زمستان ۸۹، سال بیستم، شماره ۷۸، صفحه ۱۵۹ تا ۱۶۷

نشانههای زمینریختی زمینساخت فعال حوضه طالقانرود، شاهرود و سفیدرود در البرز مركزي، شمال ايران

زهرا مردانی^{1*} ، منوچهر قرشی³⁷ ، مهران آرین^۱ ، خسرو خسروتهرانی^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران ۲ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهرٰان شمال ، تهران، ایران ^۳ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش:۱۳۸۸/۰۹/۱۱

چکیدہ

شاخصهای زمینریختشناسی زمینساخت فعال، ابزار مفیدی برای بررسی تأثیر فعالیت زمینساخت در یک ناحیه است، محاسبه این شاخصها به وسیله نرم افزارهای ArcGIS، سنجش از دور (به عنوان ابزار شناسایی)، در یک منطقه بزرگ برای تشخیص ناهنجاریهای احتمالی مرتبط با زمین ساخت فعال سودمند است. این روش بویژه در مناطقی که کار مطالعاتی کمی بر روی فعالیت زمینساختی آن با استفاده از این روش صورت گرفته (باختر البرز مرکزی)، میتواند روش نو و مفیدی باشد. بر اساس مقادیر شاخص طول- شیب رودخانه (SL)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، انتگرال فرازسنجی (Hi)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شکل حوضه زهکشی (Bs) و پیچ و خم پیشانی کوه (Smf) شاخصی به نام Index of relative active tectonics) زمین ساخت فعال نسبی) حاصل شد که ترکیبی از شاخص های بالا بوده و خود به چهار رده تقسیم می شود. مقادیر به دست آمده برای شاخص Iat در منطقه مورد بررسی نشان دهنده، پهنهای با فعالیت زمین ساختی متوسط (رده ۳) در جنوب سد منجيل و پهنهاي با فعاليت زمين ساختي بالا (رده ٢) در حوضه زهكشي شاهرود، سفيدرود و پهنهاي با فعاليت خيلي بالا (رده ١) درحوضه زهكشي طالقانرود و الموترود است. الگوی تقارن توپو گرافی عرضی (T) نیز برای ناحیه مورد بررسی محاسبه و نتیجه آن به شکل نقشهای از بردارهای T تهیه شد. با مقایسه مقادیر این شاخص با نقشه ردهبندي زمينساخت فعال نسبى تطبيق نواحي رده بالا با پهنههاي داراي مقادير بالاي عدم تقارن تأييد شد.

> **گليدواژهها:** شاخص هاي زمين ريختي زمين ساخت فعال، حوضه زهكشي، عدم تقارن، البرز مركزي. * نویسنده مسئول: زهرا مردانی

E-mail: mhmardani@yahoo.com

1- مقدمه

برای بررسی میزان دگرریختی ایجاد شده در اثر فعالیتهای زمینساختی میتوان از شاخصهای زمینریختشناسی استفاده کرد (;Bull and McFadden., 1977 Azor et al., 2002; Keller and Pinter, 2002; Silva et al., 2003; Molin et al., 2004; Hamdouni et al., 2007) در بیشتر بررسیهای انجام شده پیشین شاخصهای خاص در مقیاس منطقهای (مانند حوضه زهکشی پیشانی کوه) مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال Bull and McFadden (1977) و Bull and McFadden (1977) با ترکیب شاخص های smf و vf به تقسیمبندی پیشانی کوه به رده ۱ تا ۳ پرداختند. Silva et al. (2003) نيز زمين ساخت فعال نسبي پيشاني هاي مختلف كوه را در جنوب اسپانیا با بر آورد شاخص های smf، vf و T مورد بررسی قرار داده و از شاخص های عدم تقارن Af و شکل حوضه زهکشی Bs برای تأیید کج شدگی زمین ساختی استفاده کرد. (Hamdouni et al. (2007) افزونبر شاخص های یادشده، انتگرال فراز سنجی (Hi) و

شاخص طول-شیب رودخانه (SL)، رانیز به کار برد که مبنای علمی در تعیین زمین ساخت فعال نسبی شد. تلفیق این روش می تواند ابزار به نسبت دقیقی در تعیین فعالیت نسبی زمین ساختی شود. لذا در این مقاله سعی شده است که با استفاده از تلفیق روش های یادشده به تعیین زمینساخت فعال نسبی حوضه طالقانرود، شاهرود و سفیدرود پرداخته شود.

۲- ناحیه مورد بررسی

رودخانه طالقانرود- شاهرود با طولی برابر با ۱۸۶٬۳ کیلومتر از ارتفاعات ۴۱۰۸ متری کوه کهار سرچشمه می گیرد. این رودخانه در ابتدا دارای روند جنوبباختر-شمالخاور بوده و در ادامه با روند خاور – باختر پس از اتصال به قزل اوزن در منجیل، رودخانه سفیدرود را با روند شمال-جنوب تشکیل میدهند که دارای حوضه آبریزی با مساحتی حدود ۸۰۳۲ کیلومترمربع است (شکل ۱). حوضه زهکشی طالقانرود-شاهرود در تقسیمبندی باختر البرز مرکزی توسط (Guest et al. (2006) در بخش www.SID.ir

پوسته نازک واقع شده است. جهت حرکت (vergence) ساختارها در این بخش از باختر به خاور تغییر یافته، همچنین ستبرا به سمت خاور کاهش یافته به طوری که در محدوده طالقان و الموت پهنای منطقه ۴۰ کیلومتر بوده و دارای چین های باز وگسل های با شیب به سمت جنوب است به سمت خاور، پهنای منطقه به کمتراز ۱۰ کیلومتر تغییر کرده و چین های بسته و گسل های راندگی با شیب به سمت شمال را شامل میشود. بر پایه تقسیمبندی (Stöcklin (1974) حوضه زهکشی رودخانه سفیدرود در منطقه نئوژن شمالی و منطقه شمالی- مرکزی واقع شده و تغییر شکل سنگها در این منطقه بیشتر به شکل گسلخوردگی و چینخودگی است.

۳- تعیین الگوی زهکشی منطقه مورد بررسی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعي منطقه

در ابتدا مدل رقومي ارتفاعي (Digital Elevation Model-DEM) ناحيه مورد بررسي، با استفاده از نقشه های تو پو گرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ، به شکل Raster تهیه شد سپس با استفاده از یکی از Extension های جانبی نرمافزار ArcGIS با عنوان (Arc Hydro Tools) که امکانات تعیین زیرحوضه های یک حوضه، مساحت آنها و همچنین شبکه آبراهه ها را با ترکیب مجموعهای از فرایندهای محاسباتی فراهم میآورد، الگوی زهکشی منطقه تهیه شد. نتیجه تجزیه نرمافزار و کنترل آن با نقشههای توپوگرافی محدوده بررسیشده و با حذف زیرحوضههای قرار گرفته در مسیر رودخانه اصلی از دیدگاه (2007) Hamdouni et al، زیر حوضه در کل منطقه شناسایی شد.

۴- شاخصهای زمینریختی زمینساخت فعال

زمین ریختشناسی ابزاری ارزشمند در بررسی زمین ساخت پویا است. ریختسنجی (morphometry) به صورت اندازه گیریهای کمی شکلهای زمین ریختی توصیف 109

می شود. به طور ساده، زمین ریخت ها با اندازه ارتفاع و شیب توصیف می شوند. اندازه گیری های کمی امکان مقایسه عینی زمین ریخت های مختلف و محاسبه پارامتر های کمتر قابل فهم را فراهم ساخته و شناسایی ویژگی های خاص شامل سطح فعالیت زمین ساختی یک منطقه را امکان پذیر می سازد (Keller, 1986).

در محدوده مورد بررسی مجموعهای از چند شاخص برای تعیین زمینساخت نسبی مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخصها در تمام زیرحوضههای منطقه اندازه گیری شده و هر کدام به سه رده فعالیت زمین ریختی تقسیم شد. سپس میانگین ردههای تمام شاخصها محاسبه و چهار رده زمین ساخت فعال نسبی حاصل شد (Hamdouni et al. 2007).

SL) ا. شاخص طول- شیب رودخانه

شاخص طول- شیب برای ارزیابی زمین ساخت فعال نسبی ابزار مفیدی است. هنگامی که رودخانه ها و آبراهه ها در نواحی با نرخ بالاآمدگی زیاد جریان دارند، مقدار SL افزایش می یابد، در حالی که وقتی جریان رودخانه به موازات ساختارهایی مانند دره های حاصل از گسل راستالغز صورت گیرد، میزان SL کاهش می یابد (Reller and Pinter, 2002 در محاسبه شد. SL = (Δh/Δl) L (۱)

در این فرمول Δh/Δl شیب بخشی از مجرا و l طول مجرا از بالا دست تا نقطهای که برای آن شاخص بر آورد می شود، است.

این شاخص تحت تأثیر میزان مقاومت جنس بستر نیز بوده و با جریان یافتن رودخانه بر روی سنگهای با مقاومت بالا، میزان بالای (SL) و در سنگهای با مقاومت پایین، میزان پایین (SL) را نشان میدهد. به منظور بررسی ارتباط بین مقاومت سنگ و شاخص یادشده، سنگهای موجود در منطقه مورد بررسی بر اساس میزان مقاومت به گروههای با مقاومت خیلی کم (نهشتههای آبرفتی جوان)، مقاومت کم (نهشتههای دامنهای)، مقاومت متوسط (شیل و سیلتسنگ)، مقاومت بالا (سنگآهک، توف، کنگلومرا، ماسهسنگ) و مقاومت خیلی بالا (مونزودیوریت– مونزوگابرو و کوارتزیت) تقسیم شدند (معماریان، ۱۳۸۰). سپس مناطق با میزان بالای (SL) بر روی نقشه مقاومت نسبی مشخص و با استفاده از نرم افزار ArcGIS ارتباط آن با مقاومت سنگ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر به دست آمد (شکلهای ۳، ۴ و۵): الف) پهنهای با مقاومت متفاوت و بی هنجاری بالا: در بخش خاوری منطقه بررسی شده پراکندگی متفاوت و بالایی از شاخص (SL) دیده می شود به طوری که در ابتدای طالقانرود و همین طور الموترود میزان بالای این شاخص در سنگهای با مقاومت نسبي پايين قابل مشاهده است. اين مقدار بالا را مي توان به وجود گسل هاي طالقانرود و الموترود مرتبط دانست. در محل اتصال طالقانرود و الموترود گسل الموت به صورت عرضي اين رودخانه ها را قطع مي كند و در همين بخش نيز ميزان بالاي (SL) ديده مى شود. با توجه به پراكندگى يكنواخت نقاط بابى هنجار بالادر سنگ شناسى هاى متفاوت مي توان تغييرات مقدار شاخص (SL) را نتيجه فعاليت بالاي زمين ساختي اين پهنه دانست. ب) پهنه با مقاومت يکسان و بي هنجاري بالا: اين پهنه در بخش هاي شمالي رودخانه شاهرود میان دو زون گسلی بزرگ جیرنده در شمال و شاهرود در جنوب قرار گرفته است. در این بخش نیز با وجود مقاومت کم و بیش یکنواخت و بالای سنگهای موجود مقدار شاخص (SL) بیهنجاری بالایی را نشان میدهد. مشابه همین وضعیت در شمالباختر ناحیه در حوضه آبریز سفیدرود نیز دیده میشود. با توجه به یکنواخت بودن سنگشناسی، بیهنجاری (SL) نشاندهنده عملکرد زمینساختی بالای گسل های طولی (جیرنده، شاهرود، سفیدخانی و کشاچال) و گسل های عرضی (رودبار – کلیشم – درفک) در حوضه سفیدرود است.

ج) پهنه با مقاومت یکسان و بدون بی.هنجاری: در بخش جنوب باختری ناحیه www.SID.jr

بررسی شده شاخص (SL) مقادیر به نسبت کمی را نشان میدهد و به طور موردی در بعضی از مناطق مقادیر بالای این شاخص دیده می شود که مرتبط با مقاومت بالای سنگ است. در مجموع با توجه به این که سنگ شناسی منطقه به نسبت یکنواخت و مقاومت بالاست، تغییرات شاخص(SL) در این پهنه دیده نمی شود که این وضعیت گویای فعالیت پایین پهنه است.

(Af). شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی(Af)

شاخص عدم تقارن (Af) به بررسی میزان کج شدگی زمین ساختی جهت جریان در حوضه زهکشی میپردازد (Hare and Gardner, 1985; Keller and Pinter, 2002). شاخص Af بر اساس رابطه زیر بر آورد می شود:

Af = 100(Ar / At)

که در این رابطه Af مساحت حوضه در سمت راست آبراهه (دید به سمت پایین دست) و Ar مساحت کل حوضه زهکشی است.

مقدار Af برابر با ۵۰ نشان دهنده عدم کج شدگی و شرایط به نسبت پایدار در حوضه است و اگر این مقدار از ۵۰ کمتر و یا بیشتر باشد نشان دهنده کج شدگی حوضه است که می تواند نتیجه فعالیت زمین ساختی و یا ساختارهای موجود در سنگ همچون تورق باشد. برای خنثی کردن نقش لایه بندی و تورق در شاخص AF چنین فرض می شود که نه سنگ شناسی (مانند لایه های رسوبی شیب دار) و نه اقلیم محلی (اختلاف گیاهی میان شیب های رو به شمال و جنوب) باعث عدم تقارن می شوند افرض می موجود در منطقه بر آورد شده و با توجه به این که مقادیر بالای Af به طور عمده اصلی موجود در منطقه بر آورد شده و با توجه به این که مقادیر بالای Af به طور عمده زمین ساختی نقش کنترل کننده بر روی این شاخص داشته است. لازم به یاد آوری است که بیشترین میزان این شاخص را در خاور منطقه بر رسی شده (حوضه زهکشی طالقان رود و الموت رود) و در شمال باختر (حوضه زهکش سفید رود) و کمترین آن در جنوب سد منجیل به دست آمده است (شکل ۶).

Bs) • **۳−۴. شاخص شکل حوضه**

(۳)

با استفاده از این شاخص می توان شکل حوضه را به یک شاخص کمی تبدیل نمود (Cannon, 1976; Ramírez-Herrera, 1998):

Bs = Bl/Bw

که در این رابطه BI طول حوضه، از محل مجرای خروجی تا بالاترین نقطه (دورترین) آن و BW عرض حوضه، که در عریض ترین بخش آن اندازه گیری می شود. حوضه های با کشیدگی زیاد مشخص کننده مناطق فعال زمین ساختی است یعنی جایی که جریان به صورت ابتدایی بستر خود را حفر می کند. این روش برای تجزیه حوضه زهکشی نزدیک پیشانی کو هستان زمانی که زمین ساخت فعال باعث بالا آمدگی سریع شده (Bull and Macfaden, 1977) و یا در مناطقی که دچار فروافتادگی شده (Bull and Macfaden, 1977) مورد استفاده قرار گرفته است. در حوضه زهکش طالقان رود – شاهرود و سفید رود میزان این شاخص بین ۱/۱۱ تا ۵/۹ تغییر می کند و بیشترین مقدار آن در اطراف رودخانه الموت رود و شمال رودخانه طالقان رود (خاور محدوده مور دبر رسی) و کرانه خاوری رودخانه سفید رود به دست آمده است (macful) (Hi

انتگرال فرازسنجی پراکندگی ارتفاع را در یک ناحیه خاص نشان می دهد. منحنی فرازسنجی که شامل رسم نسبت ارتفاعی در برابر نسبت مساحت و محاسبه مساحت زیر منحنی است، مستقل از اندازه حوضه و برآمدگی است (Strahler, 1952). استفاده مفید از منحنی فرازسنجی این است که حوضههای زهکشی با اندازههای مختلف را می توان با همدیگر مقایسه نمود .(Pike & Wilson, 1971; Mayer, 1990).

Keller & Pinter, 2002) انتگرال فراز سنجی به طور مستقیم با زمین ساخت فعال ارتباط ندارد. مقادیر بالای این شاخص نشاندهنده نواحی فعال و جوان بوده و مقادیر پایین آن با نواحی قدیمی که فرایند فرسایش برآنها حاکم است و کمتر تحت تأثیر زمين ساخت فعال منطقه است، مرتبط اند (Hamdouni et al., 2007).

در منطقه مور دبر رسی منحنی های فراز سنجی برای زیر حوضه ها تو سط نر مافز ار excel رسم و مساحت سطح زير اين منحني ها كه نشان دهنده مقدار شاخص انتگرال فراز سنجي است با استفاده از نرمافزار matlab محاسبه شد. بیشتر زیرحوضهها مقادیر بالای این شاخص را نشان مي دهند تنها در بخش هايي از مجاري اصلي رودخانه ها كه به طور عمده در نهشتههای کواترنر جریان دارند مقادیر کم این شاخص به چشم میخورد (شکل ۸). **(Vf) نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf)**

Vf به عنوان نسبت عرض كف دره به ارتفاع آن (Bull and McFadden, 1977; Bull, 1978)، به شکل زیر توصیف شده است:

Vf = 2Vfw/[(Eld - Esc)] + (Erd - Esc)](۴)

در این رابطه Vf نسبت عرض کف دره به ارتفاع، Vfw عرض کف دره، Eld و Erd به ترتیب ارتفاعات خطوط تقسیم سمت چپ و راست دره و Esc ارتفاع متوسط کف دره است. مقدار این شاخص برای درههای U شکل بالا و برای درههای V شکل پایین است. از آن جا که بر آمدگی در ارتباط با فرو کاوی است این شاخص میتواند نشاندهنده میزان فعالیت زمینساختی باشد به نحوی که میزان پایین Vf به نرخهای بالاآمدگی و بریدگی بیشتر مربوط است. این شاخص بیشتر منعکس کننده میزان فروکاوی است تا بالاآمدگی، اما در حالت تعادل فروکاوی و بالاآمدگی بر هم منطبقاند.

از دیدگاه (2003) Silva et al. این شاخص باید در فاصله مشخصی از پیشانی (۱–۱/۵km) اندازه گیری و در منطقه مورد بررسی میزان این شاخص برای درههای اصلي كه پيشاني گسلي را قطع مي كنند بر آورد شود. تغييرات عددي اين شاخص بين ۲۴/۰۴ در درههای منتهی به حوضه زهکشی طالقانرود و الموترود و ۶/۷۶ در کرانه باخترى سفيدرود به دست آمد (شكل ۹).

F−6. پیچ و خم پیشانی کوه (Smf)

شاخص پیچ و خم پیشانی کوه بر اساس رابطه زیر برآورد میشود (Bull and McFadden, 1977: Bull, 1978;) (A)

Smf = Lmf/Ls

در این رابطه Lmf طول پیشانی کوه در دامنه آن، یعنی جایی که دامنه کوه به دشت برخورد می کند و Ls معادل طول خط مستقیم در بخش پیشانی کوه است. این شاخص انعکاس دهنده توازن میان نیروهای فرسایشی است که تمایل به ایجاد ساخت سینوسی دارند، در حالی که نیروهای زمین ساختی متمایل به ایجاد یک پیشانی مستقيم همراه با يك كسل فعال احاطه كننده آن است(Bull and McFadden, 1977; keller, 1986) . در منطقه مورد بررسی بیش از ۳۱ پیشانی گسلی موازی با روند کوههای البرز در درههای طالقانرود، الموترود، شاهرود و سفیدرود مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۰) که در نتایج به دست آمده مقادیر این شاخص بین ۰/۹۷ تا ۱/۵ متغیر است. به طوری که کمترین میزان این شاخص مربوط به پیشانی گسلی رودخانه شاهرود و بیشترین آن در پایین دست دره سفیدرود دیده شد (شکل ۱۱).

△ 118. (Tilting) حوضه زهكشى عرضى (Tilting) حوضه زهكشى طالقانرود، الموترود، سفيدرود و شاهرود

این الگو را میتوان یک روش سریع برای تشخیص میزان کجشدگی حاصل از زمین ساخت فعال شاخص دانست (Cox, 1994). بررسی تغییرات میزان کج شدگی www.SID.ir

در بخشهای مختلف یک ناحیه نشان از اختلاف در میزان بالاآمدگی را آشکار مینماید. این شاخص با استفاده از رابطه زیر بر آورد می شود: T = Da/Dd $(\mathbf{\hat{\gamma}})$

در این رابطه Da عبارتند از فاصله بین خطوط میانی تا رودخانه و Dd فاصله خط میانی تا مرز حوضه. مقدار این شاخص بین صفر (بدون کجشدگی) و یک (بیشترین کج شدگی) متغیر است. افزونبر این شاخص یاد شده را می توان به صورت یک بردار دو بعدی نشان داد، به طوری که طول بردار نشان دهنده اندازه کج شدگی و جهت آن در راستاي عمود بر رودخانه نشاندهنده جهت انحراف يا كجشدگي در آن بخش از رودخانه نسبت به خط میانی را نشان میدهد.

در منطقه مورد بررسی میزان الگوی کج شدگی در حوضه رودخانه های طالقان رود، شاهرود و سفیدرود مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا تمام رودخانهها و آبراههها به بخش های دو کیلومتری (Salvany, 2004) تقسیم و مقدار کج شدگی برای این قطعات بر آورد شد. بر اساس الگوی بردارهای کجشدگی در مسیر رودخانههای طالقانرود، شاهرود و سفیدرود دیده میشود که رودخانه طالقانرود و الموترود کجشدگی در جهت جنوب- جنوبباختر را نشان ميدهد. ميزان كج شدگي براي رودخانه طالقان رود بين كمينه ۰/۰۱ تا بيشينه ۰/۸۲ (ميانگين ۰/۲۵) در جهت S-SW و براي الموترود بين کمینه ۰/۰۸ تا بیشینه ۰/۸۵(میانگین ۰/۲۹) در جهت S-SW متغیر است (شکل ۱۲-a) .

این کج شدگی را به طور عمده می توان به بالاآمدگی ارتفاعات شمالی مشرف به دره طالقانرود که منجر به جدایی حوضه زهکشی طالقانرود از الموترود شده، نسبت داد. بررسي نقشه هاي مغناطيس هوايي قزوين نيز (Yousefi & Fridborg, 1978) وجود مجموعه چینخوردگیهایی با محور موازی رودخانه (جنوبخاور-شمالباختر) را در این بخش نشان میدهد. افزونبر این در لبه شمالی الموترود نیز وجود چینخوردگیهایی کج شدگی الموت رود را توجیه مینماید. بررسی شکل زيرحوضهها در حوضه زهكشي الموترود نشان ميدهد كه زيرحوضههاي واقع در کرانه شمالی رودخانه نسبت به حوضههای کرانه جنوبی کشیدهتر است. همین وضعیت برای زیرحوضههای رودخانه طالقانرود نیز حاکم است. الگوی کجشدگی رودخانه شاهرود مقادیری بین ۰/۰۰ تا ۰/۴۷ را نشان میدهد که میزان میانگین آن ۰/۱۳ در جهت جنوبباختر است (شکل b-۱۲). در این بخش نیز کشیدگی زیر حوضهها در بخش شمالي رودخانه بيشتر از جنوب آن است.

رودخانه سفید رود با امتداد شمالخاور- جنوبباختر کجشدگی با میزان کمینه ۰/۰۷ تا بیشینه ۰/۹۴ و میزان میانگین ۲ /۰ در جهت شمالباختر را نشان میدهد (شکل C-۱۲). با در نظر گرفتن این نکته که مهاجرت جانبی گسترده رودخانههای مآندری در دلتا دور از انتظار نیست و با توجه به این که شواهدی از تأثیر عملکرد گسل.های منطقه بر تغییر مسیر این رودخانه یافت نشده، تغییرات گسترده حوضه خزر جنوبی نقش بسیار مؤثری در انحراف این رودخانه داشته است (وحدتی دانشمند، ۱۳۸۵). ارتفاعات خاوری دره سفیدرود با بیشینه ارتفاعی ۲۲۱۰ متر و ارتفاعات باختری این دره با بیشینه ارتفاعی در حدود ۱۰۵۰ متر کجشدگی رودخانه به سمت شمال باختر را در اثر بالاآمدگی بیشتر پهنه خاوری توجیه می نماید (با استفاده از DEM منطقه). شاخههای فرعی رودخانههای یادشده در بخش های مختلف حوضه جهات متفاوتی را نشان میدهد به طوری که شاخههای موازی با روند ساختارها در بالادست و پایین دست رودخانهها جهت شمالخاور و شاخههای عمود بر ساختارها جهت شمالباختر را نشان میدهد.

6- بحث

شاخص های مختلف زمین ریختی که در بخش پیش اشاره شد، به منظور ارزیابی 191

المانية

زمین ساخت فعال نسبی (Iat) به سه رده: یک (فعالیت بالا)، دو (فعالیت متوسط) و سه (فعالیت پایین) تقسیم شد. سپس با محاسبه میانگین رده کلاسه شاخصها (S/n) در هر حوضه و ارزیابی آن بنا بر روش (2007) Hamdouni et al شاخص زمین ساخت فعال نسبی (Iat) به چهار رده کلاسه ردهبندی شد. در این ردهبندی، رده یک بیانگر فعالیت زمین ساخت خیلی بالا (S/n بین ۱۱ از ۱/۵)، رده دو فعالیت زمین ساخت بالا (S/n بین ۱/۵ تا ۲)، رده سه فعالیت زمین ساخت متوسط (S/n میان ۲تا۲/۵) و رده چهار فعالیت زمین ساخت پایین (S/n بیشتر از ۲/۵) است. با به کارگیری این ردهبندی در منطقه مورد بررسی نتایج زیر حاصل شد (شکل ۱۳): **پهنه با فعالیت زمینساختی نسبی خیلی بالا تا بالا:** در بخش خاور منطقه مورد بررسی (حوضه آبريز طالقانرود و الموترود) فعاليت زمين ساختي خيلي بالا تا بالايي ديده میشود. این منطقه به طور مشخص شامل، بر آمدگیهای شاخص میان رودخانههای الموترود و طالقانرود و پهنههای واقع در حوضههای زهکشی این دو رودخانه است. این بخش از منطقه بررسی شده که در باختر البرز مرکزی در منطقه نازک پوسته(Thin – Skinned) قرار گرفته، بین گسل کندوان در شمال و طالقان در جنوب محصور است. افزونبر گسل های یادشده، ساختارهای اصلی دیگری نیز همچون گسل گراب، الموترود، پراچان بالایی و پایینی در این پهنه فعال دیده میشوند. راندگی کندوان با درازای حدود ۲۰۰ کیلومتر یکی از گسل های فعال منطقه است که باعث تغییر شکل عمده در منطقه شده است. به طوری که صخره رورانده (Klippe) شهرستانک در جنوب راندگی کندوان یکی از مهم ترین بخش هایی است که ناز ک شدگی پوسته البرز مرکزی را نشان میدهد. و به عنوان یک واحد زمین ساختی نابرجا و به احتمال زیاد مرتبط با راندگی کندوان است .(Assereto ,1966; Alavi, 1996; Allen et al., 2003)

واحدهای پرکامبرین و پالئوزوییک به سمت جنوب بین گسلهای طالقان و شهرستانک – میگون بالا آمدهاند و به سمت جنوب بر روی ردیفهای ترشیری انباشته شدهاند (Guest et al., 2006). بازدیدهای صحرایی نشانگر وجود درههای تنگ و باریک، تراکم شکستگی و گسلهای کوچک معکوس در نزدیکی این گسل است که می تواند شاهدی برای فعال بودن آن باشد. راندگی طالقان که زیر حوضههای واقع در جنوب رودخانه طالقان رود را قطع می کند، از گسلهای فعال بوده و در همه مقیاسها یک پرتگاه گسلی آشکار و جوان را نشان می دهد (2006).

از دیگر ساختارهای این پهنه میتوان به راندگی الموت اشاره نمود که به موازات یال جنوبی دره الموت رود گسترش مییابد . این گسل در محل اتصال الموترود به شاهرود این رودخانه را قطع و باعث انحراف مسیر رودخانه به سمت جنوب میشود. وجود پیشانی گسلی مستقیم و زهکشیهای ژرف بریده شده در درههای واقع در شمال رودخانه الموترود نمایانگر زمین ساخت فعال این بخش از پهنه بررسی شده است. راندگیهای پراچان بالایی و پایینی که از دره الموترود به سمت خاور تا منطقه گراب کشیده شدهاند از دیگر گسلهای این منطقه هستند. این دو گسل به موازات هم بوده و شیب آنها به سمت خاور است. گسل پراچان جنوبی یک پیشانی گسلی با کمترین پیچ و خم را تشکیل میدهد.

وجود راندگی طالقان در جنوب حوضه زهکشی طالقان رود با شیب به سمت جنوب و گسل کندوان در انتهایی ترین بخش شمال این حوضه با شیب به سمت شمال باعث فروافتادگی حوضه زهکشی طالقان رود با امتدادی به سمت باختر شده است. راندگی الموت رود نیز با شیب به سمت جنوب و جنوب باختر کشیدگی زیر حوضه های موجود در فرودیواره و کچ شدگی جریانات موازی با روند ساختارها را به سمت جنوب باختر به دنبال داشته است.

پهنه با فعالیت بالا: در فرا دیواره گسل کشاچال Iat مقادیر بالایی را نشان میدهد. این *www.SID jr*

بخش از جمله مناطقی است که اطلاعات کافی در رابطه با زمین ساخت فعال آن وجود ندارد. در کرانه جنوبی رودخانه شاهرود راندگی شاهرود دیده می شود که یک پیشانی گسلی با کمترین میزان پیچ وخم را تشکیل داده که نمایانگر زمین ساخت فعال آن است. پیشانی های گسلی مستقیم و زهکشی های ژرف به خوبی پرتگاه های با ارتفاع زیاد را مشخص می نماید. وجود دره های تنگ با شیب زیاد از ویژگی های این پهنه است. در حوضه زهکشی سفیدرود نیز Iat بالایی دیده می شود. این رودخانه

بر پایه جهتیافتگی نسبت به ساختارهای ناحیه (Burbank, 2001) در رده رودخانههای عرضی (transverse river) بوده و بر پایه نقشه مغناطیس هوایی قزوین (Yousefi & Fridborg, 1978) رودخانه سفیدرود در یک دره گسلی جریان دارد. در واقع این دره یک دره گسلی بوده و به همین دلیل رودخانه دارای این جهت گیری شده است. ساختارهای اصلی این حوضه عبارتند از راندگی رودبار – منجیل در جنوب، گسل بره سر – کلیشم، دورفک و دیلمان در کرانه شمال خاوری سفید رود. کشیدگی شکل زیر حوضهها و بالا بودن میزان شاخص عدم تقارن در این منطقه را می توان نتیجه فعالیت این گسل ها دانست.

پهنه با فعالیت پایین: در بخش جنوبی سد منجیل منطقهای دیده میشود که فعالیت زمینساختی پایینی را نشان میدهد. اطلاعات زیاد در ارتباط با زمینساخت این ناحیه وجود ندارد اما در بررسی نقشههای پراکندگی گسلها، مغناطیس هوایی و لرزهزمینساخت هیچ ساختار اصلی در این پهنه دیده نمیشود.

۷- نتیجه گیری

پس از بررسی شاخص های زمین ریخت شناسی و محاسبه شاخص (Iat) در منطقه بررسی شده، سه پهنه با ویژگی های متفاوت به لحاظ زمین ساخت فعال نسبی شناسایی شد. پهنه با فعالیت بالا و خیلی بالا (حوضه طالقان رود و الموت رود)، پهنه با فعالیت بالا (حوضه شاهرود و سفید رود) و پهنه با فعالیت پایین (جنوب سد منجیل). الگوی تقارن توپو گرافی عرضی به طور آشکار با میزان و و رده فعالیت زمین ساختی نسبی همخوانی دارد و فعالیت خیلی بالا و بالای زمین ساخت نسبی با نواحی که رودخانه ها میزان بالای کج شدگی را نشان می دهند، منطبق است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور برای کمک در تهیه دادهها، همچنین از راهنماییهای بیدریغ و صمیمانه آقای دکتر قاسمی و خانم دکتر خاوری کمال تشکر را دارند.



شکل ۱-موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه. (پایگاه ملی داده های علوم زمین)



شكل حوضه	عدم تقارن حوضه	طول- شيب	نسبت عرض کف درہ	پیچ و خم پیشانی	
زهکشی (Bs)	زهکشی (Af)	رودخانه (SL)	(Vf) به درازای آن	کو هستان (Smf)	رده
۴<	Af-0+ >10	میزان بیهنجاری بالا	$\cdot / \Delta >$	1/1 >	١
۳_۴	$ Af - \Delta \cdot = V - 1\Delta$	میزان بیهنجاری پایین	• /۵ –۱	1/1-1/0	۲
٣>	Af–∆• < v	بدون بيهنجاري	١<	۱/۵ <	٣

جدول ۱- تقسیمبندی شاخص های زمین ریختی توسط (2007) Hamdouni et al.



شکل۲- زیر حوضه ها و آبراهه های به دست آمده از مدل ارتفاعی- رقومی حوضه زهکشی طالقانرود، شاهرود و سفیدرود



شکل ۳- پراکندگی مقادیر بالای SL و مقاومت زمین شناسی در حوضه طالقانرود، شاهرود و سفیدرود





شکل ۴- پراکندگی میزان شاخص طول- شیب آبراهه ها (SL)، در شبکه زهکشی رودخانه های طالقانرود، شاهرود و سفیدرود



شکل ۵- پراکندگی شاخص طول- شیب رودخانه (SL)







شکل ۷- پراکندگی شاخص شکل حوضه (Bs)



شکل ۹ - پراکندگی شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن (Vf)





Legend

Class of Hyps

2

tric In



شکل ۸ - پراکندگی شاخص انتگرال فرازسنجی (Hi)







شکل ۱۰– خطوط مستقیم به عنوان پیشانیهای گسلی منطقه برای محاسبه مقادیر شاخص پیشانی کوه (Smf)



شکل ۱۱- پراکندگی شاخص پیچ و خم پیشانی کوه(Smf)



شکل a-۱۲) بردارهای عدم تقارن در حوضه رودخانههای طالقانرود و الموت رود و ارتباط طول آنها با گسلهای ناحیه. طول بردارها متناسب با میزان کچ شدگی است



شکل C-۱۲) بردارهای عدم تقارن در حوضه رودخانه سفیدرود و ارتباط طول آنها با گسلهای ناحیه. طول بردارها متناسب با میزان کج شدگی است



شکل b-۱۲) بردارهای عدم تقارن در حوضه رودخانه شاهرود و ارتباط طول آنها با گسل های ناحیه. طول بردارها متناسب با میزان کچشدگی است



شکل ۱۳- پراکندگی شاخص زمینساخت فعال نسبی Iat در حوضه رودخانههای طالقانرود، شاهرود و سفیدرود و ارتباط آن با گسلهای ناحیه



کتابنگاری

معماریان، ح.، ۱۳۸۰ – زمین شناسی برای مهندسین، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۴۹ تا ۱۲۶.

وحدتی دانشمند، ب.، ۱۳۸۵- نو زمین ساخت سفیدرود و دشت گیلان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

References

- Asserto, R., 1966- Geological Map of upper Djadjerud and Lar Valleys (Central Elburz, Iran). Institute of Geology, University of Milan, scale 1:50,000.
- Burbank, D. W. and Anderson, R. S., 2001- Tectonic Geomorphology. Blackweel Science, Massachusetts.
- 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.
- Ritz, J. F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, R., Shafei, A., Solaymani, S. & Vernant, P., 2006- Active transtension inside Central Alborz: A new insight into northern Iran-southern Caspian geodynamics. Geological Society of America ,34, 477-480.
- Stöcklin, 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.
- Yousefi, E. & Fridborg, J. L., 1978- Aeromagnetic map of Qazvin, Gelogical Survey of Iran, Qazvin- Scale1:250000
- Alavi, M., 1996-Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. Journal of Geodynamics ,21, 1–33.
- Allen, M. B., Ghassemi, M. R., Shahrabi, M. & Qorashi, M., 2003-Accommodation of Late Cenozoic oblique shortening in the Alborz Range, Northern Iran. Journal of Structural Geology, 25 (5), 659–672.
- Azor, A., Keller, E. A. and Yeats, R. S., 2002- Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge Ventura basin, southern California. Geological Society of America Bulletin ,114, 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. and McFadden, L. D., 1977- Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Doehring, D. O (eds), Geomorphology in Arid Regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.
- Cannon, P. J., 1976- Generation of explicit parameters for a quantitative geomorphic study of Mill Creek drainage basin. Oklahoma Geology Notes, 36(1), 3-16.
- 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.
- Guest, B., Axen, G. J., Lam, P. S. & Hassanzadeh, J., 2006- Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thin-skinned deformation, Geosphere 2/1: 35-52. vin, Scale 1:250000.
- Hack, J. T., 1973- Stream-profiles analysis and stream-gradient index. Journal of Research of the U.S. Geological Survey 1 (4), 421-429.
- Hare, P. H. & Gardner, T. W. M., 1985- Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica, In Tectonic Geomorphology, Morisawa, M, Hach, J. T (eds). Allen and Unwin, Boston, 75-104.
- Keller, E. A., 1986- Investigation of active tectonics: use of surficial Earth processes. In: Wallace, R.E. (Ed), Active tectonics, Studies in Gephysics. National Academy Press, Washington, DC, pp. 136-147.
- Keller, E. A. & Pinter, N., 2002- Active tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice Hall: New Jerey.
- 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.
- 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.
- Ramírez-Herrera, M. A., 1998- Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. Earth Surface Processes and Landforms ,23, 317-332.
- 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.
- Salvany, J. M., 2004- Tilting neotectonics of the Guadiamar drainage basin, SW Spain. Earth Surface Processes and Landforms, 29, 145-160. Silva, P. G., Goy, J. L., Zazo, C. & Bardajm, T., 2003- Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of
- tectonic and earthquake activity. Geomorphology ,250, 203-226.

Strahler, A. N., 1952- Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin ,63, 1117-1142.

Geomorphic Signatures of Active Tectonics in the Talaghan Rud, Shah Rud and SefidRud Drainage Basins in Central Alborz, N Iran

Z. Mardani^{1*}, M. Ghorashi^{2,3}, M. Arian¹ & Kh. Khosrotehrani¹

¹ Science and Research Branch, Islamic Azad University (IAU), Tehran, Iran

² Islamic Azad University (IAU), North Tehran Branch, Tehran, Iran

³ Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2009 April 22 Accepted: 2009 December 02

Abstract

Geomorphic indices of active tectonics are useful tools to analyze the influence of active tectonics. These indices have the advantage of being calculate from ArcGIS and remote sensing packages over large area as a reconnaissance tool to identify geomorphic anomalies possibly related to active tectonics. This is particulary valuable in west-central Alborz where relatively little work on active tectonics based on this method was done, so this method is new and useful. Based upon values of the stream length-gradient index (SL), drainage basin asymmetry (Af), hypsometric integral (Hi), ratio of valley-floor width to valley height (Vf), index of drainage basin shape (Bs), and index of mountain front sinuosity (Smf), we used an overall index (Iat) that is a combination of the other indices that divides the landscape into four classes of relative tectonic activity. The moderat class of Iat is mainly in the south of Manjel dam, while the rest of the study area has high active tectonics (shahrud drainage basin and sefidrud drainage basin), and high to very high(Taleghan and Alamut drainage basins in the study area results in a field of T-vectors that defines anomalous zone of the basin asymmetry. Acomparsion of T index clearly coincide with the values and classes of active tectonics indices and the overall Iat index.

Keywords: Tectonic Geomorphology, Geomorphic Indices of Active tectonics, Drainage Basin, Asymmetry, Central Alborz.

For Persian Version see pages 159 to 166

* Corresponding author: Z. Mardani; E-mail: mhmardani@yahoo.com



Oio.U