جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۲، دوره۶، شماره۱، صص۴۷۵-۴۵۳

# تحلیل کمّی تأثیر تکتونیک و لیتولوژی بر نیمرخ طولی رودخانه‌ی قلعه چای

معصومه رجبی[۱]، مریم انصاری*[۲]

۱-گروه ژئومورفولوژی. دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران

۲-گروه جغرافیا. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه رازی. کرمانشاه. ایران،

ansarimaryam149@gmail.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷

## چکیده

سیستم‌های رودخانه‌ای به مقدار زیادی تحت تأثیر تکتونیک فعّال قرار می‌گیرند و با استفاده از میزان انحراف آن‌ها می‌توان میزان و خصوصیّات فعّالیّت‌های تکتونیکی اخیر را تعیین نمود. نیمرخ طولی رودخانه‌ها بوسیله‌ی لیتولوژی، تجدید فرآیندهای فرسایشی ناشی از تکتونیک و پایین رفتن سطح آب متأثر می‌گردند. تغییرات دبی، ابعاد بار بستر و مقاومت لیتولوژیکی، ورود شاخه‌های فرعی و حرکات تکتونیکی در تکامل نیمرخ و تفسیر شکل عمومی نیمرخ طولی اهمیت دارند که می تواند یافته‌های با ارزشی را در مورد تحول و تغییرات محیط‌های رودخانه‌ای در طول زمان در پی داشته باشد. بررسی‌های نیمرخ طولی رودخانه‌ها در بسیاری از جنبه‌های کاربردی مانند مهار سیل، کیفیت و کارایی مخازن سدها، آبخیزداری و ... اهمیت می‌یابد. پژوهش حاضر، نقش تکتونیک و لیتولوژی در نیمرخ طولی رودخانه‌ی قلعه‌چای را مورد بررسی قرار داده است که شامل بخشی از ارتفاعات غربی کوه سهند می‌باشد. برای دستیابی به اهداف تحقیق، از شاخص‌های مورفومتری استفاده شده است که شامل: شاخص شیب طولی رودخانه(SL)، شاخص استاندارد شده SL (SL/K)، شاخص تقعر، تجزیه و تحلیل منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری می‌باشد. بررسی نتایج اندازه‌گیری شاخص‌ها نشان می‌دهد که منطقه از نظر تکتونیکی نسبتا فعال است و مقدار فعّالیّت در بخش‌های مختلف منطقه متفاوت است؛ بدین معنی که مطابق نتایج همه شاخص‌ها قسمت پایین‌دست حوضه فعال‌تر از سایر بخش‌هاست و همچنین با بکارگیری شاخص SL و شاخص تقعر و تلاقی سازندهای زمین شناسی با نیمرخ رودخانه، تأثیر لیتولوژی در نیمرخ طولی رودخانه به وضوح مشخص است.

**واژه های کلیدی**: نیمرخ طولی رودخانه، تکتونیک، شاخص استانداردشده، شاخص تقعر، حوضه‌ی قلعه چای

شاپا الکترونیکی:3851-645 DOI: 10.22034/GAHR.2023.380955.1793

## ۴- مقدمه

بررسی و مطالعه اشکال و فرآیندهایی که بوسیله ی فعّالیّت درونی زمین یا تکتونیک در سطح زمین ایجاد می‌شود را ژئومورفولوژی تکتونیک یا مورفوتکتونیک می‌گویند(بول[1]، ۲۰۰۹). پدیده‌هایی که درنئوتکتونیک مطالعه می‌شود شامل تمام عوامل، فرایندها و عملکردهای ناشی از فعّالیّت‌های جدید زمین (در مقیاس زمین‌شناسی) و اشکال ایجاد شده توسط این فعّالیّت‌ها است. سیستم‌های رودخانه‌ای به مقدار زیادی تحت تأثیر تکتونیک فعّال قرار می‌گیرند و به گسل‌خوردگی و تغییر شکل سطحی ناحیه‌ای حسّاس هستند. در نتیجه با استفاده از میزان انحراف آن‌ها می‌توان میزان و خصوصیّات فعّالیّت‌های تکتونیکی اخیر را تعیین نمود(کلر و پینتر[2]،۱۹۹۶: ۱۷٤).

یکی از ویژگی‌های مهم رودخانه، نیمرخ طولی بستر رودخانه می‌باشد که عبارت است از خط بزرگترین شیب رود، که شیب را در هر منطقه نسبت به محور افق نشان می‌دهد(سیمافر، ۱۳۸٤ : ۷۵). در واقع شکل یک آبراهه، حاصل هماهنگی بین شرایط اعمال شده از جانب محیط و فرآیندهای انتقال جریان و رسوب است (جاودانی،۱۳۹۹: ۱۲۸). به همین دلیل نیمرخ طولی به تغییرات در شیب رودخانه بسیار حساس است و با استفاده از این حساسیت می توان تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی در بستر جریان رودخانه را ارزیابی نمود(خطیبی،۱۳۸۸). نیمرخ طولی رودها معمولا به سه قسمت مجزا که شامل سراب با شیب تند و فرسایش زیاد، قسمت میانی با نیمرخ تکامل یافته‌تر و شیب کمتر از سراب و پایاب که مرحله‌ی تکامل بستر و رسوب‌گذاری رود است، قابل تقسیم می‌باشد(علیزاده،۱۳۸۲: ٤۸۱). آزمایشات تجربی نشان می‌دهد که تغییرات دبی، ابعاد بار بستر و مقاومت لیتولوژیکی ، ورود شاخه‌های فرعی و حرکات تکتونیکی در تکامل نیمرخ و تفسیر شکل عمومی نیمرخ طولی اهمیت دارند(م . رادوان[3]،۲۰۰۳ به نقل از روستایی و نیری ۱۳۹۰: ۱۳۹). با تغییر در هر یک از متغیرها، نظیر تغییر در نیروهای رودخانه‌ای مانند افزایش یا کاهش دبی و یا نیروی مقاومتی در بستر، شیب نیمرخ طولی و حتی ارتفاع شاخاب‌های فرعی متصل به رودخانه اصلی نیز تغییر خواهد کرد(بیاتی خطیبی و حیدر زادگان،۱۳۸٤: ۳۱). آلن کلاو و پتر کامفورت[4] (۱۹۸۷) عدم یکنواختی نیمرخ طولی را به تغییرات ناشی از لیتولوژیکی نسبت دادند و به این نتیجه رسیدند که حتی وقتی رودخانه در بستر آبرفتی جاری است چنین عدم برابری وجود دارد که بوسیله‌ی مناطق کم‌عمق با جریان سریع و

[1] . Bull, 2009.
[2] . Keller and Pinter
[3] M.Radoane
[4] Alan Clows and Peter Comfort

مناطق عمیق با جریان آرام‌تر مشخص می‌شوند. نتایج مطالعات قبلی نشان‌دهنده‌ی آن است که نیمرخ طولی رودخانه‌ها بوسیله‌ی لیتولوژی، تجدید فرآیندهای فرسایشی ناشی از تکتونیک و پایین رفتن سطح آب متأثر می‌گردند(روستایی و نیری،۱۳۹۰: ۱۳۹). بررسی‌های نیمرخ طولی رودخانه‌ها در بسیاری از جنبه‌های کاربردی مانند مهار سیل، کیفیت و کارایی مخازن سدها، آبخیزداری و ... اهمیت می‌یابد ( احمدی و همکاران،۱۳۸٦).

بررسی فعالیت های تکتونیکی با استفاده از شاخص های ژئومورفیک از سابقه ی طولانی برخوردار است. در این مورد مطالعات زیادی در ایران و در سطح جهان انجام گرفته است به طور مثال رضایی مقدم (۱۳۷٤)، بیاتی خطیبی (۱۳۸۷)، روستای و همکاران (۱۳۸۸)، مقصودی و همکاران(۱۳۹۰)، ثروتی و همکاران(۱۳۹۱)، رجبی و سلیمانی (۱۳۹۲)، علایی طالقانی و همکاران (۱۳۹۲)، بهرامی (۱۳۹۳) و... تکتونیک مناطق مختلف را مورد ارزیابی قرار داده‌اند و برای پیشبرد تحقیق از شاخص های مختلف ژئومورفیکی استفاده نموده اند. در رابطه با موضوع تکتونیک و لیتولوژی روستایی و نیری (۱۳۹۰) تأثیر لیتولوژی و تکتونیک بر نیمرخ طولی رودخانه‌ی مهاباد را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک تحلیل کرده‌اند که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در بعضی قسمت‌های محدوده‌ی مورد مطالعه نیمرخ طولی رودخانه به شدت متأثر از لیتولوژی منطقه می‌باشد و از نظر تکتونیکی بالاآمدگی تکتونیک از تأثیر سنگ بستر بر نیمرخ طولی می‌کاهد. در سطح جهانی نیز کلر و همکاران (۱۹۹۹)، پینتر و کلر (۲۰۰۰)، سیلوا (۲۰۰۳ و ۲۰۰۸)، سینگ و جین (۲۰۰۸)، گاروته و همکاران(۲۰۰۸)، فیگوروآ و همکاران (۲۰۱۰)، بیهات و همکاران (۲۰۱۳)، ریاض احمد و همکاران (۲۰۱٤) و ... در زمینه تکتونیک پژوهش هایی را انجام داده اند. هدف از این پژوهش با توجه به اعتبار شاخص‌های ژئومورفیک در مطالعات برای ارزیابی فعّالیّت‌های تکتونیکی و تأثیر لیتولوژی، بررسی فعّالیّت‌های تکتونیکی حوضه آبریز قلعه‌چای و تأثیر لیتولوژی در نیمرخ طولی رودخانه‌ی قلعه‌چای با رویکرد کمّی مورد نظر خواهد بود.

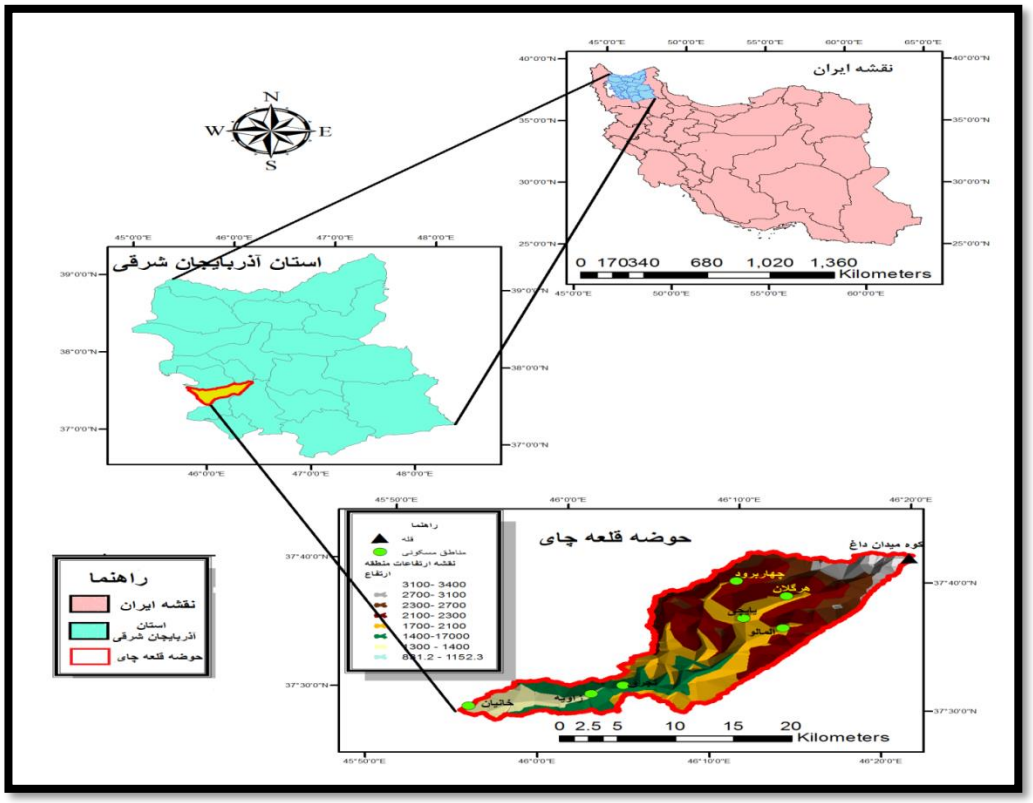
## ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

قلعه چای یکی از زیرحوضه‌های دریاچه‌ی ارومیه می‌باشد و در شرق این دریاچه واقع شده است که از شمال به حوضه‌ی گنبرچای (آذرشهرچای)، از شرق و جنوب به حوضه‌ی صوفی چای (مراغه) و چوان چای و از غرب به دریاچه‌ی ارومیه محدود می‌شود و با مساحتی بالغ بر ۳٤٦ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی و شهرستان عجبشیر و در شمال غربی این شهر قرار گرفته است. حوضه آبریز قلعه‌چای از نظر موقعیت جغرافیایی بین ´ ۵۵

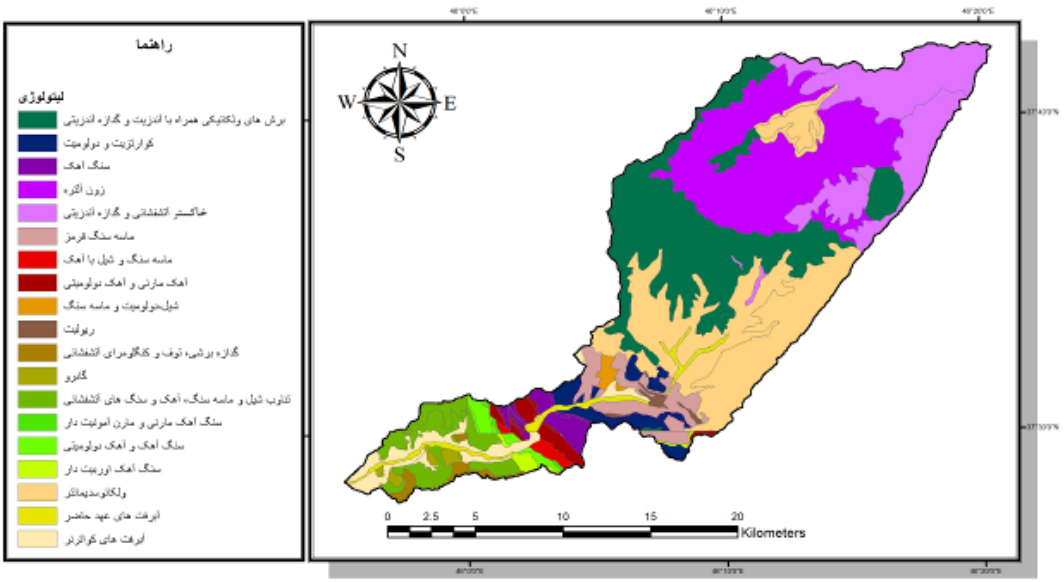
۴۵° الی ´۲۰ ۴۶° طول شرقی و ´۲۷ ۳۷° الی ´۴۲ ۳۷° عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه کوه میدان داغ با ارتفاع ۳۴۱۲ متر که سرچشمه‌ی حوضه در آن قرار دارد و حداقل ارتفاع آن ۱۳۰۰ متر در کنار روستای خانیان و گل تپه است.(شکل ۱).

## ۲- لیتولوژی منطقه

بررسی نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اسکو، آذرشهر، مراغه و عجب‌شیر نشان می‌دهد در حوضه مورد مطالعه سنگ‌ها در سه گروه لیتولوژی جای گرفته‌اند: پراکنش سنگ‌های نامقاوم در منطقه کم بوده و تنها رسوبات تراس‌های جوان و پادگانه‌های آبرفتی را شامل می‌شود که بیشتر در پایین دست حوضه در مجاورت روستاهای ینگجه و بارازلو دیده می‌شود. سنگ‌های نیمه مقاوم که از نظر جنس و پراکندگی آن‌ها در حوضه می‌توان به سنگ‌های آهکی حوضه‌ی قلعه‌چای که بیشتر از نوع دولومیتی و دارای اوربیتولین می‌باشند اشاره نمود و بیشتر در قسمت‌های مرکزی حوضه و شمال‌غرب آن گسترش دارند. آهک‌های دولومیتی و اوربیتولین‌دار کامبرین و پرمین بیشتر در نزدیکی روستای زاویه و گنبد تا نزدیکی حوری در شمال حوضه گسترش دارند. پامیس و خاکستر آتشفشانی در شمال روستای هرگلان و نیز در جنوب‌شرقی حوضه گسترش یافته‌اند که وجود این گونه واحدهای لیتولوژی سبب شده تا دره‌ها، دامنه‌های نسبتا تندی داشته و در نهایت سنگ‌های آتشفشانی که بیشتر در منطقه بین روستای تجرق و هرگلان واقع شده‌اند از جمله سازندهای سخت حوضه‌ی قلعه‌چای می‌باشند و سنگ‌های رسوبی مقاوم مثل ماسه‌سنگ نیز از جمله سنگ‌های مقاوم حوضه بشمار می‌آید. از جمله آن‌ها می‌توان در قلعه‌چای آندزیت، داسیت و ماسه‌سنگ را نام برد. گسترش عمده‌ی آندزیت‌ها در قسمت شمالی حوضه بین روستای هرگلان و چهاربرود و کوه اولیا می‌باشد. سنگ‌های داسیتی در قسمت‌های میانی حوضه برونزد دارند(روستایی، ۱۳۷۳) سنگ‌های پلیوکواترنر شامل لاهار پامیسی در شمال روستای هرگلان و برش‌های نوع پله و گدازه‌های آندزیتی واقع در شمال‌شرقی حوضه و سنگ‌های دوره کامبرین در جنوب حوضه که شامل آندزیت، ماسه‌سنگ قرمزرنگ آرکوزی و ریولیت می‌باشد نیز در این گروه قرار می‌گیرند ( شکل ۲).




شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز قلعه‌چای

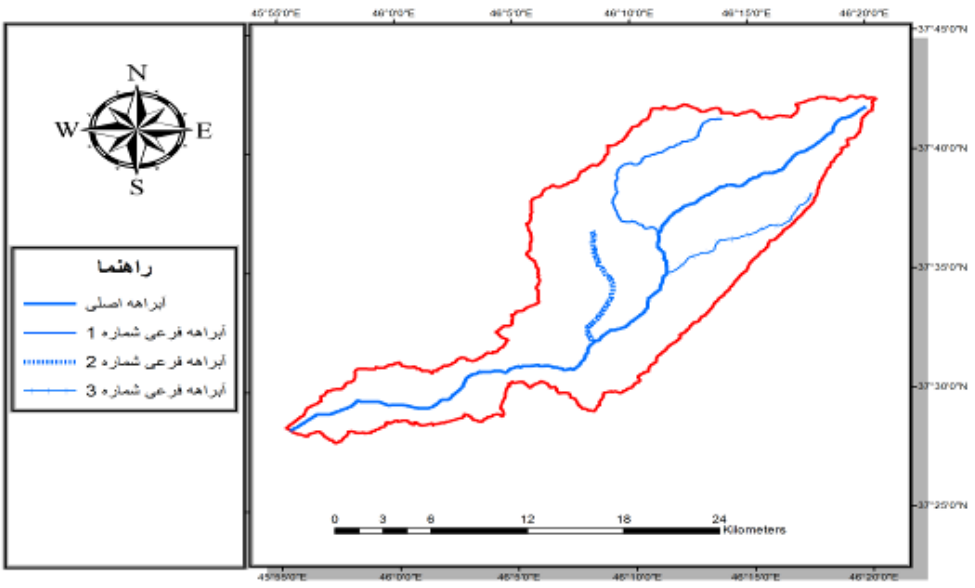



شکل۲- نقشه لیتولوژی حوضه آبریز قلعه چای

## ۳- مواد و روش ها

در این پژوهش از عکسهای هوایی با مقیاس ۱/۵۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شیت های آذرشهر، اسکو، عجب شیر و مراغه و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ هرگلان برگ شماره III ۵۲۶۵، شیرامین برگ شماره II ۵۱۶۵، مراغه برگ شماره IV ۵۲۶۴ و عجب شیر برگ شماره I ۵۱۶۴ استفاده و برای رسم نمودارها و جداول، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در این تحقیق از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) برای تحلیل‌ها و استخراج شاخص های فعالیت تکتونیکی و شبکه آبراهه ها و از نرم افزارهای Arc GIS 10.2 ، Excell برای تهیه نقشه های مختلف، استخراج اطلاعات مورد نظر و تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد.

در این پژوهش با استفاده از شاخص SL، شاخص استاندارد شده SL ، شاخص تقعر، تجزیه و تحلیل منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری، اثر فعالیت های تکتونیکی بر دره ها و مسیر رودخانه مورد بررسی قرار گرفت و جهت محاسبه شاخص های مورد نظر در حوضه آبریز قلعه چای، آبراهه اصلی و ۳ آبراهه فرعی( به روش استرالر) در نظر گرفته شده است.( شکل۳)




شکل۳- آبراهه های مورد مطالعه در حوضه آبریز قلعه چای

### ۳-۱- شاخص شیب طولی رودخانه (SL[1])

یکی از شاخص‌های ارزیابی نیروهای تکتونیکی می‌باشد که هر گونه بی‌نظمی را در نیمرخ طولی رودخانه نشان می‌دهد و به وسیله رابطه زیر بیان می‌شود:

$$SL= ( \Delta H / \Delta L ) . L$$ رابطه۱)

SL = شاخص شیب طولی رودخانه

$\Delta H/\Delta L$= شیب آبراهه یا گرادیان یک قطعه

$\Delta H$ = اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر

$\Delta L$= طول شاخه مورد نظر

L= طول رودخانه از نقطه‌ی مرکزی مقطع اندازه‌گیری شده تا سرچشمه‌ی رودخانه(هک، ۱۹۷۳).

این پارامترها با استفاده از نقشه های توپوگرافی یا مدل رقومی ارتفاع ( DEM ) اندازه گیری می‌شوند. این شاخص براساس طبقه بندی ده بزرگی و همکاران (۲۰۱۰) در ۳ کلاس طبقه بندی می شود(جدول ۱)

جدول۱- کلاس شاخص *SL*

| کلاس ۱ | کلاس ۲ | کلاس ۳ |
|---|---|---|
| ۵۰۰SL > | ۵۰۰<SL<۳۰۰ | ۳۰۰SL< |
| فعال | نیمه فعال | غیر فعال |

منبع: ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰

### ۳-۲- شاخص استاندارد شده

و شاخص قدرت SL سیبر و گارنتز[2] (۱۹۸۳) در محدوده‌ای در رودخانه‌ی آسور[3] با تقسیم

[1] Stream length Gradient(SL)
[2] Seeber and Gornitz 1983: 344-346
[3] Assor

ارائه نمودند. میزان بالای آن اغلب نشان‌دهنده‌ی فعالیت (SL/K) مدلی تحت عنوان شاخص K رودخانه بیشتر استاندارد تکتونیکی است(روستایی و نیری،۱۳۹۰: ۱۴۴).

K= شیب خط که از فرمول زیر بدست می آید:

رابطه۲) $$K= (Hi- Hj)/(\ln Lj- \ln Li)$$

آن محاسبه شده است.K ابتدا و انتهای خطی هستند که در طول رودخانه j و i که

این شاخص که با فعالیت تکتونیکی در ارتباط است، میزان بالای آن اغلب نشان دهنده ی فعالیت بیشتر تکتونیکی است. در شاخص شیب رودخانه(K) تعادل شیب رودخانه در نظر گرفته می شود (هک،۱۹۷۳). حوادث تکتونیکی، آب و هوا و تاریخ زمین‌ریختی هنگامی که از رابطه بین شیب جریان و شاخص شیب رودخانه (SL/ K ) استفاده می شود، باید در نظر گرفته شود(کولومبو[1] و همکاران، ۲۰۰۰: ۶۲۲). این شاخص بر اساس مطالعات سیبر و گورنتز( ۱۹۸۳) در ۳ حالت از تعادل طبقه بندی می شود(جدول ۲).

جدول۲- کلاس شاخص SL/ K

| شیب کمتر از حالت تعادل | در حالت تعادل | شیب تندتر از حالت تعادل |
|---|---|---|
| ۱SL/ K < | ۱ | ۱SL/ K> |

منبع: (سیبر و گورنتز،۱۹۸۳: ۳۴۶)

### ۳-۳- تجزیه و تحلیل منحنی هیپسومتری

منحنی‌های هیپسومتری توزیع ارتفاعی سطح زمین را در یک منطقه مانند حوضه زهکشی نمایش می‌دهند و امکان تعیین مرحله تحول حوضه های زهکشی را فراهم می‌آورند (گارنیر و پیروتا[2]،۲۰۰۸: ۲۶۷ )

[1] F. Colomboa, , P. Busquetsa, E. Ramosa, J. Verge´sb, D. Ragonac
[2] Guarnieri and Pirrota

به این ترتیب متغیرهای اساسی موردنیاز در ترسیم منحنی‌های هیسپومتری عبارتند از:

h : ارتفاع یک سطح کانتوری خاص

H : ارتفاع کل حوضه زهکشی

A :مساحت کل حوضه زهکشی

a : مساحت یک منحنی میزان خاص از بلندترین نقطه‌ی حوضه تا آن منحنی میزان(گارنیر و پیروتا،۲۰۰۸: ۲٦۷)

برای بی‌بعد کردن پارامترهای اساسی x و y، مولفه های هر کدام نسبت به کل سنجیده می‌شوند، به طوری که ارقام بی بعد x، از نسبت مساحت جزئی به مساحت کل به دست می‌آید(گارنیر و پیروتا،۲۰۰۸: ۲٦۷).

$$X = a / A$$ رابطه۳)

ارقام بی‌بعد y هم از نسبت اختلاف ارتفاع جزئی به اختلاف ارتفاع کل حاصل می‌شود:

$$Y = h / H$$ رابطه٤)

**۳-٤- انتگرال هیپسومتری**

یک روش ساده برای شناخت کل منحنی هیپسومتری یک حوضه محاسبه انتگرال هیپسومتری است (کلر و پینتر، ۲۰۰۲). انتگرال شاخصی است که به مساحت حوضه وابسته است و به صورت مساحت زیر منحنی تعریف می‌شود.

از طریق رابطه ساده زیر می‌توان میزان انتگرال هیپسومتری را در هر حوضه محاسبه نمود.

Hi = (حداقل ارتفاع–حداکثر ارتفاع) / (حداقل ارتفاع– ارتفاع متوسط)

داده‌های موردنیاز برای محاسبه انتگرال به آسانی از نقشه‌های توپوگرافی به دست می‌آیند. حداقل و حداکثر ارتفاع به طور مستقیم از روی نقشه‌های توپوگرافی خوانده می‌شوند. ارتفاع متوسط نیز از طریق قرائت حداقل ۵۰ نقطه ارتفاعی از روی نقشه توپوگرافی یا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع( DEM ) محاسبه می‌شود( کلر و پینتر، ۲۰۰۲). همچنین مقادیر انتگرال، مراحل تحول چشم‌اندازها را در چرخه فرسایشی بیان می‌کند. به طوری که مقدار انتگرال

بزرگ‌تر از ۰/۵ با منحنی محدب به توپوگرافی جوان چشم‌انداز (بصورت زمین های مرتفع با دره های عمیق) اشاره می‌کند و توپوگرافی جوان، حکایت از بالاآمدگی منطقه و فعّالیّت جدید تکتونیکی است . مقدار متوسط انتگرال ۰/۵ـ ۰/٤ و شکل زیگموئید منحنی، مرحله بلوغ ناهمواری‌ها را نشان می‌دهد و در نهایت مقدار کم این شاخص (کوچک تر از ۰/٤) با منحنی مقعر مرحله پیری حوضه‌های زهکشی را نمایش می‌دهد که این مورد نیز می‌تواند دلیلی بر فعّالیّت کم منطقه، از نظر تکتونیکی باشد (گارنیر و پیروتا، ۲۰۰۸).

### ۳-۵-شاخص تقعر Ca

نیمرخ طولی یک رودخانه نشان‌دهنده‌ی شیب در سراسر طول رودخانه است. شیب رودخانه به طور کلی در قسمت بالادست بیشتر و به تدریج به طرف پایین دست کمتر می شود. چنین ویژگی سبب تقعر شکل نیمرخ طولی می‌شود که میزان آن به عنوان شاخص منعکس کننده ویژگی‌های ژئومورفیک متفاوت است.

برای رسم آن از نسبت های h/H و a/A برای بدست آوردن نقاط x و y استفاده می‌شود که y=h/H و x=a/A است.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار بی بعد شده سپس با استفاده از توابع ریاضی از جمله انتگرال مساحت زیر منحنی (A) به دست آمده و در نهایت، شاخص تقعر به عنوان نسبتی از مساحت‌های اندازه گیری‌شده نیمرخ با استفاده از رابطه ۵ و کم نمودن آن از عدد یک محاسبه می‌شود(اهمری[1]،۱۹۹۱ و ۱۹۹٤ به نقل از نیری، ۱۳۸۹)(شکل ٤).

$$Ca=A_1/(A_1+A_2)$$ رابطه ۵)

در این پژوهش برای تعیین نوع شکستگی نیمرخ طولی، روش روی هم قرار دادن و تلاقی سازندهای مختلف از نقشه های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ با نیمرخ طولی رودخانه می‌باشد و آنالیز نیمرخ طولی همراه با نوع سنگ نشان دهنده‌ی دو نوع شکستگی می‌باشد:

– شکستگی‌هایی که منطبق با تغییر لیتولوژی است.

[1] Ohmori

– شکستگی‌هایی که کاملا در داخل لیتولوژی قرار می‌گیرند.

شکستگی های نوع اول که با لیتولوژی منطبق هستند به تغییر لیتولوژی نسبت داده می‌شوند. ولی آنهایی که منطبق با لیتولوژی نیستند به عنوان معلول عامل غیر لیتولوژی تفسیر می‌شوند(روستایی و نیری، ۱۳۹۰).

شکل٤– نحوه محاسبه شاخص تقعر، در اینجا $A_1$ مساحت بین نیمرخ طولی و محور افقی سطح اساس و $A_2$ مساحت بین نیمرخ طولی و خط مستقیمی است که بالاترین قسمت نیمرخ را به پایین ترین قسمت نیمرخ مرتبط می کند.

## ۴- بحث

جهت محاسبه مقدار شیب طولی رودخانه و شاخص استاندارد شده در حوضه آبریز قلعه چای در ۹ محدوده ارتفاعی بر روی آبراهه اصلی، ۵ محدوده ارتفاعی بر روی آبراهه فرعی ۱ و در نهایت ٤ محدوده ارتفاعی بر روی آبراهه های فرعی ۲ و ۳ در نظر گرفته شد و نیمرخ های طولی ترسیم و مقادیر SL وشاخص استاندارد شده برای هر یک محاسبه و نتایج حاصله در جداول مربوطه ( جداول ۳ الی ٦) آورده شده است.

جدول۳- مقادیر شاخص SL و شاخص استاندارد شده در ۹ محدوده ارتفاعی در آبراهه اصلی

| محدوده ارتفاعی | مقادیر SL (m) | کلاس فعالیت | K | SL/K | حالت تعادل |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۰۰ – ۱۵۰۰ | ۷۴۵/۰۷ | فعال | ۷۴۰/۷۴ | ۱/۰۰۶ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۱۵۰۰ – ۱۷۰۰ | ۵۷۳/۳۴ | فعال | ۵۷۱/۴۲ | ۱/۰۰۳ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۱۷۰۰ – ۱۹۰۰ | ۴۷۵/۱۲ | نیمه فعال | ۴۶۵/۱ | ۱/۰۲ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۱۹۰۰ – ۲۱۰۰ | ۴۴۶/۷۷ | نیمه فعال | ۴۳۴/۷۸ | ۱/۰۲ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۱۰۰ – ۲۳۰۰ | ۵۰۳/۸۵ | فعال | ۵۰۰ | ۱/۰۰۷ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۳۰۰ – ۲۵۰۰ | ۱۲۲۶/۲۳ | فعال | ۱۲۵۰ | ۰/۹۸ | شیب کمتر از حالت تعادل |
| ۲۵۰۰ – ۲۷۰۰ | ۴۸۶/۶۹ | نیمه فعال | ۴۷۶/۱۹ | ۱/۰۲ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۷۰۰ – ۲۹۰۰ | ۳۰۷/۲۷ | نیمه فعال | ۲۹۸/۵ | ۱/۰۳ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۹۰۰ – ۳۱۰۰ | ۳۰۵/۱۶ | نیمه فعال | ۲۹۴/۱۱ | ۱/۰۳ | شیب تندتر از حالت تعادل |

$\sum$ : ۵۶۳/۲۷

جدول٤- مقادیر شاخص SL در ٥ محدوده ارتفاعی در آبراهه فرعی شماره ١

| محدوده ارتفاعی | مقادیر SL (m) | کلاس فعالیت | K | SL/K | حالت تعادل |
|---|---|---|---|---|---|
| ١٩٠٠ – ٢٠٠٠ | ٤٦٦/١٣ | نیمه فعال | ٤٥٤/٥ | ١/٠٢ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ | ٢٥٧/١٨ | غیر فعال | ٢٥٦/٤ | ١/٠٠٣ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ٢١٠٠ – ٢٢٠٠ | ١٧٠/٤٢ | غیر فعال | ١٦٣/٩٣ | ١/٠٣ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ٢٢٠٠ – ٢٣٠٠ | ١٤٦/٦ | غیر فعال | ١٤٠/٨٤ | ١/٠٤ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ٢٣٠٠ – ٢٤٠٠ | ١٣٠ | غیر فعال | ١٢٣/٤٥ | ١/٠٥ | شیب تندتر از حالت تعادل |

∑ : ٢٣٤/٠٦

جدول٥- مقادیر شاخص SL در ٤محدوده ارتفاعی در آبراهه فرعی شماره ٢

| محدوده ارتفاعی | مقادیر SL (m) | کلاس فعالیت | K | SL/K | حالت تعادل |
|---|---|---|---|---|---|
| ١٧٠٠ – ١٨٠٠ | ٤١٩/١٨ | نیمه فعال | ٤١٦/٦٦ | ١/٠٠٦ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ١٨٠٠ – ١٩٠٠ | ٣٤٣/٦٣ | نیمه فعال | ٣٤٤/٨ | ٠/٩٩ | شیب کمتر از حالت تعادل |
| ١٩٠٠ – ٢٠٠٠ | ٢٥٦/١٤ | غیر فعال | ٢٥٠ | ١/٠٢ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ | ١٥٩/١٨ | غیر فعال | ١٥٣/٨٤ | ١/٠٣ | شیب تندتر از حالت تعادل |

∑ : ٢٩٤/٥٣

جدول ٦- مقادیر شاخص SL در ٤محدوده ارتفاعی در آبراهه فرعی شماره ۳

| محدوده ارتفاعی | مقادیر SL (m) | کلاس فعالیت | K | SL/K | حالت تعادل |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۹۰۰ – ۲۰۰۰ | ۵۳۰/۷۲ | فعال | ۵۲٦/۳۱ | ۱/۰۰۸ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۰۰۰ – ۲۱۰۰ | ٤۰۲/۲ | نیمه فعال | ٤۰۰ | ۱/۰۰۵ | شیب تندتر از حالت تعادل |
| ۲۱۰۰ – ۲۲۰۰ | ٤۵۳/۸۸ | نیمه فعال | ٤۵٤/۵٤ | ۰/۹۹ | شیب کمتر از حالت تعادل |
| ۲۲۰۰ – ۲۳۰۰ | ٤۱۲/۱۵ | نیمه فعال | ٤۱٦/٦٦ | ۰/۹۸ | شیب کمتر از حالت تعادل |

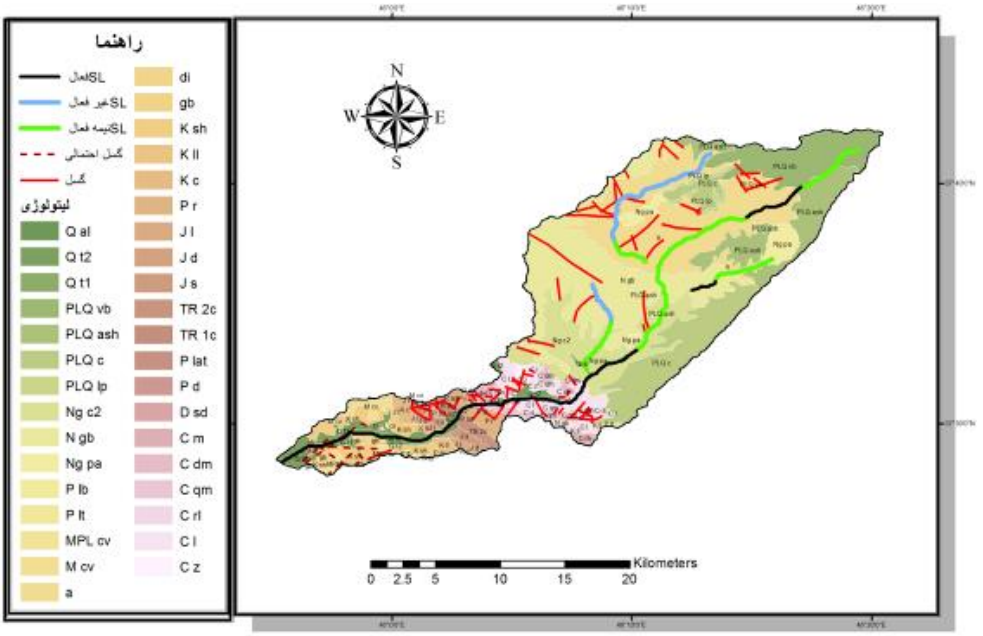
$\sum$ : ٤٤۹/۷۳

با توجه به مقدار بدست آمده از شاخص SL می توان آبراهه اصلی را با توجه به طبقه بندی حمدونی (۲۰۰۸) در کلاس ۱ یعنی با تغییرات بالا، آبراهه فرعی شماره ۱ را در کلاس ۳ یعنی با آرامش تکتونیکی و نیمرخ های منظم و بدون تغییرات طبقه‌بندی نمود. آبراهه فرعی شماره ۲ از ارتفاعات ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و از ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۱۰۰ فاقد فعالیت تکتونیکی می باشد ولی به طور متوسط مقدار بدست آمده از شاخص SL در کلاس ۳ یعنی با آرامش تکتونیکی و نیمرخ های منظم و بدون تغییرات و آبراهه فرعی شماره ۳ را در کلاس ۲ با تغییرات کم و نیمه فعال طبقه بندی می‌شوند.

بر طبق شاخص استاندارد شده در هیچ قسمت از طول رودخانه حالت تعادل مشاهده نمی شود و اکثر قسمت های رودخانه اصلی و شاخه های فرعی دارای شیبی تندتر از حالت تعادل می باشند که می تواند متأثر از تکتونیک فعال حوضه و لیتولوژی حوضه باشد.

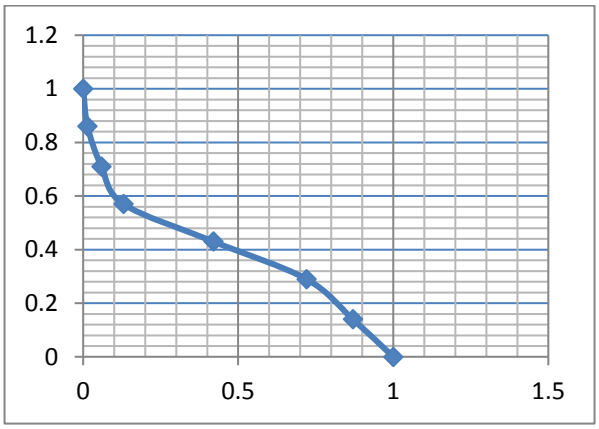
برای مشخص کردن شکل منحنی هیپسومتری حوضه‌ی مورد مطالعه، لازم است انتگرال هیپسومتری حوضه محاسبه شود. مقادیر بزرگ انتگرال بزرگ‌تر از ۰/۵ به معنی این است که سرزمین‌های مرتفع کمتر دستخوش فرسایش قرار گرفته‌اند. و یا ممکن است بیانگر یک چشم‌انداز جوانی باشد که به وسیله فعّالیّت‌های تکتونیکی به وجود آمده‌اند. همچنین دلالت بر وجود پستی، بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه زهکشی همچون سطوح بالا آمده و فلاتی که به وسیله رودها بریده شده‌اند. مقدار متوسط انتگرال هیپسومتری و یا منحنی هیپسومتری با شکل تقریباً

خطی نشان‌دهنده مرحله رسیده از تحول منطقه است و در مرحله پیری یا تحول بیشتر منطقه، مقدار Hi کمتر یا مساوی ۰/٤ است. مگر این که فرسایش، توپوگرافی جدیدی حفظ کند (کلرو پینتر، ۲۰۰۰)




شکل ۵- نقشه شاخص SL

جدول ۷- جدول هیپسومتری آبراهه اصلی




| h(m) | X=a/A | Y=h/H |
|---|---|---|
| ۱۳۰۰ | ۱ | ۰ |
| ۱٦۰۰ | ۰/۸۷ | ۰/۱٤ |
| ۱۹۰۰ | ۰/۷۲ | ۰/۲۹ |
| ۲۲۰۰ | ۰/٤۲ | ۰/٤۳ |
| ۲۵۰۰ | ۰/۱۳ | ۰/۵۷ |
| ۲۸۰۰ | ۰/۰۵۹ | ۰/۷۱ |
| ۳۱۰۰ | ۰/۰۱٤ | ۰/۸٦ |
| ۳٤۰۰ | ۰ | ۱ |

شکل٦- منحنی هیپسومتری آبراهه اصلی

در این پژوهش با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه و استفاده از DEM در محیط GIS، حداکثر و حداقل ارتفاع و ارتفاع متوسط حوضه محاسبه شده است. شاخص هیپسومتری ۵/. آبراهه اصلی منطقه حالت جوانی رو به سمت بلوغ آن را نشان می‌دهد که از روند متعادل فرایندهای ژئومورفیک حکایت می‌کند ولی برای رسیدن به مرحله پیری و هموارتر شدن توپوگرافی به زمان نیاز دارد. شکل ٦ و جدول ۷ خصوصیات آن را نشان می‌دهند.

جهت بدست آوردن میزان تقعر(انحنا) ابتدا داده‌ها با استفاده از رابطه ۳ و ٤ بی بعد شده‌اند و اعداد مربوطه بر روی محور مختصات انتقال و منحنی مربوطه ترسیم و مساحت زیرمنحنی با استفاده از انتگرال در محیط نرم‌افزار Excell با فرمول (B1+B2)/2*(A2-A1) محاسبه گشته است که با کسر نمودن داده حاصله از عدد یک میزان انحنا محاسبه شده است.

$$Ca=A_1/(A_1+A_2) \longrightarrow Ca= (۰/٤۰۷ +۰/۱۲۳٤٥)/۰/٤۰۷ = ۰/۷٦$$

بر این اساس شاخص تقعر حوضه ۰/۲٤ می‌باشد که فعّالیّت تکتونیکی متوسطی را در سطح حوضه نشان می‌دهد(شکل ۷). با توجه به نیمرخ طولی تقعر به طرف بالادست شدت می‌یابد که مهمترین دلیل را می‌توان لیتولوژی مقاوم این محدوده معرفی کرد و حالت تحدب در پایین‌دست می‌تواند به وجود گسل‌های متعدد در این محدوده در ارتباط باشد.

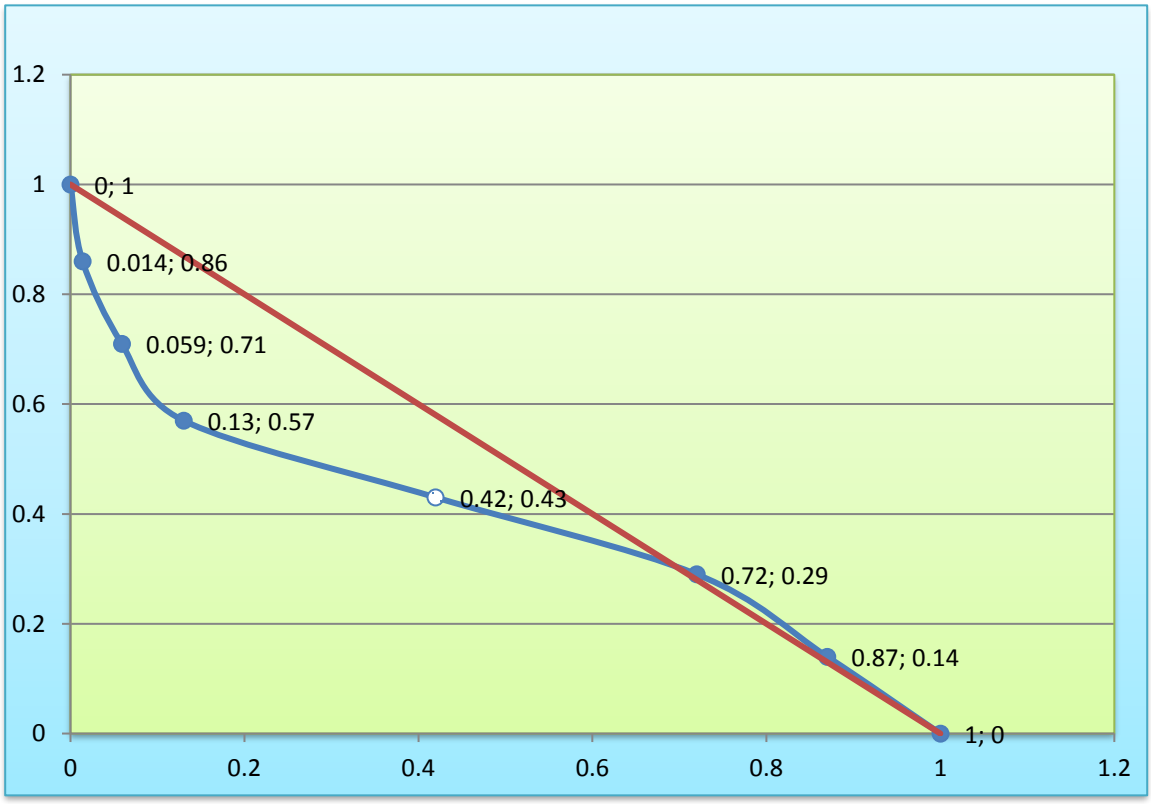
برای تعیین نوع شکستگی نیمرخ طولی، روش روی هم قرار دادن و تلاقی سازندهای مختلف از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ با نیمرخ طولی رودخانه می‌باشد و آنالیز نیمرخ طولی همراه با نوع سنگ نشان‌دهنده‌ی دو نوع شکستگی می‌باشد:

– شکستگی‌هایی که منطبق با تغییر لیتولوژی است.

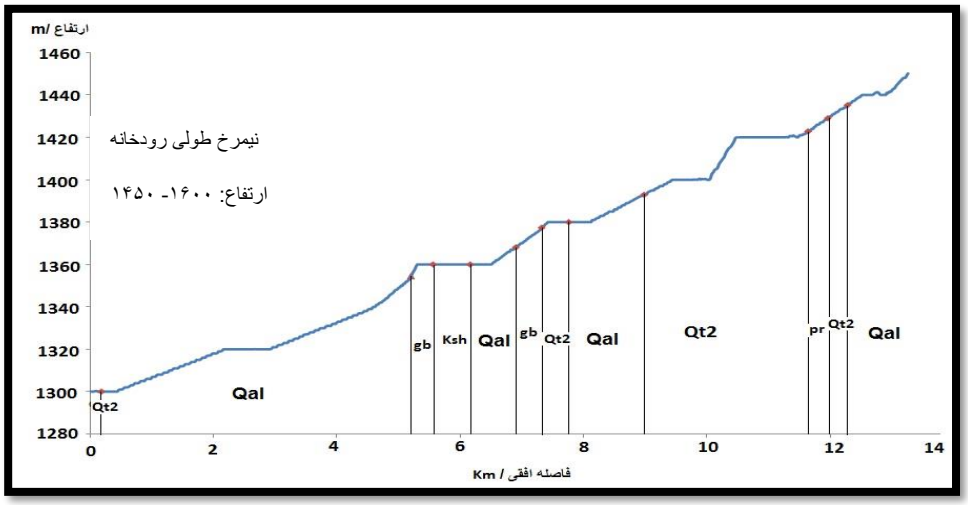
– شکستگی‌هایی که کاملا در داخل لیتولوژی قرار می‌گیرند.

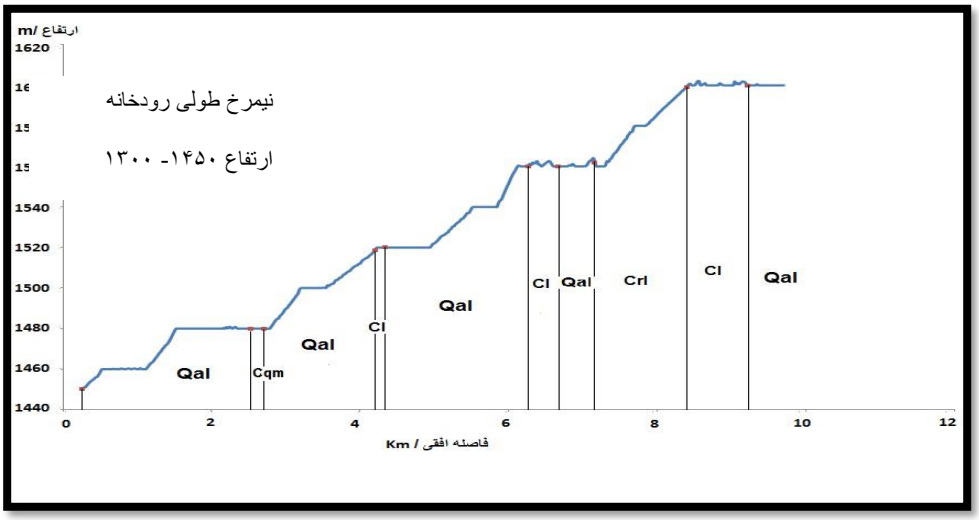
شکستگی‌های نوع اول که با لیتولوژی منطبق هستند به تغییر لیتولوژی نسبت داده می‌شوند. ولی آن‌هایی که منطبق با لیتولوژی نیستند به عنوان معلول عامل غیر لیتولوژی تفسیر می‌شوند(روستایی و نیری، ۱۳۹۰).

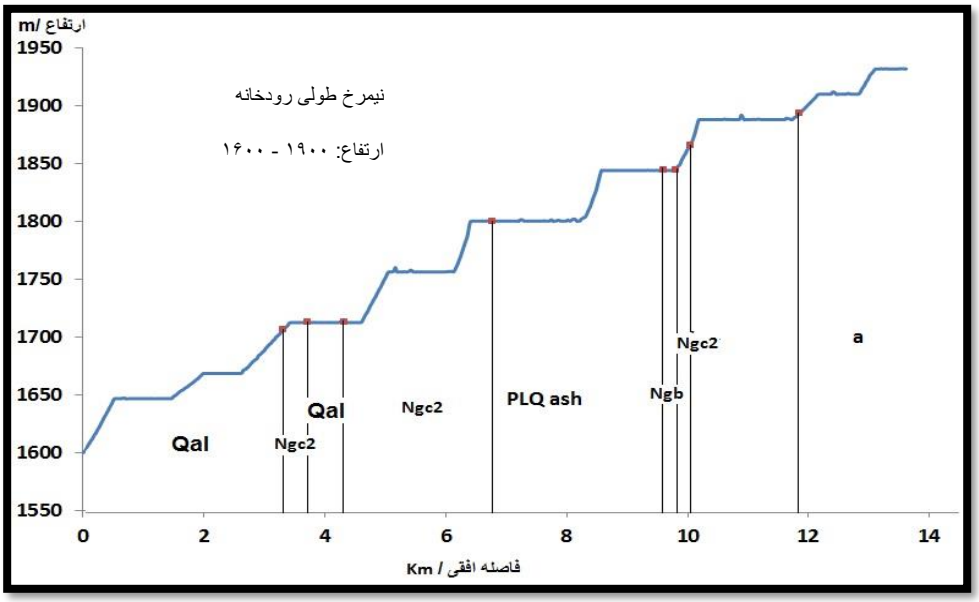
در طول آبراهه‌ی اصلی تفاوت‌های زیادی در پراکندگی این دو نوع شکستگی مجاری دیده می‌شود. در محل تغییر لیتولوژی شکستگی‌های متعددی قابل مشاهده است بطوری که در پایین دست حوضه بین ارتفاع ۱٤٥۰ تا ۱٦۰۰ انطباق شکستگی‌ها با لیتولوژی بیشتر است چون در این محدوده بین انواع سنگ‌ها اختلاف دیده می‌شود و تغییر از یک سازند مقاوم به سازند نامقاوم بایستی با شکستگی همراه باشد( زاویانو ۱۹۸۵: ۱۹۵). در این محدوده در مرز کوارتزیت، ماسه‌سنگ قرمز و ریولیت با آبرفت‌های عهد حاضر شکستگی ایجاد شده است. همچنین در ارتفاعات ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ شکستگی‌هایی بین برش‌های ولکانیکی همراه با آندزیت با زون آلتره و کنگلومرا، آگلومرا دیده می‌شود، ولی در پایین‌دست حوضه در مرز سنگ آهک، گابرو، شیل و ماسه سنگ با تراس‌های جوان و آبرفت‌های عهد حاضر شکستگی محسوسی دیده نمی‌شود و شکستگی‌های بوجود آمده در داخل لیتولوزی می‌تواند ناشی از گسل‌های منطقه باشد. و در نهایت در بالادست حوضه بعد از زون آلتره به دلیل تشابه جنس و مقاومت سنگ‌ها نسبت به هم، شکستگی‌ها بسیار کمتر از میانه و پایین دست حوضه می‌باشد(شکل ۸).

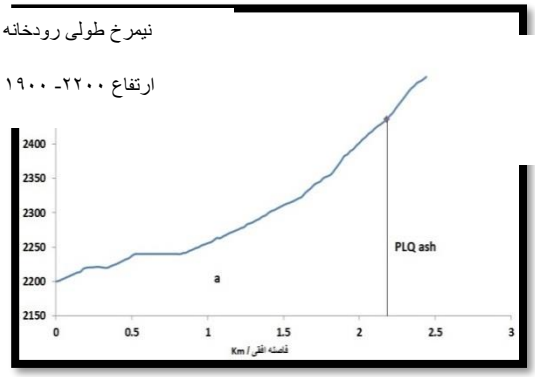


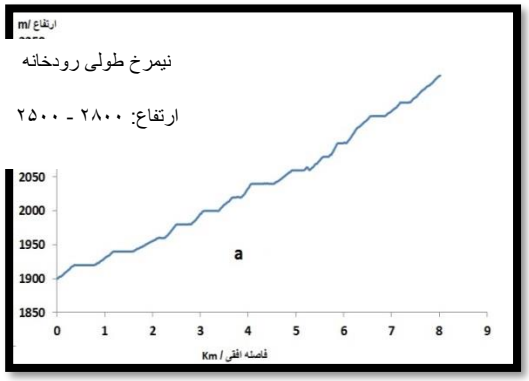

شکل۷- نمودار داده های بی بعد شاخص تقعر

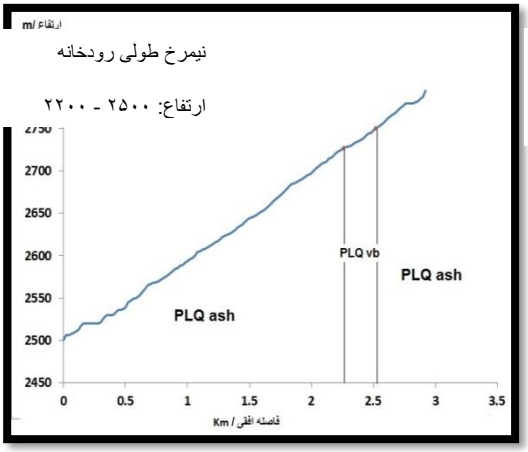

ارتفاع /m
نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع: ۱۶۰۰- ۱۴۵۰
Qt2
Qal
gb
Ksh
Qal
gb
Qt2
Qal
Qt2
pr
Qt2
Qal
فاصله افقی / Km

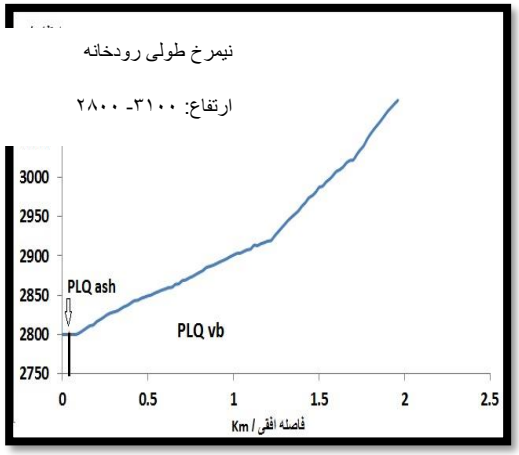

ارتفاع /m
نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع ۱۴۵۰- ۱۳۰۰
Qal
Cqm
Qal
Cl
Qal
Cl
Qal
Crl
Cl
Qal
فاصله افقی / Km


نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع: ۱۹۰۰ - ۱۶۰۰
m/ ارتفاع
Qal
Ngc2
Qal
Ngc2
PLQ ash
Ngb
Ngc2
a
Km / فاصله افقی


نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع ۲۲۰۰- ۱۹۰۰
PLQ ash
a
Km / فاصله افقی


نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع: ۲۸۰۰ - ۲۵۰۰
a
Km / فاصله افقی


نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع: ۲۵۰۰ - ۲۲۰۰
PLQ vb
PLQ ash
PLQ ash
Km / فاصله افقی


نیمرخ طولی رودخانه
ارتفاع: ۳۱۰۰- ۲۸۰۰
PLQ ash
PLQ vb
Km / فاصله افقی

شکل ۸- تلاقی نیمرخ طولی آبراهه اصلی و لیتولوژی: Qal :آبرفت‌های عهد حاضر ، gb :گابرو ، Ksh : تناوب شیل و ماسه سنگ و آهک و سنگ‌های آتشفشانی ، Qt2 : تراس‌های جوان ، Pr : سنگ آهک(سازند روته) ، Cqm : کوارتزیت(سازند میلا) ، Cl : ماسه سنگ قرمز، Crl: ریولیت ، Ngc2 : کنگلومرا،آگلومراو برش‌های ولکانیکی ، PLQ ash : خاکسترهای آتشفشانی ، Ngb : برش‌های ولکانیکی همراه با آندزیت ، a : زون آلتره، PLQvb : برش و گدازه آندزیتی.

## ۵- نتیجه گیری

سیستم‌های رودخانه‌ای به مقدار زیادی تحت تأثیر تکتونیک فعّال قرار می‌گیرند و به گسل‌خوردگی و تغییر شکل سطحی ناحیه‌ای حسّاس هستند. در این پژوهش بر اساس شاخص های ژئومورفیک نقش تکتونیک و لیتولوژی بر نیمرخ طولی رودخانه‌ی قلعه چای مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود شاخص SL در بالادست حوضه نیمه فعال می باشد با تغییر لیتولوژی و در بدو ورود رودخانه به زون آلتره شاخص SL فعال شده و شیب تند می گردد و رودخانه پس از طی مسافتی به حالت نیمه فعال باز می گردد و در میانه ی حوضه در بدو ورود به محدوده ی آبرفت های عهد حاضر تا پایین دست حوضه بصورت فعال باقی می ماند. همچنین در پایین دست حوضه تأثیر گسل های فراوان بر فعال بودن شاخص SL کاملا مشهود می باشد. بر اساس شاخص استاندارد شده نیز در هیچ قسمتی از طول رودخانه حالت تعادل، مشاهده نمی‌شود و اکثر قسمت‌های رودخانه اصلی و شاخه‌های فرعی دارای شیبی تندتر از حالت تعادل می‌باشند که می‌تواند متأثر از تکتونیک فعال حوضه و لیتولوژی حوضه باشد.

برای مشخص کردن شکل منحنی هیپسومتری حوضه‌ی مورد مطالعه، انتگرال هیپسومتری حوضه محاسبه شد که شاخص‌های هیپسومتریک حالت جوانی رو به سمت بلوغ حوضه را نشان می‌دهند که از روند متعادل فرایندهای ژئومورفیک حکایت می‌کند ولی برای رسیدن به مرحله پیری و هموارتر شدن توپوگرافی به زمان نیاز دارد. شاخص تقعر با فعّالیّت‌های تکتونیکی در ارتباط است و میزان بالای آن فعّالیّت بالای تکتونیکی را نشان می‌دهد. بر این اساس شاخص تقعر حوضه ۰/۲٤ می‌باشد که فعّالیّت تکتونیکی متوسطی را در سطح حوضه نشان می‌دهد. با توجه به نیمرخ طولی، تقعر به طرف بالادست شدت می‌یابد که مهمترین دلیل را می‌توان لیتولوژی مقاوم این محدوده معرفی کرد و حالت تحدب در پایین‌دست می‌تواند به وجود گسل‌های متعدد در این محدوده در ارتباط باشد و بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه حوضه‌ی قلعه‌چای را می‌توان با فعّالیّت‌های تکتونیکی نسبتا فعال در نظر گرفت.

برای بررسی تأثیر لیتولوژی بر نیمرخ طولی رودخانه، روش روی هم قرار دادن و تلاقی سازندهای مختلف از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ با نیمرخ طولی رودخانه استفاده و مشاهده شد که در پایین دست حوضه انطباق شکستگی‌ها با لیتولوژی بیشتر است چون در این محدوده بین انواع سنگ‌ها اختلاف دیده می‌شود و در بالادست حوضه بعد از زون آلتره به دلیل تشابه جنس و مقاومت سنگ‌ها نسبت به هم، شکستگی‌ها بسیار کمتر از میانه و پایین دست حوضه می‌باشد.

## ٦- منابع


۱- بهرامی، شهرام (۱۳۹۳)؛ برآورد حجم مخروط افکنه های واقع در حاشیه طاقدیس دنه خشک و ارتباط آن با تکتونیک، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره اول، شماره پیاپی ۱۱۲، صص ۵۹-۷۲

۲- بیاتی خطیبی، مریم، رجبی، معصومه(۱۳۸۵)؛ تحلیل تحول ژئومورفیکی نیمرخ طولی دره‌ها در نواحی کوهستانی مطالعه موردی: یازده دره اصلی توده سهند، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره۵۷، پاییز۱۳۸۵، صص۵۹-٤۳

۳- بیاتی خطیبی، مریم(۱۳۸۸)؛ تحلیل اثرات فعالیت های تکتونیکی در نیمرخ طولی رودخانه های حوضه قرنقوچای در دامنه های شرقی سهند، نشریه فضای جغرافیایی، شماره ۲۷، صص ۷۹-۱۱۳

۴- جاودانی, مهناز. (۱۳۹۹). بررسی وضعیت لیتولوژی و مورفولوژی زیرحوضه های کشف رود .*جغرافیا و روابط انسانی*، ٤(۲)، ۱٤۱-۱۲۷

۵- خیام، مقصودی، مختاری کشکی، داوود(۱۳۸۲)؛ ارزیابی عملکرد فعالیت های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط افکنه ها،مورد نمونه: مخروط افکنه های دامنه شمالی میشوداغ، پژوهش جغرافیایی، شماره ٤٤، صص۸-۱۰

۶- روستایی، شهرام (۱۳۷۳)؛ پژوهشهای ژئومورفولوژی و هیدروژئومورفولوژی در دامنه‌ی غربی توده آتشفشانی سهند (حوضه‌ی قلعه چای عجبشیر)، پایان نامه کارشناسی ارشد

۷- روستایی، شهرام، نیری، هادی(۱۳۹۰)؛ تحلیل کمی تأثیر لیتولوژی و تکتونیک بر پروفیل طولی رودخانه در حوضه‌ی آبریز مهاباد، جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۲٤، صص ۱۳۷-۱۵۳

۸- عزتی، مریم، آق آتابای، مریم، رقیمی، مصطفی، شتایی، شعبان (۱۳۹۲)؛ تجزیه و تحلیل برخی از شاخص های ریخت زمین ساختی حوضه شیرین رود، کپه داغ مرکزی، فصلنامه علمی-پژوهشی آمایش جغرافیایی فضا، شماره مسلسل ششم صص ۱۶-۱

۹- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)؛ ارزیابی نسبی فعالیت های تکتونیکی با استفاده از تحلیل های شکل سنجی ، مورد نمونه: حوضه اوجان چای شمال شرق کوهستان سهند ، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ، شماره ۳۵، صص ۱۳۵-۱۵۴

۱۰-کریمی، بهروز، شرفی، سیامک، مقصودی، مهران، کریمی، سمیه، سلطانی، شکور(۱۳۹۱)؛ بررسی نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه ها با استفاده از توابع ریاضی، مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی الوند در غرب استان کرمانشاه، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ٦، صص ۷۳-۹۵

۱۱-مختاری کشکی، داود (۱۳۸٤)؛ ژئومورفولوژی تکتونیک رویکردی نو در مطالعات علوم زمین، نشریه فضای جغرافیایی، پاییز و زمستان ۱۳۸٤ – شماره ١٤ صص ۸۳-۱۱۰

۱۲-مختاری کشکی، داود (۱۳۸۵)؛ کاربرد شاخصهای ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسلها مورد نمونه: گسل شمالی میشو، نشریه علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۵۹ صص ۷۰- ۸۳

۱۳-مددی، عقیل، رضایی مقدم، محمدحسین، رجایی، عبدالحمید(۱۳۸۳)؛ تحلیل فعالیت های نئوتکتونیک با استفاده از روشهای ژئومورفولوژی در دامنه های شمال غربی تالش(باغروداغ)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ٤٨، صص ۱۳۸-۱۲۳

۱۴-نیری، هادی(۱۳۸۹)؛ تحلیل دینامیک و شکل مجرا در حوضه آبریز رودخانه مهاباد، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی

15- Bhat F. A., Bhat I. M., Hamid Sana, Mohd Iqbal, Akhtar R. Mir(2013); Identification of geomorphic signatures of active tectonics in the West Lidder Watershed, Kashmir Himalayas: Using Remote Sensing and GIS, International Journal of Geomatics and Geosciences, 164-176

16- Bull, WB(2009); Tectonically Active Landscapes, Willy-Blackwell, Oxford.326pp

17- Dehbozorgi, M. Pourkermani, M. Arian, A.A. Matkan, H. Motamedi, A. Hosseiniasl(2010); Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area,central Zagros, Iran, Journal Geomorphology, 1-13

18- Figueroa, Andria, M. Jeffrey, R. Knott(2010); Tectonic Geomorphology of the southern Sierra Nevada Mountains (California) : Evidence for uplift and basin formation, Geomorphology 123Pp 34-45

19- F. Colomboa, , P. Busquetsa, E. Ramosa, J. Verge´sb, D. Ragonac(2000); Quaternary alluvial terraces in an active tectonic regio the San Juan River Valley, Andean Ranges,San Juan Province, Argentina619-623

20- Filip Hartvich (2005); Analysis of the longitudinal profiles of selected rivers in the sumava Mts, southwest Bohemia

21- Guarnier, P., Pirrotta, .(2008); The response of the drainage basins the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait(NE Sicity), Geomorphology, 95,Pp. 260-273

22- Hamdouni, R.E.,Irigaray.C., Fernandez,T., Chacon,J., Keller E.A(2008); Assessment of relativ active tectonic, South west border of the Sierra (South Spain). Geomorphology , in press.

23- Hack, J (1973); Stream profile analysis and stream gradient index, U.S. Geol. Surv. J. Res; l, 421-429

24- Keller and pinter, Edward, A. and Nicholas, P(1996); Active tectonic, Earthquickes, Uplift and Landscape. Prentice Hall Publisher. New, Jeresy. Pp 121-174.

25- Keller, E. and Pinter, N. (2000); Active tectonics:earthquakes, uplift and landscape. New Jersey, Prentice Hall.

26- Keller, E.A., Pinter, N.(2002); Activ Tectonic, EarthquakeUplift , and Landscap , Prentic Hall , Newjersy .

27- Ohmori, h., (1991); Change in the mathematical function type describing the longitudinal profile of a river through an evolutionary process, the journal of geology, Vol.99.

28- Ohmori, h., (1996); Morphology characteristics of longitudinal profile of river in the south island, New Zealand, Bulletin of the depaetment of geography university Tokyo. Vol.23: 1-23

29- Reyaz Ahmad Dar, Shakil Ahmad Romshoo, Rakesh Chandra, Ishtiaq Ahmad(2014); Tectono-geomorphic study of the Karewa Basin of Kashmir Valley, Journal of Asian Earth Sciences143–156

30- J. Tealor perron and leigh Royden(2012); An integral approach to bedrock river profil analysis, Earth surface process landforms, 38, 570-576

31- Seeber. L and Gornitz.V (1983);River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics *Tectonophysics, 92 335-367*

32- Zavoianu, I.(1985) ;Development in Water Science, 20, Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, New York.