



فصلنامه زمین ساخت

تابستان ۱۴۰۱، سال ششم، شماره ۲۲

doi 10.22077/JT.2023.6264.1153

بررسی رشد عرضی تاقدیس از گله بر اساس شاخص های ریخت زمین ساختی، شمال باختر کرمانشاه

لیلی ایزدی کیان^{۱*}، سید میعاد میرزاجانی^۲

۱- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۴

تاقدیس از گله در زون زاگرس چین خورده- رانده و در زیر ناحیه لرستان و در شمال باختر کرمانشاه قرار دارد. راستای این چین شمال باختر جنوب خاور است. قدیمی ترین واحد سنگی که در هسته تاقدیس رخنمون دارد واحد ایلام است که از لایه های نازک تا ضخیم سنگ آهک خاکستری روشن تا سفید تشکیل شده است. این چین از نوع چین های مرتبط با گسل بوده و از نوع چین جدایشی است. برای بررسی رشد عرضی تاقدیس از گله از شش شاخص ریخت زمین ساختی شامل C، RE، Hi، SL، AF، BS استفاده گردید. اغلب حوضه های آبریز این چین کشیده هستند و آبراهه های آن اغلب از نوع موازی می باشد. بررسی شاخص های ریخت زمین ساختی حاکی از رشد عرضی تاقدیس از گله بوده و مکانیسم رشد عرضی آن از نوع لولای ثابت و چرخش یال ها است.

کلمات کلیدی: رشد عرضی، چین مرتبط با گسل، چین خوردگی، تاقدیس از گله.

* ایمیل: L.izadi@basu.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۸۳۰۸۹۳۳۷



Morphotectonic analysis of Ezgeleh anticline, NW of Kermanshah

Leili Izadi Kian ^{1*}, Seyyed Miad Mirzajani ²

1- Supervisor , Geology Group, Basic Science Faculty, Bu-Ali Sina University

2- Master of Tectonic, Geology Group, Basic Science Faculty, Bu-Ali Sina University

Abstract

Symmetrical and closed Ezgeleh anticline is located in the fold and Thrust belt of Zagros zone and in the Lorestan subzone. The Trend of this fold is NW-SE. This fold like most of other Zagros folding is fold related fault and Detachment fold type. The oldest rock unit that outcrops in the core of the anticline is the Ilam unit, which consists of thin to thick layers of light gray to white limestone. Tectonic morphology indicators such as BS, AF, SL, Hi, RE, C were used to examine transverse growth in this fold. Most of catchments are elongated and have parallel drainages in this fold. Investigation of tectonic morphological indices indicated transverse growth of this anticline and Its transverse growth mechanism is fixed hinges and rotating limbs. According to the evidence of fold growth the region is active and the seismic activities of the region confirm this.

Keywords: forward growth, Fold related faults, Folding ,Ezgeleh Anticline.

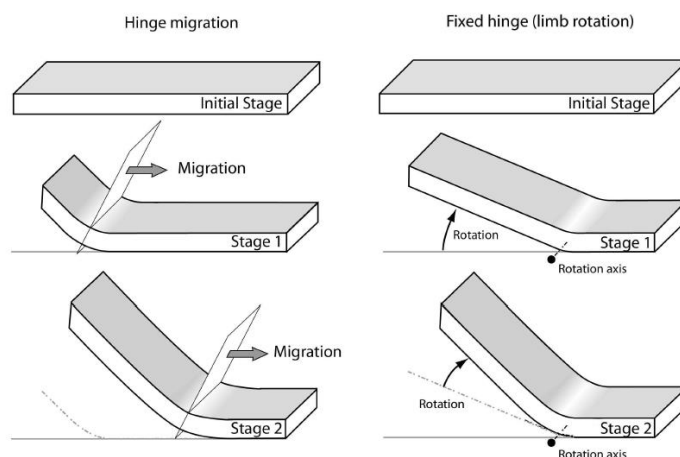
*Email: L.izadi@basu.ac.ir

Tel: +989183089337

۱- مقدمه

چین با افزایش طول یال‌ها، ارتفاع یا دامنه‌ی چین افزایش می‌یابد. برای رشد عرضی چین دوسازوکار (شکل ۱) مطرح شده است: (۱) مدل چرخش یال‌ها؛ در این مدل، در پی کوتاه شدن گسل محل لولا تغییر نکرده اما یال‌ها شروع به چرخش کرده و منجر به افزایش شیب یال و تنگ‌تر شدن چین می‌شوند. در این مدل در طی مراحل اولیه‌ی چین خوردگی، مساحت سطح مقطع چین بیشتر از مساحت سطح کوتاه شده است، بنابراین مواد نامقاوم از زیر لولای ناودیس به درون هسته تاقدیس جریان می‌یابد. اما در مراحل انتهایی مساحت سطح مقطع کاهش یافته و جهت جریان مواد برعکس می‌شود (Desitter, 1956; Hardy; and Poblet, 1994; Epard and Groshong, 1993; Hom-za and (Poblet and McClay, 1996; Mitra, 2003). (۲) مدل مهاجرت لولا: در این مدل، در طی کوتاه شدن محل لولا ثابت نبوده و مواد جدید از سمت لولا به طول یال اضافه می‌شود. چین حاصل نسبت به چین اولیه دارای طول موج و دامنه بزرگتر خواهد بود (Jamison, 1987; Mitra and Namson, 1989; Poblet and McClay, 1996; Mitra, 2003). در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی رشد عرضی چین از گله بررسی شده است.

تغییرات در شکل سطحی زمین در مناطق فعال تکتونیکی، حاصل عملکرد متقابل نیروهای زمین‌ساختی و فرآیندهای سطحی هستند (Keller and Pinter, 1996; Keller et al., 1999). امروزه محققان بر اساس شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی تکامل چین‌ها را بررسی می‌کنند و با کمک آنها الگوی مکانیسم چین خوردگی را به دست می‌آورند. رشد چین در واقع افزایش ابعاد چین به موازات سطح محوری یا عمود بر محور چین است. بر این اساس دو نوع رشد چین وجود دارد: الف) رشد جانبی یا طولی: افزایش ابعاد چین به موازات محور چین را رشد طولی چین می‌نامند. در طی این نوع رشد، طول چین افزایش می‌یابد. رشد طولی چین‌ها به دو دلیل اتفاق می‌افتد: ۱. رشد طولی گسل که منجر به رشد چین در راستای طول آن می‌شود. ۲. کاهش میزان لغزش گسل بدون افزایش طول (Bae Seong et al., 2011). حضور هواچاک‌ها و آب‌چاک‌های متعدد در رشد گسل بموازات محور چین را تایید می‌کند (ایزدی کیان و میرزاجانی، ۱۳۹۸). ب) رشد عرضی یا رو به جلو: افزایش ابعاد چین در راستای عمود بر محور را رشد عرضی چین می‌نامند. در طی این نوع رشد، طول موج چین تغییر می‌کند، و به علت تنگ‌تر شدن

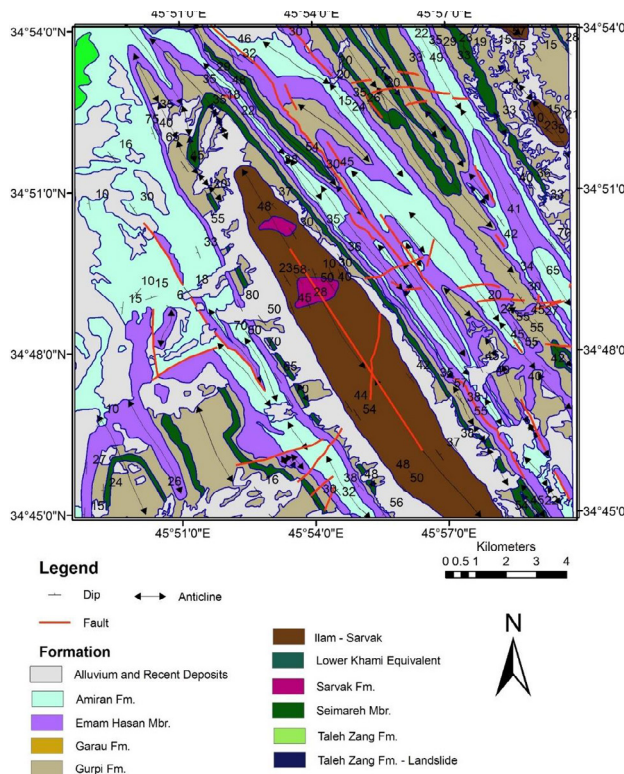


شکل ۱: سازوکار رشد عرضی چین‌ها (Mercier et al., 2007).

۲- جایگاه زمین شناسی

تاقدیس از گله در شمال باختری استان کرمانشاه و نزدیک بخش از گله قرار دارد. تاقدیس از گله با راستای شمال باختری - جنوب خاوری در زاگرس چین خورده و در زیر ناحیه لرستان قرار دارد. واحدهای سنگ شناسی این منطقه به ترتیب از واحدهای ایلام به سن کرتاسه بالایی، سازند گورپی با سن کرتاسه بالایی و سازند پایده به سن پالئوسن تشکیل شده است (شکل ۲). واحد ایلام که بعنوان قدیمی ترین واحد در هسته تاقدیس رخنمون دارد از لایه های نازک تا ضخیم سنگ آهک خاکستری روشن تا سفید تشکیل شده است. سازند گورپی شامل مارن، شیل های خاکستری مایل به آبی است که میان لایه هایی از سنگ آهک رسی دارد. این سازند دارای دو عضو اصلی آهکی به اسم امام حسن و سیمره و یک عضو غیر رسمی آهک منصوری است. آهک امام حسن ۱۱۴ متر آهک رسی ستبر لایه، ریز دانه و خاکستری به همراه میان لایه های مارن است. سازند پایده شامل رسوبات مارن و شیل های خاکستری و لایه های آهکی رسی دریایی است (مهندسین مشاور ایمن سازان، ۱۳۸۵). چین از گله تقریباً متقارن و بسته است و سطح محوری آن راستای شمال باختر - جنوب خاور دارد. چین از گله دامنه کوتاهی دارد و هندسه لولای آن تیز است. محور آن دوسویه به سمت شمال باختر و جنوب خاوری شیب دارد و از نظر وضعیت سطح محوری در گروه چین های ایستاده قرار دارد (ایزدی کیان و میرزاجانی، ۱۳۹۸). اثر سطح محوری این چین بر روی نقشه حدوداً ۳۰ کیلومتر است. اثر سطح محوری این چین بر روی سطح زمین نشان می دهد بخش جنوب باختری کمی خمیدگی دارد و به سمت خاور چرخیده است. سازند گورپی در یال پیشانی این چین ضخیم شدگی نشان می دهد. چین از گله همانند اکثر چین های زاگرس جزو چین های مرتبط با گسل و از نوع جدایشی است (میرزاجانی، ۱۳۹۸). این تاقدیس فعال است و فعالیت های لرزه ای منطقه آن را تایید می کند (ایزدی کیان و میرزاجانی، ۱۳۹۸). شاخصهای ریخت سنجی روشی برای تعیین سرعت فرآیندهای زمینساخت جنبی میباشد. هریک از شاخصهای مورد بحث، امکان یک رده بندی نسبی از فعالیتهای تکتونیکی را در بررسی های مقدماتی فراهم

می آورد و میتوان منطقه را به نواحی فعال، نیمه فعال و غیرفعال تقسیم بندی کرد (سامانی و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۲: نقشه ساختاری و زمین شناسی منطقه از گله (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸).

۳- روش کار

با استفاده از شواهد زمین ریخت شناسی می توان مکانیسم رشد چین ها را تشخیص داد. در مناطقی با چین خوردگی فعال، همیشه رودخانه ها می توانند هماهنگی با بالا آمدگی منطقه، به اندازه کافی بستر خود را حفر نمایند، این موضوع اغلب به انحراف و در نتیجه واگرایی کانال رودخانه ای در انتهای ساختار رشد کننده می انجامد (Walker, 2006) در نتیجه از طریق بررسی توسعه ی زهکش های عرضی در سراسر ناحیه ی چین خورده، می توان به توسعه ی زمین ریخت شناختی چین های فعال پی برد. همچنین تاقدیس های برخاسته از فعالیت راندگی های پنهان، ساختمان زمین شناختی مرتبط با گسل از مهمترین عوامل کنترل کننده الگو و تراکم شبکه آبراهه محسوب می شوند (علمی، ۱۳۹۸). با در نظر گرفتن ملاحظات از قبیل تنوع سنگ شناسی و شرایط اقلیمی مطالعه این موضوع می تواند در ارزیابی پویایی این گسلها مفید باشد.

برای بررسی رشد عرضی از شاخص های Hi و C، Re

این شاخص در هر دو نوع رشد، عرضی و طولی کاربرد دارد. مقدار عددی نزدیک به یک شاخص سازو کار مهاجرت لولا و بیشتر از یک، سازو کار چرخش یال‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط پانک (۲۰۰۴)، حوضه‌های با مقدار $Re < 0.75$ دارای فعالیت تکتونیکی کم و متوسط هستند، و به عنوان حوضه‌های کروی در نظر گرفته می‌شوند و نشان‌دهنده الگوی رشد مهاجرت لولا هستند. حوضه‌های با مقادیر $Re > 0.75$ شاهدی بر فعالیت تکتونیکی بالا و کشیده شدن حوضه‌ها می‌باشد و در نتیجه الگوی رشد چرخش یال‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس در تقادیس از گله این شاخص در بیشتر از ۹۰ درصد از حوضه‌ها فعالیت بالای تکتونیکی نشان می‌دهد و از الگوی رشد چرخش یال تبعیت می‌کند (یزدان مهر، ۱۳۹۳) (شکل ۳).

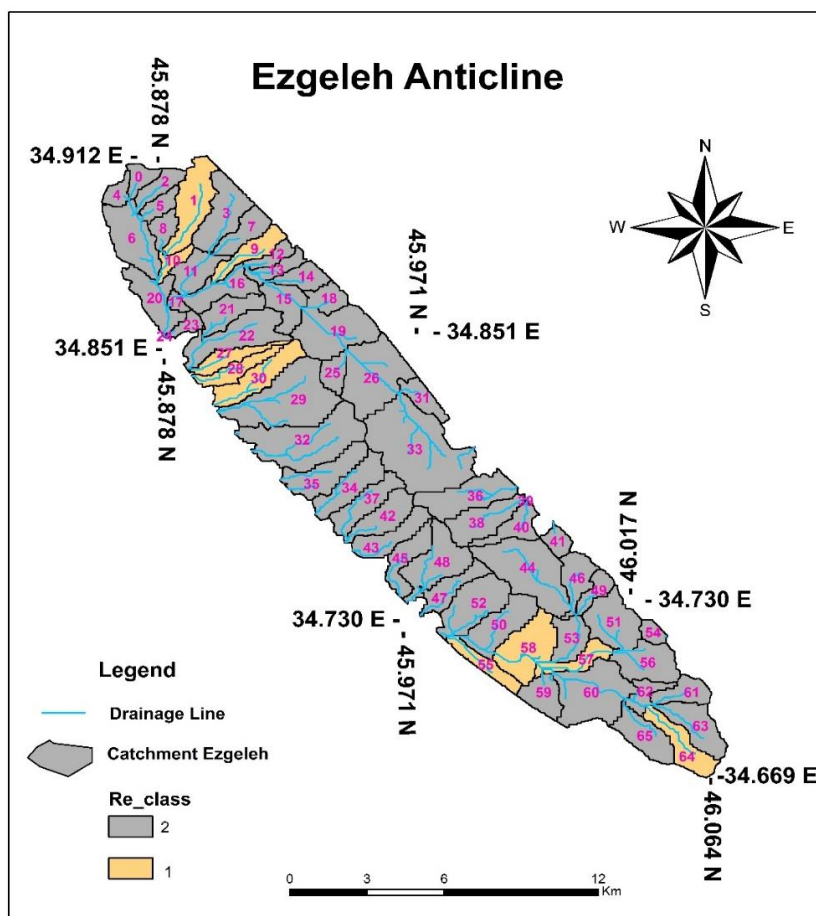
و SL، AF، BS استفاده گردیده است که در ادامه ابتدا توضیح مختصری در مورد هر یک از شاخص‌ها داده شده و سپس نتایج منطقه بررسی می‌شود.

۱-۳- شاخص نسبت کشیدگی حوضه (Re)

از شاخص نسبت کشیدگی حوضه^۱، نیز جهت تعیین شکل و هندسه حوضه زهکشی استفاده می‌کنند. فرمولی که برای محاسبه این شاخص استفاده می‌شود به قرار زیر است:

$$Re = 2\sqrt{A\pi} / L_b$$

در این فرمول A، مساحت حوضه زهکشی می‌باشد و مولفه π ، عدد ثابت 3.14 می‌باشد و مولفه L_b هم نشان‌دهنده طول حوضه زهکشی می‌باشد. هر اندازه که مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد، زیر حوضه کروی‌تر بوده و هرچه که از یک بالاتر برود زیر حوضه‌ها کشیده‌تر می‌شوند (Panek., 2004).



شکل ۳: نقشه شاخص (Re) ورده بندی این پارامتر در تقادیس از گله.



۳-۲- شاخص فشردگی

برای محاسبه شاخص فشردگی^۱ از فرمول زیر استفاده می شود. در این فرمول A، مساحت حوضه زهکشی و p هم نشان دهنده محیط زیر حوضه زهکشی است.

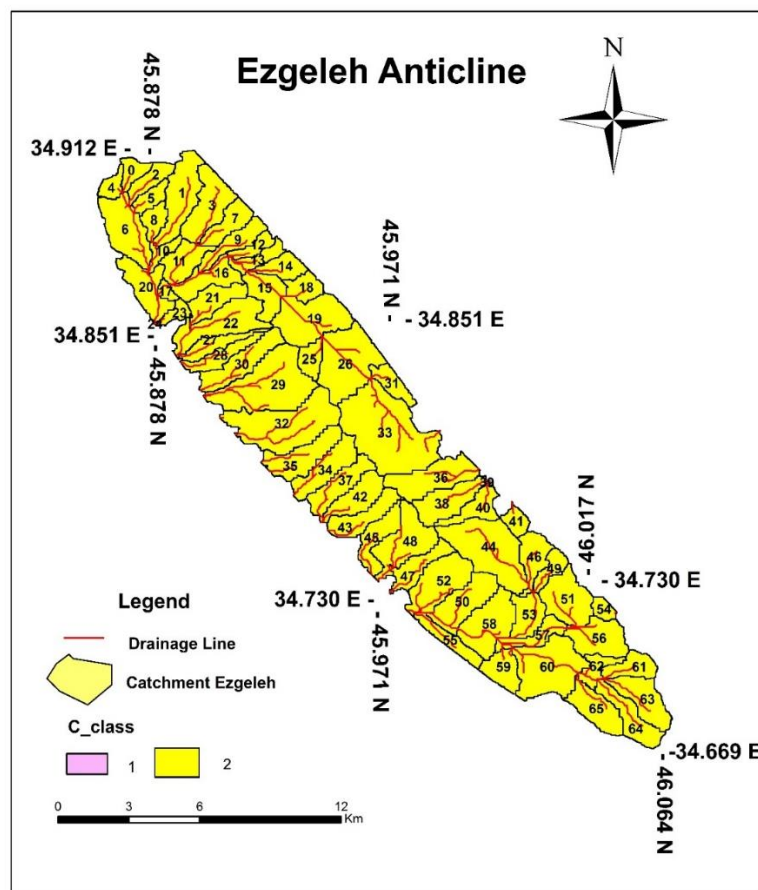
$$C = 2.8 P/\sqrt{A}$$

این شاخص در تشخیص سازوکار رشد عرضی بکار می رود. مقادیر عددی نزدیک به یک این شاخص سازوکار مهاجرت لولا و بیشتر از یک سازوکار چرخش یال هارا نشان می دهد. براساس مطالعات Gravelius (1914) حوضه های دارای مقدار $C \geq 1$ ، (کلاس ۱) حوضه های دایره ای هستند و با افزایش مقدار این شاخص زیر حوضه ها از حالت دایره ای به کشیده تبدیل می شوند (کلاس ۲، $C > 1$).

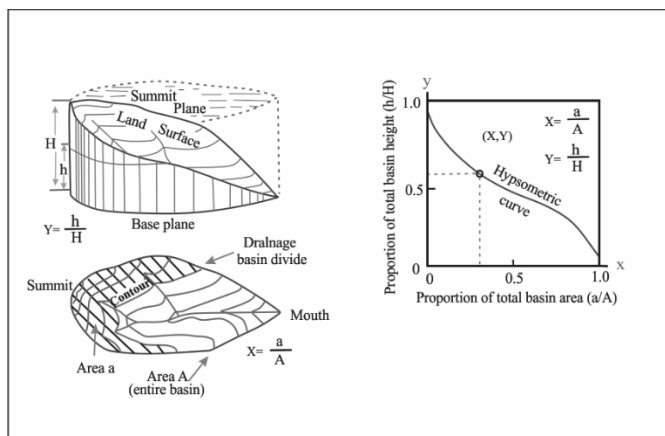
بنابراین حوضه های با مقدار $C \geq 1$ نشاندهنده الگوی رشد عرضی و مهاجرت لولا و اگر بیشتر از یک باشد دارای سازوکار چرخش یال ها هستند (Horton, 1932). تمامی مقدارهای این شاخص برای حوضه های تاقدیس از گله بیشتر از یک می باشند (جدول ۱) و سازوکار چرخش یال هارا نشان می دهد (شکل ۴).

۳-۳- شاخص انتگرال ارتفاع سنجی (Hi)

انتگرال ارتفاع سنجی، توزیع ارتفاع را در یک ناحیه از زمین، از یک حوضه زهکشی را نشان می دهد. منحنی ارتفاع سنجی از پیاده کردن نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به وجود می آید (شکل ۵).



شکل ۴: نقشه شاخص ضریب فشردگی تاقدیس از گله.



شکل ۵: حوضه زهکشی فرضی نشانگر ایجاد یک نقطه (x, y) روی منحنی ارتفاع سنجی ترسیم مقادیر دیگر (برای کنتورهای متفاوت h/H و a/A) باعث ایجاد منحنی می‌شود (Strahler, 1952).

حوضه‌های این تاکدیس مقادیر بالایی از این شاخص را نشان می‌دهد که حاکی از فعال بودن آن می‌باشد.

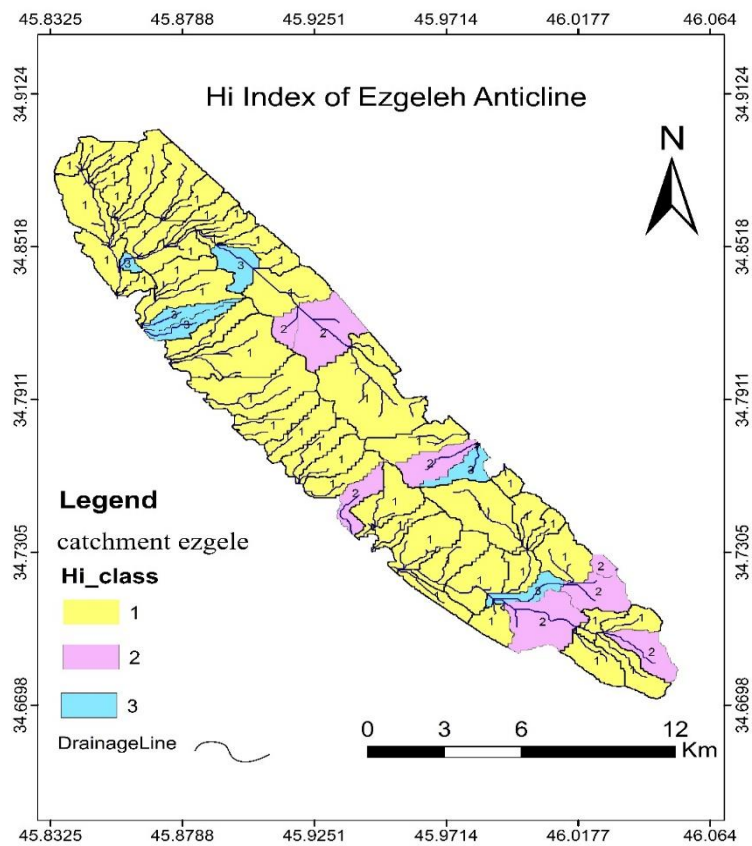
۴-۳- شاخص عدم تقارن حوضه‌ی آبریز (Af)

حوضه زهکشی و هندسه شبکه آبراهه‌ها می‌تواند به چند صورت کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد، عامل عدم تقارن یا فاکتور عدم تقارن می‌تواند میزان کج‌شدگی زمین‌ساختی حوضه زهکشی را در مقیاس‌های بزرگ نشان دهد. حمدونی و همکاران (El Hamdouni et al., 2008) این شاخص را به سه رده تقسیم نموده‌اند: رده ۱- حوضه نامتقارن ($Af \geq 65$)، رده ۲- حوضه نیمه‌متقارن ($Af \leq 35$ or > 43)، رده ۳- حوضه متقارن ($43 < Af < 57$). با توجه به نقشه نهایی شاخص Af ، منطقه مورد نظر در ۳۵ حوضه کلاس ۱، که حوضه‌های نامتقارن می‌باشند، ۱۳ حوضه در کلاس ۲ که حوضه‌های نیمه‌متقارنی هستند و ۱۶ حوضه در کلاس ۳ که حوضه‌های متقارنی هستند تقسیم بندی می‌شوند. از این شاخص برای تشخیص سازوکار رشد طولی چین می‌توان استفاده کرد. جهت رشد جانبی تاکدیس منطبق بر جهت کاهش مقدار این شاخص است. زیر حوضه‌های مجاور هسته مقدار بالایی از این شاخص را دارا هستند. همچنین زیر حوضه‌هایی که دقیقاً مجاور هسته هستند، متقارن‌اند و یا کج‌شدگی متفاوت نسبت به زیر حوضه‌های اطراف دارند (شکل ۷ و ۱۲).

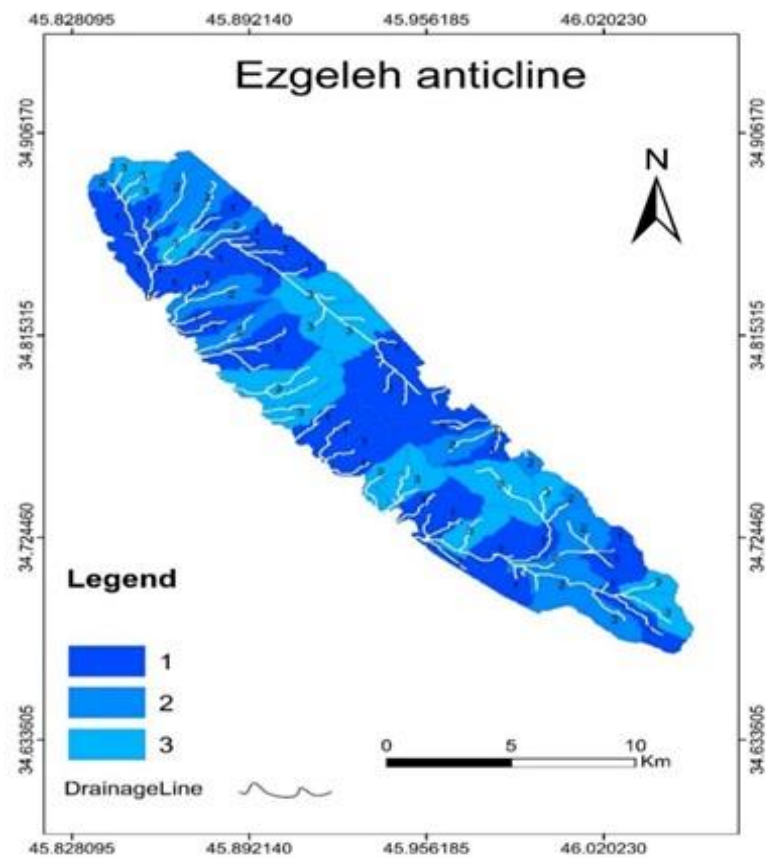
مساحت کل حوضه (A)، از مجموع مساحت بین هر جفت خطوط تراز مجاور به دست می‌آید. مساحت a ، مساحت سطح حوضه در بالای یک خط ارتفاع خاص (h) می‌باشد. مقدار مساحت نسبی (a/A) حوضه همیشه از یک در پایین‌ترین نقطه در حوضه ($h/H=1$) تا صفر در بالاترین نقطه حوضه ($h/H=0$) در تغییر می‌باشد. یک روش ساده برای مشخص نمودن شکل منحنی ارتفاع‌سنجی برای یک حوضه زهکشی خاص، محاسبه انتگرال ارتفاع‌سنجی می‌باشد. فرمول محاسبه انتگرال ارتفاع‌سنجی که به صورت مساحت زیر منحنی یادشده می‌باشد.

$$H_i = H_{\text{mean}} - H_{\text{min}} / H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$$

که در این رابطه H_{mean} مقدار ارتفاع میانگین در هر حوضه می‌باشد و H_{min} کمترین ارتفاع در هر حوضه و مقدار H_{max} بیشترین ارتفاع در هر حوضه را نشان می‌دهد. لذا به‌طور مختصر می‌توان این‌گونه بیان کرد که تحلیل ارتفاع‌سنجی، یک ابزار مفید برای تشخیص نواحی فعال تکتونیکی از نواحی غیرفعال است (Keller and Pinter, 2002). حوضه‌هایی که در نقشه نهایی این شاخص در (شکل ۶) دیده می‌شود در سه کلاس مختلف از نظر فعالیت تکتونیکی نشان داده شده است. جهت رشد طولی تاکدیس منطبق بر جهت کاهش مقدار این شاخص است و زیر حوضه‌های مجاور هسته مقدار بالایی را از این شاخص دارا هستند (فقیه و همکاران، ۱۳۹۴، یزدان مهر، ۱۳۹۳). اغلب



شکل ۶: نقشه شاخص Hi ورده بندی این شاخص در سه کلاس مختلف در تاق‌دیس از گله.



شکل ۷: ارزیابی شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) در منطقه مورد مطالعه.

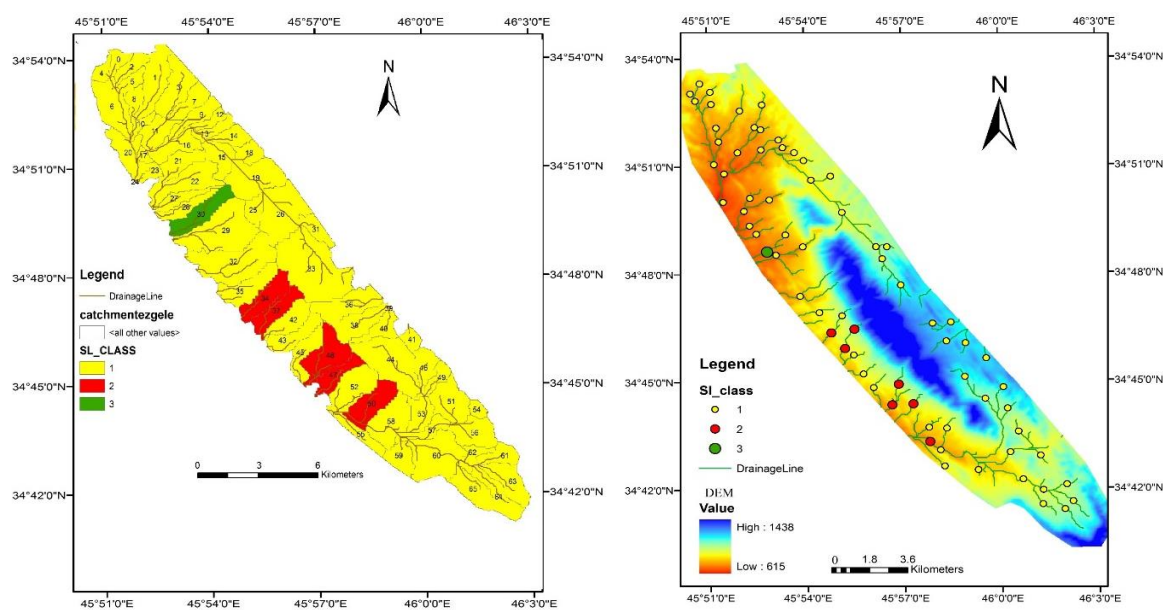
نسبت به بخش‌های دیگر چین هستند. براین اساس با اندازه‌گیری مقدار شاخص طول - گرادیان زهکش‌های جاری روی یال‌های تاقدیس مورد مطالعه و بررسی روند تغییرات آن، می‌توان به سوی رشد چین پی برد (فقیه و همکاران، ۱۳۹۴). در این شاخص جهت رشد جانبی تاقدیس منطبق بر جهت کاهش مقدار این شاخص است، زیر حوضه‌های مجاور هسته مقدار بالایی از این شاخص را دارا هستند (شکل ۸ الف و ب). با عبور رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در مناطقی با برخاستگی فعال (Active uplift) میزان این شاخص افزایش می‌یابد و احتمال دارد با عبور رودخانه‌ها و آبراهه‌ها به موازات عوارضی همچون دره‌های به وجود آمده در اثر عملکرد گسل‌های امتداد لغز این شاخص کاهش یابد (Keller and pinter, 2002a). به همین منظور نیمرخ‌های طولی برای چند آبراهه منطقه جهت بررسی تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی فعال بر روند میزان شاخص SL ترسیم شده است (شکل ۹ و ۱۲). لازم به ذکر است که برای حوضه‌های (۴۷ و ۳۴ و ۴۸ و ۵۰) رسم نیمرخ‌های آبراهه‌ها امکان پذیر بود. همانطور که در نیمرخ‌ها مشاهده می‌شود شاخص SL در برخی حوضه‌هایی که در شمال خاور و جنوب باختر قرار دارند، دارای آنومالی زیادی است و به نظر می‌رسد آنومالی این نیمرخ‌ها مرتبط با رشد تاقدیس در منطقه باشد.

۵-۳- شاخص گرادیان - طول رود (SL)

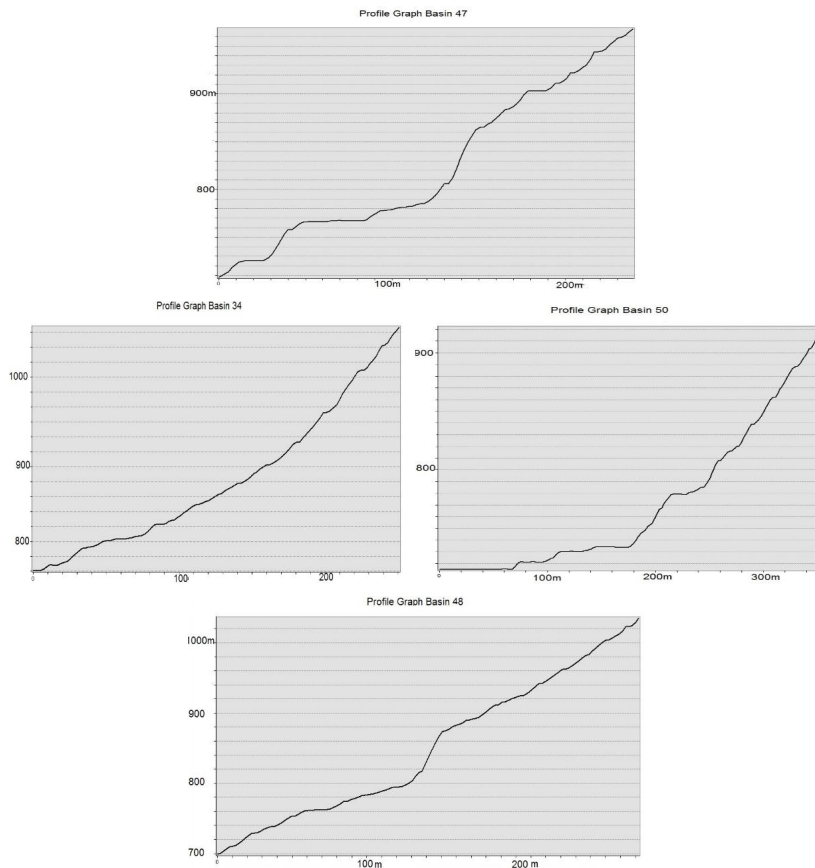
شاخص گرادیان (شیب) - طول رود یکی از شاخص‌های ارزیابی زمین‌ساخت فعال در ارتباط با شکل کانال رودها است. این شاخص اولین بار توسط هاگ (Hack, 1973) در مطالعه نقش مقاومت سنگ‌ها در شکل‌گیری آبراهه‌های رشته‌کوه آپالاش آمریکای جنوبی مورد استفاده قرار گرفته است، شاخص SL مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$SL = (\Delta H / \Delta L) \cdot L$$

SL: شاخص گرادیان - طول رود، ΔH اختلاف ارتفاع محدوده، L معرف طول محدوده و L : طول کانال رود از خط تقسیم رود تا مرکز بخشی است که شیب در آن محاسبه شده است یا به عبارتی L طول کلی کانال، از نقطه‌ای که شاخص مورد محاسبه قرار گرفته تا مرتفع‌ترین نقطه کانال می‌باشد. معمولاً شاخص SL نسبت به تغییرات گرادیان رود بسیار حساس است و برای ارزیابی روابط بین فعالیت زمین‌ساختی، مقاومت سنگ و توپوگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Keller and Pinter, 2002a). به دلیل کاهش مقدار بالا آمدگی تاقدیس در سوی (جهت) رشد و به موازات محور چین مقدار شاخص طول - گرادیان زهکش، نیز در جهت رشد کاهش می‌یابد (Hack, 1973). به عبارت دیگر با نزدیک شدن به محل تاقدیس جنبی، زهکش‌ها قدیمی تر بوده و دارای مقادیر بیشتری از بالا آمدگی



شکل ۸: الف. نقاط اندازه‌گیری شده شاخص SL و ب. نقشه رده بندی شاخص SL در منطقه مورد مطالعه



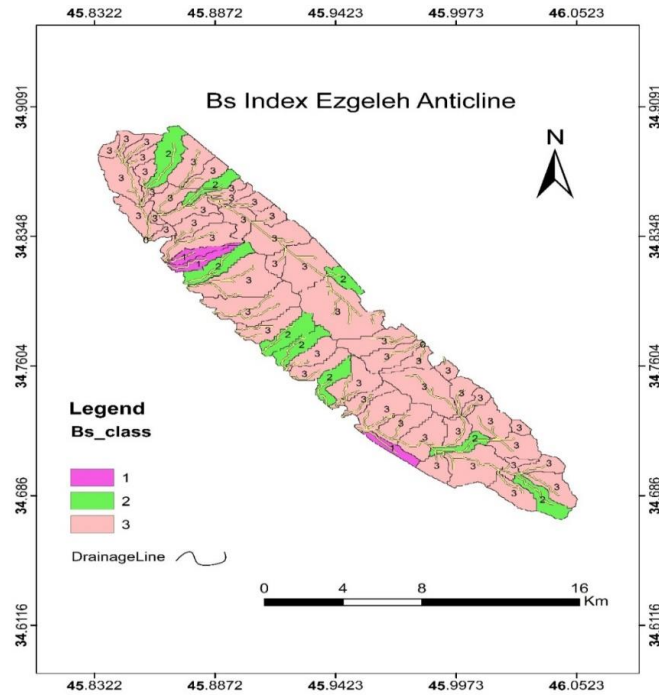
شکل ۹: نیمرخ‌های طولی آبراهه‌های اصلی در حوضه‌های فعال تاقدیس از گله.

۶-۳- شاخص شکل حوضه (Bs)

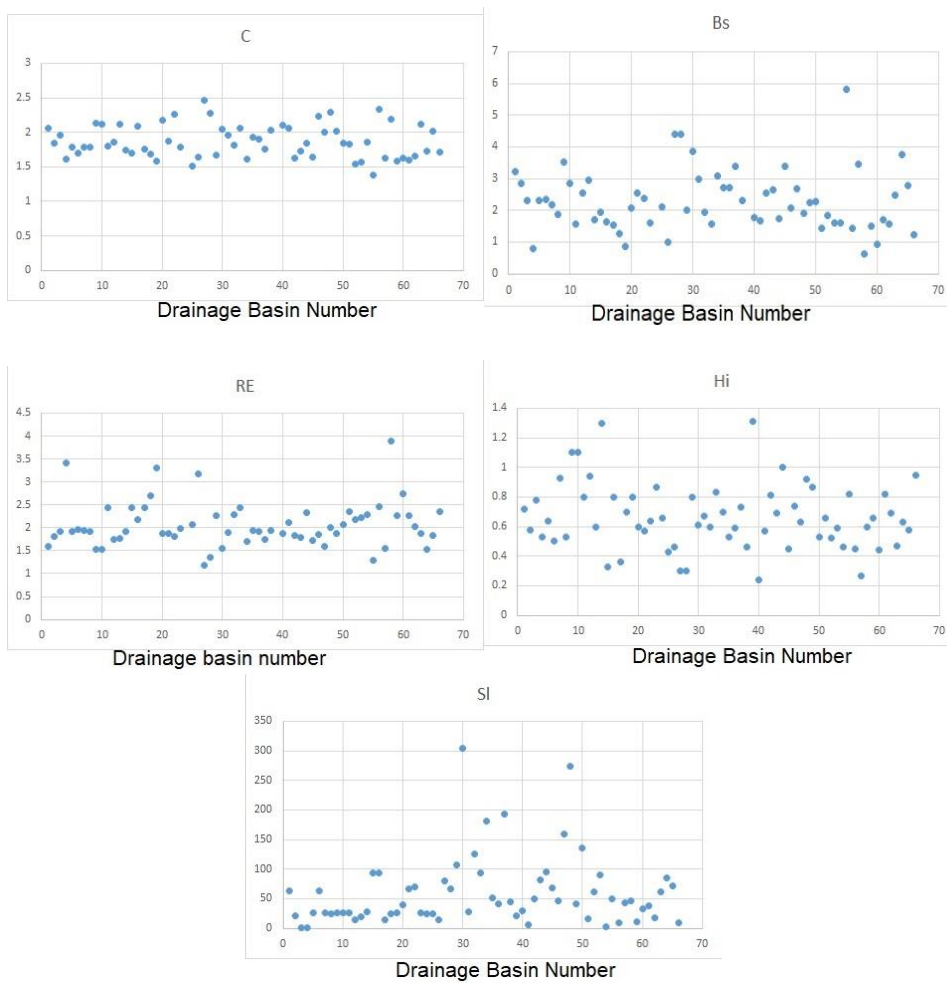
شکل افقی یک حوضه توسط شاخص شکل حوضه یا نسبت طولیل شدگی حوضه توضیح داده می‌شود که آن را Bs می‌نامند (Ramirez-Herrera, 1998). نسبت شکل حوضه زهکشی نیز شاخصی است که در ارزیابی فعالیت‌های تکنیکی به کار می‌رود. این شاخص نشان دهنده‌ی این است که:

الف: تجزیه حوضه زهکشی نزدیک پیشانی کوهستانی، زمانی که زمین ساخت فعال باعث بالا آمدگی سریع شده (Bull And McFadden, 1977) و یا در مناطقی که دچار فروافتادگی شده است (Ramirez-Herrera, 1998). ب: معمولاً حوضه‌هایی که از نظر زمین ساختی فعال هستند، شکل کشیده‌ای دارند. با توقف فعالیت یا غلبه فرایندهای فرسایشی، شکل حوضه به تدریج در طی زمان دایره‌ای می‌شود و شاخص کاهش می‌یابد (Kara-mi, 2009). ج: حوضه‌های زهکشی جوان در مناطق دارای تکنیک فعال، تمایل به کشیدگی شکل حوضه در جهت موازی با شیب توپوگرافی کوه دارند (Bull and McFadden, 1977). این شاخص برای رشد عرضی و رشد جانبی

کاربرد دارد. برای تشخیص رشد عرضی مقادیر عددی نزدیک به ۱، این شاخص سازو کار مهاجرت لولا و بیشتر از ۱ سازو کار چرخشی یال‌ها را نشان می‌دهد. برای رشد طولی (جانبی)، جهت رشد جانبی تاقدیس منطبق بر جهت کاهش مقدار این شاخص است. زیر حوضه‌های مجاور هسته مقدار بالایی از این شاخص را دارا هستند (یزدان مهر، ۱۳۹۳). طبق محاسبات این شاخص تنها در سه حوضه مقدار عددی نزدیک به ۱ بوده و در بقیه حوضه‌ها مقدار عددی این شاخص بیش از یک بوده است و در نتیجه این شاخص سازو کار چرخش یال‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). همچنین بعد از اندازه‌گیری این شاخص در محیط نرم افزار (GIS) این شاخص در سه کلاس مختلف تقسیم بندی می‌شود (شکل ۱۰). کلاس ۱: $Bs > 4$ می‌باشد که این حوضه‌ها نشان دهنده فعالیت تکنیکی بالا است. کلاس ۲: $3 < Bs < 4$ می‌باشد که در این حوضه‌ها نشان دهنده فعالیت تکنیکی متوسط است. کلاس ۳: $Bs > 3$ می‌باشد که در این حوضه‌ها نشان دهنده فعالیت تکنیکی کم می‌باشد.



شکل ۱۰: رده بندی شاخص شکل حوضه (Bs).



شکل ۱۱: نمودار ارزیابی شاخص های در حوضه های مختلف



۴- نتیجه گیری

تاقدیس از گله در زیر ناحیه لرستان در زون چین خورده -رانده زاگرس قرار دارد. برای بررسی رشد عرضی این چین از روش های ریخت زمین ساختی و از شاخص های Re ، Hi ، C ، SI ، BS ، AF استفاده شده است. همه شاخص ها نشان می دهند که این چین رشد عرضی دارد و مکانیسم آن لولای ثابت و چرخش یال است. بررسی شاخص Hi در حوضه آبریز تاقدیس از گله نشان دهنده پویایی منطقه و توپوگرافی جوان منطقه است. اغلب حوضه ها شکل کشیده دارند و مکانیسم لولای ثابت و چرخش یال هارا برای رشد عرضی چین نشان می دهند. عدم تقارن حوضه های آبریز در سوی رشد حاکی از کاهش بالا آمدگی تاقدیس در سوی رشد است و در نتیجه حوضه هایی که در سوی رشد قرار می گیرند گسترش بیشتری داشته و مساحت بیشتری را بخود اختصاص می دهند. با بررسی فعالیت زمین ساختی نسبی حوضه هایی که در یال جنوب باختری و شمالی خاوری چین قرار دارند، یال جنوب باختری فعالیت تکتونیکی بیشتری نسبت به یال شمال خاوری نشان می دهد.

منابع

- ایزدی کیان، ل.، میرزاجانی، س. م.، ۱۳۹۸. تحلیل ساختاری تاقدیس از گله، فصلنامه زمین ساخت، دوره ۳، شماره ۱۲، ۷۱-۹۰.
- سامانی، ب.، چرچی، ع.، ناظمی، ش.، ۱۳۹۹. تحلیل ریخت زمین ساختی گسل آجاجاری، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱۰، شماره ۲، ۱۸۰-۱۹۲.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸. نقشه زمین شناسی قصر شیرین با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
- علیمی، م. ا.، ۱۳۹۸. تحلیل زمین ریخت شناسی و رشد تاقدیس مرتبط با راندگی پنهان بیرجند با استفاده از تغییرات بعد برخالی الگوی آبراهه ها، فصلنامه زمین ساخت، دوره سوم، شماره ۹، ۳۹-۵۷.
- فقیه، ع.، یزدان مهر، ز.، سراج، م.، ۱۳۹۴. بررسی الگوی رشد عرضی چین خوردگی با استفاده از مطالعه فرآیند های فرسایشی و شاخص های ژئومورفولوژیک و هیدروژئیک (مطالعه موردی میدان نفتی خویز)، مجله پژوهش های فرسایش های محیطی، ۴(۲۰)، ۷۳-۸۸.
- فقیه، ع.، جمشیدی، آ.، وطن دوست، م.، اویسی، ب.، ۱۳۹۴. رویکرد زمین ریخت شناسی زمین ساختی در ارزیابی سازوکار رشد چین ها در زاگرس چین و راندگی، مطالعه موردی دو تاقدیس در گستره فارس، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، ۳-۱۳.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. چینه شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی ایران، شماره ۱، ۵۳۶ ص.
- مهندسین مشاور ایمن سازان، ۱۳۸۵. گزارش زمین شناسی تکمیلی، هیدروکلیماتولوژی، هیدروژئولوژی، آماربرداری ادواری گمانه ها و منابع آب زیرزمینی مسیر تونل انتقال آب زاگرس.
- میرزاجانی، س. م.، ۱۳۹۸. تحلیل ساختاری و شواهد زمین ریختی رشد چین مرتبط با گسل تاقدیس از گله، پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بوعلی سینا، ۲۰۰ ص.
- یزدان مهر، ز.، ۱۳۹۳. بررسی شواهد زمین ریختی رشد چین مرتبط با گسل در میدان نفتی خویز، زاگرس، ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه شیراز، ۱۴۰ صفحه.
- Bae Seong, Y., Kang, H.C., Ree, J.H., Lai, Z., Long, H and Yoon, H.O., 2011. Geomorphic constraints on active mountain growth by the lateral propagation of fault-related folding: A case study on Yumu Shan, NE Tibet, *Journal of Asian Earth Sciences*, 41, 184-194.
- Bull, W. B and McFadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doehring, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton*. p. 115-138.
- De Sitter, L. U. 1956. *Structural Geology*. New York and London, 552 pp.
- Epard J.L and Groshong R.H. ,1995. Kinematic model of detachment folding including limb rotation, fixed hinges and layerparallel strain, *Tectonophysics*, 247, 85-103.
- Gravelius , H.1914. *Flussk Unde*.Goschensche verlag shan dlung. Berlin.
- Hardy S and Poblet J, 1994. Geometric and numerical model of progressive limb rotation in detachment folds. *Geology* 22:371-374.



- Homza T.X and Wallace W.K., 1997. Detachment folds with fixed hinges and variable detachment depth, northeastern Brooks range, Alaska. *Journal of Structural Geology*, 19, 337–354.
- Horton, R.E. 1932. Drainage-Basin Characteristics. *Transactions American Geophysical Union* 13(1), 350-361.
- Jamison, W. R., 1987. Geometric analysis of fold development in overthrust terranes *Journal Of Structural Geology*, 9: 207-219.
- Keller, E.A and Pinter, N., 2002. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape*, Second ed. Prentice Hall, NJ. 362 p.
- Keller, E. A., Pinter, N., 1996, *Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape*. by Prentice-Hall, Inc. Simon and Schuster/A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. 7458, 121-145.
- Keller, E.A., Gurrola, L., Tierney, T.E., 1999. Geomorphic criteria to determine direction of lateral propagation of reverse faulting and folding, *Geology*, 27, 515 - 518.
- Mitra S and Namson J. ,1989. Equal area balancing. *American Journal of Science* 289:563–599
- Mitra S. 2003. A unified kinematic model for the evolution of detachment folds. *Journal of Structural Geology*, 25, 1659–1673.
- Panek, T.O.M.A.E. 2004. The use of morphometric parameters in tectonic geomorphology (on the example of the western Beskydy, mts). *Geographica*, 1, 111-126.
- Poblet J and McClay K. ,1996. Geometry and kinematics of single layer detachment folds, *A. A. P. G. Bull.*, 80, 1085– 1109.
- Strahler, A. N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117-1142.
- Walker, R., 2006. A Remote Sensing Study Of Active Folding And Faulting In Southern Kerman Province, S.E Iran, *Journal of Structural Geology*, vol.28:654-668.

