



فصلنامه زمین ساخت

تابستان ۱۴۰۰، سال پنجم، شماره ۱۸

doi 10.22077/JT.2022.4514.1117

بررسی زمین ساخت فعال کوهستان الوند با استفاده از شاخص های مورفو تکتونیکی، همدان

لیلی ایزدی کیان^{۱*}، نسرين پیری^۲

۱. استادیار، گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه بوعلی سینا

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

چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۶

توده گرانیتوییدی الوند در زمان ژوراسیک میانی در سنگهای دگرگونی زون سنندج - سیرجان نفوذ کرده و در اطراف خود هاله دگرگونی مجاورتی را ایجاد کرده است. توده گرانیتوییدی الوند مهمترین ارتفاع منطقه همدان است و حوضه آبریز آن در جنوب شهر همدان قرار دارد. در این مقاله فعالیت زمینساختی حوضه آبخیز کوهستان الوند بر اساس شاخص های زمین ریختی مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص هایی از جمله شاخص انتگرال فراز سنجی (Hi)، گرادیان طولی آبراهه (SL)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شکل حوضه زهکشی (Bs)، پیچ و خم پیشانی کوهستان (Smf)، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت با همپوشانی شاخص های بدست آمده، نقشه زمین ساخت فعال نسبی (Iat) منطقه تهیه شده است. مقادیر بدست آمده برای زمین ساخت فعال نشان می دهد که منطقه دارای سه پهنه با فعالیت زمین ساختی بالا، فعالیت زمین ساختی متوسط و در نهایت فعالیت زمین ساختی پایین است. منطقه با فعالیت زمینساخت بالا در شمال شرقی و شرق منطقه قرار دارد و در این منطقه گسلهای معکوس بزرگ با راستای شمال غرب - جنوب شرق وجود دارد. وجود زمین لغزش های جدید فراوان در این منطقه حاکی از فعالیت زمین ساختی بالا در قسمت شرق منطقه همدان است.

واژه های کلیدی: شاخص های ژئومورفیکی، زمین ساخت فعال نسبی، حوضه آبریز، الوند، همدان

Investigation of active tectonics of Alvand mountain using morphotectonic indices, Hamedan

Leili Izadi Kian ¹, Nasrin Piri²

1-Faculty of Earth science, Bu Ali Sina University of Hamedan

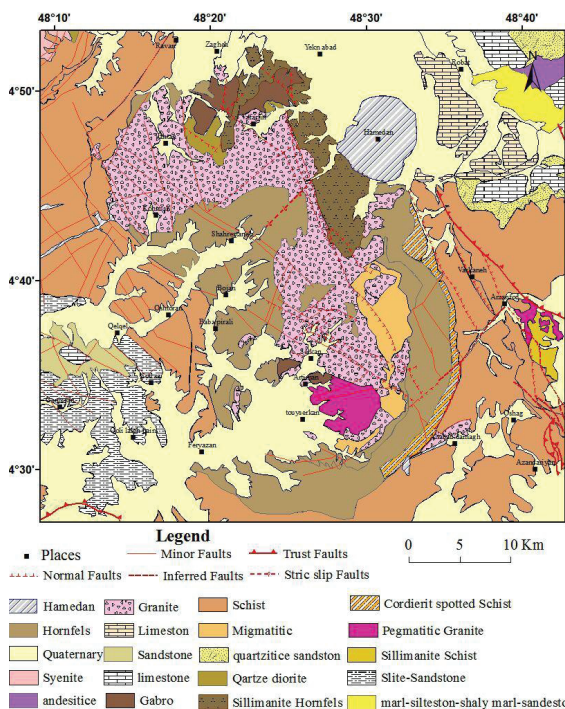
2- Master of Tectonics, Faculty of Earth science, Bu Ali Sina University of Hamedan

Abstract

Alvand granitoid pluton has penetrated into the metamorphic rocks of Sanandaj-Sirjan zone in the Middle Jurassic period and it has created an aura of contact metamorphism around it. Alvand granitoid pluton is the highest elevation in Hamedan region and its catchment area is located in the south of Hamedan. In this study, the tectonic activity of catchments of Alvand Mountain has been studied based on geomorphic indices. According to the characteristics of the catchments, Asymmetry factor (Af), Hypsometric integral index (Hi), Stream length-gradient index (Sl), Mountain-front sinuosity (Smf), Valley floor width-to-height ratio (Vf), Basin Shape index (BS) and Transverse topographic symmetry index (T) has been studied and finally, with the overlap of the obtained indices, the relative active tectonic map (IAT) of the region was determined. The values obtained for active tectonics show that the area has three zones with high tectonic activity, medium tectonic activity and finally low tectonic activity. Northeast and east of Alvand mountain shows high tectonic activity compared to other parts and there are large reverse faults with northwest-southeast striking. Existence of many new landslides in this area indicates high tectonic activity.

Key words: Geomorphic indices, relative active tectonics, catchment, Alvand, Hamedan

مانند گرانیت، گرانودیوریت، ... و همچنین سنگ های دگرگونی مجاورتی و دگرگونی ناحیه ای است و در حاشیه منطقه نیز رسوبات آبرفتی کواترنری قابل مشاهده است.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی همدان و توده نفوذی الوند (تلفیقی از نقشه های ۱/۱۰۰۰۰۰ همدان، تویسرکان، ملایر و نهاوند)

روش کار

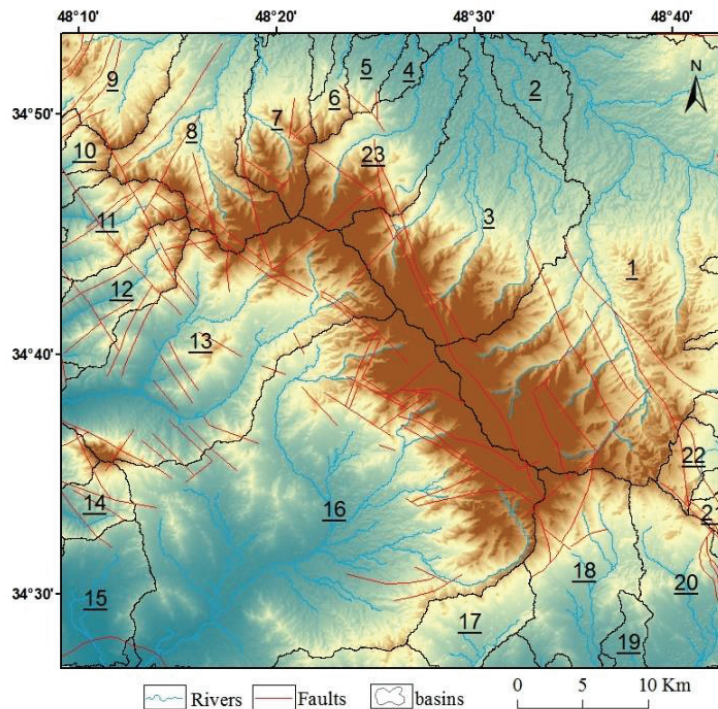
الگوی زهکشی منطقه و زیر حوضه های آن با استفاده از مدل رقمی ارتفاعی (DEM) منطقه مورد نظر با قدرت تفکیک ۳۰ متر در نرم افزار Arc map و با استفاده از افزونه Arc hydro بدست آمد. سپس با تلفیق زیر حوضه ها با توجه به آبراهه های اصلی، ۲۳ حوضه اصلی در تمام منطقه تعیین گردید (شکل ۲).

مقدمه

تحقیق در زمینه تکتونیک فعال در مقیاس هایی متفاوت، از منطقه ای تا محلی، می تواند برای جامعه مفید باشد (Keller and pinter, 2002). در میان روش های زمین شناختی برای مطالعه حرکات تکتونیکی فعال، بررسی های زمین ریخت شناسی (Geomorphology) و ریخت زمین ساخت (Morphotectonic) نقش مهمی را ایفا می کنند، زیرا بسیاری از عوارض سطح زمین در مقابل حرکات تکتونیکی فعال حساس هستند و تحلیل هندسی این عوارض، نشانه ها و شواهدی پیرامون نوع، نرخ و آرایش تغییر شکل های تکتونیکی فعال را برای ما ارائه می دهد (سلیمانی، ۱۳۷۸). مورفو تکتونیک مطالعه اشکال سطحی است که از تکتونیک ناشی می شوند و واکنش بین فرآیندهای تکتونیکی و ژئومورفولوژیکی است (Mayer, 1986). شاخص های ژئومورفیک از ابزارهای مهم برای ارزیابی درجه فعالیت های تکتونیکی در یک ناحیه خاص هستند. با استفاده از تجزیه و تحلیل توپوگرافی منطقه و الگوی شبکه زهکشی و همچنین عوارض ژئومورفیکی می توان فعالیت های تکتونیکی اخیر و حال حاضر را ارزیابی نمود (Keller et al, 2000; Azor et al, 2002; Molin Silva et .et al, 2004; Bull, 2007; Perez- Pena, 2009). نیز زمین ساخت فعال نسبی پیشانی های مختلف کوه را در جنوب اسپانیا با برآورد شاخص های T و Vf، Smf بررسی و از شاخص های عدم تقارن (Af) و شکل حوضه زهکشی (Bs) برای تأیید کج شدگی زمینساختی استفاده کردند. همچنین استفاده از شاخص فراسنجی (Hi) و شاخص گرادیان طولی آبراهه (SL) یک مبنای علمی در تعیین زمین ساخت فعال نسبی می باشد (El Hamdouni et al , 2007).

زمین شناسی منطقه

توده نفوذی الوند در محدوده عرض جغرافیایی ۳۴° تا ۲۷' ۳۴° شمالی و طول جغرافیایی ۴۸° ۰۹' تا ۴۸° ۴۴' شرقی قرار دارد. این منطقه بر روی نقشه های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ همدان، تویسرکان، نهاوند و ملایر قرار می گیرد. طبق تقسیم بندی (Stocklin, 1974) توده پلوتونیک الوند و حوضه زهکشی آن روی کمر بند دگرگونی سنندج- سیرجان واقع شده است (شکل ۱). این منطقه شامل سنگ های آذرین نفوذی



شکل ۲: حوضه های تعیین شده در پیرامون توده نفوذی الوند به همراه آبراهه ها و گسلهای اصلی منطقه، رنگ قهوه ای ارتفاعات کوهستان الوند را نشان می دهد.

شاخص های زمین ریختی

زمین ساخت فعال یکی از رشته های علمی در علوم زمین می باشد که به سرعت رشد یافته است، بطوریکه با هدایت به سمت پیشرفت های اخیر ابزارهای دیرینه شناسی جدید و ژئودزی می توان به آسانی با نسبت های دقیق (نسبت بالا آمدگی، نسبت برشی، نرخ فرسایش، نسبت لغزش روی گسل و ...) در مقیاس زمانی مختلف (۱۰^۳ - ۱۰^۶ سال قبل) بدست آورد. (Schomm et al, 2000; Burbank and Anderson, 2001; Keller and Pinter, 2002; Bull, 2007; 2009; Azanon et al, 2012; Mahmood and Gloaguen, 2012). تعیین فعالیت نسبی زمین ساختی در منطقه مورد مطالعه مجموعه ای از چند شاخص بررسی گردیده است و طبق نظر (El Hamdouni et al, 2007) این شاخص ها در همه زیر حوضه ها بررسی و از لحاظ فعالیت زمین ریختی به سه رده تقسیم شده اند و در نهایت با تعیین میانگین این شاخص ها در هر حوضه، زمین ساخت فعال نسبی منطقه بدست آمد.

شاخص گرادیان طولی آبراهه (SL)

تکامل تدریجی توپوگرافی از سازگاری بین فرآیندهای فرسایشی مانند آبراهه ها و جریان رودخانه ها در

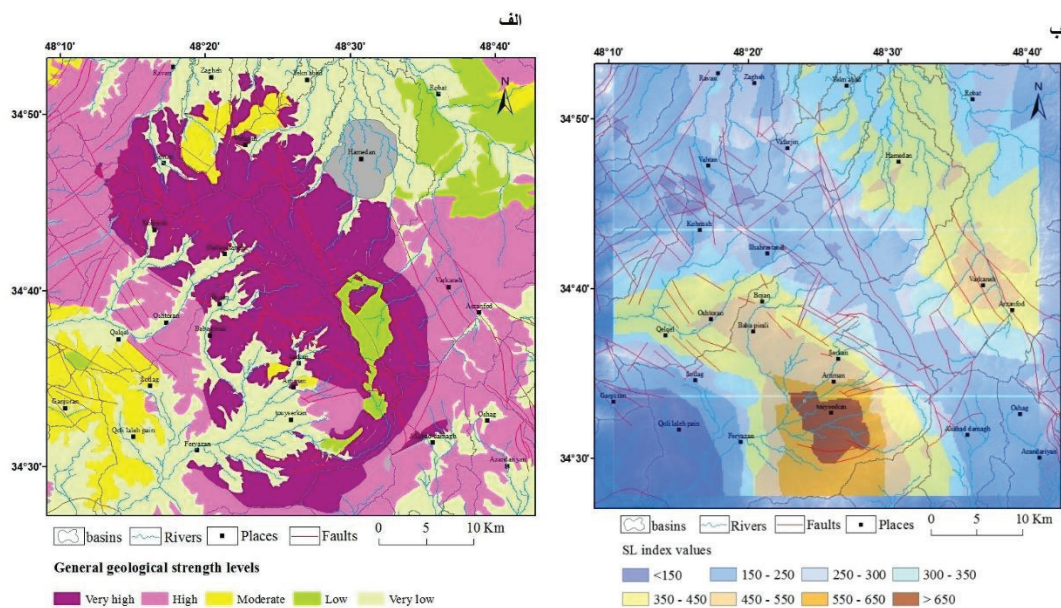
همه سنگ ها و خاک های با مقاومت های متفاوت با فرآیندهای درونی (نیروهای تکنونیک) بدست می آید (Hack, 1973). سرانجام این سازگاری یک تعادل دینامیکی را ایجاد می نماید (فرسایش = بالا آمدگی) (Schumm et al., 2000). شاخص SL توسط هک (Hack, 1973) برای تأثیر متغیرهای محیطی بر روی پروفیل طولی رودخانه و اینکه آیا رودخانه ها به تعادل رسیده اند یا نه، تعیین شده است. SL از طریق فرمول زیر محاسبه می گردد:

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

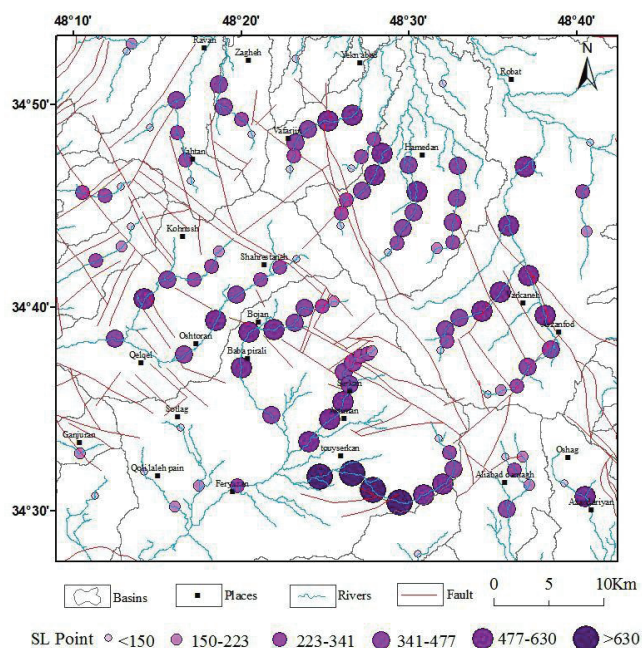
در این فرمول SL شاخص طول - شیب رودخانه است و $(\Delta H / \Delta L)$ شیب بخشی از کانال رودخانه می باشد که ΔH از اختلاف ارتفاع دو خط تراز بدست می آید و ΔL فاصله افقی بین همان دو خط تراز می باشد و L نیز طول کل کانال از نقطه میانی که شاخص برای آن اندازه گیری می شود تا سرچشمه است. این شاخص تحت تأثیر میزان مقاومت جنس بستر نیز بوده و با جریان یافتن رودخانه روی سنگهای با مقاومت بالا، میزان بالای (SL) و در سنگهای با مقاومت پایین، میزان پایین (SL) را نشان می دهد (حاج منوچهری و همکاران، ۱۳۹۴). برای تعیین ارتباط شاخص SL با

نتیجه درک بهتری از نرخ نسبی زمین ساختی فعال از منطقه حاصل می گردد (شکل ۳ب). در این منطقه اغلب سنگها از مقاومت بالایی برخوردار هستند زیرا جنس آنها گرانیتوئید و هورنفلس می باشد. با این وجود در مناطقی که جنس سنگها شیستی است این شاخص مقدار بالایی را نشان می دهد (شکل ۴).

مقاومت سنگ ها، سنگ های منطقه به گروه سنگ های با مقاومت خیلی کم، کم، متوسط و بالا تقسیم شده اند (معماریان، ۱۳۸۰). سپس رابطه مقاومت سنگ ها با این شاخص تعیین گردیده است (شکل ۳الف). با ترسیم نقشه شاخص SL به روش درون یابی در محیط Arc map می توان دید بهتری برای مقایسه این ارقام در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه بدست آورد. در



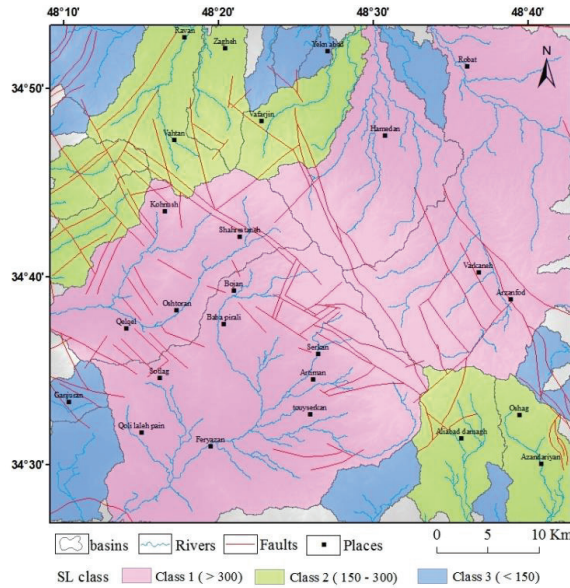
شکل ۳: الف نقشه مقاومت سنگهای منطقه کوهستان الوند، ب: نقشه شاخص گرادیان طولی آبراهه (SL)، مناطق رنگ تیره دارای مقادیر بالایی از این شاخص هستند که در مقایسه با مقاومت سنگها قابل ملاحظه است.



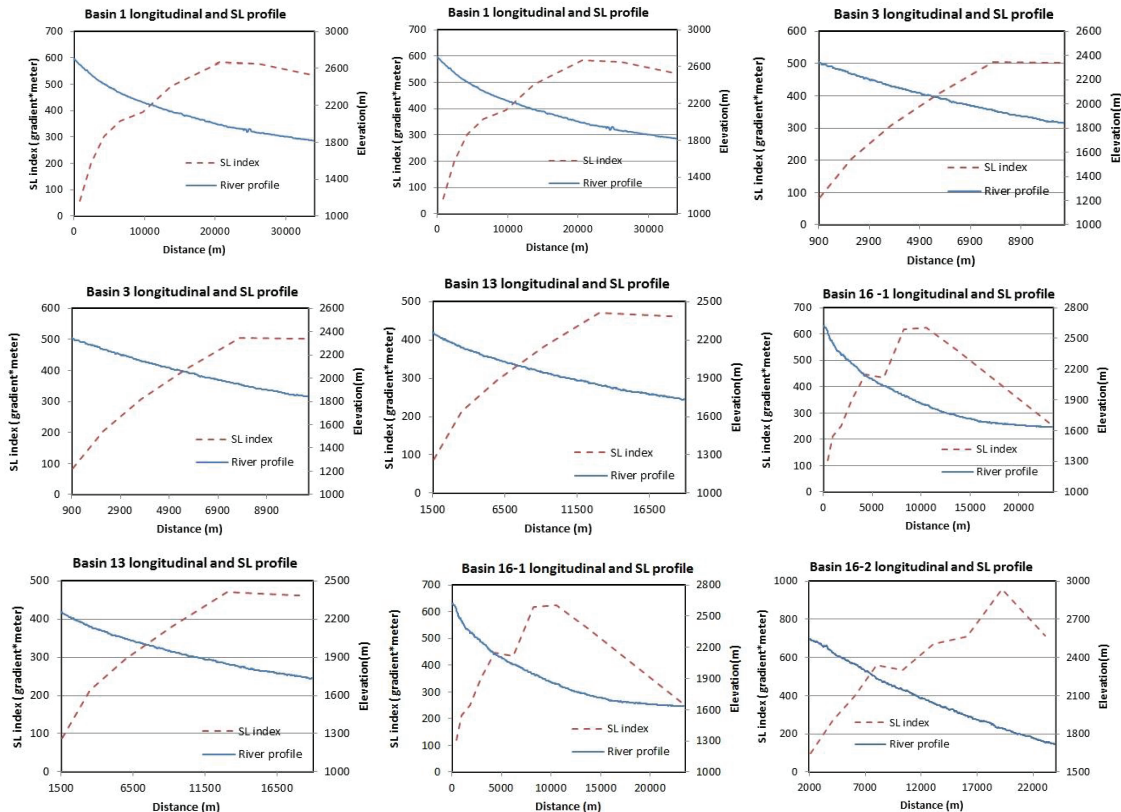
شکل ۴: نمایش نقطه ای شاخص گرادیان طولی آبراهه در منطقه کوهستان الوند.

دامنه های جنوب غربی و شمال شرق (حوضه های ۱، ۳، ۱۳ و ۱۶) می باشد، در حوضه های ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۸، ۲۰ و ۲۳ فعالیت زمین ساختی متوسط و بقیه حوضه ها دارای فعالیت زمین ساختی پایین هستند (شکل ۵). همچنین نمودار شاخص SL برای حوضه ها در مقابل نیمرخ رودخانه برای بررسی ارتباط آنها ترسیم شده است (شکل ۶)

حمدونی و همکاران (El Hamdouni et al, 2007) برای این شاخص سه رده ارائه نموده اند: رده ۱ با فعالیت زمین ساختی بالا ($SL \geq 300$)، رده ۲ با فعالیت زمین ساختی متوسط ($150 \leq SL < 300$) و رده ۳ با فعالیت زمین ساختی پایین ($SL < 150$) می باشد. در این منطقه فعالیت هر حوضه بر اساس فعالیت زمین ساختی آن نیز مشخص گردیده است و بیشترین فعالیت مربوط به حوضه های



شکل ۵: رده بندی شاخص گرادیان طولی آبراهه (SL)

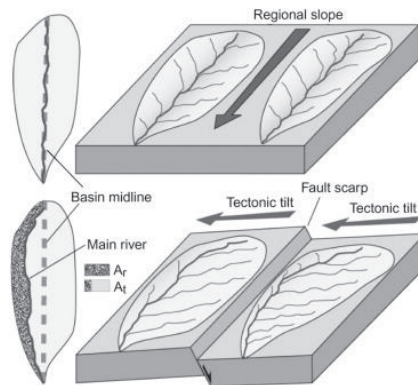


شکل ۶: نمودار نیمرخ رودخانه و شاخص SL برای چند نمونه حوضه از منطقه، خط چین ها نمودار شاخص SL و خطوط ممتد نیمرخ رودخانه می باشد.

کج شدگی عمود به روند آبراهه اصلی است. زمانی که مقدار Af بیشتر یا کمتر از ۵۰ باشد، نشان دهنده تغییرات شیب بستر حوضه است. به عنوان مثال در یک حوضه زهکشی که در آن جریان‌ات اصلی شمالی بوده و چرخش تکتونیکی به سمت باختر و رو به پایین است (شکل ۷) شاخه‌های فرعی موجود در خاور (راست) شاخه اصلی نسبت به شاخه‌های فرعی سمت باختری طولانی تر است.

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)

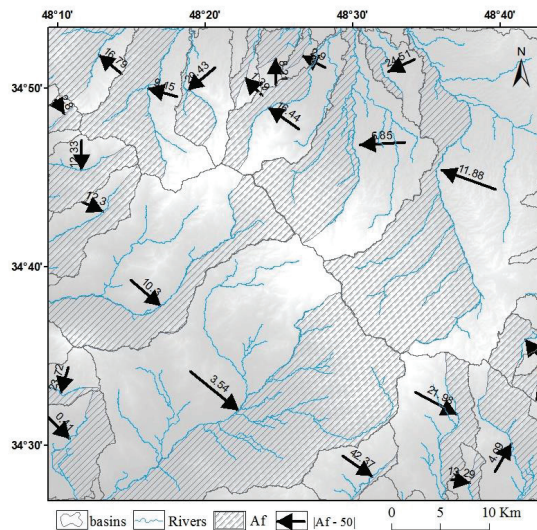
هندس‌ه شبکه‌های جریان را می‌توان به چند روش، هم کیفی و هم کمی مقایسه کرد. توسعه زهکش‌ها در حضور یک تغییر شکل زمین ساختی فعال، شبکه آبراهه‌ای با الگوی هندسی مشخصی توصیف می‌کند که نشان می‌دهد: مقدار Af برای یک شبکه آبراهه که همچنان به جریان خود در یک محیط پایدار ادامه می‌دهد حدود ۵۰ است. مقدار Af حساس به



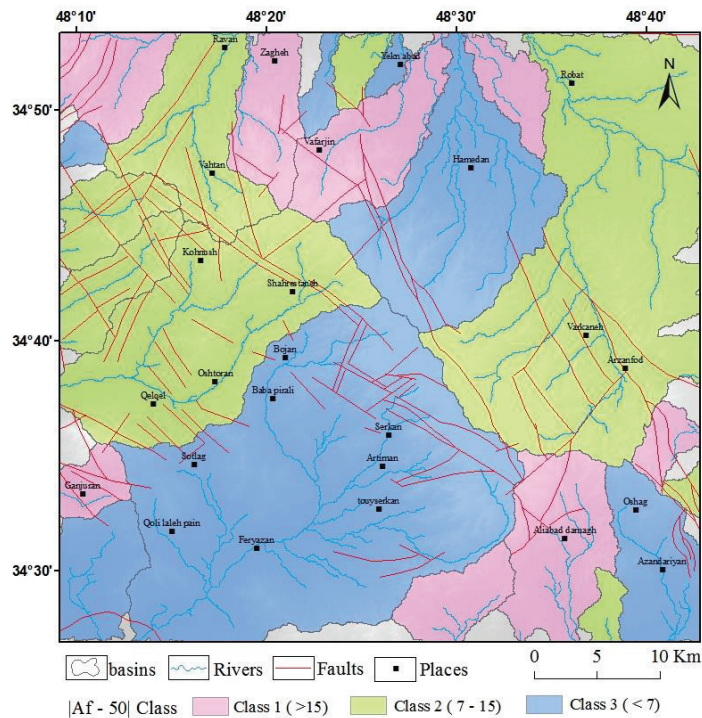
شکل ۷: عدم تقارن در حوضه زهکشی و نحوه محاسبه آن

باشد. برای خنثی کردن نقش لایه بندی و تورق در شاخص Af چنین فرض می‌شود که سنگ شناسی (مانند لایه‌های رسوبی شیب دار) و اقلیم محلی (مانند اختلاف گیاهی میان شیب‌های رو به شمال و جنوب) سبب عدم تقارن نمی‌شوند (El Hamdouni et al., 2007) (شکل ۸). میزان Af محاسبه شده در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تعدادی از حوضه‌های در بخش‌های شمال غربی و جنوب شرقی عدم تقارن بالایی را دارند (شکل ۹).

برای یک رودخانه که در محیط پایدار تکتونیکی شکل گرفته و اکنون هم در یک محیط پایدار جریان دارد، Af باید در حدود ۵۰ باشد که نشان دهنده ی حوضه زهکشی کاملاً متقارن است. مقدار کمتر یا بیشتر از ۵۰ نشان دهنده ی عدم تقارن در حوضه زهکشی می‌باشد (Keller and Pinter, 2002). این عدم تقارن ممکن است متأثر از فعالیت تکتونیکی، کنترل سنگ شناسی یا اختلاف فرسایش مانند لایه بندی و تورق در سنگ‌هایی که آبراهه آن را در همه زمان‌ها پوشانده است،



شکل ۸: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی |Af-50| و جهت یابی مرتبط با فعالیت تکتونیکی، پیکان‌ها در جهت کج شدگی حوضه را نشان می‌دهند.

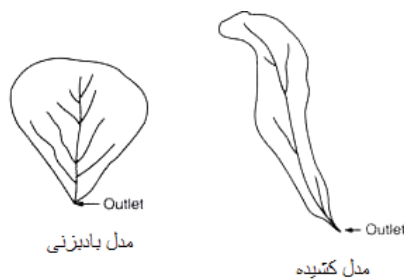


شکل ۹: رده بندی شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی |Af-50|

شاخص شکل حوضه (Bs)

حوضه های زهکشی جوان در مناطق دارای تکتونیک فعال، تمایل به کشیدگی شکل حوضه و موازی با شیب توپوگرافی کوه دارند. زمانی که فعالیت تکتونیک با گذشت زمان و تداوم سیر تکاملی توپوگرافی، کاهش می یابد، حوضه های کشیده به حوضه های بادبزنی شکل تبدیل می شوند (Bull and McFadden, 1977). شکل افقی یک حوضه توسط شاخص شکل حوضه

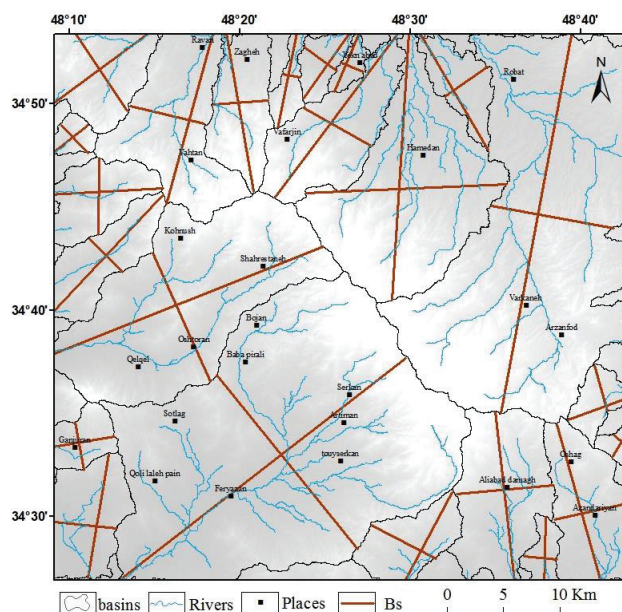
یا نسبت طولی شدگی حوضه توضیح داده می شود که آن را Bs می نامند (Ramirez-Herrera, 1998) و از فرمول زیر محاسبه می گردد: $Bs = BI/Bw$ که در آن BI طول حوضه، از محل مجرای خروجی تا بالا ترین نقطه (دورترین) و Bw عرض حوضه که در عرض ترین بخش آن اندازه گیری می شود (شکل ۱۰).



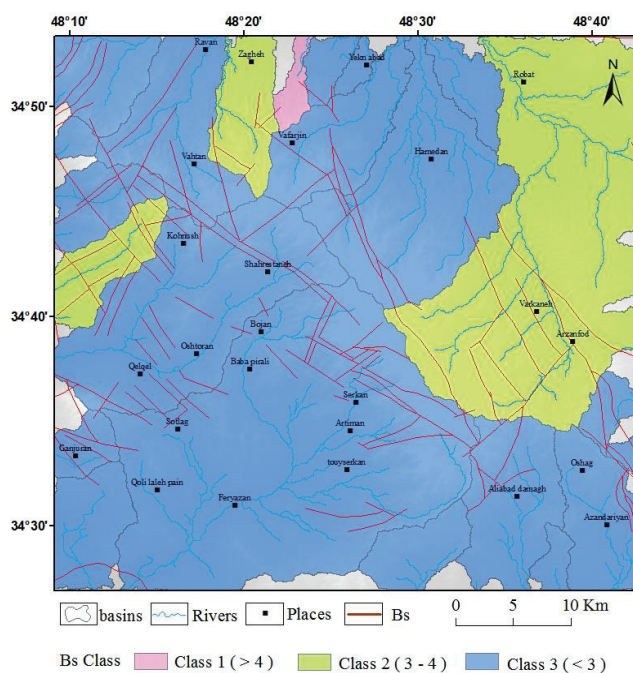
شکل ۱۰: شکل های مختلف حوضه های آبریز

شده حوضه آبریز منطقه الوند بیشتر در رده ۳ قرار گرفته که نشان دهنده شکل تقریباً بادبزنی زیر حوضه ها می باشد (شکل ۱۱ ب).

مقدار این شاخص در حوضه آبریز الوند بین ۱,۲۴ تا ۵,۶۲ متغیر بوده و بیشترین مقدار BS مربوط به حوضه شماره ۶ و کمترین مقدار آن مربوط به حوضه شماره ۹ می باشد (شکل ۱۱ الف). اما در کل طبق رده بندی انجام



شکل ۱۱الف: نحوه اندازه گیری شاخص شکل حوضه (Bs) در حوضه های منطقه الوند

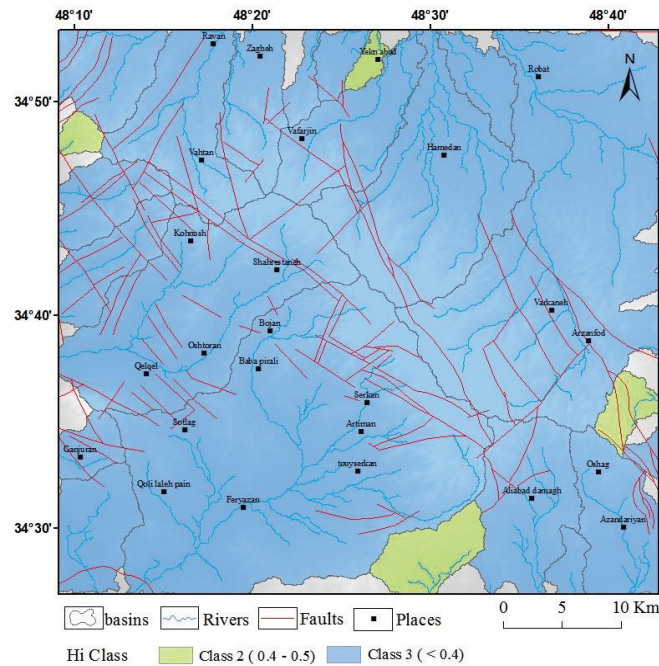


شکل ۱۱ب: رده بندی شاخص شکل حوضه (Bs)

پایین آن با نواحی قدیمی که فرآیند فرسایش بر آنها حاکم است و کمتر تحت تأثیر زمین ساخت فعال منطقه است، مرتبط هستند (El Hamdouni et al., 2007). در این منطقه با توجه به محاسبه انجام شده، Hi دارای مقادیر مختلف از ۰/۱۹ تا ۰/۴۸ می باشد که رده بندی انجام شده آن، نشان دهنده ی این است که، منطقه دارای فعالیت تکتونیکی کمی می باشد و بیشتر حوضه ها در رده ۳ قرار دارند (شکل ۱۲).

انتگرال فراز سنجی (Hi)

انتگرال فراز سنجی پراکندگی ارتفاع را در یک ناحیه خاص نشان می دهد. (Strahler, 1952) استفاده مفید از منحنی فرازسنجی این است که حوضه زهکشی با اندازه های مختلف را می توان با یکدیگر مقایسه کرد (Pike and Wilson, 1971., Mayer, 1990., Keller and Pinter, 2002). انتگرال فرازسنجی به طور مستقیم با زمینساخت فعال ارتباط ندارد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده نواحی فعال و جوان و مقادیر



شکل ۱۲: رده بندی شاخص انتگرال فراز سنجی (Hi) در کوهستان الوند

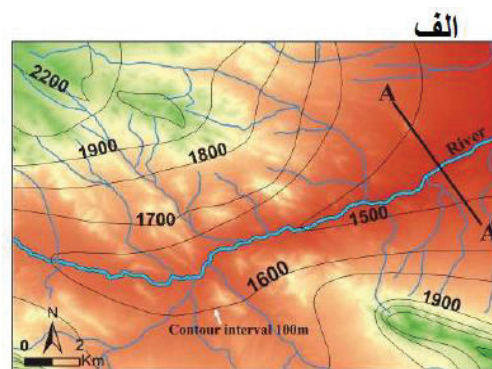
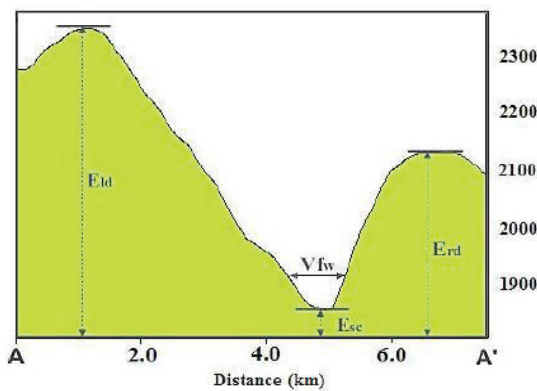
نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf)

ترتیب ارتفاع دیواره های سمت چپ و راست دره (دید به سمت پایین دست آبراهه) می باشد و ESC ارتفاع متوسط کف دره می باشد (شکل ۱۴ الف و ب). نسبت عرض کف دره رابطه مستقیمی با اندازه حوضه آبریز و فرسایش پذیری سنگ ها و رابطه معکوس با نرخ بالآمدگی دارد. همچنین ارتفاع دره با گذشت زمان بعد از مرحله بالآمدگی کاهش می یابد (Bull, 2007).

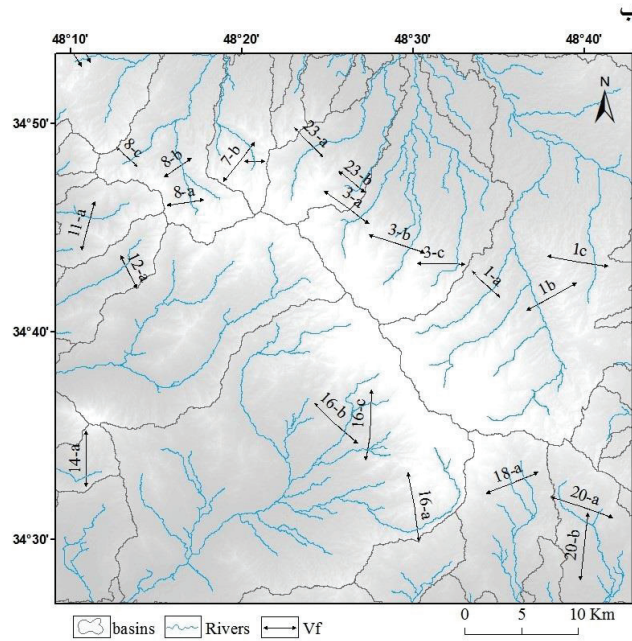
نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره یک شاخص ژئومتری است که برای مشخص شدن دره های V شکل و U شکل استفاده می شود (Bull and McFad, 1977). این شاخص از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Vf = 2Vfw / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$$

که در این رابطه Vf نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن، Vfw مقدار عرض کف دره، Eld و Erd به



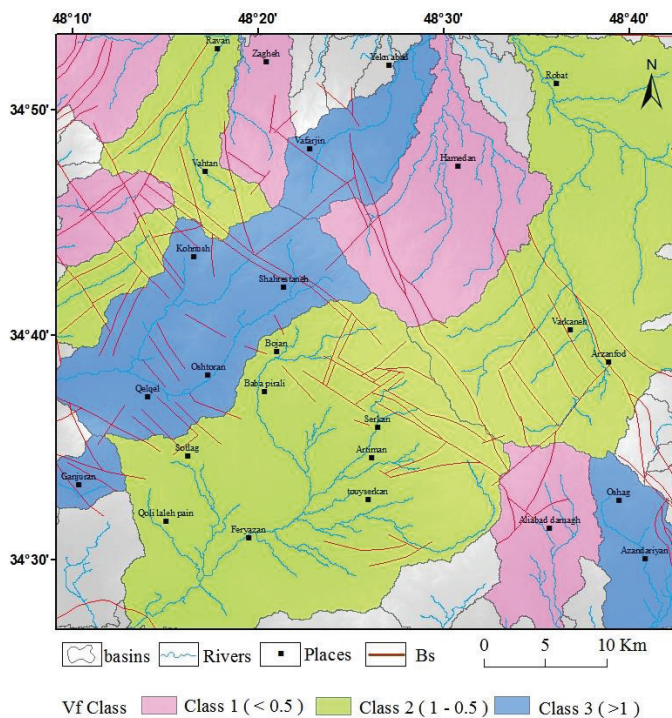
الف



شکل ۱۳: الف) نحوه ی محاسبه پارامترهای شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf)، ب) محل های اندازه گیری شاخص Vf بر روی نقشه کوهستان الوند

زمین ساختی تا ۲/۹ در مناطق با فعالیت کم زمین ساختی را نشان می دهد که بیشترین مقدار آن مربوط به حوضه شماره ۱۴ می باشد. بررسی این شاخص در منطقه نشان دهنده این است که در این منطقه دره ها بیشتر بصورت U شکل می باشند (شکل ۱۴).

از دیدگاه سیلوا و همکاران (Silva et al, 2003) این شاخص باید در فاصله مشخصی از پیشانی کوهستان ۵/۱ تا ۱ کیلومتر اندازه گیری و در منطقه مورد بررسی میزان این شاخص برای دره های اصلی که پیشانی گسلی را قطع می کنند برآورد شود. مقدار این شاخص در منطقه تغییراتی بین ۰/۴۵ در مناطق فعال



شکل ۱۴: رده بندی شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf) برای کوهستان الوند

پیچ و خم پیشانی کوهستان (Smf)

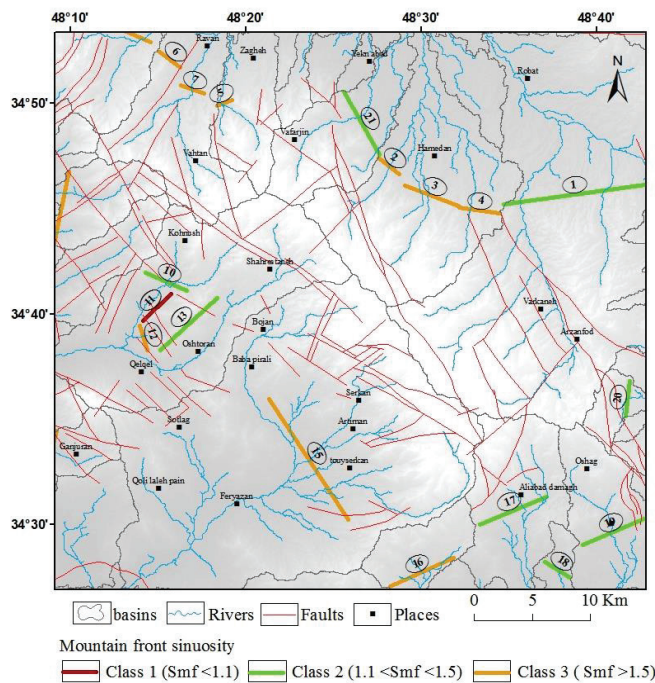
این شاخص برای ارزیابی فعالیت تکتونیکی در طول پیشانی کوهستان استفاده می شود (Keller and Pinter 2002; Silva et al., 2003). شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان از رابطه زیر بدست می آید (Bull and Mc-Fadden, 1977; Bull, 1978):

$$Smf = Lmf / Ls$$

در این رابطه Smf شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان می باشد و Lmf طول پیشانی در دامنه آن، یعنی جایی که دامنه کوه به دشت برخورد میکند و Ls معادل طول خط مستقیم در بخش پیشانی کوه است.

در پیشانی کوهستان های فعال تکتونیکی، فرآیند بالا آمدگی بر فرآیند فرسایش مسلط است که نتیجه آن پیشانی مستقیم تر با مقدار کمتر شاخص Smf می باشد. در امتداد پیشانی کوهستان با فعالیت کمتر، فرآیندهای نامنظم فرسایشی یا پیشانی هایی سینوسی با مقدار شاخص Smf بیشتر ایجاد می گردد (Mahmood and Gloaguen, 2012).

در این منطقه مقدار این شاخص برای ۱۵ حوضه مشخص گردیده است که بیشترین مقدار آن مربوط به حوضه شماره ۱۴ با مقدار ۲/۳۴ و کمترین آن مربوط به حوضه شماره ۱۳ با مقدار ۱/۲۸ می باشد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵: رده بندی شاخص پیچ و خم پیشانی (Smf) کوهستان الوند

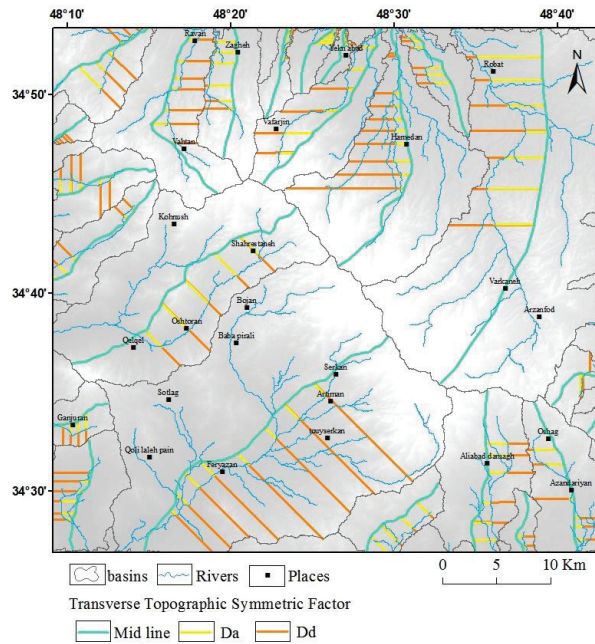
فعال مورد استفاده قرار می گیرد (Keller and Pinter, 2002). مقدار T بیانگر یک بردار با مقدار عددی ۰ تا ۱ است. با افزایش عدم تقارن مقدار T افزایش می یابد (Randel, 1994). این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$T = Da / Dd$$

در این رابطه Da فاصله میان خطوط میانی تا رودخانه و Dd فاصله خط میانی تا مرز حوضه است (شکل ۱۶).

الگوی تقارن توپوگرافی عرضی (Tilting)

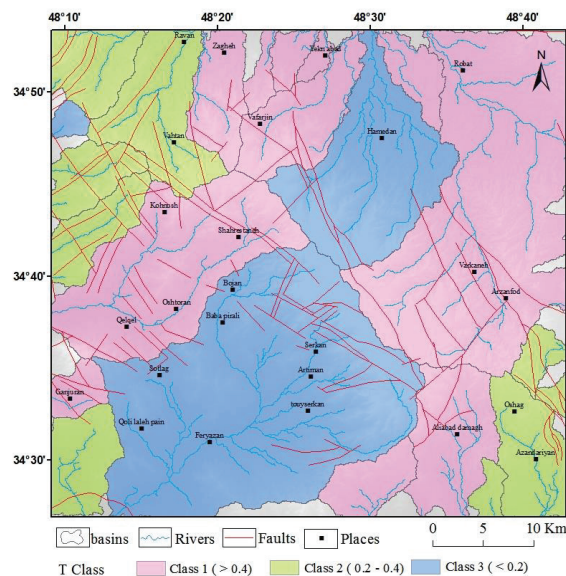
محاسبه این شاخص روشی است برای ارزیابی یک رودخانه درون حوضه و تغییرات میزان عدم تقارن در بخش های مختلف دره است. این شاخص یک روش سریع برای تشخیص کج شدگی حاصل از زمین ساخت فعال است (Cox, 1994). بررسی آن همراه با شاخص عدم تقارن آبراهه ها (Af) در حوضه زهکشی برای شناسایی سریع تر مناطق کج شده بر اثر بالا آمدگی



شکل ۱۶: نقشه توزیع محل های اندازه گیری پارامترهای شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) در کوهستان الوند

حوضه های منطقه مورد مطالعه بررسی گردید، بنابراین بیشترین میزان شاخص T مربوط به حوضه شماره ۱۷ با مقدار ۰/۸۰ که نشان دهنده ی بالاآمدگی فعال در این حوضه می باشد و کمترین میزان این شاخص مربوط به حوضه شماره ۱۶ می باشد که مقدار آن ۰/۱۶ است (شکل ۱۷).

بررسی تغییرات میزان کج شدگی در بخش های مختلف یک ناحیه اختلاف در میزان بالاآمدگی را آشکار می سازد، در نتیجه مقادیر عددی نزدیک به یک بیانگر بالاآمدگی فعال در مناطق مورد بررسی می باشد، این گونه بررسی ها برای حوضه های دارای شبکه طرح درختی (دندریتی) بیشتر توصیه می شود (یوسفی، ۱۳۹۲). میزان کج شدگی برای تمامی

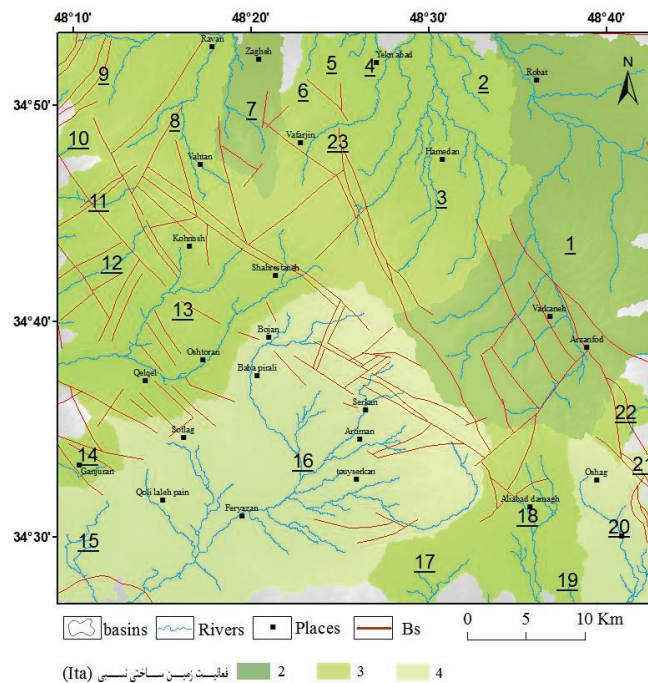


شکل ۱۷: رده بندی شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) کوهستان الوند

بحث

زمین ساخت فعال نسبی متوسط $(s/n) < 2$ و رده چهار زمین ساخت فعال نسبی کم $(s/n) < 2/5$ تقسیم می شود (شکل ۱۸). مقادیر شاخص ها و رده بندی آنها در جدول ۱ جمع بندی شده است. همان طور که در شکل ۱۸ دیده می شود حوضه ۱ که در شمال شرق کوهستان الوند بیشترین فعالیت زمین ساختی را براساس شاخص های ریخت زمین ساختی نشان می دهد. با مقایسه این حوضه با نقشه گسل های منطقه (شکل ۱۹) مشاهده می شود که گسلهای بزرگ معکوس در این منطقه حضور دارند و باعث راندگی شیب ها روی هم شده است. اغلب ساختاری های شکنا این منطقه روند شمال غرب - جنوب شرق دارند و از روند ساختاری کوهزاد زاگرس پیروی می کنند. در بازدید های میدانی زمین لغزش های خطی در منطقه شرق کوهستان الوند مشاهده می شوند که در محدوده حوضه اقرار می گیرند و نشان دهنده فعالیت های زمین ساختی منطقه هستند (قبادی و همکاران، ۱۳۹۳) (شکل ۲۰).

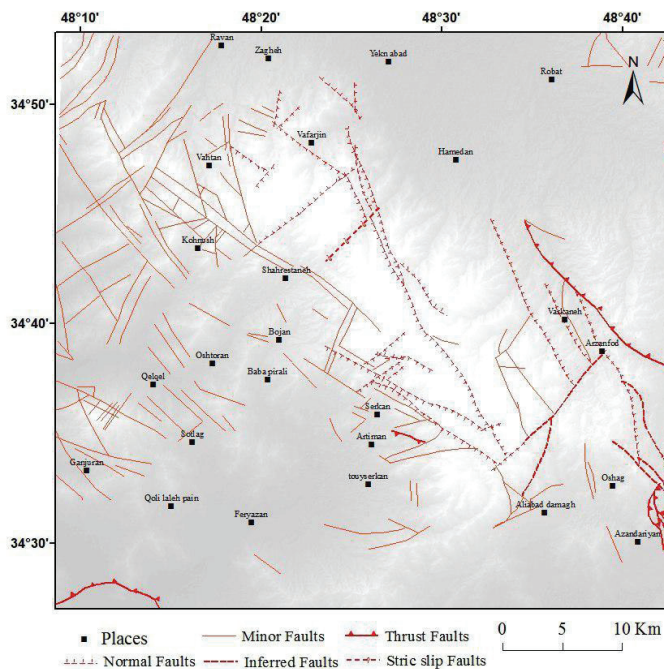
هریک از شاخص های مورد بحث یک طبقه بندی نسبی از فعالیت تکتونیکی منطقه ارائه می دهند که برای مطالعات شناسایی و بررسی های مقدماتی مفید می باشند. اما زمانی که چندین شاخص برای شناسایی یک منطقه باهم بکار برده شوند، اطلاعات دقیقتر و مستدل تری را ارائه می دهند. بنابراین طبق نظر حمدونی و همکاران (Hamdouni et al, 2007) برای هر یک از شاخص ها برای تعیین زمین ساخت فعال نسبی (Iat) به سه رده یک (فعالیت زیاد) رده دو (فعالیت متوسط) و رده سه (فعالیت کم) تقسیم شدند. سپس با محاسبه میانگین رده هر یک از شاخص ها (s/n) که S رده هر شاخص و n تعداد شاخص های محاسبه شده می باشد، زمین ساخت فعال نسبی (Iat) هر یک از حوضه ها مشخص می گردد. در این صورت زمین ساخت فعال نسبی به چهار رده که رده یک زمین ساخت فعال نسبی خیلی زیاد $(s/n) < 1/5$ ، رده دو زمین ساخت فعال نسبی زیاد $(s/n) < 2$ ، رده سه



شکل ۱۸: رده بندی زمین ساخت فعال نسبی (IAT)

جدول ۱: مقدار شاخص ها و رده بندی آن ها و تعیین زمین ساخت فعال نسبی (IAT)

name	Hi	Class Hi	Af	Class Af	SL	Class SL	Bs	Class Bs	T	Class T	Smf	Class Smf	Vf	Class Vf	S/n	IAT
1	0.26	3	38.12	2	333.57	1	3.09	2	0.62	1	1.44	2	0.74	2	1.9	2
2	0.30	3	25.49	1	-	-	2.42	3	0.56	1	-	-	-	-	2.0	3
3	0.29	3	44.15	3	325.46	1	2.15	3	0.20	2	1.75	3	0.49	1	2.3	3
4	0.48	2	47.10	3	-	-	2.80	3	0.55	1	-	-	-	-	2.3	3
5	0.19	3	58.21	2	-	-	1.96	3	0.76	1	-	-	-	-	2.3	3
6	0.32	3	48.61	3	66.66	3	5.62	1	0.59	1	-	-	-	-	2.2	3
7	0.26	3	29.57	1	261.85	2	3.05	2	0.70	1	1.59	3	0.49	1	1.9	2
8	0.25	3	59.15	2	218.25	2	2.23	3	0.25	2	1.86	3	0.7	2	2.4	3
9	0.32	3	66.79	1	120.84	3	1.24	3	0.24	2	1.61	3	0.5	1	2.3	3
10	0.47	2	47.20	2	-	-	1.27	3	0.16	3	-	-	-	-	2.5	3
11	0.34	3	62.33	2	188.12	2	1.49	3	0.30	2	1.51	3	0.45	1	2.3	3
12	0.30	3	62.30	2	185.60	2	3.67	2	0.37	2	-	-	-	1	2.2	3
13	0.28	3	39.70	2	324.19	1	2.13	3	0.57	1	1.28	2	2.14	3	2.1	3
14	0.26	3	26.28	1	107.90	3	1.47	3	0.41	1	2.34	3	2.9	3	2.4	3
15	0.22	3	49.59	3	64.42	3	1.81	3	0.24	2	-	-	-	-	2.8	4
16	0.24	3	46.46	3	420.16	1	1.60	3	0.16	3	1.79	3	1	2	2.6	4
17	0.38	3	7.63	1	100.95	3	1.41	3	0.80	1	1.64	3	-	-	2.3	3
18	0.25	3	28.02	1	210.50	2	1.82	3	0.53	1	1.53	3	0.46	1	2.0	3
19	0.23	3	36.71	2	-	-	2.25	3	0.31	2	1.45	2	-	-	2.4	3
20	0.27	3	54.09	3	251.06	2	2.02	3	0.37	2	1.52	3	1.02	3	2.7	4
21	0.29	3	59.15	2	-	-	1.62	3	0.23	2	-	-	-	-	2.5	4
22	0.40	2	84.40	1	-	-	1.48	3	0.37	2	1.4	2	-	-	2.0	3
23	0.28	3	33.56	1	286.65	2	2.64	3	0.50	1	1.42	2	1.51	3	2.1	3



شکل ۱۹: نقشه گسل های کوهستان الوند بر روی مدل رقومی ارتفاع منطقه، اغلب گسلها روند شمال غرب- جنوب شرق دارند.



شکل ۲۰: زمین لغزش های خطی منطقه شرق کوهستان الوند که در محدوده حوضه افرار می گیرند و نشان دهنده فعالیت های زمین ساختی منطقه است.

, 225-238.

Azor, A., Keller, E.A and Yeats, R.S., 2002. Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California, Geology Society of American Bulliten. 114, pp.745-753.

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.

Bull, W.B. 2007. Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology. Wiley-Blackwell, Oxford: 326 p.

Bull, W.B., 2009. Tectonically Active Landscapes. Wiley-Blackwell, Oxford: 326 p.

Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, 115-138.

Burbank, D.W., Anderson, R.S., 2001. Tectonic Geomorphology. Blackwell Science, Oxford, 247 p.

Cox, R. T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. Geological Society of America Bulletin 106:571-581.

Hack, J.T., 1973. Stream-profiles analysis and stream-gradient index. Journal of Research of the U.S. Geological Survey 1, 421e429.

EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J. and Keller, E. A., 2007. Assessment of relative active tectonics. southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology. Article in press.

Keller, E.A., Pinter, N., 2002. Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey, 362 p.

Keller, E.A., Pinter, N., 2002. Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey, 362 p.

Mayer, L., 1986. Tectonic geomorphology of es-

نتیجه گیری

شاخص های ژئومورفیک فعالیت تکتونیکی ابزار مناسبی برای بررسی تاثیر فعالیت تکتونیکی می باشد. در راستای بررسی فعالیت تکتونیکی منطقه همدان از شاخص های مختلفی از جمله شاخص انتگرال فراسنجی (Hi)، طول - شیب رودخانه (SL)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شکل حوضه زهکشی (Bs)، پیچ و خم پیشانی کوهستان (Smf)، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی شاخص های مورفوتکتونیکی در حوضه های آبریز کوهستان الوند میزان زمینساخت نسبی فعال مشخص گردید. بیشترین فعالیت مربوط به حوضه شماره ۱ در شمال شرقی و حوضه شماره ۷ در شمال کوهستان الوند می باشد. اغلب حوضه ها دارای فعالیت زمینساختی متوسط هستند و دو حوضه شماره ۱۵ و ۱۶ و ۲۰ دارای فعالیت زمینساختی پایین هستند. با توجه به بررسی های صحرائی زمین لغزش های جوان فراوانی در حوضه های دارای فعالیت تکتونیکی بالا تشکیل شده اند.

منابع

حاج منوچهری، م و آراین، م و قرشی، م و سلگی، ع و سربی، ع. ۱۳۹۴. نشانه های زمین ریختی زمین ساخت فعال حوضه زهکشی چالوس در البرز، شمال ایران؛ مجله علوم زمین، شماره ۹۵، صفحات ۲۷۳ - ۲۸۰.

سلیمانی، ش، ۱۳۷۸. رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان (با نگرشی بر مقدمات دیرینه شناسی)، تهران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

قبادی، م. ح.، بهزادتبار، پ.، خدابخش، س.، ایزدی کیان، ل.، ۱۳۹۳. مطالعه عوامل زمین شناسی موثر بر وقوع زمین لغزش های منطقه زمان آباد، جنوب شرق همدان، مجله زمین شناسی مهندسی ایران، شماره ۳، صفحات ۱-۱۴.

Azañón .J. M, Pérez-Peña .J. V, Giaconia .F, Booth-Rea .G, Martínez-Martínez .J. M and Rodríguez-Peces .M. J., 2012. Active tectonics in the central and eastern Betic Cordillera through morphotectonic analysis: the case of Sierra Nevada and Sierra Alhamilla; Journal of Iberian Geology: 38 (1)



analysis of erosional topography . Geological Society of America Bulletin 63,1117-1142.

carpments and mountain fronts, In: Wallace (ed.), Active Tectonics, Studies in Geophysics. National Academy Press, Washington, DC,125–135.

Mayer, L., 1990. Introduction to Quantitative Geomorphology . Prentice Hall, Englewood , Cliffs , NJ.

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.

Mahmood, S. A., Gloaguen, R.,2012. Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis; Geoscience Frontiers 3(4), 407-428.

Pérez-Peña, J.V., Azañón, J.M., Azor, A., Tuccimei, P., Della Seta, M., Soligo, M., 2009. Quaternary landscape evolution and erosion rates for an intramontane Neogene basin (Guadix–Baza basin, SE Spain). Geomorphology 106, 206–218.

Pérez-Peña, J. V., Azor, A., Azañón, J. M., Keller, E. A., 2010. Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. Geomorphology 119 , 74–87.

Pike, R. J., Wilson, S. E., 1971. Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. Geological Society of America Bulletin 82, 1079-1084

Randel,T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as arpin techniques to identify areas of possible Qaternary tilt-block tectonics: An examble from the Mississippi Embayment. Geological society. Vol. 106,571-581.

Ramirez-Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. Earth Surface Processes and Landforms 23, 317-332.

Schumm, S.A., Dumont, J.F., Holbrook, J.M., 2000. Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press, Cambridge, 276 p.

Stocklin, J., 1974. Northern Iran :Alborz Mountains. In: Spencer ,A.(Ed). Mesozoic –Cenozoic Orogenic Belts : Data for Orogenic Studies . Geological Society Special Publication , London 4,pp.213-234.

Strahler, A. N., 1952. Hypsometric (area-altitude)