دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۶
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۸-۱

شهرام بهرامی[۱]
فاطمه پرهیزکار[۲]

تحلیل مورفومتری طاقدیس‌های هوا و خشت و ارتباط آن با تکتونیک‌های فعال در زاگرس فارس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۰٤

چکیده

تکتونیک‌های فعال از موضوعات اصلی و مهم مورد بحث در رشته‌های علوم زمین در چند دهه‌ی اخیر بوده است. با توجه به کمبود شدید اطلاعات لرزه‌شناسی دستگاهی و تاریخی در نقاط مختلف جهان و به‌ویژه ایران لزوم آشنا شدن هر چه بیش‌تر محققان و برنامه‌ریزان کشور با تکتونیک‌های فعال و شناسایی نواحی فعال تکتونیکی بیش‌تر نمایان می‌شود. هدف این تحقیق، ارزیابی مورفومتری طاقدیس‌های خشت و هوا و ارتباط آن با تکتونیک‌های فعال منطقه است. جهت دست‌یابی به هدف فوق، داده‌های مورد نیاز از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج شد. همچنین مطالعات میدانی از اشکال و فرآیندهای ژئومورفیک انجام شد. داده‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی همچون شاخص تقارن چین، سینوسیته جبهه کوهستان، خط‌الرأس طاقدیس، نسبت جهت، نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، فرکانس رودخانه، بافت زهکشی، نسبت بافت و الگوی زهکشی بعد از ورود به محیط نرم‌افزار GIS محاسبه و به‌دست آمد. به‌طور کلی مقادیر شاخص‌های کمی محاسبه شده و همچنین شاخص‌های کیفی بررسی شده در این تحقیق بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی و بالاآمدگی جانبی طاقدیس‌های مورد مطالعه است.

کلید واژه‌ها: طاقدیس، خشت، هوا، شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، تکتونیک.

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری.
۲- کارشناس‌ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری. E-mail: fatyma7parhizkar@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

مقدمه

ژئومورفولوژی تکتونیک، به مطالعه‌ی فرآیندهای پویا و دینامیک مؤثر در شکل‌دهی و چشم‌اندازهای موجود در آن می‌پردازد. در سال‌های اخیر ژئومورفولوژی تکتونیک به‌طور چشم‌گیر، یکی از ابزارهای عمده و اساسی و مؤثر در تشخیص شکل‌های تکتونیکی فعال و نقشه‌های خطر لرزه‌ای و همچنین درک و فهم تاریخچه چشم‌اندازهای کنونی سطح زمین بوده است. امروزه ثابت شده است که تکتونیک، کاربرد مؤثری در دانش ژئومورفولوژی دارد. تکتونیک در علم زمین‌شناسی، عوامل به‌وجود آورنده ساختمان‌ها (مثل چین‌ها، گسل‌ها و...) و نیز رابطه شکل هندسی ساختمان به‌وجود آمده و نیروهای مؤثر را بازگو می‌کند. واحد ساختمانی زاگرس چین‌خورده از نظر تکتونیکی، فعال بوده و در اثر فشارهای ساختمانی از اوایل پلیوسن در حال بالا آمدن و کوتاه‌شدگی است (رامسی[3]، ۲۰۰۸: ۲۳؛ تاتار[4]، ۲۰۰۲: ۱۹۲۷؛ ویتافینزی[5]، ۱۹۷۹: ٦۳۲؛ فالکن[6]، ۱۹۷٤: ۱۹۹). بالاآمدگی و کوتاه‌شدگی زاگرس ابتدا از شمال‌شرق زاگرس (کمربند رورانده) شروع شده و به سمت جنوب‌غرب (زاگرس چین‌خورده و دشت خوزستان) پیشروی نموده است (بربریان[7]، ۱۹۹۵: ۲۰۱). اندازه‌گیری‌های کمی لندفرم‌ها این امکان را به ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد تا با اندازه‌گیری شاخص‌های ژئومورفولوژی در لندفرم‌های مختلف، نقش تکتونیک‌های فعال را در تغییر شکل چشم‌اندازها بررسی کنند (کلر و پینتر[8] ، ۲۰۰۲: ۱۲۱). مطالعات مختلف نشانگر وجود تکتونیک‌های فعال، بالاآمدگی‌ها و کوتاه‌شدگی طاقدیس‌ها و وجود زلزله‌های متعدد در زاگرس است (بربریان، ۱۹۹۵: ۱۹۹؛ رنگزن[9]، ۱۹۹۸: ۲۱٦؛ بلانک[10] و همکاران، ۲۰۰۳: ٤۰۵؛ حسامی[11] و همکاران، ۲۰۰٦: ۱٤۳؛ رامسی و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۳. پیراسته[12] و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۷۱). به‌عنوان مثال بررسی‌ها نشان می‌دهد که بالاآمدگی تکتونیکی یک طاقدیس در دزفول باعث شده است که یک کانال آبیاری دوره ساسانی در طی ۱۷۰۰ سال حدود ۲۰ متر به سمت بالا جابه‌جا شود (بیدون[13] و همکاران، ۱۹۹۲: ۳۲۱). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه شاخص‌های ژئومورفولوژیکی مربوط به تکتونیک‌های فعال در دنیا انجام شده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود: ولز[14] و همکاران (۱۹۸۸) شاخص‌هایی مانند سطوح مثلثی شکل، شاخص تسطیح شدگی جبهه کوهستان، سینوسی شدن جبهه کوهستان، تقعر نیمرخ رودخانه را در سواحل کاستاریکا بررسی کردند. جکسون[15] و همکاران (۱۹۸۸) در یک مطالعه دقیق، اثرات کج

3- Ramsey
4- Tatar
5- Vita-finzi
6- Falcon
7-Berberian
8- Pinter & keller
9- Rangzan
10- Blanc
11-Hessami
12- Piraste
13- Beydon
14- Wels
15- Jakson

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

شدگی چین‌ها و نقش گسل‌ها در الگوی زهکشی و انحراف مسیر شبکه آب‌ها در ناحیه ماناواتو در نیوزلند مورد ارزیابی قرار دادند. تالینگ و سوتر[16] (۱۹۹۹) نقش تکتونیک و بالاآمدگی طاقدیس ویلر ریج در کالیفرنیا را در تراکم زهکشی بررسی کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که تراکم زهکشی در پهلوهای پرشیب کم‌تر است. آزور[17] و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه طاقدیس اوک ریج در جنوب کالیفرنیا، تفاوت میزان بالاآمدگی طاقدیس و فعالیت تکتونیکی آن را بر اساس پارامترهای تراکم زهکشی، شیب لایه‌ها، انتگرال هیپسومتری زیرحوضه‌ها، شاخص شیب رودخانه و سینوسیته جبهه کوهستان محاسبه کردند. سونگ و چن[18] (۲۰۰٤) نقش گسل‌خوردگی و ساختمان طاقدیس پاکوشان در مرکز تایوان را در جهت‌گیری و الگوی شبکه زهکشی بررسی می‌کردند. دلایکو[19] و همکاران (۲۰۰٦) نقش بالاآمدگی دو طاقدیس جانوری و چاندیگار در غرب هند را در ایجاد الگوهای مختلف آبراهه‌ای تحلیل کردند. احمدی[20] و همکاران (۲۰۰٦) واکنش شبکه‌های زهکشی به یک طاقدیس در حال رشد با فرود محوری دو طرفه را در کوه‌های اطلس در تونس مورد ارزیابی قرار دادند.

رامسی و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله خود با عنوان تحول چین‌خوردگی و توسعه شبکه زهکشی، در رشته‌کوه‌های زاگرس فارس، تکامل شبکه زهکشی و تغییرات الگوی زهکشی در طاقدیس‌های در حال رشد (در امتداد محور) در زاگرس فارس (طاقدیس‌های کوه سفیدار، کوه هندون و کوه خنج) را ارزیابی کردند. آن‌ها اظهار کرده‌اند که مقایسه بین شبکه‌های رودخانه‌ای امروزی وضعیت این شبکه‌ها در گذشته ممکن است اطلاعاتی را در مورد تاریخچه تکتونیک و رشد چین‌خوردگی‌ها در نواحی کوهستان فراهم کند. به نظر آن‌ها شواهد ژئومورفولوژی حاکی از این است که طاقدیس‌ها در زاگرس به احتمال زیاد دارای رشد طولی هستند. پیراسته و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان تجزیه‌وتحلیل فرآیندهای تکتونیکی در کوه‌های زاگرس به کمک شبکه زهکشی و نقشه توپوگرافی (۱۹۵۰-۲۰۰۱) به کمک GIS، عنوان کردند که تغییرات الگوی زهکشی، طول شبکه زهکشی، شیب شبکه‌ها و تعداد شبکه‌ها نشان می‌دهند که کوه‌های زاگرس در معرض فرآیندهای تکتونیکی جدید هستند. بهرامی[21] (۲۰۱۲ B) به بررسی تکامل مورفولوژی دره‌های ساغری شکل و اشکال مثلثی شکل بر روی طاقدیس نواکوه پرداخت و به این نتیجه رسید که بین شیب پهلوی طاقدیس و طول قاعده‌ی مثلث‌ها رابطه‌ای قوی وجود دارد.

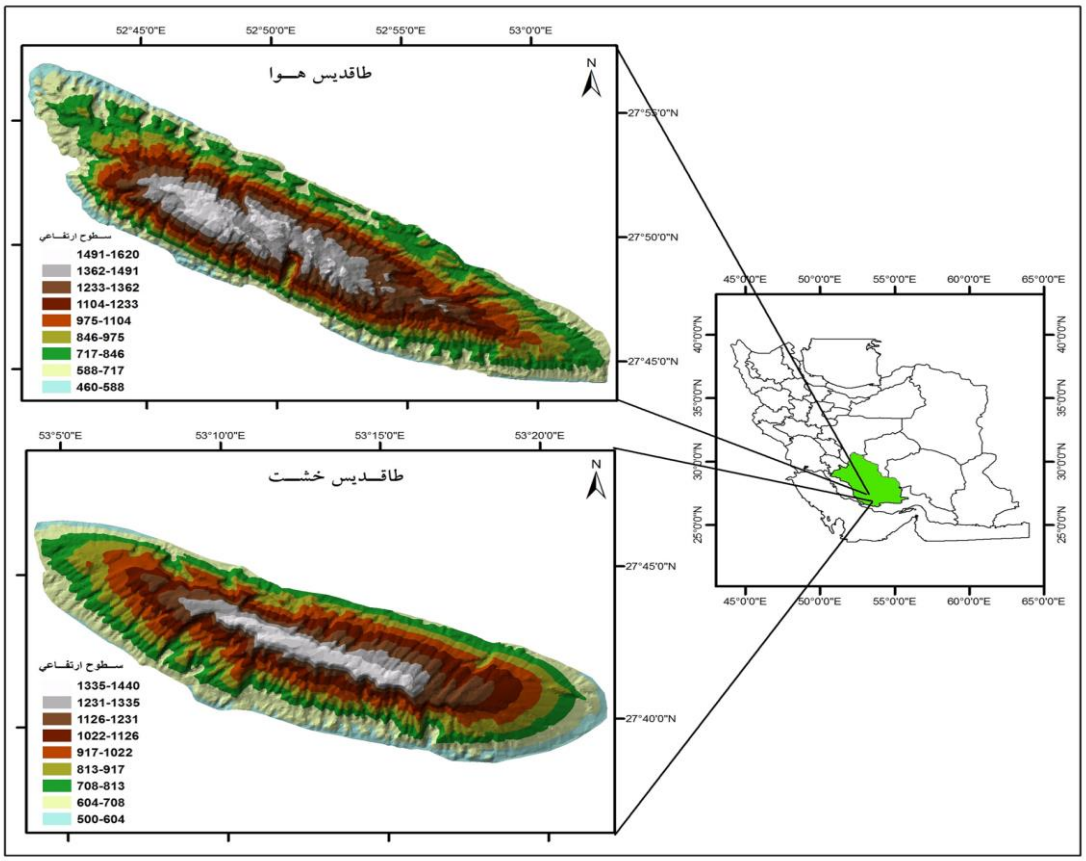
منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه (شکل ۱) در جنوب‌غرب استان فارس در محدوده‌ی جغرافیایی " ٤٢ '٣٧ °٢٧ الی " ١٢ '٤٨ °٢٧ عرض شمالی و" ٢٠ '٠٢ °٥٣ الی " ٣٢ '٢٢ °٥٣ طول شرقی (طاقدیس خشت) و طاقدیس هوا از " ٠٨ '٤٣ °٢٧ الی " ٤٥ '٥٧ °٢٧ عرض شمالی و " ١٨ '٣٧ °٥٢ الی " ٥٨ '٠٣ °٥٣ طول شرقی گسترده شده است.

16-Talling & Sowter
17- Azor
18- Sung & Chen
19- Delcaillau
20- Ahmadi
21- Bahrami

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

طاقدیس خشت دارای روند شمال‌غرب-جنوب‌شرقی با طول تقریبی ۳۱ کیلومتر و مساحت ۲۱۳ کیلومترمربع می‌باشد. مرتفع‌ترین نقطه آن با ۱٤٥۰ متر در قسمت مرکزی و پست‌ترین نقطه آن در بخش جنوب‌شرقی طاقدیس می‌باشد. میانگین شیب طاقدیس ۲۳/۵۹ درصد می‌باشد. طاقدیس هوا نسبتاً متقارن است، دارای روند شمال‌غرب- جنوب‌شرقی با طول تقریبی ٤۳ کیلومتر و مساحت ۳۲۲ کیلومترمربع می‌باشد. حداکثر ارتفاع آن ۱٦۲۰ متر در قسمت شمال‌غربی و پست‌ترین نقطه آن ٤٦۰ متر در اطراف بخش‌های فرسایش یافته طاقدیس قرار دارد. میانگین شیب منطقه ۲۷/۹٦ درصد می‌باشد. سازندهای هر دو طاقدیس شامل گروه فارس، سازند آسماری-جهرم، پابده-گورپی، بنگستان و خامی می‌باشد (شکل ۲). سازندهای برونزد یافته‌ی طاقدیس خشت بیش‌تر از گروه فارس است که حدود ۹۲/۱۹ درصد از سطح طاقدیس را می‌پوشاند و طاقدیس هوا نیز از گروه فارس و سازند آسماری-جهرم است و به‌ترتیب حدود ۵۰/۰۷ و ٤۸/۰۸ درصد از کل طاقدیس را شامل می‌شود (شکل ۳).



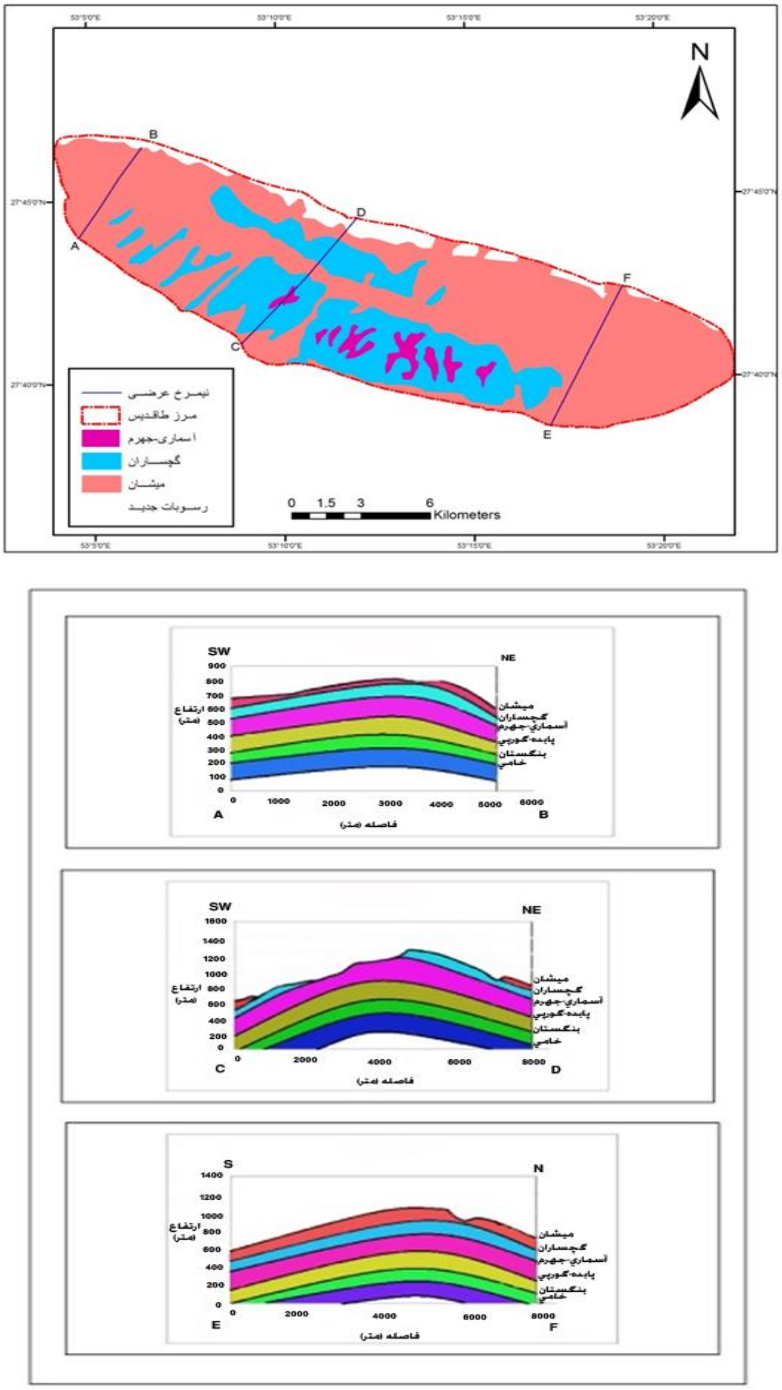
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی طاقدیس‌های مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

هدف این تحقیق بررسی خصوصیات مورفومتری طاقدیس‌های خشت و هوا ارتباط آن با تکتونیک‌های فعال منطقه می‌باشد. جهت دست‌یابی به این هدف، ابتدا نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران تهیه و مقاطع

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

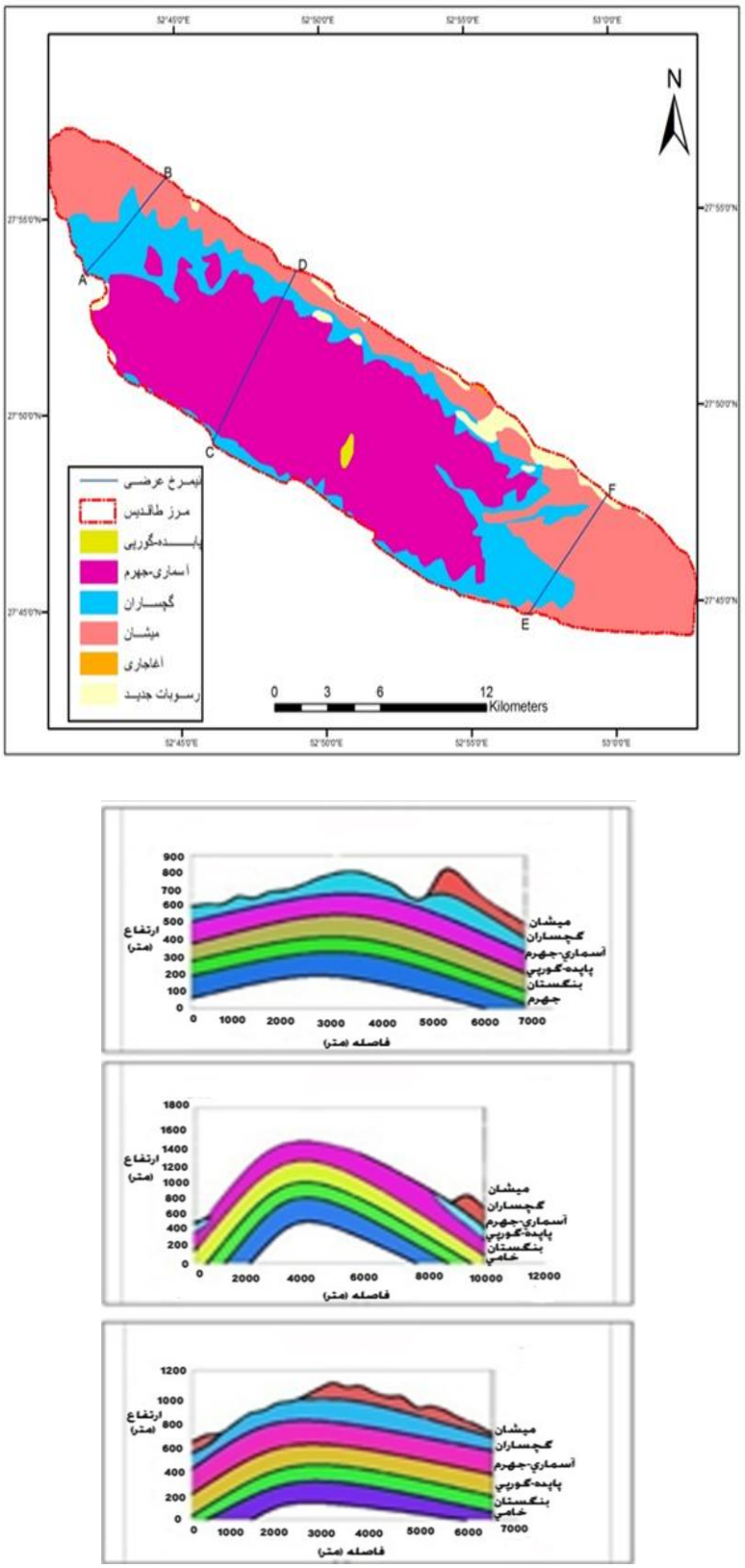
زمین‌شناسی طاقدیس‌ها استخراج گردید. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ طاقدیس‌های مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار GIS[۲۲] رقومی گردید و نقشه سطوح ارتفاعی و شیب و تکتونیک طاقدیس‌ها تهیه شد. شبکه زهکشی به‌طور دقیق ترسیم شد.



شکل ۲: نقشه زمین شناسی و مقاطع زمین‌شناسی طاقدیس خشت

22- Geographic Information System

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی و مقاطع زمین‌شناسی طاقدیس هوا

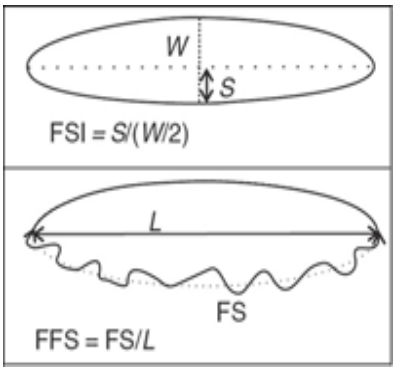
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

درجه‌بندی آبراهه‌ها به روش استراهلر انجام شد. بعد از رقومی‌سازی شبکه زهکشی در نرم‌افزار، GIS، طول و تعداد آبراهه‌ها با درجات مختلف به‌دست آمد و بر اساس آن شاخص‌های نسبت انشعابات [۲۳] (Rb)، فرکانس زهکشی[۲۴] (Fs) و بافت زهکشی[۲۵] (Rt) تراکم زهکشی[۲۶] (Dd) و نسبت بافت[۲۷] (T) تاقدیس‌ها محاسبه گردید. محاسبه شاخص‌های سینوسیته جبهه چین[۲۸] (FFS)، خط‌الرأس طاقدیس[۲۹] (AD) شاخص تقارن چین[۳۰] (FSI) و نسبت جهت[۳۱] (Ar) بر اساس تصویر ماهواره‌ای لندست و نقشه زمین‌شناسی انجام شد. در نهایت ارتباط تمامی پارامترهای ژئومورفیک و تکتونیکی مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها و بحث

شاخص تقارن چین

شاخص تقارن چین از مهم‌ترین پارامترهایی است که میزان نابرابری دو یال طاقدیس و در نتیجه میزان فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد. شاخص تقارن چین (FSI) از تقسیم S (عرض پهلوی کوتاه‌تر طاقدیس) بر نصف عرض طاقدیس (W/2) به‌دست می‌آید (شکل ٤).



شکل ٤: روش محاسبه FSI و FFS به‌طور شماتیک (بابربری و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۳٤)

در یک طاقدیس کاملاً متقارن، مقدار این شاخص یک است در حالی که در یک طاقدیس نامتقارن، مقدار شاخص مذکور کم‌تر از ۱ است (بابربری[۳۲] و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۳٤).

23- Bifurcation ratio
24- Stream frequency
25- Drainge texture
26- Drainage density
27- Texture ratio
28- Fold Front Sinuosity
29- Crest lenght
30- Fold Symmetry Index
31- Aspect ratio
32- Burbery

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

هر چه مقدار این شاخص کم‌تر از عدد یک باشد نشانگر فعال بودن نیروهای زمین‌ساخت در ناحیه می‌باشد که منجر به ایجاد طاقدیس نامتقارن، با طرفین پرشسب و با شکست‌ها و گسل‌ها می‌شود. مقدار زیاد این شاخص بیانگر عدم تأثیرگذاری فعالیت‌های تکتونیکی و شکل‌گیری طاقدیس‌ها به شکل متقارن می‌باشد. مقدار شاخص مذکور برای طاقدیس خشت ۰/٦۰ و برای طاقدیس هوا ۰/۹۳ به‌دست آمده است.

- شاخص سینوسیته جبهه چین

از دیگر پارامترهایی که بر اساس آن می‌توان درجه فعالیت‌های تکتونیکی یا سن سیستم چین‌خوردگی را تعیین نمود، شاخص سینوسیته جبهه چین (FFS) است. شاخص مذکور از نسبت طول جبهه طاقدیس (FS) به طول طاقدیس (L) به‌دست می‌آید (شکل ٤). مقدار کم این شاخص، نشان‌دهنده چین‌خوردگی‌های جوان است در حالی که مقدار بالای شاخص مذکور نشان‌دهنده جبهه‌های فرسایش یافته یا چین‌خورگی‌های قدیمی است (باربری و همکاران، ۲۰۱۰: ١٤٤) مقدار محاسبه شده شاخص FFS برای طاقدیس‌های مورد مطالعه در (جدول ۱) ارائه شده است.

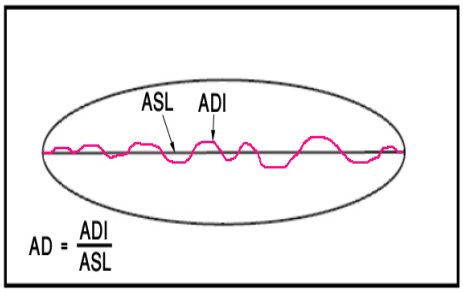
جدول ۱- مقدار شاخص سینوسیته جبهه چین (FFS) در طاقدیس‌های مطالعاتی

نام طاقدیس	L (km)	FS (km)	FFS
خشت	۷۰/٤۷	۷٤/۷۷	۱/۰٦
هوا	۱۰۱/۲٤	۹۳/۰۹	۱/۰۸

- شاخص خط‌الرأس طاقدیس

طول خط‌الرأس طاقدیس نسبت به خط مستقیم (بین ابتدا و انتهای خط‌الرأس) تا حدودی نشان‌دهنده میزان فرسایش و سن چین‌خورگی است. در طاقدیس‌های جدید، خط‌الرأس تقریباً مستقیم است در حالی که در طاقدیس‌های قدیمی و فرسایش یافته، خط‌الرأس دارای طول بیش‌تری است. در این تحقیق شاخصی به‌نام AD (شاخص خط‌الرأس طاقدیس) تعریف شده است که از تقسیم ADI (طول خط‌الرأس واقعی طاقدیس) بر ASL (طول خط مستقیم بین ابتدا و انتهای خط‌الرأس) به‌دست می‌آید (شکل ۵). مقدار شاخص AD برای طاقدیس خشت ۱/۰٤ و برای طاقدیس هوا ۱/۰۷ به‌دست آمده است که همان‌طور که مشاهده می‌شود هردو دارای مقدار نزدیک به هم هستند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۵: روش محاسبه AD به‌طور شماتیک

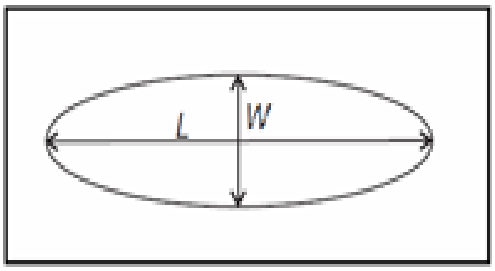
- شاخص نسبت جهت

از شاخص‌های مورفومتری برای تعیین میزان فعالیت‌های زمین‌ساختی یک منطقه، شاخص نسبت جهت می‌باشد. شاخص نسبت جهت (AR) عبارت است از نسبت طول به عرض مشخص در یک طاقدیس (شکل ٦) و از رابطه زیر به‌دست می‌آید (باربری و همکاران، ۲۰۰۸: ٤۲۳):

رابطه (۱)

$$AR = \frac{L}{W}$$

که در آن L، طول طاقدیس و W، حداکثر عرض طاقدیس است.



شکل ٦: روش محاسبه شاخص نسبت جهت به‌طور شماتیک (باربری و همکاران، ۲۰۰۸: ٤۲۳)

میزان بالای این شاخص نشان‌دهنده فعالیت تکتونیک بالا و میزان کم آن نیز کاهش فعالیت زمین‌ساختی را نشان می‌دهد. مقدار شاخص مذکور در طاقدیس خشت ۳/۹۷ و در طاقدیس هوا ٤/۳۸ به‌دست آمده است (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مربوط به شاخص نسبت جهت (AR) در طاقدیس‌های مطالعاتی

نام طاقدیس	L(km)	W(km)	AR
خشت	۳۲/۳۸	۸/۱۵	۳/۹۷
هوا	٤۲/۲۷	۹/٦۳	٤/۳۸

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

نسبت انشعاب

نسبت انشعابات (Rb)، تخمینی کمّی از تکامل شبکه‌ی آبراهه‌ها با درجات مختلف است (سینگ وچن، ۲۰۰۸: ۲۳۱). نسبت انشعابات برای هر رده از آبراهه از رابطه ۲ به‌دست می‌آید (گارنیری و پیروتا[33]، ۲۰۰۸: ۲٦۷):

رابطه (۲)

$$\mathbf{Rb} = \frac{\mathbf{N_u}}{\mathbf{N_{u+1}}}$$

که در آن N_u تعداد آبراهه با رتبه u و N_{u+1} تعداد آبراهه در یک رتبه بالاتر است. نسبت انشعابات برای هر طاقدیس از میانگین Rb تمام رده‌ها به‌دست آمد. نسبت انشعابات، به‌جز در مناطق تکتونیکی فعال، دارای مقادیر بین ۳ تا ۵ می‌باشد (اوزمیر و برد[34]، ۲۰۰۹: ۱٤۱۰) تکتونیک نقش مهمی در تعداد آبراهه‌های با درجات مختلف داشته و بنابراین نسبت انشعابات در طاقدیس‌های جوان بسیار بالاتر از طاقدیس‌های فرسایش یافته و قدیمی می‌باشد. به عبارتی در طاقدیس‌های جوان‌تر، تعداد آبراهه‌های درجه پایین (۱ و ۲) بالا بوده و شبکه‌ی آبراهه‌ها با درجات بالاتر، هنوز تکامل نیافته‌اند که این امر باعث می‌شود نسبت انشعاب در این‌گونه طاقدیس‌ها بالا باشد. در این مطالعه ابتدا تعداد آبراهه‌های با درجات مختلف به‌دست آمد (جدول ۳) و بر اساس آن نسبت انشعابات در طاقدیس‌ها محاسبه گردید (جدول ٤). مقدار Rb در طاقدیس خشت ٤/۷۹ و در طاقدیس هوا ٦/۷۲ به‌دست آمده است.

جدول ۳- تعداد و طول آبراهه‌های با درجات مختلف در طاقدیس‌های مطالعاتی

نام طاقدیس	آبراهه درجه ۱		آبراهه درجه ۲		آبراهه درجه ۳		آبراهه درجه ٤		آبراهه درجه ۵		نسبت آبراهه‌های درجه ۱ به تعداد کل آبراهه‌ها	
	تعداد	طول (کیلومتر)	تعداد	طول	تعداد	طول	تعداد	طول	تعداد	طول	تعداد کل	نسبت (به درصد)
خشت	۱۲۳۰	۱۰۳۹/۰۳	۲۹٤	۲۲۸/٥٤	٦۰	۲٦/۷٥	۱۱	۱۳/۲۷	۰	۰	۱٥۹٥	۷۷/۱۱
هوا	۲۲۱۰	۱۱٤٥/۱۷	٥٦۰	۳۰٥/۲۸	۱۲۳	۱٤۳/۷۰	۲۸	٥۰/۹٤	۲	۱/۲۸	۲۹۲۳	۷٥/٦۰

جدول ٤- مقادیر پارامترهای کمی محاسبه شده در طاقدیس‌های مطالعاتی

پارامتر / نام طاقدیس	A	Dd		Rb	Fs	
		در تمام آبراهه‌ها	در آبراهه‌های درجه ۱		در تمام آبراهه‌ها	در آبراهه‌های درجه ۱
خشت	۲۱۳/۱٥	٦/۳٦	٤/۸٤	٤/۷۹	۷/٤۸	٥/۷۷
هوا	۳۲۲/۷۰	٥/۱۰	۳/٥٤	٦/۷۲	۹/۰٥	٦/۸٤

33- Guarnieri & Pirrotta,
34- Ozdemir

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

تراکم زهکشی

تراکم زهکشی (Dd)، نسبت طول آبراهه‌ها به مساحت در یک منطقه مشخص است و از رابطه زیر به‌دست می‌آید (توکر[۳۵] و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۸۷):

رابطه (۳)

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

که در آن Li، طول هر یک از آبراهه‌های حوضه اعم از آبراهه‌های دائم و غیر دائم به کیلومتر و A، مساحت منطقه برحسب کیلومترمربع می‌باشد. تراکم زهکشی بالا به‌ویژه آبراهه‌های درجه ۱، نشان‌دهنده فعال‌تر بودن مناطق از نظر تکتونیکی است (زوچیویکس[۳۶]، ۱۹۹۸: ۱۲۷). به طوری که در مناطق دارای بالاآمدگی سریع‌تر تنها شبکه‌های درجه ۱ توسعه می‌یابند. در طاقدیس‌های با بالاآمدگی آرام‌تر و عرض بیش‌تر، شبکه‌های زهکشی با درجات بالاتر نیز توسعه می‌یابند. در این تحقیق طول آبراهه‌های با درجات مختلف تعیین شد. همچنین تراکم زهکشی برای آبراهه‌های درجه ۱ نیز به‌دست آمد (جدول ٤). همان‌گونه که (جدول ٤) نشان می‌دهد تعداد آبراهه‌های درجه ۱ در هر دو طاقدیس زیاد است.

فرکانس رودخانه

فرکانس آبراهه (Fs) از جمله پارامترهای کمی مربوط به مورفومتری شبکه زهکشی است که از رابطه زیر به‌دست می‌آید (سردیوی[۳۷] وهمکاران،۲۰۰۵: ٤١٥. دوی[۳۸] وهمکاران، ۲۰۱۱: ۱۹).

رابطه (٤)

$$Fs = \sum Nu/A$$

که در آن Nu تعداد آبراهه‌ها در تمامی درجات و A مساحت حوضه به کیلومترمربع است. مقدار پارامتر Fs به عواملی مانند زمین‌شناسی، اقلیم، پوشش گیاهی، جنس سنگ و خاک و توپوگرافی بستگی دارد. در مناطق تکتونیکی فعال به‌ویژه در طاقدیس‌های جوان، تعداد آبراهه‌های درجه ۱ بیش‌تر است. بنابراین در این تحقیق، علاوه بر فرکانس رودخانه تمام درجات، فرکانس رودخانه آبراهه‌های درجه ۱ نیز برای طاقدیس‌های مورد مطالعه نیز محاسبه شد. همچنین نسبت آبراهه‌های درجه ۱ نسبت به کل آبراهه‌ها محاسبه شد (جدول ۳).

شاخص بافت زهکشی

بافت زهکشی یکی از مفاهیم اساسی و مهم در ژئومورفولوژی است. تعداد خطوط زهکشی در مناطق با نفوذپذیری کم نسبت به مناطق با نفوذپذیری زیاد بیش‌تر است. بر اساس نظر هورتون (۱۹٤٥) بافت زهکشی از تقسیم تعداد

35- Tucker
36- Zuchiewicz
37- Sreedevi
38- Devi

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

کل آبراهه‌ها به محیط منطقه‌ی مورد نظر محاسبه می‌شود. او ظرفیت نفوذ را به‌عنوان تنها عامل مهمی که در بافت زهکشی مؤثر است شناسایی کرده و بافت زهکشی را که دربرگیرنده‌ی تراکم زهکشی و فرکانس جریان است را مطرح کرده است (سرینی واسا[۳۹]،۲۰۰٤: ۳٦۰).

بافت زهکشی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (۵)

$$Rt = Nu/P$$

که در آن، Rt بافت زهکشی، Nu تعداد کل آبراهه‌ها، P محیط حوضه به Km

جدول ۵- مقادیر پارامترهای مربوط به شاخص بافت زهکشی (Rt) و نسبت بافت (T) در طاقدیس‌های مطالعاتی

نام طاقدیس	Nu	N1	P(km)	Rt	T
خشت	۱۵۹۵	۱۲۳۰	۷۰/۸۷	۲۲/۵۰	۱۷/۳۵
هوا	۲۹۲۳	۱۲۳۰	۹۷/٤۹	۲۹/۹۸	۲۲/٦٦

شاخص نسبت بافت

نسبت بافت (T) یک عامل مهم در تجزیه‌وتحلیل مورفومتریک زهکشی است که به لیتولوژی زیرین، ظرفیت نفوذ و جهت پستی‌وبلندی‌های زمین وابسته است (ویجید و سادش[٤۰]، ۲۰۰٦: ۱۸٦).

نسبت بافت از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (٦)

$$T= N1/p$$

که در آن، T نسبت بافت، $Nu1$ تعداد آبراهه‌های درجه ۱، P محیط حوضه به Km می باشند. نتایج مربوط به شاخص بافت زهکشی (Rt) و نسبت بافت (T) در جدول (۵) نشان داده شده است.

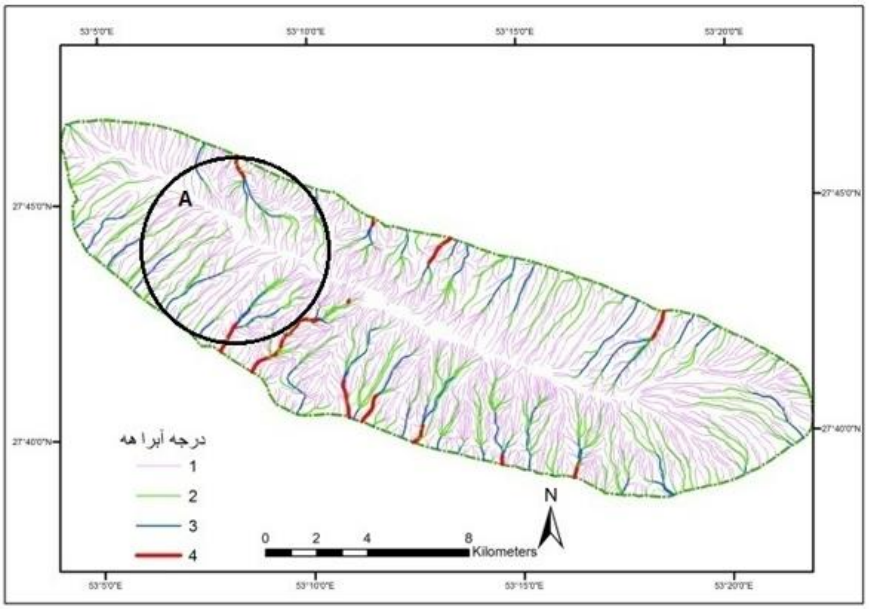
الگوی زهکشی حوضه

الگوی زهکشی یک ویژگی کیفی است که چگونگی به‌هم پیوستن شاخه‌ها و انشعابات شبکه زهکشی را نشان می‌دهد و ارتباط نزدیکی با جنس سنگ‌ها و ساختمان زمین‌شناسی دارد که بسته به آن الگوهای زهکشی مختلفی مانند درختی، موازی، داربستی و.... را ایجاد می‌کند. به طوری‌که گسترش الگوی زهکشی متفاوت از مشخصه اصلی در زون‌های لیتوتکتونیکی کمربند ساختاری زاگرس می‌باشد.

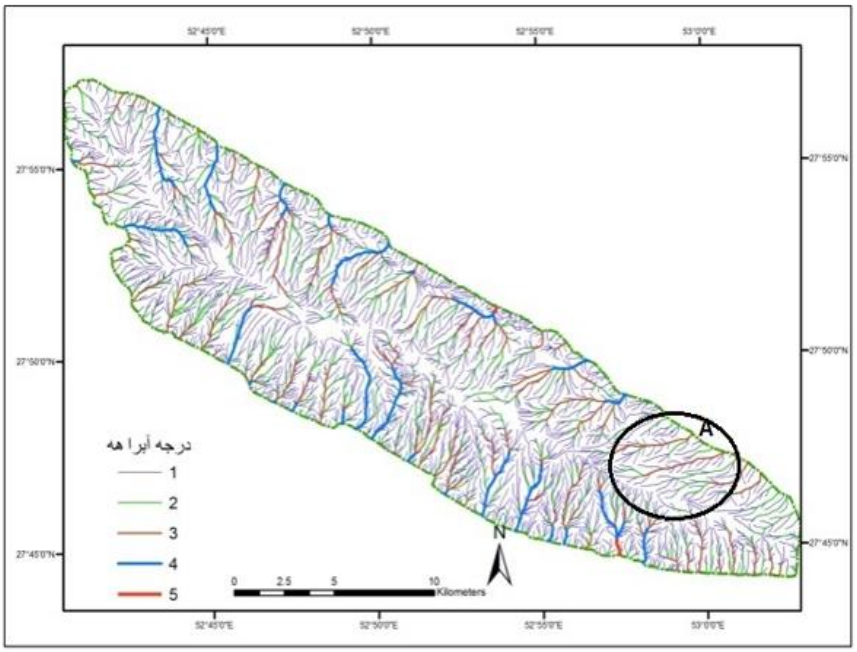
39- Srinivasa
40- Vijithand & Satheesh

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

در یک حوضه زهکشی که از نظر فعالیت‌های تکتونیکی متعادل است الگوی زهکشی در زیر حوضه‌های آن بسته به ساختمان زمین‌شناسی و شیب زمین مشابه است. در حوضه‌های با فعالیت تکتونیکی به‌صورت نامتعادل، شبکه‌های زهکشی در زیر حوضه‌ها از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کنند (غلامی، ۱۳۸۹: ۸٤). الگوی زهکشی در طاقدیس خشت به صورت موازی، شبه موازی و شبه درختی می‌باشد، در طاقدیس هوا الگوی زهکشی شبه موازی و درختی است (شکل ۷ و ۸).



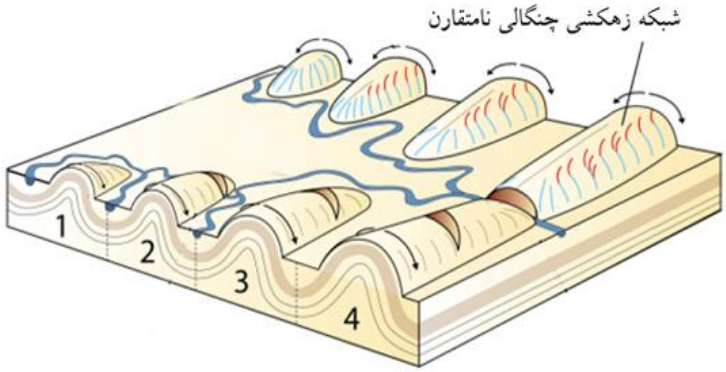
شکل ۷: نقشه الگوی زهکشی طاقدیس خشت



شکل ۸: نقشه الگوی زهکشی طاقدیس هوا

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

یکی از شواهد رشد جانبی طاقدیس‌های زاگرس، وجود شبکه‌های زهکشی چنگالی نامتقارن است (رامسی و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۵؛ برتیس[41] و همکاران، ۲۰۱۱: ٦١٩؛ بهرامی،A ۲۰۱۲: ٤٢). در طاقدیس‌های زاگرس، اگر در بخش فرود محوری شمال‌غربی، بخش بالادست آبراهه‌ها به سمت مرکز طاقدیس منحرف شوند، این موضوع بیانگر رشد طولی طاقدیس به سمت شمال‌غرب است و همچنین اگر در بخش فرود محوری جنوب‌شرقی، بخش بالادست آبراهه به سمت مرکز طاقدیس منحرف شوند، این موضوع بیانگر رشد طولی طاقدیس به سمت جنوب‌شرق است (شکل ۹)؛ که این توسعه‌یافتگی را در هر دو طاقدیس خشت و هوا مشاهده می‌کنیم (شکل ۷ و ۸ بخش A).



شکل ۹: نمای شماتیک از الگوی شبکه زهکشی چنگالی نامتقارن (اقتباس از برتیس و همکاران، ۲۰۱۱: ٦١٩)

نتیجه‌گیری

بررسی عوارض و شواهد زمین ریخت‌شناسی ساختمانی از بهترین روش‌های ارزیابی حرکات تکتونیکی فعال می‌باشند. هر یک از شاخص‌های فوق یک طبقه‌بندی نسبی از فعالیت‌های تکتونیکی ارائه می‌دهند که برای شناسایی و بررسی مقدماتی تکتونیک‌های فعال مفید می‌باشند. وقتی چندین شاخص در یک ناحیه برای طبقه‌بندی و تجزیه‌وتحلیل فعالیت‌های تکتونیکی به‌کار برده می‌شوند، نتایج بامعناتر و مستدل‌تری را در بر خواهند داشت. رشته‌کوه زاگرس در جنوب‌غرب ایران دارای روند کلی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است. از آنجا که این کمربند کوهزایی یکی از مناطق فعال جهان به‌شمار می‌آید، آثار این فعالیت را به‌خوبی می‌توان در ویژگی‌های ریخت‌شناسی منطقه نیز مشاهده کرد. طاقدیس‌های خشت و هوا نیز بخشی از زاگرس چین‌خورده هستند و به تبع ویژگی‌های زاگرس چین‌خورده را دارا می‌باشند.

در این تحقیق از چند شاخص ژئومورفولوژی کمی به‌منظور تعیین درجه شدت فعالیت‌های تکتونیکی استفاده شد. شاخص تقارن چین از مهم‌ترین پارامترهایی است که میزان نابرابری دو یال طاقدیس و در نتیجه میزان فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد. در یک طاقدیس کاملاً متقارن، مقدار این شاخص ۱ است در حالی که در یک طاقدیس

41- Bretis

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

نامتقارن، مقدار شاخص مذکور کم‌تر از ۱ است. مقدار شاخص مذکور برای طاقدیس خشت ۰/٦۰ و برای طاقدیس هوا ۰/۹۳ به‌دست آمده است که بیانگر جوان‌تر بودن و تأثیر زیاد تکتونیک بر طاقدیس خشت است و متقارن بودن تقریبی طاقدیس هوا را نشان می‌دهد. از دیگر پارامترهایی که بر اساس آن می‌توان درجه فعالیت‌های تکتونیکی یا سن سیستم چین‌خوردگی را تعیین نمود، شاخص سینوسیته جبهه چین (FFS) است. مقدار محاسبه شده برای طاقدیس خشت ۱/۰٦ و برای طاقدیس هوا ۱/۰۸ است که نشان دهنده‌ی جوان بودن هر دو طاقدیس و عملکرد کم فرسایش در آن‌ها است. طول خط‌الرأس طاقدیس تا حدودی نشان‌دهنده میزان فرسایش و سن چین‌خورگی است. مقدار شاخص AD برای طاقدیس خشت ۱/۰٤ و برای طاقدیس هوا ۱/۰۷ به‌دست آمده است که نشان می‌دهد هردو طاقدیس جوان و دارای تکتونیک فعال می‌باشند و خط‌الرأس آن‌ها تقریبا مستقیم است. از دیگر شاخص‌های مورفومتری برای تعیین میزان فعالیت‌های زمین‌ساختی یک منطقه، شاخص نسبت جهت می‌باشد. میزان این شاخص برای طاقدیس خشت ۳/۹۷ و برای طاقدیس هوا ٤/۳۸ به‌دست آمده است که باز نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌های تکتونیکی تقریبا بالا در هر دو طاقدیس است.

نسبت انشعابات (Rb)، تراکم زهکشی (Dd)، فرکانس رودخانه (Fs)، تخمینی کمّی از تکامل شبکه‌ی آبراهه‌های با درجات مختلف است. تکتونیک نقش مهمی در تعداد آبراهه‌های با درجات مختلف داشته و بنابراین نسبت انشعابات، تراکم زهکشی و فرکانس رودخانه در طاقدیس‌های جوان بسیار بالاتر از طاقدیس‌های فرسایش یافته و قدیمی می‌باشد. در طاقدیس خشت، مقدار Rb ٤/۷۹، مقدار Dd ٦/۳٦ و مقدار Fs ۷/٤۸ است. در طاقدیس هوا مقدار Rb ٦/۷۲، مقدار Dd ۵/۱۰ و مقدار Fs ٦/۸٤ به‌دست آمده است که نشان‌دهنده‌ی جوان بودن هر دو طاقدیس و سرعت بالاآمدگی آن‌ها است. خصوصا که تعداد آبراهه‌های درجه ۱ در هر دو طاقدیس بسیار زیاد است. به‌منظور بررسی رابطه‌ی تعداد آبراهه‌های درجه ۱ و وضعیت فعالیت‌های تکتونیکی، نسبت تعداد آبراهه‌های درجه ۱ به کل آبراهه‌های طاقدیس بررسی و محاسبه شد؛ که مقادیر محاسبه شده برای طاقدیس خشت ۷۷/۱۱ و طاقدیس هوا ۷۵/٦۰ درصد به‌دست آمد؛ که نشانگر تکتونیک فعال، جوان بودن و سرعت زیاد بالاآمدگی هر دو طاقدیس است. شاخص بافت زهکشی (Rt) و نسبت بافت (T) نیز شاخص‌های دیگری هستند که برای مشخص کردن مورفومتری منطقه، مورد بررسی قرار گرفتند؛ که نتیجه‌ی یکسانی با دیگر با شاخص‌ها دارد و بیانگر جوان بودن هر دو طاقدیس است. الگوی زهکشی شاخص دیگری است که در صورت نبود شواهد تکتونیکی می‌تواند کلیدی برای شناسایی فعالیت‌های تکتونیکی باشد و در این بررسی الگوی زهکشی طاقدیس خشت به‌صورت موازی، شبه موازی و شبه درختی می‌باشد که این الگو بازگوکننده‌ی تکتونیک تقریبا فعال در این طاقدیس است. در طاقدیس هوا الگوی زهکشی شبه موازی و درختی است که نشان‌دهنده‌ی تکتونیک نیمه‌فعال می‌باشد. از دیگر شواهد تکتونیک فعال، رشد جانبی طاقدیس‌ها وجود شبکه‌های زهکشی چنگالی نامتقارن است که در طاقدیس خشت با جهت شمال‌غرب–جنوب‌شرق، جهت توسعه‌یافتگی طاقدیس برحسب این معیار بیش‌تر به سمت شمال‌غرب است و توسعه به سمت جنوب‌شرق کم‌تر خود را نشان داده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

در طاقدیس هوا نیز دارای جهت شمال‌غرب-جنوب‌شرق می‌باشد و جهت توسعه‌یافتگی را در هر دو جهت مشاهده می‌کنیم که البته توسعه به سمت جنوب‌شرق بیش‌تر است. به‌طور کلی مقادیر شاخص‌های کمی محاسبه شده و همچنین شاخص‌های کیفی بررسی شده در این تحقیق بیانگر فعالیت تکتونیکی، بالاآمدگی و فعالیت‌های رو به رشد طاقدیس‌های مورد مطالعه می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

منابع

- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۷٦)، نقشه‌های توپوگرافی، مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ برگه شماره‌های ٦٥٤٧، ٦٦٤٤، ٦٦٤٥، ٦٧٤٤، اداره جغرافیایی ارتش.

- شرکت ملی نفت ایران (۱۹۷٤)، نقشه زمین‌شناسی بایرام، مقیاس ۲۵۰۰۰۰، برگه شماره ۱ G-13، شرکت ملی نفت ایران.

- غلامی، ی (۱۳۸۹)، «بررسی ژئومورفولوژی تکتونیک در طاقدیس گلیان شیروان»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه حکیم سبزواری.

-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): 745–753.

-Ahmadi, R., Ouali, J., Mercier, E., Mansy, J. L., (2006), "The geomorphologic responses to hinge migration in the fult-related folds in the Southern Tunnisian Atlas", ***Journal of structural Geology***, 28: 721-728

-Bahrami, S., (2012A), "Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danehkhoshk anticline, Zagros, Iran", ***Geomorphology***, 103: 1-14.

- Bahrami, S., (2012B), "Morphotectonic evolution of triangular facets and wine-glass valleys in the Noakoh anticline, Zagros, Iran: Implications for active tectonics", Geomorphology 159: 37-49.

-Bretis, B., Bartl, N., Grasemann, B., (2011), "Lateral fold growth and linkage in the Zagros fold and thrust belt (Kurdistan, NE Iraq) ", ***Basin Research***, 23: 615–630

- Beydon, Z. R., Hughes Clark, M, W., Stone, R., (1992),"Petroleum in the Zagros basin In: Macqueen, R.W., Leckie, D. A., (Eds), Foreland basine and fold Belt", AAPG Mem, pp 309-

-Berberian, M., (1995), "Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds:active basement tectonics and surface morphotectonics", ***Tectonophysics***, 241: 193-224.

- Burbery, C. M., Cosgrove, J. W., Liu, J. G., (2008), "Spatial arrangement of fold types in the Zagros Simply Folded Belt, Iran, indicated by lanform morphology and drainage pattern characteristics", ***Journal of Maps***, 33: 139-153.

- Burbery, C. M., Cosgrove, J. W., Liu, J. G., (2010), "A stady of fold characteristics and deformation style using the evolution of the land surface: Zagros Simply Folded Belt, Iran", ***Geological Society of London***, 103: 139–153.

-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***, 160: 401-412.

- Delcaillau, B., Carozza, J. M., Laville, E., (2006), "Recent fold growth and dranige development", the Janauri and Chandigarh anticlines in the Siwalik foothills, northwest India, ***Geomorphology***, 76: 241-256.

-Devi, R. K. M., Bhakuni, S. S., Kumar Bora, P., (2011), "Tectonic implication of drainage set-up in the Sub-Himalaya: A case study of Papumpare district, Arunachal Himalaya, India", ***Geomorphology***, 127 (1-2): 14-31.

- Falcon, N. L., (1974), "Southern Iran: ZagrosMountains. In: Spencer, A. M., (Ed), Mesozoic- Cenozoic orogenic belts", Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., pp 199-212.

- 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: 260–273

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

-Hessami, w. K., Nilforoushan, F., Talbot, C. J., (2006), "Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements", ***Journal of the Geological Society***, 163: 143-148.
- 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, ***Jornal of Geology and Geophysics***, 41: 377-385.
-Keller, E. A., Pinter, N., (2001), "Active Tectonics Earthquakes, Uolift and Landscape", Prentice Hall, New Jersey, P.121.
- Piraste, S., Pradhan, B., Rizvi, S. M., (2011), "Tectonic process analysis in zagros Mountain with the aid of drainage networks and topography maps dated 1950-2001 in GIS", ***Arabian Journal of Geoscience*** 4:171-180.
- Ramsey, L. A., Walker, R. T., Jackson, J., (2008), "Fold evolution and drainage development in the Zagros mountains of Fars province,SEIran", ***Basin Research***, 20: 23-48.
-Rangzan, K., Iqbaluddin, P., (1998), "Morpho-tectonic study of Zagros structure belt of SW Iran using remote sensing techniques", ***Journal of the Indian Society of Remote Sensing***, 23 (4): 211-224.
-Singh,T., Jain,V., (2008), "Tectonic constraints on watershed development on frontal ridges: Mohand Ridge, NW Himalaya, India", ***geomorphology***,102: 231-141 .
-Sreedevi, P. D., Subrahmanyam, K., Ahmed, S., (2005), "The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain", ***Environmental Geology***, 47: 412–420.
-Srinivasa Vittala, S., Govindaiah, S., Honne Gowda, H., (2004), "Morphometric analysis of sub-watersheds in the pavagada area of tumkur district, sourh india using remote sensing and GIS techniques", ***Journal of the Indian Society of remote sensing***, 32: 1-12
- 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: 389-404.
- Talling, P and Sowter, M. J., (1999), "Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler Ridge, California", ***Earth Surface Processes and Landform***, 24: 809-824.
- Tatar, M., Hatzfeld, D., Martinod, J., Walpersdorf, A., Ghafori-Ashtiany, M., Chery, J., (2002), "The present day deformation of the central Zagros from GPS measurements", ***Geophys. Res. Lett***, 29: 1911-1927.
-Tucker, G. E., Catani, F., Rinaldo, A., Bras, R. L., (2001), "Statistical analysis of drainage density from digital terrain dat, ***Geomorphology***, 36:187–202.
- Vita-Finzi, C., (1979), "Rates of Holocene folding in the coastal Zagros near Bandar Abbas, Iran", ***Nature***, 278:, 632–634.
- Vijithand, H., Satheesh, R., (2006), "GIS based morphometric analysis of two major upland sub-watersheds of meenachil river in kerala", ***Jornal of the Indian society of Remote sensing***, 42 (2): 180-185.
-Wells, S. G., Bullard, T. F., Menges, C. M., Drake, P. G., Karas, P. A., Kelson, K. I., 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.
- Zuchiewicz, W., (1998), "Quaternary tectonics of the Outer West Carpathians", ***Poland. Tectonophysics***, 297: 121–132.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]