Vol.12, No.4, Winter 2024, pp.291-310 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2023.81489.1340 Open access

Investigating Active Tectonic Traces and Signs in the Basin of Bidvaz Esfarayen Dam Using Morphotectonic Indicators

Gholam Reza Maghami Moghim [a*], Saeed Al-Reza Eslami [b], Nahid Ramazani [c]

[a] *Associate Professor in Geomorphology, Damghan University of Damghan, Damghan, Iran*
[b] *Assistant Professor in Geology, Damghan University, Damghan, Iran*
c MA in Geology, Damghan University, Damghan,iran

Received: 6 March 2023 ***Revised: 19 April 2023*** ***Accepted: 1 May 2023***

Abstract

Bidvaz dam drainage basin is located in the northwest of Esfarayen, which is geologically a part of Aladagh-Binaloud structural zone. For managing water resources and optimal use of these resources, a dam has been built on the main branch of this river. By pouring water into this dam, it became clear that water escape from this dam is more than the existing standards. The subsequent measures for reducing water leakage from this dam did nor result in positive consequences. Although the construction of this dam has had many benefits to the region, the increase in water leakage made the people living downstream worry. The high leakage of water from this dam evokes the assumption that the escape of water may be caused by tectonic activities. Because the lives of more than 70,000 people, including the people of Esfarayen city and several populated villages, are closely related to the water of this dam, it was necessary to study the tectonic activities under its basins. In this research, which was conducted using morphotectonic indicators and with the aim of identifying tectonic activities in this dam, it was determined that the region is tectonically in the ranks of active regions. Evidences such as the activity of faults, the study of earthquakes in the region, the results of morphotectonic indicators, and the study of profiles of the sub-basins of this river all indicate that this basin is tectonically active. Therefore, more attention should be paid to the operation, maintenance, and technical aspects of this dam.

Keywords: Morphotetonic Indices, Active Tectonics, Aladagh Mountains, Bidowaz Dam, Esfarayen

*. Corresponding author: GholamReza Maghami Moghim Email: gh.maghami@du.ac.ir.com Tel:+989153721246
How to cite this Article: Maghami Moghim, G., Eslami, S. A., & Ramazani, N. (2024). Investigating active tectonic traces and signs in the basin of Bidvaz Esfarayen dam using mophotectonic indicators. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 291-310.
DOI: 10.22067/geoeh.2023.81489.1340

Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81489.1340

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۳۱۰-۲۹۱

مقاله پژوهشی

بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی

غلامرضا مقامی مقیم[1]- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
سعیدالرضا اسلامی- استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
ناهید رمضانی- کارشناس ارشد زمین شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان ،ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۱/۳۰ **تاریخ تصویب:** ۱۴۰۲/۲/۱۱

چکیده

حوضه آبریز سد بیدواز در شمال باختری شهرستان اسفراین واقع شده و از نظر زمین‌شناسی بخشی از پهنه ساختاری آلاداغ- بینالود محسوب می‌شود. جهت مدیریت منابع آب و استفاده بهینه از این منابع بر روی شاخه اصلی این رودخانه سدی احداث شده است. با آبگیری این سد مشخص گردید فرار آب از این سد بیشتر از استانداردهای موجود در این زمینه است. اقدامات بعدی جهت کاهش فرار آب از این سد نتیجه مثبتی نداشت. هرچند احداث این سد فواید زیادی برای مردم منطقه داشته، اما افزایش فرار آب سبب دلهره مردم ساکن در پایین‌دست آن شده است. فرار زیاد آب از این سد این فرض را در ذهن تداعی می‌کند که ممکن است فرار آب ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی باشد. به دلیل اینکه زندگی بیش از ۷۰ هزار نفر ازجمله مردم شهر اسفراین و چند روستای پرجمعیت ارتباط زیادی با آب دریاچه این سد دارد مطالعه فعالیت‌های تکتونیکی در زیر حوضه‌های آن ضروری است. در این تحقیق که با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی و با هدف مشخص شدن فعالیت‌های تکتونیکی در این سد انجام شد، مشخص گردید

۱ نویسنده مسئول:۰۹۱۵۳۷۲۱۲۴۶ Email: gh.maghami@du.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:
مقامی مقیم، غلامرضا؛ اسلامی، سعیدالرضا؛ رمضانی، ناهید. (۱۴۰۲). بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۳۱۰-۲۹۱
https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81489.1340

منطقه از نظر تکتونیکی در ردیف مناطق فعال تکتونیکی قرار دارد. شواهدی چون فعالیت گسل‌ها، بررسی زمین‌لرزه‌های منطقه، نتایج حاصل از مطالعات شاخص‌های مورفوتکتونیکی و همچنین بررسی نیمرخ‌های ترسیمی از زیر حوضه‌های این رودخانه همه دلالت بر فعال بودن این حوضه از نظر تکتونیکی دارند؛ بنابراین لازم است در نحوه بهره‌برداری، نگهداری و مسائل فنی این سد توجه بیشتری مدنظر مدیران قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های مورفوتکتونیکی، تکتونیک فعال، کوه‌های آلاداغ، سد بیدواز، اسفراین.

۱- مقدمه

نیاز روزافزون بشر به آب، در بخش‌های مختلف ایجاب می‌کند تا با تمهیدات اصولی و اتخاذ روش‌های مناسب، در جهت کنترل، ذخیره‌سازی و بهره‌برداری از منابع آب برنامه‌ریزی شود. یکی از سیاست‌های کشور ایران در این زمینه احداث سد روی رودخانه‌ها است. هنگام احداث سد توجه به عوامل و فرایندهای طبیعی ضروری است. در بین این عوامل و فرایندها و فعالیت‌های تکتونیکی توجه بیشتری می‌طلبد. عدم توجه به فعالیت‌های تکتونیکی در پروژه‌های سدسازی خسارات مالی و جانی جبران‌ناپذیری به این پروژه‌ها وارد می‌نماید. ارزیابی حرکات تکتونیکی و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت فرآیندهای ژئومورفولوژی دارد. برای این منظور روش‌های ژئومورفولوژیکی نقش مهمّی را می‌توانند ایفاء نمایند؛ زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی حساس می‌باشند. آثار فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های آبریز نمود بیشتری دارد. به همین دلیل محققان این فعالیّت را در حوضه‌های آبریز مطالعه نموده‌اند از مهم‌ترین این مطالعات می‌توان به مطالعات بول و مک فادن[1] در سال ۱۹۷۷ در کالیفرنیا اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد ساختار گسلی این منطقه با ایجاد پستی‌وبلندی‌های مکرر نقش عمده‌ای در عدم تعادل دره‌ها داشته‌اند. ویلمن و نیوپفر[2] (۱۹۹٤) در کشور تایوان در مطالعه‌ای با مقایسه نیمرخ مرجع و طولی آثار فعالیّت گسل‌ها را در مورفولوژی ارتفاعات و دره‌های مرکزی این کشور بررسی نمودند. سارما[3] (۲۰۱٦) مورفوتکتونیک حوضه آبریز برهماپوترا در تبت را مطالعه و به این نتیجه رسید که فعالیت‌های تکتونیکی در شمال این حوضه بیشتر است. در ایران در زمینه تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های آبریز مطالعاتی انجام شده که می‌توان به مطالعات یمانی (۱۳۹۳) در حوضه نچی مریوان اشاره نمود براساس این مطالعه فعالیت‌ها در قسمت شمالی این حوضه نمود بیشتری دارد. عابدینی (۱۳۹۳) فعالیّت‌های تکتونیکی را در حوضه مشکین چای، بررسی و به این نتیجه رسید که این حوضه از نظر تکتونیکی فعال است. مریدی (۱۳۹۳) نقش گسل سراوان را در توسعه حوضه سراوان بررسی و به این نتیجه رسید که در شکل‌گیری این حوضه نقش این گسل تعیین کننده بوده است.

1 Bull & Mcfadeen
2 Willimin & Knuepfer
3 Sarema

عزتی و آق آتابای (۱۳۹۳) مورفوتکتونیک حوضهٔ سولوکلو در استان خراسان شمالی را با استفاده از آثار ژئومورفولوژیکی مطالعه و ارتباط آن را با ریخت‌شناسی آن بررسی نمود. مقامی مقیم (۱۳۹۵) حوضه رودخانه روئین در استان خراسان شمالی را با استفاده از شاخص‌های موفوتکتونیکی پهنه‌بندی نمود.

مطالعات انجام شده در مورد آثار مخرب فعالیت‌های تکتونیکی در زندگی انسان حاکی از این است که آثار مخرب این فعالیت‌ها در همه‌جا یکسان نیست، این فعالیت‌های در مناطق کم تراکم انسانی آثار مخرب کمتری دارند اما اگر در مناطق پر تراکم و به‌خصوص محل احداث پروژه‌های عمرانی و سدها اتفاق بیافتند آثار زیانباری خواهند داشت. احداث سد خاکی بیدواز (شکل ۲) در ۲۰ کیلومتری شمال شرق اسفراین، چشم‌انداز امیدبخشی در حل معضل کمبود آب ایجاد نمود و انتظار می‌رفت درمجموع بیش از شش هزار هکتار از اراضی کشاورزی را آبیاری می‌کند ؛ اما فرار آب در سال‌های ابتدایی، از این سد و افزایش آن در سال‌های اخیر این فرض را تداعی نمود که ممکن است فرار آب از این سد تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی باشد. در این تحقیق که با استفاده از مطالعات کمی، کتابخانه‌ای و میدانی انجام خواهد گرفت سعی بر این است تا با مطالعه فعالیت‌های تکتونیکی در زیر حوضه‌های این سد خطرات احتمالی ناشی از این فعالیت‌ها در محدوده این سد شناسایی شده جهت مدیریت خطرات احتمالی ناشی از این فعالیت‌ها برنامه‌ریزی گردد.

۲- مواد و روش

در این پژوهش ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه موردمطالعه مرزبندی و از حوضه‌های مجاور خود تفکیک گردید (شکل ۱). داده‌های موردنیاز برای محاسبه‌ی شاخص‌ها از نقشه زمین‌شناسی شیروان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی اسفراین و گلیان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استخراج گردید. همچنین نیمرخ طولی و مرجع کل زیر حوضه‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ترسیم شد و درنهایت برای مشخص نمودن میزان نسبی فعالیّت‌های تکتونیکی، از شاخص Iat استفاده شد. از مطالعات میدانی جهت تکمیل مطالعات کتابخانه‌ای استفاده گردید. پس از جمع‌آوری داده‌های آماری و مشخص شدن وضعیت تکتونیکی زیرحوضه‌ها، جهت تکمیل مطالعات، مشخص شدن تأثیر این فعالیت‌ها و همچنین نقشه‌های موردنیاز نرم‌افزارهای آرک جی آی اس[1]، گوگل مپ[2] و گوگل ارث[3] مورد استفاده قرار گرفت.

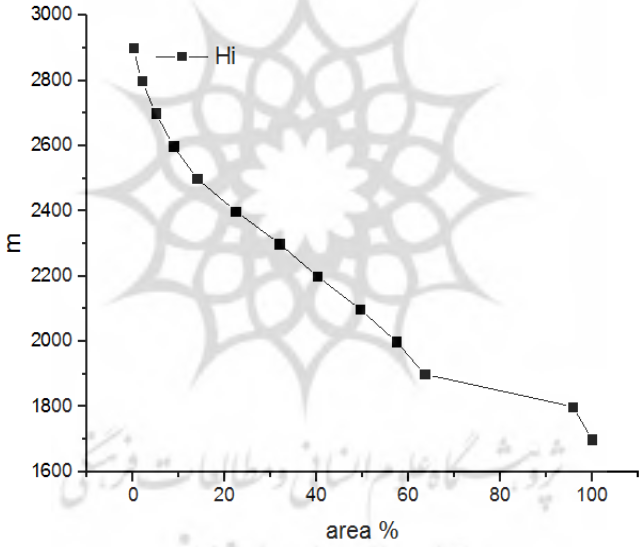
1 ArcGis
2 Global Mapper
3 Googel Earth

۲-۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه با ۳۲۹ کیلومترمربع وسعت در شمال خاوری ایران واقع شده و از شمال به حوضه استخری، از غرب به رودخانه روئین، از شرق به حوضه کال ولایت و از جنوب به دشت اسفراین ختم می‌شود؛ و از نظر مختصات جغرافیایی بین ″۰۰-′۰۰ -° ۳۷ تا″۰۰- ′۱۵- ° ۳۷ شمالی و″۰۰′۰۰- ° ۵۷ تا″۰۰ ′ ۵٦- ° ۵۷ طول شرقی قرار دارد. از نظر توپوگرافی بر اساس نمودار هیپسومتری (شکل ۳) در ردیف مناطق کوهستانی قرار می‌گیرد. حداکثر ارتفاع این حوضه کوه شاهجهان می‌باشد که با ارتفاع ۳۱۵۰ متری از سطح دریا در شمال شرقی حوضه واقع شده است از نظر هیدرولوژیکی این حوضه در دامنه‌های جنوبی آلاداغ از رشته‌کوه آلاداغ- بینالود شکل گرفته و از نظر هیدرولوژیکی یکی از شاخه‌های رودخانه کالشور در شمال ایران مرکزی محسوب می‌گردد. از نظر آب‌وهوایی براساس طبقه‌بندی دومارتن آب‌وهوای منطقه از نوع نیمه‌خشک می‌باشد. میانگین درجه حرارت آن در یک دوره آماری (٤۵ ساله) ۱۳۵٤-۱۳۹۹؛ ۱۲/۹ درجه سانتی گراد و بارش متوسط آن ۲۸۰ میلی‌متر می‌باشد. (مقامی مقیم، ۱٤۰۱). تعداد ۳۰ روستا و شهر اسفراین با جمعیتی در حدود ۷۰ هزار نفر از این رودخانه برای تأمین آب کشاورزی استفاده می‌نمایند. راه دسترسی به آن جاده آسفالته اسفراین – شیروان می‌باشد.

شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده موردمطالعه در کشور و استان خراسان شمالی

شکل ۲- سد خاکی بیدواز اسفراین (شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان شمالی)



شکل ۳- نمودار هیپسومتریک کلاسیک (توزیع سطح به ازای ارتفاع)

۲-۲- روش انجام پژوهش

جهت انجام این پژوهش چند مدل کمی مورد استفاده قرار گرفت. یکی از این مدل‌ها نسبت پهنای کف درّه به ارتفاع آن (VF) بود. این شاخص برای درّه‌های پهن نسبتاً زیاد و برای درّه‌های جوان و V شکل نسبتاً کم می‌باشد.

(کلر[1] ۱۹۹٦). برای اجرای این مدل بهتر است اندازه‌گیری‌ها به فاصلهٔ ۵۰۰ متری از جبههٔ کوهستان به طرف بالادست دره انجام شود (مقامی مقیم،۱۳۹۷). برای اندازه‌گیری این شاخص معادله ۱ مورد استفاده قرار گرفت.

$$Vf=Vfw/(Eld-Esc)+(Erd-Esc) \quad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله:

Vf: نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن،Vfw : پهنای کف دره به متر،Erd ارتفاع خط تقسیم آب در راست رودخانه، Eld: ارتفاع خط تقسیم آب در چپ رودخانه–Esc وEsd : ارتفاع کف دره از سطح دریا

بر اساس این معادله اگر مقدار Vf کمتر از ۱ باشد نشان‌دهنده حوضه فعال، بین ۱ و ۲ فعالیت متوسط، و بالاتر از ۲ نشان دهنده آرامش تکتونیکی می‌باشند.

شاخص دیگری که در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت شاخص پیچ‌وخم آبراهه اصلی (S) بود. جهت استفاده از این مدل، معادله ۲ مورد استفاده قرار گرفت.

$$S= C/V \quad \text{(معادله ۲)}$$

در این معادله:

S : میزان سینوزیته یا پیچ‌وخم رودخانه، C : طول رودخانه یا جریان وV : طول دره

بر اساس این مدل مقدار S اگر کمتر از ۱ /۱ باشد تکتونیک فعال بین ۱/۱ تا ۱/۳ فعالیت متوسط و بیشتر از ۱/۳ منطقه آرام خواهد بود (کلر و پینتر[2] ۱۹۹٦).

مدل دیگری که در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت شاخص عدم تقارن آبراهه (Af) (معادله ۳) بود

$$AF=100(Ar/At) \quad \text{(معادله ۳)}$$

بر اساس این معادله:AF : شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی،Ar : مساحت سمت راست حوضه در سمت راست آبراهه‌ی اصلی (به طرف پایین‌رود) وAt : مساحت کل حوضه زهکشی

بر اساس این شاخص مقادیر بالاتر از ٦۵ یا کمتر از ۳۵ نشان دهنده کج شدگی حوضه، مقادیر بالاتر از ۷۵ و کمتر از ٤۳ نشان دهنده عدم کج شدگی و مقادیر کمتر از ٤۳ و بیشتر از ۳۵ یا کمتر از ٦۵ و بیشتر از ۵۷ نشان دهنده مقدار متوسط این شاخص می‌باشد (ده بزرگی،۲۰۱۰).

شاخص دیگری که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت شاخص Iat (معادله ٤) بود.

$$Iat = S /N \quad \text{معادله (٤)}$$

در این معادله:

1 Keller
2 Keller & Pinter

Iat : شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی، S : مجموعه کلاس‌های شاخص ژئومورفولوژیک وN : تعداد شاخص‌های محاسبه شده.

مقدار ۱ تا ۱/۵ این شاخص فعالیت شدید،۱/۵ تا ۲ زیاد، ۲ تا ۲/۵ متوسط و بیشتر از ۲/۵ آرام. (همدونی[1]،۲۰۰۸) با ترسیم نیمرخ طولی می‌توان به فعالیت‌های تکتونیکی پی برد حضور قوس‌های غیرعادی در نیمرخ طولی نشانه تکتونیک فعال می‌باشد. مقایسه نیمرخ طولی و مرجع می‌تواند در شناسایی حرکات تکتونیکی مؤثر باشد. منظور از نیمرخ مرجع، نیمرخ طولی آبراهه اصلی است که در شرایط عدم وجود اختلالات تکتونیکی متجلی گردد. هرچند مطالعات نشان می‌دهد؛ نیمرخ آبراهه‌ای حتی در شرایط فعالیت تکتونیکی مهم به حالت ایده آل می‌رسد (ویلمن و نیوپفر[2] ۱۹۹٤)؛ اما وضعیت نیمرخ‌های طولی و مرجع بسته به شرایط اقلیمی، دبی، لیتولوژی و شکل حوضه متفاوت خواهد بود. (رضایی مقدم،۱۳۷٤)

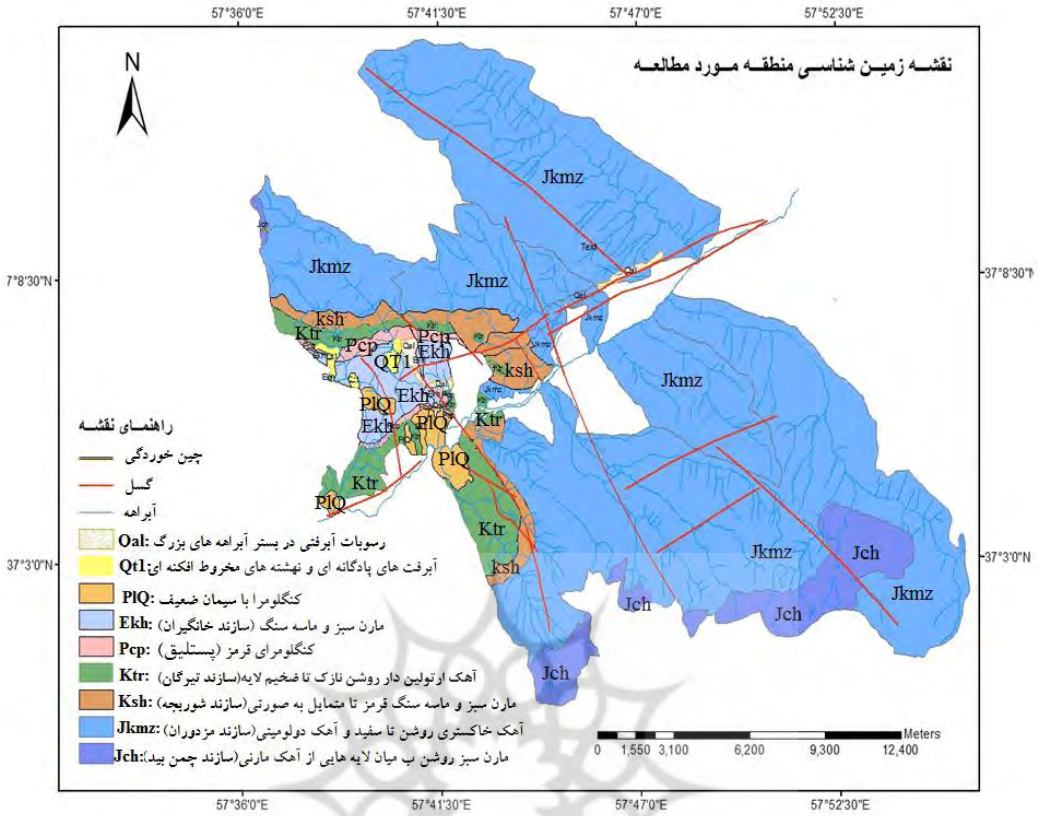
۳- نتایج و بحث

۳-۱- شواهد زمین‌شناسی تکتونیک فعال در منطقه موردمطالعه

وضعیت زمین‌شناسی یا شرایط لیتولوژی از نظر رفتار در برابر فعالیت‌های تکتونیکی از پارامترهای مهم محیطی در خصوص آسیب‌پذیری مناطق است. بیشترین مساحت لیتولوژی منطقه بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به ترتیب آهک خاکستری روشن تا سفید آهک دولومیتی (سازند مزدوران)، ماسه به رنگ سبز روشن (سازند چمن بید) و آهک اربیتولین دار (سازند تیرگان) می‌باشد (جدول ۱ و شکل ٤).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 Hamadouni
2 Willimin & Knuepfer,



شکل ٤- نقشه زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه (سازمان زمین‌شناسی کشور)

جدول ۱- سازندهای زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه

ردیف	نام سازند/واحد سنگی	علامت	سن تقریبی	پراکندگی در منطقه
۱	کنگلومرا با جور شدگی ضعیف	PlQ	پلیوسن	شمال اسفراین
۲	مارن ژیپس دار و کنگلومرا	plmc	پلیوسن	شمال شرقی اسفراین
۳	سازند خانگیران شاملمارن سبز و ماسه‌سنگ	Ekh	پالئوژن	شور پایین، قلعه سفید
٤	سازند تیرگان سنگ آهک خاکستری	Js	ژوراسیک	دره کاویان
٥	سازند شوریجه سنگ آهک با میان لایه مارنی	ksh	کرتاسه	شمال غربی منطقه
٦	سازند مزدوران. آهک خاکستری و روشن	Jkmz	ژوراسیک	قسمت میانی حوضه
۷	سازند چمن بید. مارن سبز و آهک رس دار	Jch	ژوراسیک	بخش‌های جنوبی
۸	سازند کشف رود: ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی	Js	ژوراسیک	روستای سست
۹	سازندباروت (شیل و ماسه‌سنگ)	Cbt	کامبرین	شمال شهر اسفراین

از نظر ساختاری، منطقه موردمطالعه بخشی از زون کپه داغ و بینالود می‌باشد (قائمی، ۱۳۸۱). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که پوسته اقیانوسی دریای پالئوتتیس در این ناحیه در کربونیفر بالایی شکسته شده با این شکستگی، فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای توران آغاز شد. این فرورانش تا زمان تصادم دو پوسته قاره‌ای ایران و توران ادامه داشت. پس‌ازاین برخورد یک توقف نسبی در فشارهای تکتونیکی برقرار شد. درنتیجه آن یک حوضه کم ژرفا بر روی پوسته قاره‌ای شکل گرفت. بخش قابل‌توجهی از ساختار منطقه را گسل‌ها تشکیل می‌دهند (شکل ۵). گسل‌ها اگر دارای یکی از شرایط زیر باشند، می‌توانند سبب فعال شدن یک منطقه از نظر تکتونیکی شوند: وقوع زمین‌لرزه تاریخی در گسل، مرکزیابی زمین‌لرزه‌های بزرگ با خطای کم در درازای گسل‌ها، گسلش در رسوبات کواترنر، دیواره‌های گسلی در روی زمین که به‌وسیله‌ی فرسایش از بین نرفته باشند، همبستگی زمین ساختی یک گسل با گسله‌ی شناخته شده فعال (بربریان [1] و همکاران، ۱۹۷۷). جدول(۲) مشخصات گسل‌های منطقه را نمایان می‌کند.

جدول ۲- گسل‌های موجود در منطقه موردمطالعه (مقامی مقیم ۱۳۹۵)

نام گسل	طول (km)	نوع گسل	جهت گسل	شرایط گسل از نظر فعالیت
اسفراین	۱۲۵	رانده	NW-SE	فعال زمین‌لرزه (۱۳۹۰)
نوشیروان	۲۷	رانده	E-W	فعال (انحراف رودخانه در نوشیروان)
سرکانلو	۸	رانده	E-W	فعال انحراف رودخانه، زمین‌لرزه ۱۳۹۰
سرخ قلعه	۱۳	عادی	NW-SE	فعال (جابجایی آبرفت‌ها و رسوبات)
درپرچین	٦۰	فرعی	NW-SE	فعال (زمین‌لرزه سال ۱۳٤٥)
اردغان	٤۰	رانده	NW-SE	(فعال زمین‌لرزه ۱۰۷٤ هجری)

شکل ۵- دو مورد از گسل‌های منطقه موردمطالعه، (الف) گسل سرخ قلعه در شمال غربی سد بیدواز، (ب) گسل نوشیروان در قسمت جنوبی آن

1 Berberian

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است اغلب گسل‌های منطقه در ردیف گسل‌های فعال قرار می‌گیرند و نشانه فعال بودن آن‌ها وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد می‌باشد. علاوه بر این جهات متفاوت این گسل‌ها مبین این است که نیروهای مؤثر بر منطقه از جهات متفاوتی عمل نموده و سبب فعالیت‌های تکتونیکی آن می‌شوند. نشانه دیگر فعالیت‌های تکتونیکی منطقه وقوع زمین‌لرزه‌های آن می‌باشد. زمین‌لرزه‌ها مهم‌ترین نشانه فعالیت یک گسل می‌باشند (کلاهی آذر و همکاران،۱۳۹٦). براساس منابع موجود طی ۱۰۰ سال گذشته ۱۰ زمین‌لرزه بزرگ‌تر از ۵/۵ ریشتر در منطقه به ثبت رسیده است (جدول ۳). وقوع این تعداد زمین‌لرزه یکی از مهم‌ترین علائم فعالیت‌های تکتونیکی منطقه می‌باشد.

جدول ۳- آمار مهم‌ترین زلزله‌های استان خراسان شمالی (پژوهشکده بین‌المللی زمین‌لرزه)

ردیف	تاریخ وقوع	بزرگای ریشتر	مکان وقوع زلزله	موقعیت جغرافیایی
۱	۱ مرداد ۳۲۲ هجری	۷/٦	حوضه اترک	عرض ۳۷/۷۵ طول ۵۷/۸۳
۲	۱۱ خرداد ۱۳۰۸	۷/۳	شمال شرق بجنورد	عرض ۳۷/۷۳ طول ۵۷ /۸۱
۳	۲۱ اردیبهشت ۱۰۷٤	۷	دره اسفراین	عرض ۳۷/۱۰ طول ۵۷/٤۷
٤	۲۰ آبان ۱۲۹٦	۵/۹	شمال شیروان	عرض ۳۷/۱۸ طول ۵۷/۸۸
۵	۳ شهریور ۱۳۰۸	۵/٦	شمال غربی بجنورد	عرض ۳۷ /۹۳ طول ۵۷/۵۷
٦	۲۸ تیر ۱۳۲۷	۵/۵	شمال شیروان	عرض ۳۷/۵۳ طول ۹٦-۵۷
۷	۲۵ اسفند ۱۲۸۵	۵/۵	شمال شیروان	عرض ۳۷ /۷٤ طول ۵۷/۵۷
۸	۱٦ بهمن ۱۲۹٦	۵/۵	شمال بجنورد	عرض ۳۷/٦ طول ۵۷ /۳
۹	۱٤ بهمن ۱۳۰۱	۵/٤	شمال بجنورد	عرض ٦/ ۳۷ طول ۵۷ /۳
۱۰	۱۹ آذر ۱۳۰٤	۵	غرب اسفراین	عرض ۱/ ۳۷ طول ۵۷/۸

۳-۲- بررسی مطالعات حاصل از شاخص های مورفوتکتونیکی

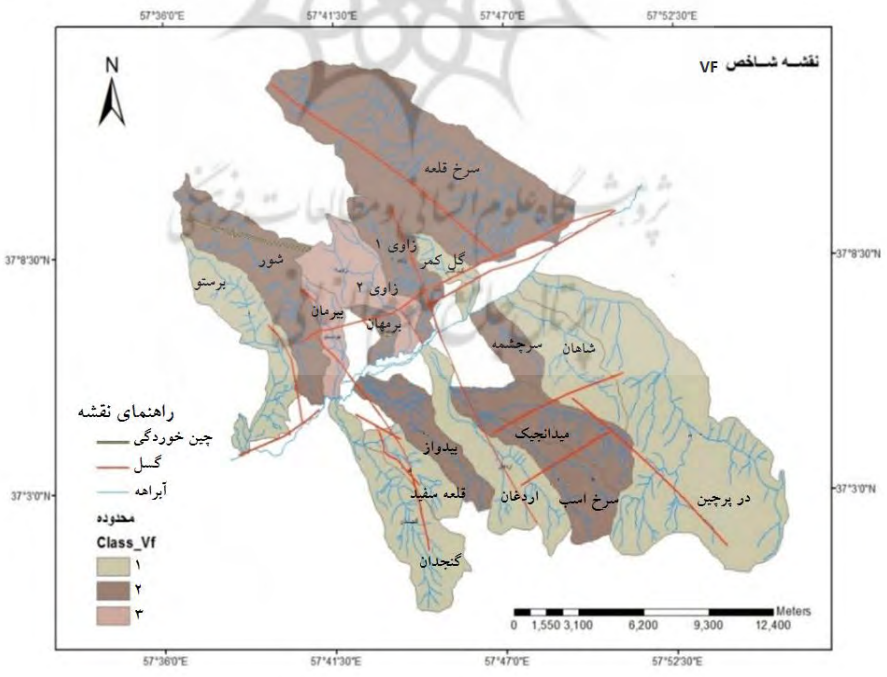
دگرشکلی‌های زمین‌ساختی به‌آرامی اتفاق می‌افتد، بنابراین با توجه به اینکه این تغییرات با چشم بشر قابل تشخیص نیست باید به دنبال اشکالی بود که این تغییرات را در خود حفظ کرده‌اند (چورلی[1] و همکاران، ۱۹۸٤). مدل‌های مورفوتکتونیکی در این زمینه می‌توانند کمک مؤثری باشند. یکی از قدیمی‌ترین و درعین‌حال دقیق‌ترین این مدل‌ها، شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع آن (vf) می‌باشد. برای مشخص شدن این شاخص معادله (۱) مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در جدول ٤ درج گردید.

1 Chorley

جدول ٤- مقدار Vf محاسبه شده و رده فعالیت زمین‌ساختی در حوضه‌ها

حوضه	Vf میانگین	Class	حوضه	Vf میانگین	Class
گنجدان	۰/۳۲	۱	گل کمر	۰/٤۳	۱
قلعه سفید	۰/۳٦	۱	سرچشمه	۰/٦	۲
بیدواز	۰/٥۹	۲	شاهان	۰/٤۳	۱
اردغان	۰/٤۹	۱	بیرمان	۱/۹۹	۳
میدانجیک	۰/۷٥	۲	برمهان	۰/٥٤	۲
سرخ اسب	۰/۷۷	۲	سرخ قلعه	۰/٥٦	۲
پرستویی	۰/٤۷	۱	زاوی ۲	۱/۱٤	۳
درپرچین	۰/۳	۱	زاوی ۱	۰/٦۹	۲
شور	۰/٦٦	۲			

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود در ۱۵ زیر حوضه از ۱۷ زیر حوضه ضریب vf کمتر از ۱ می‌باشد بنابراین در این پانزده زیر حوضه تکتونیک فعال می‌باشد تنها دو زیر حوضه شرایط متوسط تکتونیکی را تجربه می‌نمایند بنابراین به‌طور کل می‌توان گفت کل منطقه از نظر معیارهای این شاخص در ردیف تکتونیک فعال قرار می‌گیرد (جدول ٤ و شکل ٦).



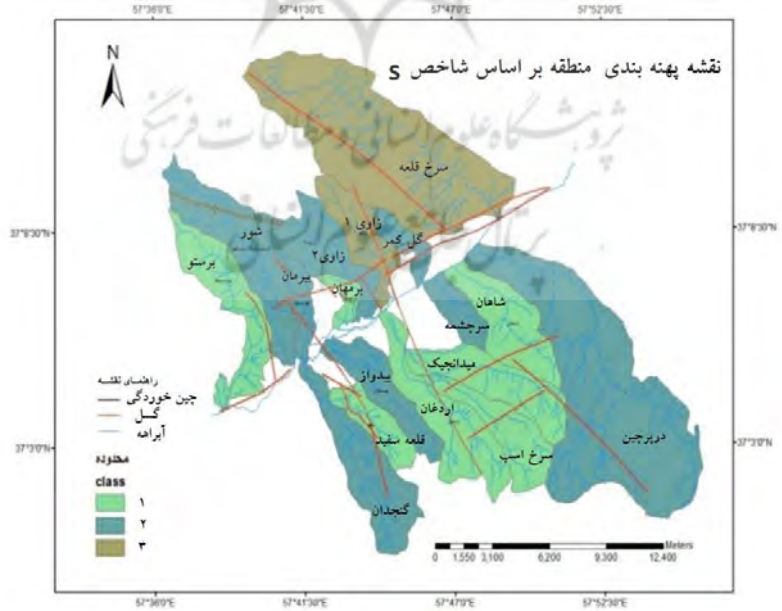
شکل ٦- نقشه پهنه‌بندی تکتونیکی منطقه بر اساس (vf) شاخص پیچ‌وخم آبراهه اصلی (S)

جهت مطالعه شـاخص پیچ‌وخم رودخانه‌ها از معادله (۲) اسـتفاده شـد و نتایج آن در جدول ۵ و شـکل ۷ درج گردید.

جدول ۵- مقادیر S محاسبه شده و رده فعالیت زمین ساختی در حوضه‌ها

حوضه	S	Class	حوضه	S	Class
گنجدان	۱/۱۱	۲	قلعه سفید	۱	۱
بیدواز	۱/۱٦	۲	اردغان	۱/۰۷	۱
میدانجیک	۱/۰۲	۱	سرخ اسب	۱/۰۱	۱
پرستویی	۱/۰۷	۱	درپرچین	۱/۲	۲
سرخ قلعه	۱/٤	۳	شور	۱/۱۲	۲
زاوی ۱	۱/۱۷	۳	زاوی ۲	۱/۱۹	۲
برمهان	۱/۰٦	۱	بیرمان	۱/۱۱	۲
شاهان	۱/۰٤۸	۱	گل کمر	۱/۱۵	۲
سرچشمه	۱/۱٤	۲			

همان‌طور که مشـاهده می‌شـود میزان شـاخص S برای زیر حوضـه‌های منطقه از ۱/۰۱ تا ۱/٤ متغیر اسـت بر این اسـاس، ۷ زیر حوضـه فعالیت‌های زیاد، ۸ حوضـه فعالیت متوسـط و ۲ زیر حوضـه شـرایط آرام تکتونیکی را تجربه می‌نمایند.

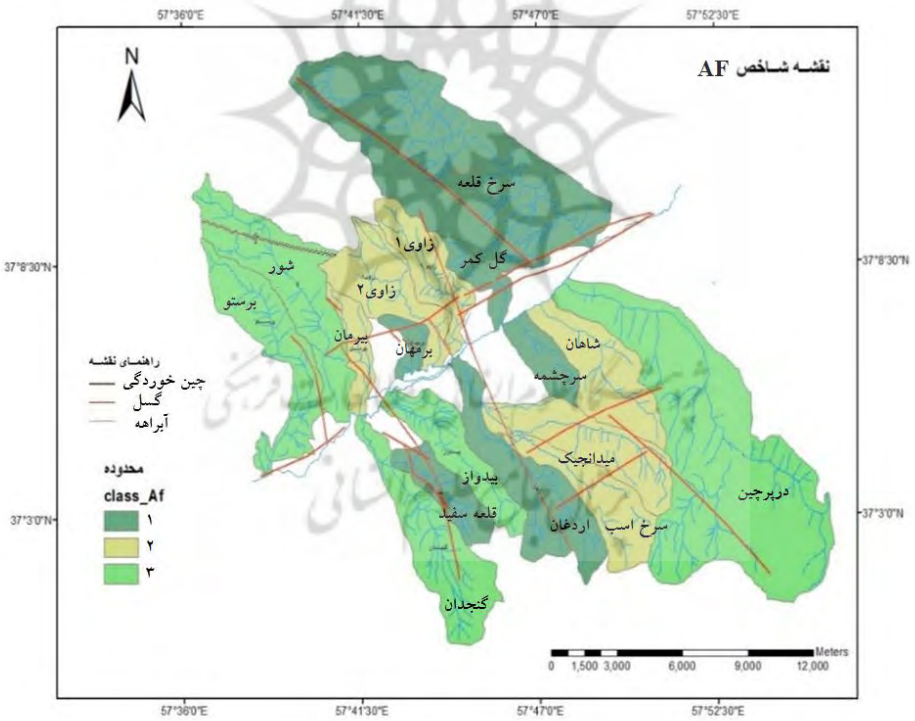


شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی تکتونیکی منطقه بر شاخص (s) شاخص عدم تقارن آبراهه در حوضه آبریز (Af)

جهت مطالعه شاخص عدم تقارن معادله ۳ مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در جدول(٦) درج شد.

جدول ٦- درج گردید مقادیر Af محاسبه شده و رده فعالیت زمین ساختی در حوضه‌ها

حوضه	Af	Class	حوضه	Af	Class
گنجدان	٥٥	٣	قلعه سفید	٨١/٦	١
بیدواز	٥١/٨	٣	اردغان	٣٤/٣	١
میدانجیک	٦٢/٥	٢	سرخ اسب	٣٦	٢
پرستویی	٤٧/٧	٣	درپرچین	٥٢	٣
سرخ قلعه	٦٧	١	شور	٥٠	٣
زاوی ١	٤١/٩	٢	زاوی ٢	٣٨/٨	٢
برمهان	٧٣/٣	١	بیرمان	٤١/٦	٢
شاهان	٣٧/٢	٢	سرچشمه	٢٥/٥	١
گل کمر	٢٢٥	١			



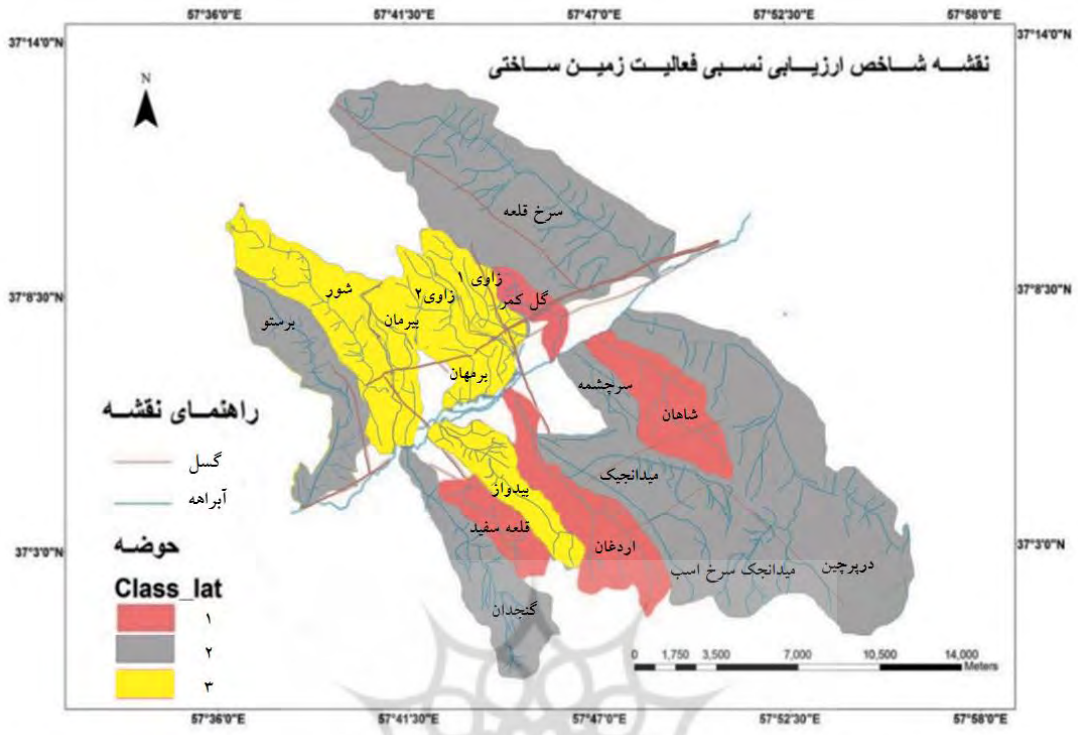
شکل ۸- نقشه طبقه‌بندی شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز (شاخص AF)

بر اساس نتایج حاصل از این شاخص شش زیر حوضه منطقه در ردیف حوضه‌های فعال، ۵ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های آرام و ٦ حوضه در ردیف فعالیت‌های متوسط قرار می‌گیرند (جدول ٦ و شکل ۸).

پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک و مشخص شدن کلاس‌های هر حوضه، جهت مشخص شدن نتایج کلی از شاخص Iat استفاده شد (معادله ٤)؛ و نتایج آن در جدول ۷ درج گردید (جدول ۷ و شکل ۹).

جدول ۷- محاسبه شاخص Iat در محدوده موردمطالعه

زیر حوضه	شاخص Vf	شاخص S	شاخص Af	شاخص Iat	میزان فعالیت
گنجدان	۱	۲	۳	۲	فعالیت زیاد
قلعه سفید	۱	۱	۱	۱	فعالیت شدید
بیدواز	۲	۲	۳	۲/۳۳	فعالیت متوسط
اردغان	۱	۱	۱	۱	فعالیت شدید
میدانجیک	۲	۱	۲	۱/٦٦	فعالیت زیاد
سرخ اسب	۲	۱	۲	۱/٦٦	فعالیت زیاد
پرستویی	۱	۱	۳	۱/٦٦	فعالیت زیاد
درپرچین	۱	۲	۳	۲	فعالیت زیاد
سرخ قلعه	۲	۳	۱	۲	فعالیت زیاد
شور	۲	۲	۳	۲/۳۳	فعالیت متوسط
زاوی ۱	۲	۳	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
زاوی ۲	۳	۲	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
برمهان	۲	۱	۱	۱/۳۳	فعالیت شدید
بیرمان	۳	۲	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
شاهان	۱	۱	۲	۱/۳۳	فعالیت شدید
سرچشمه	۲	۲	۱	۱/٦٦	فعالیت زیاد
گل کمر	۱	۲	۱	۱/۳۳	فعالیت شدید



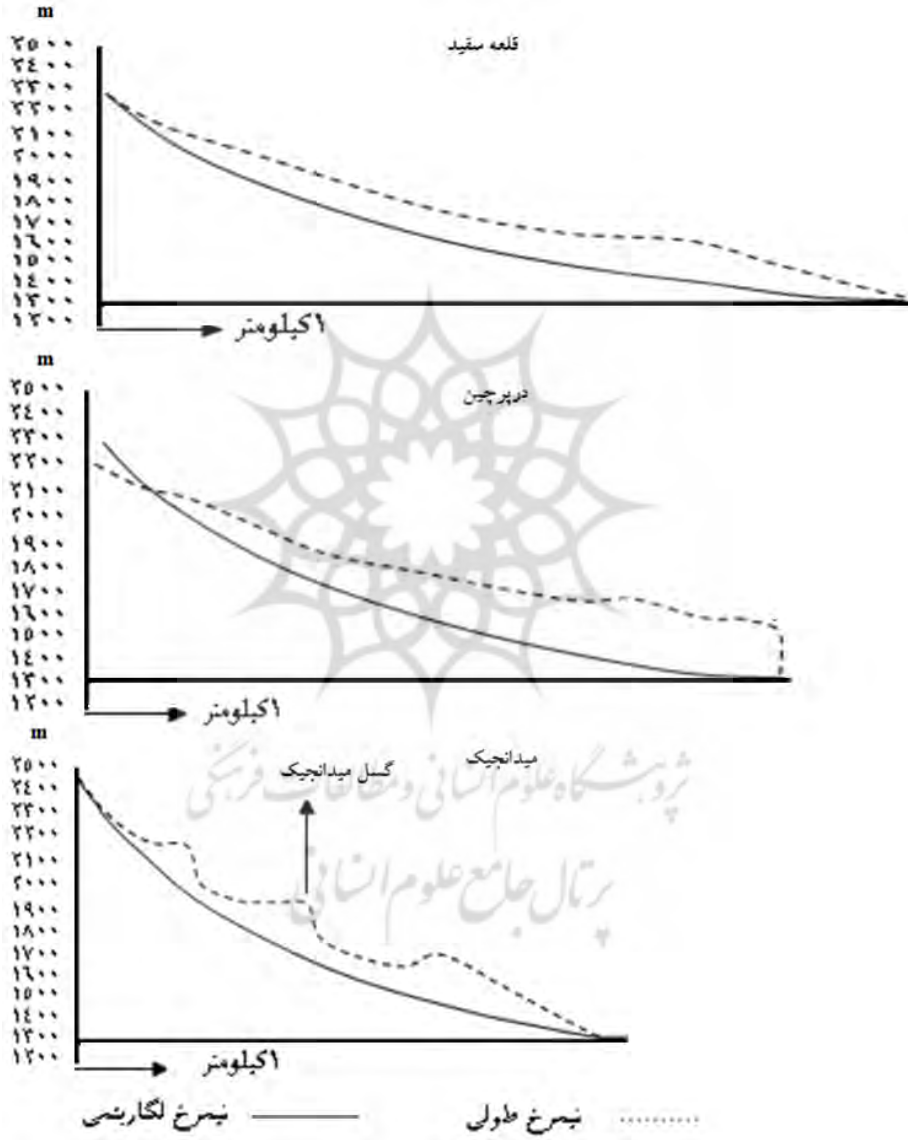
شکل ۹-نقشه پهنه‌بندی منطقه موردمطالعه بر اساس شاخص (Iat)

براساس نتایج حاصل از این شاخص که به‌نوعی نشان دهنده کل شاخص‌های مورفوتکتونیکی مورد استفاده در منطقه می‌باشد، ۵ زیر حوضه در ردیف فعالیت‌های شدید، ۷ حوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت زیاد و ۵ حوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت متوسط قرار می‌گیرد بر اساس نتایج حاصل از این شاخص هیچ زیر حوضه غیرفعالی در منطقه موردمطالعه وجود ندارد.

۳-۳- بررسی و مطالعه نیمرخ های ترسیمی از رودخانه های منطقه موردمطالعه

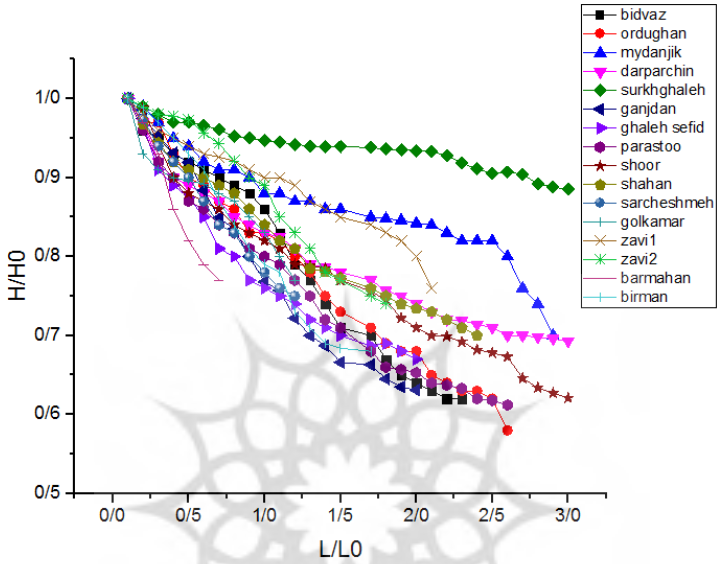
ترسیم نیمرخ طولی ساده‌ترین روشی است که به فعالیت‌های تکتونیکی پی برد. نیمرخ طولی رود به عوامل مختلفی ازجمله دبی، مجرای اصلی، میزان فرسایش، لیتولوژی و ویژگی‌های تکتونیکی یک حوضه بستگی دارد. بخش‌های برآمده، وجود خط شکستگی و حضور قوس‌های غیرعادی در طول آن، نشانه تکتونیک فعال است. به‌منظور دستیابی به بهترین تخمین پیرامون میزان انحراف آبراهه اصلی، روش دیگری نیز این پژوهش استفاده شد و آن شاخص انحراف نیمرخ طولی از نیمرخ مرجع است. منظور از نیمرخ مرجع، نیمرخ طولی آبراهه اصلی است که در شرایط عدم وجود اختلالات تکتونیکی و گذشت زمان طولانی برای تطبیق می‌توانست متجلی گردد. هرچند مطالعات تئوریک و تجربی نشان می‌دهد؛ نیمرخ آبراهه‌ای تقریباً حتی در شرایط فعالیت تکتونیکی مهم سریعاً به

حالت نیمرخ ایده آل می‌رسد (ویلمن و نیوپفر ۱۹۹٤)؛ اما وضعیت نیمرخ‌های طولی و به دنبال آن مرجع بسته به شرایط مختلف متفاوت خواهد بود (رضایی مقدم،۱۳۷٤). نیمرخ طولی و مقایسه آن با نیمرخ مرجع تمامی دره‌های منطقه نشان دهنده فعالیت شدید تکتونیکی بود زیرا در تمامی آن‌ها نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار دارد (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- مقایسه نیمرخ طولی و مرجع برای زیر حوضه‌های قلعه سفید (تصویر بالا)، درپرچین (تصویر وسط) و میدانجیک (تصویر پایین) در هر سه نمونه نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار دارد.

ترسیم نیمرخ بی بعد برای حوضه‌های منطقه نیز نشان دهنده فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی بود. نیمرخ‌هایی که در بخش علیای حوضه ترسیم شده حالت خط راست و به لحاظ ارتفاعی در سطوح بالاتری قرار می‌گیرند مانند زیر حوضه‌های (درپرچین – شاهان – سرخ قلعه – زاوی)؛ اما منحنی‌های مربوط به حوضه‌های کم شیب مانند زیر حوضه‌های میدانجیک، شور و اردغان حالت L دارد که دلالت بر فعالیت‌های کمتر تکتونیکی دارند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- منحنی بی بعد منطقه موردمطالعه

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در سه بخش نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی و میدانی، نتایج مطالعات شاخص‌های مورفوتکتونیکی و نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل منحنی‌های ترسیمی قبل‌ارائه می‌باشد. در مطالعات میدانی و زمین‌شناسی، آثار فعالیت گسل‌های منطقه (جدول ۲) مانند جابجایی در آبرفت‌ها، انحراف رودخانه و وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد نشان داد گسل‌های منطقه در ردیف گسل‌های فعال قرار می‌گیرند. در محدوده موردمطالعه تعداد شش گسل وجود دارد که در مطالعات میدانی آثار فعالیت در تمامی آن‌ها قابل مشاهده بود. همچنین بر اساس آمار پژوهشکده زمین‌لرزه ایران از سال ۳۲۲ هجری تا کنون ۱۰ زمین‌لرزه بالای ۵ ریشتر در منطقه ثبت شده است. این تعداد زمین‌لرزه در یک مکان نشان دهنده فعالیت‌های شدید تکتونیکی می‌باشد. در بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیکی، چهار شاخص مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل از تمامی این شاخص‌ها دلالت بر فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی داشت. بر اساس شاخص vf از ۱۷ زیر حوضه موردمطالعه ۱۵ مورد فعالیت شدید و دو مورد فعالیت متوسط تکتونیکی را تجربه می‌نمایند و هیچ‌کدام از زیر حوضه‌ها از نظر تکتونیکی شرایط آرامی ندارند.

به همین دلیل دره‌های آن عمدتاً عمیق، پر شیب و V شکل می‌باشند. بر طبق نتایج حاصل از شاخص پیچ‌وخم آبراهه‌های اصلی (S) تعداد ۷ زیر حوضه منطقه در ردیف حوضه‌های با فعالیت شدید، ۸ زیرحوضه دارای فعالیت‌های متوسط و دو زیر حوضه هم از شرایط آرام تکتونیکی برخوردار می‌باشند. بر اساس شاخص Af تعداد ٦ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های فعال، ۵ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های آرام و ٦ زیرحوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت‌های متوسط تکتونیکی قرار می‌گیرند. براساس نتایج حاصل از شاخص Iat که به‌نوعی مؤید و بیان‌کننده نتایج کل شاخص‌های مورد استفاده می‌باشد، ۵ زیر حوضه در ردیف فعالیت‌های شدید، ۷ زیرحوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت زیاد و ۵ زیرحوضه هم در ردیف حوضه‌های با فعالیت متوسط قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج حاصل از این شاخص هیچ زیر حوضه غیرفعالی در منطقه موردمطالعه وجود ندارد. تجزیه‌وتحلیل نیمرخ‌های ترسیمی در این حوضه نیز نشان دهنده فعالیت‌های تکتونیکی آن بود. اولین نیمرخ ترسیمی مورد استفاده، نیمرخ بی بعد زیر حوضه‌ها بود. ترسیم این نیمرخ‌ها نشان داد، نیمرخ‌های بی‌بعدی که در بخش‌های مرتفع حوضه ترسیم شده حالت خط راست دارند و به لحاظ ارتفاعی در سطوح بالاتری قرار می‌گیرند شکل مستقیم این نیمرخ‌ها نشان دهنده فعالیت‌های تکتونیکی در این قسمت‌های حوضه می‌باشد اما منحنی‌های مربوط به زیر حوضه‌های کم ارتفاع‌تر که از شیب کمتری برخوردار هستند شکلی L مانند دارند و نشان دهنده فعالیت‌های کم تکتونیکی می‌باشند. منحنی‌های طولی ترسیم شده از زیر حوضه‌ها هم اغلب نامنظم بوده و این بی‌نظمی نشانه فعالیت‌های شدید تکتونیکی است. مقایسه نیمرخ طولی و مرجع ترسیم شده از زیر حوضه‌های منطقه نیز حاکی از فعالیت‌های شدید تکتونیکی منطقه دارد زیرا در اغلب آن‌ها نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات میدانی، کمی و ترسیمی، منطقه در ردیف مناطق فعال تکتونیکی قرار دارد. تأثیر این فعالیت‌ها در حال حاضر فقط سبب فرار آب از این سد می‌شود و این فرار با گذشت زمان، بیشتر می‌شود و در آینده ممکن است در اثر بارندگی‌های شدید پیامدهای غیر قابل جبرانی را برای جمعیت بیش از ۱۰ هزار نفری ساکن در پایین دست آن به دنبال داشته باشد. به همین دلیل جهت جلوگیری از خطرات احتمالی این فعالیت‌ها، انجام مطالعات تکمیلی روی این سد ضروری است.

کتابنامه

رضایی مقدم، محمدحسین؛ ۱۳۷٤. *پژوهشی در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشو داغ*، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.

سازمان جغرافیای نیروی مسلح کشور، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ اسفراین.

عابدینی، موسی و شبرنگ، شنو؛ ۱۳۹۳. ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت در حوضه آبخیز مشکین چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی. *جغرافیا و توسعه*، ۱۲(۳۵)، صص ٤۹-٦٦.

https://doi.org/ 10.22111/gdij.2014.1554

عزتی، مریم و آق آتابای، مریم؛ ۱۳۹۳. تفسیر مورفوتکتونیکی حوضهٔ سولوکلو (خراسان شمالی) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، *فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*. شماره۱۳. صفحه ۱۴۱-۱۵۲
https://doi.org/10.22111/gaij.2014.1779

قائمی، فرخ؛ ۱۳۸۱. گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شیروان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کلاهی آذر، امیر پیروز و مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۹۶. بررسی تأثیر زمین‌لرزه گُشت بر سامانه گسلی سراوان با استفاده از مدل انتقال تنش کولمب .*جغرافیا و مخاطرات محیطی*، (٤)٦، صص،۲۳-٤۰
https://doi.org/10.22067/geo.V6I4.62503

مریدی فریمانی، علی اصغر و دهقانی، سعید؛ ۱۳۹۳. نقش گسل تراستی سراوان در تشکیل و توسعه حوضه آبریز سراوان، *نشریه جغرافیای و توسعه*، شماره ۳۵، صص ۳۲-۱۹.
https://doi.org/10.22111/gdij. 2014.1552

مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۹۷. بررسی تأثیرگسل ها در ریخت شناسی حوضه آبریز در پرچین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی .*مجله آمایش جغرافیایی فضا* ۸(۲۹) صص ۱۹-۳۲
https://gps.gu.ac.ir/article_80351_90547749099e49a147367657d056611c.pdf

مقامی مقیم؛ ۱۳۹۵. تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی در ریخت شناسی حوضه آبریز رودخانه روئین در شمال شرق ایران. نشریه جغرافیا و توسعه. شماره ٤۳. ص ۷۱-۹۰https://doi.org/10.22111/gdij.2016.247

یمانی، مجتبی و علمیزاده، هیوا؛ ۱۳۹۳. تأثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی شبکه زهکشی حوضه آبخیز نچی، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹(۱)، صص ۹-۲۲.
https://georesearch.ir/article-1-413-fa.html

Berberian, M., & Mohajer-Ashjai, A., 1977. Seismic risk map of Iran, a proposal. Geol. Surv. Iran, 40, 121-148. https://www.researchgate.net/ publication/294872080_Seismic_ Risk_ Map_of_Iran_A_Proposal

Bull W.B.and L.D.Mcfadeen., 1977. Tectonic geomorphology of north fault, California in Doehring, geomorphology of arid regions. Allen and Unwin.London.pp.115-138 .https:// www.taylorfrancis.com/ chapters/ edit/ 10.4324/ 9780429299230-5/ tectonic-geomorphology- north- south- garlock-fault-california-william-bull-leslie-mcfadden

Burbank, D. W., & Anderson, R. S., 2011. Tectonic geomorphology. John Wiley & Sons.

Cartojan, Elena and Magliulo, Paolo and Massa, Bruno., 2014. Morphotectonic features of the Tammaro River basin, Southern Apennines, Italy, link.springer. Volume 25,pp.217 https://doi.org/10.1007/s12210-014-0349-2

Chorley. R. J.,Schum. S. A., Sugden. D., 1984. Geomorphology, London, 607 pages. 745-753. https://doi.org/10.1017/S0016756800035573

Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., & Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. Geomorphology, 121(3), 329-341. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.05.002

Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., & Keller, E. A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology, 96(1), 150-173 https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004

Keller, Edward.A., Pinter, Nicholas.1996; Active tectomics; Prentice Hall publisher, New jersey,P 338http://sutlib2.sut.ac.th/sut_contents/H49253.pdf

Sarma, J. N ,Acharje,S Murgante, B., 2016. Morphotectonic study of the Brahmaputra basin,Journal of the Geological Society of India September 2015, Volume 86, Issue 3, pp 324-330 https://doi.org/10.1007/s12594-015-0318-0

Willimin J.H.and Peter L.K.Knuepfer.,1994. Kinematics of arc-continent collion in the Eastern central range of Taiwan.Geophsical Research. https://agupubs.onlinelibrary. wiley.com/doi/ 10.1029/94JB00731

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی