

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۱۱۸

F. Hemati  
S. Bahrami, Ph.D  
M.A. Zangeneh Asadi

فریبا همتی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز  
شهرام بهرامی، استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری  
محمدعلی زنگنه اسدی، استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری

E-mail: f.hematti@gmail.com

شماره مقاله: ۱۰۴۲ صص: ۲۲۲-۲۰۷  
وصول: ۹۳/۵/۲۸ پذیرش: ۹۴/۲/۲۲

## شواهد ژئومورفولوژیک زمین ساخت فعال در طاقدیس پیکلا

### چکیده

منطقه مورد مطالعه، طاقدیس پیکلا، در جنوب غرب استان کرمانشاه واقع شده است. هدف این پژوهش بررسی شواهد ژئومورفولوژیک زمین ساخت فعال طاقدیس پیکلا و همچنین، ارزیابی تاثیر زمین ساخت در نوع و جهت اشکال ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه است. برای دستیابی به هدف فوق، با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه، وضعیت ساختمانی و سنگ شناسی منطقه تعیین شد. لندفرم‌های ژئومورفولوژیک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کوئیک برد و همچنین، مطالعات میدانی مشخص گردید. در این پژوهش، شاخص‌های مربوط به زمین ساخت فعال مانند سینوزیته جبهه کوهستان، سطوح مثلثی شکل، فاصله‌بندی شبکه زهکشی، تراکم زهکشی، دره‌های ساغری شکل، انتگرال هیپسومتریک و مائدر رودخانه ارزیابی شد. جبهه کوهستانی تقریباً مستقیم، سطوح مثلثی با قاعده طولانی و شیب زیاد، تراکم زهکشی پایین، الگوی زهکشی موازی، دره‌های ساغری شکل و مقدار بالای انتگرال هیپسومتریک در دامنه شمال شرق نشان می‌دهد این بخش طاقدیس از نظر زمین ساختی فعالتر از دامنه جنوب غربی طاقدیس است.

**واژه‌های کلیدی:** پیکلا، زمین ساخت، دره ساغری شکل، انتگرال هیپسومتری.

### مقدمه

منطقه مورد مطالعه طاقدیس پیکلا در استان کرمانشاه است که از نظر ساختمانی بخشی از زاگرس چین خورده محسوب می‌شود. بالا آمدگی زمین ساخت؛ به ویژه در طاقدیس‌ها، اغلب باعث ایجاد لندفرم‌های خاصی در سطح زمین می‌شوند. مطالعات مختلف نشان‌دهنده وجود زمین ساخت فعال، بالا آمدگی و کوتاه‌شدگی طاقدیس‌ها و وجود زلزله‌های متعدد در زاگرس چین خورده است (بربریان، ۱۹۹۵: ۱۹۹؛ بلانک<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳: ۴۰۵؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۴۳؛ رامسی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۳؛ بهرامی، ۲۰۱۲: ۴۶).

شناسایی اشکال ژئومورفولوژیک مربوط به زمین ساخت‌های فعال نقش مهمی در تبیین رفتارهای زمین ساختی و تغییرات مکانی آنها ایفا می‌کند. از جمله شاخص‌های ژئومورفولوژیک بالا آمدگی طاقدیس‌ها می‌توان به سطوح مثلثی

شکل، دره‌های ساغری شکل، فاصله‌بندی آبراهه‌ها، الگوی زهکشی، تراکم زهکشی، انتگرال هیپسومتریک و مناندرهای رودخانه‌ای اشاره کرد.

رشته کوه زاگرس بزرگترین واحد ساختمانی ایران است که با روند شمال غربی - جنوب شرقی کشیده شده است. در بخش شمال غربی؛ یعنی محدوده استان ایلام و کرمانشاه امواج چین خوردگی در زاگرس، بیشتر به صورت ساخت‌های طاق‌دیس و ناودیس‌ی مرکب تظاهر پیدا کرده است. از این رو، دشت‌های نسبتاً وسیع و کوه‌های پرحجم از خصوصیات بارز این بخش از زاگرس بوده که در آن اغلب دشت‌ها منطبق بر ناودیس‌ها و برجستگی‌های آن حاصل طاق‌دیس‌ها است (علایی طالقانی، ۱۳۸۴: ۱۵۳). شناخت و بررسی ویژگی‌های زمین ساختی که در طی کوهزایی میوپلیوسن و پاسادین عمل نموده و اشکال ژئومورفولوژی خاصی را به وجود آورده است، از دیدگاه کاربردی با بسیاری از فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه کشاورزی و باغداری در منطقه ارتباط پیدا می‌کند. همچنین، شناخت و تبیین نقش فرایندهای زمین ساختی فعال گذشته و جدید و مقدار آنها در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه می‌تواند نقش مهمی در مکان‌گزینی و مدیریت بهتر طرح‌ها و پروژه‌های محیطی ایفا کند.

تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه ژئومورفولوژی زمین ساخت صورت گرفته است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ولز<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۸۸: ۲۵۱) شاخص‌هایی مانند سطوح مثلثی شکل، شاخص تسطیح‌شدگی جبهه کوهستان<sup>۲</sup>، سینوسیته جبهه کوهستان<sup>۳</sup> و تقعر نیمرخ رودخانه<sup>۴</sup> را در سواحل کاستاریکا بررسی کردند. جکسون و همکاران (۱۹۹۸: ۳۸۱) اثرات کج‌شدگی چین‌ها و نقش گسل‌ها در الگوی زهکشی و انحراف مسیر شبکه آب‌ها در ناحیه ماناواتو<sup>۵</sup> در نیوزلند را ارزیابی کردند. تالینگ<sup>۶</sup> و سوتو<sup>۷</sup> (۱۹۹۹: ۸۱۶) نقش زمین ساخت و بالا آمدگی طاق‌دیس ویلریج<sup>۸</sup> در کالیفرنیا را در تراکم زهکشی بررسی کردند. مطالعه آنها نشان داد که تراکم زهکشی در پهلوهای پر شیب کمتر است. زوچیویکز و مک کالپین (۲۰۰۰، ص ۲۳۷) اندازه، شیب و قدمت سطوح مثلثی شکل را در ارتباط با یک گسل عادی در یوتای آمریکا به طور دقیق ارزیابی کردند. مطالعه آنها نشان داد که ویژگی‌های هندسی سطوح مثلثی شکل کاملاً تحت تاثیر زمین ساخت منطقه است.

آزور<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۲، ص ۷۴۹) با مطالعه طاق‌دیس اوک ریج<sup>۱۰</sup> در جنوب کالیفرنیا، تفاوت میزان بالا آمدگی طاق‌دیس و فعالیت زمین ساختی آن را بر اساس فراسنج‌های تراکم زهکشی، شیب لایه‌ها، انتگرال هیپسومتری زیرحوضه‌ها، شاخص شیب رودخانه و سینوزیته جبهه کوهستان محاسبه کردند. سونگ<sup>۱۱</sup> و چن<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۴: ۳۹۳) نقش

- 1- Wells
- 2- Mountain-front faceting
- 3- mountain-front sinuosity
- 4- stream profile concavity
- 5- Manawatu
- 6- Talling
- 7- Sowter
- 8- Wheeler Ridge
- 9- Azor
- 10- Oak Ridge
- 11- Sung
- 12- Chen

گسل خوردگی و ساختمان طاق‌دیس پاکوشان در مرکز تایوان را در جهت‌گیری و الگوی شبکه زهکشی بررسی کردند. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که وجود دره‌های ساغری شکل؛ اولاً بیانگر وجود حرکات زمین‌ساختی فعال در جبهه‌های کوهستانی است؛ ثانیاً تحت‌تأثیر درجه‌فعالیت‌های زمین‌ساخت، شکل و ابعاد آنها تغییر می‌کند (آرمیجو<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۱: ۱۳۸؛ پیکاردی<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۹: ۵۰۷؛ آثاناسیوس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۱۹).

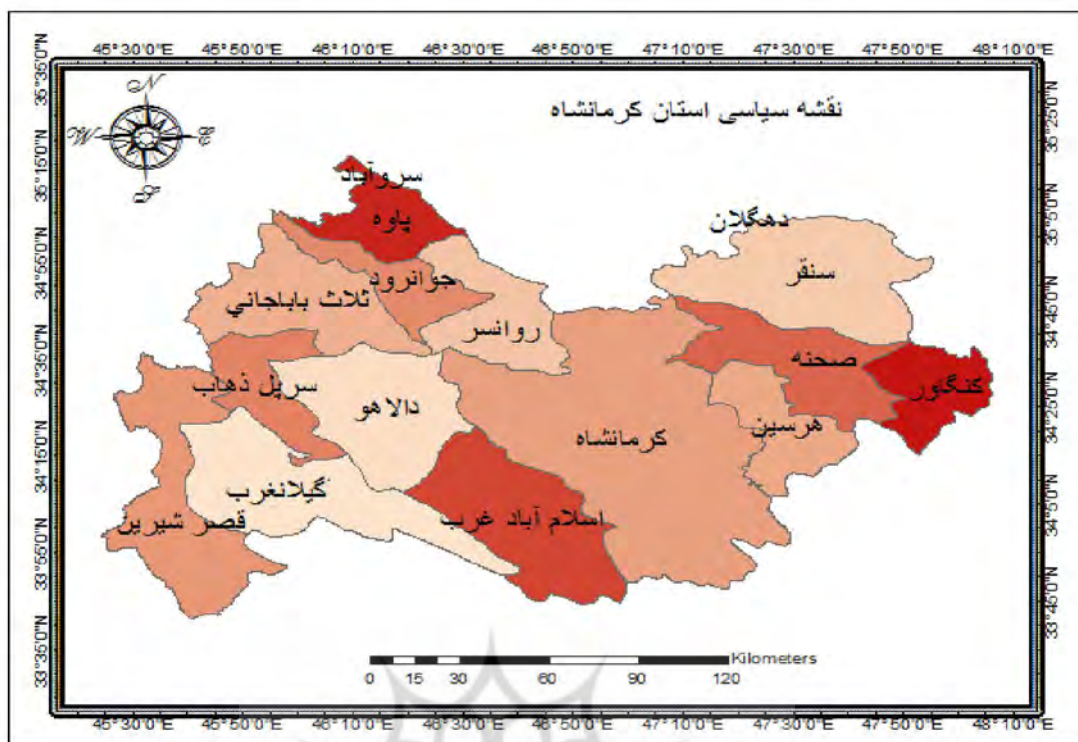
پتیت و همکاران (۲۰۰۹: ۴۲۲-۴۰۲) نقش فراسنج‌های آب و هوایی و زمین‌ساخت در تکامل سطوح مثلثی روی گسل‌های عادی را بر اساس یک مدل کمی در گسل وسیع در یوتا بررسی کردند. بررسی آنها نشان داد که میزان شیب و ارتفاع سطوح مثلثی تابعی از جابه‌جایی گسل است. اوسموندسن و همکاران (۲۰۱۰، ص ۸۶) در بررسی توپوگرافی آلپ‌های نروژ نشان دادند که وجود سطوح مثلثی در پرتگاه‌های جبهه کوهستان نشان‌دهنده دوره‌های مختلف حرکت گسل‌ها است. فقهی در سال ۱۳۷۶ در پژوهش خویش خود به تحلیل ساختاری چین خوردگی‌ها در منطقه سنگان زاگرس پرداخت. نتیجه کلی این بررسی این است که یک سیستم دگرشکلی پیش‌رونده در منطقه حاکم است که باعث تغییر شکل مداوم ساختارهایی که در ابتدای تاریخ دگرشکلی منطقه به وجود آمده‌اند، می‌گردد. بررسی مورفوزمین ساخت و نئوزمین ساخت نیز نشان‌دهنده فعالیت زمین‌ساخت و افزایش آن با نزدیک شدن به گسل اصلی و شاهدهی بر تداوم دگرشکلی در منطقه است. نواب‌پور (۱۳۷۶) به مطالعه طاق‌دیس بادامستان زاگرس پرداخت. او روابط بین پدیده‌های فرسایش ساختاری واحدهای سنگی در امتداد دره لردگان با عنوان «مطالعات زمین‌ساختی» را بررسی کرد. غلامی‌نیا (۱۳۸۶-۱۳۸۵) در پژوهش خویش با عنوان «ژئومورفولوژی طاق‌دیس گچ (جنوب شهرلار)» به بررسی طاق‌دیس گچ و نقش آن در تأمین منابع آب دشت لار در زاگرس فارس می‌پردازد. به نظر او به‌علت قرارگیری طاق‌دیس گچ در کمربند زاگرس چین‌خورده، همچنین، به‌دلیل متأثر شدن از جنبش‌های زمین‌ساخت ناشی از گسل‌های پی‌سنگی و زلزله‌های مخربی که در منطقه وجود دارد، منطقه از لحاظ زمین‌ساختی از فعالیت بالایی برخوردار است که اشکال ژئومورفولوژی کنونی از شواهد زمین‌ساخت است. برای اثبات زمین‌ساخت فعال از شاخص‌های مورفومتری پیچ‌وخم کوهستان و نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، همچنین، نمودار گل‌سرخ‌مربوط به روند آبراه‌ها و گسل‌ها مورد توجه قرار دادن مخروطه‌افکنه‌ها استفاده شده است که نتایج حاصل از این روش مشخص می‌کند که کج‌شدگی محور طاق‌دیس، لرزه‌خیزی زیاد منطقه و گسل‌های سطحی، تحت‌تأثیر گسل‌های پی‌سنگی که از این طاق‌دیس می‌گذرند شکل گرفته‌اند. مطالعات بهرامی (۲۰۱۲: ۱۵۹)، روی سطوح مثلثی و دره‌های ساغری نواکوه نشان داد که طول قاعده و شیب سطوح مثلثی و همچنین، نسبت حداکثر عرض دره‌های ساغری به خروجی دره‌ها (W) کاملاً تحت‌تأثیر زمین‌ساخت قرار دارند. هدف این پژوهش شناسایی لندفرم‌های ژئومورفولوژیک و ارتباط آنها با زمین‌ساخت در بخش‌های مختلف طاق‌دیس پیکلاست.

## داده‌ها و روش پژوهش

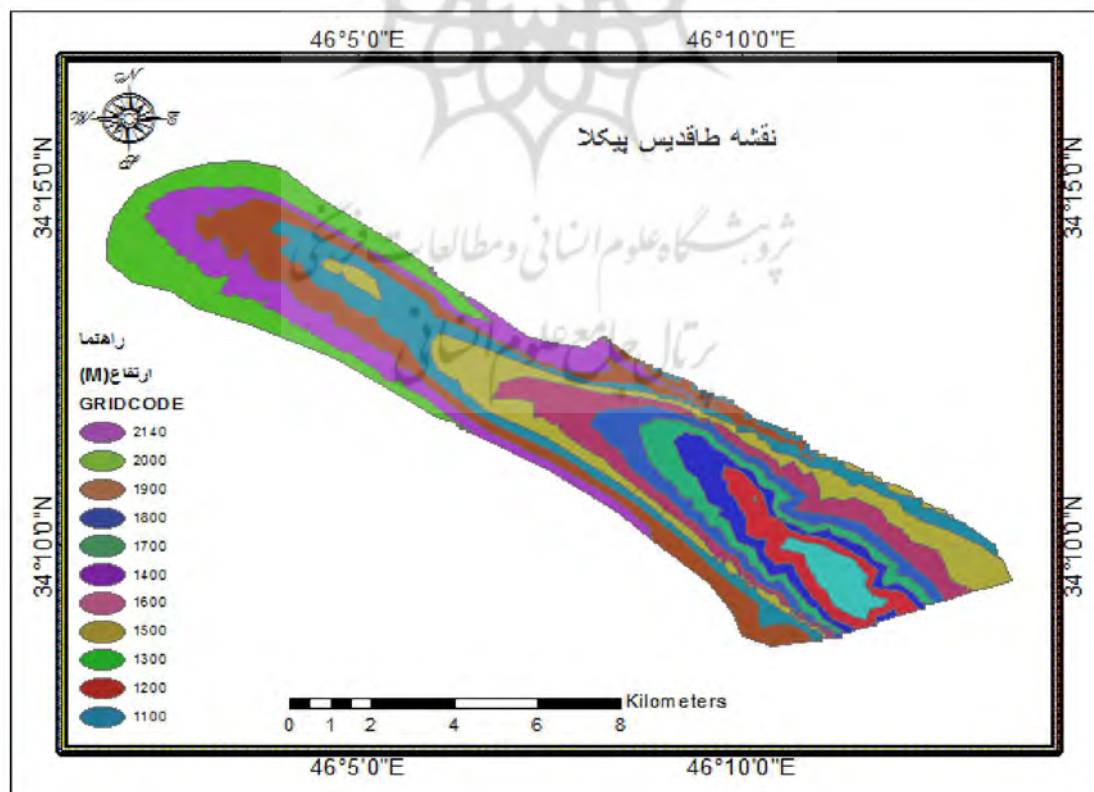
به منظور ارزیابی نقش زمین ساخت در ایجاد لندفرم‌های ژئومورفولوژیک، ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ موقعیت منطقه مورد مطالعه مشخص شد. در این پژوهش، از مقادیر کمی به دست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک (سینوزیته جبهه کوهستان، سطوح مثلثی شکل، فاصله بندی شبکه زهکشی، تراکم زهکشی، دره‌های ساغری شکل، انتگرال هیپسومتریک و مئاندر رودخانه) و بررسی میدانی، لندفرم‌های ژئومورفولوژیک متأثر از زمین ساخت جدید، استفاده شده است. بر اساس تصویر ماهواره‌ای کوئیک برد، سطوح مثلثی و دره‌های ساغری منطقه تعیین شد (شکل ۱). در مواردی که محدوده سطوح مثلثی در تصاویر ماهواره‌ای کاملاً مشخص نبود، مطالعات میدانی برای تعیین محدوده سطوح مثلثی انجام شد. محدوده سطوح مثلثی و دره‌های ساغری شکل به صورت فایل‌های اطلاعاتی جداگانه‌ای در نرم‌افزار الویس رقومی شدند. سپس از نقشه خطوط مثلثی شکل، نقشه پلی‌گونی سطوح مثلثی تهیه شد. طول قاعده سطوح مثلثی شکل و مساحت آنها در نرم‌افزار الویس محاسبه شد و میانگین آنها در دامنه‌های شمال شرقی و جنوب غربی به دست آمد. برای تعیین شیب توپوگرافی هر سطح مثلثی، ابتدا نقشه شیب منطقه بر اساس نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ تهیه شد. با استفاده از کراس دادن نقشه شیب با نقشه پلی‌گونی سطوح مثلثی شکل، شیب متوسط سطح مثلثی استخراج و میانگین شیب سطوح مثلثی در دامنه‌های شمال شرق و جنوب غرب محاسبه شد. برای بررسی دقیق لندفرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژیک طی چندین مطالعه میدانی، از عوارض و ناهمواری‌های منطقه مورد مطالعه عکس و اسلاید تهیه شد. دره‌های ۷ شکل با دامنه‌های پرشیب، دولین‌های کشیده که نشان‌دهنده فعالیت زمین ساخت هستند، درز و شکاف در تمام منطقه، تراس‌های رودخانه‌ای، پرتگاه گسلی، سطوح مثلثی و ... همگی از جمله اشکالی هستند که در نتیجه فعالیت زمین ساخت در منطقه به وجود آمده‌اند.

## منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه طاق‌دیس پیکلا نام دارد که حد فاصل بین شهرستان‌های گیلانغرب و دالاهو، در جنوب غربی استان کرمانشاه بین ۳۴ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۰۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد و ویژگی توپوگرافی زاگرس به نحو بارزی در منطقه انعکاس یافته و آن را به صورت یک طاق‌دیس با روند شمالغربی - جنوبشرقی در آورده است. شکل طاق‌دیس مورد مطالعه تابع ساختمان زمین‌شناسی زاگرس چین‌خورده است. سطوح ارتفاعی اغلب همان ساختمان طاق‌دیس‌ها و دشت‌ها مطابق بر ساختمان ناودیس‌ها هستند. طاق‌دیس پیکلا، از نظر توپوگرافی شامل واحد کوهستان است که دو دشت سگان در شمال شرق و دشت گواور در جنوب غرب آن قرار گرفته‌اند. امتداد طاق‌دیس پیکلا، همانند روند کلی طاق‌دیس‌های زاگرس، شمال غرب - جنوب شرق است. منطقه مورد مطالعه دارای تفاوت‌های زیادی از نظر شیب توپوگرافی است. دامنه غربی آن دارای شیب کمتری است و دامنه‌های شمال شرقی طاق‌دیس به تبع وجود لایه‌های پرشیب‌تر، دارای شیب بیشتری هستند. بلندترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه ۲۱۴۰ متر است که یکی از ارتفاعات هسته مرکزی کوه پیکلا بوده و به تدریج از سمت جنوب شرق به شمال غرب از ارتفاع منطقه کاسته می‌شود. شکل (۱) موقعیت سیاسی استان کرمانشاه و شکل (۲) سطوح ارتفاعی طاق‌دیس پیکلا را به نمایش می‌گذارد.



شکل (۱) نقشه موقعیت سیاسی استان کرمانشاه

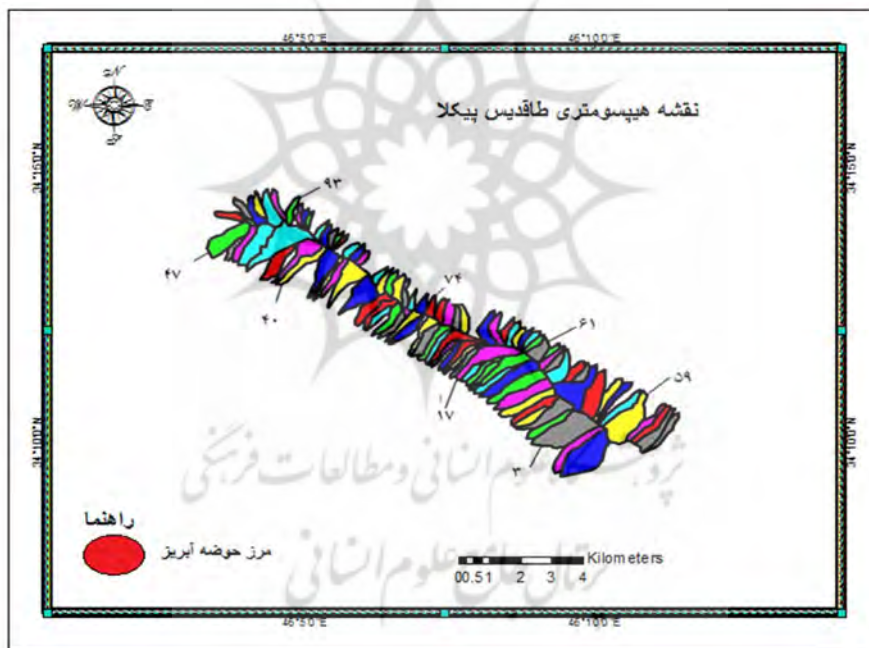


شکل (۲) نقشه سطوح ارتفاعی طاقدیس پیکلا

## نتایج شاخص‌های مورفومتریک

### منحنی هیپسومتریک و انتگرال هیپسومتریک

منحنی هیپسومتری، توزیع سطوح ارتفاعی یک منطقه از زمین یا یک حوضه آبخیز را نشان می‌دهد. منحنی هیپسومتریک حوضه با ترسیم ارتفاع کل (ارتفاع نسبی) در مقابل مساحت کل (مساحت نسبی) حوضه ترسیم می‌شود. یکی از ساده‌ترین راه‌ها برای توصیف شکل منحنی هیپسومتریک یک حوضه زهکشی، محاسبه انتگرال هیپسومتریک آن حوضه است. انتگرال هیپسومتریک حوضه به وسیله مساحت زیر منحنی هیپسومتریک مشخص می‌شود. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (بالاتر از ۵۰٪) بر وجود پستی و بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه زهکشی و مقادیر حد واسط تا کم انتگرال هیپسومتریک، بر برش شبکه زهکشی در یک سطح هموارتر دلالت دارد. در حوضه مورد مطالعه ۱۰۷ منحنی هیپسومتریک برای دو دامنه شمال شرق و جنوب غرب رسم شد و مساحت بین آن‌ها در نرم‌افزار الویس محاسبه شد. بر اساس ترسیم مساحت تجمعی در محور X و ارتفاع نسبی در محور Y، منحنی هیپسومتری حوضه ترسیم و مساحت زیر منحنی به دست آمد که نتایج آن در شکل (۳) و جدول (۱) نشان داده شده است (سلیمانی، ۱۳۷۸: ۶۵).



شکل (۳) نقشه هیپسومتری طاق‌دیس بیکلا

جدول (۱) جدول منحنی هیپسومتریک میانگین سطح زیر منحنی در دامنه‌های جنوب غرب و شمال شرق

انتگرال هیپسومتری	دامنه
۴۵/۵۷	شمال شرق
۱۹/۵۶	جنوب غرب
۸۱/۵۶	کل

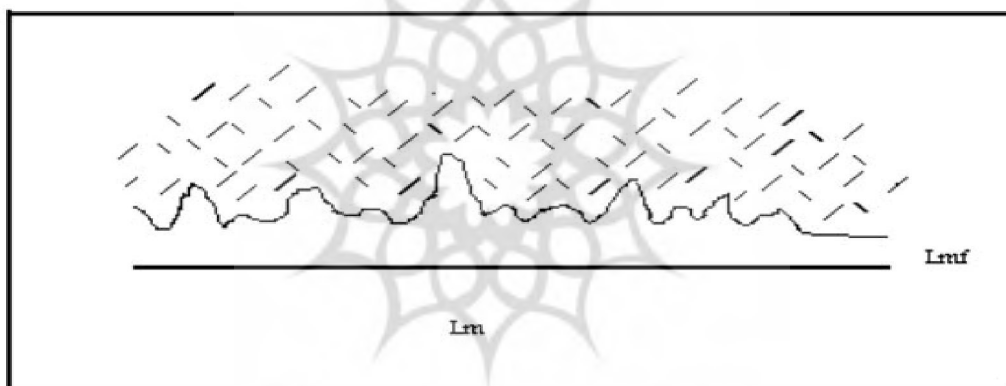
به طور کلی، نتایج داده‌های انتگرال هیپسو متریک نشان می‌دهد که حوضه‌های منطقه مورد مطالعه از نظر سیکل فرسایشی در مرحله جوان قرار دارند؛ با وجود این، حوضه‌های دامنه شمالی شرقی طاقدیس جوان تر هستند.

### شاخص سینوسی جبهه کوهستان

شاخص سینوسیته جبهه کوهستان، شاخصی است که بیانگر تعادل بین نیروهای فرسایش دهنده و نیروهای زمین ساخت است. مناطق فعال از نظر زمین ساختی دارای جبهه‌های مستقیمی هستند؛ بنابراین، مقدار شاخص سینوسیته جبهه کوهستان (اس.ام.اف) در آنها عدد کمی را نشان می‌دهد. شاخص سینوسیته جبهه کوهستان از رابطه زیر به دست می‌آید (سلیمانی، ۱۳۷۸: ۵۵):

$$L_s, S_{mf} = L_{mf} \quad (1)$$

در رابطه فوق، اس.ام.اف، شاخص سینوسیته جبهه کوهستان، ال.ام.اف، طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست مشخص شیب (کنیک) و ال.اس، طول خط مستقیم جبهه کوهستان را نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴) طول جبهه کوهستان (ال.ام.اف) طول خط مستقیم جبهه کوهستان (ال.اس)

اگر مقدار اس.ام.اف کمتر باشد، نشانه فعالیت شدید و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، نشانه آرامش منطقه از نظر زمین ساختی خواهد بود. به منظور تکمیل ارزیابی وضعیت زمین ساختی منطقه، پیچ و خم جبهه کوهستان در دو دامنه شمال-شرق و جنوب غرب طاقدیس پیکلا ارزیابی شد و نتایج حاصل از اندازه گیری در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲) فراسنج‌های مربوط به شاخص سینوسیته جبهه کوهستانی در منطقه مورد مطالعه

شاخص اس.ام.اف	ال.اس (km)	ال.ام.اف (km)	نام حوضه
۱/۱۲	۲۰/۸	۲۳/۲۸	دامنه شمال شرق
۱/۱۵	۲۱/۸۳	۲۵/۲۱	دامنه جنوب غرب



همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، این شاخص از ۱/۱ تا ۱/۱۵ متغیر است. این شاخص برای دامنه شمال شرق بیشتر از دامنه جنوب غرب است. نتایج حاصله بیانگر این مطلب است که در دامنه شمال شرق بالا آمدگی بیشتر است و از نظر زمین ساخت فعال تر است و فعالیت زمین ساختی در دامنه جنوب غرب نسبت به دامنه شمال شرق منطقه فرصت بیشتری را در اختیار شبکه آبراهه‌ها قرار داده و این فرسایش آبراهه‌ها توانسته است بر تضاریس جبهه کوهستان بیفزاید.

### تراکم زهکشی

تراکم زهکشی مجموع طول آبراهه‌ها در مساحت معین است که تعادل بین نیروهای فرسایشی و مقاومت مواد تشکیل دهنده سطح زمین را نشان می‌دهد. تراکم زهکشی از رابطه زیر به دست می‌آید (سلیمانی، ۱۳۷۸: ۱۵):

$$A, D = Li \quad (2)$$

که در آن داریم:

$$D = \text{تراکم زهکشی}$$

$$Li = \text{مجموع طول آبراهه}$$

$$A = \text{مساحت کل منطقه}$$

تراکم زهکشی به طور مؤثری به سنگ شناسی، شیب توپوگرافی و شرایط آب و هوایی مربوط می‌شود. بررسی الگوی زهکشی در محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده آن است که، توانسته است به تبیین وضعیت فرسایش و تکامل ژئومورفولوژیک منطقه کمک کند. تراکم زهکشی برای کل طاق‌دیس و برای دو دامنه شمال شرق و جنوب غرب به تفکیک بر اساس شکل (۵) محاسبه شد و نتایج آن در جداول (۳ و ۴) نمایش داده شده است.



شکل (۵) شبکه زهکشی طاق‌دیس پیکلا



جدول ۳) طول آبراهه‌های مختلف در طاقدیس پیکلا

درجه آبراهه‌ها	دامنه شمال شرق (km)	دامنه جنوب غرب (km)	کل حوضه (km)
درجه ۱	۷۱/۳۷	۱۴۸/۵۶۷	۲۱۹/۹۳۷
درجه ۲	۱۴/۷۷۵	۴۹/۳۸۷	۶۴/۱۶۲
درجه ۳	-	۲/۶۳۸	۲/۶۳۸
مجموع کل آبراهه‌ها	۸۶/۱۴۵	۲۰۰/۵۹۳	۲۸۶/۷۳۸

جدول ۴) طول آبراهه، مساحت و تراکم زهکشی در دامنه‌های طاقدیس پیکلا

نام حوضه	طول کل آبراهه (km)	مساحت (km <sup>2</sup> )	تراکم زهکشی (km)
دامنه شمال شرق	۸۶/۱۴۵	۲۵/۹۱۹	۳/۳۲
دامنه جنوب غرب	۲۰۰/۵۹۳	۴۱/۷۰	۴/۸۱
کل حوضه	۲۸۶/۷۳۸	۶۷/۶۲۵	۴/۲۴

در زهکشی یک حوضه، نسبت آبراهه درجه ۱ می‌تواند وضعیت زمین ساخت منطقه را از لحاظ فعال بودن مشخص کند که از تقسیم طول آبراهه درجه ۱ بر مساحت کل حوضه به دست می‌آید. نتایج به دست آمده در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵) تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱

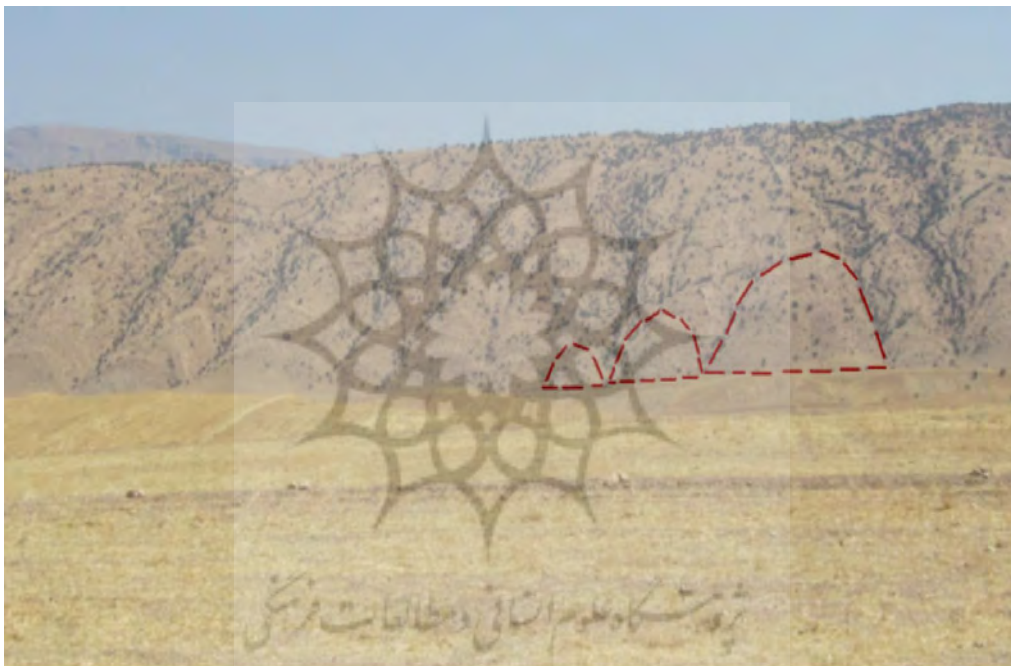
نام حوضه	طول کل آبراهه درجه ۱ (km)	مساحت (km <sup>2</sup> )	تراکم زهکشی (km)
دامنه شمال شرق	۷۱/۳۷	۲۵/۹۱۹	۲/۷۵
دامنه جنوب غرب	۱۴۸/۵۶۷	۴۱/۷۰	۳/۵۶

نتایج به دست آمده از جدول مذکور نشان‌دهنده آن است که تراکم کل آبراهه‌ها و آبراهه درجه یک در دامنه شمال شرقی بسیار کمتر از دامنه جنوب غربی است. دامنه شمال شرقی خیلی پرشیب‌تر از دامنه جنوب غربی است. به عبارتی دیگر، دامنه شمال شرقی به سرعت بالا آمده و امکان توسعه شبکه زهکشی را ایجاد نکرده است.

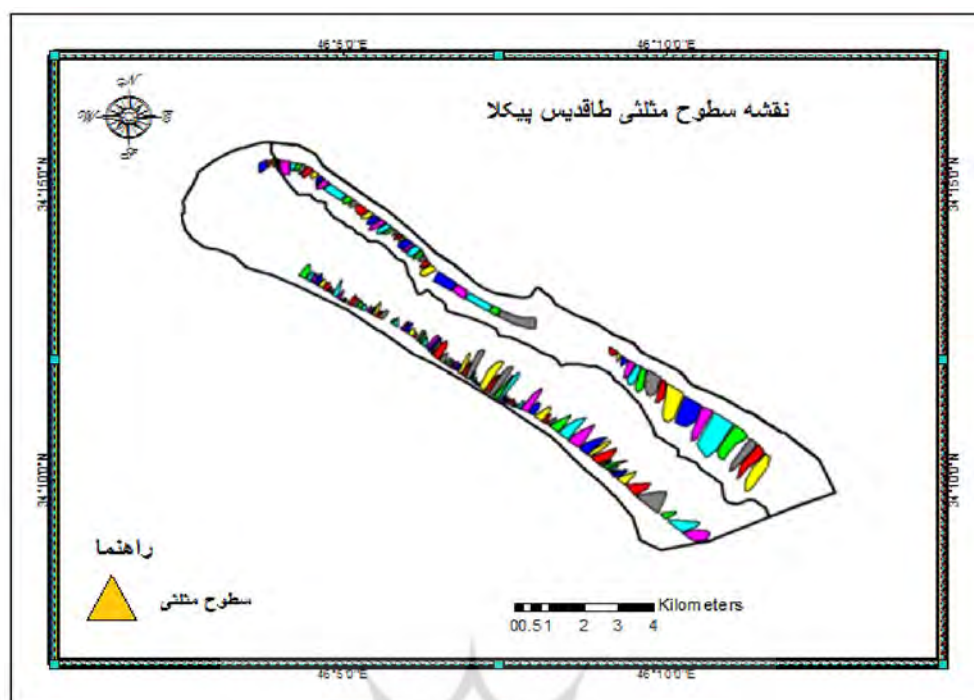
### سطوح مثلثی شکل

سطوح مثلثی شکل شامل سطوح صاف تشکیل شده بین دو آبراهه در پهلوی طاقدیس هستند که در قسمت پایین دست (جبهه کوهستان) عریض و به سمت بالا دست کوچکتر می‌شوند (شکل ۶). سطوح مثلثی، دارای شکل مثلثی و در مواردی چند ضلعی هستند. به طور کلی، جبهه‌های کوهستانی با زمین ساخت شدیدتر، دارای سطوح مثلثی بزرگ‌تر و پرشیب‌تر و دارای قاعده طولانی‌تری هستند؛ در حالی که جبهه‌های کوهستانی با زمین ساخت ضعیف‌تر، به علت فرسایش بیشتر آبراهه‌ها، دارای سطوح مثلثی کمتر، کوچکتر، با قاعده‌های کوچکتر هستند (ولز و همکاران، ۱۹۸۸: ۲۳۹).

تشکیل سطوح مثلثی حاصل عملکرد فرایندهای درونی در مقابل فرایندهای بیرونی است. در این پژوهش، ابتدا محدوده سطوح مثلثی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای کوچک برد مشخص شد (شکل ۷). پس از رقومی‌سازی محدوده سطوح مثلثی در محیط نرم‌افزار الویس و انطباق آنها با مدل رقومی ارتفاع منطقه، مساحت و شیب و طول قاعده سطوح مثلثی اندازه‌گیری شد. طول قاعده، مساحت و شیب توپوگرافی سطوح مثلثی در دامنه شمال شرقی، به ترتیب  $3/266$  متر،  $65/11$  هکتار و  $5/46$  درصد است و طول قاعده، مساحت و شیب توپوگرافی سطوح مثلثی در دامنه جنوب غربی به ترتیب  $6/166$  متر،  $45/5$  هکتار و  $52/37$  درصد است. در دامنه شمال شرقی میانگین شیب و قاعده بیشتر و میانگین مساحت و تعداد سطوح مثلثی کمتر است و در دامنه جنوب غربی میانگین شیب و طول قاعده کمتر و مساحت و تعداد سطوح مثلثی بیشتر است. این امر نشان‌دهنده تاثیر بیشتر عامل زمین ساخت در دامنه شمال شرقی طاق‌دیس پیکلاست.



شکل ۶) سطوح مثلثی شکل در دامنه شمال شرقی طاق‌دیس پیکلا



شکل ۷) نقشه سطوح مثلثی شکل منطقه مورد مطالعه

### فاصله‌بندی شبکه زهکشی

فاصله آبراه‌ها از هم، یکی از شاخص‌هایی است که می‌تواند فعالیت‌های زمین ساخت یک منطقه را مشخص کند. رشته کوهستانی فعال زمین ساختی، دارای شبکه‌های زهکشی با فواصل منظمی هستند (هوویوس، ۱۹۹۶: ۲۹-۴۴). بررسی فاصله بین خروجی شبکه‌های زهکشی و ارتباط آنها با نصف عرض کوهستان می‌تواند درجه فعالیت‌های زمین ساخت را مشخص نماید.

تالینگ و همکاران (۱۹۹۹: ۸۰۹-۸۲۴) شاخصی به نام نسبت فاصله (R) را که از تقسیم نصف پهنای کوهستان (W) بر فاصله بین دو آبراه عمود بر رشته کوه (S) به دست می‌آید، ارائه کردند:

$$R = W/S \quad (۳)$$

= R نسبت فاصله

S = فاصله بین دو آبراه عمود بر رشته کوه

W = نصف پهنای کوهستان یا فاصله افقی بین بالاترین نقطه و خروجی حوضه

هر چه مقدار پارامتر R بیشتر باشد، نشان‌دهنده عرض بیشتر دامنه طاق‌دیس و فاصله کم بین خروجی دره‌ها و بنابراین فعالیت کم زمین ساخت است؛ در حالی که هر چه مقدار پارامتر R کمتر باشد، نشان‌دهنده شدت فعالیت‌های زمین ساخت است. در این پژوهش، پارامتر R برای ۵۱ آبراه در دامنه جنوب‌غربی و ۲۸ آبراه در دامنه شمال‌شرقی محاسبه شد و میانگین R در دامنه شمال‌شرق و جنوب‌غرب طاق‌دیس به دست آمد. میانگین مقدار R در دامنه شمال‌شرق ۶۷/۳ و

میانگین مقدار R در دامنه جنوب غرب ۸۷/۶ محاسبه شد. میانگین مقدار R در دامنه شمال شرق نسبت به دامنه جنوب غرب کمتر است که نشان دهنده فعالیت زمین ساخت بیشتر در این دامنه است.

### دره ساغری شکل

یکی از شاخص های تعیین مناطق فعال زمین ساختی، وجود دره هایی به شکل ساغر است. دره های ساغری شکل درجه فعالیت های زمین ساختی را در جبهه های کوهستانی فعال از نظر زمین ساختی نشان می دهند. دره های مذکور در قسمت بالا عریض هستند و به سمت پایین (جبهه کوهستان) که فعالیت های زمین ساختی بیشتر است، باریک می شوند (بور بانک و آندرسون، ۲۰۰۱: ۲۰۲). پژوهش های مختلف نشان می دهد که وجود دره های ساغری شکل؛ اولاً بیانگر وجود حرکات زمین ساخت فعال در جبهه های کوهستانی است؛ ثانیاً تحت تاثیر درجه فعالیت های زمین ساختی، شکل و ابعاد آنها تغییر می کند (کاتالانو و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۸۳). بررسی این پژوهش نشان می دهد که دو دره ساغری تپیک در دامنه شمال شرق طاقدیس تشکیل شده اند (شکل ۸). شاخص W (شاخص دره های ساغری شکل) از تقسیم حداکثر عرض دره ساغری شکل بر عرض دره ساغری شکل در نقطه خروجی به دست می آید (بهرامی، ۲۰۱۲: ۷۳):

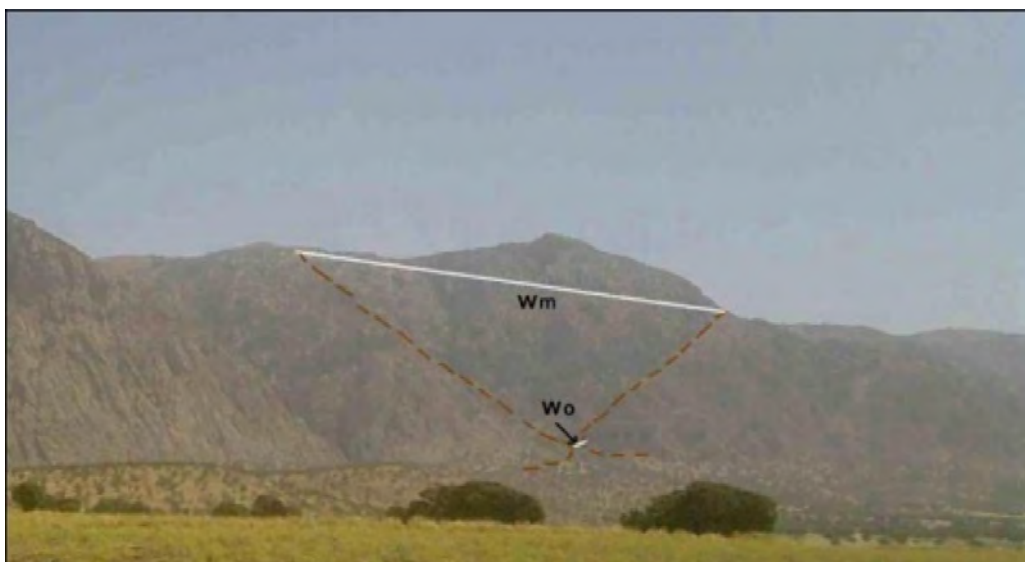
$$W = w_m / w_o \quad (4)$$

که در آن  $W$  = شاخص دره های ساغری شکل،  $w_m$  = حداکثر عرض دره ساغری شکل،  $w_o$  = عرض دره ساغری شکل در نقطه خروجی آن است.

شاخص  $W$  برای دو دره مذکور محاسبه شد. همچنانکه جدول (۶) نشان می دهد، شاخص مذکور برای هر دو دره عدد بالایی را نشان می دهد که این موضوع بیانگر تاثیر زیاد زمین ساخت در این منطقه است.

جدول (۶) مشخصات دره های ساغری شکل در دامنه شمال شرق طاقدیس پیکلا

W(m)	W <sub>o</sub> (m)	W <sub>m</sub> (m)	N
۲۶/۸۶	۲۹	۷۷۹/۱۸	۱
۳۱/۷۰	۵۲/۱۰	۱۶۵۱/۷۸	۲



شکل ۸) دره ساغری شکل در دامنه شمال شرق طاقدیس پیکلا

وجود دره ساغری شکل در دامنه شمال شرق نشان‌دهنده این است که این منطقه از لحاظ زمین ساختی فعال تر است.

### مناذرهای رودخانه‌ای

از شواهد زمین ساخت‌های فعال در مناطق چین‌خورده، وجود رودخانه‌های سینوسی یا مئاندری است. حوالی منطقه مورد مطالعه از طاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی تشکیل شده است. جریان آب برای رسیدن از یک ناودیس به ناودیس دیگر مجبور بوده‌است از یک طاقدیس بگذرد، که این امر سبب پیچ و خم‌هایی در مسیر رودخانه شده است (احمدی، ۱۳۷۴: ۳۳۳). همان‌گونه که شکل (۹) نشان می‌دهد، رودخانه دائمی سگان در شمال غرب طاقدیس پیکلا با عبور از انتهای فرود محوری طاقدیس، دره‌های عمیق و مئاندری را ایجاد نموده است. وجود دره عمیق در سنگ بستر با دیواره‌های عمودی و مسیر سینوسی آن، گویای بالا آمدگی زمین ساختی و رشد طاقدیس پیکلا به سمت شمال غرب است.



شکل ۹) مئاندر رودخانه سگان در شمال غرب طاقدیس پیکلا

## نتیجه گیری

بررسی عوارض و شواهد زمین ریخت شناسی ساختمانی، از بهترین روش های ارزیابی حرکات زمین ساختی فعال هستند. در این پژوهش از هفت شاخص ژئومورفولوژیک برای طبقه بندی فعالیت زمین ساختی طاقدیس پیکلا استفاده شده و مقادیر به دست آمده برای هر یک از این شاخص های زمین ساختی، زمینه مناسبی را برای طبقه بندی منطقه مطالعاتی از نظر نوع فعالیت زمین ساختی فراهم کرده است.

- در این پژوهش، منحنی هیپسومتریک و انتگرال هیپسومتریک حوضه های زهکشی تشکیل شده روی طاقدیس، بیانگر فعال بودن حوضه ها از نظر زمین ساختی است. با وجود این، فعالیت زمین ساختی در حوضه های دامنه شمال شرقی طاقدیس شدیدتر است.

- مقدار شاخص سینوسیته جبهه کوهستان در منطقه عدد بسیار پایینی است که نشان دهنده فعالیت بیشتر زمین ساخت است. با وجود این، دامنه شمال شرق از نظر زمین ساخت فعال تر است.

- تراکم زهکشی کل منطقه و آبراهه درجه ۱ در دامنه شمال شرق کمتر از دامنه جنوب غرب است. در توجیه این موضوع می توان گفت که دامنه شمال شرق پر شیب تر است و منطقه با سرعت زیادی بالا آمده و باعث شده رودخانه ها فرصت تکامل پیدا نکنند؛ در حالی که دامنه جنوب غرب احتمالاً به آرامی بالا آمده است و رودخانه ها فرصت تکامل پیدا کرده اند و تراکم زهکشی در این منطقه زیاد است.

- وجود سطوح مثلثی، حاکی از عدم زمان کافی برای فرسوده شدن کامل آنهاست. هرچقدر زمین ساخت در یک منطقه شدیدتر باشد، رودخانه فرصت کمتری را برای تکامل پیدا می کند و مانع از فرسایش کامل در منطقه می شود. در نتیجه، قاعده مثلث ها و شیب آنها بیشتر است. در طاقدیس پیکلا، در دامنه شمال شرق میانگین طول قاعده مثلث و شیب سطوح مثلثی بیشتر است که این موضوع بیانگر فعالتر بودن دامنه مذکور از نظر زمین ساخت است.

- نتایج نشان می دهد که مقدار شاخص R (نصف عرض کوهستان تقسیم بر فاصله بین خروجی دو شبکه زهکشی) در دامنه شمال شرق ۶۸/۳ و در دامنه جنوب غرب ۸۷/۶ است که این موضوع نشان می دهد دامنه شمال شرق از نظر زمین ساختی فعال تر است.

- دره های ساغری شکل به عنوان یکی از شواهد زمین ساخت های فعال، تنها در دامنه شمال شرق طاقدیس تشکیل شده اند که نشان دهنده فعالیت بیشتر زمین ساخت در این منطقه است.

- از دیگر شواهد زمین ساخت های فعال در مناطق چین خورده، وجود رودخانه های سینوسی یا مئاندری است. وجود مئاندر و مسیر سینوسی رودخانه سگان که از شمال غرب طاقدیس عبور می کند، نشان دهنده رشد طولی طاقدیس به سمت شمال غرب است. نتیجه شاخص های ذکر شده نشان می دهد که دامنه شمال شرق طاقدیس از لحاظ زمین ساخت فعال تر از دامنه جنوب غربی آن است.

به طور کلی، نتیجه پژوهش نشان می دهد که جبهه کوهستانی تقریباً مستقیم، سطوح مثلثی با قاعده طولانی و شیب زیاد، تراکم زهکشی پایین، الگوی زهکشی موازی، دره های ساغری شکل و مقدار بالای انتگرال هیپسومتریک در دامنه شمال شرق، بیانگر فعالیت زمین ساختی بیشتر این بخش از طاقدیس پیکلاست.



## منابع

- ۱- احمدی، حسن. (۱۳۷۴). ژئومورفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۴ ص.
- ۲- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. (۱۳۸۳). نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، شیت کرد غرب.
- ۳- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. (۱۳۸۵). نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، شیت ۳-۵۲۵۸.
- ۴- سلیمانی، شهریار. (۱۳۷۸). رهنوهای در شناسایی حرکات زمین ساختی فعال و جوان با نگرشی بر مقدمات دیرینه شناسی، تهران: انتشارات مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۵- علایی طالقانی، محمود. (۱۳۸۴). ژئومورفولوژی ایران، تهران: انتشارات قومس، چاپ سوم، ۴۰۴ ص.
- ۶- غلامی نیا، حکیمه. (۱۳۸۶-۱۳۸۵). ژئومورفولوژی طاقدیس گچ (جنوب شهر لار) و نقش آن در تأمین منابع آب دشت لار، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیا.
- ۷- فقهی، خلیل اله. (۱۳۷۶). بررسی ساختار طاقدیس لتیدان و ارزیابی پتانسیل اقتصادی چهارگوش منطقه مورد مطالعه، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی (زمین ساخت)، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۸- نواب پور، پیمان. (۱۳۷۶). پژوهش های طاقدیس بادامستان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین ساخت، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- 9- Ahmadi, R., Ouali, J., Mercier, E., Mansy, J.L. (2006). The geomorphologic responses to hinge migration in the fault-related folds in the Southern Tunisian Atlas. *Journal of Structural Geology* 28, pp: 721-728.
- 10- Armijo, R., Lyon-Caen, H. and Papanastassiou, D, 1991, A possible normal-fault rupture for the 464 B.C, Sparta earthquake, *Nature*, 351:pp:137-139.
- 11- Athanassios, G., Stefan, S., George, D., Nikolai, D., Sotiris, S., Christina, T., Georgi, F., Spyros, P., 2005, Active fault segmentation in southwest Bulgaria and Coulomb stress triggering of the 1904 earthquake sequence, *Journal of Geodynamics* 40 pp: 316-333.
- 12- Azor, A., Keller, E.A., Yeats, R.S. (2002). Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California, *Geological Society of America bulletin* 114(6), pp: 745-753.
- 13- Bahrami, S. (2012). Morphotectonic evolution of triangular facets and wine-glass valleys in the Noakoh anticline, Zagros, Iran: Implications for active tectonics, *Geomorphology*, 159, pp: 37-49.
- 14- Berberian, M. (1995). Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics* 241, pp: 193-224.
- 15- Blanc, E.J.P., Allen, M.B., Inger, S., Hassani, H. (2003). Structural styles in the Zagros Simple Folded Zone, Iran, *Journal of the Geological Society, London* 160, pp: 401-412.
- 16- Burbank, D.W., and Anderson, R.S., 2001. *Tectonic geomorphology*, Blackwell Science, Oxford, 274 p.
- 17- Catalano, S., De Guidi, G., Monaco, C., Tortorici, L. (2008). Active faulting and seismicity along the Siculo-Calabrian Rift Zone (Southern Italy), *Tectonophysics* 453, pp: 177-192.
- 18- Hovius, N. (1996), Regular spacing of drainage outlets from linear mountain belts, *Basin Reserch*, 8, 29-44.
- 19- Hessami, K., Nilforoushan, F., Talbot, C.J. (2006). Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements, *Journal of the Geological Society, London* 163, pp: 143-148.
- 20- Jackson, J., Van Dissen, R., Berryman, K. (1998). Tilting of active folds and faults in the Manawatu region, New Zealand: evidence from surface drainage patterns. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 41, pp: 377-385.



- 21- Osmundsen, P.T., Redfield, T.F., Hendriks, B.H.W., Bergh, S., Hansen, J.-a., Henderson, I.H.C., Dehال.اس.ال. J., Lauknes, T.R., Larsen, Y., Anda, E., Davidsen, B. (2010). Fault-controlled alpine topography in Norway, *Journal of the Geological Society* 167, pp: 83-98.
- 22- Petit, C., Gunnell, Y., Gonga-Saholiariliva, N., Meyer, B., Seguinot, J. (2009). Faceted spurs at normal fault scarps: Insights from numerical modeling, *Journal of Geophysical Research* 114, B05403, doi:10.1029.2008JB005955.
- 23- Piccardi, L., Gaudemer, Y., Tapponnier, P., Boccaletti, M. (1999). Active oblique extension in the central Apennines (Italy): evidence from the Fucino basin, *Geophys. J. Int.*, 139, pp: 499-530.
- 24- Ramírez-Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graben, Mexican Volcanic Belt, *Earth Surface Processes and Landforms* 23, pp: 317-332
- 25- Sung, O., Chen, Y.C. (2004). Geomorphic evidence and kinematic model for quaternary transfer faulting of the Pakuashan anticline, central Taiwan, *Journal of Asian Earth Sciences* 24, pp: 389-404.
- 26- Talling, P. J., M. D. Stewart, C. P. Stark, S. Gupta, and S. J. Vincent. (1997). Regular spacing of drainage outlets from linear fault blocks, *Basin Res.* 9, pp: 275-302.
- 27- Talling, P and Sowter, M.J., 1999. Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler Ridge, California, *Earth Surface Processes and Landforms* 24, pp: 809-824 (1999).
- 28- Welال.اس.ال. S. G., Bullard, T. F., Menges, C. M., Drake, P. G., Karas, P. A., Keال.اس.ال. K. I., Ritter, J. B. and Wesling, J. R., 1988. Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica, *Geomorphology* 1, pp: 239-265.
- 29- Zuchiewicz, W.A and McCaplin, J.P. (2000). Geometry of faceted spurs on an active normal fault: case study of the Central Wasatch Fault, Utah, U.S.A., *Annaال.اس.ال. Societatis Geologorum Poloniae* 70, pp: 231-249.