نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۳، زمستان ۹۵

شواهد ژئومورفولوژیکی گسل‌های ارمغانخانه و تهم

دریافت مقاله: ۹۳/۳/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۵/۱۰/۲۸
صفحات:۱۷۳-۱۴۹

غلام حسن جعفری: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران[۱]
Email:jafarihas@yahoo.com
اصغر رستم خانی: کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
Email: a.rostamkhani62@ymail.com

چکیده

یکی از خصوصیات منحصربه‌فرد لندفرم‌های شمالی حوضه آبی زنجان‌رود، داشتن سطوح هموار است که به‌وسیله دره‌های عمیق منقطع شده‌اند. حوضه آبریز رودخانه‌های این دره‌ها در بالاتر از سینوزیته کوهستان وسعت چندانی ندارند و در سطوح هموار، رواناب‌های اطراف را دریافت نمی‌کنند. در بعضی از قسمت زیرحوضه-های آبی، خط تقسیم آب از کناره رودخانه اصلی فاصله چندانی ندارد (رودخانه سهرین). وسعت حوضه‌های آبریز بالاتر از سینوزیته جبهه کوهستان، به حدی نیست که رودخانه‌ها شرایط حفر دره‌های عمیقی را داشته باشد که گاه عمق بیش از صد متر دارند. دره‌هایی که در تمام طول مسیر، اختلاف ارتفاع اولیه را نسبت به سطوح هموار اطراف خود حفظ نموده‌اند. در این بررسی از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه، اثرات ژئومورفولوژیکی گسل‌ها ردیابی گردید. وضعیت فعالیت تکتونیکی منطقه، با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی نسبت کف دره به ارتفاع آن (Vf)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، انتگرال هیپسومتریک (Hi) و تقارن توپوگرافی عرضی (T)، در ۶ زیرحوضه مجزا، بررسی گردید. نتایج ترکیبی این شاخص‌ها در شاخص LAT، اکثر زیرحوضه‌ها را ناپایدار ازنظر تکتونیکی برآورد نمود. بر اساس شاخص تقارن زهکشی حوضه بالاآمدگی در دو زیرحوضه سهرین و سارمساقلو به ساحل سمت راست و در زیرحوضه قره‌چریان به ساحل سمت چپ نسبت داده‌شده است که بیان‌کننده قرارگیری کانون نیروی نئوتکتونیکی در محلی بین سه زیرحوضه است.

کلید واژگان: گسل همایون، فاز کششی، فاز فشاری، زنجان، سهرین.

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** زنجان، کیلومتر ۵ جاده تبریز، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

مقدمه

ژئومورفولوژی، در یک دیدگاه؛ علم معماری سطح زمین است. چشم‌اندازهای زمینی برآیندی از نیروهای درونی و بیرونی هستند. ناهمواری و ناتعادلی سطح زمین، بیشتر ناشی از عملکرد نیروهای درونی است و هموار شدن سطح زمین بیشتر عملکرد نیروهای بیرونی را می‌طلبد. سرزمین ایران بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ- هیمالیا واقع‌شده و از سالیان دور دچار خسارت-های فراوانی از زمین‌لرزه‌ها شده است (ذوالفقاری و کیانیان، ۱۳۸۶، ۱). ازجمله؛ زلزله‌های بوئین‌زهرا (۱۳۴۱)، خراسان (۱۳۴۷)، طبس (۱۳۷۵)، رودبار (۱۳۶۹)، بم (۱۳۸۲) که به‌ترتیب ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۳۵ و ۵۰ هزار نفر کشته بر جای گذاشتند. زلزله در نقاطی شدت داشته است که حرکات ساختمانی زمین هنوز در آن نقاط فعال بوده و زمین آرامش خود را به دست نیاورده باشد (حریریان، ۱۳۶۹، ۳۲۰). با توجه به موقعیت خاص ایران در بین پلیت‌ها و صفحات تکتونیکی و نیز قرارگیری در میان کمربند کوهزایی آلپی، دائماً فشارهایی به این سرزمین وارد می‌آید. یکی از پیامدهای نیروهای وارده به ایران ایجاد گسل‌ها، روراندگی‌ها و به‌طورکلی شکستگی‌های تکتونیکی متعدد با جهت‌های گوناگون می‌باشد (زمردیان، ۱۳۹۲، ۱۰۰). گسل‌ها را می‌توان شکستگی تعریف کرد که در آن لایه‌ها، در دو طرف شکاف نسبت به هم کم‌وبیش تغییر مکان یافته‌اند. تغییر مکان ممکن است قائم، مایل یا افقی باشد و مقدار آن در گسل‌های مختلف از چند سانتی‌متر تا چند صد کیلومتر تغییر کند (رجبی و بیاتی خطیبی، ۱۳۹۰، ۷۱). وقوع زلزله بندرت براثر یک شکست منفرد و ساده سنگ به وجود می‌آید (معماریان و همکاران، ۱۳۶۸، ۴۸۳).

با آغاز کواترنری و مقارن با فاز کوهزایی پاسادنین[1] (آخرین فاز کوهزایی آلپی) همچنان‌که گسترش کف دریای سرخ با سرعت متوسط ۲/۶ سانتی‌متر در سال صورت می‌گرفت، به همان نسبت از سوی عربستان به ایران فشار می‌آمد (علایی طالقانی، ۱۳۸۱، ۴۳-۴۲). به‌طورکلی شبه‌جزیره عربستان در اثر گسترش کف دریای سرخ، پوسته ایران را تحت‌فشار کوه‌زایی قرارداد. درنتیجه فلات آذربایجان در امتداد گسل‌های حاشیه‌ای آن به سمت شمال به حرکت درآمده و باعث پیچ‌وتاب آذربایجان به سمت شمال شده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۷، ۴۶) ازآنجایی‌که هسته مقاوم خزر در شمال ایران مانع از جابه‌جایی این سرزمین به عرض‌های بالاتر جغرافیایی می‌شود، فشارهای وارده، از سمت پلیت عربستان، منجر به فشردگی و کوتاه شدگی سرزمین ایران از دو سو توسط سامانه‌های راست‌گرد و چپ‌گرد گسلی شمال و شمال‌غربی (مثل گسل

[1]. Pasadenian

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

ایپک، شمال قزوین، مشاء و زنجان) شده است (ثبوتی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۸۹ و گست[1] و همکاران، ۲۰۰۶، ۳۸).

مطالب فوق بیان‌کننده این نکته است که تغییر شکل فعال ایران، ناشی از همگرایی صفحات عربی و اوراسیا می‌باشد و تقریباً همه کوتاه شدگی، داخل مرزهای سیاسی ایران اتفاق می‌افتد. کوتاه شدگی به‌خاطر گسلش گسترده در کوه‌های با حدود ارتفاع زیاد در جنوب (زاگرس) و در شمال (البرز و کپه‌داغ) رخ می‌دهد (ذوالفقاری و کیانیان، ۱۳۸۶، ۲). از طرفی ارتفاعات آذربایجان و کردستان شمالی به‌صورت یک عقده کوهستانی بوده و چین‌خوردگی‌های آن از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند. این بی‌قاعدگی ناشی از کمپلکس چین‌خورده آذربایجان است که نقطه اتصال و حلقه ارتباط بین البرز، زاگرس و فلات آناتولی بوده و فلات ایران و آناتولی و ارمنستان در اینجا به یکدیگر گره می‌خورند (زمردیان، ۱۳۹۲، ۲۱۲). تداوم فعالیت‌های درونی در شرایط کنونی سطح زمین، به‌عنوان نئوتکتونیک شناخته می‌شود. اساس نئوتکتونیک بر وجود و حرکت قشر ناپیوسته و سخت شده گرانیتی روی توده مذاب درونی زمین است که با گسستگی فیزیکی موهورویچ همراه است (معتمد،۱۳۸۲، ۲۶). در ایران پدیده نئوتکتونیک را نه‌تنها با حرکات زلزله، بلکه با پیدایش پادگانه‌های موجود در مسیر رودخانه نیز مرتبط دانسته‌اند. مسعودیان (۱۳۹۱) گسل‌های منطقه بم را زمینه‌ساز انباشت حجم بزرگی از آب‌های زیرزمینی می‌داند. رجبی و شیری طرزم (۱۳۸۸) در مقاله‌ای تحت‌عنوان نئوتکتونیک و آثار ژئومورفولوژیکی گسل اصلی تبریز و گسل‌های فرعی مرتبط با آن به این نتیجه رسیدند؛ در مواردی که گسل تبریز دارای همپوشانی فشارشی است، موجب تشکیل ارتفاعات، مثل کوه تک آلتی و در مواردی هم که دارای همپوشانی کششی است، موجب تشکیل گودال‌ها، مثل تالاب قوری‌گل، چله‌خانه بالا و غیره شده است. گسل تبریز، به خاطر ایجاد نقاط ضعیف (له‌شده) در امتداد خود، به‌طور غیرمستقیم در تشکیل بعضی پدیده‌ها، مثل ماگماتیسم دیاپیرهای نمکی، تشکیل انواع چشمه‌ها، مثل چشمه‌های معمولی، شور، گرم و تراورتن ساز و تشکیل گل‌فشان سیوان، مؤثر است (رجبی و شیری طرزم، ۱۳۸۸، ۶۷). پورکرمانی و صدیقی (۱۳۸۲) پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز را شامل جابه‌جایی و قطع‌شدگی آبراهه‌ها، اختلاف ارتفاع و ایجاد پرتگاه گسلی، دره گسلی، چشمه گسلی، آب‌های زاینده، استخرهای طبیعی و دریاچه ارومیه می‌دانند (پورکرمانی و صدیقی، ۱۳۸۲، ۳۷). در همه موارد، فعالیت‌های تکتونیکی، با حرکت گسل‌ها توجیه می‌شود. ازنظر بعد مکانی گسل‌ها را به دودسته گسل‌های ماکرو و قدیمی و

[1] . Guset, B.

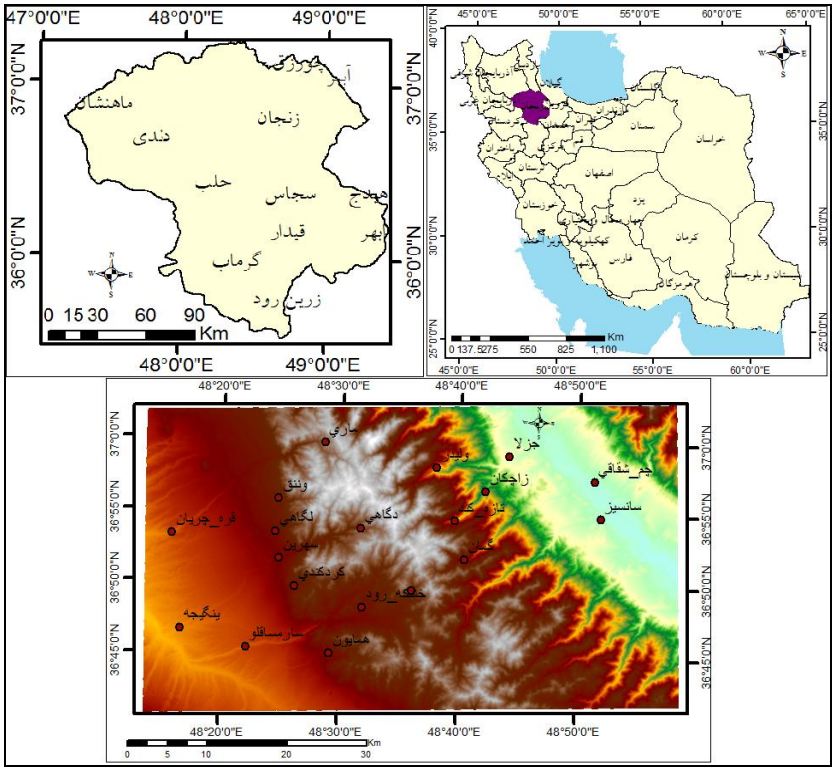
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

گسل‌های میکرو و جدید طبقه‌بندی نموده‌اند (زمردیان، ۱۳۹۲، ۱۰۴). حدومرز واحدهای ساختمانی_ رسوبی اکثراً توسط گسل‌های بزرگ و مهم مشخص می‌گردد (خسرو تهرانی و درویش‌زاده، ۱۳۶۳، ۳۷). یکی از این گسل‌های ماکرو و قدیمی گسل تبریز است که پس از گذشتن از خوی به‌طرف ماکو و سپس به سمت کوه‌های آرارات در ترکیه ادامه دارد. به نظر می‌رسد که گسل تبریز یک گسل ترکیبی و از به هم پیوستن چند گسل تشکیل‌شده باشد، زیرا در طول آن تغییر روند زیادی مشاهده می‌شود (نبوی، ۱۳۵۵). این گسل از طرف جنوب‌شرقی به کوه‌های زنجان- سلطانیه می‌رسد (خسرو تهرانی و درویش‌زاده، ۱۳۶۳: ۴۰) که در استان زنجان به‌عنوان گسل زنجان شناخته می‌شود. هرچند در مورد گسل تبریز مطالعات فراوانی شده، ولی آثار ژئومورفولوژیکی این گسل برای اولین بار در محدوده زنجان بررسی گردیده است. گسل زنجان انشعابات مختلفی دارد که هدف اصلی این مقاله بررسی عملکرد بعضی از آن‌ها است. برای این منظور منطقه واقع‌بین قزل‌اوزن در طارم و کوه‌های جنوبی زنجان و محل پیوستن زنجان‌رود به قزل‌اوزن تا مرز تقسیم آب زنجان‌رود با ابهر رود (دشت سلطانیه) در محدوده سیاسی استان زنجان، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی با وسعتی بالغ بر ۷۰۰۰ کیلومترمربع را انتخاب کرده و ازنظر ژئومورفولوژیکی موردبررسی قرارگرفته است (شکل ۱). قسمت زیادی از این منطقه در حوضه آبی واقع‌شده که به‌عنوان حوضه آبی زنجان‌رود شناخته می‌شود. فرونشست زنجان، حوضه باریک و ممتدی در راستای شمال‌غرب- جنوب‌شرق است که پهنه‌های کوهستانی طارم (ارتفاعات شمالی زنجان) و سلطانیه (ارتفاعات جنوبی زنجان) در شمال‌شرقی و جنوب‌غربی را از هم جدا می‌کند و درواقع جزئی از پهنه ایران مرکزی در شمال‌غربی ایران است (الیاسی و همکاران، ۱۳۸۷، ۲۸). این منطقه یک ناحیه با تغییر شکل شدید است که بین دو کمربند کوه‌زایی البرز و زاگرس قرارگرفته است (ثبوتی و همکاران،۱۳۸۷، ۱۸۷).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

مواد و روش‌ها

هدف از این مقاله بررسی عملکرد گسل‌های فعال منطقه زنجان با توجه به علائم و شواهد ژئومورفولوژیکی سطح زمین است. به این منظور از یک مدل رقومی ارتفاع (دم[1]) که از داده‌های SRTM با دقت ۵۰ * ۵۰ متری، وزارت جهاد کشاورزی برای کل استان زنجان تهیه‌کرده بود، استفاده گردید. آبراهه‌ها و خطوط منحنی‌های میزان، با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS 10.1 استخراج و بر اساس آن‌ها زیرحوضه‌ها، خطوط و واحدهای موردنیاز ترسیم گردید. با استفاده از وضعیت آبراهه‌ها در مناطق مختلف کوهستانی و دشت و همچنین توپوگرافی منطقه در دشت و سینوزیته جبهه کوهستان، ابتدا محل تقریبی گسل‌ها مشخص گردید و به کمک مطالعات متعدد میدانی و بازدید از ترانشه‌های متعدد، مکان‌های شناسایی‌شده، مورد ارزیابی و کنکاش قرار گرفت و با رؤیت شواهد گسلی موجود در منطقه، اطلاعات مراحل قبل اصلاح و یا مورد

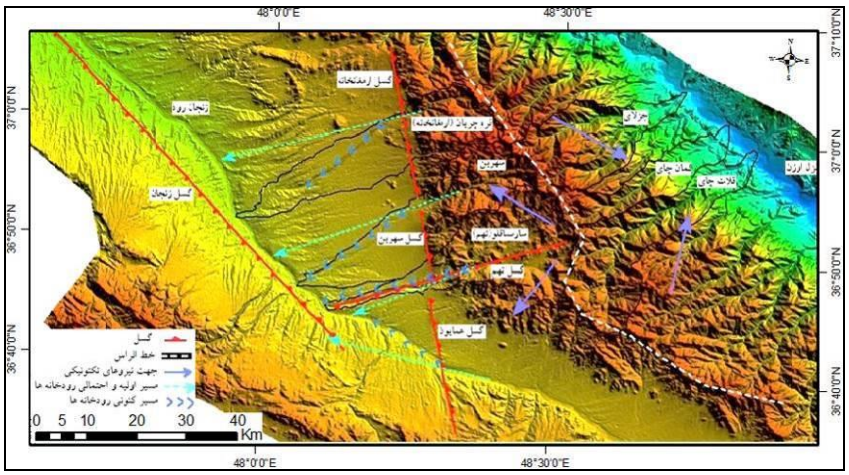
[1]. Digital Elevation Map (DEM)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

تأیید قرار گرفت. سپس با استفاده از لایه‌های تهیه‌شده مثل خطوط منحنی‌میزان، شبکه آبراهه‌ها، خطوط گسل شناسایی‌شده، تعقیب و بر اساس وضعیت و ویژگی لایه‌ها تحلیل‌های توصیفی و کمّی در ارتباط با چگونگی عملکرد گسل‌ها انجام شد. برای بررسی فعالیت گسل‌ها از شاخص‌های مورفوتکتونیکی عدم‌تقارن حوضه زهکشی (Af)، انتگرال منحنی هیپسومتریک (Hi)، نسبت کف دره به ارتفاع آن (Vf) و تقارن توپوگرافی عرضی (T) استفاده گردید. در پایان برای تعیین شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (LAT) برای کل حوضه، ارقام برآورد شده هر شاخص در سه کلاس فعالیت زیاد (۱)، متوسط (۲) و کم (۳) طبقه‌بندی و بررسی گردید.

بحث و نتایج

حوضه آبی زنجان‌رود، توسط ارتفاعاتی در شمال و جنوب، با روند مشابه شمال‌غربی- جنوب-شرقی محصورشده است با این تفاوت که ارتفاعات شمالی با گذر از نصف‌النهار ۴۸/۵۶ شرقی، در امتداد شهر زنجان، به سمت شمال منحرف‌شده است. گذر زنجان‌رود از وسط زمین‌های نسبتاً هموار حوضه، آن را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم نموده که به‌عنوان دشت‌های شمالی و جنوبی زنجان‌رود از آن‌ها یادشده است. درمجموع می‌توان گفت؛ توپوگرافی دشت‌های شمالی زنجان‌رود متأثر از عملکرد ترکیبی گسل‌های ارمغانخانه، تهم، زنجان‌رود، قره‌چریان و سهرین (در امتداد رودخانه سهرین) است. (از دو گسل قره‌چریان و سهرین شواهدی دال بر جابه‌جایی‌های افقی و عمودی و مایل دیده نشد، به‌همین خاطر از آن‌ها به‌عنوان شکاف و دره عمیق یادشده است)(شکل ۲).



شکل (۲). موقعیت گسل‌های اصلی فعال در زنجان‌رود

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

گسل ارمغانخانه

به‌طورکلی گسل‌های شناسایی‌شده منطقه در حدفاصل بین زنجان‌رود و خط‌الرأس ارتفاعات شمالی زنجان قرار دارند. این گسل‌ها دارای روندهای مختلف و در جهات گوناگون حرکات قائم و امتدادلغزی دارند. گسل ارمغانخانه با امتداد شمالی- جنوبی از مجاورت روستایی به‌همین نام می‌گذرد، به دلیل عبور این گسل از مجاورت روستای سهرین به‌عنوان گسل سهرین نیز شناخته می‌شود (ثبوتی و همکاران، ۱۳۸۷، ۱۸۸). این گسل با گذر از غرب شهر زنجان، در جنوب شهر به گسل زنجان برخورد کرده است. فقدان شواهد مورفوتکتونیکی گسل ارمغانخانه در جنوب شهر زنجان، بیان‌کننده محدود شدن فعالیت تکتونیکی آن به‌وسیله گسل زنجان است. گسل ارمغانخانه از محل برخورد با رودخانه سارمساقلو به‌طرف جنوب از سینوزیته کوهستان فاصله گرفته و وارد دشت شده است. اختلاف ارتفاع ایجادشده براثر حرکات قائم این گسل تا قبل از این، به‌خاطر مجاورت با کوهستان قابل‌اندازه‌گیری دقیق نیست، ولی از آن به بعد که وارد دشت می‌شود اختلاف ارتفاعی در حدود ۳۰ متر ایجاد کرده که در ورودی شهر زنجان از طرف تبریز کاملاً مشهود است. درواقع عملکرد عمود گسل تهم باعث خارج شدن گسل ارمغانخانه از سینوزیته ارتفاعات شمالی زنجان و تغییر امتداد ارتفاعات شمالی زنجان (حدود ۲۲/۴ درجه) به سمت شمال شده است و از آن به بعد گسل وارد دشت شده است. حرکات قائم و امتدادلغزی گسل ارمغانخانه با تغییرات ارتفاعی و رسوبی مسیر رودخانه‌ها در شرق سارمساقلو و تغییر امتداد ناهموارهای شمالی زنجان به‌خوبی قابل‌شناسایی و ردیابی است. گسل‌ها ممکن است در دسته‌های موازی، عمود بر هم یا شعاعی قرار گیرند. در دو حالت اخیر آن‌ها را حوضه گسلی گویند. اگر اختلاف سطح گسل‌های موازی مرتب زیاد شود گسل ترکیبی به وجود می‌آید (بلر و پومرول، ۱۳۶۹، ۵۰۴). در این جابه‌جایی‌ها، سطح گسل‌های موازی، مرتب یادشده است که نشان‌دهنده گسل ترکیبی می‌باشد. جابه‌جایی قائم گسل در نواحی پای کوهی و دشتی رودخانه‌هایی که وسعت قابل‌توجهی از حوضه آبی آن‌ها در بالاتر از سینوزیته کوهستان قرار دارد(مثل سارمساقلو، قره‌چریان و سهرین) با رسوب‌گذاری مواد درشت‌دانه و در رودخانه‌هایی که وسعت حوضه آبی کوچک‌تری دارند (مثل همایون)، با رسوب‌گذاری مواد ریزدانه مشخص می‌شود. به‌همین دلیل عمده معادن شن و ماسه زنجان در امتداد و مابین رودخانه‌های همایون و سارمساقلو مکان‌یابی شده‌اند (بیش از ۱۰ معدن شن در یک وسعت کمتر از ۱۴ کیلومترمربعی). در این منطقه با جابه‌جایی‌های قائم و افقی رخداده در طی زمان، رودخانه همایون مجبور به رسوب‌گذاری شده و با توجه به فاصله‌ای که از سینوزیته کوهستان داشته، مواد ریزدانه‌ای را برجای گذاشته است. از طرفی انحراف این رودخانه و رودخانه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

سارمساقلو به ساحل راست و فاصله کمی که این دو رودخانه دارند، گاه مسیر جدید رودخانه همایون را با مسیر قدیمی سارمساقلو، یکی کرده و انباشت رسوبات هر دو رودخانه، شرایط مساعدی برای برداشت شن و ماسه به وجود آورده است. البته علی‌رغم عمل رسوب‌گذاری رودخانه همایون در مقابل حرکات قائمی گسل، اختلاف ارتفاع ۳۰ متری همچنان باقی‌مانده است.

بر اساس مطالب فوق عملکرد گسل ارمغانخانه در دو جهت قائم و امتدادلغزی بوده است که هر دو حرکت مذکور در سینوزیته جبهه کوهستان و بالاتر از آن، به‌روشنی قابل‌شناسایی است؛ که می‌توان به وضعیت شیب لایه‌های زمین‌شناسی در داخل دره و رخنمون لایه‌های زمین-شناسی، تشکیل آبشارهای فصلی متعدد در محل خروج رودخانه‌ها از کوهستان به دشت و عمق‌کنی بستر در همه رودخانه‌ها (قره‌چریان، سهرین، کردکندی و سارمساقلو) اشاره کرد.

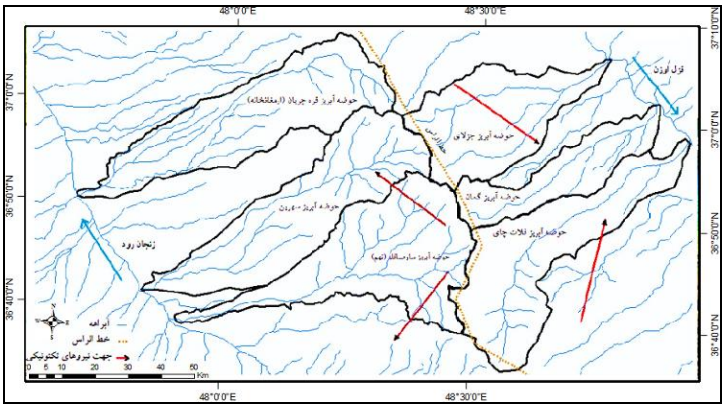
حرکات امتدادلغزی گسل ارمغانخانه در انحراف رودخانه‌ها به سمت راست در محل خروج از کوهستان و در انحراف رودخانه همایون در همان راستا در دشت قابل‌ردیابی است. در مورد اول؛ مسیر حاصل از انحراف آن، با امتداد رودخانه در کوهستان و دشت، در یک امتداد نیست، هرچند با ورود به دشت، رودخانه‌ها مجدداً به مسیر اولیه بازگشته‌اند. در دشت علاوه بر انحراف رودخانه همایون، رودخانه‌های دیگر با دخالت عوامل و نیروهای مختلف، تغییر مسیر داده و کاملاً به ساحل چپ یا راست، منحرف‌شده‌اند. انحراف رودهای قره‌چریان، سهرین و سارمساقلو به‌طرف ساحل چپ و زنجان‌رود به ساحل راست، در ارتفاعی پایین‌تر از گسل ارمغانخانه و در دو جهت مخالف، کاملاً گواه این مطلب است که نیروهای دیگری به‌جز نیروی حاصل از گسل ارمغانخانه، سبب این انحراف شده‌اند. عبور گسل ارمغانخانه، از غرب شهر زنجان و مناطق مسکونی آن، خطر جدی برای ساکنان این شهر محسوب می‌شود که وجود چنین گسلی در زنجان برای اولین‌بار با بررسی‌های میدانی، تصاویر مدل ارتفاع رقومی و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ردیابی و شناسایی‌شده است. درحالی‌که در منابع مختلف از عبور گسل زنجان (و نه گسل ارمغانخانه) از فاصله ۱۰ کیلومتری زنجان صحبت به میان آمده است (نگارش، ۱۳۸۴، ۴۶).

گسل تهم

در طول یک گسل مقدار و سازوکار جابه‌جایی، یکسان و همانند نیست و ممکن است بخشی از گسل به‌صورت فشارشی و بخشی دیگر آن به‌صورت کششی عمل نماید (پایگاه داده‌های علوم زمین). گسل تهم نقش محوری را در بین گسل‌های شمالی زنجان‌رود به‌عهده دارد، همانند یک لولا، امتداد ناهمواری‌ها حدود ۲۲/۴ درجه در مجاورت آن به سمت شمال تغییر کرده است و

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

امتداد کوه‌های شمالی زنجان از روند شمالی- جنوبی به شمال‌غرب- جنوب‌شرق تغییر کرده است. شواهد ژئومورفولوژیکی منطقه بیان‌کننده این است که نیروهای وارده بر این قسمت از ایران، در حوضه تهم به‌صورت کششی و در حوضه گمان (جهت مخالف حوضه تهم) به‌صورت فشاری عمل کرده است. چنین عملکردی باعث شده که پوسته زمین براثر نیروهای کششی از خط‌الرأس به سمت زنجان‌رود، حالت واگرا و در حوضه گمان، براثر نیروهای فشاری، حالت همگرا داشته باشند. در سمت طارم نیروهای فشاری نسبت به نیروهای کششی، نقش بیشتری در شکل‌دهی ناهمواری‌ها داشته است. دره‌های عمیق‌تر و حوضه‌های کم‌عرض تر در راستای حوضه تهم (حوضه گمان) ناشی از چنین عملکردی است (شکل ۳).

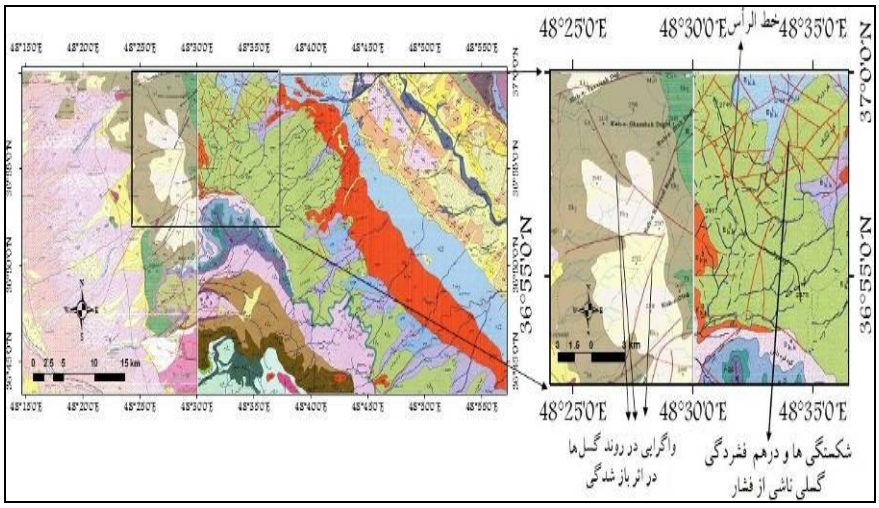


شکل (۳). وضعیت حوضه‌های آبریز در غرب و شرق خط‌الرأس ارتفاعات شمالی زنجان

همان‌طور که از شکل (۳) برمی‌آید، براثر نیروهای کششی، یک گسستگی و شکاف در حوضه سارمساقلو وجود دارد که با عریض‌تر بودن حوضه قابل‌رؤیت است. درصورتی‌که حوضه قرینه آن براثر نیروهای فشاری طویل و باریک شده است (حوضه آبی گمان). تمرکز نیروی فشاری در خط‌الرأس‌ها منجر به افزایش ارتفاع قله‌های مجاور گسل تهم شده به‌طوری‌که قله خیرالمسجد در این قسمت با ارتفاع ۲۹۱۷ متر بلندترین قله ناهمواری‌های شمالی زنجان محسوب می‌شود. از طرف دیگر در این قسمت تراکم گسل‌ها با جهت‌های مختلف به بیش‌ترین حد خود رسیده است (بررسی نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ طارم و زنجان). انعکاس این تحولات که با تغییر امتداد ناهمواری‌ها، منجر به تغییر وضعیت نیروهای درونی در یک‌فاصله کم در امتداد خط-الرأس کوهستان، از کششی (غرب) به فشاری (شرق) شده به‌صورت بی‌قاعدگی و بی‌نظمی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

گسل‌ها بسیار مشهود است، در شرق خط‌الرأس نیروهای فشاری و در غرب آن نیروهای کششی بیش‌ترین نقش را در پیدایش شرایط ژئومورفولوژیکی ایفا نموده‌اند (شکل ۴).

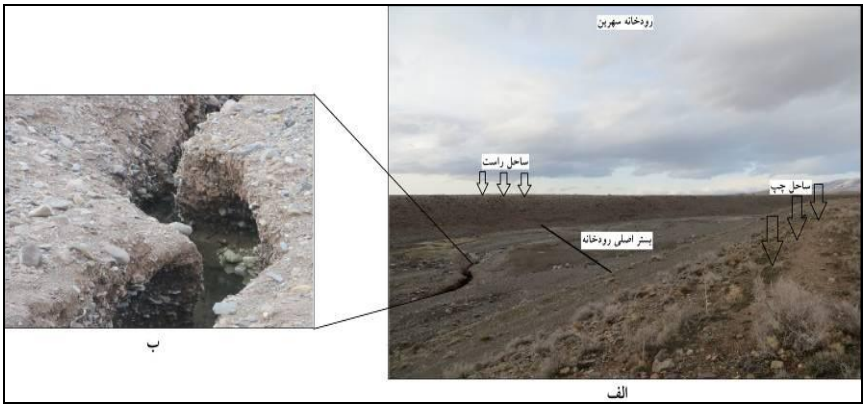


شکل (۴). عملکرد متفاوت گسل‌ها در دو سمت خط‌الرأس نقشه زمین‌شناسی

بر اساس شکل (۴) تراکم گسل‌ها در ارتفاعات مسلط به قزل‌اوزن بسیار بیش‌تر از زنجان‌رود بوده و از روند خاصی تبعیت نمی‌کنند. ولی در تهم هم تراکم گسل کم و اکثر آن‌ها به‌صورت موازی هستند که توسط گسل‌های فرعی‌تر به هم متصل شده‌اند. در دامنه‌های مقابل گسل تهم (سمت طارم) براثر فاز فشاری و کمپرسیونی و متعاقب آن، برهم خوردن لایه‌های زمین، گسل‌های متعددی شکل‌گرفته‌اند که مسیر آبراهه‌ها را در کوهستان تعیین می‌کنند. عمق‌کنی و حفر بستر رودخانه‌ها در سطوحی با شیب بسیار کم (حدود ۲ درصد) و جریان یافتن رودخانه در یک مسیر خطی عمیق با بستر عریض از آثار فاز کششی و واگرایی دشت‌ها در طرف زنجان-رود است (حفر عمقی بیش از شش متر در شکل ۵). رودها به‌طورمعمول مسیر نقاط ضعیف را برای جاری شدن انتخاب می‌کنند. با شدت عوامل مورفودینامیک، دره‌ها در جهت گسل بریده و عمیق حفر می‌شوند (رجبی و خطیبی ۱۳۹۰: ۸۲). به علت غلبه فاز کششی بر جابه‌جایی‌های قائم، رودخانه‌ها در دره‌های عمیق گسلی جریان دارند که فاقد شیب لازم برای عمل حفر است. ایجاد دره‌های عمیق در دشت‌های متعادل ازنظر فرم، شاهدی بر باز شدن دره‌ها نسبت به بالا آمدن دشت‌هاست. برای تأیید این مطلب، بر اساس ارتفاع تپه شاهدها در نرم‌افزار سورفر ۱۰، توپوگرافی گذشته بازسازی شد. مقایسه منحنی‌میزان‌های به‌دست‌آمده با توپوگرافی کنونی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

بیان‌کننده این است که به‌استثنای امتداد دره‌های سارمساقلو، سهرین و قره‌چریان، تفاوت ارتفاع دشت‌های کنونی با گذشته کمتر از ده متر است. خطوط منحنی‌میزان صاف تا سینوسی ساده با پالس‌های عمیق (رامشت، ۱۳۸۴) دره‌های دشت‌های شمالی زنجان نیز بر تعادل سطوح دلالت دارد.



شکل (۵). بستر اصلی سهرین (الف) و عمق‌کنی رودخانه (ب)

گسل زنجان

گسل زنجان با امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق، جزئی از گسل تبریز محسوب می‌شود که در حوضه زنجان‌رود فعالیت تکتونیکی گسل‌های تهم و ارمغانخانه را محدود و کنترل نموده است. گسل زنجان تقریباً از وسط حوضه عبور می‌کند. شواهد ژئومورفولوژیکی دلالت بر وجود یک سیستم امتدادلغز راست‌گرد دارد. سیستم راستالغز راست‌گرد در منطقه زنجان ادامه رو به جنوب‌شرق زون گسلی راست‌گردی است که از شرق ترکیه شروع می‌شود و در شمال‌غرب ایران به گسل شمال تبریز می‌پیوندد (ثبوتی و همکاران،۱۳۸۷، ۱۸۷-۱۸۹).

بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیکی

نسبت کف دره به ارتفاع آن (Vf)[1]: به‌صورت نسبت کف دره به میانگین ارتفاع آن تعریف می‌شود (رابطه ۱).

$$VF = ۲\ VFW / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)] \quad \text{رابطه(۱)}$$

Vf نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره، Vfw عرض بستر دره، Eld ارتفاع سمت چپ دره، Erd ارتفاع طرف راست دره و Esc ارتفاع متوسط بستر دره از سطح دریا می‌باشد. این شاخص

[1]. Valley floor width-to-height ratio

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

تفاوت میان دره‌های با بستر عریض نسبت به ارتفاع دیواره دره (U شکل) با دره‌های پرشیب و باریک (V شکل) را نشان می‌دهد. در دره‌های U شکل، معمولاً مقادیر Vf بالا هست، درحالی‌که دره‌های V شکل مقادیر نسبتاً کمی از Vf را دارد. نرخ‌های بالاتری از بالاآمدگی و بریدگی درجایی است که مقادیر Vf پایین دارد (بول، ۲۰۰۷: ۱۲۵-۱۲۶). مقدار Vf در زیرحوضه‌ها برآورد گردید (جدول ۱).

جدول (۱). وضعیت تکتونیکی زیرحوضه‌ها با توجه به شاخص Vf

ردیف	مناطق انتخاب‌شده	Vf	Vf نهایی
۱	سارمساقلو	۰/۳۴	۰/۲۷
۲	سهرین	۰/۲۳	
۳	قره‌چریان	۰/۲۶	
۴	قلات چای	۰/۸۴	۰/۵۷
۵	گمان	۰/۵۴	
۶	جزلای	۰/۳۴	

اگر مقدار Vf کوچک‌تر از یک باشد، تکتونیک بسیار فعال است، اگر مابین ۱ و ۲ باشد، نیمه فعال است و اگر بزرگ‌تر از ۲ باشد غیرفعال یا درواقع آرام است (رامشت و شاه‌زیدی، ۱۳۹۰، ۸۸). همان‌طور که محاسبات بالا نشان می‌دهد در همه زیرحوضه‌ها مقادیر کوچک‌تر از یک است که نشان‌دهنده تکتونیک بسیار فعال می‌باشد.

عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)[1]: در این روش برای تجزیه‌وتحلیل ژئومورفیک فرض بر این است که نه کنترل‌کننده‌های سنگ‌شناسی و نه شرایط اقلیمی- اکولوژیکی محل باعث عدم تقارن نمی‌شود (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۳۵) شاخص عدم‌تقارن روشی برای ارزیابی کج شدگی‌های ناشی از فعالیت‌های زمین‌ساختی در مقیاس حوضه‌های زهکشی است (رابطه ۲).

رابطه (۲) $Af = ۱۰۰ (Ar / At)$

Ar مساحت قسمت سمت راست رود اصلی و At مساحت کل حوضه زهکشی است. عامل نامتقارن (AF) را می‌توان به‌منظور بررسی چرخش زمین‌ساختی در مقیاس حوضه زهکشی استفاده نمود (کلر و پینتر[2] به نقل از ده بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰: ۵). رودخانه‌ای که در حالت تعادل است و تداوم جریان در حالت ثابتی وجود دارد، Af برابر ۵۰ می‌باشد. مقادیر بیش از

1. Asymmetric factor
2 . Keller and pinter, 2002

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

۵۰عمل بالاآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بالاآمدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی را نشان می‌دهد (مقصودی و محمد نژاد آروق، ۱۳۹۰، ۱۳۶). با این اوصاف در دو زیرحوضه سهرین و سارمساقلو بالاآمدگی در ساحل سمت راست واقع است و در زیرحوضه قره‌چریان در ساحل چپ تکتونیک فعال است. درنتیجه نیروی وارده در اثر تکتونیک بین سه زیرحوضه واقع است و به‌همین دلیل در دو زیرحوضه ساحل راست و دریکی دیگر در چپ اثر کرده است. این شاخص برای زیرحوضه‌های طارم فعالیت کمی را نشان می‌دهد. کاهش بیش از ۱۰۰۰ متری سطح پایه رودها در زیرحوضه‌های طارم، باعث حفر بیشتر بستر و عدم انعکاس تکتونیک در شاخص تقارن توپوگرافی شده است (جدول ۲).

جدول (۲). محاسبه مقادیر شاخص عدم تقارن حوضه

ردیف	نام زیرحوضه	Af	At	Ar	کلاس
۱	ارمغانخانه	۶۴/۹۷	۶۵/۸۳۷	۴۲/۷۷۵	کج شدگی حوضه
۲	سهرین	۴۲/۹۳	۹۰/۷۲۲	۳۸/۹۵۵	کج شدگی حوضه
۳	سارمساقلو	۲۰/۴۵	۱۸۱/۹۶	۳۷/۲۲۳	کج شدگی حوضه
۴	جزلای چای	۳۴	۱۴۶/۲۱	۵۰/۲۲۱	حوضه پایدار
۵	قلات چای	۵۴	۱۹۵/۸۱	۱۰۶/۲۸	حوضه نسبتاً پایدار
۶	گمان	۵۳	۶۱/۸۹۸	۳۳/۱۸	حوضه نسبتاً پایدار

شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)، این شاخص از رابطه (۳) به دست می‌آید:

رابطه (۳) $T= Da/Dd$

Da فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری حوضه (مسیر رود اصلی) و Dd، فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب است. شاخص T یک بردار با یک‌جهت و مقدار ۰ تا ۱ است که به‌کمک آن می‌توان زمینه‌های انحراف جانبی را تشخیص دهد. برای حوضه‌های کاملاً متقارن، T=0 است و هرچه مقدار T به یک نزدیک‌تر شود حوضه نامتقارن‌تر، درنتیجه فعالیت تکتونیکی در آن شدید است (کوکس و همکاران، ۲۰۰۱:[1] ۶۲۱؛ عابدینی و شنو،۱۳۹۳: ۵۵). در تمامی زیرحوضه‌ها شاخص T با دقت زیاد در چهار مکان مجزا محاسبه شد. همان‌طوری که از جدول (۳) برمی‌آید، نتایج حاکی از فعال بودن این شاخص تکتونیکی در همه زیرحوضه‌ها است.

[1]- Cox & et al, 2001

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

جدول (۳). محاسبه مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی معکوس

ردیف	نام زیرحوضه	میانگین شاخص T	وضعیت زمین‌ساخت حوضه
۱	ارمغانخانه	۰/۵۵	فعال
۲	سهرین	۰/۶۲	فعال
۳	سارمساقلو	۰/۶۰	فعال
۴	جزلای چای	/۳۲	فعال
۵	قلات چای	۰/۱۴	فعال
۶	گمان	۰/۳۲	فعال

انتگرال هیپسومتری

مقادیر بالای انتگرال هیپسومتری بر این دلالت دارد که اکثر توپوگرافی منطقه نسبت به ارتفاع میانگین بلندتر است. مقادیر متوسط و کم انتگرال تشریح‌کننده وضعیت معمولی حوضه-های زهکش عادی هستند. به‌طور کل بررسی داده‌های هیپسومتری نشان می‌دهد که چه مناطقی دارای پتانسیل بیش‌تری ازلحاظ تکتونیکی بوده و چه مناطقی ازنظر فعالیت تکتونیکی دارای پتانسیل کم‌تری می‌باشند (حسینی،۱۳۹۴: ۳). محاسبه منحنی‌های هیپسومتری و انتگرال‌ها اغلب توسط مدل‌های ارتفاعی دیجیتالی (DEM) به دست می‌آید (رابطه ۴).

$$H_i = (H_{mean} - H_{min}) \div (H_{max} - H_{min}) \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در معادله فوق‌الذکر Hi انتگرال هیپسومتریک، Hmean ارتفاع متوسط حوضه، Hmin حداقل ارتفاع حوضه و Hmax حداکثر ارتفاع حوضه است. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (Hi>۰/۵) بالاآمدگی‌ها و شکل‌گیری توپوگرافی جدید، مقادیر متوسط (۰/۴<Hi<۰/۵) وضعیت زمین‌ساخت نسبتاً فعال و مقادیر پایین (Hi<۰/۴) حوضه‌های پست با فعالیت‌های زمین‌ساختی کم را بیان می‌کنند (هاگ و همکاران، ۲۰۰۶)[1]. مقادیر این شاخص در همه حوضه‌ها به‌جز سارمساقلو (متوسط) وضعیت تکتونیکی فعال را تأیید می‌کند (جدول ۴).

1. Hougt & et al, 2006

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

جدول (۴) محاسبه مقادیر شاخص انتگرال هیپسومتری

ردیف	نام زیرحوضه	Hi	Hmax	Hmin	Hmean	وضعیت زمین‌ساخت حوضه
۱	ارمغانخانه	۰/۵۸	۲۸۶۹	۱۸۹۷	۲۴۶۴/۵	فعال
۲	سهرین	۰/۵۵	۲۸۸۹	۱۸۴۳	۲۴۱۳/۷	فعال
۳	سارمساقلو	۰/۴۶	۲۷۸۲	۱۶۲۱	۲۱۵۶/۱	نسبتاً فعال
۴	قلات چای	۰/۶۳	۲۶۹۵	۳۹۰	۱۸۳۶/۷	فعال
۵	جزلای	۰/۵۷	۲۸۶۸	۵۲۸	۱۸۶۷	فعال
۶	گمان	۰/۶۰	۲۹۳۸	۵۲۲	۱۹۶۶/۸	فعال

ارزیابی نسبی فعالیت‌های زمین‌ساختی (LAT)

در ادامه برای تعیین شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (LAT) برای کل حوضه، ارقام برآورد شده برای هر شاخص از وضعیت تکتونیکی در سه کلاس فعالیت زیاد (۱)، متوسط (۲) و کم (۳) طبقه‌بندی می‌گردد. شاخص فعالیت نسبی زمین‌ساخت (LAT) از تقسیم مجموعه کلاس-های شاخص ژئومورفیک محاسبه‌شده (S) بر اساس جدول (۵) بر تعداد شاخص‌های محاسبه‌شده (N) به دست می‌آید. از میانگین کلاس شاخص‌های مختلف در هر حوضه و توجه به جدول (۶) وضعیت تکتونیکی کل حوضه ارزیابی می‌شود (رابطه ۵). بر اساس شاخص LAT مناطق مختلف ازنظر تکتونیکی در چهار کلاس خیلی فعال، فعالیت زیاد، متوسط و کم قرار می‌گیرند (جدول ۷).

$$LAT = S / N$$ رابطه (۵)

جدول (۵). معیار سنجش وضعیت تکتونیک فعال شاخص‌های تکتونیکی

کلاس	فعالیت	Af	Hi	Vf	T
۱	زیاد	[Af-۵۰]>۱۵	۰/۵۵ – ۱	۰/۵ >	۱
۲	متوسط	[Af-۵۰]= ۷-۱۵	۰/۴۵ -۰/۵۵	۰/۵ – ۱	<۱T۰>
۳	کم	[Af-۵۰]<۷	۰ - ۰/۴۵	۱ <	۰

مأخذ: همدونی و همکاران (۲۰۰۸)

جدول (۶). معیار سنجش شاخص زمین‌ساخت فعال نسب (LAT)

رده	نوع فعالیت	مقدار LAT
۱	خیلی فعال	۱/۵<LAT<۱
۲	فعالیت زیاد	۲<LAT<۱/۵
۳	فعالیت متوسط	۲/۵<LAT<۲
۴	فعالیت کم	<LAT۲/۵

مأخذ: همدونی و همکاران (۲۰۰۸)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

جدول (۷). محاسبه شاخص Lat

نام زیرحوضه	Hi	Af	T	Vf	Lat	وضعیت زمین‌ساخت
ارمغانخانه	۲	۳	۱	۳	۲/۲۵	متوسط
سهرین	۲	۱	۱	۲	۱/۵	زیاد
سارمساقلو	۲	۳	۱	۲	۲	زیاد
قلات چای	۲	۲	۱	۱	۱/۵	زیاد
جزلای چای	۲	۲	۱	۱	۱/۵	زیاد
گمان	۲	۲	۱	۱	۱/۵	زیاد

فعالیت تکتونیکی بر اساس جدول (۷) در زیرحوضه‌ها ارمغانخانه و سارمساقلو زیاد و در سایر زیرحوضه‌ها خیلی زیاد است. ارقام بالاتر زیرحوضه‌های طارم (قلات چای، جزلاچای و گمان) بیان‌کننده تکتونیک بیش‌تر آن‌ها نسبت به زیرحوضه‌های زنجان‌رود (ارمغانخانه، سهرین و سارمساقلو) است. سینوزیته جبهه کوهستان در زیرحوضه‌های طارم نسبت به زیرحوضه‌های زنجان‌رود بیش از ۱۴۰۰ متر کم ارتفاع‌تر است. چنین تفاوتی باعث شده که تمام سطح زیرحوضه‌های طارم ناهموار باشد درصورتی‌که بخش فراوانی از زیرحوضه‌های زنجان‌رود در پایین‌تر از سینوزیته کوهستان، وضعیت هموار دارد که مانع از انعکاس آثار فعالیت‌های نئوتکتونیکی همانند مناطق کوهستانی شده است.

یافته‌ها

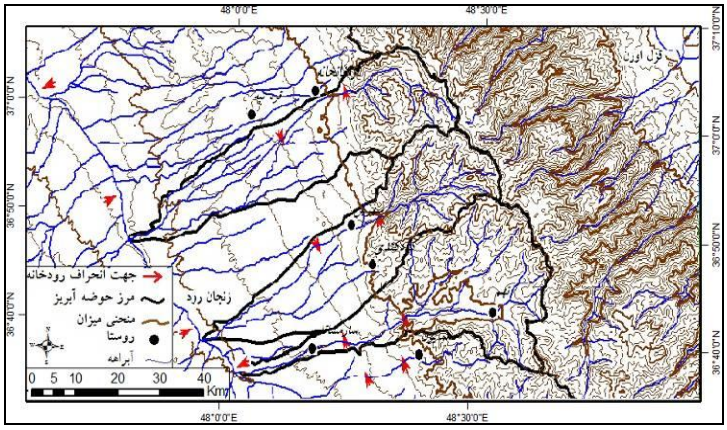
همان‌طوری که در قبل آمد، برای بررسی عملکرد سه گسل تهم، ارمغانخانه و زنجان بر ناهمواری‌های منطقه بعد از مطالعه میدانی و مشخص نمودن مکان دقیق گسل، به بررسی عکس‌العمل ناهمواری‌های منطقه در برابر تحرکات گسل‌ها پرداخته شد. به این صورت‌که ابتدا در بررسی امتداد چین‌خوردگی‌ها در ناهمواری‌های شمال زنجان مشخص شد که امتداد غالب این ناهمواری‌ها در عرض جغرافیایی ۳۶/۸ شمالی و طول ۴۸/۵۶ شرقی از شمالی- جنوبی به شمال‌غربی- جنوب‌شرقی منحرف گردیده و با یک زاویه ۲۲/۴ درجه تغییر مسیر داده است. چنین تغییری باعث باز شدن حوضه آبی تهم و گسترش عرضی بیش‌تر آن براثر خرده گسل‌های تقریباً موازی و فشرده‌تر شدن حوضه‌های قرینه آن، بعد از خط‌الرأس، براثر خرده گسل‌های متراکم و نامنظم، نسبت به حوضه‌های مجاورشان، شده است. بر این اساس باید در امتداد گسل تهم در دشت‌های شمالی زنجان‌رود، گسستگی به‌اندازه متغیر با توجه به فاصله از خط‌الرأس (محل تغییر امتداد ناهمواری‌ها) ایجاد شود؛ اما پیامد تغییر امتداد ناهمواری‌ها در

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

دشت‌های موردنظر، به چند صورت در شواهد ژئومورفولوژیکی، منعکس‌شده است. اول اینکه در همان رودخانه سارمساقلو (تهم)، دره عریضی (۹۵۱ متر) ایجاد گردیده که ازنظر عمق نیز در بین دره‌های دیگر بسیار عمیق‌تر است. دوم ایجاد شکاف‌های دیگری به‌جز شکاف تهم که در شرایط کنونی رودخانه‌های همایون، سهرین، ارمغانخانه یا قره‌چریان و... در آن‌ها جریان دارند. به‌غیراز این شکاف‌ها، شکاف‌های دیگری نیز در اطراف زنجان‌رود به‌طرف کوهستان ایجادشده که در نگاه اول فرسایش قهقرایی در شکل‌گیری آن‌ها بیش‌تر مدنظر قرار می‌گیرد، درصورتی‌که عامل اصلی پیدایش آن‌ها به عملکرد گسل تهم برمی‌گردد. این شکاف‌ها درواقع گسل‌ها یا درز و ترک‌هایی هستند که بیش‌تر در آن‌ها بازشدگی اتفاق افتاده تا جابه‌جایی‌های عمودی و امتدادلغز. چنین عملکردی در دره‌های عمیق دشت‌های شمالی زنجان‌رود، بیان‌کننده این مطلب است که گسستگی ناشی از تغییر امتداد کوه‌ها به‌صورت واحد عمل‌نکرده تا شکاف‌های عمیقی ایجاد نماید، بلکه شکاف‌های متعددی ایجاد کرده است. سوم از طریق انحرافی است که در مسیر رودخانه‌ها وجود دارد. می‌توان گفت که یکی از شواهد حرکات نئوتکتونیکی انحراف رودخانه‌ها و تغییر مسیر آبراهه‌هاست، یعنی در خیلی از موارد، گسل‌ها محل اصلی تغییرات در مسیر رودها و جابه‌جایی‌های آن می‌باشند. گسل‌های امتدادلغز، سبب ایجاد انفصال آبراهه در طول خط گسل می‌شوند که میزان جابه‌جایی آبراهه، می‌تواند شاهد مفیدی برای تعیین میزان حرکت امتدادلغزی گسل به شمار آید (رجبی و بیاتی خطیبی، ۱۳۹۰، ۸۸). دره‌های خطی در امتداد مسیر گسل‌های اصلی قرار دارند و به علت حرکت مداوم در مسیر جدید گسل توسعه می‌یابند (کلر و پینتر،۲۰۰۲، ۱۵۷). در مسیر رودخانه‌ها دو نوع انحراف دیده می‌شود (شکل ۶). یکی انحرافی که براثر عملکرد گسل ارمغانخانه به وجود آمده و همه رودخانه‌ها را به‌سمت شمال (سمت راست رودخانه اصلی) متمایل کرده است. این انحراف به‌غیراز همایون و زنجان-رود که در دشت اتفاق افتاده و به‌ترتیب رودخانه‌ها را ۱۴ و ۱۰ درجه از مسیر اولیه منحرف کرده است، در بقیه رودخانه‌ها، در سینوزیته کوهستان اتفاق افتاده و به همین علت مقدار انحراف به عوامل دیگری همچون لیتولوژی، نیز بستگی داشته و از ۶ درجه در رودخانه سهرین تا ۱۷ درجه در قره‌چریان متغیر است (جدول ۸).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]



شکل (۶). وضعیت انحراف رودخانه‌های موردمطالعه

جدول (۸). مقدار و جهت انحراف رودخانه‌ها تحت تأثیر گسل ارمغانخانه

رودخانه	همایون	سارمساقلو	سهرین	قره‌چریان	زنجان رود
مقدار انحراف (درجه)	۱۴	۷/۸	۶	۱۷	۱۰
جهت انحراف	راست	راست	راست	راست	راست

انحراف نوع دوم در دشت‌ها اتفاق افتاده که سارمساقلو و رودخانه‌های جنوبی (زنجان‌رود و همایون) را به‌سمت شمال و سهرین و قره‌چریان را به‌سمت جنوب (سمت چپ رودخانه اصلی) متمایل کرده است. جهت انحراف متفاوت رودخانه‌ها در دشت‌ها به‌همراه دره‌های وسیع و عمیق رودخانه‌هایی که به علت شیب، قادر به دریافت رواناب‌های اطراف خود، بعد از سینوزیته جبهه کوهستان، نیستند، موجب طرح این نظریه گردید که قطعات دشت‌های شمالی زنجان-رود، به‌تبع عملکرد گسل تهم در عین وارد شدن نیروهای کششی به‌صورت واگرا، مقاومت زیادی از خود نشان داده و مقداری از نیروها را از طریق همگرا شدن، خنثی نموده‌اند. درواقع چنین عملکردی در انحراف رودخانه‌ها منعکس‌شده که مبین واکنش و عکس‌العمل لیتوسفر زمین در مقابل نیروهای کششی است. واکنشی که مانع از ایجاد شکاف واحد و عظیم یا حتی شکاف‌های متعدد به‌اندازه زاویه تغییر امتداد ناهمواری‌ها در منطقه شده است. نیروها در جهت مخالف هم عمل کرده و مانع از تخلیه انرژی درونی زمین، به‌طور کامل شده‌اند و درمجموع، هم رودخانه‌ها را منحرف کرده و هم دشت‌های منطقه را منقطع و آن‌ها را به‌صورت همگرا به سمت قطعه‌ای بین سارمساقلو و سهرین متمایل ساخته است (جدول ۹). درواقع قسمتی از لیتوسفر زمین که در آستونسفر قرار دارد، همانند ریشه‌هایی عمل می‌کند که مانع از انتقال و اعمال

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

تمامی نیروهای درونی ناشی از گسلش به پوسته سطحی زمین شده و گسل با شیب به داخل زمین مرتبط می‌شود. همین عامل در تحلیل و تقلیل نیروهای درونی مؤثر بوده و از واکنش‌های بزرگ، در بسیاری از موارد، جلوگیری می‌کند. این وضعیت تا حدود زیادی به این شرایط برمی‌گردد که؛ گسل‌های عمود بر زنجان‌رود، براثر فشار پلیت عربستان بر لیتوسفر خرده پلیت ایران ایجادشده است تا از نیروهای همرفتی درون زمین.

جدول (۹). مقدار و جهت انحراف رودخانه‌ها تحت تأثیر گسل لولایی تهم

زنجان‌رود	قره‌چریان	سهرین	سارمساقلو	همایون	رودخانه
۳۲	۲۸/۴	۲۲/۷	۱۰/۱	-	مقدار انحراف (درجه)
راست و چپ	چپ	چپ	راست	-	جهت انحراف

همان‌طوری که از جدول (۹) برمی‌آید رودخانه‌ها به دو طرف راست و چپ منحرف‌شده‌اند رودخانه‌هایی که در جنوب و یا منطبق بر گسل تهم هستند به ساحل راست (شمال) منحرف‌شده و دو رودخانه‌ای که در طرف شمال هستند به ساحل چپ (جنوب) انحراف دارند به همین دلیل نمی‌توان برای حرکت امتدادلغز خرده صفحات بین گسل زنجان و گسل ارمغانخانه جهت مشخصی را تعیین نمود. دلیل انتخاب گسل تهم به‌عنوان گسل مبنا بر همین اساس بوده است. انحراف به راست دو رودخانه قره‌چریان و سهرین بیش از ۲۰ درجه است و رودخانه سارمساقلو که منطبق بر گسل است، در حدود ۱۰ درجه انحراف دارد و رودخانه همایون که در دشت واقع‌شده و شرایط رسوب‌گذاری بیش‌تری نسبت به رودخانه‌های دیگر داشته، شواهد کمتری از انحراف بر جای گذاشته است؛ اما زنجان‌رود، تحت‌تأثیر نیروهای مختلفی قرار داشته است. یکی نیروهایی که به‌واسطه گسل‌های شمالی بر آن وارد می‌شود. این نیروها گاه مثل گسل ارمغانخانه آن را به‌سمت راست منحرف کرده و گاه همانند گسل تهم که با زاویه نزدیک به قائم با آن برخورد می‌کند، آن را به ساحل چپ رانده است. میزان اثرگذاری این دو گسل تقریباً به یک اندازه، ولی در خلاف جهت هم بوده است. از گسل تهم به‌طرف قزل-اوزن، براثر نیروهای وارده از شمال، زنجان‌رود بیش‌تر به‌سمت راست منحرف‌شده، ولی همین‌که از محدوده مصب قره‌چریان خارج‌شده، نیروهای دیگری که از خود گسل زنجان به رودخانه تحمیل می‌شود، دخالت کرده و آن را به همان اندازه (۲۰ درجه) به جنوب (ساحل چپ) منحرف کرده است. به‌عبارتی برآیند نیروهای ناشی از گسل‌های شمالی و گسل زنجان درمجموع، رودخانه را به‌سمت گسل زنجان هدایت کرده‌اند و نقش اصلی مسیر رودخانه با گسل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

زنجان است. هرچند دخالت نیروهای دیگر (غیر از نیروی وابسته به گسل تهم) رودخانه را از گسل زنجان، دور کرده است.

ازنظر عرضی، مقطع عرضی رودخانه‌ها بیان‌گر این است که؛ دره‌های زنجان‌رود و سارمساقلو عریض‌ترین دره‌ها را در امتداد گسل ایجاد کرده‌اند. به‌عبارتی دیگر مقدار زیادی از نیروهای وارده در رودخانه‌های سمت چپ گسل تهم با بازشدگی بیش‌تر دره‌ها نسبت به امتدادلغزی به-طرف شمال و در سمت راست گسل با حرکت امتدادلغزی بیش‌تر به جنوب نسبت به بازشدگی، تخلیه و خنثی‌شده‌اند (جدول ۱۰)؛ یعنی اندازه زاویه‌ای انحرافات رودخانه‌های شمالی گسل تهم بیش‌تر از انحراف رودخانه‌های جنوب گسل بوده است، با این تفاوت که دره‌های ایجادشده در جنوب گسل، عریض‌تر از دره‌های شمالی هستند.

جدول (۱۰). عرض دره‌های موردمطالعه در محل انحراف رودخانه‌ها

رودخانه	همایون	سارمساقلو	سهرین	قره‌چریان	زنجان‌رود
مقدار عرض دره (متر)	۱۸۰	۹۵۱	۳۵۷	۴۷۳/۶	۱۳۵۰
مساحت حوضه در بالادست حوضه Km^2	۳۳/۴	۱۸۴/۳	۱۱۷/۸	۸۵/۷	۱۴۸۴/۴

ازچنین شرایطی برمی‌آید که برآیند نیروهای وارده بر پلیت ایران سبب تغییر امتداد ناهمواری‌ها در مناطق مختلف و ازجمله در مجاور گسل تهم و درنتیجه بازشدگی دشت‌های مجاور آن شده است، به شکلی که با تغییر امتداد ناهمواری‌ها در قسمت خط‌الرأس ارتفاعات شمالی زنجان، نزدیک به تهم، یک شکاف عمیق در قسمت جنوبی خط‌الرأس‌ها ایجادشده است. چنین شکافی با زاویه مشخص (۲۲/۴ درجه) در پیدایش حوضه‌ای عریض و نسبتاً هموار تهم (نسبت به زیرحوضه‌های مجاور خود) بی‌تأثیر نبوده است. احداث سد تهم در بالاتر از سینوزیته جبهه کوهستان که قسمت عمده آب آشامیدنی ساکنین زنجان را تأمین می‌کند گواه بارزی بر این نوشتار است. این شکاف با دور شدن از خط‌الرأس باید عریض‌تر می‌شد، ولی نیروهای درونی مانع از چنین فرایندی در یک مقطع مشخص‌شده‌اند. بازشدگی حوضه در نزدیکی سینوزیته جبهه کوهستان بسیار محدودشده و تنگه‌ای عمیق و کم‌عرض، قسمت سراب حوضه تهم را به قسمت پایاب، متصل می‌کند. بالاتر از سینوزیته کوهستان حوضه تهم، خرده گسل‌های کوچک و موازی وجود دارد که دال بر بازشدگی حوضه است. اثرگذاری نیروها بعد از سینوزیته به شکل شکاف‌های موازی و عمیق در دشت‌های مجاور گسل تهم و انحراف در مسیر رودخانه‌ها منعکس‌شده است. امروزه در این شکاف‌ها، رودخانه‌های مهم منطقه جریان دارند. این‌گونه انحرافی در دره‌ها نشان می‌دهد که مرکز ثقل نیروهای درونی در قطعه سرزمینی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

کوچک، در بین سارمساقلو و سهرین، واقع‌شده باشد. توپوگرافی متفاوت دشت‌ها در دو طرف زنجان‌رود بیان‌کننده این مطلب است که چنین تغییراتی به دشت‌های شمالی زنجان‌رود محدود گردیده است؛ یعنی گسل زنجان که جزئی از گسل تبریز و منطبق بر زنجان‌رود است تحولات تکتونیکی و نئوتکتونیکی دشت‌های شمالی را با امتداد شمال‌غربی، جنوب‌شرقی خود محدود ساخته است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله بیان‌کننده این است که در دشت‌های شمالی زنجان‌رود، زمین در حال گسترش است و عملاً باز شدن سطح زمین با عریض‌تر شدن مسیر رودخانه‌ها در محل گسل‌های فرعی خودنمایی می‌کند. چنین عملکردی، رودخانه‌ها را مجبور به انتخاب مسیر عمیق‌تری نسبت به دشت‌های منطقه کرده است. گسل ارمغانخانه در امتداد سینوزیته جبهه کوهستان از شمال شهر ارمغانخانه تا ساحل چپ زنجان‌رود، با جهت شمالی- جنوبی منجر به مرتفع‌تر شدن ناهمواری‌های شمالی زنجان شده است. عملکرد گسل تهم عمود برگسل ارمغانخانه موجب تغییر محور کوهستانی کوه‌های شمالی زنجان از شمالی_ جنوبی به شمال‌غربی_ جنوب‌شرقی شده است. فاز فشاری ناشی از پلیت عربستان در ارتفاعات شمالی زنجان از محل گسل تهم، باعث رانده شدن و چرخش امتداد ناهمواری‌ها به سمت شمال‌شرق شده است. حوضه آبی سارمساقلو در نقطه عطف گسل و لولای آن واقع‌شده است بر همین مبنا بزرگ‌ترین حوضه را به لحاظ وسعت به خود اختصاص داده است. مقدار بازشدگی بخش کوهستان، با زاویه اولیه به دشت منتقل نشده و مقداری از نیروها با شکستگی‌ها و مقداری نیز در انحراف رودها منعکس‌شده است. بر اساس شاخص LAT زیرحوضه‌ها به‌غیراز ارمغانخانه و سارمساقلو در کلاس فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد قرار می‌گیرند. پیشانی جبهه کوهستان زیرحوضه‌های طارم ۱۴۰۰ متر کم ارتفاع‌تر از زیرحوضه‌های زنجان‌رود است. چنین تفاوتی مانع از انعکاس آثار فعالیت‌های نئوتکتونیکی در زیرحوضه‌های طرف زنجان همانند زیرحوضه‌های کوهستانی طارم شده است. بر اساس قرارگیری کانون نیروی نئوتکتونیکی در محلی بین سه زیرحوضه، شاخص تقارن زهکشی حوضه دلالت بر بالاآمدگی ساحل سمت راست دو زیرحوضه سهرین و سارمساقلو و ساحل سمت چپ زیرحوضه قره‌چریان دارد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

منابع و مأخذ

۱. بلر، پیرِ، پومرول، شارل (۱۳۶۹). **مبانی زمین‌شناسی**، ترجمه، پور معتمد، فرامرز، درویش زاده، علی و معتمد، احمد، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. پورکرمانی، محسن و صدیق، حمید (۱۳۸۲). **پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز**، جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان، شماره ۲، صص ۳۷-۴۴.

۳. ثبوتی، فرهاد، حسامی، خالد، قدس، رضا، طبسی،هادی و عسگری، روح اله (۱۳۸۷). **لرزه‌خیزی و گسلش فعال در زنجان و مناطق مجاور**، سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، صص ۱۸۹-۱۸۷.

۴. حریریان، محمود (۱۳۶۹). **شناخت پیکر زمین**، چاپ سوم، شهریور، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

۵. حسینی، سیده‌افرا (۱۳۹۴). **ارزیابی نسبی تکتونیک فعال با استفاده از روش‌های مورفومتری در منطقه بیساران**، دومین کنفرانس ملی زلزله، قزوین، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، صص ۵-۱.

۶. خسرو تهرانی، خسرو و درویش‌زاده، علی (۱۳۶۳). **زمین‌شناسی ایران**، انتشارات وزارت آموزش‌و پرورش.

۷. درویش زاده، علی (۱۳۸۷). **منشأ تپه‌های ماسه ساحلی خزر و تالاب انزلی**، فصلنامه تخصصی زمین و منابع، سال اول، پیش‌شماره اول، زمستان، صص ۶۱-۳۹.

۸. ذوالفقاری، محمدرضا و کیانیان، مهدی (۱۳۸۶). **تهیه بانک اطلاعاتی گسل‌های فعال ایران و اصلاح موقعیت جغرافیایی گسل‌ها با استفاده از داده‌های DEM**، پنجمین کنفراس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ص ۷.

۹. رامشت، محمدحسین (۱۳۸۴). **نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)**؛ چاپ اول، انتشارات سمت.

۱۰. رامشت، محمدحسین، شاه‌زیدی، سمیه (۱۳۹۰). **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی منطقه‌ای**، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۱. رجبی، معصومه و بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۹۰). **ژئومورفولوژی شمال غرب ایران**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز.

۱۲. رجبی، معصومه، شیری طرزم، علی (۱۳۸۸). **نئوتکتونیک و آثار ژئومورفولوژیکی گسل اصلی تبریز و گسل‌های فرعی مرتبط با آن**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۴، صص ۹۶-۶۷.

۱۳. زمردیان، محمدجعفر (۱۳۹۲). **ژئومورفولوژی ایران جلد اول** (فرایندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی)، چاپ سوم، تابستان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۴. سازمان زمین‌شناسی کشور، **نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰**، زنجان (۵۶۶۳) و طارم (۵۷۶۳).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

۱۵. عابدینی، موسی؛ فتحی، محمدحسین؛ بهشتی جاوید، ابراهیم (۱۳۹۴). **تحلیل فعالیت حوضه آبریزهای نئوتکتونیکی گئچی دره سی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک**، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۵، شماره ۵۲. صص ۲۴۹-۲۲۳.

۱۶. عابدینی، موسی؛ شنو، شبرنگ (۱۳۹۳). **ارزیابی فعالیت‌های نوزمین‌ساخت در حوضه‌ی آبخیز مشکین‌چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی**، جغرافیا و توسعه، شماره،۹۲، صص ۵۳.

۱۷. علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱). **ژئومورفولوژی ایران**، چاپ اول، قومس.

۱۸. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۱). **آب‌وهوای ایران**، انتشارات شریعه توس، مشهد.

۱۹. معتمد، احمد (۱۳۸۲). **جغرافیای کواترنر**، چاپ اول، زمستان، انتشارات سمت.

۲۰. معماریان، حسین، صداقت، محمود و چهرازی، علی‌بابا (۱۳۶۸). **زمین‌شناسی**، انتشارات وزارت آموزش‌وپرورش.

۲۱. مقصودی، مهران، محمد نژاد آروق، وحید (۱۳۹۰). **ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها**، انتشارات دانشگاه تهران.

۲۲. نبوی، محمدحسن (۱۳۵۵). **دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران**، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۲۳. نگارش، حسین، (۱۳۸۴). **زلزله شهرها و گسل‌ها، پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره ۵۲، صص ۵۱-۳۴.

۲۴. الیاسی، محسن، محجل، محمد و مصباحی، فاطمه (۱۳۸۷) **تحلیل تنش دیرین در رسوب-های پلیوسن- کواترنری شمال باختر زنجان**، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۴، شماره ۲، صص ۲۷-۴۲.

Bull, W.B., (2007). ***Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleo seismology***, Blackwell, Malden, 328 pp.

Cox, R.T., Van Arsdale, R.B., Harrris, J.B., (2001). ***Identification of possible Quaternary deformation in the northern Mississippi embayment using quantitative geomorphic analysis of drainage-basin asymmetry GSA***, Geological Society of America Bulletin, 113, pp 615-624.

Dehbozorgi, M., Pour kermani, 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, pp 1-13.

Guest, B. et al, (2006). ***Late Cenozoic shortening in West central Alborz mountains, northern Iran***, by combined conjugate strike-slip faulting and thin-skinned deformation, Geosphere, vol2, 1, 35-52.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]

Hamdouni, EL. R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., (2008). ***Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain),*** Geomorphology, Vol 96, pp 150-173.

Hough, S. E., Bilham, R. G., (2006). ***After the Earth Quakes: Elastic Rebound on an Urban Planet***. Oxford Univ. Press. 321 pp.

Keller, Edward A., and Pinter, Nicholas, (2002). ***Active Tectonics: Earthquake, 41. Uplift and Landscape***, Prentice Hall Publication, London.
25.www.ngdir.ir/search/psearch.as

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.43.7.4]