

Tectonic and Erosion Analysis of Shahid Abbaspour Dam Catchment using Geomorphometric Techniques

Mehdi Mumipour^{a*}, Mahshid Moavi^b

^a Assistant Professor in Geomorphology, Marine Geology Department, Marine Natural Resources Faculty, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

^b MSc in Geomorphology, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

Received: 29 April 2021

Revised: 17 May 2021

Accepted: 20 June 2021

Abstract

An assessment of tectonic activity, especially active tectonic movements and the resulting hazards, requires a thorough understanding of geomorphological processes. Many geomorphological features are very sensitive to active tectonic movements and change with them. The aim of this study was to use geomorphic indices, that is, basin asymmetry factor (AF), basin sinuosity index (S), basin shape index (BS), river longitudinal slope index (SL), bifurcation ratio (Rb), unevenness number (Rn), relative relief index (Bh), mountain front sinuosity (Smf), drainage density (Dd), hypsometry, drawing and analysis of erosion maps of formations, soils and land use to identify the relationship of tectonic activity with soil erosion in Karun catchment area (upstream of Shahid Abbaspour Dam). The results show that tectonic activity in erodible formations causes lateral erosion and as a result the soils are eroded, but in resistant formations the tectonic activity has low effect, so the soils are strong. Sub-channels often enter the main stream at an acute angle. Karun River in the study basin is spread on soft and erodible formations such as Gurpi, Pabdeh, Aghajari, Gachsaran and Mishan and flows with less intensity. In this case, the erosion in the river route is low. The most erosion is along the river in the center and southeast of the basin. The basin is hypsometrically balanced and the topographic and geomorphic appearance of the studied basin is affected by tectonic activities, which results in high elevation and sloping of basin. The streams flow is almost irregular. Sub-streams also often enter the main stream at an acute angle. The drainage density of the canals is low and the soil is highly permeable, covered with dense vegetation and coarse-grained drainage.

Keywords: Neotectonics, Erosion, Shahid Abbaspour Dam, Geomorphometric Indices

* Corresponding Author: Mehdi Mumipour

E-mail: mumipur@kmsu.ac.ir

Tel: +989166067076

How to cite this Article: Mumipour, M., & Moavi, M. (2022). Tectonic and Erosion Analysis of Shahid Abbaspour Dam Catchment using Geomorphometric Techniques. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(1), 1-16.

DOI: 10.22067/geoeh.2021.70140.1053



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 11, Issue 1 - Number 41, Spring 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>

 <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70140.1053> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شمارهٔ چهل و یکم، بهار ۱۴۰۱، صص ۱۶-۱

مقاله پژوهشی

تحلیل شرایط تکتونیک و فرسایش در حوضه سد شهید عباسپور با تکنیک‌های ژئومورفومتری

مهدی مومی پور^۱ - استادیار ژئومورفولوژی، گروه زمین‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

مهشید معاوی - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۳/۳۰

چکیده

ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و به‌خصوص حرکات تکتونیکی جوان و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت کامل فرایندهای ژئومورفولوژی دارد. بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی فعال بسیار حساس هستند و همزمان با آن‌ها تغییر می‌کنند. هدف این پژوهش استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، نسبت انشعاب (Rb)، عدد ناهمواری (Rn)، برجستگی نسبی حوضه (Bh)، پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (Smf)، تراکم زهکشی (Dd)، هیپسومتری)، رسم و تحلیل نقشه‌های فرسایش‌پذیری سازندها، خاک‌ها و کاربری اراضی برای آگاهی از رابطه فعالیت تکتونیکی با فرسایش خاک حوضه آبریز کارون (بالادست سد شهید عباسپور) است. نتایج نشان داده است که فعالیت‌های تکتونیکی در سازندهای فرسایش‌پذیر باعث فرسایش کناره‌ای شده و در نتیجه خاک‌ها فرسایش می‌یابند اما در سازندهای مقاوم فعالیت زمین‌ساختی اثر کمی گذاشته و خاک‌ها تقریباً مقاومت خود را دارند. آبراهه‌های فرعی نیز اغلب تحت زاویه حاده‌ای به جریان اصلی وارد می‌شوند. رودخانه کارون در حوضه مورد مطالعه بر روی سازندهای نرم و فرسایش‌پذیر گورپی، پابده، آجاجاری، گچساران و میشان پهن شده و با شدت جریان کمتری جاری می‌گردد. در این حالت فرسایش در مسیر رودخانه کم‌تر بوده، اما فرسایش کناره‌ای غالب است بیشترین فرسایش کنار رودخانه‌ای در مرکز و جنوب

Email: mumipur@kmsu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۶۰۶۷۰۷۶

نحوه ارجاع به این مقاله:

مومی پور، مهدی، معاوی، مهشید. (۱۴۰۱). تحلیل شرایط تکتونیک و فرسایش در حوضه سد شهید عباسپور با

تکنیک‌های ژئومورفومتری. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۱(۱). صص ۱۶-۱

<https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70140.1053>

شرق حوضه است. حوضه از نظر هیپسومتری متعادل بوده و سیمای توپوگرافیک و ژئومورفیک حوضه مورد مطالعه از فعالیت‌های تکتونیک متأثر است که نتیجه آن پستی و بلندی زیاد و کج‌شدگی حوضه است.

کلیدواژه‌ها: نئوتکتونیک، فرسایش، سد شهید عباسپور، شاخص‌های ژئومورفومتری.

۱- مقدمه

عواملی مانند سازندهای سست، فعالیت تکتونیک، توپوگرافی خشن و اختلاف ارتفاع‌های زیاد مناطق کوهستانی مرتفع با مناطق کم‌ارتفاع‌تر، چرای مفرط و کاهش پوشش گیاهی، تخریب جنگل‌های برای ایجاد مزارع، ساخت جاده‌ها، شخم زنی‌های نامناسب و نادرست، بهره‌برداری بیش از حد کشاورزان منطقه از توان خاک برای کشاورزی، زمینه فرسایش خاک را فراهم می‌نمایند (مددی و نیک پور، ۱۳۹۲). همچنین آب‌وهوا یکی از مهم‌ترین عوامل به وجود آورنده فرسایش آبی هر منطقه که روی دیده خاک‌زایی و هم روی وضع پوشش گیاهی آن منطقه تأثیر دارد (مددی و نیک پور، ۱۳۹۲). به طوری که شکل‌گیری و تکامل شبکه آبراهه‌ها تحت تأثیر پارامترهایی مانند اقلیم، فرسایش و فعالیت‌های تکتونیکی است و تحلیل یک شبکه زهکشی در پاسخ به فرآیندهایی است که روند تغییر شکل گذشته و اخیر حوضه را توجیه می‌کند (علمی‌زاده و معاوی، ۱۳۹۹). از آنجاکه شاخص‌های ژئومورفیک یک طبقه‌بندی نسبی از تکتونیک ارائه می‌دهند. برای مطالعه و بررسی میزان تأثیر تکتونیک در منطقه مفید هستند. وقتی چندین شاخص ژئومورفیک در یک ناحیه خاص استفاده می‌شود نتایج با معناتر و مستندتر خواهد بود (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۶). این شاخص‌ها یکی از ابزارهای اساسی برای پی‌بردن به وضعیت و میزان تأثیر فعالیت‌های نئوتکتونیکی در سطح زمین هستند (رامشت و همکاران، ۱۳۹۱).

ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و به‌خصوص حرکات تکتونیکی معاصر و جوان و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت کامل از سرعت و آرایش فرایندهای ژئومورفولوژی دارد. برای این منظور روش‌های ژئومورفولوژی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی فعال بسیار حساس هستند و همزمان با آن‌ها تغییر می‌کنند (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵). هر منطقه‌ای با توجه به شرایط خاص خود از سازندهای متنوع زمین‌شناسی تشکیل شده است که بر میزان نفوذپذیری آب، فرسایش، رسوب، الگوی هندسی رودخانه‌ها و ژئومورفولوژی حوضه‌های آبریز اثر می‌گذارد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱). بیاتی خطیسی (۱۳۸۸) به تحلیل نقش تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید بر فرسایش خندقی): دامنه‌های شمال‌غربی سبلان (از اهر تا مشکین‌شهر) پرداخت. کریمی و همکاران (۱۳۹۱) نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی را بررسی کردند. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل‌اوزن پرداختند. در

این تحقیق، بیشترین تأکید آن‌ها بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی منطقه بود. **یمانی و شرفی (۱۳۹۱)** به مطالعه ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان پرداختند. پژوهشگران با استفاده از عکس هوایی سال ۱۳۳۴ و تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۱۳۸۶ و آزمایش رسوباتی که در مسیر رودخانه قرار دارند نشان دادند تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه از بالادست به طرف پایین دست کاهش یافته است. **مومی‌پور (۱۳۹۵)** به مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری پرداخت. در این پژوهش با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه، نقشه هم‌پایه و شاخص‌های نئوتکتونیک مطالعه انجام شد. **یمانی و همکاران (۱۳۹۷)** تکتونیک فعال در حوضه سمنان (جنوب سمنان) را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک تحلیل کردند. **زوولی و همکاران^۱ (۲۰۰۴)** دو گسل را از نظر ژئومورفولوژی تکتونیک مورد تحلیل قرار دادند، در این پژوهش از شاخص‌های طول جریان (SL)، سینوسیته جبهه کوهستان (Smf)، و نسبت عرض دره به ارتفاع (Vf) استفاده نمودند. **دیونت و همکاران^۲ (۲۰۰۵)** میزان فرسایش خاک در مخازن سدها را در اسپانیا با روش‌های نیمه کمی مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که این روش‌ها و به‌ویژه روش پسیاک، نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهند. **فرانکلی و پازاگی^۳ (۲۰۰۶)** با مقایسه شاخص‌های زمین‌ساختی در دو جبهه کوهستانی در منطقه توآس و سریا در نیومکزیکو را انجام دادند. **ریبولین و سپاجنولی^۴ (۲۰۰۷)** ژئومتری شبکه زهکشی با توجه به تکتونیک در آلپ ایتالیا مطالعه کردند. **راسکیزای رادیکر و همکاران^۵ (۲۰۰۹)** تحلیل‌های مورفوتکتونیک براساس DEM را برای حوضه مرکزی پانونیان مجارستان انجام دادند و عوارض نئوتکتونیک و فرسایش بادی و آبی را از هم تفکیک کردند. **دورانتی و همکاران^۶ (۲۰۱۴)** آنالیز مورفوتکتونیک حوضه‌های زهکشی جنوب غربی کشور برزیل را با استفاده از شاخص‌های گرادیان طول جریان (SL) و پروفیل طولی مورد مطالعه قرار دادند. هدف این پژوهش استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص تقارن عرضی (T)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، نسبت انشعاب (Rb)، عدد ناهم‌واری (Rn)، برجستگی نسبی حوضه (Bh)، پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (Smf)، تراکم زهکشی (Dd)، هیپسومتری)، رسم و تحلیل نقشه‌های فرسایش‌پذیری سازندها، خاک‌ها و کاربری اراضی برای آگاهی از رابطه فعالیت تکتونیک با فرسایش خاک حوضه آبریز کارون (بالادست سد شهید عباسپور) است.

1 Zovoili et al

2 Devente et al

3 Frankel and Pazzaglia

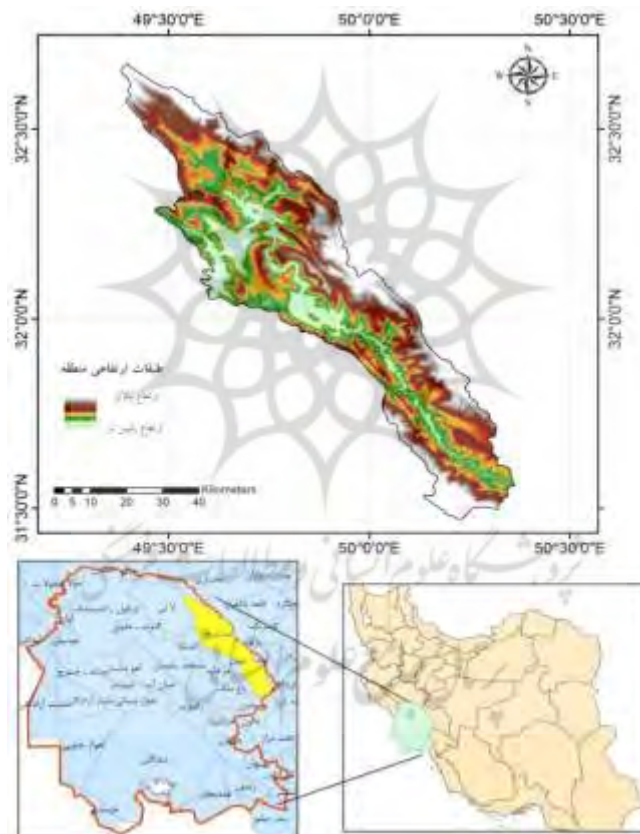
4 Ribolin and Spagnolo

5 Ruszkiczay-Rudiger et al

6 Doranti et al

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کارون ۱ یا حوضه آبخیز سد شهید عباسپور با مساحت ۳۲۹۸ کیلومتر مربع در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی قرار دارد. این حوضه از چهار شاخه اصلی به نام‌های خرسان، آب‌ونک، آب‌کیار و بازفت تشکیل شده که هر یک از این شاخه‌ها از ارتفاعات مختلف از استان‌های چهارمحال بختیاری سرچشمه می‌گیرند و پس از الحاق، رود کارون در جهت جنوب شرقی-شمال غربی جریان یافته و پس از طی مسیر ۱۴۰ کیلومتر به محل سد شهید عباسپور می‌رسد. این منطقه از نظر زمین‌شناسی در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد و از واحدهای سنگ‌شناسی متنوعی تشکیل شده است (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۷) (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان خوزستان (محدوده زردرنگ) و طبقات ارتفاعی آن در مدل رقومی ارتفاع. نام‌های روی نقشه استان، حوضه‌های اطراف منطقه مورد مطالعه است.

۳- مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش در ابتدا منابع و یافته‌های علمی در زمینه موضوع پژوهش با بررسی‌های کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده و از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و نقشه DEM که دارای قدرت تفکیکی مکانی ۱۲/۵ متر است در این مطالعه استفاده شده است. برای محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک، از برنامه جانبی TecDEM در نرم‌افزار Matlab و نرم‌افزار Arc GIS10.4 استفاده شده است. شاخص‌های ژئومورفیک به کار برده شده در این تحقیق شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، شاخص تقارن عرضی (T)، شاخص سینوسیته حوضه (S)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (S_{mf})، تراکم زهکشی (Dd) و هیپسومتری هستند.

۳-۱- شاخص عدم تقارن حوضه

شاخص عدم تقارن حوضه (Af)، برای تعیین کج شدگی تکتونیک حوضه‌های زهکشی به کار می‌رود. مقادیر برابر ۵۰ نشان دهنده عدم فعالیت تکتونیک، مقادیر بیش از ۵۰ نشانه عمل بالا آمدگی در سمت راست رودخانه و کمتر از ۵۰ نشانگر بالا آمدگی در سمت چپ آبراهه اصلی رودخانه است (گورابی و امامی، ۱۳۹۶). شاخص عدم تقارن حوضه (Af) براساس رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه (۱)} \quad Af = 100 \left(\frac{Ar}{At} \right)$$

Ar: مساحت سمت راست حوضه (دید به سمت پایین)، At: مساحت کل حوضه (حمدونی و همکاران، ۲۰۰۸).

۳-۲- شاخص تقارن عرضی (T)

مقدار این شاخص بین صفر و یک در تغییر است و هرچه عدد به یک نزدیک‌تر باشد عدم تقارن در حوضه بیشتر است و تکتونیک فعال است (کوکس^۲، ۱۹۹۴؛ کلر و پینتر^۳، ۱۹۹۶). شاخص تقارن عرضی (T) براساس رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad T = \frac{Da}{Dd}$$

Da، فاصله رودخانه اصلی حوضه تا خط وسط حوضه Dd، فاصله مرز حوضه تا خط وسط حوضه (گورابی و امامی، ۱۳۹۶).

1 Hamdouni et al
2 Cox
3 Keller and Pinter

۳-۳- شاخص سینوسیته حوضه (S)

میزان سینوسیته حوضه با تغییر شیب بستر رودخانه بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی، رابطه غیر مستقیم دارد یعنی با کاهش میزان سینوسیته فعالیت تکتونیک افزایش می‌یابد (گورابی و امامی، ۱۳۹۶، بهرامی و همکاران، ۱۳۹۴). پیتز (۱۹۸۶) برحسب میزان ضریب پیچشی ξ نوع رودخانه را به شرح جدول (۱) تقسیم‌بندی نموده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱). شاخص سینوسیته حوضه (S) براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$S = \frac{C}{V} \quad \text{رابطه (۳)}$$

C، طول رودخانه V، طول رودخانه به خط مستقیم

۳-۴- شاخص شکل حوضه (BS)

حوضه‌هایی با تکتونیک فعال، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالا آمدگی و کاهش فعالیت، به تدریج دایره شکل می‌شود (بال و مک فادن، ۱۹۷۷). حوضه‌هایی که با مقادیر بیشتر از ξ از نظر تکتونیکی فعال هستند (محمود و همکاران، ۲۰۱۲). زمانی که شاخص شکل حوضه بین ۳ تا ۴ باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه فعال هستند. مقادیر کمتر از ۳، حوضه‌های دایره شکل را نشان می‌دهند که از نظر فعالیت، غیر فعال‌اند (حمدونی و همکاران، ۲۰۰۸). شاخص شکل حوضه (BS) براساس رابطه (۴) محاسبه می‌گردد.

$$BS = \frac{BI}{BW} \quad \text{رابطه (۴)}$$

BS: شاخص شکل حوضه؛ BI: اندازه طول حوضه از انتهای ترین مقسم آب تا خروجی حوضه؛ BW: پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت.

۳-۵- شاخص شیب طولی رودخانه (SL)

شاخص SL به تغییرات طولی رودخانه و شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هرگونه بی‌نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است نشان دهد. شاخص مذکور به قدرت رودخانه بستگی داشته و می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیک فعال و جوان باشد. این شاخص بالا آمدگی منطقه را بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی نمایان کند. میزان SL در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شکل زمین مؤثر باشند زیاد است (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵). شاخص شیب طولی رودخانه (SL) براساس رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$SL = \left(\frac{H}{L}\right)L \quad \text{رابطه (۵)}$$

1 Bull and Mcfadden

2 Mahmood et al

ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری شده (متر)، L : طول مسیر اندازه‌گیری شده بین دو نقطه (متر)، L : طول رودخانه از وسط منطقه اندازه‌گیری شده تا مرتفع‌ترین نقطه آبراهه در بالادست (متر) (سمندر و روستایی، ۱۳۹۵، به نقل از گارسیا و تورتوسا، ۲۰۰۸).

۳-۶- شاخص پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (S_{mf})

این شاخص انعکاس دهنده توازن بین نیروهای فرسایشی است که تمایل به ایجاد ساخت سینوسی دارند، درحالی‌که نیروهای زمین‌ساختی تمایل به ایجاد یک پیشانی مستقیم همراه با یک گسل فعال احاطه کننده آن است (خدابخش نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). پیچ‌وخم پیشانی کوهستانی (S_{mf}) براساس رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_s} \quad \text{رابطه (۶)}$$

L_{mf} : طول پیشانی کوه در دامنه آن، یعنی جایی که دامنه کوه به دشت برخورد می‌کند. L_s : معادل طول خط مستقیم در بخش پیشانی کوه (خدابخش نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

۳-۷- تراکم زهکشی (D_d)

تراکم زهکشی (D_d)، شاخصی از چگونگی تولید هرزآب و فرسایش در قسمت‌های مختلف است. هر چه تراکم زهکشی یک حوضه بیشتر باشد میزان فرسایش در حوضه بیشتر است. تراکم زهکشی بالا نتیجه مواد زیرسطحی ضعیف یا غیر قابل نفوذ و پوشش گیاهی تنک و ناهمواری کوهستانی و بافت زهکشی خاک ریزدانه است. مقدار کم این شاخص بیانگر خاک زیرین نفوذپذیری بسیار بالا، تراکم پوشش گیاهی زیاد و همواری منطقه است (قادری و فاضلی ثانی، ۱۳۹۵). جدول (۱) رابطه بین تراکم زهکشی و شدت فرسایش خاک را نشان می‌دهد (قاسمی آریان، ۱۳۸۲). تراکم زهکشی (D_d) براساس رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{\sqrt{A}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

جدول ۱- رابطه بین تراکم زهکشی و شدت فرسایش خاک (قاسمی آریان، ۱۳۸۲).

تراکم زهکشی	کلاس فرسایش خاک
۰-۴	فرسایش کم
۴-۸	فرسایش متوسط
۸-۱۶	فرسایش زیاد
>۱۶	فرسایش خیلی زیاد

۳-۸- هیسومتری (Hi)

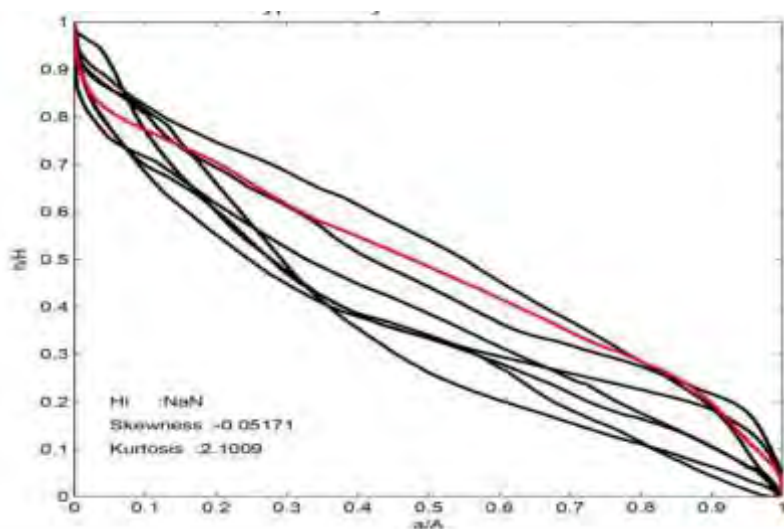
تحلیل‌های هیسومتری، ابزاری مهم برای برآورد و مقایسه تکامل ژئومورفیک لندفرم‌های مختلف، بدون در نظر گرفتن عامل این تکامل است. همچنین انتگرال هیسومتری میزان فرسایشی است که طی زمان زمین‌شناسی در حوضه معینی اتفاق افتاده است (مومی پور، ۱۳۹۵). مقادیر بالای انتگرال هیسومتری (۵۰٪) بیانگر توپوگرافی جوان و وجود پستی و بلندی زیاد نسبت به میانگین حوضه زهکشی است و با برش‌های عمیق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالاآمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی می‌شود و هر چه این رقم به صفر نزدیک باشد، گذر از مرحله از مرحله به پیری را هیسومتری و درجه بریدگی باعث شده تا از این شاخص به‌عنوان معیاری برای تشخیص چرخه فرسایشی چشم‌انداز استفاده شود (یمانی و علمیزاده، ۱۳۹۳). شاخص هیسومتری براساس رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$Hi = (Hmax - Hmin) / (h - Hmin) \quad \text{رابطه (۸)}$$

Hi: انتگرال هیسومتری، Hmax حداکثر ارتفاع، Hmin حداقل ارتفاع، h میانگین ارتفاع حوضه (یمانی و علمی-زاده، ۱۳۹۳).

۴- نتایج و بحث

حرکات زمین‌ساختی مهم‌ترین عامل تغییر شکل ناهمواری و فرسایش می‌باشند که بر اساس نتایج شاخص عدم تقارن حوضه (Af) (۲۷/۲۱)، بستر حوضه از حالت پایدار خارج شده و دارای کج‌شدگی است. در این میان، شاخص سینوسیته حوضه (S) (۱/۷۱)، حوضه مورد مطالعه در گروه رودخانه پیچانرودی قرار دارد. همچنین شاخص شکل حوضه (BS) (۳/۷۴)، حوضه از لحاظ تکتونیکی نیمه فعال است. با رتبه‌بندی حوضه به روش استرالر حوضه در رده ۶ قرار دارد و مقادیر نسبت انشعاب حوضه (Rb) (۴/۲۶۴) بیانگر این که حوضه معمولی است. محاسبات شاخص عدد ناهمواری (Rn) (۹۲۳/۱۳۶)، نشان می‌دهد سازندهای سخت (آسماری، بختیاری و فهلیان-داریان) که متشکل از آهک سخت می‌باشند فرسایش محدودی را برای حوضه ایجاد گردیدند. در مقابل، سازندهای فرسایش پذیر (آغاجاری، گچساران، کژدمی، میشان، پابده و گورپی) که با خصوصیات لیتولوژی مارن، شیل، انیدریت، نمک، لایه‌های آهکی و ماسه سنگ نقاط مستعد برای فرسایش‌پذیری حوضه ایجاد می‌کنند. بر روی بیشتر سازندهای فرسایش‌پذیر خاک‌های نارس اینسپی‌سول و رخنمون سنگی اینسپی‌سول قرار دارند. فرسایش سازندها و فعالیت تکتونیکی نقش مؤثری در تضعیف این نوع خاک‌ها می‌باشند. رده‌های پایین بیشتر بر روی سازندهای فرسایش‌پذیر قرار دارند و رده‌های بالاتر بیشتر در سازندهای سخت جاری‌اند. محل تلاقی آبراهه رده ۶ به سد عباسپور بر روی سازندهای با فرسایش کم و خاک اینسپی‌سول و تا حدودی رخنمون سنگی اینسپی‌سول است.



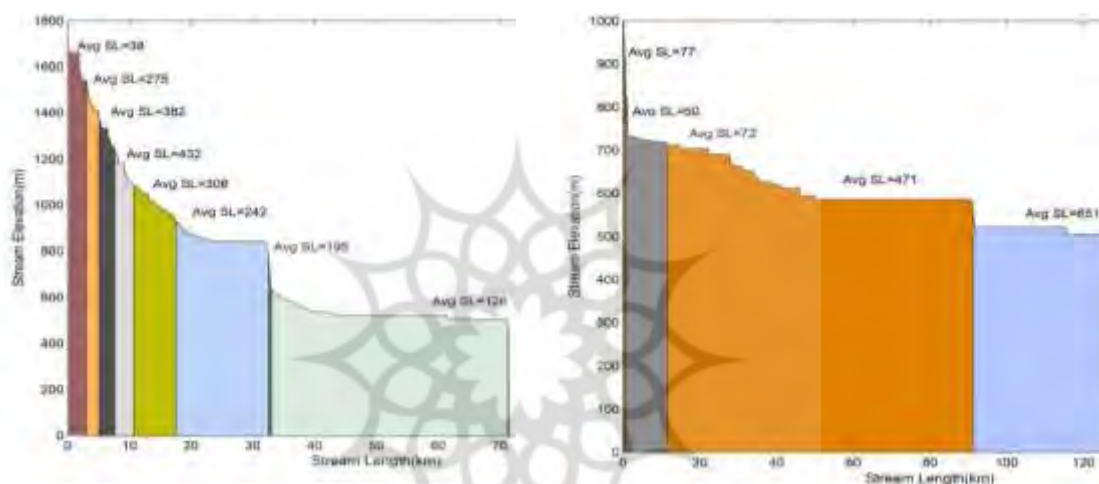
شکل ۲- هیپسومتری زیر حوضه‌ها



شکل ۳- زیر حوضه‌های مورد مطالعه هیپسومتری

مقادیر برجستگی نسبی حوضه (Bh) (۲۴۰۴)، نشان از اینکه حوضه متأثر از فعالیت زمین‌ساختی است. بعلاوه محاسبات شاخص انتگرال هیپسومتری (۰/۴) حوضه را در مرحله جوانی نشان می‌دهد که دارای تراکم زهکشی (Dd) (۰/۳۸۴)، کم و پوشش گیاهی زیاد است؛ اما در قسمت کمی از شمال غرب منطقه مورد مطالعه خاک و پوشش گیاهی متراکم تضعیف و تخریب شده‌اند و هزاردره را به وجود آورده‌اند. در این قسمت حوضه با سست شدن

خاک‌ها، تغییرات مهمی در مقاومت، طبیعت و ترکیب خاک‌ها به وجود آمده است. به علت از دست رفتن پیوستگی ذرات خاک به تدریج شیارهای مترکمی در سنگ‌های سست زیربنا حوضه مورد مطالعه مشاهده می‌شود. همچنین کم‌ترین آبراهه‌ها بر روی خاک‌های بدلدند جاری‌اند و بیشترین آبراهه‌های بر روی خاک‌های رخنمون سنگی اینسپتی سول قرار دارند. در این میان خاک اینسپتی سول تمام رده‌ها آبراهه‌ها در آن جریان دارند. فعالیت تکتونیک نقش مهمی در تشکیل این آبراهه‌ها بر روی این نوع خاک‌ها دارد. علاوه بر فعالیت تکتونیک و فرسایش سازندها جریان آبراهه‌ها بر روی این خاک‌ها باعث تضعیف و فرسایش خاک می‌شود. با توجه به جدول ۱ خاک حوضه مورد مطالعه در کلاس فرسایش کم قرار دارد.



شکل ۴- نیمرخ توپوگرافی به همراه مقادیر SL آبراهه جنوب حوضه
شکل ۵- نیمرخ توپوگرافی به همراه مقادیر SL آبراهه شمال حوضه

بررسی رابطه فعالیت‌های تکتونیک و ارتباط آن با شکل‌گیری لندفرم‌های زمین، مبحث مهمی در مطالعات ژئومورفولوژیکی است (مومی‌پور، ۱۳۹۵). با توجه به نتایج شاخص عدم تقارن حوضه (Af) (۲۷/۲۱)، حوضه دارای فعالیت تکتونیک است و این عامل باعث بالا آمدگی در سمت چپ آبراهه اصلی رودخانه شده است که با یافته‌های بهرامی و همکاران، (۱۳۹۱) همخوانی دارد. براساس یافته‌های این شاخص گسل‌های اطراف این حوضه باعث تغییر مسیر رودخانه شده و کج شدگی حوضه در نتیجه فعالیت زمین‌ساختی است. همچنین شاخص پیچناکی حوضه (S) (۱/۷۱)، رودخانه حالت پیچانودی دارد، پیچ‌وخم رودخانه، حوضه را به حالت تعادل نزدیک می‌کند که با یافته‌های یمانی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. در این میان شاخص شکل حوضه (BS) (۳/۷۴)، حوضه کشیده و فعالیت تکتونیک در سطح متوسط قرار دارد که با یافته‌های کرمی و همکاران (۱۳۹۷)، داودی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. نتایج مقادیر نسبت انشعاب (Rb) (۴/۲۶۴) نشان می‌دهد حوضه معمولی است. شبکه حوضه دارای آشفتگی

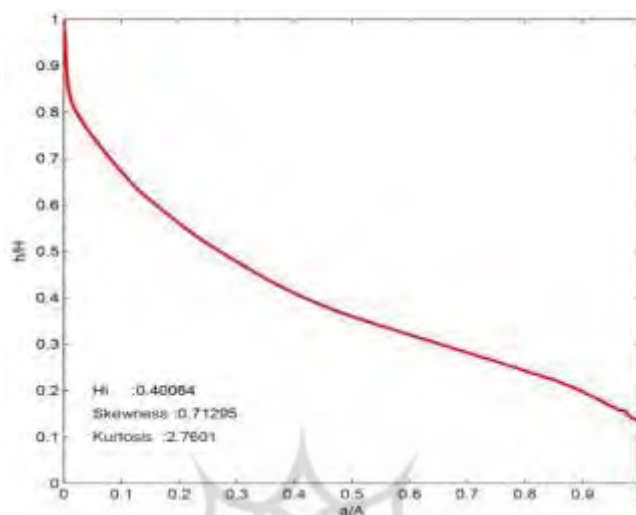
ساختمانی متوسطی است و هیدروگراف در نقطه خروجی قاعده پهن و در نقطه اوج کوتاه است، که با نتایج **معاوی و علمی زاده (۱۳۹۸)**، **قادری و فاضلی‌ثانی (۱۳۹۵)** همخوانی دارد.

نتایج محاسبات شاخص عدد ناهمواری (Rn) (۹۲۳/۱۳۶)، برجستگی نسبی حوضه (Bh) (۲۴۰۴) و شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)، (۰/۵)، بیانگر اینکه حوضه از لحاظ ساختاری دارای پیچیدگی و بالآمدگی‌ها در نتیجه فعالیت زمین‌ساختی است. برجستگی سطح حوضه نقش مهمی در نوع خاک دارد. همچنین حوضه از ویژگی توپوگرافی جوان و وجود پستی و بلندی زیاد نسبت به میانگین حوضه زهکشی برخوردار است که با برش‌های عمیق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالا آمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی ایجاد شده است. همچنین کم‌ترین سطح فرسایش‌پذیری حوضه به ترتیب در شمال شرق، شمال و شرق حوضه و بیشترین نقاط فرسایش‌پذیری حوضه به ترتیب در مرکز و جنوب شرق حوضه قرار دارند. محدوده مورد مطالعه با تراکم زهکشی (Dd) (۰/۳۸۴) کم، نفوذپذیری بالا همراه با تراکم پوشش گیاهی زیاد برخوردار است.

با توجه به نمودار SL (شکل‌های ۴ و ۵) می‌توان نتیجه گرفت حوضه مورد مطالعه در زمان جریان بر روی سازندهای نرم و فرسایش‌پذیر نظیر گورپی، پایده، آغاچاری، گچساران و میشان پهن شده و با شدت جریان کمتری جاری می‌گردد. در این حالت فرسایش در مسیر رودخانه کم‌تر بوده، اما فرسایش کناره‌ای غالب است بیشترین فرسایش کنار رودخانه‌ای در مرکز و جنوب شرق حوضه است. در این قسمت‌های حوضه یک تمایل همیشگی برای تغییر پیوسته موقعیت رودخانه از طریق فعالیت‌های تکتونیک، فرسایش سازندها، فرسایش خاک و تشکیل مجدد دیواره‌های ساحلی یا کناره‌ها مشاهده می‌شود. تغییر الگوی هندسی رودخانه، ناپایداری بستر و فرسایش ساحلی رودخانه نه تنها موجب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی و تأسیسات مجاور ساحل رودخانه شده بلکه رسوبات حاصل از فرسایش موجب کاهش گنجایش مفید سد شهید عباسپور شده و شرایط هیدرولوژیکی جریان را مختل می‌نماید. به گونه‌ای که فرسایش کنار رودخانه‌ای در مسیر اصلی حوضه به چشم می‌خورد. در این نوع فرسایش جریان آب، به ویژه آب‌های گل‌آلود حاوی دانه‌های ریگ، شن و غیره، موجب سایش و شسته شدن دو طرف بستر و حمل مواد بیش‌تر با خود می‌شوند. با این عمل، زمین‌های دیواره بستر استحکام خود را از دست داده و به تدریج فرو می‌ریزد و با افزایش مواد خاکی در آب، وزن مخصوص آن بیشتر و قدرت تخریب آن زیادتر می‌شود و باعث سست و ضعیف شدن خاک می‌گردد. در شمال شرق، شمال و شرق حوضه مسیر رودخانه در هنگام عبور از سازندهای مقاوم نظیر آسماری، فهلیان-داریان و بختیاری به دلیل مقاوم بودن در برابر فعالیت تکتونیک و افزایش دبی در این سازندها میزان فرسایش کف به بیشترین میزان خود می‌رسد و فرسایش کناره‌ای تا حدودی کاهش می‌یابد. در این قسمت حوضه موقعیت و ابعاد رودخانه تقریباً ثابت است.

نتیجه‌گیری که از **شکل ۶** حاصل می‌شود حکایت از تعادل هیپسومتریک حوضه دارد. در حوضه ۸ زیر حوضه نیز جدا شده و نمودار هیپسومتری آنان در **شکل ۲** نمایش داده شده است. همان‌طور که در **شکل ۲** دیده می‌شود

مقادیر هیپسومتری و نمودار این حوضه‌ها با هم بسیار متفاوت است که نشان از شرایط ناهمگون درون حوضه دارد. زیر حوضه‌های در مرحله جوانی، بلوغ و پیری در درون حوضه وجود دارند.



شکل ۶- نمودار هیپسومتری منطقه مورد مطالعه

۵- جمع‌بندی

به‌طور کلی، با توجه به نتایج محاسبات رابطه‌های ۱ تا ۷ و شکل‌های ۲ تا ۶ می‌توان نتیجه گرفت سیمای توپوگرافیک و ژئومورفیک حوضه مورد مطالعه بیشتر از فعالیت‌های تکتونیک متأثر است به‌گونه‌ای که قرار گرفتن این حوضه در زون زاگرس باعث تسلط فعالیت زمین‌ساختی گردیده است. نتیجه آن تنوع واحدهای سنگ‌شناسی، توپوگرافی جوان، وجود پستی‌وبلندی زیاد و کج شدگی حوضه است. پیچ‌وخم رودخانه، حوضه را به حالت تعادل نزدیک می‌کند. فعالیت تکتونیک در سطح متوسط قرار دارد و همچنین رابطه مستقیم فعالیت تکتونیک حوضه با فرسایش سازندها و خاک‌ها برقرار است. فعالیت‌های تکتونیکی در سازندهای فرسایش‌پذیر باعث نرم و سست شدن سازندها و فرسایش کناره‌ای گشته و در نتیجه خاک‌ها ضعیف و فرسایش می‌یابند و در سازندهای مقاوم فعالیت زمین‌ساختی کم اثر گذاشته و خاک‌ها تقریباً مقاومت خود را دارند. همچنین پوشش گیاهی فراوان و فرسایش کف بر حوضه مسلط است. به‌علاوه تشکیل آبراهه‌ها اغلب مربوط به فعالیت زمین‌ساختی است. لذا مسیر آبراهه‌ها تقریباً نامنظم است. آبراهه‌های فرعی نیز اغلب تحت زاویه حاده‌ای به جریان اصلی وارد می‌شوند. تراکم زهکشی آبراهه‌ها پایین و مواد خاک زیرین بسیار نفوذپذیر که تحت پوشش گیاهی متراکم و بافت زهکشی درشت‌دانه است. خاک‌ها کم‌عمق و از زهکشی مناسبی برخوردارند. شدت فرسایش خاک‌ها در منطقه مورد مطالعه کم است.

سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی داخلی شماره ۱۷۳ مصوب سال ۱۳۹۸ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر است.

کتابنامه

بهرامی، شهرام؛ معتمدی راد، محمد؛ اکبری، الهه؛ ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های کمی شبکه زهکشی (مطالعه موردی: چهارحوضه زهکشی در شمال شرق کشور). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. دوره ۳. شماره ۱۲. صص. ۸۵-۱۰۲

<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-295-fa.html>

بیاتی خطیبی، مریم؛ ۱۳۸۸. نقش تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در طول دامنه‌ها در فرسایش‌پذیر شدن خاک‌های کوهستان‌ها (با تأکید بر فرسایش خندقی): دامنه‌های شمال غربی سبلان (از اهر تا مشکین شهر). *فصلنامه مدرس علوم انسانی*. دوره ۱۴. شماره ۱. صص ۵۶-۳۳.

<http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-9350-fa.html>

خدابخش نژاد، آذر؛ پورکرمانی، محسن؛ آرین، مهران؛ متکان، علی اکبر؛ چرچی، عباس؛ ۱۳۹۴. زمین ساخت فعال حوضه رودخانه کارون بزرگ. *علوم زمین*. سال ۲۴. شماره ۹۵. صص ۲۸-۱۳.

<https://dx.doi.org/10.22071/gsj.2015.41779>

داودی، الهام؛ داودیان دهکردی، علیرضا؛ شبانیان بروجنی، ناهید؛ ۱۳۹۴. بررسی خصوصیات ریخت‌سنجی حوضه رودخانه زاینده رود تا پل زمانخان. *مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته*. شماره ۱۶. صص ۷۲-۶۰.

<https://dx.doi.org/10.22055/aag.2015.11527>

رامشت، محمدحسین؛ آرا، هایده؛ شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ ۱۳۹۱. ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از داده‌های ژئودینامیکی، (مطالعه موردی: حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۲۳. پیاپی ۴۶. شماره ۲. صص ۳۵-۵۲

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085362.1391.23.2.3.3>

رجبی، معصومه؛ کرمی، فریبا؛ انصاری، مریم؛ ۱۳۹۴. تحلیل فعالیت نئوتکتونیک در حوضه آبریز قلعه‌چای. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال هشتم. شماره ۳. زمستان ۱۳۹۴. صص ۱۴-۱.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1394.8.30.1.4>

رجبی، معصومه؛ کرمی، فریبا؛ انصاری، مریم؛ ۱۳۹۴. تحلیل فعالیت نئوتکتونیک در حوضه آبریز قلعه‌چای. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال هشتم. شماره ۳. زمستان ۱۳۹۴. صص ۱۴-۱.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1394.8.30.1.4>

سمندر، نسرين؛ روستایی، شهرام؛ ۱۳۹۵. بررسی تکتونیک فعال حوضه اسکوچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*. سال پنجم. شماره ۹. پاییز ۱۳۹۵. صص

۵۵-۷۶

<https://dx.doi.org/10.22111/jneh.2016.2907>

علمی زاده، هیوا؛ معاوی، مهشید؛ ۱۳۹۹. تحلیل فرم و الگوی شبکه زهکشی حوضه رامهرمز با استفاده از مدل رده-آرایه‌ای. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال نهم. شماره ۱. صص ۱۸۳-۱۷۲.

<https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.109541>

فیض‌نیا، سادات؛ نصری، مسعود؛ نجفی، علی؛ نخکوب، حسن؛ ۱۳۸۷. نقش رسوب‌زایی سازندهای زمین‌شناسی و تعیین سهم استانی حوزه آبخیز سد شهید عباسپور (حوزه آبخیز کارون ۱). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۵. شماره ۴. صص ۴۳۵-۴۲۳.

https://ijrdr.areeo.ac.ir/article_104394.html

قادری، کمال؛ فاضلی‌ثانی، ایمان؛ ۱۳۹۴. آنالیز کمی پارامترهای مورفومتری حوضه آبخیز (مطالعه موردی: منجیر مازندران). چهارمین کنگره بین‌المللی عمران. معماری و توسعه شهری ۱۶-۱.

قاسمی آریان، علیرضا؛ ۱۳۸۲. کارتوگرافی در منابع طبیعی با کاربرد در منابع طرح. انتشارات پژوهش توس. کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه؛ اباذری، کلثوم؛ ۱۳۹۷. تحلیل ناهنجاری‌های شبکه زهکشی و ارتباط آن با تکنیک فعال در حوضه‌های آبریز شمال تبریز. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال هفتم. شماره ۱. تابستان ۱۳۹۷. صص ۴۷-۳۷.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1397.7.1.3.7>

کریمی، بهروز؛ شرفی، سیامک؛ مقصودی، مهران؛ کریمی، سمیه؛ سلطانی، شکور؛ ۱۳۹۱. بررسی نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی (مطالعه موردی: رودخانه الوند در استان کرمانشاه). فصلنامه علمی-پژوهشی. پژوهش‌های فرسایش محیطی. سال دوم. شماره ۶. صص ۸۹-۷۳.

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1391.2.2.6.3>

گورابی، ابوالقاسم؛ امامی، کامیار؛ ۱۳۹۶. تأثیرات نوزمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران. جنوب شرق ایران. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال ششم. شماره ۱. صص ۸۹-۷۴. مددی، عقیل؛ نیک پور، شهرام؛ ۱۳۹۱. برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز رودخانه زال با استفاده از روش‌های پسیاک، پسیاک اصلاح شده و GIS. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال دوم. شماره ۱. صص ۱۵۴-۱۳۳.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1392.2.1.9.8>

معاوی، مهشید؛ علمی‌زاده، هیوا؛ ۱۳۹۸. تحلیل بعد فرکتال نسبت انشعاب در ارتباط با هیدرورمفومتری حوضه رامهرمز. کنفرانس ملی صنعت. تجارت و علوم دریایی. دی ماه ۱۳۹۸. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. مقصودی، مهران؛ زمان زاده، سید محمد؛ یمانی، مجتبی؛ حاجی‌زاده، عبدالحسین؛ ۱۳۹۶. ارزیابی تغییرات الگوی پیچان رودی رودخانه مارون و تحلیل هیدروژئومورفولوژی منطقه مطالعه موردی: رودخانه مارون (از سرچشمه تا ورودی آن به رودخانه جراحی). فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال دهم. شماره ۳۵.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1396.10.35.1.8>

مومی پور، مهدی؛ ۱۳۹۵. مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۶(۲۳):۳۳-۵۱.

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1395.6.3.3.0>

مومی پور، مهدی؛ ۱۳۹۵. مطالعه نئوتکتونیک و فرسایش حوضه مارون با تکنیک ژئومورفومتری. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۶(۲۳):۳۳-۵۱. صص ۳۳-۵۱.

<http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-336-fa.html>

یمانی، مجتبی؛ شرفی، سیامک؛ ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۳. پیاپی ۴۵. شماره ۱. بهار ۱۳۹۱. صص ۳۲-۱۵.

https://journals.ui.ac.ir/article_18528_0.html

یمانی، مجتبی؛ علمی زاده، هیوا؛ ۱۳۹۳. تأثیر نوزمین‌ساخت در مورفولوژی شبکه زهکشی حوضه آبخیزنچی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۹. شماره اول. شماره پیاپی ۱۱۲. صص ۲۲-۹.

https://journals.ui.ac.ir/article_18024.html

- Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California, in Doehring, D.O. (Ed), Geomorphology in Arid regions, Proceeding of 8th Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.
- 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.
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1994\)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2)
- Devente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., 2005. The application of semi-quantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain, Journal of Hydrology, Vol. 305, pp. 63-86. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.030>
- Doranti-Tiritan, C., Christian Hackspacher, P., Henrique de Souza, D., Siqueira-Ribeiro, C., 2014. The Use of the Stream Length-Gradient index in morphotectonic analysis of drainage basins in Poços de Caldas Plateau, SE Brazil, International Journal of Geosciences, vol. 5, pp. 1383-1394. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2014.51112>
- Frankel, K.L., Pazzaglia, F.J., 2006. Mountain Fronts, Base-level fall, and Landscape evolution, insights from the southern Rocky Mountains, Geological Society of America Bulletin, pp. 419-439. [https://doi.org/10.1130/2006.2398\(26\)](https://doi.org/10.1130/2006.2398(26))
- Garcia-tortosa, F.J., Alfaro, P., Galindo-Zaldivar, J., Gilbert, Lopez- Garrido A.C., Sanz de Galdeano. C., Urena, M., 2008. Geomorphologic evidence of the active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain), Geomorphology, vol. 97, pp 374-391.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.007>
- Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology. Vol. 96, pp. 150-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Keller, E.A., Pinter, N., 2002. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape", Prentice Hall, New Jersey, 362 p.
- Al-Taj, M., Shakour, F., Atallah, M., 2007. Morphotectonic indices of the Dead Sea transform, Jordan, Geografia Fisica Dinamica Quaternaria, vol 30, pp. 5-11.
- Petts, G.E. et al. 1986. Historical Changes in Large Alluvial River, John Wiley & Sons, USA.
- Ribolin, A. and Spagnolo, M., 2007. Drainage network geometry versus tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps). Geomorphology, vol. 93, pp. 253-266.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.016>

- RuszkiczayRüdiger, Z., Fodor,L., Horváth, E., Telbisz, T., 2009. Discrimination of fluvial, Aeolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary, *Geomorphology*, vol. 104, pp. 203 - 217. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.014>
- Zovoili E., Konstantinidi E., Koukouvelas I.K., 2004. Tectonic Geomorphology of escarpments: The case of Komptades and Nea Anchelos faults, *Bulletin of the Geological Society of Greece* vol. XXXVI, Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004.

