نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۵، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۲۰-۹۷

تاریخ دریافت: ۰۸۱۳۹۰/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۳/۱۶

تحلیل و ارزیابی ویژگی‌های مورفوتکتونیکی و نئوتکتونیکی دامنه جنوبی کوهستان سبلان

معصومه رجبی [۱]
ابوالفضل سلیمانی [۲]

چکیده

کوهستان سبلان یکی از واحدهای مورفوتکتونیک شمال غرب کشور است که به دلیل وسعت قابل ملاحظه آن در پژوهش حاضر تنها به بررسی ویژگی‌های مورفوتکتونیک و نئوتکتونیک دامنه جنوبی آن پرداخته شده است. منطقه انتخابی دارای مختصات جغرافیایی ′۳۶ °۴۷ تا ′۰۰ °۴۸ طول شرقی و ′۵۶ °۳۷ تا ′۱۴ °۳۸ عرض شمالی است. این منطقه از نظر هیدروگرافی متشکل از حوضه‌های پیسلرچای، آغمیون چای، بیوک‌چای (از زیرحوضه‌های رودخانه آجی‌چای) و آغلاغان‌چای (از زیرحوضه‌های بالخلوچای اردبیل) است. گسل‌های اصلی و فرعی متعددی در دامنه جنوبی سبلان وجود دارد که آثار ژئومورفولوژی قابل توجهی به‌جا گذاشته‌اند. از پدیده‌های مورفوتکتونیک عمده شناسایی شده می‌توان به دره‌های خطی، انحراف آبراهه‌ها، پشته‌های مسدودکننده، جابجایی مخروط افکنه‌ها و چشمه‌های معدنی اشاره کرد.

اگرچه کوهستان سبلان از دوره میوسن فعال بوده اما مخروط اصلی آن در طی کواترنر تشکیل شده است (زمردیان ۱۳۸۱)، لذا این منطقه می‌تواند جزو مناطق فعال تکتونیکی باشد. جهت بررسی ویژگی‌های تکتونیک جوان و ارزیابی میزان فعالیت آن در منطقه، سعی شده است از شاخص‌های متعدد ژئومورفیک استفاده شود تا نتایج صحیحی در این مورد گرفته شود. شاخص‌های استفاده شده شامل تضاریس جبهه کوهستان (Smf)، نسبت بین پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) نسبت شکل حوضه زهکشی (Bs)، شاخص عدم تقارن توپوگرافی (Af)، عامل تقارن توپوگرافی (T) و شاخص

۱ـ دانشیار گروه آموزشی ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز. Email:mrajabi@tabrizu.ac.ir.
۲ـ کارشناسی ارشد جغرافیایی طبیعی (ژئومورفولوژی).

ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (IAT) می‌باشد. این شاخص‌ها به تفکیک در ۴ حوضه زهکشی منطقه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج شاخص‌های (Smf) و (Vf) برای دو حوضه حالت فعال و برای دو حوضه دیگر شرایط نیمه‌فعال نشان می‌دهد. شاخص نسبت شکل برای تمامی حوضه‌ها شرایط فعال تکتونیکی را مشخص می‌سازد. نتایج شاخص‌های تقارن و عدم تقارن توپوگرافی هم تأییدکننده نتایج شاخص‌های فوق است. در نهایت سعی شده است از شاخص IAT نیز استفاده شود. گفتنی است شاخص IAT از متوسط کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک به‌دست می‌آید و وضعیت کلی فعالیت‌های نئوتکتونیکی مناطق را مشخص می‌سازد. مطابق نتایج این شاخص، سه حوضه از چهار حوضه منطقه دارای نوع فعالیت زیاد و حوضه چهارم (بیوک‌چای) دارای فعالیت متوسط است. بنابراین دامنه جنوبی کوهستان سبلان به عنوان بخشی از کل واحد مورفولوژی و کوهستان، از نظر تکتونیکی هنوز هم فعال است.

واژگان کلیدی: مورفوتکتونیک، آثار ژئومورفیک گسل‌ها، نئوتکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، دامنه جنوبی سبلان.

مقدمه

اشـکال و فرآیـندهایی که بوسیله فعالیت درونی زمین یا تکتونیک در سطح زمین ایجاد می‌شوند تحت عنوان ژئومورفولوژی تکتونیکی یا مورفوتکتونیک نامیده می‌شود. کلر و پینتر (۱۹۹۶) ژئومورفولوژی تکتونیکی را شامل مطالعه اشکال زمینی که بوسیله نیروهای تکتونیکی بوجود آمده‌اند و کاربرد اصول ژئومورفیک برای حل مسائل ناشی از فعالیت تکتونیکی می‌دانند. مـورفوتکتونیک اثـرات فـرآیندهای فعال تکتـونیکی (مانند گسلش، چین‌خوردگی، بالاآمـدگی، فـرونشینی و...) را روی اشکال زمین بررسی می‌کند. وجود شواهد مورفولوژیک مانند تغییر شکل‌های غیرعادی در شکل مسیر رودخانه‌ای، تغییرات غیرعادی در مخروط افکنه، تغییرات غیرعادی در تراس رودخانه‌ای، وجود تنگه‌های گسلی، وجود دیاپیرها و آثار لغزش در رسوبات جوان و... شواهدی بر عملکرد نیروهای تکتونیکی و فعال بودن این نیروها در زمان حاضر است. بنابراین مطالعات مورفوتکتونیکی (ژئومورفولوژی تکتونیکی) شامل بررسی لندفرم‌ها و پدیده‌های سطحی به عنوان کلیدی جهت مشخص

کردن وجود فعالیت تکتونیکی است. همچنین با این نوع مطالعه، می‌توان نواحی نسبتاً با ثبات و غیرفعال تکتونیکی را نیز مشخص ساخت.

علم نئوتکتونیک، فعالیت‌های تکتونیکی جوان را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. لیکن محدوده زمانی آن نسبت به هر منطقه متفاوت است (مونر، ۱۹۹۰ به نقل از نجف‌زاده نوبر، ۷۶). با بررسی شاخص‌های ژئومورفیک (شاخص نسبت شکل حوضه زهکشی Bs و نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن VF و...) می‌توان مقدار و نوع حرکات و فعالیت‌های نئوتکتونیکی مناطق را شناسایی کرد. گفتنی است شاخص‌های ژئومورفیکی یکی از ابزارهای کارآمد در عرصه مطالعات ژئومورفولوژی تکتونیک به شمار می‌آید (راک‌ول و همکاران، ۱۹۸۵). مطالعات مورفوتکتونیکی و نئوتکتونیکی به عنوان یکی از شاخه‌های مرتبط با علوم زمین، با محیط زندگی انسان کاملاً مرتبط بوده و می‌تواند اطلاعات مفیدی از چگونگی فعالیت‌های آن در گذشته و زمان حال و آثار ناشی از این فعالیت‌ها در سطح زمین و لندفرم‌های حاصل از آنها، همچنین فرآیندهای موثر در تشکیل چشم‌اندازهای طبیعی و بالاخره تعیین میزان خطر در رابطه با این فعالیت‌ها در اختیار برنامه‌ریزان ناحیه قرار دهد.

کوه سبلان مظهر عمده فعالیت‌های تکتونیکی و نئو تکتونیکی در شمال غرب کشور است که تاکنون ویژگی‌های مورفو- تکتونیکی آن بر اساس شاخص‌های ژئومورفولوژی مورد بررسی قرار نگرفته است. بدلیل وسعت زیاد کوهستان سبلان، که بیش از ۱۲۰۰ کیلومترمربع می‌باشد، در این بررسی دامنه جنوبی آن انتخاب شده است. بخش انتخابی در شمال شرقی شهرستان سراب و شمالغربی شهرستان نیر و در محدوده جغرافیایی ′۳۶ °۴۷ تا ′۰۰ °۴۸ طول شرقی و ′۵۶ °۳۷ تا ′۱۴ °۳۸ عرض شمالی واقع شده و در مجموع ۵۶۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. محدوده مورد مطالعه شامل حوضه‌های آبریز پیسلرچای، بیوک چای و آغمیون چای از زیرحوضه‌های آجی‌چای و آغلاغان چای از زیرحوضه‌های بالخلوچای می‌باشد. به دلیل فقدان پژوهشی منسجم در مورد ژئومورفولوژی تکتونیکی و آثار ناشی از تکتونیک جوان در کوهستان سبلان، پژوهش حاضر می‌تواند بررسی مقدماتی در خصوص ویژگی‌های مورفوتکتونیک و نئوتکتونیک دامنه جنوبی سبلان باشد.

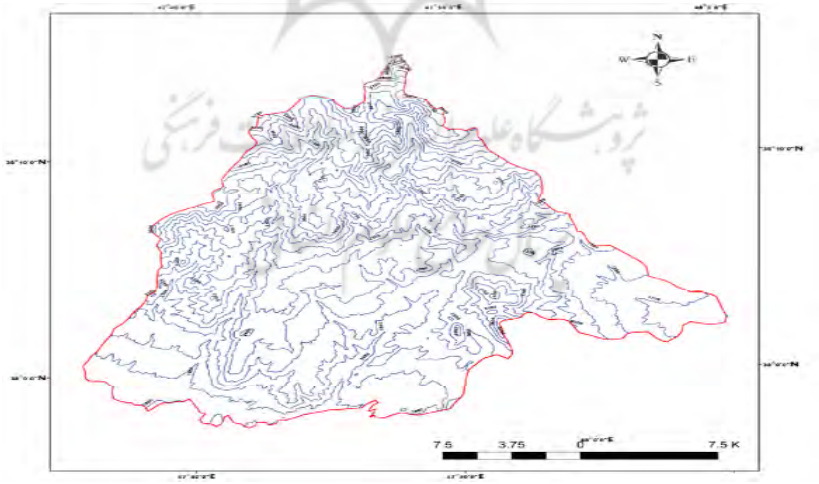
پیشینه تحقیق

اگر چه بخش‌هایی از کوهستان سبلان خصوصا دامنه‌های شمالی و شرقی از نظر ویژگی‌ها و فرایندهای ژئومورفیک مورد مطالعه قرار گرفته است اما دامنه جنوبی این کوهستان تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و این بخش از سبلان از نظر ویژگی‌های ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیک فاقد اطلاعات می‌باشد.

از مطالعات و پژوهش های انجام گرفته در ارتباط با موضوع و بخش‌های مجاور منطقه می‌توان به مواردی اشاره کرد. از اواخر نیمه دوم قرن نوزدهم سبلان مورد توجه پژوهشگران خارجی قرار گرفته است در سال ۱۸۸۱ زمین‌شناسی به نام سوگرن، در سال ۱۹۳۷ بوبک و در سال ۱۹۷۶ دیدون و ژمن در رساله دکتری خود شرح مفصلی درباره سنگ‌شناسی و ژئوشیمی و مکانیسم فوران آتش فشان سبلان نوشته‌اند (نقل از دلال‌اوغلی، ۱۳۸۱). موحد دانش (۱۳۶۷) در طرح مطالعات سبلان ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی و لیتولوژی دامنه جنوبی سبلان را بررسی کرده است. اسداللهی‌نژاد (۱۳۷۱) تحول ژئومورفولوژی نیر چای (آغلاغان چای) را مطالعه کرده است. خیام (۱۳۷۲) در مقاله‌ای تحت عنوان کوششی بر طرح وضع ساختمانی و مورفولوژی آتش‌فشانی فلات ایران با تأکید بر توده و لکانیکی سبلان، ساختمان زمین‌شناسی منطقه، روانه‌های لاهار و مکانیسم‌های بجاگذاری آنها را مورد بررسی قرار داده است. سحابی (۱۳۷۸)، در مقاله‌ای با عنوان بررسی آتش‌فشان سبلان با توجه خاص بر روند تشکیل منابع زمین گرمایی مشگین – اردبیل ضمن بررسی گسل‌ها، زمین لرزه‌ها و چشمه‌های معدنی منطقه، چگونگی استفاده از انرژی گرمایی موجود در منطقه را جهت تولید انرژی برق بررسی نموده است. دلال‌اوغلی (۱۳۸۱) سیستم‌های موفوژنز دامنه شمالی سبلان و شکل‌گیری دشت مشگین شهر را بررسی کرده است. رجائی‌ریزی (۱۳۸۱) هیدروژئوشیمی چشمه‌های انتخابی دامنه جنوب شرقی سبلان را بررسی نموده است. اسفندیاری (۱۳۸۵) سیستم‌های مورفوژنز در دامنه شرقی توده آتش‌فشانی سبلان را بررسی نموده است.

موقعیت جغرافیایی منطقه

دامنه جنوبی سبلان به عنوان بخشی از توده کوهستانی سبلان در شمال شرقی شهرستان سراب در آذربایجان شرقی وشمال غرب شهرستان نیر در استان اردبیل واقع شده و در مجموع ۵۶۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این منطقه در محدوده جغرافیایی ′۳۶ °۴۷ تا ′۴۸°۰۰ طول شرقی و ′۳۷°۵۶ تا ′۳۸°۱۴ عرض شمالی گسترش دارد. پست‌ترین نقطه در جنوب شرقی در شهر نیر، انتهای حوضه آغلاغان چای حدود ۱۶۰۰ متر ارتفاع دارد و بلندترین نقطه آن قله ۴۴۰۰ متری در جنوب قله سبلان می باشد. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی محدوده مورد مطالعه به دو واحد کوهستان و پایکوه تقسیم شد که واحد کوهستان بیشترین وسعت محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده و از ارتفاع ۲۱۰۰ متری تا ۴۴۰۰ متری در این واحد قرار می‌گیرد و واحد پایکوه محدوده ارتفاعی ۱۶۰۰ تا ۲۱۰۰ متری را شامل می‌شود. از نظر شبکه هیدروگرافی منطقه شامل دو حوضه آجی‌چای با زیرحوضه‌های پیسلرچای، آغمیون و بیوک‌چای و حوضه بالخلوچای با زیرحوضه آغلاغان‌چای می‌باشد که از میان حوضه‌های مورد مطالعه آغلاغان چای با مساحت ۱۶۹/۹ کیلومترمربع، بزرگ‌ترین حوضه مورد مطالعه می‌باشد و حوضه پیسلرچای با ۳۶/۱۴۵ کیلومتر مربع مساحت کوچک‌ترین حوضه منطقه محسوب می‌شود.



شکل (۱) نقشه توپوگرافی دامنه جنوبی سبلان

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ اهر و میانه و نقشه‌های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ لای، رازلیق، امام چای و سراب و نقشه‌های زمین‌شناسی سراب و مشگین با مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. جهت ترسیم نقشه‌ها و تفسیر عکس‌ها از نرم‌افزارهای Spss, ArcGIS, Excel و غیره استفاده شده است.

به منظور بررسی نقش نیروهای تکتونیکی، بویژه نو زمین ساخت از شاخص‌های متعدد ارزیابی عملکرد تکتونیک استفاده شده است.

شاخص تضاریس یا سینوسی جبهه کوهستان[1] (Smf)

Smf=Lmf/L Lmf– طول جبهه کوهستان (سراشیبی تند کوهستان) در حد بین کوهستان و کوهپایه

L– طول خط مماس در امتداد جبهه کوهستان

شاخص نسبت بین پهنای کف دره به ارتفاع آن[2] (Vf)

Vf=2Vfw/[(Eld- Esc)+(Erd-Esc)] Vfw– پهنای کف دره بر حسب m

Esc– ارتفاع متوسط بستر دره از سطح آبهای آزاد

Erd– ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت راست دره بر حسب m

Eld– ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ دره بر حسب m

شاخص نسبت شکل حوضه زهکشی[3] (Bs)

Bs=Bl/Bw

1- Mountain Front Sinuosity
2- Ratio of Valley Floor to Valley Height(VF)
3- Drainage Basin Shape Ratio (BS)

Bl- اندازه طول حوضه (دورترین نقطه تا خروجی حوضه)

Bw- اندازه عرض حوضه (اندازه پهن‌ترین بخش در حوضه)

شاخص عدم تقارن توپوگرافی[1] (Af)

$$Af = 100\ (Ar/At)$$

Ar= مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی به طرف پایین دست حوضه

At= مساحت کل حوضه

عامل تقارن توپوگرافی[2] (T)

$$T = \frac{Da}{Dd}$$

Da= فاصله نوار ما بین خط میانی حوضه تا خط میانی رود پیچ فعال

Dd= فاصله خط میانی حوضه تا مرز حوضه

ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (Iat)

$$Iat = S/N$$

S= مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده

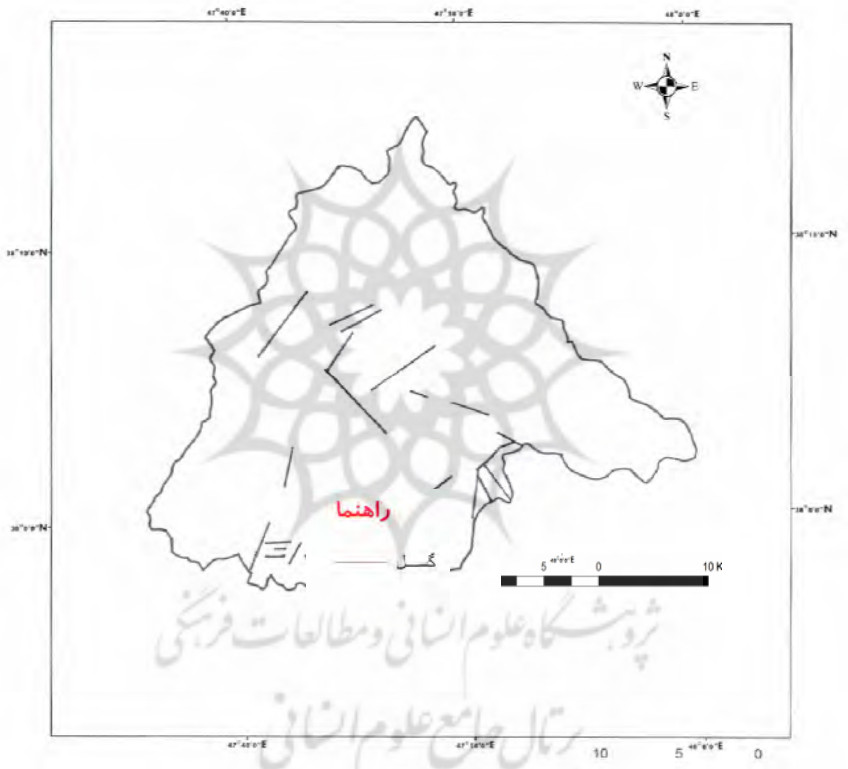
N= تعداد شاخص‌های محاسبه شده (حمدونی و سایرین، ۲۰۰۸؛ کلر و پینتر، ۱۹۹۶)

یافته‌های و نتایج

گسل‌ها یکی از نیروهای بسیار موثر در تشکیل چشم‌اندازهای سطح زمین هستند (دی‌بلیچ و مولر[3]، ۱۹۹۶: ۳۶۹). در محدود مورد مطالعه بر اساس مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای ۲۵ گسل تشخیص داده شد که از نظر تراکم بیشتر گسل‌ها در حوالی قصرداغ و در

1- Asymmetry factor (AF)
2- Topographic Symmetry Factor (T)
3- D. Belich and Moller

حوضه‌های آغمیون و بیوک چای قرار گرفته‌اند (شکل ۲). تراکم گسل‌ها در منطقه حدود ۰/۱۳۶ کیلومتر در هر کیلومترمربع می‌باشد. البته به دلیل فعالیت‌های آتش فشانی سبلان در پلیو – پلیوستسن و جریان گدازه‌ها در دامنه‌های مختلف بسیاری از گسل‌ها در نقشه‌های زمین‌شناسی قابل تشخیص نمی‌باشد.



شکل(۲) نقشه گسل‌های دامنه جنوبی سبلان

با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی سراب و مشگین‌شهر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای، گسل‌های موجود در منطقه بیشتر از نوع گسل‌های متوسط می‌باشند و تعدادی از آن‌ها نیز گسل فرعی به حساب می‌آیند زیرا کمتر از ۲ کیلومتر طول دارند.

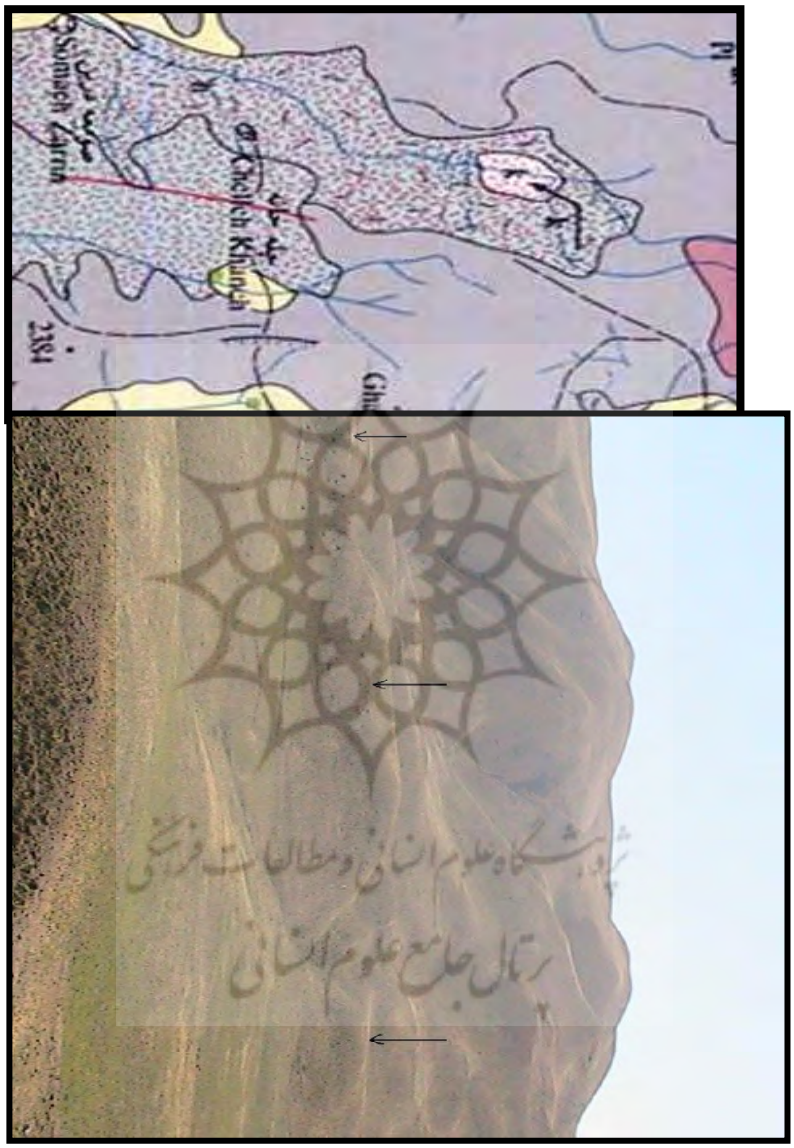
جدول (۱) مشخصات گسل‌های مهم منطقه

ردیف	نام گسل	موقعیت گسل	طول گسل به (km)
۱	گسل قصر داغ- برجلو	مجاورت قصرداغ	۹/۵
۲	گسل میدان جیق	جنوب غربی روستای میدان جیق	۵/۵
۳	گسل چله خانه	یک کیلومتری شرق چله‌خانه	۲/۳
۴	گسل کلانتر	در شمال روستای کلانتر	۲/۴
۵	گسل شرق دکلانلو	در شرق روستای دکلانلو	۴/۵
۶	گسل فرعی قرخ بلاغ	یک کیلومتر شمال شرقی روستای قرخ‌بلاغ	۱
۷	گسل آغمیون	در ۲ کیلومتری شرق روستای آغمیون	۲

اشکال و عوارض ناشی از فعالیت انواع گسل‌ها در محدوده مورد مطالعه قابل ملاحظه بوده و عمده‌ترین آنها عبارتند از:

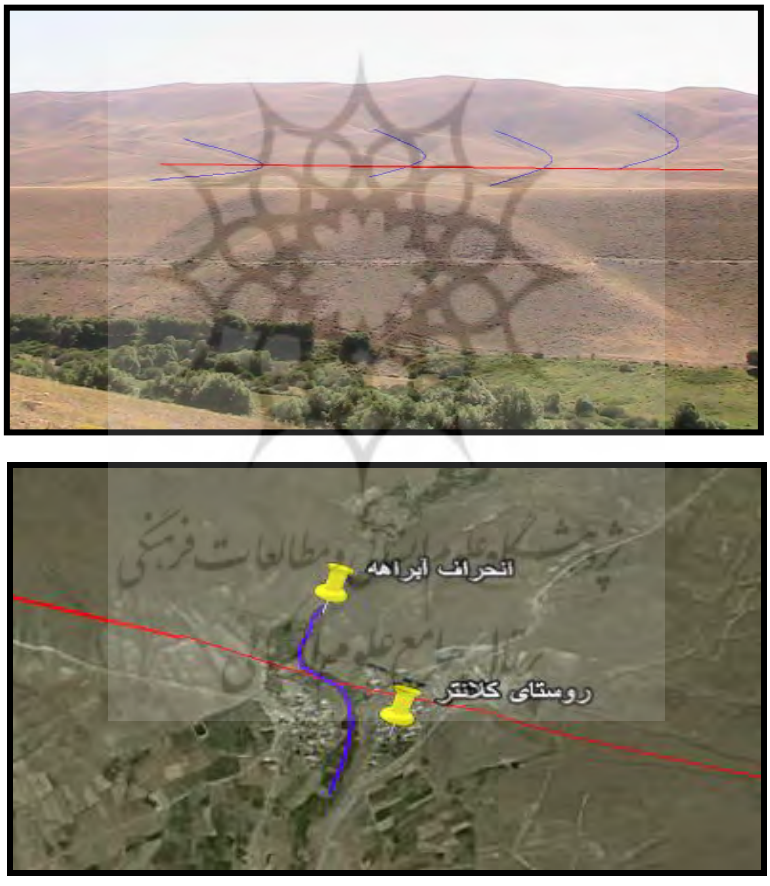
دره‌های خطی: این دره‌ها در امتداد مسیر گسل اصلی قرار دارند و به علت حرکت مداوم در امتداد مسیر جدید گسل توسعه می‌یابند (کلر و پینتر، ۲۰۰۲: ۶۰). در دامنه جنوبی سبلان در محدوده مورد مطالعه بهترین مورد دره گسلی خطی در حوضه آغمیون چای وجود دارد که فعالیت گسل‌های منطقه موجب ایجاد این دره‌ها و جریان آبراهه‌ها در مسیر آنها شده و دره‌های تنگ و عمیقی را در بستر رودخانه بوجود آورده‌اند. در حوضه بیوک چای نیز قسمتی از آبراهه‌ها در امتداد گسل میدان جیق جریان دارند و دره‌های خطی در این منطقه قابل مشاهده می باشد.

پرتگاه‌ها: عادی‌ترین شکل حاصل از گسلش، پرتگاه گسلی است. پرتگاه‌های گسلی در امتداد گسل‌های دامنه جنوبی در بخش‌هایی که از لیتولوژی نسبتاً مقاومی برخوردار است، وضوح بیشتری دارند. برای مثال در شکل (۳) پرتگاه‌های گسلی را در دامنه‌های جنوبی سبلان نشان می‌دهد.



شکل (۳) پرتگاه‌های گسلی در حوضه آغمیون چای (تصویرسمت راست) و گسل مربوطه که در نقشه زمین شناسی برگ مشگین به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در محل چله خانه دیده می شود(تصویر سمت چپ)

انحراف آبراهه‌ها: یـکی از اشکال بارز گسل‌های دامنه‌ای جـنوبی سبلان آبراهـه‌های انحراف یافته است. این پدیده در اغلب آبراهه‌هایی که در امتداد گسل‌های منطقه قرار دارند دیده می‌شود. در شمال روستای کلانتر عبور گسل عمود بر بستر رودخانه موجب انحراف آبراهه اصلی شده، این پدیده همچنین در شمال غربی روستای میدان جیق در شاخه‌ای از بیوک چای قابل مشاهده است. در ۲/۵ کیلومتری شرق روستای آغمیون در حوضه آغمیون چای عبور گسل از دامنه شرقی حوضه موجب انحراف آبراهه‌ها شده است (شکل ۴).



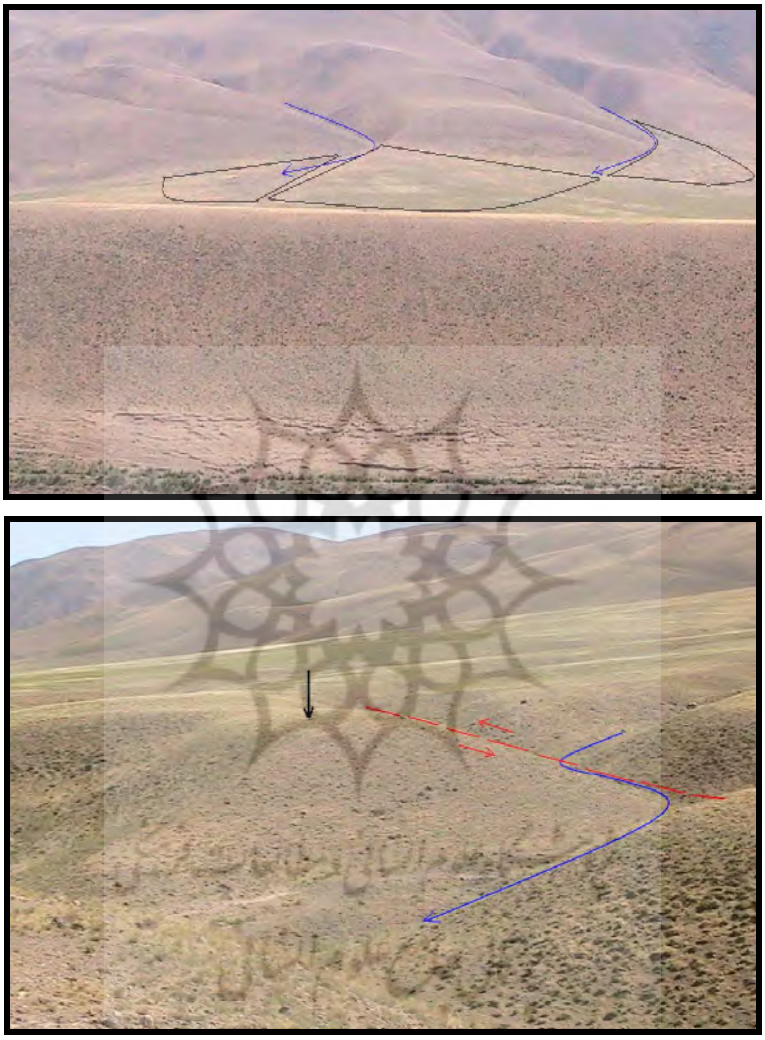
شکل (۴) انحراف آبراهه‌ها در مسیر گسل کلانتر (سمت راست) و در مسیر گسل آغمیون(سمت چپ)

پشته‌های مسدودکننده: اگر حرکتی در زمینی ناهموار و در امتداد یک گسل امتداد لغز اتفاق بیافتد ناهمواری‌های دو طرف خط گسل جابجا می‌شوند. در صورتی که برآمدگی در اثر حرکت گسل امتداد لغز در مقابل آبراهه‌های طرف مقابل گسل قرار گیرند و سبب انسداد آبراهه‌ها شوند به این نوع اشکال زمینی، پشته‌های مسدودکننده اطلاق می‌شود.

در دامنه شرقی حوضه آغمیون چای در شرق روستاهای سهزاب و آغمیون حرکت گسل امتداد لغز آغمیون موجب تشکیل پشته‌های مسدودکننده در مسیر جریان آبراهه‌ها شده است که بیان‌کننده وجود حرکات زمین ساختی در این منطقه می‌باشد (شکل ۵). به‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود، استقرار این ناهمواری‌ها در مقابل آبراهه‌ها، باعث انحراف مسیر آبراهه‌ها شده است. با ایجاد پشته‌ها در مقابل آبراهه‌ها برخی از آنها سعی می‌کنند از روی پشته‌ها عبور کرده و به سمت دشت جاری شوند، ولی اغلب آبراهه‌ها از مسیر خود منحرف شده از کنار پشته‌های مسدودکننده مسیرخود را ادامه می‌دهند که در شکل (۵) به خوبی قابل تشخیص می‌باشد.

مخروط افکنه‌ها و جابجایی آنها: مخروط افکنه‌ها، اشکال ژئومورفولوژیکی هستند که فعالیت تکتونیکی در کنار تغییرات آب و هوایی مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده آنها می‌باشد (لی و همکاران[1]، ۱۹۹۹، نقل از مختاری، ۱۳۸۴). باتوجه به تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی در انتهای حوضه‌های آغمیون چای و پیسلرچای مخروط- افکنه‌هایی تشکیل یافته است و تجدید فعالیت گسل‌های پایکوهی و تغییرات تکتونیکی سطح اساس موجب حفر مجدد بستر رود در سطح مخروط افکنه‌ها و در نتیجه پیدایش پادگانه‌های آبرفتی شده است. همچنین در دامنه‌های شرقی آغمیون‌چای فعالیت گسل امتداد لغز آغمیون موجب جابجایی مخروط افکنه در این محدوده شده است (شکل ۵).

1- Lie. et.al



شکل (۵) پشته‌های مسدودکننده در دامنه‌های شرقی آغمیون چای (سمت چپ) جابجایی مخروط افکنه‌ها در اثر فعالیت گسل آغمیون (سمت راست)

از سایر آثار ژئومورفولوژی گسل‌ها در منطقه می‌توان به چشمه‌های معدنی و درزه‌های متعدد در سطوح سنگ‌ها اشاره کرد.

کاربرد شاخص‌های ژئومورفیک امکان تحلیل اشکال زمینی و ارزیابی میزان فعالیت‌های تکتونیکی یک منطقه مشخص را فراهم می‌کند (گارنری وپروتا[1]، ۲۰۰۸، نقل از کرمی، ۱۳۸۷، ۹۷). از طریق این شاخص‌ها می‌توان اطلاعاتی در مورد نواحی خاصی از یک منطقه که در معرض فعالیت تکتونیکی نسبتاً سریع یا حتی کند قرار دارند، به‌دست آورد (رامیرز–هررا[2]، ۱۹۹۸). اساس این شاخص‌ها، تحلیل شبکه‌های زهکشی و جبهه‌های کوهستان است و بوسیله آنها بی‌نظمی‌های موجود در سیستم‌های آبرفتی و یا در طول جبهه‌های کوهستان آشکار می‌شود. این بی‌نظمی‌ها امکان دارد بوسیله تغییرات محلی فعالیت‌های تکتونیکی و در اثربالا آمدگی یا فرونشست بوجود آمده باشند (حمدونی[3] و همکاران، ۲۰۰۸). برای ارزیابی فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه، ۵ شاخص ژئومورفیک در دامنه‌های جنوبی سبلان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

نیروهای درونی زمین در قالب فرایندهای تکتونیکی موجبات تشکیل ناهمواری‌های زمین و لندفرم‌های اصلی را فراهم می‌آورند. اما تأثیر آنها در تغییر چشم‌اندازهای ساختمانی و ژئومورفولوژیکی زمین در همه جا یکنواخت و یکسان نیست. جبهه‌های کوهستانی یکی از بارزترین نواحی برای نمایش اختلاف عملکرد این عوامل می‌باشند، با بررسی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی جبهه کوهستان می‌توان فعالیت‌های تکتونیکی آن ناحیه را ارزیابی نمود. در دامنه جنوبی سبلان برای بررسی شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)، منحنی میزان ۱۹۰۰ متر از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به عنوان جبهه کوهستان و مرز بین کوهستان و دشت انتخاب شد. جهت بررسی دقیق، جبهه‌های کوهستان منطقه مطالعاتی به حوضه‌های آبریز پیسلر چای، آغمیون چای، حوضه بیوک چای و آغلاغان چای تقسیم شد و شاخص (Smf) برای هر ۴ حوضه اندازه‌گیری و محاسبه شد. کمترین مقادیر شاخص در حوضه آغمیون‌چای ۱/۲۵ می‌باشد که با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های ماهواره‌ای منطقه منطبق با گسل‌های موجود در محدوده‌های مورد مطالعه می‌باشد و نشانگر پرتحرک بودن منطقه ازلحاظ تکتونیکی می‌باشد.

1- Guarnieri and Pirrotta
3- Hamdouni et.al.

جدول (۲) مقادیر شاخص (Smf) در منطقه مورد مطالعه و کلاس هر منطقه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

شماره قطعه	جبهه کوهستان	شاخص Smf	طبقات هر قطعه براساس Bull and Mcafadden,1977	طبقات هر قطعه‌براساس Rockwell. et.al.,1985	Silva.et.al., 2003
۱	حوضه پیسلر چای	۱/۷۳	نیمه فعال ۲	غیر فعال ۳	نیمه فعال ۲
۲	حوضه آغمیون چای	۱/۲۵	فعال۱	فعال ۱	فعال ۱
۳	حوضه بیوک‌چای	۱/۷۴	نیمه فعال ۲	غیر فعال ۳	نیمه فعال ۲
۴	حوضه آغلاغان‌چای	۱/۵۲	فعال ۱	غیر فعال ۳	فعال ۱

دومین معیار مورد استفاده برای تخمین حرکات زمین ساخت در جبهه‌های کوهستان نسبت بین پهنای کف دره به ارتفاع دره است. این شاخص در امتداد سراشیبی تند کوهستان و در دره‌های مختلف آن محاسبه می‌شود. بنابراین برای رسیدن به نتیجه مطلوب از مقایسه بین شاخص‌های مزبور در دره‌های متعدد لازم است فاصله معینی از جبهه‌های کوهستان مدنظر باشد. در این مطالعه محاسبات در فاصله یک کیلومتر از سراشیبی تند کوهستان به طرف بالادست در بخش میانی و بالایی تمام حوضه‌ها در سه منطقه در نظر گرفته شده است.

مقادیر بسیار پایین شاخص VF (جدول۳) در حوضه‌های مورد مطالعه بیانگر شدن فعالیت‌های نوزمین ساخت و عوامل مورفودینامیکی است که آبراهه‌ها با انرژی زیاد در واکنش به فرازش در بستر خود فرو می‌روند و در نتیجه باعث افزایش عمق دره نسبت به عرض آن می‌شوند.

جدول(۳) مقادیر شاخص (VF) دره‌های اصلی در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	(cm) Es	Vfm (m)	Eld	Erd (cm)	VF	طبقه هرقطعه براساس Rockwell.et.al 1985	طبقه هرقطعه براساس Bull and mcfadden,1977	Silva. et. al., 2003
پیسلر چای	۲۳۳۵	۹۰	۲۳۹۵	۲۴۸۵	۰/۸۶	فعال ۱	نیمه فعال۲	نیمه فعال۲
آغمیون چای	۲۵۹۵	۱۱۸	۲۸۳۵	۳۰۶۵	۰/۳۴	فعال ۱	فعال ۱	فعال ۱
بیوک چای	۲۶۰۰	۱۰۰	۲۷۶۵	۲۷۳۵	۰/۶۸	فعال ۱	نیمه فعال ۲	نیمه فعال۲
آغلاغان چای	۲۷۹۵	۸۰	۲۹۶۰	۳۰۰۰	۰/۴۴	فعال ۱	فعال ۱	فعال ۱

برای ارزیابی میزان نسبی فعالیت‌های زمین‌ساختی جبهه کوهستان در نواحی مختلف همواره شاخص‌های سینوزیته و نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن مورد استفاده قرار می‌گیرند (جدول ۴).

جدول (٤) تخمین کلاس فعالیت‌های زمین ساختی و میزان بالا آمدگی (حمدونی و سایرین، ۲۰۰۸) در جبهه کوهستان منطقه

نام حوضه	Smf	Vf	کلاس قطعات از نظر فعالیت‌های تکتونیکی	میزان بالا آمدگی متر در هزار سال
پیسلرچای	۱/۷۳	۰/۸۶	نیمه فعال ۲	۰/۵ – ۰/۵
آغمیون چای	۱/۲۵	۰/۳۴	فعال ۱	>۰/۵
بیوک چای	۱/۷۴	۰/۶۸	نیمه فعال ۲	۰/۵ –۰/۰۵
آغلاغان چای	۱/۵۲	۰/۴۴	فعال ۱	>۰/۵

بر اساس جدول فوق در حوضه‌های پیسلرچای و بیوک چای میزان بالاآمدگی در هزار سال ۰/۵– ۰/۰۵ متر و در بقیه حوضه‌ها بیش از ۰/۵ متر در هزار سال می‌باشد و نشان دهنده فعال بودن منطقه از نظر حرکات تکتونیکی می‌باشد.

در حوضه‌های دامنه جنوبی سبلان، شاخص نسبت شکل حوضه زهکشی مطابق جدول (۵) به‌دست آمد. همان‌طوری که قبلاً اشاره شد BS بزرگ‌تر از عدد دو نشان‌دهنده حوضه‌های طولی است که از نظر تکتونیکی فعال هستند. مقادیر پائین‌تر از آن نشانگر فعالیت‌های زمین ساختی ضعیف یا آرامش تکتونیکی می‌باشد. مقادیر شاخص BS در تمامی حوضه از عدد مبنای ۲ بیشتر است و عملکرد فعال تکتونیک را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار این شاخص در حوضه آغمیون چای ۵/۴۵ می‌باشد و نشانگر فعالیت شدید گسل‌های موجود در محدوده حوضه فوق می‌باشد.

جدول (۵) مقادیر مربوط به شاخص BS برای حوضه‌های منطقه

ردیف	نام حوضه‌ها	مقدار شاخص BS	طبقه‌بندی وضعیت حوضه‌ها بر اساس فعالیت تکتونیکی
۱	پیسلر چای	۳/۶۷	۱ فعال
۲	آغمیون چای	۵/۴۵	۱ فعال
۳	بیوک چای	۲/۶۰	۱ فعال
۴	آغلان چای	۳/۹۹	۱ فعال

از طرفی مقدار عددی زیاد شاخص فرم حوضه BS در تمام حوضه‌های منطقه تحت عملکرد نو زمین ساخت موجب شده که رودخانه‌ها با انرژی زیاد برای رسیدن به نیمرخ تعادل (سطح اساس) همواره عمل حفر و کاوش انجام دهند. بنابراین جریانات آبی با به عمق بردن بستر خود ناپایداری دامنه را تشدید و مقدار رسوبات زیادی به انتهای حوضه‌ها در دشت سراب وارد می‌کنند.

این شاخص عدم تقارن حوضه آبریز و تمایل و خمیدگی آبراهه اصلی را نشان می‌دهد. در هیچ‌یک از حوضه‌های مورد مطالعه حالت تقارن (AF =۵۰) وجود ندارد. مقادیر شاخص در محدوده مورد مطالعه یا بیش از عدد مبنای ۵۰ می‌باشد که تمایل آبراهه اصلی را به طرف کناره چپ حوضه مشخص می‌سازد و یا کمتر از عدد مبنای ۵۰ است که تمایل آبراهه‌های اصلی را به سمت راست حوضه زهکشی نشان می‌دهد جدول (۶).

جدول(٦) مقادیر شاخص AF در حوضه‌های منطقه

نام حوضه‌ها	مساحت سمت راست حوضه	مساحت سمت چپ حوضه	مساحت کل حوضه km^2	مقدار شاخص AF	کلاس	وضعیت تمایل
پیسلر چای	۱۳/۶۲۵	۲۲/۵۲۰	۳۶/۱۴۵	۳۷/۷۰	۳	تمایل به کناره راست
آغمیون چای	۵۱/۶۵۰	۴۵/۶۲۵	۹۷/۲۷۵	۵۳/۰۹	۳	تمایل به کناره چپ
بیوک چای	۷۵/۱۵۰	۷۷/۷۵۰	۱۵۲/۹	۴۹/۱۵	۳	نزدیک به حالت تقارن
آغلاغان چای	۹۱/۵	۷۸/۴	۱۶۹/۹	۵۳/۸۵	۳	تمایل به کناره چپ

بر اساس جدول (۶) به نظر می‌رسد تمایل در حوضه‌هایی که آبراهه اصلی در امتداد گسل‌ها قرار گرفته است با عملکرد گسل‌ها ارتباط دارند. تمایل به چپ در حوضه‌های آغمیون چای و آغلاغان چای، انحراف به راست در حوضه پیسلر چای، حالت نزدیک به تقارن در حوضه بیوک چای می‌تواند به عوامل تکتونیکی محلی یا ویژگی‌های لیتولوژی بستگی داشته باشد. با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای و انطباق آنها با آبراهه‌های اصلی در نقشه‌های توپوگرافی می‌توان گفت عملکرد گسل‌ها و عوامل تکتونیکی نقش بیشتری در انحراف آبراهه‌های اصلی و عدم تقارن حوضه‌های مورد مطالعه دارند.

شاخص تقارن توپوگرافی نیز جهت بررسی و ارزیابی عملکرد تکتونیک و پدیده-های مورفودینامیک، پایداری و ناپایداری مناطق کوهستانی ارائه شده است (ایلدرمی، ۱۳۸۱، ۱۴۸). برای حوضه‌هایی که کاملاً متقارن است، شاخص T مساوی عدد صفر می-باشد. هر چقدر که عدم تقارن توپوگرافی حوضه‌ای افزایش یابد، مقدار شاخص نیز زیاد شده و به عدد یک نزدیک‌تر می‌شود. بنابراین شاخص T برداری است با یک جهت و بزرگی بین ۱-۰ متغیر است. وجود عدم تقارن توپوگرافی در حوضه‌هایی با لیتولوژی تقریباً همسان، عملکرد تکتونیک فعال را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول (۷) داده‌های Tp در هر ۴ حوضه مورد مطالعه، اختلاف زیادی با عدد یک دارند و در نتیجه دارای عدم قرینگی و تقارن عرضی در سمت راست و چپ دامنه‌های آبراهه اصلی هستند. در این زیرحوضه‌ها عملکرد نو زمین ساخت به صورت فرازش یک دامنه نسبت به دامنه مقابل موجب تشدید فعالیت عوامل مورفو دینامیک و عدم تقارن در توپوگرافی عرض آبراهه‌ها شده است.

جدول (۷) مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی (TP) برای حوضه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام حوضه	Da	Dd	Tp	کلاس	وضعیت تقارن
۱	پیسلر چای	۱	۲/۷۵	۰/۳۶	۲	عدم تقارن
۲	غمیون چای	۱/۲۵	۳/۵	۰/۳۶	۲	عدم تقارن
۳	بیوک چای	۲/۳۵	۶/۸۵	۰/۳۴	۲	عدم تقارن
۴	آغلاغان چای	۲/۵	۶/۵	۰/۳۸	۲	عدم تقارن

بحث

ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی محدوده مورد مطالعه با استفاده از شاخص IAT[1] پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک و مشخص شدن کلاس‌های هر کدام از حوضه‌ها از نظر فعالیت‌های تکتونیکی انجام می‌گیرد. شاخص IAT از متوسط کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک و طبق رابطه ذیل به دست می‌آید.

$$IAT = S/N$$

اگر IAT ۱/۵-۱ باشد حاکی از فعالیت‌های زمین‌ساختی شدید است. در صورتی که ۲ > IAT >۱/۵ باشد فعالیت‌های تکتونیکی زیاد را نشان می‌دهد. اگر ۲/۵>IAT >۲ باشد بیانگر فعالیت‌های زمین ساختی متوسط است و IAT<۲/۵ فعالیت‌های کم و ناچیز را آشکار می‌سازد (حمدونی و سایرین، ۲۰۰۸، ۱۷۱).

برای ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی منطقه مورد مطالعه از ۵ شاخص ژئومورفیک استفاده شده و نتایج آنها در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول(۸) محاسبه شاخص IAT در محدوده مورد مطالعه

ردیف	نام حوضه	Smf	Vf	Af	Tp	Bs	IAT	کلاس	نوع فعالیت
۱	پیسلرچای	۲	۲	۳	۲	۱	۱/۸	۲	زیاد
۲	آغمیون چای	۱	۱	۳	۲	۱	۱/۶	۲	زیاد
۳	بیوک چای	۲	۲	۳	۲	۱	۲/۳	۳	متوسط
۴	آغلاغان چای	۱	۱	۳	۲	۱	۱/۷	۲	زیاد

مطابق جدول فوق شاخص IAT در سه حوضه از چهار حوضه مورد مطالعه در کلاس و طبقه ۲ قرار گرفته، فقط حوضه بیوک چای از نظر فعالیت تکتونیکی در کلاس ۳ واقع شده است در چهار حوضه فعالیت نسبی تکتونیکی زیاد بوده و تنها حوضه بیوک چای فعالیت نسبی تکتونیکی متوسط را نشان می‌دهد. بنابراین نتیجه کلی بررسی شاخص‌های

1- Index of relative active tectonic (IAT)

ژئومورفیک، فعالیت‌های نئوتکتونیکی را در محدوده مورد مطالعه مشخص می‌سازد که شواهد این فعالیت‌ها در بخش نخست مقاله حاضر مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه

فرایـندهای تکتونیکی از عوامل اصلی تشکیل اشـکال و لندفرم‌های مناطق می‌باشد که می‌تواند در حال حاضر نیز فعال باشد. در این رابطه مورفوتکتونیک شامل آن بخش از ژئومورفولوژی است که به بررسی پدیده‌های ناشی از نیروهای تکتونیکی می‌پردازد و نئوتکتونیک در برگیرنده ارزیابی فعالیت‌های جدید و جوان است. مناطقی که به صورت واحدهای ژئومورفیک هستند لازم است از نظر ویژگی‌های فوق الذکر مورد بررسی قرار گیرد. یکی از این واحدهای مهم ژئومورفیک، کوه استراتوولکانو سبلان است. کوهستان سبلان در حالت کلی یک واحد مورفوتکتونیک منفرد جلوه می‌نماید که از نظر پالئوژئومورفولوژی مدت زمان زیادی از تشـکیل و تحول آن نـمی‌گذرد. بررسـی شرایط زمین‌شناسی، تکتونیک و چینه‌شناسی این واحد نشانگر وجود و حضور تشکیلات و سازندهای جدید و گسل‌های جوان است. به‌دلیل وسعت زیاد کوهستان سبلان در تحقیق حاضر تنها دامنه جنوبی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد تعداد قابل ملاحظه گسل اعم از اصلی و فرعی در دامنه جنوبی سبلان وجود دارد که آثار قابل توجه مورفوتکتونیک به جا گذاشته است. از پدیده‌های ژئومورفیکی عمده گسل‌های دامنه جنوبی سبلان می‌توان به دره‌های خطی، انحراف آبراهه‌ها، جابجایی مخروط افکنه‌ها و غیره اشاره کرد.

ویژگی‌های نئوتکتونیک دامنه جنوبی سبلان بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های استفاده شده شامل تضاریس یا سینوسی جبهه کوهستان (Smf)، نسبت بین پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، نسبت شکل حوضه زهکشی (Bs)، عدم تـقارن توپوگـرافی (Af)، عامل تقارن توپوگرافی (T) و شاخص ارزیابـی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی(IAT) می‌باشد. این شاخص‌ها به تفکیک در ۴ حوضه زهکشی منطقه (پیسلرچای، بیوک چای و آغمیون چای از زیر حوضه‌های آجی‌چای و آغلاغان چای از زیر حوضه‌های بالخلوچای اردبیل) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان می‌دهد

شاخص‌های Smf و Vf برای دو حوضه حالت فعال و برای دو حوضه دیگر شرایط نیمه فعال نشان می‌دهد. شاخص نسبت شکل برای تمامی حوضه‌ها شرایط فعال تکتونیکی را مشخص می‌سازد. نتایج شاخص‌های تقارن و عدم تقارن توپوگرافی هم تأییدکننده نتایج شاخص‌های فوق است. در نهایت جهت اخذ نتیجه کلی سعی شد از شاخص IAT نیز استفاده شود. مطابق نتایج این شاخص، سه حوضه از چهار حوضه منطقه دارای نوع فعالیت زیاد و حوضه چهارم (بیوک چای) دارای فعالیت متوسط است. بنابراین دامنه جنوبی کوهستان سبلان به عنوان بخشی از کل واحد مورفولوژی و کوهستان، از نظر تکتونیکی هنوز هم فعال است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱ـ آقانباتی، علی (۱۳۸۷)، «گسل‌ها و نـقش آنها بر زمین‌شناسـی ایران»، ***مجله رشد آموزش زمین‌شناسی***، شماره ۵۲.

۲ـ اسداللهی‌نژاد، اسد (۱۳۷۱)، «تحول ژئومورفولوژی نیرچای (آغلاغان چای)»، پایان‌نامه کارشناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۳ـ اسفندیاری، فریبا (۱۳۸۵)، «پژوهشی در سیستم‌های مورفوژنز در دامنه شرقی توده آتش‌فشانی سبلان»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۴ـ خیام، مقصود (۱۳۷۲)، «کوششی بر طرح وضع ساختمانی و مورفولوژی آتش‌فشانی فلات آذربایجـان با تاکیـد بر توده ولکانیکی سبلان»، ***نشریه دانشکده علوم انسانی دانشگاه تبریز***، شماره‌های ۱۴۶و ۱۴۷.

۵ـ خیام، مقصود و مختاری، داوود (۱۳۸۲)، «ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی براساس مورفولوژی مخروط افکنه‌ها»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۴۴.

۶ـ دلال‌اوغلی، علی (۱۳۸۱)، «پژوهشی در سیستم‌های مورفوژنز در دامـنه شمالی سـبلان و شکل‌گیری دشت انباشتی مشگین‌شهر»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۷ـ رجائی ریزی، محمدرضا (۱۳۸۱)، «هیدروژئوشیمی چشمه‌های انتخابی دامنه جنوب شرقی سبلان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.

۸ـ زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱)، ***«ژئومورفولوژی ایران، فرایندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی»***، جلد ۱، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹ـ سازمان زمین‌شناسی (۱۳۷۶)، «نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰»، برگه‌های مشگین شهر و سراب.

۱۰ـ سازمان زمین‌شناسی (۱۳۷۶)، «شرح نقشه‌های زمین‌شناسی چهار گوش اهر و اردبیل»، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.

۱۱ـ سحابی، فریدون (۱۳۷۸)، «بررسی آتش‌فشان سبلان با توجه خاص بر روند تشکیل منابع زمین گرمایی مشگین- اردبیل»، ***فصلنامه علوم زمین***، شماره‌های ۳۱ و ۳۲.

۱۲ـ شفیعی بافقی، امیر و همکاران (۱۳۸۷)، «ریخت زمین‌ساخت و ارزیابی فعالیت گسل کوهبنان از طریق محاسبه شاخص‌های زمین‌ریختی»، ***فصلنامه علمی تخصصی زمین‌شناسی و محیط زیست***، سال دوم، شماره ۱، صص۱۶-۱.

۱۳ـ کرمی، فریبا و همکاران (۱۳۸۷)، «بررسی و پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در شهرستان بستان‌آباد»، طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

۱۴ـ مختاری، داود (۱۳۸۴)، «نقش نوزمین ساخت در تکامل سامانه های رودخانه ای در کواترنر مطالعه موردی»، رودخانه‌های دامنه شمالی میشو داغ، ***فصلنامه علوم زمین***، شماره ۵۷.

۱۵ـ موحد دانش، علی‌اصغر (۱۳۶۷)، «طرح مطالعاتی سبلان مطالعه هیدرولوژی و مورفولوژی»، دانشگاه تبریز.

۱۶ـ نجف‌زاده نوبر، سیما (۱۳۸۲)، «بررسی مورفوتکتونیکی بخشی از گسل شمال تبریز با نگرش ویژه بر شاخص‌های مورفومتریک»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.

17- Bull, B.W., (1984), "Tectonic Geomorphology", ***Journal of Geological Education***, No. 39, pp.310-325.

18- Burbank, D.W., and Anderson, R.S. (2001), "***Tectonic Geomorphology***", Malden, Blackwell.

19- De Blj, Peter O. Muller (1998), "Physical Geography of Global Environment: Second ed, John Wiley & sons INC.

20- Goudie, A.S., (2004), "***Encyclppedia of Geomorphology***", Routledge, Volume 2.

21- Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chancon, J., Keller E, A., (2008), Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada (Southern Spain)", ***Geomorphology***, No. 96, pp150-173.

22- Keller, E.A., Pinter, N, (1996), "***Active Tectonic, Earthquake, Uplift and Landscape***", Prentic Hall.

23- Ramirez- Herrera, M.T. (1998), "Geomorphic Assessment of Active Tectonics in the Acambay Graben, Mexican Volcanic Belt", ***Earth Surface Processes and Land Forms***, Vol.23, 317-322.

24- 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.

25- Schumm, S.A., Dumont, I.F., and Hol Brook, (2000), "Active Tectonics and Alluvia Rivers", Comberichge University Press.

26- Silva, P.G., Goy. J.L., Zazo, C., Bardji, T. (2003), "Fault Generated Mountain Fronts in Southest Spain: Geomorphologic Assessment of Tectonic and Seismic Activity", ***Geomorphology***, 50:203-225.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی