فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره دوم، تابستان۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۳

زهرا رحیم زاده، استادیار دانشگاه فرهنگیان کرمانشاه
محمود علایی طالقانی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه
علی رضاپور، کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی

Z. Rahimzadeh
M. Alaei Taleghani
A. RezaPoor

E-mail: Zahrah.rahimzadeh@gmail.com

شماره مقاله: ۹۵۳ صص: ۲۲٤-۲۱۱
وصول:۹۲/٤/۹ پذیرش:۹۲/۱۲/۵

ارزیابی کمّی فعالیت‌های نئوتکتونیک با تکیه بر شواهد ژئومرفیکی در حوضه ریجاب

چکیده

حوضه ریجاب با مساحت ۱۸۹ کیلومترمربع در زاگرس شمال غربی و شمال شهرستان سرپل زهاب قرار گرفته است. اسکلت اصلی آن از لایه‌های مقاوم دولومیت شهبازان و آهک آسماری تشکیل شده که بخش شرقی آن به صورت تاقدیس فشرده و بخش غربی آن به شکل ناودیس است. بر اثر عملکرد گسل کرند بیشترین فعالیت های تکتونیکی در قسمت‌های میانی مشاهده می‌شود که نتیجه آن جابه جایی لایه های آهکی – دولومیتی در محدوده ناودیس از شمال شرق به جنوب غرب و کج شدن آن به طرف جنوب غرب و وقوع گسیختگی در کمر یال جنوب غربی ناودیس شده است. فرآیند خمش سبب گسختگی‌هایی شده که نتیجه آن جابه جایی چرخشی قطعات شکسته شده است. این رویداد باعث شکل‌گیری یک سری گسل های طولی و عرضی شده است که ساختمان آهکی - دولومیتی ناودیس ریجاب در جهات مختلف بریده‌اند. برای تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیک در این پژوهش از دو روش تطبیقی - تحلیلی و میدانی استفاده گردید. در شروع کار با تکیه بر ساختمان زمین، حوضه مورد مطالعه به دو بخش شرقی و غربی تقسیم شد و سپس به کمک نرم افزار Arc GIS کار تطبیق و تفسیر نقشه‌های توپوگرافی، هیدروگرافی، گسل و زمین شناسی و عکس های هوایی حوضه با نقشه اشکال ژئومرفولوژی انجام و در ادامه به کمک نرم افزارSpss نتایج تجزیه و تحلیل شد. در ادامه، برای ارزیابی کمّی فعالیت های نئوتکتونیکی از شاخص‌های عدم تقارن حوضه زهکشی(Af)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن(Vf)، شاخص سینوسی جبهه کوهستان(Smf)، شاخص شیب طولی رودخانه(SL)، شاخص تقارن توپوگرافی معکوس(T) و شاخص طبقه بندی(Iat) استفاده گردید. در ادامه برای بررسی نقش گسل‌ها و درز و شکاف‌ها در شکل‌گیری و الگوی توسعه آبراهه ها از نمودار گلسرخی استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بخش شرقی حوضه (تاقدیس ریجاب) از نظر تکتونیکی نیمه فعال و مناطق شمال و جنوب در غرب حوضه (ناودیس ریجاب) فعال و مناطق میانی این ناودیس بسیار فعال است.

واژه‌های کلیدی: نئوتکتونیک، شاخص های ژئومورفیک، شواهد ژئومورفولوژیکی، زاگرس شمال غربی، حوضه ریجاب.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

مقدمه

عوامل زمین ساختی، نقش اساسی و مهمّی را در پیدایش اشکال سطح زمین برعهده دارند. بر این اساس، در سال های اخیر، عوامل زمین ساختی به گونه‌ای چشم گیر به عنوان یکی از ابزارهای عمده و اساسی در تشخیص چگونگی تحوّل لندفرم های[1] مناطق مطرح گردیده است. از مهمترین عوارض ژئومورفولوژیکی که در مطالعات تکتونیکی کاربرد دارند، می توان به پرتگاه ها، دشت‌های آبرفتی و آبراهه‌ها در کمربندهای چین خورده اشاره کرد که با استفاده از تغییرات روند و نوع شکل آبراهه ها می توان نئوتکتونیک منطقه را بررسی کرد.

در طول چند سال اخیر، پژوهشگران در کنار بررسی شاخص های مورفوتکتونیکی کیفی، سعی در کمّی نمودن رفتار حرکات تکتونیکی داشته و برای انجام این مهم، شاخص‌های متعدّدی را زیر عنوان شاخص های مورفومتریک ارائه نموده اند. در سال (۱۹۷۷) بول و مک فارل[2] با استفاده از اندیس های ژئومورفیک، تضاریس جبهه کوهستان و نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع را، برای محاسبه ژئومورفولوژی زمین ساخت شمال و جنوب گسل گارلوک در جنوب کالیفرنیای جنوبی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند: جبهه کوهستان مستقیم، وجود گسل فعّال را نشان می‌دهد. پژوهشگران متعدّدی درباره الگوی آبراهه ها و نقش زمین ساخت در شکل گیری آبراهه ها، مطالعاتی انجام داده اند که از آن جمله می توان به بارنت و شوم[3] (۱۹۸۳)، آدامز[4](۱۹۸۰)و اوچی[5](۱۹۷۵) اشاره کرد. چیچ[6]و همکاران (۲۰۰۶، ۲۴۸) با مطالعه تاثیر تکتونیک فعّال به وسیله تحلیل الگوی زهکش در جلگه ساحلی تایوان دریافتند حرکات تراست ها بر اثر حرکات نئوتکتونیک، باعث شکل گیری حرکات موجی رودخانه شده و حرکات غیرعادّی موجی رودخانه، نتیجه تکتونیک فعّال است. کرمی (۱۳۸۸، ۱۳۳) در مقاله ای با عنوان «ارزیابی نسبی فعّالیّت های تکتونیکی با استفاده از تحلیل های شکل سنجی و داده های ژئومورفولوژی و لرزه شناسی در حوضه اوجان چای» نشان داده است که همه زیر حوضه ها با درجات مختلف از حرکات تکتونیکی متأثّر شده اند و همچنین رخداد ۲۳ زمین لرزه با بزرگی کمتر از ۲/۵ تا ۵ ریشتر در مجاورت گسل اصلی حوضه مورد مطالعه، دلیل دیگری بر پویایی تکتونیک منطقه است. یمانی و همکاران (۱۳۸۹:۶۷) در بررسی نقش تأثیر نو زمین ساخت در مورفولوژی آبراهه های حوضه چله با استفاده از شاخص های ژئومورفیک دریافتند منطقه از لحاظ نو زمین ساخت فعّال است و تأثیر این فعّالیّت بر الگوی شبکه زهکش و مورفولوژی بستر رودخانه چله است.

حوضه ریجاب در حد فاصل زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده قرار دارد و شبکه گسترده ای از شکستگی ها و گسل ها، این حوضه و چین های پیرامون آن را بریده اند؛ به طوری که این بخش از زاگرس در محدوده شمال سرپل زهاب به صورت یک زون برشی در آمده است. فرسایش آب های روان در امتداد این شکستگی ها باعث عوارضی شده است که هر چند از عوارض متداول در زاگرس محسوب می شوند، ولی هم از نظر شکل تفاوت های بارزی در آنها

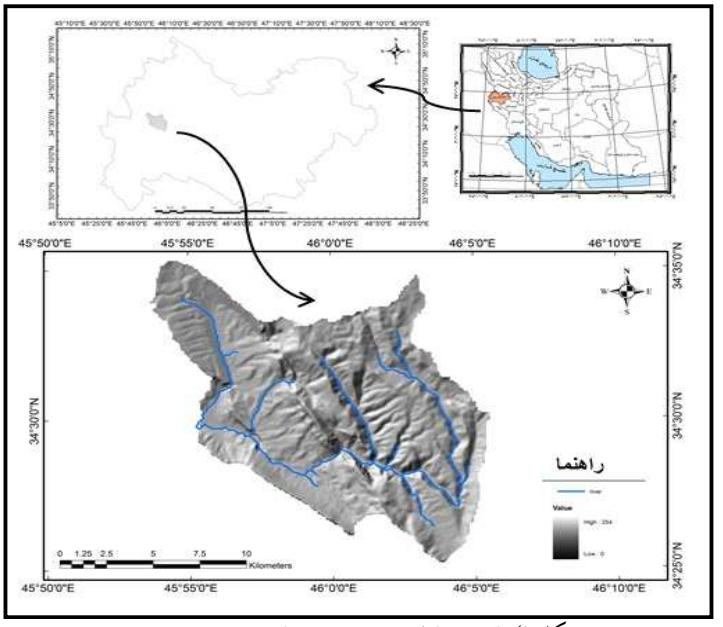
1- Landform
2- Macpharel
3- Burnett and schunn
4- Adams
5- Ouchi
6- Chich

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

دیده می شود و هم از نظر عظمت بسیار دیدنی هستند. آبشار پیران یک آبشار مطبق با چند ستون آب در مجموع به ارتفاع حدود ۴۰۰ متر، دره اژدها یک دره تنگ و عمیق به عمق تا ۴۰۰ متر، بستر پلکانی با تندآب های متوالی در مسیر رود الوند در ریجاب به ارتفاع بین ۳ تا ۵ متر کانیون ریجاب و دره هونه نمونه ای از آنها هستند. بر اساس این شواهد در حوضه ریجاب، در این پژوهش سعی در بررسی نقش تکتونیک در پیدایش اشکال ژئومرفولوژی به کمک شاخص های کمّی است.

منطقه مورد مطالعه

این منطقه، با مساحتی در حدود ۱۸۹ کیلومتر مربع، در مغرب استان کرمانشاه و در حدّفاصل شهرستان‌های دالاهو و سرپل زهاب بین ´۵۵ °۴۵ تا ´۰۵ °۴۶ طول شرقی و ´۲۵ °۳۴ تا ´۳۵ °۳۴ عرض شمالی قرار دارد. از شمال به کوه‌های تخت خانمک به ارتفاع ۲۴۵۰ متر و کوه دالاهو به ارتفاع ۱۹۴۱ متر، از شرق و جنوب شرقی به کوه قلالان به ارتفاع ۲۲۳۶ متر، از جنوب به کوه باریکه به ارتفاع ۱۹۵۰ متر و کوه زنگالیان به ارتفاع ۱۵۳۷ متر، از غرب به کوه بند زرده به ارتفاع ۱۴۹۱ متر محدود می شود (شکل ۱). رودخانه اصلی آن ریجاب است که طول آن ۲۳ کیلومتر است.



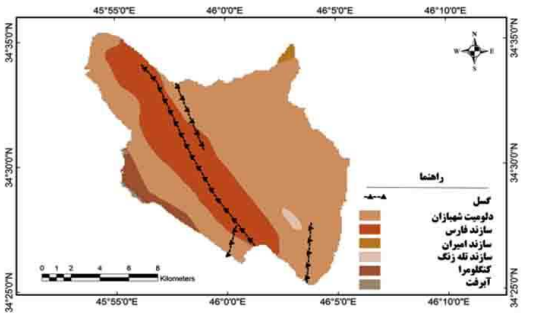
شکل ۱) نقشه موقعیّت حوضه ریجاب

منطقه مورد مطالعه در بخش شمال غرب زاگرس چین خورده، در شمال شهرستان سرپل زهاب قراردارد. ساختمان زمین شناسی حوضه، ساده و متشکّل از یک سری چین‌های تاقدیسی و ناودیسی است که جهت گیری آنها به تبعیّت از محور ساختمانی زاگرس، شمال غربی– جنوب شرقی است. اسکلت اصلی ناهمواری‌های حوضه ریجاب را لایه‌های مقاوم و سخت دولومیت شهبازان و آهک آسماری ساخته اند(شکل۲)، به همین دلیل، در قلمرو گسترش این سنگ‌ها،

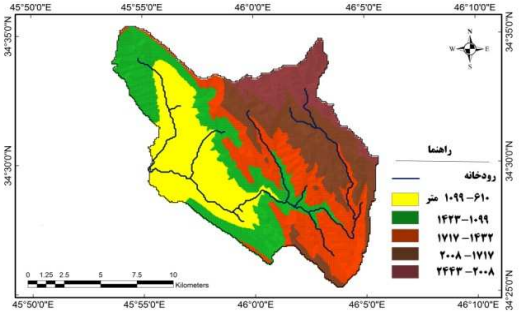
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

اشکال برجسته و صخره‌ای با قلّه‌های مثلّثی شکل، یال‌های تیز، سطوح تراشیده شده پرتگاه دیوار مانند و نیمرخ دامنه زاویه دار پدید آمده است(علایی طالقانی، ۱۳۸۳، ۱۷۱ – ۱۷۴).

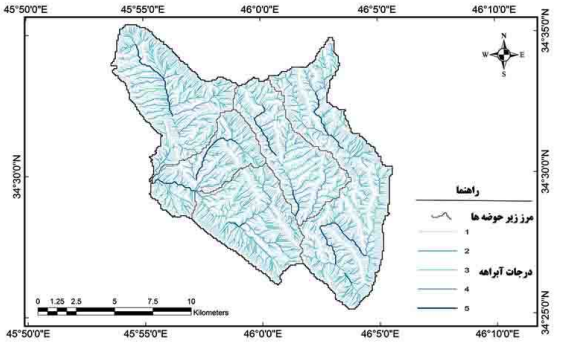
با تکیه بر ساختمان زمین، حوضه مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش شرقی و غربی تقسیم نمود: بخش شرقی که حدود دوسوم حوضه را در برمی‌گیرد، به صورت تاقدیس مرکب است و در آن هر کوه روی کوه دیگر رانده شده‌اند. اما بخش غربی حوضه را ناودیس ریجاب در بر گرفته است که یک ناو ارتفاع یافته به شمار می‌رود(شکل۳). ساختمان این ناودیس از آهک آسماری و دولومیت شهبازان ساخته شده است و می‌توان آن را به سه قسمت شمالی، میانی و جنوبی تقسیم کرد. ساختمان ناودیسی تنها در قسمت شمالی به خوبی حفظ شده است. در دو قسمت میانی و جنوبی، تغییر زیادی در یال شمال غربی ناودیس ایجاد شده است که عامل آن نیز راندگی گسل کرند بوده است. بعلاوه، قسمت میانی در امتداد چندین گسل عرضی کششی به شکل گرابن فروافتادگی پیدا کرده است. همین عامل باعث شده است تا روان آب‌ها از دو قسمت شمالی و جنوبی به قسمت میانی سرازیر شوند و در اینجا با طی عرض ناودیس از آن خارج شوند. این شبکه‌ها عمدتا در امتداد شکستگی ها ابقا شده‌اند(شکل۴).



شکل۲) نقشه زمین شناسی حوضه ریجاب



شکل ۳) نقشه توپوگرافی حوضه ریجاب

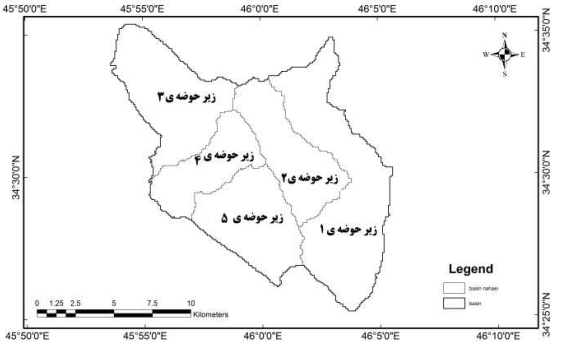


شکل۴) نقشه آبراهه حوضه ریجاب

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

داده ها و روش پژوهش

داده‌های مورد نیاز برای انجام پژوهش از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، نقشه گسل‌ها با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ استخراج شد. در ادامه نقشه‌های هیدروگرافی، شیب و زیر حوضه-ها(۵ زیر حوضه) به کمک نرم افزار Arc Gis۹،۳ ترسیم گردید(شکل۵). با عملیات میدانی و به کمک کمپاس، درزو شکاف‌ها در زیر حوضه‌ها استخراج و به کمک نرم افزارSTEREO NET نمودارهای گل سرخی رسم شد. با استفاده از تصاویر ماهواره ایETM 2002 و عکس‌های هوایی ۱/۲۰۰۰۰ نقشه اشکال و واحدهای ژئومورفولوژی ترسیم گردید.



شکل۵) تقسیم بندی زیرحوضه‌های حوضه ریجاب

روش‌ها: این پژوهش به دو روش تطبیقی – تحلیلی و میدانی انجام گرفته است. اساس کار مبتنی بر تفسیر و تطبیق نقشه‌های توپوگرافی با هیدروگرافی و خط واره‌ها، تفسیر عکس های هوایی، ترسیم و تحلیل مقاطع زمین شناسی و همچنین، اندازه گیری های زمینی بوده است. برای ارزیابی کمّی فعّالیّت نئوتکتونیکی نیز از شاخص های عدم تقارن حوضه زهکشی[۷] (AF)، نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع آن[۸] (Vf)، سینوسی جبهه کوهستان[۹] (S_{mf})، شیب طولی رودخانه[۱۰] (Sl)، شاخص تقارن توپوگرافی معکوس(T) و شاخص طبقه بندی(Iat) استفاده گردید. برای بررسی همه جانبه حوضه، شاخص‌ها در دو دسته کمیّت های توپوگرافی Smf، Fd، Vf و Fmf برای جبهه کوهستان و شاخص های S، T، Af و Sl برای بررسی سامانه رودخانه ای استفاده شده است. برای تعیین ارتباط بین عوامل زمین ساخت با درّه‌ها، آبراهه‌ها و گسل‌ها در حوضه مورد مطالعه هم از نمودار گلسرخی استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

بررسی و تطبیق نقشه توپوگرافی با نقشه‌های هیدروگرافی و گسل ها و استخراج نتایج، شاخص های ژئومرفولوژیک بررسی شد:

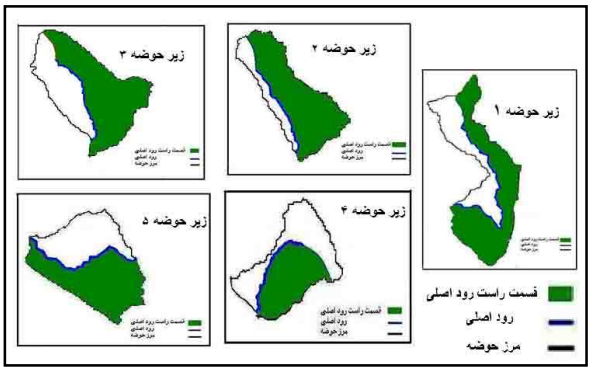
الف) شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی(AF): شاخص عدم تقارن شاخصی است که برای ارزیابی کج شدگی تکتونیکی حوضه‌های زهکشی استفاده می شود. این شاخص از رابطه (۱) به‌دست می آید.

7- Asymmetry Factor(AF
8- Ratio of valley-Foor with to vally height(Vf)
9- Mountain Front Sinusity(Smf)
10- Stream Lenggth Gradiant Index(SL)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

رابطه ۱) $Af=| 50-(A_R \times 100/A_T |$

در این رابطه AF: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی و AR = مساحت حوضه (کیلومتر مربّع) در سمت راست آبراهه اصلی AT= مساحت کلّ حوضه(کیلومتر مربع) است(شکل۶)(ویردی و همکاران۲۰۰۶[11]، ۲۰۹؛کلر و پینتر[12]،۲۰۰۲؛ کلمنت و بروک[13]، ۲۰۰۸، ۱۷۸۹). هر چه مقدارAF به عدد ۱۰۰ نزدیک شود، نشان دهنده کج شدگی حوضه به سمت چپ و هر چه به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده کج شدگی حوضه به سمت راست است. مقدار ۵۰ نیز حوضه بدون کج شدگی را نشان می دهد و آستانه های آن همانند(همدونی[14]، ۲۰۰۸، ۱۶۸) در سه کلاس طبقه بندی شدند. مقادیر کلاس۱ فعّال از نظر تکتونیکی AF>15، مقادیر کلاس ۲ با فعّالیّت تکتونیکی متوسّط AF=7-15 و کلاس۳ فعّالیّت کم AF<7 تعیین شدند.



شکل۶) ارزیابی شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی در هر زیرحوضه ترسیم: نویسندگان

مقادیر شاخص (Af) در حوضه ریجاب از ۹/۲۴ تا ۲۱/۵۴ متغیر است. در زیرحوضه های شماره ۲، ۴ و ۵ که در کلاس ۱ قرارمی گیرند، عدم تقارن و کج شدگی در آنها آشکار است و از نظر نئوتکتونیکی فعّال هستند و زیرحوضه های شماره ۳ و ۱ که در کلاس ۲ قرارمی گیرند، فعّالیّت متوسّطی دارند(جدول۱).

جدول ۱) مقادیر شاخص (AF) در حوضه ریجاب و کلاس هر حوضه از نظر فعّالیّت تکتونیکی

زیرحوضه	$A_R(Km^2)$	$A_T(Km^2)$	AF	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	۲۱/۱۸	۵۹/۴۳	۱۴/۳۷	۲
۲	۲۲/۶۰	۳۱/۹۵	۲۱/۵۴	۱
۳	۱۵/۲۳	۳۷/۳۶	۹/۲۴	۲
۴	۹/۳۲	۱۴/۲۱	۱۵/۵۸	۱
۵	۱۲/۳۸	۳۵/۵۸	۱۵/۲۰	۱

ب) شاخص پهنای کف درّه به ارتفاع(VF): شاخص ژئومورفیکی است که دره های v شکل وU شکل را از همدیگر جدا می کند. درّه های عمیق v شکل با نواحی فعّال تکتونیکی مشخّص می شوند، در حالی که درّه هایU

11 -Viridy
12 -Keller and Pinter
13 -Kellement and Bruk
14 -Hamdoini

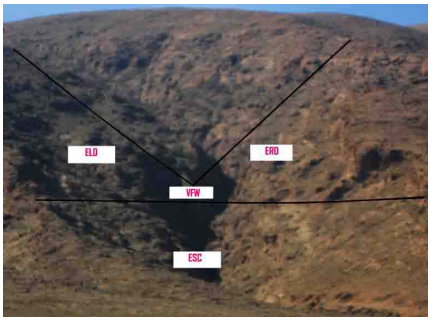
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

شکل با کف مسطّح، حفر رودخانه کم است و فرسایش کناری در واکنش به ثبات سطح اساس و فعّالیّت کم تکتونیکی غلبه دارد(پدررا[15]،۲۰۰۹: ۲۲۸). در این شاخص از رابطه (۲) استفاده می شود.

$$Vf = 2V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})] \quad \text{رابطه ۲)}$$

در این رابطه، Vfw= پهنای کف درّه(متر)؛ Erd ،Eld= ارتفاع متوسّط خط مستقیم آب در سمت چپ و راست درّه(متر) و Esc = ارتفاع متوسّط کف درّه از سطح آب های آزاد (متر) است(شکل۷). نسبت پهنای درّه به ارتفاع آن معمولاً در فاصله معیّنی از جبهه کوهستان (معمولاً یک کیلومتر از جبهه کوهستان به طرف بالا دست رودخانه) اندازه گیری می شود(بال و مک فادن[16]، ۱۹۷۷: ۱۲۶).

این شاخص بر روی هشت نقطه در هر حوضه با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقهearth google و اندازه گیری زمینی محاسبه شد و پس از مشخّص کردن Vf هر نقطه، میانگین کلّ Vf برای هر حوضه به دست آمده و با توجه به آن، شاخص مورد نظر در منطقه موردنظر آنالیز گردید. آستانه آن، مطابق نظر (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۶۸)، در سه کلاس طبقه بندی شده اند، مقادیر کلاس ۱ فعّال از نظر تکتونیکی Vf<0/5، مقادیر کلاس ۲ با فعّالیّت تکتونیکی متوسّط Vf= 0/5-1 و کلاس ۳ فعّالیّت کم Vf>1 تعیین شدند.



شکل ۷) ارزیابی شاخص Vfدر زیرحوضه شماره۱ ترسیم: نویسندگان

مقادیر شاخص (Vf) در بخش‌های مختلف حوضه مورد مطالعه، اعداد بین ۰/۴۹ ، ۲/۱، را نشان می دهد. فعّالیّت نئوتکتونیکی زیرحوضه شماره ۴ که در کلاس ۱ قرار دارد، زیاد و زیرحوضه های شماره ۱، ۲، ۳ و ۵ کم است(جدول۲).

جدول۲) مقادیر شاخص(Vf) درحوضه ریجاب و کلاس هر حوضه از نظر فعّالیّت تکتونیکی

زیرحوضه	V_{fw}(m)	E_{sc}(m)	E_{rd}(m)	E_{ld}(m)	Vf	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	۲۰۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱/۳	۳
۲	۶۰۰	۷۰۰	۱۱۰۰	۱۰۵۰	۱/۶	۳
۳	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰	۱۲۰۰	۱/۸	۳
۴	۱۸۵۰	۱۵۰۰	۱۸۵۰	۱۹۰۰	۰/۴۹	۱
۵	۱۰۰۰	۷۰۰	۱۰۵۰	۱۳۰۰	۲/۱	۳

15 -Pedrera
16 -Bull and Mc Fadde

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

ج)شاخص سینوسی جبهه کوهستان(Smf): این شاخص برای ارزیابی نسبی فعّالیّت‌های تکتونیکی در امتداد جبهه کوهستان به کار می‌رود. در مناطقی که بالا آمدگی نسبت به فرایندهای فرسایشی برتری داشته باشد، جبهه کوهستان مستقیم با مقدار پایین شاخص(Smf) ایجاد می‌شود. در نواحی با فعّالیّت تکتونیکی کم، فرایندهای فرسایشی بی نظمی و پیچ و خم زیادی را در جبهه کوهستان به‌وجود می آورند و مقدار شاخص (Smf) افزایش پیدا می کند(پرز- پنا[17]، ۲۰۱۰: ۷۹).

ویژگی‌های لازم برای محاسبه شاخص سینوسی جبهه کوهستان توسّط ولس[18] و همکاران (۱۹۸۸) به ترتیب زیر ذکر شده است:

۱) بریده شدن توسط یک آبراهه که در مقایسه با پیشانی کوه، بزرگ باشد؛

۲) انحراف ناگهانی در پیشانی کوه؛

۳) تغییرات ناگهانی در سنگ شناسی؛

۴) تغییرات ناگهانی ویژگی‌های ژئومورفولوژی اصلی نسبت به بخش دیگرپیشانی کوه متصل به آن.

این شاخص به وسیله بال[19] (۱۹۷۷) و از رابطه (۳) تعریف شد:

$$Smf = Lmf / LS \qquad \text{رابطه ۳)}$$

در این رابطه Lmf= طول جبهه کوهستان در مرز کوه و دشت(کیلومتر) و LS= طول جبهه کوهستان در امتداد یک خطّ مستقیم (به کیلومتر) است. مقادیر Smf به آسانی از روی نقشه های توپوگرافی (۱/۵۰۰۰۰) و عکس های هوایی محاسبه می شود؛ لذا بدین منظور در ۸ قطعه در هر زیرحوضه مورد مطالعه مشخّص و محاسبه شد و سپس میانگین کلّ حوضه به دست آمد و با توجّه به آنها شاخص مورد نظر در هر منطقه تجزیه و تحلیل گردید. آستانه های همانند همدونی (۲۰۰۸، ۱۶۸) در سه کلاس طبقه بندی شد. مقادیر کلاس ۱ فعّال از نظر تکتونیکی Smf < 1/1، مقادیر کلاس ۲ با فعّالیّت تکتونیکی متوسّط با 1/5 – 1/1 = Smf و کلاس ۳ فعّالیّت کم با Smf>1/5 تعیین شدند.

محاسبه شاخص (Smf) در قطعات جبهه کوهستانی منطقه، در چهار زیرحوضه محاسبه شد. در زیرحوضه های شماره ۵، ۴ و ۳ در کلاس ۲ قرار گرفته و فعّالیّت نئوتکتونیکی آنها متوسّط است، ولی زیرحوضه شماره ۱ که در کلاس ۳ قرار دارد، فعّالیّت نئوتکتونیکی کمی دارد. در این زیرحوضه فرایند فرسایشی با بی نظمی، پیچ و خم زیادی را در جبهه کوهستان به وجود آورده است(جدول ۳).

جدول ۳) مقادیر شاخص(Smf) در حوضه ریجاب و کلاس هر حوضه از نظر فعّالیّت تکتونیکی

زیرحوضه	Lmf(Km)	Ls(Km)	Smf	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	۳/۴۵۰	۱/۳	۲/۶۵	۳
۲	–	–	–	–
۳	۶/۹۵۰	۴/۷	۱/۴۷	۲
۴	¼	۲/۸	۱/۴۶	۲
۵	۴/۸	۳/۲	۱/۵	۲

17- Perez – Penta
18- Wells et al
19- Bull

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

د) **شیب طولی رودخانه(SL):** سیستم‌های رودخانه ای که به یک حالت تعادل ناشی از فرسایش – رسوب-گذاری رسیده‌اند، به وسیله نیمرخ طولی مقعّر رودخانه مشخّص می‌شوند. انحراف از این نیمرخ متعادل به وسیله تکتونیک، لیتولوژی یا عوامل اقلیمی امکان پذیر می‌شود. شاخص (Sl) با کمّی کردن تغییرات شیب رودخانه، بی نظمی های نیمرخ طولی رودخانه و علل آن را آشکار می‌سازد (پدررا[20]، ۲۰۰۹: ۲۶۶). مقادیر عددی شاخص شیب رودخانه زمانی که سنگ‌های بستر رودخانه مقاوم باشند و یا در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعّال در تغییر شکل قائم پوسته زمین مؤثّر باشد، زیاد است(کلرو پنتر[21]،۱۹۹۶: ۱۳۰؛ بال و نیوپفر[22]،۱۹۸۷: ۲۳و سلیمانی، ۱۳۸۷: ۵۸). تغییرات آب و هوایی نقش مهمّی را در بریده شدن سنگ بستر ایفا می‌نماید که این عمل(بریده شدن سنگ بستر) در دوره نهشته گذاری امکان پذیر نیست، زیرا طیّ این دوره مواد رسوبی در کف بستر رودخانه برجای می ماند و برعکس، زمانی که سطح اساس بالا بیاید، مقداری از مواد در بستر رود انباشته شده و سبب پرشدن بستر می شود و در نتیجه مقدارSl را بالا می برد. این شاخص با رابطه (۴) محاسبه می شود.

$$Sl = (\Delta H / \Delta Lr)\, Lsc \qquad \text{رابطه ۴)}$$

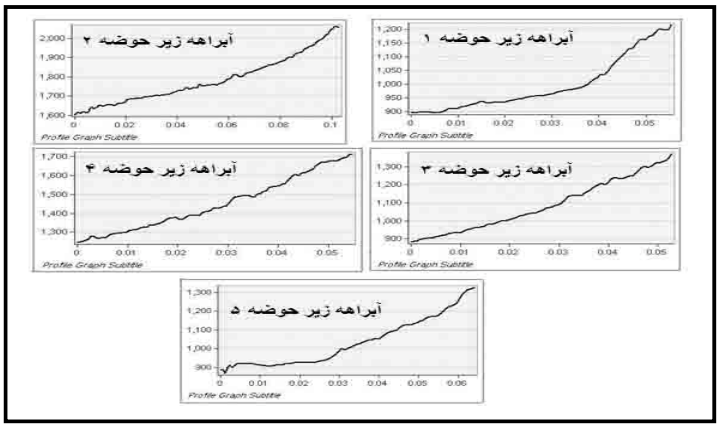
در این رابطه، ΔH= اختلاف ارتفاع قطعه موردنظر(متر)، ΔLr= طول شاخه مورد نظر(متر)، Lsc= مجموع طول آبراهه از خط مستقیم تا نقطه میانی قطعه موردنظر(متر) است(شکل۸). این شاخص با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ با فواصل منحنی میزان ۱۰۰ متر محاسبه گردید. بدین منظور، ابتدا نیمرخ طولی آبراهه اصلی هر حوضه از روی نقشه DEM منطقه تهیّه شد و در فواصل معیّن(۱۰۰متر) Sl به دست آمد. برای تمام مسیر این کار از سرچشمه تا خروجی حوضه، به ترتیب۱۰۰ متر به ۱۰۰متر انجام گرفت. آستانه این شاخص در سه کلاس طبقه بندی شد: مقادیر کلاس ۱فعّال از نظر تکتونیکی Sl≥500، مقادیر کلاس ۲ با فعّالیّت تکتونیکی متوسّط 500>Sl≥300 و کلاس ۳ فعّالیّت کم Sl<300 است. در رودخانه های حوضه مورد مطالعه، مقادیر شاخص (SL)، بین ۶۹۵ ، ۲۹۵ در نوسان است. کمترین میزان شاخص به رودخانه زیرحوضه شماره ۲ مربوط می شود و بر فعّالیّت نئوتکتونیکی کم زیرحوضه دلالت دارد. زیرحوضه شماره ۵ با فعّالیّت متوسّط و زیرحوضه های شماره ۱، ۴ و ۳از حوضه های فعّال است که این رودخانه ها با بیشترین بی نظمی در نیمرخ طولی از حوضه‌های فعّال محسوب می‌شوند (جدول۴).

جدول ۴) مقادیر شاخص(SL) در حوضه ریجاب و کلاس هر حوضه از نظر فعّالیّت تکتونیکی

زیرحوضه	ΔH	ΔL_r(m)	L_{sc}(m)	SL	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	۱۲۵۰	۱۶۳۵۰	۹۱۰۰	۶۹۵	۱
۲	۱۱۵۰	۸۹۶۰	۲۳۰۰	۲۹۵	۳
۳	۷۰۰	۵۶۰۰	۴۱۰۰	۵۱۲/۵	۱
۴	۱۲۰۰	۶۱۵۰	۳۲۵۰	۶۶۰	۱
۵	۱۰۰۰	۸۵۰۰	۲۸۵۰	۳۳۵/۲	۲

20- Pedrera
21 -Keler and penter
22 -Bull and Knaepfer

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

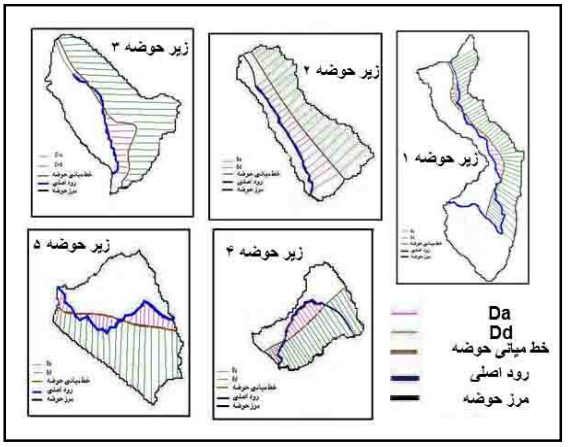


شکل۸) نمودار شیب طولی رودخانه اصلی در زیرحوضه های مورد مطالعه

ه) شاخص تقارن توپوگرافی معکوس حوضه(T): این شاخص یکی دیگر از شاخص ها برای بررسی تأثیر تکتونیک در عدم تقارن حوضه‌های زهکشی است (کاگس[۲۳]، ۱۹۹۴: ۵۷۱). مقدار این شاخص بین صفر و یک در تغییر است و هر چه عدد T به یک نزدیکتر باشد، عدم تقارن در حوضه بیشتر است(رندل[۲۴]، ۱۹۹۴: ۵۷۷). در این شاخص مقادیر عددی نزدیک به ۱ بیانگر تکتونیک فعّال است. در حوضه مورد مطالعه، در هر زیرحوضه مقادیر Da و Dd در ۱۰ نقطه از مسیر رودخانه اصلی، از ابتدا تا انتهای رودخانه اندازه‌گیری شده و از مجموع این اندازه گیری‌ها، میانگین گرفته شد تا عدد به دست آمده نماینده و بیان کننده کل مسیر رودخانه باشد. شاخص مذکور از رابطه(۵) زیر محاسبه می شود.

$$T= Da/Dd$$ رابطه ۵)

در این رابطه: T: شاخص تقارن توپوگرافی عرضی حوضه، Da: فاصله خطّ میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری حوضه(رودخانه اصلی)، Dd: فاصله خطّ میانی حوضه تا خطّ تقسیم آب است(شکل۹).



شکل۹) ارزیابی شاخص T در هر زیرحوضه

در رودخانه‌های حوضه مورد مطالعه مقادیر شاخص(T)، بین ۰/۶۷ تا ۰/۳۲ در نوسان است. کمترین میزان شاخص به

23 -Kags
24 -Randel

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

رودخانه زیرحوضه شماره ۱ و بیشترین آن به ترتیب به رودخانه زیرحوضه های شماره ۴ و ۲ مربوط است که نشان از فعّالیّت نئوتکتونیکی‌ای دو حوضه دارد و حوضه‌های شماره ۳ و ۵ در مرتبه بعدی قرار دارند(جدول ۵).

جدول۵) مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی معکوس(T)

زیرحوضه	Dd	Da	T
۱	۱۴۵۰	۴۵۰	۰/۳۲
۲	۱۵۸۰	۱۰۳۰	۰/۶۵
۳	۱۸۰۰	۷۰۰	۰/۳۸
۴	۱۲۰۰	۸۱۰	۰/۶۷
۵	۲۱۰۰	۷۵۰	۰/۳۵

و) ارزیابی نسبی تکتونیک فعال(Iat)

پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه مطالعاتی، با استفاده از شاخص نسبی تکتونیک فعّال(Iat)، فعّالیّت تکتونیکی در منطقه برآورد می شود. شاخص Iat از متوسّط کلاس های مختلف شاخص های ژئومورفیک و طبق رابطه (۶) به‌دست می آید:

$$Iat = S/n \qquad \text{رابطه ۶)}$$

در این رابطه: Iat: شاخص فعالیت نسبی تکتونیک؛ S: مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده؛ n: تعداد شاخص های محاسبه شده است. اگر Iat=1-1/5 باشد، حاکی از فعّالیّت های تکتونیکی خیلی زیاد و در صورتی که 2>Iat>1/5 باشد، فعّالیّت‌های تکتونیکی زیاد است. 2/5>Iat>2 بیانگر فعّالیّت های تکتونیک متوسّط است و اگر Iat>2/5 باشد، فعّالیّت های کم را آشکار می‌سازد(همدونی، ۲۰۰۸: ۱۶۷).

مقادیر شاخص (Iat) در منطقه مورد مطالعه در جدول شماره ۶ مشاهده می شود. بر اساس این شاخص فعّالیّت تکتونیکی در همه زیرحوضه‌ها در طبقه خیلی زیاد، زیاد و متوسّط قرار می گیرد. زیرحوضه شماره ۴ در طبقه با فعّالیّت خیلی زیاد و زیرحوضه های شماره ۳ و ۵ در طبقه با فعّالیّت زیاد قرار می‌گیرند، ولی زیرحوضه های شماره ۲ و ۱ فعّالیّت آنها در طبقه متوسّط است(جدول۶).

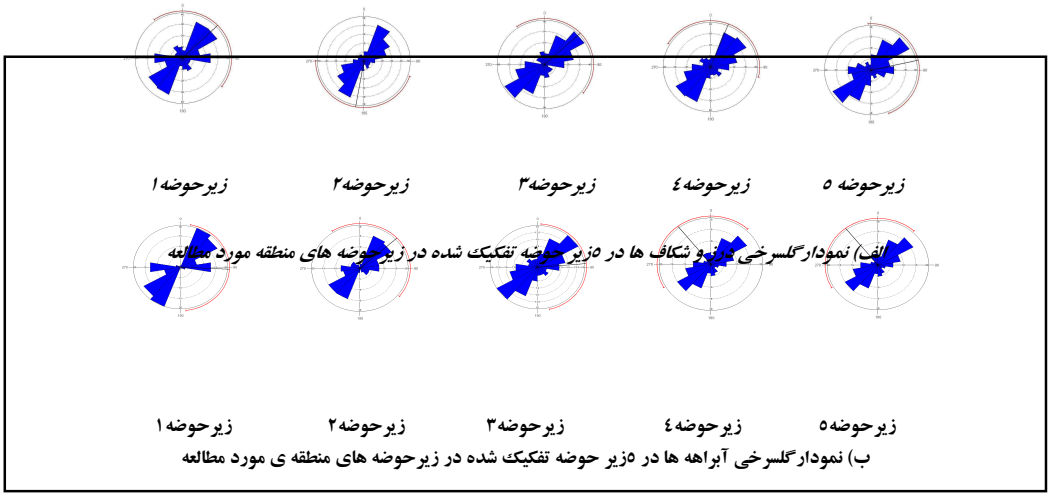
جدول ۶) مقادیر شاخص(Iat) در حوضه ریجاب و طبقه فعّالیّت هر حوضه

زیرحوضه	Af	Vf	S_{mf}	SL	S/n	Iat	طبقه فعّالیّت
۱	۲	۳	۳	۱	۲/۲۵	۳	نیمه فعّال
۲	۱	۳	–	۳	۲/۳۳	۳	نیمه فعّال
۳	۲	۳	۲	۱	۲	۲	فعّال
۴	۱	۱	۲	۱	۱/۲۵	۱	خیلی فعّال
۵	۱	۳	۲	۲	۲	۲	فعّال

ز) تحلیل کمّی روابط درز و شکاف‌ها و روند آبراهه‌ها: به منظور بررسی تاثیر حرکات تکتونیکی در تحول ریخت زایی منطقه و میزان تاثیر زمین ساخت در ایجاد شبکه آبراهه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. در این منطقه که به شدت تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی قرار گرفته است، محل شکستگی‌ها که در منطقه به وجود آمده به مرور دچار فرسایش گشته و عریض‌تر شده است و دره‌ها همروند و نیز عمود بر گسل‌ها به وجود آمده‌اند. نمودار گلسرخی درز و شکاف‌ها

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

و آبراهه‌ها حاکی از آن است که امتداد آنها تقریبا در یک جهت است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آبراهه‌ها موازی هستند و یا سعی در منطبق شدن با راستای درز و شکاف‌ها دارند(شکل ۱۰).



شکل ۱۰) نمودار گلسرخی آبراهه ها و درز و شکاف‌ها حوضه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

با تکیه بر ساختمان زمین، حوضه مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش شرقی و غربی تقسیم نمود: بخش شرقی که حدود دوسوم حوضه را در برمی گیرد، در ارتباط با ساختمان تاقدیسی است و شامل زیرحوضه های شماره ۱ و ۲ است که نتایج شاخص های ژئومورفیک نشان می دهد که این قسمت از نظر تکتونیکی نیمه فعال است. بخش غربی حوضه ریجاب که حدود یک سوم حوضه را دربرمی گیرد، در ارتباط با ساختمان ناودیس است که شامل زیرحوضه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ است. در این بخش زیرحوضه های ۳ و ۵ فعال و زیرحوضه شماره ۴ که در قسمت میانی ناودیس قرار دارد، از لحاظ تکتونیکی خیلی فعال است که این تحولات ناشی از یک سامانه گسلی متشکّل از چندین گسل طولی و عرضی با کارکردهای مختلف ساختمانی آهکی – دولومیتی، ناودیس را بریده اند. گسل‌های طولی مانند:گسل کرند از نوع معکوس با شیب زیاد هستند. این گسل‌ها که به موازات گسل کرند امتداد یافته اند، عمدتاً کناره‌های ناودیس ریجاب را بریده اند. گسل های ریجاب، پیران و پاطاق، سه گسل مهم از این نوع به شمار می‌روند که کناره‌های جنوب غربی ناودیس ریجاب را در طول بیش از ۱۰ کیلومتر برش داده‌اند، امّا گسل های عرضی شکستگی‌هایی از نوع کششی بوده و بیشتر کف ناودیس ریجاب، به خصوص در بخش میانی آن را بریده اند. این شکستگی‌ها بر اثر جنبش گسل کرند پدید آمده‌اند. حرکت این گسل در سرتاسر یال شمال شرقی ناودیس ریجاب باعث شده است تا ساختمان ریجاب از یک سو متمایل به جنوب غرب گردد و از سوی دیگر، کمر یال جنوب غربی آن تحت تأثیر لنگر خمشی قرارگیرد و سرانجام این یال در دو محلّ تنگ‌های پیران و بان زرده شکافته و به سه قطعه تقسیم شود، چون وقوع شکستگی طیّ فرآیند خمشی بوده، قطعات حاصل دچار جابه جایی خمشی نیز شده‌اند. وقوع این شکستگی‌ها در حاشیه جنوب غربی آن نیز پایه‌های شکل گیری تندآب‌ها، آبشارها، تنگ‌ها و کانیون‌ها بوده است.

شواهد توپوگرافی و امتداد ساختمانی زمین‌های مجاور، این تحوّلات را به خوبی نشان می‌دهند؛ از جمله:

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

- اگر دو رشته کوه بند زرده و زنگالیان را به ترتیب بین ۲۰ تا ۳۰ درجه در خلاف جهت چرخش بچرخانیم و کوه کم ارتفاع پیران را کمی در امتداد قائم جابه جا کنیم، این سه رشته کوه به نحو بارزی با هم انطباق می‌یابند و به شکل یک رشته طویل یال جنوب غربی ناودیس ریجاب را می‌سازند.

- اگر یال جنوب غربی ناودیس ریجاب را در امتداد محور ساختمانی آن دنبال کنیم، امتداد دو کوه بند زرده و زنگالیان موجب ناهنجاری آن خواهد شد.

- خطّ الرّأس حدود ۸ کیلومتری رشته کوه گلبان غربی، واقع در حاشیه شمال شرق ناودیس ریجاب، دارای انحنای مشخّص به سمت جنوب غرب است. این انحنا به نحو بارزی جهت بزرگترین محور فشار از طرف شمال شرق را نشان می‌دهد. چون فشار وارده از طرف کوه گلبان غربی؛ یعنی شمال شرق بوده است، چرخش کوه‌های جدا شده از آن(زنگالیان و بند زرده) به طرف شمال شرق امری طبیعی به نظر می‌رسد.

- کانیون ریجاب در نقطه شروع خود بسیار تنگ است، ولی در محلّ خروج تا حدود ۳۰۰ متر عریض می‌شود. از پهنای نسبتاً زیاد این کانیون در نقطّه خروجی، می توان به شکستگی و خم شدگی کمر ناودیس ریجاب در بخش میانی آن پی برد. شکل‌گیری درّه اژدها، که یکی از پدیده‌های دیدنی و در نوع خود جالب منطقه است که به آن کانیونی گفته می‌شود، در امتداد همان خطّ شکستگی پدید آمده که در خارج از ناودیس ریجاب حفره عمیق پیران ایجاد شده است.

منابع

۱- ثروتی، محمدرضا؛ صدوق، سیدحسن و غلامی نیا، حکیمه. (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیک طاقدیس گچ، *مجله پژوهش‌های علوم زمین*، سال اول، ش۱.

۲- حقی پور، نگار. (۱۳۸۵). *بررسی ریخت زمین ساختی گستره کپه داغ – بینالود بر پایه شاخص‌های گرادیان شیب رود و هیپسومتری*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۳- رجایی، عبدالحمید و کرمی، فریبا. (۱۳۸۳) . نقش زمین ساخت در تحول زمین ریخت شناسی پایکوه‌های شمالی بزقوش، *نشریه علوم زمین*.

۴- زرگرزاده،مرضیه؛ رنگزن، کاظم؛ چرمچی، عباس و آبشیرینی، احسان. (۱۳۸۶). مطالعه تکتونیک فعال منطقه زاگرس با استفاده از شاخص ای ژئومورفیک و پارامترهای مورفومتریک در محیط GIS و دورسنجی، *بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین*، سازمان زمین شناسی کشور.

۵- سازمان زمین شناسی و اکتشافات کشور. (۱۳۶۷). نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تهران.

۶- سلیمانی، شهریار.(۱۳۷۸). رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان، تهران: انتشارات مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

۷- گورابی، ابوالقاسم و نوحه گر، احمد.(بی تا). شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبریز درکه، *مجله پژوهش های جغرافیایی*، ش ۶۰.

۸- یمانی، مجتبی؛ باقری، سجاد و جعفری اقدم، مریم. (۱۳۸۹). تاثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه چله(زاگرس غربی)، *مجله جغرافیایی*، ش۱.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

9- Douglas. W. Burbank, Robert's. Anderson(2001).Tectonic Geomorphology. Blackwell Science ,Ltd.
10-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
11 – Jamieson, S.S.R., Sinclair, H.D., Kirstein, L.A., Purvis, R.S.,2004, Tectonic Forcing of Longitudinal Valleys in the Himalaya, morphological Analysis of the Ladakh Batholiths, North India, Geomorphology, 58,pp. 49-65
12-Hamdouni, R.E. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E.A (2008).Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada(Southern Spain). Geomorphology. 96.
13- Keller E.A and Pinter N.: Active Tectonics: Earthquake, Uplift and Landscape, prentice Hall publication. Landon – 1996.
14- Keller Edward, A, and Nicholas Pinter (1995). Active Tectonics Earthquake, uplift , and Landscape. Prentice Hall publisher. New, Jersey.
15- Keller Edward, A, and Nicholas Pinter(2002). Active Tectonics Earthquake, uplift , and Landscape. Prentice Hall publisher. New, Jersey.
16-Li, Y. Yang .J. 1997: Response of river Terraces to Holocene climatic changes in Hex corridor, China. George. Sci. 248- 252.
17-Li, Y. Yang. J. & Tan, L; Duane, F.(1999) Impact of tectonic on alluvial landforms in the Hex corridor, northwest China, Geomorphology, 28pp:299-308.
18- Necea. D. Fielitz, W. Mates co, 2005, Late Pliocene – Quaternary in the frontal part of the SE Carpathians: In sights from tectonic. Pp.317- 332.
19-Schum, S.A., Dumot,J.F., Halbrook, J.M., 2000: Active Tectonics and alluvial rivers. Cambridge university press, New York.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]