

## بررسی وضعیت تکتونیک فعال طاقدیس بانکول (در زاگرس چین خورده) با به کارگیری شاخص های مورفوتکتونیک و شواهد ژئومورفولوژیکی

رضا منصوری\*

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی (مدیریت محیطی)، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

زهرا سربازی

دانش آموخته دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۳

### چکیده

در این پژوهش از شاخص های مورفوتکتونیک استفاده شده است، زیرا استفاده از این گونه شاخص ها در بررسی های مربوط به تکتونیک های فعال ابزار مفید و کارآمدی هستند، به طوری که با استفاده از آن ها می توان مناطقی را که تحت تأثیر حرکت های نسبتاً سریع یا حتی آهسته تکتونیک قرار دارند را مشخص کرد. استفاده از این شاخص ها پیش تر با توجه به ابزاری گران بها و سودمند در مناطق فعال تکتونیک در نواحی گوناگون آزمایش شده و کارایی آن ها به اثبات رسیده است. طاقدیس بانکول با مساحت ۴۹۶/۰۲ کیلومتر مربع در راستای پهنای جغرافیایی ۱۰' ۴۱' ۳۳" تا ۴۸' ۴۸' ۰۷" از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی ۰۸' ۵۶' ۴۵" تا ۲۹' ۵۶' ۴۶" خاوری از نیمروز گرینویچ در شمال خاوری شهرستان ایوان غرب واقع شده است. سازندهای اصلی تشکیل دهنده این طاقدیس شامل سازند: آسماری، پابده، گوری، بختیاری و گچساران می باشند. هدف اصلی این پژوهش بررسی میزان فعالیت تکتونیک فعال طاقدیس بانکول با استفاده از شاخص های مورفوتکتونیک (SMF, FME, AR, FFS, FSI, FD, EU) است. ابزارهای فیزیکی و مفهومی مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره ای، سامانه اطلاعات جغرافیایی و نیز چندین بار بازدید میدانی می باشند. یافته های پژوهش نشان می دهند که طاقدیس بانکول دارای وضعیت تکتونیک فعالی است؛ به طوری که این طاقدیس بر پایه مقادیر شاخص های SMF, FME, AR, FFS, FSI, FD, EU در کلاس یک فعالیت قرار می گیرد. همچنین، این یافته ها گویای تداوم حرکت های نئو تکتونیک و بالآمدگی در طاقدیس بانکول می باشند که با شواهد ژئومورفولوژیکی موجود در منطقه مورد پژوهش همچون وجود پرتگاه های گسلی خطی و مستقیم، اشکال مثلثی شکل، دره های ژرف و V شکل، بریدگی کم جبهه طاقدیس و عدم تشکیل کوهپایه مطابقت می کنند.

واژگان کلیدی: زاگرس چین خورده، طاقدیس بانکول، تکتونیک فعال، شاخص های مورفوتکتونیک، شواهد ژئومورفولوژیکی.

## مقدمه

مطالعات ژئومورفولوژی به‌منزله ابزاری جهت شناسایی واحدهای گوناگون محیط طبیعی، حائز اهمیت بسیار زیاد است (ثروتی، ۱۳۸۷؛ ۲). از مهم‌ترین و برجسته‌ترین واحدهای محیط طبیعی سرزمین ایران، مناطق کوهستانی آن است. زاگرس - چین‌خورده با ساختمان ژورایی خود - یکی از مهم‌ترین ایالت‌های کوهستانی ایران است. زاگرس چین‌خورده، به مجموعه‌ای از پستی و بلندی‌های منظم و ویژه‌ای گفته می‌شود که منشأ آن ناشی از مطابقت شکل ناهمواری با تغییر شکل تکتونیکی است که در آن کوه‌ها (طاق‌ها) منطبق بر طاقدیس‌ها و چاله‌ها (ناوها یا پطاق‌ها) منطبق بر ناودیس‌ها می‌باشند (محمودی، ۱۳۸۶؛ ۶۸؛ علایی طالقانی، ۱۳۸۶؛ ۱۵۳). بخش چین‌خورده زاگرس، با حرکت‌های تکتونیکی در میوسن میانی و سپس در پلیوسن پایانی دچار چین‌خوردگی شد، بنابراین از نظر سنی، دارای کوه‌های جوانی است (درویش زاده و محمدی، ۱۳۸۶؛ ۱۲؛ علایی طالقانی، ۱۳۸۶؛ ۱۴۷). از این‌رو، واحد ساختمانی زاگرس چین‌خورده از جمله مناطق فعال تکتونیکی ایران است که می‌توان شواهد بالآمدگی تکتونیکی آن را در طاقدیس‌های در حال رشد آن دید (انصاری لاری و همکاران، ۱۳۹۰؛ ۷۴). طاقدیس بانکول که منطقه موردبررسی این پژوهش است نیز به‌عنوان بخشی از زاگرس چین‌خورده است که بنا بر نظر بسیاری از پژوهشگران، جزء مناطق فعال تکتونیکی بوده و دارای بالآمدگی تکتونیکی نیز می‌باشد (ابرندر<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵؛ بربریان<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵؛ باچ‌مانوف و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ بلانس و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳؛ تالبیان و جکسون<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴؛ ورنر<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۶؛ رامسی و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸). پژوهش‌های گوناگون نیز نشانگر وجود تکتونیک‌های فعال، فراخ است و کوتاه شدگی طاقدیس‌ها و نیز وجود زمین‌لرزه‌های فراوان در زاگرس است (رامسی و همکاران، ۲۰۰۸). بررسی ساختمان‌ها و لند فرم‌ها در طول تاریخ پیدایش آن‌ها موضوع دانش تکتونیک ژئو مورفولوژی<sup>۸</sup> است (استانلی و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۰). امروزه ثابت‌شده است که این دانش، کاربرد مؤثری در دانش ژئو مورفولوژی دارد (صفاری و منصور، ۱۳۹۲؛ ۳۶). مناظر ژئومورفولوژیکی در مناطق فعال تکتونیکی، از ادغام پیچیده اثرات حرکت‌های افقی و عمودی بلوک‌های پوسته زمین، یا از فرسایش و رسوب‌گذاری فرآیندهای سطحی ناشی می‌شوند (بربنک و اندرسون<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۱؛ سودلس و همکاران<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۸؛ ۲۱۱). شاخص‌های زمین ریختی ابزار مفیدی برای ارزیابی تکتونیک فعال هستند، زیرا با استفاده از آن‌ها می‌توان مناطق ویژه‌ای را که تحت تأثیر حرکت‌های نسبتاً سریع یا حتی آهسته تکتونیک قرار دارند را مشخص کرد (کلر<sup>۱۲</sup>، ۱۹۸۶؛ رامیرز-هریرا<sup>۱۳</sup>، ۱۹۹۸؛ ۳۱۷). می‌توان گفت

1 - Oberlander

2 - Berberian

3 - Bachmanov et al

4 - Blance et al

5 - Jackson

6 - Verner

7 - Ramsey et al

8 - Tectonic Geomorphology

9 - Stanley et al.

10 - Burbank &amp; Anderson

11 - Tsodoulos et al

12 - Keller

13 - Ramirez-Herrera

که شاخص‌های مورفوتکتونیک به‌طور ویژه به‌منظور ارزیابی حرکت‌های تکتونیک فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند (برینک و اندرسون، ۲۰۰۱: ۱۳). از این‌رو، هدف این پژوهش بررسی میزان فعالیت تکتونیک طاق‌دیس بانکول واقع در شمال خاوری شهرستان ایوان غرب با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک است.

استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، ابزاری برای ارزیابی وضعیت تکتونیکی، نخستین بار توسط بال و مک فادن<sup>۱</sup> (۱۹۷۷) به کار گرفته شدند. سپس، توسط شماری از پژوهشگران دیگر از جمله: راکول و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۸۵)، ولز و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۸۸)، کلر و پینتر<sup>۴</sup> (۱۹۹۶)، رامیرز-هریرا (۱۹۹۸)، برینک و اندرسون (۲۰۰۱)، سیلوا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۳)، کلر و همکاران (۲۰۰۷)، گارنیری و پیروتا<sup>۶</sup> (۲۰۰۸)، همدونی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۸)، جه‌بوی‌داف و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۹)، فیگوروا و نات<sup>۹</sup> (۲۰۱۰)، جیاکونیا و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۲) و غیره در مناطق گوناگون جهان مورد استفاده قرار گرفته و به‌گسترش استفاده از آن‌ها اقدام نموده‌اند. در ایران نیز با به‌کارگیری این شاخص‌ها پژوهش‌های گوناگونی انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. فرهودی و همکاران ۱۳۸۷ در پژوهشی مورفوتکتونیک طاق‌دیس گدوان در شمال خاوری شیراز را مورد بررسی و مطالعه قرار داده و دریافتند که منطقه مورد بررسی از لحاظ تکتونیکی دارای فعالیت شدید بوده و نرخ بال‌آمدگی در این منطقه بیش از فرسایش پیشانی کوه است، که در حدود یک الی پنج میلی‌متر در سال تخمین داده‌اند. خاوری و همکاران ۱۳۸۹ در پژوهشی به بررسی تکتونیک فعال نسبی حوضه کرج بر پایه شاخص‌های مورفوتکتونیک پرداخته و در پایان، یافته‌های این بررسی را به‌عنوان شاخص تکتونیک فعال نسبی (IAT) محاسبه و در چهار رده شامل مناطق بسیار فعال تا مناطق با فعالیت کم تقسیم‌بندی کرده که نشان‌گر فعال بودن حوضه این رودخانه می‌باشد. یمانی و همکاران ۱۳۸۹ در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به ارزیابی میزان فعالیت نو تکتونیک حوضه آبریز چله در زاگرس شمال باختری پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که حرکت‌های نو تکتونیک در منطقه به‌صورت بال‌آمدگی و حرکت‌های راستا لغز راست‌بر است. یزجردی و همکاران ۱۳۹۰ شاخص‌های مورفوتکتونیک را بر روی رودخانه ماسرم و طاق‌دیس پهن مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که بیشترین فعالیت تکتونیکی، در نزدیکی رودخانه ماسرم وجود دارد که به دلیل نزدیکی به گسل کره بس است به‌طوری‌که بیشترین میزان بال‌آمدگی، در حاشیه کناره خاوری رودخانه ماسرم بر اثر فعالیت گسل کره بس است. مقصودی و همکاران ۱۳۹۰ به بررسی وضعیت تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفر آور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی پرداختند و دریافتند که این حوضه فعالیت نو تکتونیک شدیدی دارد و در کلاس یک فعالیت قرار می‌گیرد. انصاری لاری

- 1 - Bull & McFadden
- 2 - Rockwell et al.
- 3 - Wells et al.
- 4 - Keller & Pinter
- 5 - Silva et al.
- 6 - Guarnieri & Pirrotta
- 7 - Hamdouni et al
- 8 - Jaboyedoff et al
- 9 - Figueroa & Knott
- 10 - Giaconia & et al

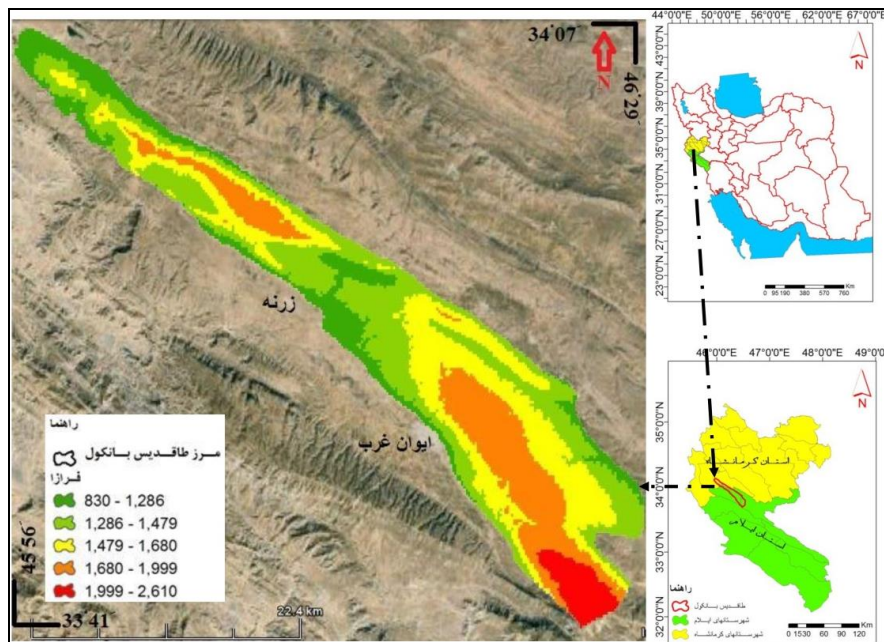
و همکاران ۱۳۹۰ با استفاده از روش‌های میدانی، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی به بررسی ژئومورفولوژی طاق‌دیس طاهونه در جنوب باختری استان هرمزگان پرداختند. نامبردگان پس از بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی طاق‌دیس پیش‌گفته دریافتند که عمده‌ترین پدیده کارستی در منطقه دره‌های خشک است که بیشترین گسترش آن‌ها در دامنه جنوبی طاق‌دیس است. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که پدیده‌های دیگری همچون: کارن‌ها، تافونی و تیغه‌ها با منشأ تکتونیکی و برخی دیگر بر اثر انحلال به وجود آمده‌اند. بهرامی و همکاران ۱۳۹۲ به تحلیل تکتونیک فعال طاق‌دیس گلیان با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود دریافتند که طاق‌دیس گلیان از نقطه‌نظر تکتونیک فعال است و میزان فعالیت‌های تکتونیکی از جنوب خاوری طاق‌دیس به سمت شمال باختری آن افزایش می‌یابد. بهرامی و شایان ۱۳۹۲ در بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های مورفومتریکی شبکه زهکشی و سطوح مثلثی شکل طاق‌دیس دهنه‌خشک، دریافتند که پارامترهایی همچون سطوح مثلثی شکل، تراکم زهکش‌های درجه‌یک و الگوی زهکشی، شاخص‌های مناسبی برای تعیین تکتونیک‌های فعال و تفاوت‌های محلی آن در طاق‌دیس موردبررسی می‌باشند. صفاری و منصور (۱۳۹۲) در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به ارزیابی میزان فعالیت‌های تکتونیکی بخش بالادست حوضه آبخیز کنگیر (ایوان غرب) پرداختند و دریافتند که حوضه آبخیز کنگیر دارای وضعیت تکتونیکی نسبتاً فعالی است و در کلاس یک فعالیت قرار دارد. منصور و صفاری ۱۳۹۴ در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به تحلیل فعالیت تکتونیکی حوضه آبخیز فرحزاد پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه بر پایه شاخص‌های  $T$ ،  $AF$ ،  $VF$ ،  $SL$ ،  $SMF$ ،  $EU$ ،  $FD$  و  $S$  از لحاظ تکتونیکی در وضعیت فعال و تنها بر پایه شاخص  $BS$  در حالت نیمه فعال قرار دارد. تحلیل این کمیت‌ها در مجموع نشان‌گر فعال بودن این حوضه در عهد حاضر است و حوضه بر پایه شاخص  $IAT$  در کلاس ۱ قرار می‌گیرد.

### منطقه مورد مطالعه

طاق‌دیس بانکول در حاشیه مرزی استان‌های باختری ایلام (شهرستان‌های ایوان غرب، چرداول) و کرمانشاه (شهرستان گیلان غرب) و در راستای پهنای جغرافیایی  $10^{\circ} 41' 33''$  تا  $34^{\circ} 48' 07''$  از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی  $45^{\circ} 56' 08''$  تا  $46^{\circ} 29' 56''$  خاوری از نیمروز گرینویچ واقع شده (شکل ۱) و بخشی از زاگرس شمال‌باختری (منطقه کرمانشاه و ایلام) است (علایی طالقانی، ۱۳۸۶؛ ۱۵۴). مساحت طاق‌دیس مورد پژوهش  $474/74$  کیلومتر مربع و محیط آن نیز  $158/3$  کیلومتر می‌باشد. به‌طورکلی، محور طاق‌دیس بانکول به‌پیروی از راستای اصلی رشته‌کوه بزرگ زاگرس، شمال باختری- جنوب خاوری بوده و دارای فرود محوری یک‌طرفه در سمت شمال باختری خود است، ولی در سمت جنوب خاوری به پرتگاه بلند- قله مانشت، مسلط به شمال و شمال خاوری شهر ایلام- ختم می‌شود. در واقع، طاق‌دیس بانکول همچون میز مایلی است که گوشه جنوب خاوری آن بالا آمده (کوه مانشت) و گوشه دیگر آن در سمت

شمال باختری فرونشسته است (محل فرود محوری طاقدیس). بیشینه فرازای طاقدیس ۲۶۱۰ متر است که در بخش جنوب خاوری طاقدیس و منطبق بر قله مانشت می باشد. کمینه فرازای آن ۸۲۵ متر است که در گوشه شمال باختری طاقدیس قرار دارد. درازای طاقدیس تقریباً حدود ۶۸/۲ کیلومتر می باشد. بیشینه پهناى طاقدیس حدود ۱۲/۱ کیلومتر است که در بخش جنوب خاوری آن قرار دارد. همچنین، کمینه پهناى طاقدیس که در بخش شمال باختری قرار دارد حدود ۲/۸ کیلومتر است. پهناى بخش میانی نیز ۷/۹ کیلومتر است. دامنه های جنوب باختری این طاقدیس در تمام راستای برافراشتگی خود به دشت ناودیسی ایوان غرب مشرف هستند.

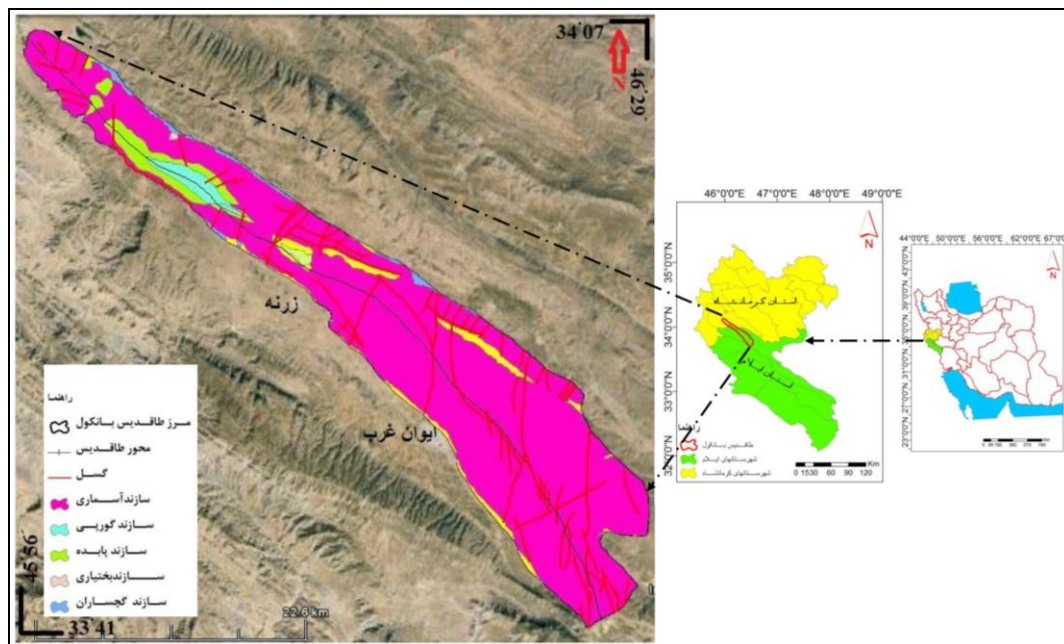
طاقدیس بانکول به شدت گسل خورده است و بیشتر گسل های آن از نوع معکوس / راندگی می باشند. مهم ترین این گسل ها راندگی بانکول می باشد که در بخش میانی طاقدیس و در راستای محور آن امتداد یافته، ولی در برخی نقاط شاخه هایی از آن به صورت عرضی نیز گسترش یافته است. در واقع گسل های عرضی و طولی موجود در منطقه مورد پژوهش در بیشتر بخش های طاقدیس بانکول به صورت متقاطع و عمود بر هم شکل گرفته اند. جهت حرکت نسبی افقی بیشتر گسل ها نیز در حالت نخست به سمت جنوب و در برخی موارد به سمت جنوب خاوری می باشد. به طور کلی، طاقدیس بانکول از لحاظ سنگ شناسی از سازندهای آسماری، پابده، گورپی، گچساران و بختیاری تشکیل شده است (شکل ۲). بیشتر مساحت این طاقدیس را سازند آسماری (با ۴۳۵/۹۳ کیلومتر مربع) تشکیل می دهد. جدول ۱ واحدهای سنگ شناسی و سهم هریک را نشان می دهد.



مأخذ: تصویر از Google Earth

شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی طاقدیس بانکول در منطقه و کشور





مآخذ: سازمان زمین شناسی کشور

شکل ۲: نقشه زمین شناسی و سازندهای تشکیل دهنده طاقدیس بانکول

جدول ۱: مشخصات سنگ شناسی طاقدیس بانکول

ردیف	واحد سنگ شناسی	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
۱	سازند آسماری	۴۳۵/۹۳	۹۱/۸۲
۲	سازند پابده	۲۱/۵۲	۴/۴۸
۳	سازند گوربئی	۹/۵۵	۲/۰۱
۴	سازند گچساران	۷/۴۹	۱/۵۸
۵	سازند بختیاری	۰/۵۲	۰/۱۱
	<b>مجموع</b>	<b>۴۷۴/۷۴</b>	<b>۱۰۰</b>

مآخذ: سازمان زمین شناسی کشور

## داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش به منظور ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال در محدوده طاقدیس بانکول، نخست نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی وارد و پس از زمین مرجع نمودن، رقومی شدند. سپس محدوده طاقدیس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای کوئیک‌برد و نیز طی چندین بار بازدید میدانی مشخص گردید. همچنین، اطلاعات مربوط به سنگ شناسی، گسل‌ها و دیگر پارامترهای زمین شناسی از نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی منطقه به دست آمدند. در ادامه، برای دستیابی به هدف پژوهش، شماری از شاخص‌های زمین ریختی که توانایی بالایی در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی طاقدیس‌ها دارند برگزیده شدند. این شاخص‌ها بر روی تصاویر ماهواره کوئیک‌برد و نقشه‌های توپوگرافی منطقه، برای طاقدیس بانکول مورد محاسبه و

اندازه‌گیری قرار گرفتند. این شاخص‌ها عبارت‌اند از: شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان (SMF)<sup>۱</sup>، سطوح چندضلعی یا مثلثی شکل (FMF)<sup>۲</sup>، تقارن چین‌خوردگی (FSI)<sup>۳</sup>، پیچ‌وخم جبهه چین (FFS)<sup>۴</sup>، درصد بخش‌های بریده‌شده جبهه کوهستان (FD)<sup>۵</sup>، درصد بخش‌های بریده نشده جبهه کوهستان (EU)<sup>۶</sup> و نسبت جهت (AR)<sup>۷</sup>. در پایان یافته‌های کمی به دست آمده، توسط چندین بار بازدید و بررسی میدانی کنترل گردیدند. آنچه در پی می‌آید تجزیه و تحلیل یافته‌های به دست آمده از به کارگیری این شاخص‌ها برای طاق‌دیس بانکول واقع در زاگرس چین خورده است.

## بحث و یافته‌های پژوهش

### الف) شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان (SMF)

شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان بر پایه معادله زیر تعریف شده است (بال و مک‌فادن، ۱۹۷۷؛ بال، ۱۹۷۸):

$$Smf = Lmf/Ls$$

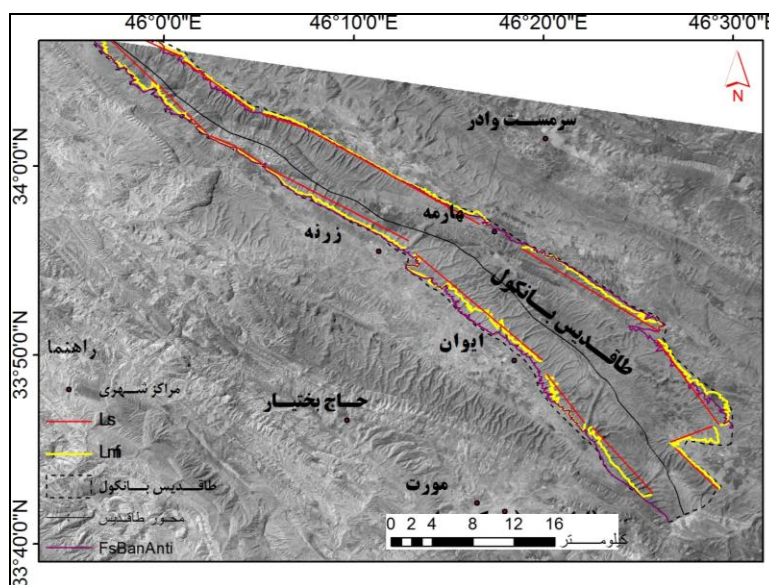
که در آن Lmf درازای جبهه کوهستان / طاق‌دیس در راستای کوهپایه و در محل خط شکست شیب یا خط کنیک و Ls درازای جبهه کوهستان / طاق‌دیس به خط مستقیم است. این شاخص نشانگر موازنه بین فرایندهای فرساینده جبهه کوهستان که تمایل به بریدن جبهه کوهستان دارند و نیز تکتونیک‌های فعال عمودی، آن‌هم اغلب هم‌زمان با چین‌ها و گسل‌های فعال که تمایل به تولید جبهه‌های کوهستانی مستقیم هستند، است (بال و مک‌فادن، ۱۹۷۷؛ کالر، ۱۹۸۶؛ همدونی و همکاران، ۲۰۰۸). ساده‌ترین و سریع‌ترین راه برای محاسبه و به دست آوردن مقادیر مربوط به این شاخص، استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ترجیحاً بزرگ‌مقیاس (برای مثال: نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ یا ۱/۵۰۰۰۰) یا عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا است. مقادیر پایین (یعنی: مقادیر کم‌تر از ۱/۴) شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان نشان‌دهنده جبهه تکتونیکی فعال و مقادیر بالاتر شاخص (معمولاً بیشتر از ۳) مربوط به جبهه‌های غیرفعال هستند (راکول و همکاران، ۱۹۸۵؛ کالر، ۱۹۸۶). شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان در دو جبهه جنوب باختری و شمال خاوری طاق‌دیس بانکول محاسبه گردید (شکل ۳). مقادیر عددی به دست آمده برای جبهه‌های جنوب باختری و شمال خاوری این طاق‌دیس به ترتیب ۱/۳۲ و ۱/۳۶ و میانگین آن عدد ۱/۳۴ می‌باشد. با توجه به مقادیر کمی به دست آمده مشخص می‌شود که این طاق‌دیس دارای فعالیت نئو تکتونیکی بالایی است و در کلاس یک فعالیت جای می‌گیرد (جدول ۲). از جمله شواهد ژئومورفولوژیکی موجود در منطقه مورد پژوهش که می‌توانند میزان پایین این شاخص را تأیید نمایند، به وجود راندگی و پرتگاه‌های گسلی (شکل ۴)، عدم تشکیل واحد کوهپایه در منطقه و نیز وجود دره‌های ژرف و باریک در

- 1- Mountain Front Sinuosity (SMF)
- 2- Mountain Front Facet (FMF)
- 3- Fold Symmetry Index (FSI)
- 4- Fold Front Sinuosity (FFS)
- 5- Percentage Dissected Mountain Fronts (FD)
- 6- Percentage Undissected Escarpments (EU)
- 7- Aspect Ratio (AR)

دامنه‌های طاقدیس بانکول می‌توان اشاره کرد (شکل ۵). در واقع وجود این شواهد نشان دهنده جوان بودن این طاقدیس و فعال بودن حرکت‌های نئو تکتونیکی در آن است.

جدول ۲: مقادیر عددی مربوط به اندازه‌گیری شاخص SMF در طاقدیس بانکول

میانگین	SMF	Ls (KM)	Lmf (KM)	طاقدیس بانکول
۱/۳۴	۱/۳۲	۶۸/۵۶	۹۰/۴۳	جبهه جنوب باختری
	۱/۳۶	۶۷/۳۲	۹۱/۷۱	جبهه شمال خاوری



مأخذ: نگارندگان

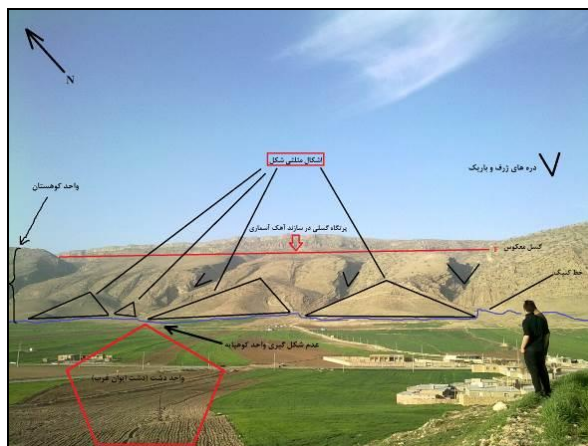
شکل ۳: نحوه محاسبه شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان و پیچ‌وخم جبهه چین در دامنه‌های شمال خاوری و جنوب باختری طاقدیس بانکول



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: نمایی از راندگی بانکول (ناو دار) و پرتگاه‌های گسلی که باعث ایجاد جبهه‌های مستقیم در طاقدیس بانکول شده است. نگاه به سمت شمال





مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: برخی از شواهد ژئومورفولوژیکی دال بر وجود فعالیت‌های نئو تکتونیکی در طاقدیس بانکول؛ نگاه به سمت شمال خاوری

### ب) شاخص پیچ‌وخم جبهه چین / طاقدیس (FFS)

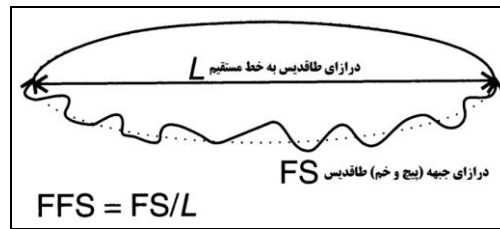
شاخص پیچ‌وخم جبهه چین یا جبهه طاقدیس به شکل زیر تعریف شده است (باربری و همکاران، ۲۰۱۰؛ ۱۴۴):

$$FFS = F_s / L$$

که در آن  $F_s$  درازای جبهه طاقدیس و  $L$  درازای طاقدیس به خط مستقیم است. این شاخص از تقسیم درازای واقعی جبهه کوهستان یا طاقدیس (منطبق بر محل انحنای جبهه) به درازای محور طاقدیس به خط مستقیم به دست می‌آید (شکل ۶). از این شاخص می‌توان برای مشخص کردن انواع چین‌ها [چین‌های متقارن یا نامتقارن] (باربری و همکاران، ۲۰۱۰؛ ۱۴۳) و به پیروی از آن مشخص کردن وضعیت حرکت‌های و فعالیت‌های تکتونیکی یک منطقه استفاده نمود. ارزش عددی بالاتر این شاخص نشان‌دهنده وجود بریدگی‌ها و شکاف‌های بیشتر (یعنی: عملکرد بیشتر فرسایش) در جبهه کوهستان / طاقدیس است و بنابراین وجود یک ساختار چین‌خوردگی قدیمی‌تر را نشان می‌دهد (آزور و همکاران، ۲۰۰۲؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۰۳؛ باربری و همکاران، ۲۰۱۰). اما ارزش عددی پایین‌تر این شاخص وجود چین‌خوردگی‌های جوان و کمتر فرسایش یافته را مشخص می‌نماید. شاخص پیچ‌وخم جبهه چین یا جبهه طاقدیس در یال‌های جنوب باختری و شمال خاوری طاقدیس بانکول محاسبه شد (شکل ۳) و میانگین آن مقدار عددی ۱/۳۱ است (جدول ۳). همان‌طور که جدول زیر نشان می‌دهد مقادیر پایین این شاخص در طاقدیس بانکول گویای چین‌خوردگی جوان آن و تأثیر نه‌چندان زیاد فرایندهای فرسایشی در جبهه‌های دو طرف آن می‌باشد. در واقع، ارزش‌های کمی این شاخص نشانگر تداوم فعالیت‌های نئو تکتونیکی در این طاقدیس است.

جدول ۳: مقادیر عددی اندازه‌گیری شده شاخص FFS در طاقدیس بانکول

میانگین	FFS	L (KM)	Fs (KM)	طاقدیس بانکول
۱/۳۱	۱/۳۰	۶۸/۲	۸۹/۳	جبهه جنوب باختری
	۱/۳۳	۶۸/۲	۹۱/۲	جبهه شمال خاوری



مأخذ: باربری و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۴۴

شکل ۶: شیوه نمادین اندازه گیری شاخص FFS در یک طاقدیس فرضی

### ج) شاخص اشکال مثلثی شکل / چند وجهی جبهه کوهستان / طاقدیس (FMF)

این شاخص بر پایه رابطه زیر محاسبه و اندازه گیری می شود:

$$FMF = (L_f / L_s) 100$$

که در آن  $L_f$  مجموع درازای اشکال مثلثی یا چند وجهی و  $L_s$  درازای جبهه کوهستان به خط مستقیم است. در مناطق فعال تکتونیکی، فعالیت گسل ها و تداوم حرکت آن ها سبب تشکیل اشکال مثلثی یا چند وجهی بزرگ و پیوسته به همراه درصد بالایی از وجود این اشکال می گردد (ولز و همکاران، ۱۹۸۸). بنابراین، وجود درصد بالای چنین اشکالی در هر منطقه ای گویای وضعیت تکتونیکی شدید است. این شاخص بر روی جبهه های جنوب باختری و شمال خاوری طاقدیس بانکول مورد اندازه گیری قرار گرفت. ارزش های عددی به دست آمده از این شاخص برای طاقدیس بانکول در جدول ۴ ارائه شده است که نشانگر وجود حرکت های شدید نئو تکتونیکی در این طاقدیس است. با توجه به گسل خوردگی شدید طاقدیس بانکول و نیز اینکه درصد چشمگیری از این طاقدیس (یعنی: چیزی حدود بیش از ۳/۴ مساحت طاقدیس)، از سازند مقاوم آسماری تشکیل شده (شکل ۲ و جدول ۱)، بنابراین تداوم حرکت های نئو تکتونیکی ناشی از حرکت گسل ها باعث شکل گیری اشکال چند وجهی گوناگونی در این طاقدیس گردیده است (شکل های ۵ و ۷).

جدول ۴: مقادیر عددی اندازه گیری شده شاخص FMF در طاقدیس بانکول.

میانگین	FMF	Ls (KM)	Lf (KM)	طاقدیس بانکول
۸۱	۸۷/۵	۶۸/۲	۵۹/۷	جبهه جنوب باختری
	۷۴/۵	۶۸/۲	۵۰/۸	جبهه شمال خاوری



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۷:** نمایی از شکل‌گیری سطوح مثلثی شکل مسلط بر شهر ایوان غرب در یال جنوب باختری طاقدیس بانکول؛ نگاه به سمت شمال خاوری

#### (د) شاخص تقارن چین / طاقدیس (FSI)

یکی دیگر از شاخص‌هایی که می‌توان از آن برای مشخص نمودن انواع چین‌ها و وضعیت فعالیت‌های تکتونیکی استفاده کرد، شاخص تقارن طاقدیس یا جبهه چین می‌باشد که به شکل زیر تعریف شده است:

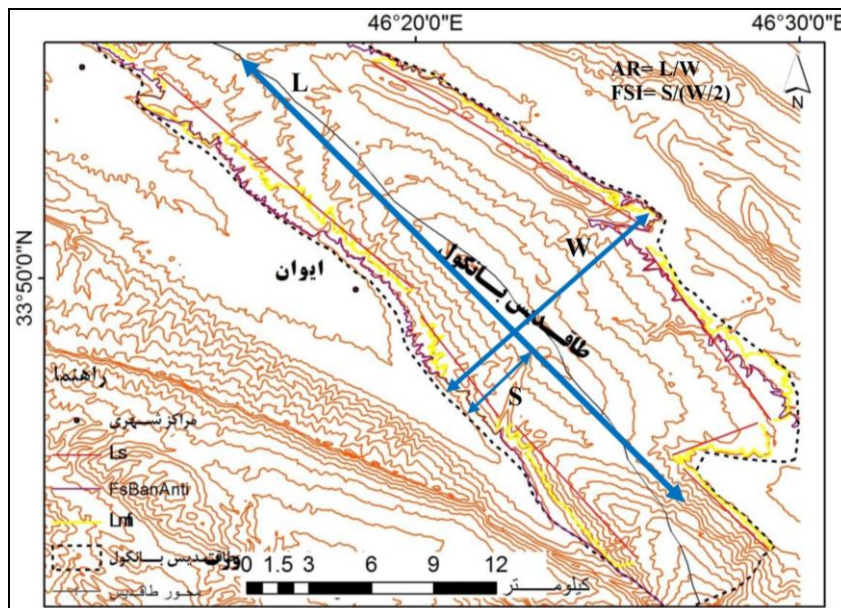
$$FSI = S / (W/2)$$

که در آن  $S$  پهناى پهلو یا یال کوتاه‌تر طاقدیس و  $W$  پهناى طاقدیس ( $W/2$  نصف پهناى طاقدیس) مورد نظر است. بنابراین، شاخص تقارن طاقدیس از تقسیم نمودن پهناى یال کوتاه‌تر طاقدیس بر نصف پهناى آن به‌دست‌آمده می‌آید (شکل ۸). در چین‌های متقارن، ارزش عددی این شاخص برابر عدد یک خواهد بود، ولی در طاقدیس‌های نامتقارن و ناهنجار، ارزش عددی آن معمولاً از عدد یک کمتر است (باربری و همکاران، ۲۰۱۰؛ ۱۴۳). از این‌رو، ارزش عددی بالای این شاخص نشان‌دهنده تأثیر کم یا عدم تأثیر حرکت‌های تکتونیکی در منطقه و تشکیل طاقدیس‌های متقارن خواهد بود. اما به هر میزان که ارزش عددی به‌دست‌آمده از عدد یک کمتر باشد نشانگر وجود حرکت‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی است، به طوری که این حرکت‌ها باعث تشکیل طاقدیس‌های نامتقارن همراه با عملکرد گسل‌ها و شکستگی‌ها در آن می‌انجامد. ارزش عددی اندازه‌گیری شده این شاخص برای طاقدیس بانکول  $۰/۶۹$  به‌دست‌آمده (جدول ۵) که نشان‌دهنده تداوم حرکت‌های نئو تکتونیکی در قالب درز و شکاف‌های تکتونیکی و عملکرد راندگی و گسل‌های گوناگون در طاقدیس بانکول است (شکل ۲).

**جدول ۵:** مقادیر عددی اندازه‌گیری شده شاخص FSI در طاقدیس بانکول

FSI	W/2 (KM)	S (KM)	نام طاقدیس
۰/۶۹	۱۱/۹۹	۸/۳۳	بانکول

مأخذ: سازمان جغرافیایی کشور؛ نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ایلام، ایوان غرب، زرنه، گیلان غرب، کال کش؛ محاسبات از نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۸:** شیوه نمادین اندازه گیری شاخص های FSI و AR در بخشی از طاقدیس بانکول. اندازه گیری پهنای طاقدیس (W)، درازای طاقدیس (L) و نصف پهنای طاقدیس (S) با استفاده از خطوط تراز منحنی، به منظور محاسبه شاخص نسبت جهت (AR) و شاخص پیچ و خم جبهه چین یا طاقدیس (FSI). خط نقطه چین نشان دهنده خط شکست شیب (خط کنیک) و به دنبال آن شکل گیری طاقدیس است

### ر) شاخص نسبت جهت (AR)

از دیگر شاخص های مورفومتری که می توان از آن برای تعیین میزان فعالیت های تکتونیکی یک منطقه استفاده کرد، شاخص نسبت جهت است. این شاخص بر پایه رابطه زیر (باربری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ۴۲۳، باربری و همکاران، ۲۰۱۰؛ ۱۴۳) اندازه گیری و محاسبه می شود:

$$AR = L/W$$

که در اینجا L درازای طاقدیس و W بیشینه پهنای طاقدیس است (شکل ۸). بر پایه این رابطه، هرچه قدر ارزش عددی به دست آمده بیشتر باشد گویای حرکت های تکتونیکی بالا و هرچه قدر مقدار به دست آمده کم باشد نشانگر فعالیت تکتونیکی پایین در منطقه است. با محاسبه این شاخص در طاقدیس بانکول عدد ۵/۶۴ به دست آمد (جدول ۶). بالا بودن مقدار عددی این شاخص، وضعیت تکتونیکی فعال این طاقدیس را نشان می دهد.

**جدول ۶:** مقادیر عددی اندازه گیری شده شاخص AR در طاقدیس بانکول

نام طاقدیس	L (KM)	W (KM)	AR
بانکول	۶۸/۲	۱۲/۱	۵/۶۴

مأخذ: محاسبات نگارندگان

### ز) شاخص درصد بخش های بریده شده جبهه کوهستان / طاقدیس (FD)

برای اندازه گیری شاخص درصد بخش های بریده شده جبهه کوهستان یا طاقدیس بر پایه رابطه زیر اقدام می شود:

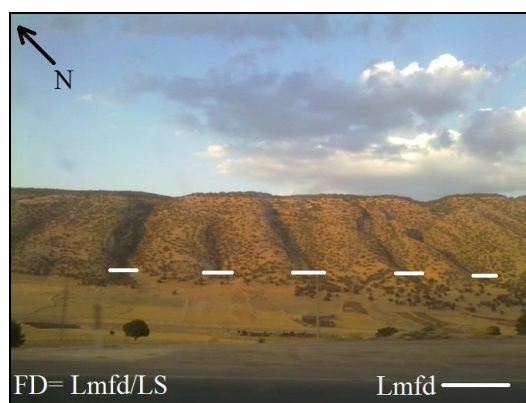
$$FD = Lmfd / Ls$$

که در آن Lmfd درازای بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان و Ls درازای جبهه کوهستان به خط مستقیم است. معمولاً در مناطق فعال تکتونیکی، جبهه‌های کوهستانی کمتر دچار بریدگی و گسستگی می‌شوند، زیرا حرکت‌های تکتونیکی جبهه‌ها و پرتگاه‌های بریده نشده یا کمتر بریده شده‌ای را ایجاد می‌نمایند. ارزش عددی مربوط این شاخص به صورت عددی اعشاری بین ۱-۰ نشان داده می‌شود. بدین ترتیب، به هر میزان که ارزش عددی به دست آمده از یک کمتر باشد نشان دهنده وضعیت فعال تکتونیکی و هر اندازه ارزش عددی اندازه‌گیری شده به عدد یک نزدیک تر باشد گویای وضعیت غیرفعال تکتونیکی خواهد بود. مقادیر عددی به دست آمده برای شاخص درصد بخش‌های بریده شده در جبهه‌های جنوب باختری و شمال خاوری طاقدیس بانکول در جدول ۷ نشان داده شده است. مقادیر کمی پایین به دست آمده برای این شاخص به همراه وجود دره‌های ژرف و باریک نشان دهنده وجود فعالیت بالای تکتونیکی در طاقدیس بانکول می‌باشد (شکل ۹).

جدول ۷: مقادیر عددی اندازه‌گیری شده شاخص FD در طاقدیس بانکول

میانگین	FD	Ls (KM)	Lmfd (KM)	طاقدیس بانکول
۰/۲۱	۰/۲۶	۶۸/۲	۱۷/۸۳	جبهه جنوب باختری
	۰/۱۷	۶۸/۲	۱۱/۷	جبهه شمال خاوری

مأخذ: مجاسبات نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۹: نمایی از بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان در طاقدیس بانکول، نگاه به سمت شمال خاوری

### ح) شاخص درصد بخش‌های بریده نشده جبهه کوهستان / طاقدیس (EU)

از شاخص‌های دیگری که به منظور ارزیابی وضعیت تکتونیکی مناطق کوهستانی می‌توان از آن بهره گرفت، شاخص درصد بخش‌های بریده نشده جبهه کوهستان است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$EU = Lce/Ls$$

در اینجا Lce درازای بخش‌های بریده نشده جبهه کوهستان و Ls درازای جبهه کوهستان به خط مستقیم است. در واقع، این شاخص در نقطه برابر شاخص بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان (FD) قرار می‌گیرد. به دیگر سخن، در شاخص (FD) درصد بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان اندازه‌گیری می‌شود، ولی در شاخص (EU) فاصله مابین بخش‌های بریده نشده که معمولاً به



شکل پرتگاه‌های کوهستانی نمود پیدا می‌کنند، محاسبه می‌گردد. در مناطق فعال تکتونیکی با توجه به تداوم و عملکرد حرکت‌های نئو تکتونیکی معمولاً ارزش عددی این شاخص بالا است. این در حالی است که در مناطق تکتونیکی غیرفعال یا با فعالیت کم تکتونیکی، به دنبال غلبه فرایندهای فرسایشی و به‌ویژه فرسایش روان آب‌ها، ارزش عددی این شاخص پایین خواهد بود. محاسبات مربوط به این شاخص برای طاقدیس بانکول در جدول ۸ آورده شده است که همچون سایر شاخص‌ها گویای وضعیت نئو تکتونیکی فعال در این طاقدیس می‌باشد. در واقع تداوم حرکت‌های نئو تکتونیکی در محدوده طاقدیس بانکول سبب شده است تا فرایندهای فرسایشی امکان فعالیت چندانی نداشته باشند و عمده فعالیت آن‌ها به ایجاد دره‌های باریک و ژرفی که فاصله بین آن‌ها نیز زیاد است، محدود شده است. در واقع، وجود فاصله نسبتاً زیاد بین بریدگی‌های جبهه کوهستان به شکل دره‌های ژرف و باریک از نشانه‌های وجود تکتونیک فعال در این منطقه است (شکل ۱).

جدول ۸: مقادیر عددی اندازه‌گیری شده شاخص EU در طاقدیس بانکول

طاقدیس بانکول	Lce (KM)	Ls (KM)	EU	میانگین
جبهه جنوب باختری	۴۹/۱۲	۶۸/۲	۰/۷۲	۰/۷۵
جبهه شمال خاوری	۵۴/۴۵	۶۸/۲	۰/۷۹	



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: نمایی از بخش‌های بریده نشده جبهه کوهستان در طاقدیس بانکول، نگاه به سمت شمال خاوری

جدول ۹: ارزش‌های عددی به‌دست‌آمده از محاسبه شاخص‌های مورفو تکتونیک مورد استفاده در طاقدیس بانکول (مأخذ: نگارندگان)

ردیف	منطقه مورد پژوهش	شاخص	جبهه طاقدیس	ارزش عددی شاخص	میانگین	وضعیت تکتونیکی
۱	طاقدیس بانکول	SMF	جبهه جنوب باختری	۱/۳۲	۱/۳۴	تکتونیک فعال
			جبهه شمال خاوری	۱/۳۶		تکتونیک فعال
FFS		جبهه جنوب باختری	۱/۳۰	۱/۳۱	تکتونیک فعال	
		جبهه شمال خاوری	۱/۳۳		تکتونیک فعال	
۳		FMF	جبهه جنوب باختری	۸۷/۵	۸۱	تکتونیک فعال
			جبهه شمال خاوری	۷۴/۵		تکتونیک فعال
۴		FD	جبهه جنوب باختری	۰/۲۶	۰/۲۱	تکتونیک فعال
	جبهه شمال خاوری		۰/۱۷	تکتونیک فعال		
۵	EU	جبهه جنوب باختری	۰/۷۲	۰/۷۵	تکتونیک فعال	
		جبهه شمال خاوری	۰/۷۹		تکتونیک فعال	
۶	FSI	طاقدیس بانکول	۰/۶۹	-	تکتونیک فعال	
۷	AR	طاقدیس بانکول	۵/۶۴	-	تکتونیک فعال	

## نتیجه گیری

هدف اصلی این مقاله بررسی وضعیت تکتونیک فعال طاقدیس بانکول واقع در شمال خاوری شهرستان ایوان غرب در حدفاصل بین استان های ایلام و کرمانشاه است. از این رو، برای دستیابی به هدف خود از شاخص های مورفوتکتونیک گوناگونی از جمله: شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (SMF)، سطوح چند ضلعی یا مثلثی شکل (FMF)، تقارن چین خوردگی (FSI)، پیچ و خم جبهه چین (FFS)، درصد بخش های بریده شده جبهه کوهستان (FD)، درصد بخش های بریده نشده جبهه کوهستان (EU) و نسبت جهت (AR) استفاده شده است. دلیل استفاده از این شاخص ها این است که شاخص های مورفوتکتونیک در بررسی های مربوط به تکتونیک های فعال ابزار مفید و کارآمدی هستند (بال و مک فادن، ۱۹۷۷؛ آزور و همکاران، ۲۰۰۲؛ کلا و پینتر، ۲۰۰۲؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۰۳؛ مولین و همکاران، ۲۰۰۴؛ همدونی و همکاران، ۲۰۰۸)؛ به طوری که استفاده از این شاخص ها پیش تر به عنوان ابزاری گران بها و سودمند در مناطق فعال تکتونیک در نواحی گوناگون توسط پژوهشگران متعددی، برای مثال توسط راکول و همکاران ۱۹۸۵ در جنوب باختری ایالات متحده آمریکا، توسط ولز و همکاران ۱۹۸۸ در سواحل اقیانوس آرام در کاستاریکا و نیز توسط سیلوا ۱۹۹۴ در ساحل مدیترانه در اسپانیا و غیره آزمایش شده و کارایی آن ها به اثبات رسیده است. یافته های به دست آمده برای هر یک از این شاخص ها به شرح زیر می باشد.

مقدار عددی به دست آمده برای شاخص  $SMF=1.34$  می باشد. مقدار کم این شاخص گویای این است که طاقدیس بانکول فعالیت نئو تکتونیک بالایی دارد و در کلاس یک فعالیت تکتونیک جای می گیرد. از جمله دلایل تأیید کننده مقدار پایین این شاخص می توان به عدم تشکیل واحد کوهپایه در دو طرف طاقدیس بانکول اشاره کرد.

با محاسبه شاخص FMF در طاقدیس بانکول عدد ۸۱ به دست آمده آمد که نشان دهنده بالا بودن حرکت های نئو تکتونیک در این منطقه می باشد. از جمله دلایلی و شواهد ژئومورفولوژیکی که مقدار بالای این شاخص را تأیید می نمایند می توان به وجود سطوح چند وجهی، راندگی بانکول (ناودار) و پرتگاه های گسلی در جبهه کوهستان و نیز عدم تشکیل واحد کوهپایه در منطقه اشاره نمود. این شواهد ژئومورفولوژیکی نشانگر وجود فعالیت های نئو تکتونیک ناشی از حرکت گسل ها و راندگی ناو دار به صورت بالآمدگی در طاقدیس بانکول بوده و مقادیر کمی به دست آمده برای شاخص های SMF و FMF را تأیید می نمایند.

مقدار پایین شاخص  $FFS=1.31$  به دست آمده برای طاقدیس بانکول نشان دهنده جوان بودن چین خوردگی و تداوم حرکت های نئو تکتونیک بر پیکره این طاقدیس است.

شاخص FSI برای طاقدیس بانکول محاسبه شد و مقدار عددی  $۰/۶۹$  به دست آمده آمد که نشانگر تداوم تأثیر حرکت های و فشارهای تکتونیک در قالب عملکرد گسل ها و شکستگی های تکتونیک بر این طاقدیس است. در واقع وجود فشارهای تکتونیک شدید باعث ایجاد طاقدیس با یال های نامتقارن در منطقه شده است.

مقدار عددی به دست آمده برای شاخص AR در طاقدیس بانکول برابر با عدد  $۵/۶۴$  می باشد که گویای تداوم و تأثیر شدید حرکت های تکتونیک بر پیکره این طاقدیس است. در واقع، طاقدیس بانکول بر اثر تداوم حرکت های شدید نئو تکتونیک دارای درازای بیشتر و پهنای کمتری است. به دیگر سخن، نسبت کم پهنا به درازای طاقدیس بانکول گویای فشردگی این طاقدیس تحت تأثیر حرکت های نئو تکتونیک می باشد.

به دلیل عملکرد فعالیت های تکتونیک در جبهه های کوهستانی فعال، مقدار عددی شاخص FD پایین خواهد بود، چرا که این نیروها به ایجاد جبهه های کوهستانی مستقیم و خطی با بریدگی کم تمایل دارند. در واقع، این شاخص متأثر از عملکرد گسل هایی

است که در مناطق حاشیه‌ای جبهه‌های کوهستانی فعالیت دارند. محاسبه این شاخص بر روی طاق‌دیس بانکول مقدار عددی ۰/۲۱ را نشان می‌دهد. مقدار پایین شاخص FD در طاق‌دیس بانکول که گویای تداوم حرکت‌های نئو تکتونیکی در منطقه است با دره‌های ژرف و باریک منطقه مورد تأیید قرار می‌گیرد.

در مناطق فعال تکتونیکی جبهه‌های کوهستانی پرتگاه‌های بریده‌شده کمتری دارند، از این‌رو مقداری عددی شاخص EU در این مناطق بالا خواهد بود. میزان محاسبه‌شده شاخص EU برای طاق‌دیس بانکول برابر با ارزش عددی ۰/۷۵ به دست آمده آمد و همچون دیگر شاخص‌های محاسبه‌شده گویای تداوم حرکت‌های نئو تکتونیکی در طاق‌دیس بانکول است.

شایان ذکر است که با توجه و دقت در نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد پژوهش مشخص می‌گردد که بخش بسیار بزرگی از طاق‌دیس بانکول (بیش از ۳/۴) از سازند مقاوم آهک آسماری تشکیل شده است. در واقع، آهک آسماری به‌عنوان سومین واحد مهم سنگ‌شناسی و دومین افق صخره ساز در چشم‌انداز زاگرس به شمار می‌رود. این سازند عمدتاً بالاترین لایه‌های طاق‌دیس‌های سالم را در زاگرس تشکیل می‌دهد (علایی طالقانی، ۱۳۸۶؛ ۱۴۸). از این‌رو، وجود این سازند باعث محافظت بخش بزرگی از طاق‌دیس بانکول در برابر نیروهای فرسایشی شده است و بر ارزش عددی به دست برخی از شاخص‌ها از جمله FFS، FD، EU، FMF مؤثر بوده است. زیرا وجود این سازند مقاوم، موجب شکل‌گیری پرتگاه‌های خطی در طاق‌دیس بانکول شده و به ضرر فرایندهای فرسایشی عمل کرده است.

در پایان می‌توان چنین گفت که یافته‌های کمی به دست آمده از بررسی و محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیک مورد استفاده بر روی طاق‌دیس بانکول، نشان‌دهنده تداوم فعالیت‌های نئو تکتونیکی و وضعیت تکتونیک فعال این طاق‌دیس است (جدول‌های ۲ تا ۹). این یافته‌ها با شواهد و لند فرم‌های کواترنری منطقه انطباق دارند. در واقع، از آنجایی که لند فرم‌های کواترنری سنی جوان دارند، هنوز تحت تأثیر فعالیت‌های نئو تکتونیکی کواترنری و عصر حاضر می‌باشند. بنابراین چنین لند فرم‌هایی می‌توانند به‌عنوان شواهد گویایی از فعالیت‌های نو تکتونیک در نظر گرفته شوند. از این‌رو، با استناد به شواهد ژئومورفولوژیکی ناشی از تداوم حرکت گسل‌های فعال از جمله ایجاد سطوح چند وجهی، پرتگاه‌های گسلی مستقیم و خطی، دره‌های ژرف و باریک ۷ شکل، درصد کم بریدگی‌های جبهه کوهستان، کشیدگی زیاد و پهنای کم طاق‌دیس نسبت به درازای آن و عدم تشکیل واحد کوهپایه، وجود و تداوم حرکت‌های فعال نئو تکتونیکی کواترنری و عصر حاضر در منطقه مورد پژوهش مورد تأیید قرار می‌گیرد.

### سپاسگزاری:

در پایان شایسته است تا نویسندگان مقاله از جناب آقایان: ضیاء، سجاد و محمد حسین منصوره به‌خاطر فراهم‌نمودن امکانات لازم جهت انجام بازدیدهای میدانی متعدد از منطقه و نیز به‌خاطر کمک‌های بی‌دریغی که در همراهی خود در حین انجام کارهای میدانی نسبت به نویسندگان مقاله داشته‌اند، سپاسگزاری ویژه کرده و برای آنها از خداوند متعال سلامتی و موفقیت روزافزون طلب نمایند.

## منابع

- ۱- انصاری لاری، احمد، ثروتی، محمدرضا، رعیتی، زینب، (۱۳۹۰): بررسی ژئو مورفولوژی طاقدیس طاهونه، لارستان، مجله جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۴، صص: ۷۳-۸۶.
- ۲- ثروتی، محمدرضا، (۱۳۸۷): ژئو مورفولوژی منطقه‌ای ایران، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ دوم.
- ۳- خاوری، رضوان، قرشی، منوچهر، آری، مهران، خسرو، تهران، خسرو، (۱۳۸۷): نشانه‌های زمین ریختی تکتونیک فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی، شمال ایران، تهران، مجله علوم زمین، سال ۱۹، شماره ۷، صص ۶۷-۷۴.
- ۴- درویش زاده، علی و محمدی، مهین، (۱۳۸۴): زمین‌شناسی ایران (رشته جغرافیا)، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ نخست.
- ۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۴۹): تهران، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ گیلان غرب، برگ شماره ۵۱۵۸ II.
- ۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۵۰): تهران، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ایلام، برگ شماره ۵۲۵۷ II.
- ۷- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۵۱): تهران، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ جویزر، برگ شماره ۵۲۵۷ I.
- ۸- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۷۶): تهران، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ زرنه، برگ شماره ۵۲۵۷ IV.
- ۹- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۸۴): تهران، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ایوان غرب، برگ شماره ۵۲۵۷ I.
- ۱۰- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۲۰۰۸): تهران، تصویر ماهواره IRS.
- ۱۱- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۲۰۱۰): تهران، تصویر ماهواره Landsat سری سنجنده ETM<sup>+</sup>.
- ۱۲- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۴): تهران، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ کرد، برگ شماره ۵۲۵۸.
- ۱۳- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، (۱۳۷۵): نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ ایلام، برگ شماره ۵۲۵۷.
- ۱۴- شرکت ملی نفت ایران، (۱۳۸۸): تهران، نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ قصر شیرین، برگ شماره B6.
- ۱۵- صفاری، امیر، منصور، رضا، (۱۳۹۲): ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک بخش علیای حوضه آبخیز کنگیر (ایوان غرب) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، زاهدان، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، سال سوم، شماره ۷، صص ۳۵-۵۰.
- ۱۶- علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۶): ژئو مورفولوژی ایران، تهران، انتشارات قومس، چاپ چهارم.
- ۱۷- فرهودی، قدرت ا...، کرم‌پور، امین، رضایی کاونودی، زهره، (۱۳۸۷): مورفوتکتونیک طاقدیس گدوان (شمال شرق شیراز)، زاهدان، فصل‌نامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۴، شماره ۱، صص: ۴۹-۵۵.
- ۱۸- محمودی، فرج‌ا...، (۱۳۸۶): ژئو مورفولوژی ساختمانی، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ نخست.
- ۱۹- مقصودی، مهران، جعفری اقدم، مریم، باقری‌سیدشکری، سجاده، مینایی، مسعود، (۱۳۹۰): بررسی تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفرآور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، زاهدان، مجله جغرافیا و توسعه، سال ۹، شماره ۲۵، صص: ۱۱۱-۱۳۶.
- ۲۰- منصور، رضا، صفاری، امیر، (۱۳۹۴): تحلیل فعالیت تکتونیک حوضه آبخیز فرحزاد از طریق شاخص‌های ژئومورفیک، تهران، مجله اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۴، شماره ۹۵، صص: ۹۳-۱۰۵.
- ۲۱- یزجردی، کورس، فرهودی، قدرت ا...، کارگر، شهرام، ممتحن، مرضیه، (۱۳۹۰): بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیک بر روی رودخانه ماسرم و طاقدیس پهن، زاهدان، فصل‌نامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ۷، شماره ۲، صص: ۱۷۷-۱۸۶.
- 22- Azor, A., Keller, E. A. & Yeats, R. S. (2002): Geomorphic Indicators of Active Fold Growth: South Mountain-Oak Ridge Anticline, Ventura Basin, And Southern California. Geological Society of America Bulletin, 114, 745-753.
- 23- Bull, W.B., (1978): Geomorphic Tectonic Classes of The South Front of The San Gabriel Mountains, California. U.S. Geological Survey Contract Report, 14-08-001-G-394, Office of Earthquakes, Volcanoes and Engineering, Menlo Park, CA.
- 24- Bull, W.B., McFadden, L.D., (1977): Tectonic Geomorphology North and South of The Gar Lock Fault, California. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions.

- Proceedings of The Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115–138.
- 25- Burbank, D.W., Anderson, R.S., (2001): Tectonic Geomorphology. Blackwell Science, Massachusetts.
- 26- Burbery, C.M, Cosgrove, J. W, Liu, J. G., (2008): Spatial Arrangement of Fold Types in The Zagros Simply Folded Belt, Iran, Indicated By Landform Morphology and Drainage Pattern Characteristics,
- 27- Burbery, C. M, Cosgrove, J. W, Liu, J. G., (2010): A Study of Fold Characteristics and Deformation Style Using The Evolution of The Land Surface: Zagros Simply Folded Belt, Iran, Geological Society
- 28- Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller E.A., (2008): Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of The Sierra Nevada (Southern Spain), Geomorphology, 96, 150-173.
- 29- Keller, E. A. (1986): 'Investigation of Active Tectonics: Use of Surficial Earth Processes', in Wallace, R. E. (Ed.), Active Tectonics, Studies in Geophysics, National Academy Press, Washington, DC, 136–147
- 30- Keller, E.A., Pinter, N., (2002): Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey.
- 31- Molin, P., Pazzaglia, F.J., Dramis, F., (2004): Geomorphic Expression of Active Tectonics in a Rapidly-Deforming Forearc, Sila Massif, Calabria, Southern Italy. American Journal of Science 304, 559–589.
- 32- Ramirez-Herrera.M.T. (1998): Geomorphic Assessment of Active Tectonics in The Acambay graban .Mexican Volcanic Belt. Earth Surface Process and Land Forms. Vol. 23 . pp 317-322.
- 33- Ramsey, L.A., Walker, R.T., Jackson, J., (2008): Fold Evolution and Drainage Development in The Zagros Mountains of Fars Province, SE Iran. Basin Research, 20, 23-48.
- 34- Rockwell, T.K., Keller, E.A., Johnson, D.L., (1985): Tectonic Geomorphology of Alluvial Fans and Mountain Fronts Near Ventura, California. In: Morisawa, M. (Ed.), Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Geomorphology Symposium. Allen and Unwin Publishers, Boston, MA, pp. 183–207.
- 35- Silva, P. G., Goy, J. L., Zazo, C. & Bardaji, T. (2003): Fault-Generated Mountain Fronts in Southeast Spain: Geomorphologic Assessment of Tectonic and Seismic Activity. Geomorphology, 50, 203-225.
- 36- Stanley A. Schumm, Jean F. document & John M. Holbrook, (2000): Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press.
- 37- Tsodoulos, I, M., Koukouvelas, I, K., Pavlides. S., (2008): Tectonic Geomorphology of The Easternmost Extension of The Gulf Corinth (Beotia, Cnteral Greece), Tectonophysics Vol. 453. PP: 211-232.
- 38- Wells, S. G., Bullard, T.F., Menges, C. M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson. K. L., Ritter, J. B., Wesling, J.R., (1988): Regional Variations in Tectonic Geomorphology Along a Segmented convergent plate boundary, Pacific Coast of Costa Rica. Geomorphology, 1: 239-265.