۰) محاسبه می شود :

(رابطه ۱۰)

$$LSBW = LS/M$$

که در اینجا:

LSBW = نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه

LS = طول آبراهه اصلی

MBW = متوسط عرض حوضه

این شاخص در حوضه های مطالعاتی مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت. بیشترین مقدار این شاخص مربوط به حوضه ۱ برابر با ۶/۷۹ و کمترین مقدار این شاخص در حوضه ۴ برابر با ۰/۲۹۷ می باشد؛ که بیانگر کشیدگی و فعالیت بیشتر تکتونیکی حوضه ۱ نسبت به سایر حوضه ها می باشد .

جدول ۵: نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه (LSBW)

شاخص LSBW (نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه)	حوضه
۷۹.۶	حوضه ۱ بقیع
۷۴.۶	حوضه ۲: ۲ بار (فاز ۲)
۲۹.۱	حوضه ۳: ۳ بار (فاز ۱)
۲۹۷.۰	حوضه ۴ قلعه میدان

بحث و نتیجه گیری

جهت بررسی نقش تکتونیک در ویژگی های کمی شبکه زهکشی ۴ حوضه زهکشی انتخاب شد . شاخص هایی نظیر ناهنجاری سلسله مراتبی ، تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی ، انشعابات ، نسبت شکل حوضه و نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه مورد استفاده قرار گرفت .

مقادیر بالای Δa نشان از تکتونیک فعال حوضه ها می باشد . بالاترین مقدار شاخص Δa در حوضه های مورد مطالعه مربوط به حوضه شماره ۲ (۱/۵۶) و پایین ترین مقدار Δa مربوط به حوضه شماره ۳ (۰/۸۳) می باشد .

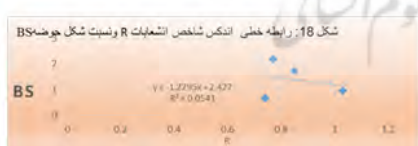
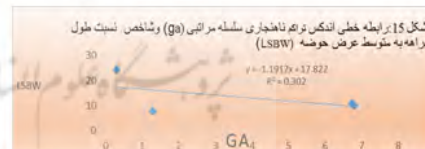
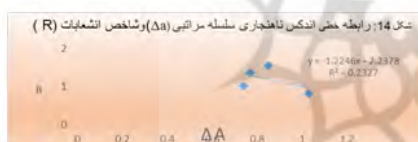
بیشترین مقدار g_a نیز به ترتیب مربوط به حوضه های شماره ۴ (۴۸/۲۴) ، ۲ (۱۰/۷۹) ، ۱ (۱۰/۰۵) و ۳ (۸) می باشد . مقادیر بزرگ شاخص BS ، شکلی کشیده و فعالیت بالای تکتونیک و مقادیر کوچک آن حوضه های دایره ای شکل و نواحی غیرفعال را نشان می دهد . شاخص مذکور در حوضه شماره ۱ (۲/۱۸) بیشترین فعالیت تکتونیکی و در حوضه شماره ۴ (۰/۶۸) کمترین فعالیت در حوضه باشد شاخص LSBW (نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه) می باشد . بالاترین مقدار شاخص مذکور در حوضه های مطالعاتی مربوط به حوضه شماره ۱ (۶/۷۹) ، و پایین ترین مقادیر

این شاخص مربوط به حوضه شماره ۴ (۰/۲۹۷) می‌باشد که به ترتیب بیشترین و کم‌ترین فعالیت تکتونیک را دارا می‌باشند. ضریب همبستگی و ضریب تبیین بین پارامترهای مختلف و رابطه خطی آن‌ها ترسیم گردید، بر این اساس می‌توان گفت رابطه مستقیمی بین Δa و ga ، BS ، $LSBW$ و R وجود دارد و رابطه‌ی غیرمستقیمی بین Δa و R ، ga وجود دارد.

جدول ۶: رابطه خطی و مقدار ضریب تبیین و ضریب همبستگی بین شاخص‌های مورد استفاده در حوضه‌های مطالعاتی

(منبع: نگارندگان)

شاخص	Δa	شاخص	ga	شاخص
	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب همبستگی	ضریب تبیین
ga	-۱۹۳.۰	۰.۳۷.۰		
BS	۸۴۳.۰	۰.۲۷.۰	-۴۸۲.۰	۳۳۹.۰
$LSBW$	۹۰۶.۰	۸۲۱.۰	-۵۵۰.۰	۰.۳۰۲
R	-۶۰۶.۰	۲۳۲.۰	-۵۴۲.۰	۴۲۷.۰



اشکال ۱۱ تا ۱۹: رابطه خطی و مقدار ضریب تبیین بین Δa ، ga ، R و پارامترهای BS ، $LSBW$ در حوضه‌های مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

به منظور بررسی نئو تکتونیک (تکتونیک فعال) بر مورفومتری شبکه زهکشی، ۴ حوضه آبخیز در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود از زون ساختمانی آلاداغ- بینالود انتخاب و سپس ویژگی‌های مورفومتری هر یک از این حوضه‌ها با

استفاده از شاخص های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، تراکم هنجاری سلسله مراتبی (ga)، پارامترهای شاخص انشعابات (R)، نسبت شکل حوضه (BS) و نسبت طول آبراهه اصلی به متوسط عرض حوضه (LSBW) در آن مورد بررسی قرار گرفت. الگوی زهکشی در حوضه های مورد مطالعه غالباً شبکه درختی (دندریتیک) و در برخی نقاط در نتیجه تأثیر فرایندهای تکتونیکی و گسل های متقاطع، الگوی راست گوشه است که می تواند نشان دهنده تأثیر تکتونیک در حوضه های مورد مطالعه باشد.

نتایج حاصل از محاسبه شاخص ها حکایت از حساسیت بالای این حوضه ها در برابر نیروهای زمین ساخت و تکتونیکی داشته و می تواند شواهد و مدارک قابل استنادی برای اثبات وجود حرکات تکتونیکی جدید در این نواحی باشد. بر این اساس می توان گفت نتایج کلی حاصل از همه شاخص ها نشان می دهد که حوضه شماره ۱ (بقیع) بیشترین فعالیت تکتونیکی را دارا بوده و بعد از آن حوضه شماره ۲ (بار فاز ۲) قرار می گیرد. و دو حوضه دیگر در مرحله بعدی و با میزان فعالیت تکتونیکی کمتر ظاهر می شوند. لذا با توجه به نتایج حاصل از مطالعات، ضرورت دارد انجام هرگونه برنامه ریزی عمرانی، آمایش سرزمین و مدیریت محیط بر پایه نتایج حاصل و نقشه های خطر صورت گرفته تا ضمن پرهیز از هرگونه اعمال مخاطره آمیز بتوان در راستای استفاده بهینه از منابع طبیعی و کاهش اثرات سوء هرگونه برنامه ریزی گام برداشت. این در حالی است که در بسیاری از کشورهای دنیا به دلیل ضعف پایگاه های اطلاعاتی قابل اعتماد و هزینه بر بودن روش های میدانی و آزمایشگاهی، استفاده از روش ها و شاخصهای تجربی می تواند در شناسایی مناطق فعال و غیرفعال تکتونیکی کمک شایانی به کارشناسان و برنامه ریزان در برنامه ریزی های محیطی و عمران ناحیه ای بنماید.

منابع و مأخذ

- بیاتی خطیبی، مریم، ۱۳۸۸، تشخیص فعالیت های تکتونیکی در حوضه آبخیز قرقچای با استفاده از شاخصهای ژئومرفیک، مجله فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره ۲۵، صص: ۲۳-۵۰.
- بهرامی، شهرام، ۱۳۹۲، معرفی روشی کمی جهت بررسی ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی و ارتباط آن با تکتونیک، مطالعه موردی: ۶ حوضه آبخیز زاگرس، بیستمین همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- بهرامی، شهرام؛ معتمدی راد، محمد؛ اکبری، الهه، بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی های کمی شبکه های زهکشی (مطالعه موردی شمال شرق کشور)، ۱۳۹۲، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال سوم، شماره دوازدهم، صص: ۸۵-۱۰۲.
- پورکرمانی، محسن؛ معتمدی، حسین؛ روش های زمین شناسی ساختمانی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- خاوری، رضوان؛ قرشی، منوچهر؛ آرین، مهران؛ خسرو تهرانی، خسرو، ۱۳۸۹، نشانه های زمین ریختی زمین ساخت فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی، شمال ایران، علوم زمین، سال نوزدهم ف شماره ۷۵، صص: ۶۷-۷۴.
- جمال آبادی، جواد؛ امیر احمدی، ابوالقاسم؛ مونسیان، قاسم؛ شایان یگانه، علی اکبر، ۱۳۹۳، بررسی تأثیرات تکتونیکی گسل کمایستان بر شبکه آبها و مخروط افکنه ها با استفاده از شاخصهای ژئومرفیک در دامنه های شمالی ارتفاعات جغتای، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال چهارم، شماره یازدهم، صص ۶۳-۸۴.
- ذوالفقاری، مهدی؛ پیروان، حمیدرضا، غیومیان، جعفر؛ بوذری، سهیلا، ۱۳۸۴، بررسی نقش تکتونیک فعال بر الگوی شبکه آبراهه ای نیمه جنوبی حوضه آبخیز حاج علیقلی (جنوب شرق دامغان) بیست و سومین گردهمایی علوم زمین.
- روستایی، شهرام و هادی، نیری، ۱۳۹۰، تحلیل کمی تأثیر لیتولوژی و تکتونیک بر پروفیل طولی رودخانه و در حوضه آبخیز رودخانه مهاباد، جغرافیا و توسعه، سال نهم، شماره ۲۴، صص ۱۵۳-۱۳۷.
- رادفر، شهباز؛ پورکرمانی، محسن، ۱۳۸۴، ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان، مجله علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۵۷، صص ۱۶۶-۱۸۳.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ احمدی، محمد، ۱۳۸۵، تحلیل ژئومورفولوژی کمی الگوی زهکشی شبکه آبراهه ای به کمک زاویه برخورد آن ها در زیر حوضه سرباس استان کرمانشاه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۸۸، صص ۸۴-۹۸.

- زرگرزاده، مرضیه؛ رنگزن، کاظم؛ چرچی، عباس؛ آبشیرینی، احسان، ۱۳۸۸، کاربرد GIS و شاخصهای ژئومرفیک در پهنه‌بندی تکتونیک فعال زون زاگرس، همایش ژئوماتیک صص ۱-۱۰.
- غلامی، یوسف، ۱۳۸۹، بررسی ژئومورفولوژی تکتونیک در تاق‌دیس گلیان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت‌معلم سبزوار.
- کرمی، فریبا، ۱۳۸۸، ارزیابی ژئومرفیک فعالیت‌های نتوتکتونیک در حوضه زهکشی سعید آبادچای، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، صص ۶۷-۸۲.
- گورابی، ابوالقاسم و احمد، نوحه گر، ۱۳۸۶، شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، صص ۱۹۶-۱۷۷.
- مقصودی، مهران؛ جعفری اقدم، مریم؛ باقری سید شکری، سجاده؛ مینایی، مسعود، ۱۳۹۰، بررسی تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفر آور با استفاده از شاخصهای ژئومرفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، جغرافیا و توسعه، سال نهم، شماره ۲۵، صص ۱۱۱-۱۳۶.
- ملک، علیرضا، ۱۳۷۷، کاربرد شاخصهای مورفومتریک در مطالعات نتوتکتونیک بخش‌های جنوبی البرز مرکزی، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- *Ahmadi, R. , Ouali, J. , Mercier, E. , Mansy, J. L. , 2006, The Geomorphologic toHinge Migration in the Fault-Related Folds in the Southern Tunisian Atlas, Journaof Responses Structural Geology, 28, pp. 721-728.*
- *Burbank, D. W. , Anderson, R. S. , 2001. Tectonic Geomorphology, Blackwell Science, 274 pages.*
- *Altin, T. b. , Altin B. N. , 2011 . Development and morphometry of drainage network in volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey. Geomorphology, Vol. 125, 485-503.*
- *Avena, G. C. , Giuliano, G. , Lupia Palmieri, E. , 1967. Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali. Boll. Soc. Geol. Ital, Vol. 86, 781-796.*
- *Ciccacci, S. , Fredi, P. , LupiaPalmieri, E. , Pugliese, F. , 1986. Indirect evaluation of rosion entity in drainage basins through geomorphic climatic and hydrological arameters . International Geomorphology, Vol. 2, 33-48 .*
- *Ciccacci, S. , Fredi, P. , LupiaPalmieri, E. , Pugliese, F. , 1986, Indirect Evaluation of ErosionEntity in Drainage Basins through Geomorphic, Climatic and HydrologicalParameters, International Geomorphology, pp. 233-248.*
- *Deffontaines, B. , Chotin, P. , Air Brahim, L. , &Rozanov, M. , 1992, Investigation of Activ Faults in Morocco Using Morphometric Methods and Drainage Pattern AnalysiseGeologischeRundschau, 81, pp. 199-210 .*
- *Deffontaines, B. , Lee, J. C. , Angelier, J. , Carvalho, J. , Rudant, J. P. , 1994, New Geomorphi Data on the Active Taiwan Orogen, A Multisource Approach, Journal of Geophysica c Research, 99, 20, 243- 20, 266 .*
- *Hamdouni, R. El ,Irigaray, C. , Fernandez, T. , Chacon, J. , Keller, E. A 2008. ssessiont of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain) Geomorphology. Vol. 96, 150-173 .*
- *Hare, P. H. , Gardner, T. W. M. , 1985. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica, In Tectonic eomorphology, Morisawa, M, Hach, J. T (eds). Allen and Unwin, Boston, 75-104 .*
- *Jackson, J. , Van Dissen, R. , Berryman, K. , 1998. Tilting of active folds and faults in the Manawatu region, New Zealand: evidence from surface drainage patterns . New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol. 41, 377-385 .*
- *Malik, J. , Mahanty, C. , 2007. Active tectectonic influence on the evolution of drainage and Landscape: Geomorphic signatares From Fronal and hinterl and areas along the Nortwesterner Himalaya, Indi. Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 29, 604-618 .*

- 29-Li, Y. , Yang, J. , Tan, L. , Duan, F. , 1999. *Impact of tectonics on alluvial landforms in Hexi corridor, Northwest China. Geomorphology, Vol 28* •
- 30-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), pp. 217-234* •
- 31-Keller . E. *A investigation of active tectonic: use of Surgical Earth process in panel on active tectonics Normal calempress:Washington D. C.* •
- 32- Jamieson, S. S. R. , Sinclair, H. D. , Kirstein, L. A. , Purves, R. S. , 2004, *Tectonic Forcing of Longitudinal Valleys in the Himalaya, morphological Analysis of the Ladakh Batholith, North India, Geomorphology, 58, pp. 49-65* •
- 33- Guarnieri, P. , Pirrotta, C. , 2008, *The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait (NE Sicily), Geomorphology, 95, pp. 260-273* •
- 34-Goldsworthy, M. , Jackson, J. , 2000. *Active normal fault evolution in Greece revealed by geomorphology and drainage pattern. Journal of the Geological Society, London, Vol. 157, 967-981* •
- 35-Guarnieri, P. , Pirrotta, C. , 2008. *The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait (NE Sicily). Geomorphology, Vol. 95, 260-273* •
- 36-Piraste, S. , Pradhan, B. , Rizvi, S. M. , 2011. *Tectonic process analysis in Zagros Mountain with the aid of drainage networks and topography maps dated 1950-2001 in GIS. Arabian Journal of Geoscience, Vol. 4, 171-180* •
- 37-Talling, P. , Sowter, M. J. , 1999. *Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler Ridge, California. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 24, 809-824* •
- 38-Ribolini, A. , Spagnolo, M. , 2008. *Drainage network geometry versus tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps), Geomorphology, Vol. 93 253-266* •