ارزیابی حرکت‌های تکتونیکی در دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک

معصومه رجبی
دانشیار گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران
سمیّه خسروی*
کارشناسی ارشد جغرافیا طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران

تاریخ دریافت ۱۳۹۲/۸/۴ تاریخ پذیرش۱۳۹۴/۳/۱۶

چکیده
دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس به عنوان بخشی از توده‌ی کوهستانی کرکس به شمار می‌رود که در جنوب‌غرب شهرستان نطنز واقع شده است و در جهت شمال‌غربی – جنوب‌شرقی امتداد یافته است. منطقه‌ی مورد مطالعه در پهنه‌ی آتشفشانی ارومیه، دختر(تبریز، بزمان) واقع است. شرو و اشتوکلین (نقل از پروهان ،۱۳۸۰) این پهنه را یک محور شکسته و فعّال از نظر ولکانیسم (کرتاسه‌ی فوقانی- ائوسن) و از لحاظ پلوتونیسم (الیگوسن و میوسن) به شمار می‌آورند. گسل اصلی منطقه بخشی از گسل قم – زفره است که در یک کیلومتری جنوب‌غرب نطنز شروع و تا زفره ادامه دارد. این گسل یک گسل امتداد لغز راست‌گرد می‌باشد و موجب بریدگی آبرفت‌های کواترنر در شمال نطنز شده است. جابجایی آبراهه‌ها اکثراً به صورت راست‌بر می‌باشد و جوان‌ترین فعّالیت گسل، در حرکت راست‌بر مخروط افکنه‌های جوان در ارتفاع‌های جنوب‌غرب کاشان دیده می‌شود. برای شناسایی فعّالیت‌های زمین ساختی در منطقه‌ی مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفیک مختلفی از جمله شاخص تضاریس جبهه‌ی کوهستان، گرادیان طولی رودخانه، نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع آن و مورفومتری مخروط افکنه‌ها استفاده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که دامنه‌های شمال‌شرقی کوه کرکس از نظر تکتونیک همچنان فعّال می‌باشد.

واژگان کلیدی: حرکت‌های تکتونیکی، شاخص‌های ژئومورفیک، دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس، جبهه‌ی کوهستان و مخروط افکنه.

مقدمه

حرکت‌های فعّال زمین در پیدایش عوارضی همچون مخروط افکنه‌ها، تراس‌های رودخانه‌ای، گسل‌ها، درّه‌ها و ...، نقش مهمی داشته است و این‌گونه عوارض جوان، شاهد و مدرک بسیار مستدل جهت اثبات وجود این نوع حرکت‌ها می‌باشد.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۷۷۸۰۳۹ E-mail: badrudcity61@gmail.com

حرکت‌های تکتونیکی، سطح اساس فرسایش را تغییر داده و فرایندهای فعّال در سطح مخروط افکنه‌ها و تکامل آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر این اساس می‌توان سطوح مخروط افکنه‌ای را به عنوان خطوط همزمان برای بررسی تاریخ و حرکت‌های گسل‌ها و وقوع زلزله‌ها به کار گرفت (یانگ به نقل از مختاری کشکی، ۱۹۸۵).

نیروهای درونی زمین موجبات بالا آمدن زمین و تشکیل ناهمواری‌ها در منطقه‌ای وسیع می‌شوند. اثر نیروها در تغییر مورفولوژی زمین در برخی از نواحی بیش از نواحی دیگر ظاهر می‌شود. جبهه‌های کوهستانی یکی از مشخص‌ترین این نواحی به حساب می‌آیند. با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیکی جبهه‌ی کوهستان می‌توان فعّالیت‌های تکتونیکی آن ناحیه را ارزیابی کرد (کلر و پینتر به نقل از مختاری کشکی ،۱۹۹۶).

شاخص‌های ژئومورفیک در ارزیابی فعّالیت‌های تکتونیکی ابزار مفید و قابل اطمینان هستند، زیرا از روی آنها می‌توان نواحی‌ای را که در گذشته فعّالیت‌های سریع و یا حتی کند تکتونیکی را پشت سر گذاشته‌اند، به راحتی شناسایی نمود (رامیرز و هررا به نقل از مختاری کشکی، ۱۹۹۸).

در جهان، راچوکی(۱۹۸۵)، بول و مک فادن (۱۹۷۷)، باربانک و اندرسون (۲۰۰۱)، سیزنکراک (۲۰۰۴) رفتار متقابل حرکت‌های تکتونیکی و ساختارهای ژئومورفیک را با استفاده از روش تجربی مورد آزمون قرار داده‌اند. در ایران، رضایی مقدم (۱۳۷۴)، عباس نژاد (۱۳۷۵)، مختاری کشکی (۱۳۸۱)، کرمی (۱۳۸۱)، یمانی و مقصودی (۱۳۸۲)، مقامی مقیم (۱۳۸۶)، گورابی (۱۳۸۶) برخی از روش‌ها و شاخص‌های مورفومتریک را در ارزیابی و تحلیل فعّالیت‌های تکتونیکی در مناطق دیگر به کار گرفته‌اند.

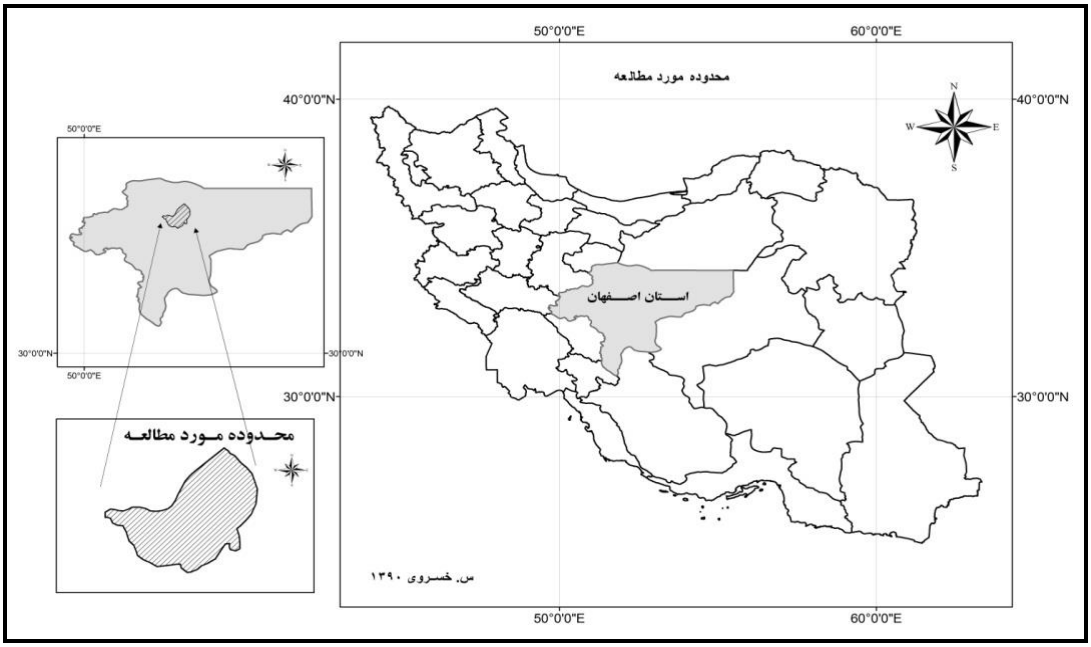
هدف از این پژوهش، شناخت شواهد و ارزیابی فعّالیت‌های تکتونیکی در منطقهٔ مورد مطالعه می‌باشد. در منطقهٔ مورد مطالعه مطالعات ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی محدودی انجام شده است ولی چندان اشاره‌ای به مسایل تکتونیکی نشده است.

داده‌ها و روش‌ها

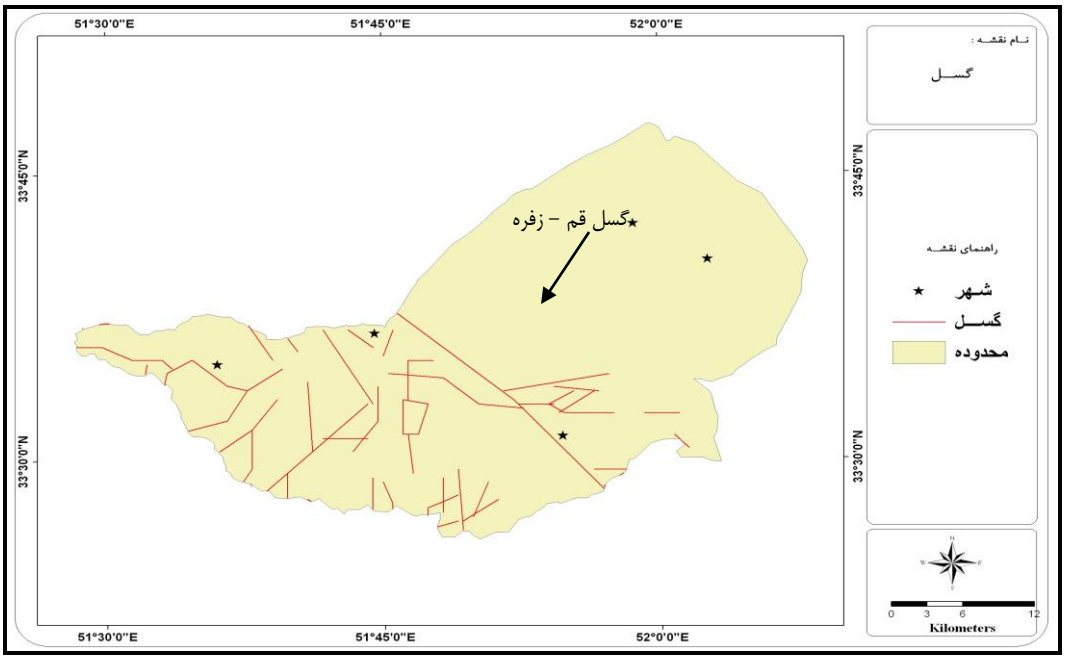
جهت شناسایی و بررسی شاخص‌های ژئومورفیک و ویژگی‌های مورفومتری مخروط افکنه‌ها، از نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای ETM+ به عنوان ابزار اصلی پژوهش استفاده شده است. سپس با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS اطلاعات نقشه‌های مبنا تهیه و اطلاعات لازم برای کاربرد شاخص‌های ژئومورفیک در تحلیل فعّالیت‌های تکتونیکی استخراج شد. از نرم افزارهای SPSS، Excel برای تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. روش مطالعه بر مبنای مشاهدات و اندازه گیری‌های میدانی، تحلیل‌های کمی، ترسیم و تحلیل انواع نیمرخ‌ها، مقاطع و نمودارها استوار است.

منطقه‌ی مورد مطالعه

دامنه شمال‌شرقی کوه کرکس به عنوان بخشی از توده‌ی کوهستانی کرکس به شمار می‌رود که در جنوب‌غرب شهرستان نطنز واقع شده و در جهت شمال‌غربی – جنوب‌شرقی امتداد یافته است. این منطقه در محدوده‌ی جغرافیایی ´۳۰ °۵۱ تا ´۴ °۵۲ طول شرقی و ´۲۶ °۳۳ تا ´۴۸ °۳۳ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع منطقه در خط الرأس قله‌های کرکس ۳۸۹۵ متر می‌باشد. منطقهٔ مورد مطالعه محدود به دو حوضه ی آبریز به نام‌های هنجن و نطنز می‌باشد. حوضه ی آبریز هنجن از بهم پیوستن دو سرشاخهٔ رودخانه‌های برزرود و چیمه رود شکل گرفته و با عبور از آبرفت‌های کواترنر به دشت بادرود منتهی می‌شود. این رودخانه در حکم یک رود دایمی می‌باشد. حوضه‌ی آبریز نطنز از بهم پیوستن دو سرشاخهٔ رودخانه‌های اوره و طامه شکل گرفته و با عبور از آبرفت‌های کواترنر به سمت دشت وسیع مرکزی منطقه جریان می‌یابد. این رودخانه، یک رودخانه سیلابی (موقتی) محسوب می‌شود. این دو حوضه جزء حوضه‌ی آبریز اردستان محسوب می‌شوند. منطقه‌ی مورد مطالعه به ایران مرکزی تعلق دارد و در پهنهٔ آتشفشانی ارومیه – دختر واقع است. این پهنه یک محور شکسته و فعّال از نظر ولکانیسم و پلوتونیسم به شمار می‌رود. در منطقه‌ی مورد مطالعه گسل‌های متعددی وجود دارد. مهمترین آن بخشی از گسل قم – زفره است که در یک کیلومتری جنوب‌غرب نطنز شروع و تا زفره ادامه دارد. این گسل یک گسل امتداد لغز راست‌گرد می‌باشد و در امتداد شمال‌غرب – جنوب‌شرق کشیده شده است (شکل ۲). به احتمال قوی بوجود آمدن و فعّال شدن گسل قم – زفره پس از زمان الیگوسن شروع شده که این فعّالیت می‌تواند متأثر از برخورد مایل پلاتفرم عربی با ایران مرکزی باشد.



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیّت جغرافیایی دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس



شکل ۲: نقشه‌ی گسل‌های موجود در دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس

از نظر زمین شناسی، منطقه‌ی مورد مطالعه تقریباً دارای کلیهٔ سری‌های زمین شناسی از قدیمی‌ترین تا جدیدترین تشکیلات می‌باشد. قدیمی‌ترین تشکیلات شامل شیل، سنگ‌های ولکانیک بازیک، دولومیت‌های سبز رنگ، ماسه سنگ‌های قرمز، کوارتزیت‌های سفید رنگ، آهک‌های تریلوبیت دار، رسوب‌های آواری و کربناتی، آهک‌های آمونیت دار، کنگلومرا، مارن‌های قرمز، سنگ‌های آتشفشانی و ریوداسیتی اشاره کرد. جدیدترین تشکیلات شامل آبرفت‌ها، تراس‌ها، تراورتن‌ها، رسوب‌های ماسه‌ای، رسوب‌های رود خانه‌ای، رسوب‌های تبخیری می‌باشد که مجموعاً رسوب‌های دوران چهارم را تشکیل می‌دهند.

بحث

در ارزیابی فعّالیت‌های تکتونیکی، روش‌های کمی متداولی وجود دارد. جهت بررسی و ارزیابی فعّالیت‌های تکتونیکی منطقه از شاخص‌های ژئومورفیک مختلفی از جمله شاخص تضاریس جبههٔ کوهستان، نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع آن، گرادیان طولی رودخانه و شاخص‌های مورفومتری مخروط افکنه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است:

- تضاریس جبهه‌ی کوهستان (Smf[1]) :

در این روش با اندازه گیری پیچ و خم‌های ایجاد شده توسط آبراهه‌ها در جبههٔ کوهستان منطقه می‌توان داده‌های مربوط به فعّالیت‌های تکتونیکی را برای منطقه برآورد نمود. این روش نخستین بار در سال ۱۹۷۷ توسط بول و مک فادن

[1] -Mountain front sinousity

(رضایی مقدم ،۱۳۷۴) جهت بررسی فعّالیت‌های نئو تکتونیکی مورد استفاده قرار گرفت. آنها جهت تکمیل اطّلاعات خود از معادله‌ی زیر استفاده کردند :

معادله (۱) $$Smf=Lmf/Ls$$

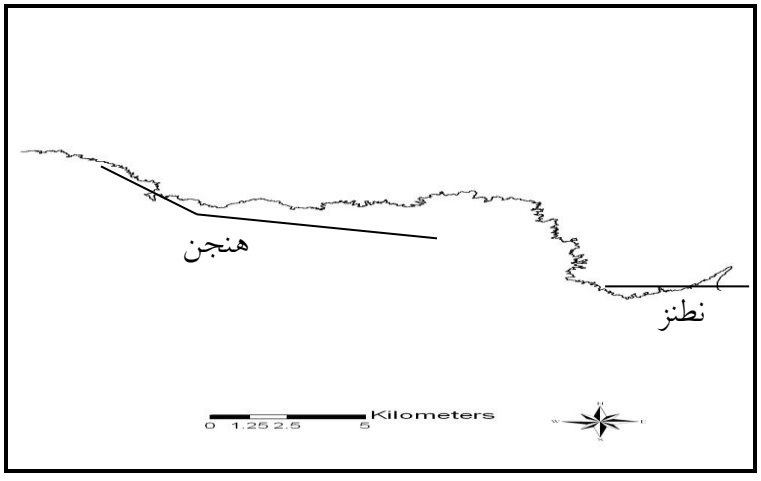
Smf: شاخص تضاریس جبهه‌ی کوهستان؛

Lmf: طول سراشیبی تند کوهستان در مرز بین کوهستان و کوهپایه؛

Ls: طول پیچ و خم جبهه کوهستان.

جهت بررسی شاخص تضاریس جبهه‌ی کوهستان با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و اندازه گیری پیچ و خم‌های ایجاد شده توسط آبراهه‌ها در جبهه‌ی کوهستان منطقه و تقسیم آن بر طول افقی در راستای گسل و جبهه‌ی کوهستان می‌توان فعّال بودن منطقه را از نظر تکتونیکی مشخص نمود. لذا جبهه‌های کوهستانی که با فرایش فعّال همراهند روی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی شکل تقریباً مستقیم داشته و در صورت کاهش بالا آمدگی، فرایندهای فرسایشی فعّال‌تر شده و به جبهه‌های کوهستانی شکل کاملاً نامنظم و سینوسی می‌بخشد. در این روش هر چه مقدار Smf کمتر باشد نشانهٔ فعّالیت‌های تکتونیکی شدید و هر چه مقدار Smf بیشتر باشد، نشانه‌ی آرامش منطقه از نظر تکتونیک خواهد بود.

بر اساس مطالعات بال (نقل از کرمی،۱۳۸۱)، سینوزیته کوچک‌تر از ۱/۳ از نظر تکتونیکی خیلی فعّال، سینوزیته مابین ۱/۶-۱/۴ فعّال و سینوزیته مابین ۱/۸-۱/۶ نیمه فعّال می‌باشند. نتایج حاصل از اندازه گیری این شاخص در منطقه نشان می‌دهد که مقدار متوسط Smf در حوضه‌ی هنجن ۱/۳ و در حوضه ی نطنز ۱/۶ می‌باشد. بر اساس مطالعات بال، حوضه‌ی هنجن از نظر تکتونیکی، فعّال و حوضه ی نطنز، نیمه فعّال می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه جبهه‌ی کوهستان دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس برای محاسبه‌ی شاخص Smf

- شاخص نسبت بین پهنای کف درّه به ارتفاع آن (Vf[۲]) :

روشی دیگر برای مشخص کردن فعّالیت‌های تکتونیکی در یک منطقه می‌باشد. بول و مک فادن(نقل از رضایی مقدم، ۱۳۷۴) فعّالیت‌های نئو تکتونیک را از طریق شاخص Vf مورد بررسی قرار دادند. آنها در مطالعه‌ی خود از معادله‌ی زیر استفاده کردند :

معادله (۲) : $Vf=2Vfw/[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]$

Vf: عبارت است از نسبت پهنای درّه به ارتفاع آن؛

Vfw: پهنای کف درّه بر حسب m؛

Eld : ارتفاع خط تقسیم آب بین دو درّه در سمت چپ از سطح دریا بر حسب m؛

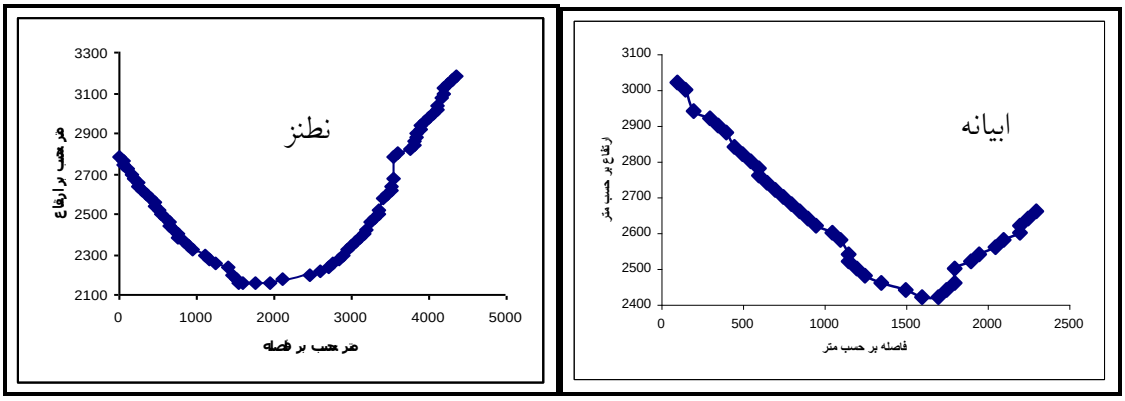
Erd : ارتفاع خط تقسیم آب بین دو درّه در سمت راست از سطح دریا بر حسب m؛

Esc : ارتفاع کف درّه از دریای آزاد.

این نمایه در امتداد سراشیبی تند کوهستان و در درّه‌های مختلف آن محاسبه می‌شود. برای رسیدن به نتیجه‌ی مطلوب، محاسبه‌ها در فاصله‌ی یک کیلومتری از سراشیبی تند کوهستان به طرف بالا دست در نظر گرفته شده است. با استفاده از این شاخص می‌توان فعّالیت‌های نئوتکتونیکی را در یک منطقه مشخص نموده و متوّجه شد که آیا رودخانه فرصت لازم جهت عریض کردن بستر خود را پیدا کرده، یا این‌که حرکت‌های جوان تکتونیکی مانع این عمل‌کرد شده‌اند. همچنین با استفاده از این شاخص می‌توان درّه‌های V شکل و U شکل (پهن) را از یکدیگر تفکیک نمود. هر چه میزان شاخص فوق کوچک‌تر باشد نمایانگر V شکل بودن درّه و نرخ بالا راندگی زیاد و فعّال بودن ناحیه از نظر تکتونیک می‌باشد. این شاخص برای درّه‌های پهن و گسترده نسبتاً زیاد است و نشان‌دهنده‌ی بالا آمدگی کم کوهستان می‌باشد (باربانک و اندرسون ،۲۰۰۱). براین اساس اگر نسبت Vf کوچک‌تر از ۱ باشد نشان دهندهٔ فعّالیت‌های تکتونیکی شدید، اگر بین ۱ تا ۲ باشد نشان دهنده‌ی فعّالیت کم یا متوسط تکتونیکی و اگر بزرگ‌تر از ۲ باشد دلالت بر عدم فعّالیت‌های تکتونیکی در منطقه خواهد داشت.

نتایج حاصل از اندازه گیری این شاخص در منطقه نشان می‌دهد که مقدار متوسط Vf در حوضه‌ی هنجن (ابیانه) ۱ و در حوضه‌ی نطنز ۱/۹ می‌باشد. بر اساس مطالعات بال و مک فادن در سال ۱۹۷۷، حرکت‌های تکتونیکی در حوضه‌ی هنجن، فعّال و در حوضه‌ی نطنز، نیمه فعّال می‌باشد (شکل ۴).

[2]- Ratio of valley floor width to valley height



شکل ۴: نیمرخ عرضی درّه‌های دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس

- شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL ۳) **:**

کلرو راکول (نقل از رضایی مقدم، ۱۳۷۴) جهت تعیین نمایه‌ی گرادیان طولی رودخانه از معادله‌ی زیر استفاده کردند :

معادله (۳) $SL= (\Delta H/\Delta L)*L$

SL : نمایه‌ی گرادیان رودخانه؛

ΔH: اختلاف ارتفاع بالادست و پایین دست مقطع جدا شده‌ی آبراهه‌ی اصلی؛

ΔL: طول آبراهه‌ی در مقطع مورد نظر؛

L : طول آبراهه‌ی اصلی از سر چشمه تا مرکز مقطع.

این روش کمی نیز با نتایج حاصله، تغییرات و جابجایی‌های احتمالی مسیر نیمرخ طولی آبراهه را مشخص می‌کند. برای محاسبه‌ی نمایه گرادیان در مسیر نیمرخ طولی آبراهه‌ی اصلی، ابتدا در بریدگی‌های شیب، خطی قائم بر نیمرخ ترسم می‌گردد و به این طریق مقاطع متفاوت بستر آبراهه‌ی اصلی از هم تفکیک می‌شود. تغییرات شیب بستر رودها، سبب بی نظمی یا ثبات نیمرخ رودها می‌شوند. ویژگی‌های سنگ شناسی و فعّالیت تکتونیک از جمله عواملی هستند که مسئولیت بی نظمی‌های نیمرخ طولی آبراهه‌ها را به عهده دارند. علّت بی نظمی را می‌توان با انطباق محل تغییر شیب از روی نمودار گرادیان رودخانه بر روی منحنی نیمرخ آبراهه از طریق ترسیم یک خط قائم پی برد.

نتایج حاصل از اندازه گیری این شاخص در منطقه نشان می‌دهد که مقدار متوسط SL در حوضه‌ی هنجن ۸۱۴ و در حوضه‌ی نطنز ۵۰۰ می‌باشد (جدول ۲). علّت زیاد بودن مقدار SL در حوضه‌ی هنجن ناشی از تداوم فعّالیت‌های تکتونیکی در منطقه و نشست مداوم چالهٔ اردستان – کاشان می‌باشد که باعث افزایش شیب در حوضه‌ها شده است. روند افزایش شاخص SL در نزدیکی جبهه‌ی کوهستان منطقه ناشی از وجود گسل قم – زفره می‌باشد. زمانی‌که واحدهای سنگی در طول رودخانه از آهک کرتاسه به کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل تغییر می‌یابد، نوساناتی در شیب رودخانه مشاهده می‌شود که نقش عامل لیتولوژی را در تغییرات شیب آبراهه‌ها آشکار می‌سازد.

[3] -Gradient index

جدول ۲: نتایج شاخص‌های ژئومورفیک در دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس

نام حوضه	SL	Vf	Smf
هنجن	۸۱۴	۱	۱/۳
نطنز	۵۰۰	۱/۹	۱/۶

- شاخص رابطهٔ مساحت مخروط افکنه‌های منطقه با مساحت حوضه‌های آبریز آنها (F) :

هاروی (نقل از کرمی، ۱۳۸۱) ارتباط مساحت مخروط افکنه‌ها با حوضه‌های آبریز آنها را بر اساس معادله‌ی زیر بیان کرد:

معادله‌ی (۴) $F=pAq$

F: مساحت مخروط افکنه برحسب کیلومترمربع؛

A: مساحت حوضه ی آبریزبرحسب کیلومتر مربع؛

P: تأثیر متغیرهای دیگردر مساحت مخروط افکنه؛

q: شیب منحنی پراکنش.

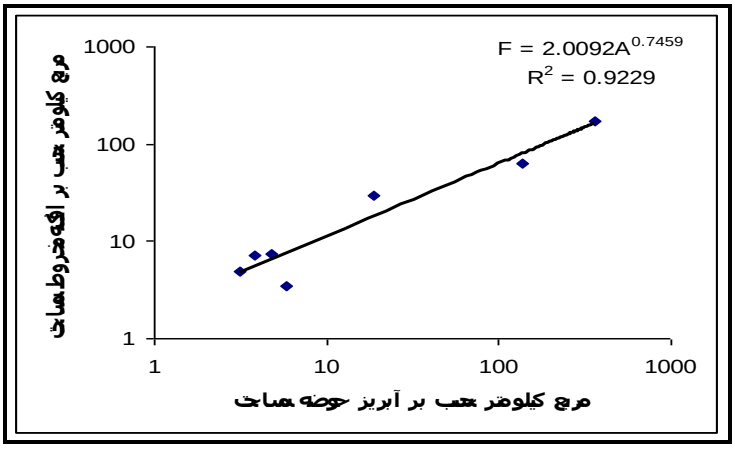
کوستا شوک و همکاران (نقل از مختاری کشکی، ۱۳۸۲) در مقاله‌ی خود نتایج تحلیل‌های انجام شده بر روی مطالعات مخروط افکنه – حوضه‌ی آبریز را چنین ذکر می‌کنند : وجود رابطه‌ی ایزومتری[۴] تا آلومتری[۵] ضعیف بین مساحت مخروط افکنه (F) و مساحت حوضه‌ی آبریز (A).

واژه‌ی آلومتری برای نشان دادن آثار تغییر در مقادیر یک ضریب در نسبت متغیرها در یک سیستم به کار برده می‌شود. به عقیده‌ی چورچ و مارک (نقل از مختاری کشکی، ۱۳۸۲) شاخص b در رابطهٔ $y = ax^b$ (شکل کلی معادله‌های مربوط به روابط حوضه‌های آبریز ویژگی‌های مورفومتری مخروط افکنه‌ها) ضریب ثابت نسبت y/x است. اگر $b=1$ باشد نسبت ثابت است و هیچ تغییر در مقادیر نسبی اتفاق نمی‌افتد. در این حال گفته می‌شود رابطه از نوع غیر آلومتریک یا ایزومتریک است. اگر $b>1$ باشد مقدار y نسبت به x افزایش یافته و بر روی y آلومتری مثبت روی می‌دهد. در صورتی‌که $b<1$ باشد مقدار x نسبت به y فزونی یافته و آلومتری منفی را بر روی y خواهیم داشت.

رابطه‌ی بین متغیرهای مساحت مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه‌های آبریز دامنه‌ی شمال‌شرقی کرکس نشان می‌دهد که تغییرات مساحت مخروط افکنه‌ها به مساحت حوضه‌ی آبریز آنها مربوط می‌شود. در این صورت اصولاً باید حوضه‌های آبریز بزرگ، مخروط افکنه‌های بزرگی داشته باشند. تحلیل‌های انجام شده نشان‌گر وجود روابط مورفومتری بسیار قوی بین مخروط افکنه‌های منطقه با حوضه‌های آبریز آنها وجود دارد و این روابط در سطح معنی داری ۰/۰۱ معنی دار می‌باشد. مقدار ضریب b(q) ، ۰/۷ بوده و نشان‌دهنده‌ی این است که افزایش اندازه‌ی مساحت مخروط افکنه

4- Isometry
5- Allometry

کند بوده است و حرکت‌های تکتونیکی در کواترنر نسبتاً فعّال بوده و حوضه از لیتولوژی نیمه مقاوم و نامقاوم تشکیل شده است، به عبارت دیگر آلومتری منفی $b<1$ وجود دارد (شکل ۵).



شکل ۵: رابطهٔ مساحت مخروط افکنه‌ها با مساحت حوضه‌های آبریز دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس

- شاخص رابطه‌ی شیب مخروط افکنه‌های منطقه با مساحت حوضه‌های آبریز آنها (S) **:**

بررسی روابط بین شیب مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز بالادست حایز اهمیّت می‌باشد. اهمری (نقل از کرمی، ۱۳۸۱) ارتباط بین شیب مخروط افکنه‌ها با مساحت حوضه‌های آبریز آنها را بر اساس معادله‌ی زیر بیان کرد:

معادله (۵) $S=aA^{-b}$

S : شیب مخروط افکنه برحسب درصد؛

A: مساحت حوضه‌ی آبریز برحسب کیلومترمربع؛

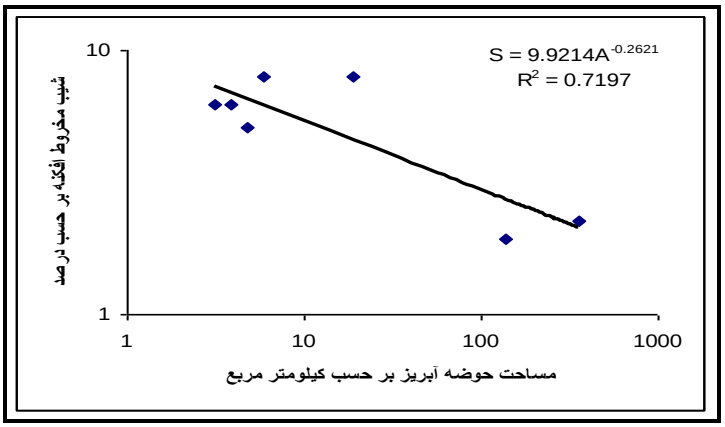
b,a: ضرایب مربوط به معادله.

بسیاری از عواملی که شیب رودخانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، شیب مخروط‌ها را نیز متأثر می‌سازند. به این سبب تغییر شیب رودخانه در کوهستان در اثر حوادث تکتونیکی و عوامل اقلیمی در شیب مخروط افکنه‌ی آن تأثیر دارد. رابطه‌ی بین مساحت حوضه‌های آبریز و شیب مخروط افکنه‌های دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس نشان می‌دهد که مخروط‌های شیبدار دارای حوضه‌های آبریز کوچک هستند و مخروط‌های با شیب متوسط تا ملایم، حوضه‌های آبریز بزرگی دارند.

به عقیده‌ی هاروی، ولز و هاروی (نقل از کرمی، ۱۳۸۲) وقوع فرایندهای آبرفتی و جریان‌ای واریزه‌ای از رابطه‌ی فوق تأثیر می‌پذیرند. به طوری که فرایندهای آبرفتی به تشکیل مخروط افکنه‌های تمایل دارند که حوضه‌های آبریز بزرگ با شیب ملایم دارند و جریان‌های واریزه‌ای موجب پیدایش مخروط افکنه‌هایی می‌شوند که حوضه‌های زهکشی کوچک و شیب‌داری دارند.

تحلیل‌های انجام شده نشان‌گر وجود روابط مورفومتری قوی بین مخروط افکنه‌های منطقه با حوضه‌های آبریز آنها وجود دارد و این روابط در سطح معنی داری ۰/۰۵ معنی دار می‌باشد. مقدار ضریب b، ۰/۲- بوده که نشان‌دهنده‌ی این است که با افزایش مساحت حوضه‌ی آبریز، نسبت شیب مخروط افکنه نسبت به حوضه‌ی آبریز کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر آلومتری منفی وجود دارد که بیان‌گر این مطلب است که حوضه دارای لیتولوژی نیمه مقاوم و نا مقاوم می‌باشد.

ضریب تبیین ۰/۷۱ معادله‌ی رگرسیونی مورد نظر نشان‌دهنده این است که ۰/۷۱ از تغییرات شیب مخروط افکنه‌های پایکوه‌های شمال‌شرقی کرکس به مساحت حوضه‌ی آبریز آنها مربوط می‌شود و متغیرهای دیگری در این رابطه تأثیر دارند. در نتیجه همبستگی قوی بین دو متغیر وجود دارد (شکل ۶).



شکل ۶: رابطه‌ی بین شیب مخروط افکنه‌ها با مساحت حوضه‌های آبریز دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان در چند بند خلاصه کرد:

۱- منطقهٔ مورد مطالعه در پهنه‌ی آتشفشانی ارومیه، دختر(تبریز، بزمان) واقع است. شرو و اشتوکلین (نقل از پروهان، ۱۳۸۰) این پهنه را یک محور شکسته و فعّال از نظر ولکانیسم (کرتاسهٔ فوقانی، ائوسن) و از لحاظ پلوتونیسم (الیگوسن و میوسن) به شمار می‌آورند. بخشی از گسل قم، زفره در یک کیلومتری جنوب‌غرب نطنز شروع و تا زفره ادامه دارد. این گسل یک گسل امتداد لغز راست‌گرد می‌باشد و در امتداد شمال‌غرب – جنوب‌شرق کشیده شده است. به احتمال قوی بوجود آمدن و فعّال شدن گسل قم ، زفره پس از زمان الیگوسن شروع شده که این فعّالیت می‌تواند متأثر از برخورد مایل پلاتفرم عربی با ایران مرکزی باشد؛

۲- شاخص‌های ژئومورفیک در ارزیابی فعّالیت‌های تکتونیکی ابزار مفید و قابل اطمینان هستند، زیرا از روی آنها می‌توان نواحی ای را که در گذشته فعّالیت‌های سریع و یا حتی کند تکتونیکی را پشت سر گذاشته‌اند، به راحتی شناسایی کرد.

۳- نتایج حاصل از اندازه گیری شاخص تضاریس جبهه‌ی کوهستان در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقدار متوسط Smf در حوضه‌ی هنجن ۱/۳ و در حوض‌هی نطنز ۱/۶ می‌باشد. بر اساس مطالعات بال در سال ۱۹۸۴، حوضه‌ی هنجن از نظر تکتونیکی، فعّال و حوضه‌ی نطنز، نیمه فعّال می‌باشد؛

۴- نتایج حاصل از اندازه گیری شاخص نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع آن در منطقه نشان می‌دهد که مقدار متوسط Vf در حوضه‌ی هنجن ۱ و در حوضه ی نطنز ۱/۹ می‌باشد. بر اساس مطالعات بال و مک فادن در سال ۱۹۷۷، حرکت‌های تکتونیکی در حوضه‌ی هنجن، فعّال و در حوضه‌ی نطنز، نیمه فعّال می‌باشد؛

۵- نتایج حاصل از اندازه گیری این شاخص در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقدار متوسط SL در حوضه‌ی هنجن ۸۱۴ و در حوضه‌ی نطنز ۵۰۰ می‌باشد. علّت زیاد بودن مقدار SL در حوضه‌ی هنجن ناشی از تداوم فعّالیت‌های تکتونیکی در منطقه و نشست مداوم چالهٔ اردستان، کاشان می‌باشد که باعث افزایش شیب در حوضه‌ها شده است؛

۶- رابطه‌ی مساحت مخروط افکنه‌ها با مساحت حوضه‌های آبریز منطقه در سطح معنی داری ۰/۰۱، معنی دار می‌باشد و مقدار q برای مخروط افکنه ها نشانگر وجود رابطهٔ آلومتری منفی ($b<1$) می باشد که نشانگر افزایش اندازهٔ مساحت مخروط افکنه‌ها کند بوده است. همبستگی بسیار قوی بین دو متغیر نشان‌گر انعکاس بهتر ویژگی‌های حوضه‌ی آبریز بر روی مخروط افکنه‌های منطقه می باشد؛

۷- رابطه‌ی بین شیب مخروط افکنه‌ها با مساحت حوضه‌های آبریز منطقه در سطح معنی داری ۰/۰۵، معنی دار می‌باشد و مقدار ضریب b برای مخروط افکنه‌ها نشان‌گر وجود رابطه‌ی آلومتری منفی($b<1$) و نشان‌دهنده‌ی این است که با افزایش مساحت حوضه‌ی آبریز، نسبت شیب مخروط افکنه نسبت به مساحت حوضه‌ی آبریز کاهش می‌یابد. ضریب تبیین ۰/۷۱ معادله‌ی رگرسیونی نشانگر این است که ۰/۷۱ از تغییرات شیب مخروط افکنه‌های پایکوه‌های شمال‌شرقی کوه کرکس به مساحت حوضه‌ی آبریز آنها مربوط می‌شود و همبستگی قوی بین دو متغیر وجود دارد؛

۸- بررسی شاخص‌های ژئومورفیک در دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس، نشان‌دهنده‌ی فعّال بودن منطقه از لحاظ تکتونیک می‌باشد. حرکت‌های مذکور متأثر از تکتونیک پوسته‌ای ایران و وجود گسل‌های فراوان در منطقه می‌باشد. ادامه‌ی بالا راندگی واحد سنندج، سیرجان و فرو نشست چاله‌ی اردستان، کاشان در امتداد جبهه‌ی کوهستان و دشت سبب تغییر سطح اساس رودخانه‌ها و در نهایت تغییر نقطه‌ی تقطیع بر روی مخروط افکنه‌ها، جابجایی محل رسوب-گذاری و ایجاد مخروط‌های قدیمی شده است. این تغییر سطح اساس باعث گذر به یک دوره‌ی فرسایشی شده است.

منابع

۱- پروهان، ندا، (۱۳۸۰): تحلیل دگر ریختی گسل زفره(محدوده کاشان، اردستان)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- خیام، مقصود و مختاری کشکی، داود، (۱۳۸۲): ارزیابی عملکرد فعّالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط افکنه‌ها، پژوهش‌های جغرافیایی، سال ۳۵، شماره‌ی ۴۴.
۳- خسروی، سمیه، (۱۳۸۷): تحول ژئومورفولوژی دامنه‌ی شمال‌شرقی کوه کرکس و دشت بادرود، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۴- رضائی مقدم، محمد حسن، (۱۳۷۴): پژوهشی در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه‌ی جنوبی میشوداغ با تأکید بر مورفوکلیما و مورفوتکتونیک، پایان‌نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم انسانی واجتماعی، دانشگاه تبریز.
۵- عباس نژاد، احمد، (۱۳۷۵): پژوهش‌های ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان، پایان‌نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۶- کرمی، فریبا، (۱۳۸۱): بررسی مسایل ژئومورفولوژی دامنه‌ی شمالی رشته کوه بزقوش و دشت انباشتی سراب، پایان-نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۷- گورابی، ابوالقاسم، (۱۳۸۶): شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعّال حوضه‌ی آبریز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماری ۶۰.
۸- مختاری کشکی، داود، (۱۳۸۱): عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه‌های کواترنری در دامنه‌ی شمالی میشو و ارزیابی توان‌های محیطی آن، پایان‌نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۹- مختاری کشکی، داود، (۱۳۸۲): تحلیل روابط ویژگی‌های مورفومتری مخروط افکنه‌ها با حوضه‌های آبریز- مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ها و مخروط افکنه‌های دامنه‌ی شمالی میشوداغ (شمال‌غرب ایران)، فصل‌نامهٔ تحقیقات جغرافیایی، سال ۱۸، شماره‌ی ۴.
۱۰- مقامی مقیم، غلامرضا، (۱۳۸۶): بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش مخروط افکنه‌های دامنه‌ی جنوبی آلاداغ، پایان‌نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۱۱- یمانی، مجتبی و مقصودی، مهران، (۱۳۸۲): بررسی و تحول کانال‌های گیسویی در سطح مخروط افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط افکنه‌های تنگوئیه در چاله‌ی سیرجان)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۴۵.

12- Bull. W. B. And L. D. Mcfaden, (1977): Tectonic Geomorphology of North Fault, California in Doehring Geomorphology of Arid Regions Allen and Unwin, London.
13- Rachochi, Andezey, (1985): Alluvial Fans, New York, John Wiley & Sons.
14- Kellr. A. And Pinter, N. (1996): Active Tectonics, Effective Tools for Teaching and Research, Geomorphology.
15- Barbank, Douglas, W. and Anderson, Robert. (2001): Tectonic Geomorphology. USA, Blackwell.
16- Szynkaruk, E & et al, (2004): Active Fault Systems and Tectonic – Topographic Configuration of The Central Trans – Menican Volcanic Belt. Geomorphology.