



پژوهش‌های فرسایش محیطی

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



بررسی الگوی رشد عرضی چین‌خوردگی با استفاده از مطالعه فرایندهای فرسایشی و شاخص‌های ژئومورفولوژیک و هیدرولوژیک (مطالعه موردی: میدان نفتی خویز)

علی فقیه^{۱*}، زهرا یزدان‌مهر^۱، محمد سراج^۱

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت:

۱۳۹۴/۱۲/۱۵

اصلاح:

۱۳۹۵/۰۲/۱۵

پذیرش:

۱۳۹۵/۰۳/۰۴

واژگان کلیدی:

ژئومورفولوژی کمربند

چین-راندگی

رشد چین

فرسایش

شناخت الگوی رشد و سازوکار چین‌خوردگی در کمربندهای چین-راندگی حاوی منابع هیدروکربوری، در برنامه‌ریزی‌های اکتشافی و توسعه‌ای میدانی نفتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که فرایندهای تکتونیکی، ژئومورفولوژیکی و فرسایشی متاثر از یکدیگرند، لذا با بررسی یک فرایند می‌توان اطلاعاتی در مورد فرایندهای دیگر به دست آورد. در این پژوهش فرایند تکتونیکی رشد عرضی تاقدیس، براساس بررسی الگوی فرسایشی آبراهه‌های موجود در یال تاقدیس و شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی نظیر C , Hi , Re , FF و منحنی فراسنجی، در میدان نفتی خویز واقع در بخش جنوبی فروافتادگی دزفول از زیر پهنه‌های زاگرس چین‌خورده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی الگوهای به جای مانده از فرایندهای فرسایشی در آبراهه‌ها و برآورد شاخص‌ها نشان داد که الگوی رشد چین در این میدان نفتی در یال جنوبی به صورت مهاجرت لولا از پایین و در یال شمالی در قالب مهاجرت همزمان لولا از بالا و پایین می‌باشد.

۱- مقدمه

زمین از بدو پیدایش، در اثر نیروهای درونی و بیرونی دائماً در حال تغییر و تحول بوده است. در واقع فرایند فرسایش در کنار سایر عوامل محیطی از جمله تکتونیک، موجب تغییرات متعددی در چهره‌ی ناهمواری‌های سیاره زمین شده و اشکال ژئومورفولوژیکی متعددی را در این سیاره پدید آورده است (رجایی ۱۳۷۳). ژئومورفولوژی، دانش بررسی خاستگاه و تحول چشم‌اندازها است و در واقع علمی است که در آن نحوه تکامل چشم‌اندازها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

* نویسنده مسئول رایانامه: afaghih@shirazu.ac.ir

(پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸). مطالعه و شناخت سامانه رودخانه و آبراهه از نظر شکل و فرم کلی، ابعاد و هندسه هیدرولیکی، راستا و نیم‌رخ طولی بستر، تشریح و تبیین فرسایش بستر و کناره‌ها و نیز روند و نحوه تغییرات آن، بررسی اشکال مختلف ناهمواری و عوارض تکتونیکی مسیر رودخانه از جمله مباحث مهم در ژئومورفولوژی رودخانه می‌باشد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰، سیمافر، ۱۳۸۴). نیم‌رخ طولی بستر رودخانه، ترسیم منحنی تغییرات طولی بستر رود بر حسب ارتفاع است و به عوامل مختلفی مانند حجم آب، ویژگی‌های سنگ بستر، بار رسوبی و نحوه جریان رودها در بخش‌های مختلف آن و شیب بستر رودخانه بستگی دارد.

رودخانه‌ها و آبراهه‌های شکل گرفته بر روی یال چین‌های مرتبط با گسل، از شواهد مفید برای بررسی فعالیت تکتونیکی هستند. در این چین‌ها، شیب حوضه‌های شکل گرفته بر روی یک تاقدیس، متناسب با نوع رشد یال‌ها تغییر می‌کند. بنابراین با تغییر در الگوی رشد یال، نحوه جریان رود تغییر کرده و در نتیجه نوع نیم‌رخ طولی نیز تغییر می‌کند. براساس مطالعه الگوی فرسایش بستر آبراهه، می‌توان الگوی رشد چین را تشخیص داد. زیرا آبراهه‌ها در مراحل اولیه‌ی شکل‌گیری چین‌ها به وجود آمده، در تمام طول دوره‌ی چین‌خوردگی حفظ شده، تمام گستره چین را پوشش داده و نسبت به تغییرات شیب و حرکات مربوط به رشد چین حساس هستند (گود و بربانک، ۲۰۱۱). بنابراین با بررسی حجم فرسایش سنگ، که از مباحث مهم و کاربردی در ژئومورفولوژی است، می‌توان اطلاعاتی در مورد تکتونیک منطقه بدست آورد. با توجه به اینکه زاگرس از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد و میزان فرآیندهای فرسایشی در نقاط مختلف آن به علت تغییر در ویژگی‌های تکتونیکی، متفاوت است، ارزیابی حجم فرسایش سنگ در یال تاقدیس‌ها در نقاط مختلف این منطقه، می‌تواند به فهم بهتر عملکرد متقابل تکتونیک فعال زاگرس و عوامل فرسایش کمک کند.

در مورد تکتونیک، فرسایش و تغییرات نیم‌رخ طولی رودخانه‌ها و شبکه‌های زهکشی با استفاده از روش‌های مختلف، تحقیقات متعددی با اهداف گوناگون در کشورهای مختلف دنیا انجام شده است. رنگزن (۱۳۸۱)، احمدی (۱۳۸۵)، مقصودی و همکاران (۱۳۸۷)، شرفی (۱۳۸۸)، مقصودی و همکاران (۱۳۸۹)، نوحه‌گر و همکاران (۱۳۸۹)، یمانی و همکاران (۱۳۹۱)، یمانی و همکاران (۱۳۹۱)، اُهمری (۱۹۹۶، ۱۹۹۷)، تبنس و همکاران (۲۰۰۰)، تورنه (۲۰۰۲)، رادونه و همکاران (۲۰۰۳)، هرمر و همکاران (۲۰۰۷) و لریو (۲۰۰۸)، کریس پارکر و همکاران (۲۰۰۸)، دمویلین (۲۰۱۰) از جمله کسانی هستند که فرسایش، تغییرات تکتونیکی و نیم‌رخ طولی رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. در مطالعات ذکر شده در بالا، عمدتاً به بررسی تغییرات تکتونیکی رودخانه‌ها در دوره‌های زمانی مختلف به منظور تشخیص تغییرات با استفاده از پارامترهای هندسی یا عوامل تغییردهنده تکتونیکی و نیم‌رخ طولی رودخانه‌ها پرداخته شده است. در این تحقیق سعی بر این است تا با کمک مدل ارائه شده توسط گود و بربانک (۲۰۱۱) و بررسی الگوی فرسایشی بستر آبراهه‌های موجود در یال‌های تاقدیس خویز، تغییرات الگوی رشد عرضی چین در قسمت‌های مختلف آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. رشد عرضی به افزایش ابعاد چین در راستایی عمود بر محور چین گفته می‌شود. در طی این نوع رشد طول موج چین تغییر می‌کند و به علت تنگ‌تر شدن چین یا افزایش طول یال‌ها، ارتفاع یا دامنه‌ی چین افزایش می‌یابد. برای رشد عرضی چین دو سازوکار زیر مطرح شده است:

مدل چرخش یال: در این مدل، در طی کوتاه‌شدگی، محل لولا تغییر نکرده اما یال‌ها شروع به چرخش کرده و این چرخش منجر به افزایش شیب یال و تنگ‌تر شدن چین می‌شود (دسیتر، ۱۹۵۶؛ هاردی و پابلت، ۱۹۹۴؛ اپارد و گروشنک، ۱۹۹۳؛ همزا و والاس ۱۹۹۷، پابلت و مک کلی، ۱۹۹۶؛ میترا، ۲۰۰۳).

مدل مهاجرت لولا: در این مدل، در طی کوتاه‌شدگی، محل لولا تغییر کرده و مواد جدید از سمت لولا به طول یال اضافه می‌شوند. چین حاصل نسبت به چین اولیه دارای طول موج و دامنه بزرگتری خواهد بود (جمیسون، ۱۹۸۷؛ میترا و نمسون، ۱۹۸۹؛ پابلت و مک کلی، ۱۹۹۶؛ میترا، ۲۰۰۳).

از آنجایی که میدان نفتی خویز یکی از نفتگیرهای حوضه‌ی زاگرس و از نوع ساختاری مرتبط با گسلش است، بررسی هندسه‌ی دگرشکلی آن برای شناخت محل تجمع مواد هیدروکربنی و برنامه‌ریزی اکتشافات توسعه‌ای مهم است. که می‌توان با بررسی رشد عرضی در این منطقه براساس داده‌های زمین‌ریخت‌شناختی و فرآیندهای فرسایشی شناخت دقیقی از سبک ساختاری این میدان بدست آورد. در نتیجه شناخت سبک ساختاری و الگوی رشد عرضی تاقدیس منجر به تشخیص محل دقیق حفاری شده و بنابراین باعث کاهش سرمایه‌گذاری برای تعیین محل‌های جدید حفاری خواهد شد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

چین مورد مطالعه در این پژوهش از چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسل است که به طور فعال در فرادیواره‌ی گسل پنهان تشان که امتداد شمال غرب-جنوب شرق دارد توسعه پیدا کرده است. این تاقدیس یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران است که در شمال شرق بهبهان و در بخش جنوبی فروافتادگی دزفول از زیر پهنه‌های زاگرس ساده چین‌خورده با راستای شمال غربی-جنوب شرقی در فاصله‌ی بین عرض‌های شمالی ۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه، و طول‌های شرقی ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه و ۵۰ درجه و ۳۷ دقیقه، با طول حدود ۴۳ کیلومتر و عرض ۵ کیلومتر قرار گرفته است (شکل ۱). این تاقدیس از امتداد کلی زاگرس تبعیت می‌کند، پوشش سنگی تا اندازه‌ی محدب و به طرف جنوب غرب نامتقارن دارد. شیب لایه‌ها در یال جنوبی ۳۰ تا ۴۶ درجه و در یال شمالی ۲۰ تا ۳۶ درجه است. ریخت‌شناسی سطحی تاقدیس به علت عملکرد گسل‌های مختلف نرمال دارای شیب‌های تند و پرتگاه‌های گسلی فراوان است.



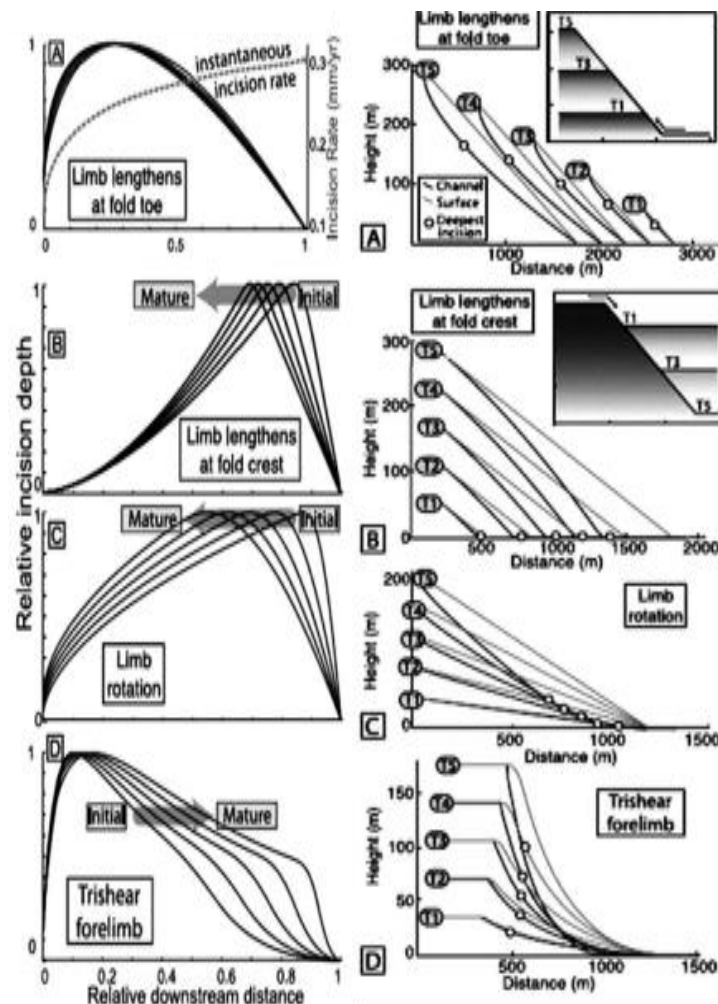
در این پژوهش به منظور شناخت الگوی رشد چین، از دو روش بررسی الگوی فرسایش بستر آبراهه و اندازه‌گیری شاخص‌های رئومورفولوژیکی و هیدورلوژیکی استفاده شده است.

نرخ فرسایش بستر آبراهه تابعی از قدرت جریان است که به صورت رابطه ساده شده زیر بیان می‌گردد:

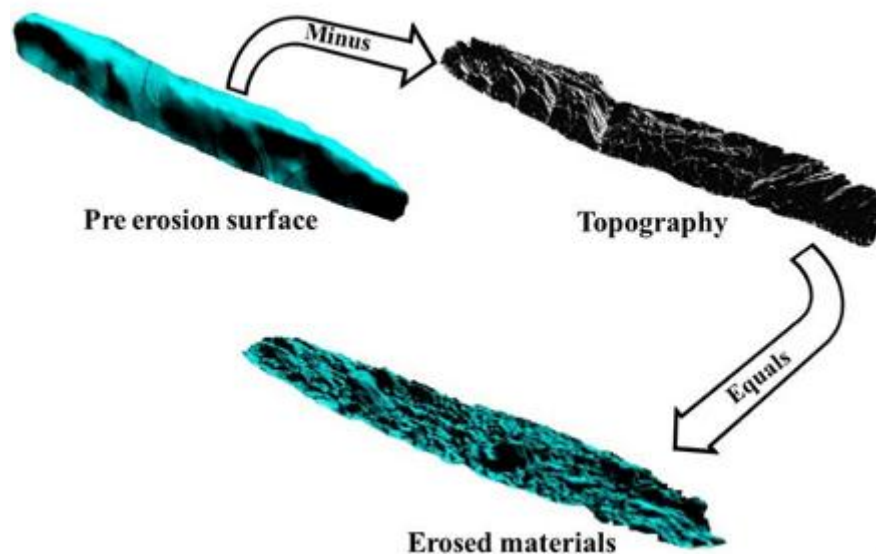
$$E = K X_p^{\theta} X_n^{S_n} \quad (\text{اُسکین و برانک، ۲۰۰۷؛ هاوارد و کربای، ۱۹۸۳})$$

به منظور استخراج و بررسی الگوی فرسایش بستر آبراهه، در ابتدا تصویر مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با دقت ۳۰ متر از محدوده مطالعاتی تهیه شد. با کمک نرم‌افزار GIS و ابزار Arc Hydro، رودخانه‌ها، آبراهه‌های اصلی و زیرحوضه‌های آبریز موجود بر روی پال تاقدیس مشخص و منطقه‌ی مطالعاتی به ۶۲ زیرحوضه تقسیم گردید. پس از تعیین حوضه‌ها و آبراهه‌ها،

نیم‌رخ آبراهه‌ها بر روی حجم فرسایش‌یافته‌ی تاقدیس رسم شد. به منظور محاسبه‌ی حجم فرسایش‌یافته، با استفاده از DEM منطقه مورد مطالعه، خط‌الراس آبراهه‌ها شناسایی و از درون‌یابی بین آن‌ها سطح قبل از فرسایش بدست آمد. در ادامه از تفاضل سطح قبل از فرسایش و سطح فعلی که همان سطح فرسایش‌یافته است، حجم موادی که در طی رشد چین توسط آبراهه‌ها حمل شده بود مشخص و سپس نیم‌رخ آبراهه‌ها بر روی حجم مواد فرسایش‌یافته، ترسیم گردید (شکل ۳).



شکل ۲: نتایج حاصل از مدل‌سازی رشد چین و فرسایش بستر (گود و برانک، ۲۰۱۱)



شکل ۳: مراحل استخراج سطح قبل از فرسایش

۲-۲-۲- شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی شکل حوضه

در سال‌های اخیر استفاده از ویژگی‌های ظاهری آبراهه‌ها و حوضه‌های آبریز در بررسی شدت فعالیت تکتونیکی مناطق مختلف مورد توجه محققین بسیاری از جمله دلکلیا و همکاران (۲۰۰۶) و گورنالی و پیروتا (۲۰۰۸) قرار گرفته است. تحلیل ژئومورفولوژیکی باعث می‌شود که بتوان تغییراتی که در حوضه‌های آبریز در اثر فعالیت تکتونیکی رخ می‌دهد را مطالعه کرد (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸). آبراهه‌هایی که در رژیم‌های فعال تکتونیکی توسعه پیدا می‌کنند، حوضه‌های آبریز کشیده‌ای دارند و حوضه‌های با فعالیت کمتر کروی شکل هستند (ریمز-هیرا، ۱۹۹۸). در مدل چرخش یال با ادامه کوتاه‌شدگی، شیب یال افزایش پیدا می‌کند ولی تغییری در طول یال ایجاد نمی‌شود. بنابراین آبراهه‌ها همواره بر روی مساحت ثابتی امکان گسترش و حفر بستر را خواهند داشت. آغاز فرسایش از قسمت پایین یال و گسترش تدریجی آن به سمت بالا دست یال سبب به وجود آمدن حوضه‌هایی مستطیلی شکل و کشیده می‌شود. در حالی‌که در طی سازوکار مهاجرت لولا بخش‌های جدید و فرسایش نیافته به طول یال اضافه می‌شود، بنابراین شکل حوضه و میزان فرسایش آن در عرض یال دستخوش تغییر می‌شود در نتیجه میزان کشیدگی حوضه‌ها کاهش یافته و حوضه‌ها مثلثی تا مربعی شکل می‌شوند. برحسب اینکه بخش‌های جدید از کدام سمت به طول یال اضافه شده باشد، حوضه آبریز نیز کمترین مقدار فرسایش را برای آن بخش نشان می‌دهد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین براساس مطالعه شاخص‌های تعیین‌کننده‌ی شکل حوضه می‌توان نحوه تاثیر فعالیت تکتونیکی بر چگونگی توسعه حوضه و شکل آن را بررسی و الگوی رشد چین را تعیین نمود.

برای محاسبه‌ی مقادیر شاخص‌ها، پس از تفکیک منطقه به ۶۲ زیرحوضه و تعیین آبراهه‌های اصلی هر حوضه، پارامترهای مورد استفاده در فرمول شاخص‌ها (جدول ۱) مشخص و در نتیجه امکان محاسبه‌ی شاخص‌ها فراهم گردید.

جدول ۱: شاخص‌های استفاده شده در این پژوهش به منظور تعیین شکل حوضه آبریز

ردیف	شاخص	فرمول	ماخذ
۱	عامل فرم (FF)	$FF = A/Lb^2$	(هورتن، ۱۹۳۲ و ۱۹۴۵؛ بویس و کلارک، ۱۹۶۴)
۲	نسبت کشیدگی (Re)	$Re = 2\sqrt{A} \cdot \pi / Lb$	(انگستروم، ۱۹۸۹؛ اسکام، ۱۹۵۶؛ کریزسکی و همکاران، ۱۹۹۵؛ رمیرز-هیررا، ۱۹۹۸)
۳	ضریب فشردگی (C)	$C = .28 P/\sqrt{A}$	(اسکام، ۱۹۵۶)
۴	منحنی فراسنجی	از نسبت ارتفاع کل حوضه (h/H) به مساحت کل حوضه (a/A) بدست می‌آید.	(کلر و پینتر، ۱۹۹۶؛ استرهلیر، ۱۹۵۲؛ الهمدونی و همکاران، ۲۰۰۸)
۵	انتگرال فراسنجی (Hi)	$Hi = (Hmean - Hmin) / (Hmax - Hmin)$	(بل، ۲۰۰۷؛ هرترز و همکاران، ۱۹۹۹؛ چن و همکاران، ۲۰۰۳؛ استرهلیر، ۱۹۵۲)

پارامترهای استفاده شده در این شاخص‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:

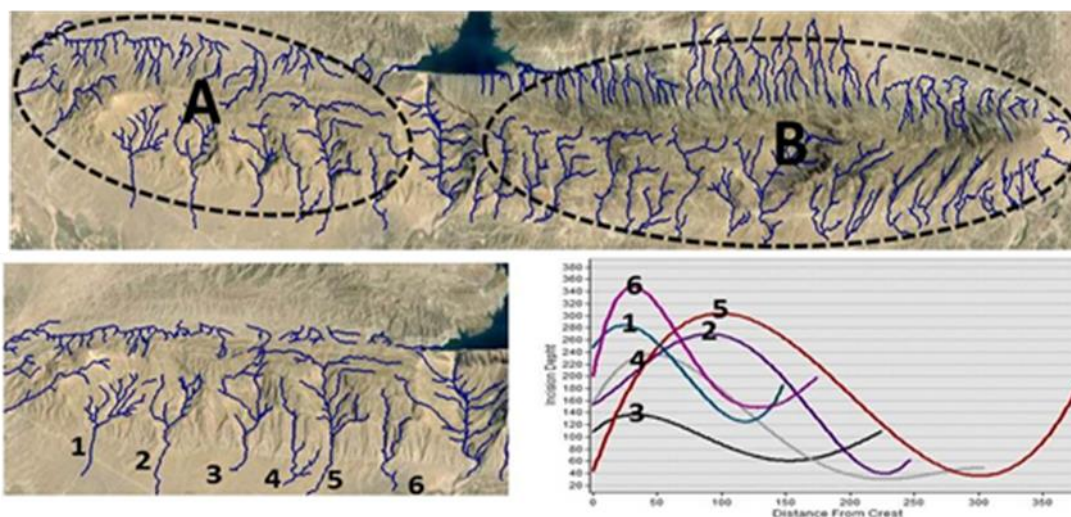
A مساحت حوضه، Lb طول حوضه، P محیط حوضه، h ارتفاع منحنی تراز، H ارتفاع کل برجستگی داخل حوضه، a مساحت بین خطوط منحنی‌های تراز دو سوی حوضه، A مساحت سطح بین دو خط منحنی تراز با اختلاف ارتفاع $Hmean$ ، h ارتفاع میانگین حوضه، $Hmax$ حداکثر ارتفاع حوضه، $Hmin$ حداقل ارتفاع حوضه.

۳- یافته‌ها (نتایج)

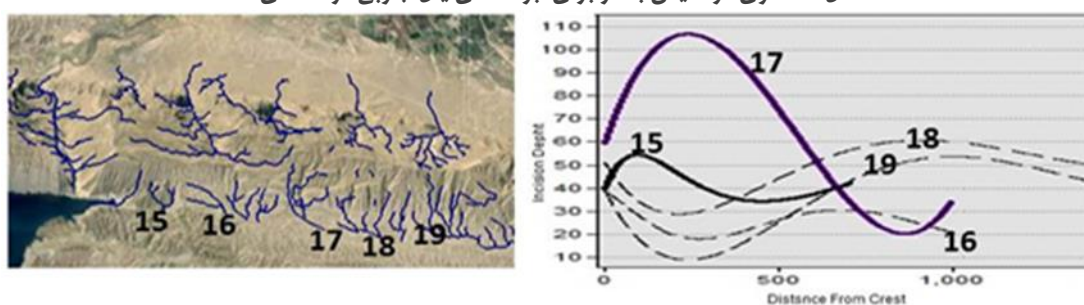
همانطور که توضیح داده شد، برای دستیابی به اهداف پژوهش از دو روش شناخت الگوی فرسایش بستر و محاسبه شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی استفاده گردیده است، که در ادامه نتایج بررسی هر دو روش به طور مجزا نشان داده شده است.

۳-۱- الگوی فرسایش بستر آبراهه

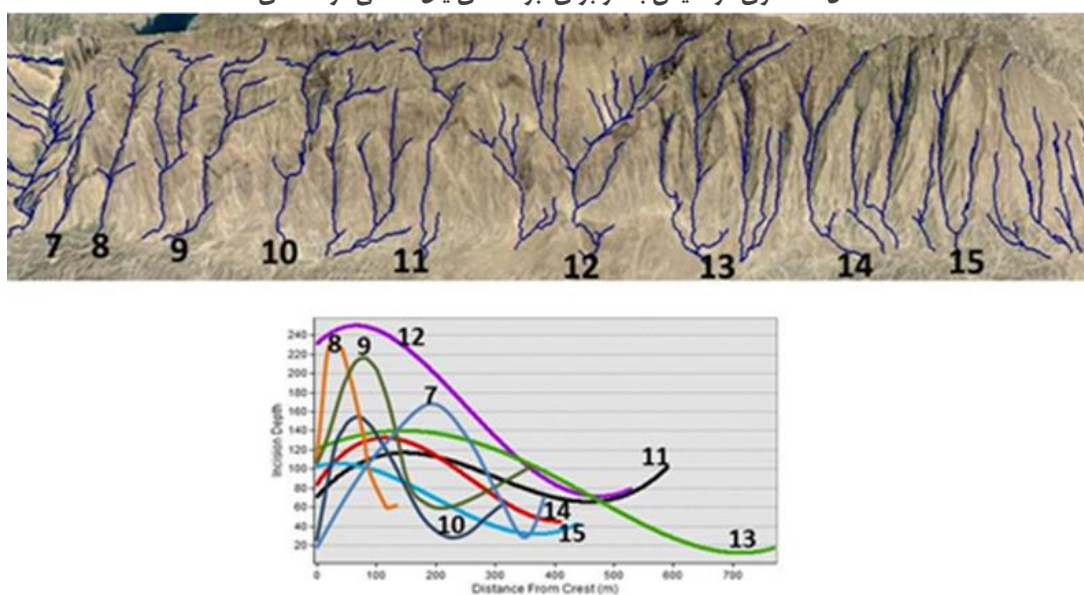
برای بررسی الگوی فرسایش بستر، تاق‌دیس به دو قطعه A و B تقسیم شده و آبراهه‌ها برای یال‌های شمالی و جنوبی در هر دو قطعه استخراج شده و بر روی نمودارهای جداگانه نمایش داده شده است (شکل ۴ تا ۷).



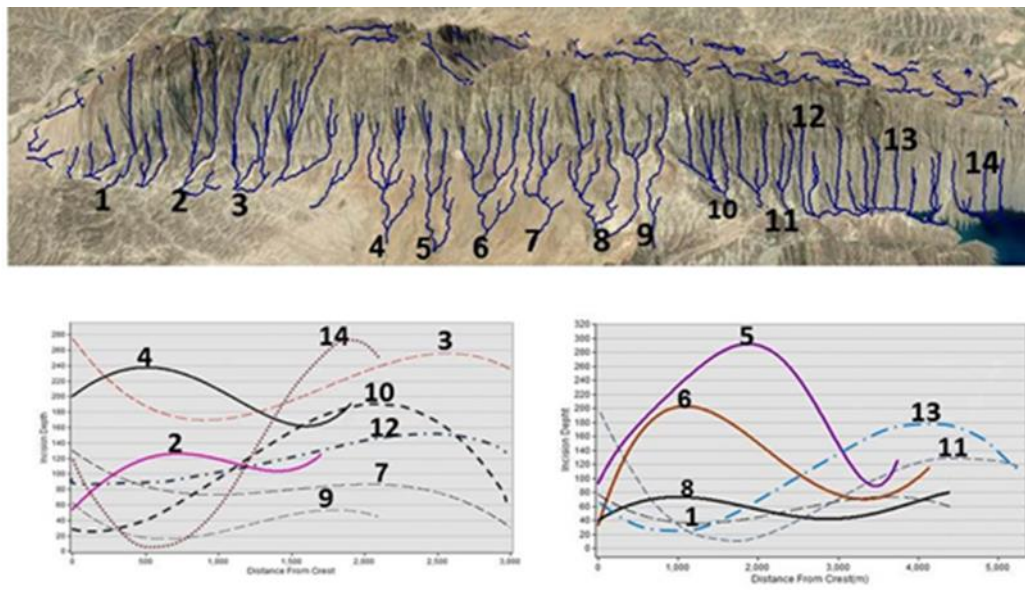
شکل ۴: الگوی فرسایش بستر برای آبراهه‌های یال جنوبی در قطعه‌ی A



شکل ۵: الگوی فرسایش بستر برای آبراهه‌های یال شمالی در قطعه‌ی A



شکل ۶: الگوی فرسایش بستر برای آبراهه‌های یال جنوبی در قطعه‌ی B



شکل ۷: الگوی فرسایش بستر برای آبراهه‌های یال شمالی در قطعه‌ی B

از مقایسه‌ی نمودارهای مربوط به الگوی فرسایش به دست آمده (شکل ۴ تا ۷) با نتایج حاصل از مدل‌سازی رشد چین و الگوی فرسایش بستر توسط گود و بربانک (۲۰۱۱) می‌توان گفت بیشینه‌ی فرسایش در یال جنوبی نزدیک ستیغ قرار دارد. در حالی‌که بیشینه‌ی فرسایش در یال شمالی در برخی از نیم‌رخ‌ها نزدیک به ستیغ و در مواردی هم دور از ستیغ است.

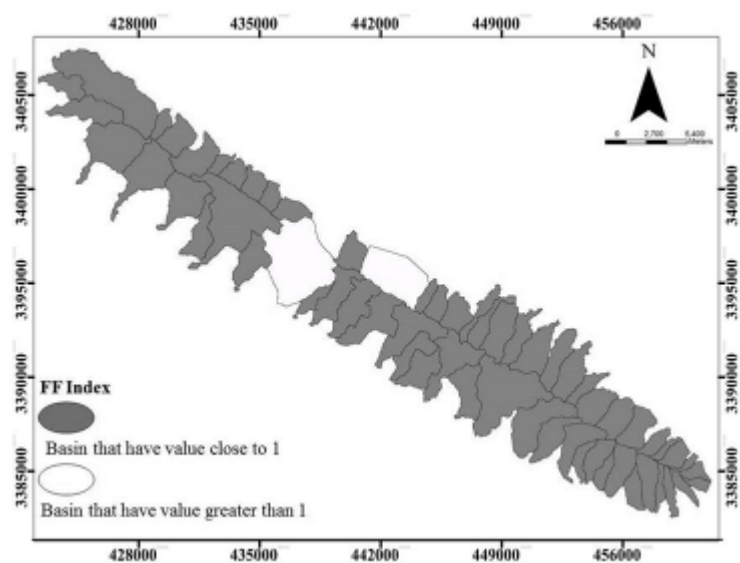
۳-۲- شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی

ضریب فرم (FF): در شکل ۸ زیرحوضه‌های تاکدیس خویز بر مبنای مقادیر شاخص FF نزدیک به یک و بیشتر از یک نمایش داده شده‌اند. هر چه که مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد زیرحوضه‌ها کروی‌تر بوده و هر چه از یک بالاتر برود زیرحوضه‌ها کشیده‌تر می‌شوند.

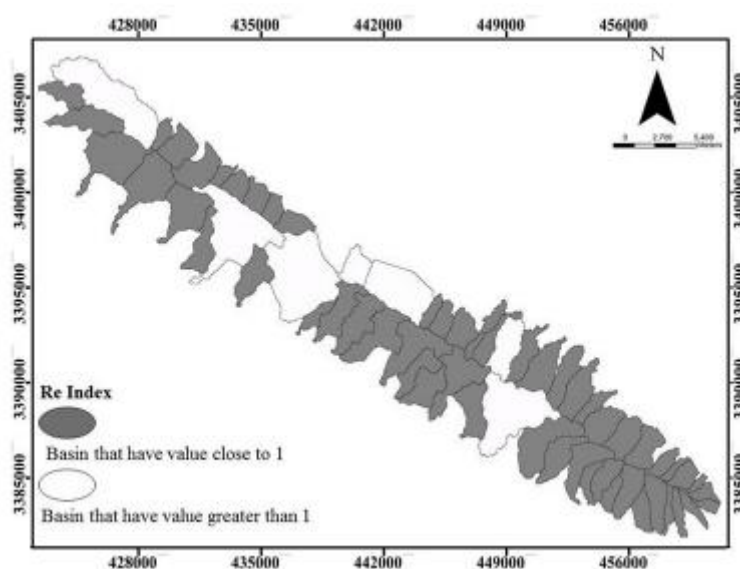
شاخص نسبت کشیدگی (Re): مقادیر شاخص Re در زیرحوضه‌های تاکدیس خویز در شکل ۹ نشان داده شده است. هر چه که مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد زیرحوضه‌ها کروی‌تر بوده و هر چه از یک بالاتر برود زیرحوضه‌ها کشیده‌تر می‌شوند.

ضریب فشردگی (C): در شکل ۱۰ زیرحوضه‌های تاکدیس خویز بر اساس مقادیر شاخص C نشان داده شده است. هر چه که مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد زیرحوضه‌ها کروی‌تر بوده و هر چه از یک بالاتر برود زیرحوضه‌ها کشیده‌تر می‌شوند. منحنی فرازسنجی: زیرحوضه‌های تاکدیس بر اساس نوع منحنی فرازسنجی در قالب سه رنگ نمایش داده شده‌اند (شکل ۱۱). همانطور که در شکل مشخص است اکثر حوضه‌ها دارای منحنی محدب یا متوسط هستند.

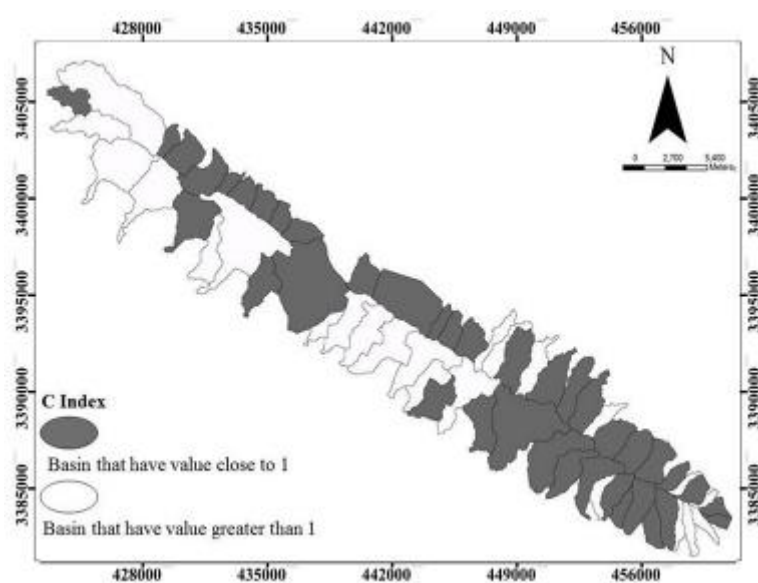
شاخص انتگرال فرازسنجی (Hi): در شکل ۱۲ زیرحوضه‌های تاکدیس خویز بر اساس مقادیر شاخص Hi نشان داده شده است. اکثر زیرحوضه‌های موجود مقداری بیش از ۰/۴ دارند و با رنگ سفید نشان داده شده‌اند، که بنابر تقسیم‌بندی الهمدونی و همکاران (۲۰۰۸) این مقادیر بر فعال و نیمه فعال بودن حوضه دارد. این شواهد علاوه بر این، نشان‌دهنده جوان و بلوغ‌یافته بودن زیرحوضه‌ها نیز می‌باشند.



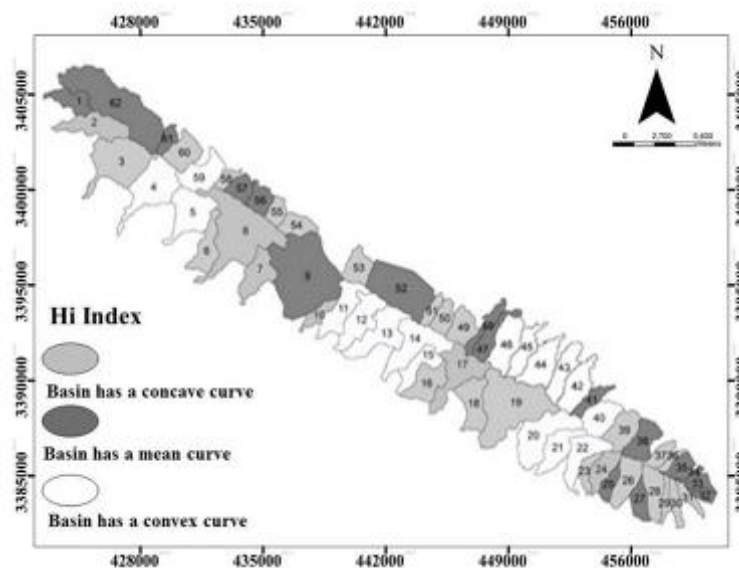
شکل ۸: مقادیر شاخص FF در زیرحوضه‌های موجود بر روی یال‌های تقادیس خویز



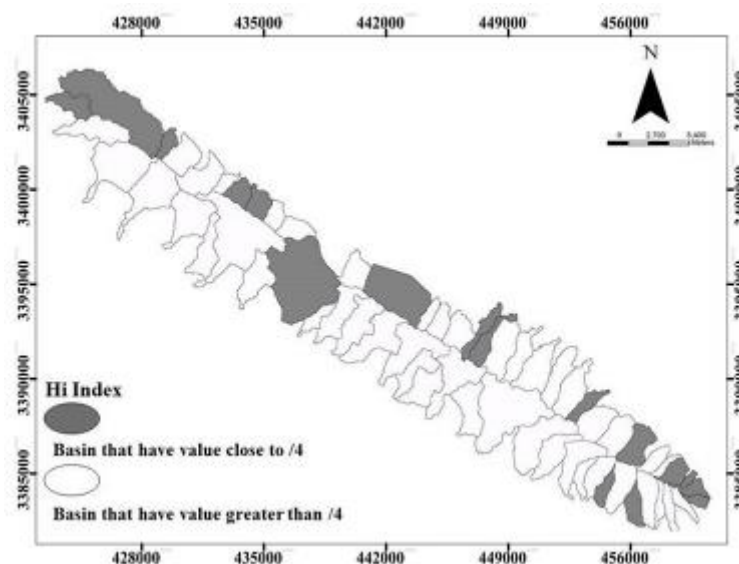
شکل ۹: مقادیر شاخص Re در زیرحوضه‌های موجود بر روی یال‌های تقادیس خویز



شکل ۱۰: مقادیر شاخص C در زیرحوضه‌های موجود بر روی یال‌های تاقدیس خویز



شکل ۱۱: انواع منحنی فرازسنجی در زیرحوضه‌های موجود بر روی یال‌های تاقدیس خویز



شکل ۱۲: مقادیر شاخص Hi در زیرحوضه‌های موجود بر روی یال‌های تاقدیس خویز

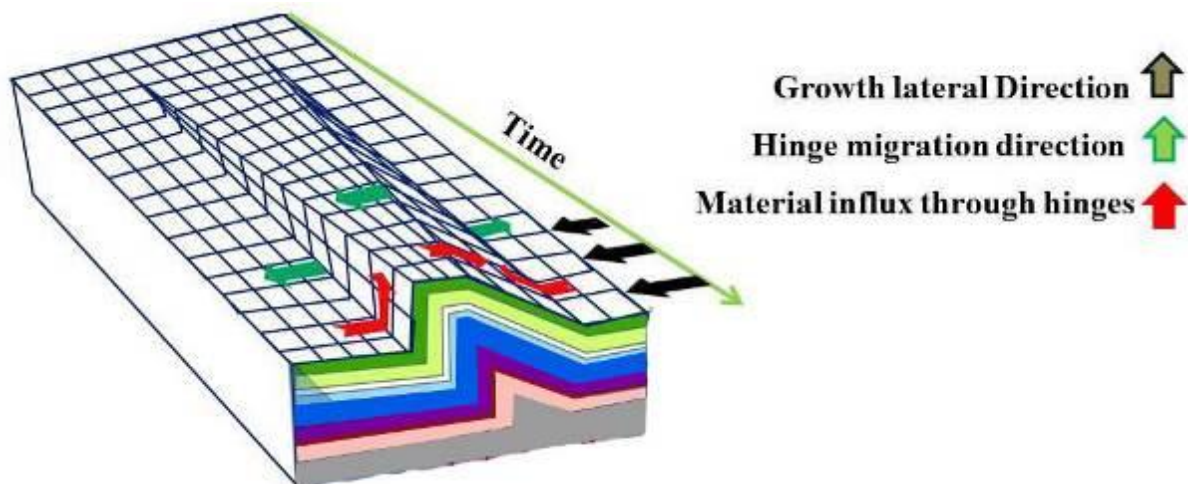
۴- بحث و نتیجه‌گیری

با مقایسه نتایج حاصل از بررسی الگوی فرسایش بستر آبراهه‌ها در یال‌های تاقدیس خویز با مدل‌های ارائه شده توسط گود و بربانک (۲۰۱۱) به نظر می‌رسد که رشد پیش‌یال تاقدیس از الگوی رشد مهاجرت لولا از پایین و رشد پس‌یال از الگوی رشد مهاجرت توام لولا از بالا و پایین تبعیت می‌کند. برطبق مطالعات ساپ و مدودف (۱۹۹۰) در صورتی که رشد پیش‌یال یک تاقدیس الگوی رشد مهاجرت لولا از پایین و رشد پس‌یال آن الگوی رشد مهاجرت توام لولا از بالا و پایین را نشان دهد، ساز و کار چین‌خوردگی از نوع انتشار گسلی خواهد بود.

براساس مطالعات هورتن (۱۹۳۲) در حوضه‌هایی که به شکل مربع یا مشابه آن باشند شاخص FF برابر با یک می‌باشد و هر چه مقدار آن کمتر باشد نشان‌دهنده‌ی کشیدگی شکل حوضه است. بنابراین حوضه‌های دارای $FF \leq 1$ در طی ساز و کار مهاجرت لولا شکل گرفته و حوضه‌های دارای $FF < 1$ ساز و کار چرخش یال‌ها را تجربه کرده‌اند. طبق نتایج بدست آمده در

این پژوهش اکثر زیرحوضه‌های تاقدیس خویز، کروی شکل هستند. در نتیجه کروی بودن اکثر زیرحوضه‌ها بر الگوی رشد مهاجرت لولا دلالت دارد. براساس مطالعات پنک (۲۰۰۴) حوضه‌های با مقدار $Re < 7/5$ دارای فعالیت تکتونیکی کم و متوسط‌اند و به عنوان حوضه‌های کروی در نظر گرفته می‌شوند و نشان‌دهنده ی الگوی رشد مهاجرت لولا هستند. زیرحوضه‌های با مقادیر $Re > 7/5$ شاهی بر فعالیت تکتونیکی بالا و کشیده بودن حوضه‌ها می‌باشند و در نتیجه الگوی رشد چرخش یال‌ها را نشان می‌دهند. همانطور که مشخص است اکثر زیرحوضه‌های هر دو یال تاقدیس خویز مقادیر عددی نزدیک به یک دارند و کروی بودن زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهند که این موضوع بر الگوی رشد مهاجرت لولا برای هر دو یال چین دلالت می‌کند. همچنین براساس مطالعات گراولیس (۱۹۱۴) حوضه‌های دارای مقدار $C \leq 1$ حوضه‌های دایره‌ای هستند و با افزایش مقدار این شاخص، زیرحوضه‌ها از حالت دایره‌ای به کشیده تبدیل می‌شوند. بنابراین حوضه‌های با $C \leq 1$ نشان‌دهنده الگوی رشد مهاجرت لولا و حوضه‌های بیشتر از یک نشان‌دهنده الگوی رشد چرخش یال‌ها هستند. همانطور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود اکثر زیرحوضه‌های یال شمالی و جنوبی دارای مقادیر C یک یا نزدیک به یک هستند و تعداد کمی از زیرحوضه‌ها مقدار بالاتر از یک را نشان می‌دهد. بنابراین در هر دو یال تمرکزهای متفاوت و متناوبی از زیرحوضه‌های کشیده و کروی شکل به چشم می‌خورد. این موضوع عمدتاً بر کروی بودن حوضه‌ها و الگوی رشد مهاجرت لولا دلالت دارد.

بنابر بر تقسیم‌بندی الهمدونی و همکاران (۲۰۰۸) حوضه‌های دارای مقدار Hi بیش از $4/$ فعال، نیمه فعال و جوان می‌باشند. جوان بودن حوضه نشان‌دهنده الگوی رشد مهاجرت لولا در تکامل چین‌خوردگی است زیرحوضه‌های با مقادیر Hi کمتر از $4/$ ، پیر بوده و بر الگوی چرخش یال‌ها دلالت می‌کنند. همانطور که مشخص است بیشتر حوضه‌های یال جنوبی تاقدیس خویز جوان هستند. در یال شمالی هم تمرکزهای حوضه‌های جوان و مسن‌تر به طور متناوب دیده می‌شود. این موضوع بر الگوی رشد مهاجرت لولا در طی تکامل چین‌خوردگی دلالت دارد. همچنین وجود منحنی محدب و متوسط که نشان‌دهنده ی فعال و نیمه فعال و جوان بودن حوضه هاست بر الگوی رشد مهاجرت لولا در تکامل چین دلالت دارد. منحنی مقعر الگوی رشد چرخش یال‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش اکثر زیرحوضه‌ها دارای منحنی محدب یا متوسط هستند. پس اکثر حوضه‌ها جوان و بلوغ یافته‌اند، که این نوع انحنای به دلیل بالاآمدگی ناشی از اضافه شدن بخش‌های جدید به طول یال شکل می‌گیرد و بر وجود الگوی رشد مهاجرت لولا دلالت دارد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های شکل حوضه نشان می‌دهد که اکثر زیرحوضه‌های هر دو یال تاقدیس خویز کروی، جوان و دارای منحنی فرازسنجی محدب هستند که این موضوع بر الگوی رشد مهاجرت لولا در طی رشد عرضی چین دلالت دارد. این پیش‌بینی با نتایج حاصل از بررسی الگوی فرسایش بستر مطابقت دارد. بنابراین پیش‌یال این تاقدیس ساز و کار مهاجرت لولا از پایین و پس‌یال آن مهاجرت توام لولا از بالا و پایین را نشان می‌دهد. نوع رشد عرضی هر دو یال در شکل ۱۳ نشان داده شده است. بنابراین براساس پژوهش پیش‌روی و با توجه به مطالعات ساپ و مدودف (۱۹۹۰) نوع ساز و کار چین‌خوردگی در تاقدیس خویز، انتشار گسلی در نظر گرفته می‌شود. سازوکار معرفی شده برای رشد تاقدیس خویز بر اساس نتایج این پژوهش با نتایج محققین دیگر از جمله پورتقوی و همکاران (۱۳۷۱) و موسوی و همکاران (۱۳۸۹) که بر اساس روش‌های متفاوتی با روش این پژوهش صورت گرفته است مطابقت دارد.



شکل ۱۳: الگوی رشد و سازوکار چین خوردگی در تاقدیس خويز

فهرست منابع

۱. احمدی، آ.، جبّاری، ا. ۱۳۸۵. بررسی تحول ریخت‌شناسی نیم‌رخ طولی حوزه گاما سیاب، کنفرانس بررسی منابع آب استان کرمانشاه.
۲. پور تقوی، ا. ۱۳۷۱. بررسی زمین‌ساخت و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه‌ی شمال بهبهان تاقدیس خويز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
۳. پورکرمانی، م.، سلگی، ع. ۱۳۸۸. مورفوتکتونیک. دانشگاه آزاد اسلامی، ص ۵۴-۶۸.
۴. رجایی، ع. ۱۳۷۶. ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی عمران ناحیه‌ای تهران، نشر قومس.
۵. رنگزن، ک. ۱۳۸۱. تأثیر مهاجرت رودخانه‌ها بر ساختمان‌های شهری در دشت خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.
۶. سیما فر، ش. ۱۳۸۴. هیدرولوژی مهندسی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تبریز.
۷. شرفی، س. ۱۳۸۸. بررسی نقش عوامل هیدرودینامیک در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان، پایان‌نامه کارشناس ارشد دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.
۸. مقصودی، م.، کامرانی دلیر، ح. ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها: مطالعه موردی: رودخانه تجن، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی سابق) سال چهارم، شماره ۶۶.
۹. مقصودی، م.، شرفی، س.، مقامی، ی. ۱۳۸۹. روند تغییرات الگوی مورفولوژیک رودخانه خرم آباد با استفاده از RS، Auto Cad و GIS. مدرس علوم انسانی، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۳.
۱۰. موسوی، ا. ۱۳۸۹. تحلیل ساختاری تاقدیس‌های خويز و منصورآباد در شمال‌شرق بهبهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود، ۸۱-۱۰.
۱۱. نوحه گر، ا.، حسین زاده، م. م.، افشار، ط. ۱۳۸۹. تغییرات ژئومورفولوژیک نیم‌رخ طولی و عرضی علیای رودخانه میناب (از سد تا پل میناب)، جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال هشت، شماره ۲۴.

۱۲. نوروزی، س.، حسینی، ه.، جعفری، غ.، سلطانی، ش. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه و محاسبه میزان اراضی احیا شده در اثر ساخت سازه‌های مهندسی رودخانه، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
۱۳. یمانی، م.، شرفی، ش. ۱۳۹۱. پارامترهای هندسی و نقش آنها در تغییرات زمانی - مکانی بستر رودخانه هررود در استان لرستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶.

14. Ahmadi, R., Ouali, J., Mercier, E., Mansy, J. L., Lanoë, B. V. V., Launeau, P., Rafini, S. 2006. The geomorphologic responses to hinge migration in the fault-related folds in the Southern Tunisian Atlas. *Journal of Structural Geology*, 28(4), 721-728.
15. Boyce, R. R., Clark, W. A. 1964. The concept of shape in geography. *Geographical Review*, 54(4), 561-572.
16. Bull, W.B., 2007. *Tectonic Geomorphology Of Mountains: A New Approach To Paleoseismology*. Blackwell Publishing. 316p.
17. Chen, Y. C., Sung, Q., Cheng, K. Y. 2003. Along-strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis. *Geomorphology*, 56(1), 109-137.
18. De Sitter, L. U. 1956. *Structural Geology*. 552 pp. 309 ff.
19. Delcaillau, B., Carozza, J. M., Laville, E. 2006. Recent fold growth and drainage development: the Janauri and Chandigarh anticlines in the Siwalik foothills, northwest India. *Geomorphology*, 76(3), 241-256.
20. Demoulin, A. 2011. Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift. *Geomorphology*, 126(1), 97-107.
21. El 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.
22. Engstrom, W. N. 1989. Morphometric analysis of mountain drainage basins in the Basin and Range Province, USA. *Zeitschrift für Geomorphologie NF*, 33(4), 443-453.
23. Epard, J.L., Groshong, R.H. 1993. Excess Area And Depth To Detachment, American Association. *Journal of Petroleum Geologist Bulletin*. 77(8), 1291-1302.
24. Goode, J.K. Burbank, D.W. 2011. Kinematic Implications Of Consequent Channels On Growing Folds. *Journal Of Geophysical Research: Solid Earth*, 116(B4) 24-38.
25. Gravelius, H. 1914. *Flusskunde*. Goschensche Verlagshandlung, Berlin.
26. Guarnieri, P., Pirrotta, C. 2008. The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95(3), 260-273.
27. Hardy, S., Poblet, J. 1994. Geometrical And Numerical Model Of Progressive Limb Rotation In Detachment Folds. *Geology*, 22(4), 371-374.
28. Harmar, O. P., Clifford, N. J. 2007. Geomorphological explanation of the long profile of the Lower Mississippi River. *Geomorphology*, 84(3), 222-240.
29. Homza, T.X., Wallace, W.K. 1997. Detachment Folds With Fixed Hinges and Variable Detachment Depth, Northeastern Brooks Range, Alaska. *Journal of Structural Geology* 19 (3), 337-354.
30. Horton, R.E. 1932. Drainage- Basin Characteristics. *Transactions. American Geophysical Union* 13(1), 350-361.
31. Horton, R.E. 1945. Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. *Geological Society Of America Bulletin*, 56(3), 275-370.

32. Howard, A. D., Kerby, G. 1983. Channel changes in badlands. Geological Society of America Bulletin, 94(6), 739-752.
33. Hurtrez, J. E., Lucazeau, F., Lavé, J., Avouac, J. P. 1999. Investigation of the relationships between basin morphology, tectonic uplift, and denudation from the study of an active fold belt in the Siwalik Hills, central Nepal. Journal of Geophysical Research B, 104(B6), 12779-12796.
34. Jamison, W. R. 1987. Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. Journal of Structural Geology, 9(2), 207-219.
35. Keller, E.A. Pinter, N. 1996. Active Tectonic: Earthquakes 'Uplift' And Landscape .Prentichall :New Jersey.
36. Krzyszkowski, D., Migoń, P., Sroka, W. 1995. Neotectonic Quaternary History of the Sudetic Marginal Fault, SW Poland. Folia Quaternaria, 66, 73-98.
37. Larue, J. P. 2008. Effects of tectonics and lithology on long profiles of 16 rivers of the southern Central Massif border between the Aude and the Orb (France). Geomorphology, 93(3), 343-367.
38. Mitra, S. 2003. A unified kinematic model for the evolution of detachment folds. Journal of Structural Geology, 25(10), 1659-1673.
39. Mitra, S., Namson, J. S. 1989. Equal-area balancing. American Journal of Science, 289(5), 563-599.
40. Ohmori, H. 1996. Morphological Characteristics of longitudinal profiles of rivers in South Island, New Zealand. Bulletin of the Department of Geography, 28, 1-23.
41. Ohmori, H. 1997. Geomorphological characteristics of longitudinal profiles rivers in the, Japan and Taiwan and new zealand, Transactions, Japanese Geomorphological Union, 19(2), 107-110.
42. Oskin, M. E., Burbank, D. 2007. Transient landscape evolution of basement- cored uplifts: Example of the Kyrgyz Range, Tian Shan. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 112(F3).
43. Panek, T. O. M. A. E. 2004. The use of morphometric parameters in tectonic geomorphology (on the example of the Western Beskydy Mts). Geographica, 1, 111-126.
44. Parker, C., Simon, A., Thorne, C. R. 2008. The effects of variability in bank material properties on riverbank stability: Goodwin Creek, Mississippi. Geomorphology, 101(4), 533-543.
45. Poblet, J., McClay, K. 1996. Geometry and Kinematics Of Single- Layer Detachment Folds. American Association Of Petroleum Geologists Bulletin 80(7), 1085-1109.
46. Radoane, M., Rădoane, N., Dumitriu, D. 2003. Geomorphological evolution of longitudinal river profiles in the Carpathians. Geomorphology, 50(4), 293-306.
47. Ramirez-Herrera, M. T. 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. Earth surface processes and landforms, 23(4), 317-332.
48. Schumm, S. A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological society of America bulletin, 67(5), 597-646.
49. Strahler, A. N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117-1142.
50. Suppe, J., Medwedeff, D. A. 1990. Geometry and kinematics of fault-propagation folding. Eclogae Geologicae Helvetiae, 83(3), 409-454.
51. Tebbens, L. A., Veldkamp, A., Van Dijke, J. J., Schoorl, J. M. 2000. Modeling longitudinal-profile development in response to Late Quaternary tectonics, climate and sea-level changes: the River Meuse. Global and Planetary Change, 27(1), 165-186.
52. Thorne, C. R. 2002. Geomorphic analysis of large alluvial rivers. Geomorphology, 44(3), 203-219.



Environmental Erosion Research

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



Investigation of forward growth pattern of folding using study of erosional processes and geomorphological and hydrogeological indices (Case study: Khaviz oilfield)

Faghih, A.^{1*}, Yazdanmehr, Z², Seraj, M.³

¹. Department of Earth Sciences, College of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Article History:
Received:
March 05, 2016
Revised:
May 04, 2016
Accepted:
May 24, 2016

Keywords:
Geomorphology
Fold-thrust belt
Fold growth
Erosion

Abstract

Recognition of growth pattern and folding mechanism in the hydrocarbon resources-bearing fold-thrust belts is important in exploration and development planning programs of oilfields. As the processes of tectonics, erosion, and geomorphology impact on each other, therefore, the investigation of a process can give us information about the other process. In this research, the tectonic process of forward growth of an anticline was investigated based on the erosional pattern of the streams on the fold limb and geomorphological and hydrological indices in the Khaviz oilfield which is located in the Dezful Embayment as a subzone of folded Zagros. The results of investigation of the erosion pattern of the streams and the indices showed that the fold growth pattern in this oilfield in the south limb is limb lengthening through the toe and in the north limb is lengthening through the crest and toe, respectively.

* Corresponding Author Email: afaghih@shirazu.ac.ir