

تأثیرات نوزمینساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران

ابوالقاسم گورابی* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
کامیار امامی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۵/۱۶

چکیده

فرورانش صفحه عمان به زیر پوسته ایران موجب پیدایش کمربند برافزایشی زمین‌ساختی فعال مکران شده است. الگوی تغییرات مکانی-فضایی زمین‌ساختی مکران را می‌توان؛ با بررسی لندفرم‌های این ناحیه و از جمله اندازه‌گیری شاخص‌های ژئومورفیک مشخص کرد. در این پژوهش با محاسبه کمیت‌های مورفوتکتونیک حوضه‌ها (شکل، طول، تقارن و عدم تقارن و ... حوضه؛ تراکم و نسبت انشعاب و ... شبکه زهکشی؛ نسبت مساحت و طول رده آبراهه‌ها) در حوضه‌های زهکشی جگین، سدیح، کهپیر و باهوکلالت، الگوی رفتاری حوضه‌ها به نیروهای نوزمینساختی مشخص شده‌اند. استخراج شاخص‌ها و مقایسه کمی مکانی آن‌ها با استفاده از داده‌های توپوگرافی (مدل‌های رقومی ارتفاعی) و نقشه‌های زمین‌شناسی در قالب مدل‌های موجود در نرم‌افزارها صورت گرفته است. علاوه بر شاخص‌های متداول عدم تقارن آبراهه (AF)، ناهنجاری (Δa) و تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (Ga)، تقارن توپوگرافی عرضی (T)، پیچناکی رودخانه (S)، شکل حوضه (BS) از شاخص‌های سطحی نسبت مساحت رده و طول آبراهه‌ها نیز جهت ارزیابی کنش-واکنش زمین‌ساخت-فرم حوضه‌ها استفاده شده‌اند. نتایج کمی حاصل نشان می‌دهند که: حوضه جگین بر اساس میزان ناهنجاری در تقارن و شکل حوضه؛ حوضه باهوکلالت بر اساس ناهنجاری‌های سلسله مراتبی (Δa) و تراکم سلسله مراتبی، و توپوگرافی عرضی؛ و حوضه کهپیر بر اساس پیچناکی دارای بیشترین فعالیت تکتونیک هستند. دلیل ناهنجاری شاخص‌ها در حوضه‌ها را می‌توان ناشی از عملکرد تکتونیک فعال بر منطقه دانست. با تأثیر پذیرفتن پارامترهای زمین‌شناسی و ایجاد آنومالی‌های تکتونیک، جنس زمین تغییر یافته و فرسایش در حوضه‌ها دگرگون خواهد شد. اما بر اساس شاخص نسبت مساحت رده‌ها و طول آبراهه‌ها حوضه باهوکلالت بیشترین فعالیت زمین‌ساختی را دارد. بنابر نسبت مساحت رده آبراهه‌ها، طول آبراهه‌ها و شاخص تقارن توپوگرافی میزان تغییر شکل زمین‌ساختی کمربند برافزایشی مکران از غرب به شرق افزایش می‌یابد. این در صورتی است که، شاخص عدم تقارن آبراهه روندی کاهشی داشته و سایر شاخص‌ها در جهت غربی-شرقی الگوی خاصی را نداشته و بسته به حوضه موردنظر متفاوت هستند.

واژگان کلیدی: مورفوتکتونیک، مساحت رده آبراهه، سواحل مکران، جگین، باهوکلالت.

مقدمه

رقابت بی‌پایان میان فرایندهای زمین‌ساختی مولد ناهمواری‌ها و فرایندهای فرسایشی، هسته اصلی تکتونیک ژئومورفولوژی است (بوربانک^۱ و اندرسن^۲، ۲۰۱۲). سرزمین ایران به‌عنوان بخشی از زون فعال زمین‌ساختی آلپ - هیمالیا در طول زمان تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی زیادی قرار گرفته است که پیدایش رشته‌کوه‌های زاگرس - مکران و البرز - کپه داغ در فلات ایران در اثر زیر راندگی صفحات عربستان - اقیانوس هند و ترکمنستان از لندفرم‌های منتج از این همگرایی است. ارزیابی و بررسی فرایندهای تکتونیکی فعال و شناخت الگو و پراکنش مکانی - فضایی در مقیاس ملی، ناحیه‌ای و منطقه‌ای در ایران جهت مدیریت مخاطرات ناشی از آن‌ها مثل زلزله‌ها و لغزش‌های بزرگ و... برای بسیاری از فعالیت‌های انسانی همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاه‌ها، بندرها و اسکله‌ها، فرودگاه‌ها، تأسیسات نظامی - امنیتی، سدها و مراکز صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار است.

رابطه بین فرم و فرایند در ژئومورفولوژی از اهمیت زیادی برخوردار است. با تغییر فرایند فرم‌ها تغییر کرده و فرایندهای جدیدی در قالب فرم‌های جدید به وجود خواهند آمد. فرایندهای تکتونیکی در گذر زمان چین‌ها، گسل‌ها و درزه‌ها را به وجود می‌آورند. حوضه‌های آبریز و اشکال شبکه زهکشی نیز از فرم‌های منتج از فرایندهای بیرونی و درونی هستند. شناسایی فرم‌ها و تغییرات آن‌ها در ژئومورفولوژی کمک زیادی در شناسایی نوع فرایندها و تغییرات آن‌ها خواهد کرد که در این راستا دانش ژئومورفومتری و مورفومتری نقش خود را ایفا می‌کنند. امروزه با ظهور مدل‌های رقومی ارتفاعی با رزولوشن متنوع و ارائه نرم‌افزارهای مختلف، دانش ژئومورفومتری و مورفومتری نقش وافر و در بررسی‌های نوزمینساختی دارند (گورابی، ۱۳۹۵). پژوهشگران زیادی، با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی در قالب نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و WMS، با محاسبه شاخص‌های مورفولوژیک [شاخص عدم تقارن آبراهه (Af)، شاخص شکل حوضه (Bs)، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) و غیره] به تجزیه و تحلیل کنش و واکنش فرم - فرایند پرداخته‌اند (همدونی^۳ و همکاران: ۲۰۰۸، کالر^۴ و پینتر^۵: ۱۹۹۶، کوکس: ۱۹۹۴، بهرامی و همکاران: ۱۳۹۲). جیمیسون^۶ و همکاران (۲۰۰۴، ۵۶) تأثیر عوامل تکتونیکی بر نسبت انشعابات، تراکم زهکشی، انتگرال هیپسومتریک شبکه‌های رودخانه‌ای در هیمالیا در شمال هند را مورد مطالعه قرار دادند. چنگ باری یانگ^۷ و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه تأثیر دگرشکلی فعال، به کمک تحلیل الگوی زهکشی و درجات حرکات عمودی در جلگه ساحلی تایوان پرداختند. گارنیری^۸ و پیروتا^۹ (۲۰۰۸، ۲۶۷) از شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی، شاخص انشعابات، برای بررسی تأثیر تکتونیک در چهار حوضه زهکشی در شمال شرق سیسیل ایتالیا استفاده کردند. در تحقیق دیگری در ایران که توسط بهرامی و شایان (۱۳۹۲) با عنوان بررسی تأثیر تکتونیک بر ویژگی‌های مورفومتریک شبکه زهکشی و ایجاد سطوح مثلثی شکل بر طاق‌دیس دنه خشک پرداختند (بهرامی و شایان: ۱۳۹۲). گورابی و کیارستمی با ارزیابی زمین‌ساخت حوضه‌های آبریز با استفاده از اختصاصات ژئومورفولوژیک در قالب الگوی TecDEM حوضه آبریز رودک در شمال شرق تهران را مورد بررسی قرار دادند (گورابی، کیارستمی: ۱۳۹۴).

فرورانش صفحه اقیانوسی هند به زیر ایران، کمربند برفزایشی مکران را به وجود آورد است (آقانباتی، ۱۳۸۸، ۴۵). این واحد زمین‌ساختی از نظر ژئومورفیک، یک واحد مورفوتکتونیک محسوب می‌گردد (علایی طالقانی، ۱۳۹۴). بررسی تکامل زمین‌ساختی سواحل مکران طی کوتاه‌ترن بیانگر تأثیر توپوگرافی اولیه، فعالیت‌های تکتونیکی و نوسانات تراز دریا در شکل‌گیری و تکامل لندفرم‌های سواحل مکران

1 - Burbank

2 - Anderson

3 - Hamduni

4 - Kler

5 - Pinter

6 - Jamieson

7 - Cheng Barry Yang

8 - Guarnieri

9 - Pirrotta

است (معتد و غریب رضا: ۱۳۸۷). تراس‌های دریایی در سواحل مکران ارتفاع یکسانی نداشته و ارتفاع آن‌ها از غرب به شرق افزایش می‌یابند (ویتافیزی^۱، ۱۹۷۹:۳۵). وجود گل‌فشان‌های فعال نشانه‌ای از فعالیت‌های زمین‌ساختی فعال این ناحیه است (شکل ۱). بررسی‌های لرزه‌خیزی سواحل عمان و ارتباط آن با گسل‌های منطقه، بیانگر فعالیت لرزه‌ای بالاتر بخش شرقی در مقایسه با بخش غربی (گسل میناب واقع در غرب) مکران است (بزی و همکاران: ۱۳۹۱) (شکل ۱). بررسی‌های هیدروژئومورفولوژی و پایداری شبکه‌های زهکشی گسترده جلگه سواحل عمان و حوضه‌های واقع بر کمربند برافزایشی مکران بیانگر تغییرات قابل توجه آن‌هاست. به‌طوری‌که رودخانه جگین در مقایسه با سایر رودخانه‌های غرب خود از دامنه ناپایداری‌ها بیشتری برخوردار است (یمانی، ۱۳۷۷). در این راستا، بررسی نوزمین‌ساخت منطقه و به عبارتی شناخت الگو و تأثیر تکنونیک بر لندفرم‌های موجود در منطقه یکی از اولویت‌هایی است که باید در راستای کارهای توسعه‌ای و عمرانی مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق در همین راستا با ارزیابی فعالیت تکنونیک در چهار حوضه جگین، سدیج، کهپر و باهوکلالت که به ترتیب از غرب به شرق با فاصله تقریبی ۱۵۰ کیلومتری از همدیگر واقع‌اند، سعی دارد با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و به‌ویژه شاخص نسبت مساحت رده‌ها و طول آبراهه‌ها، تأثیرات نوزمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیکی حوضه‌های زهکشی سواحل مکران را شناسایی و کارایی آن در رابیانماید.

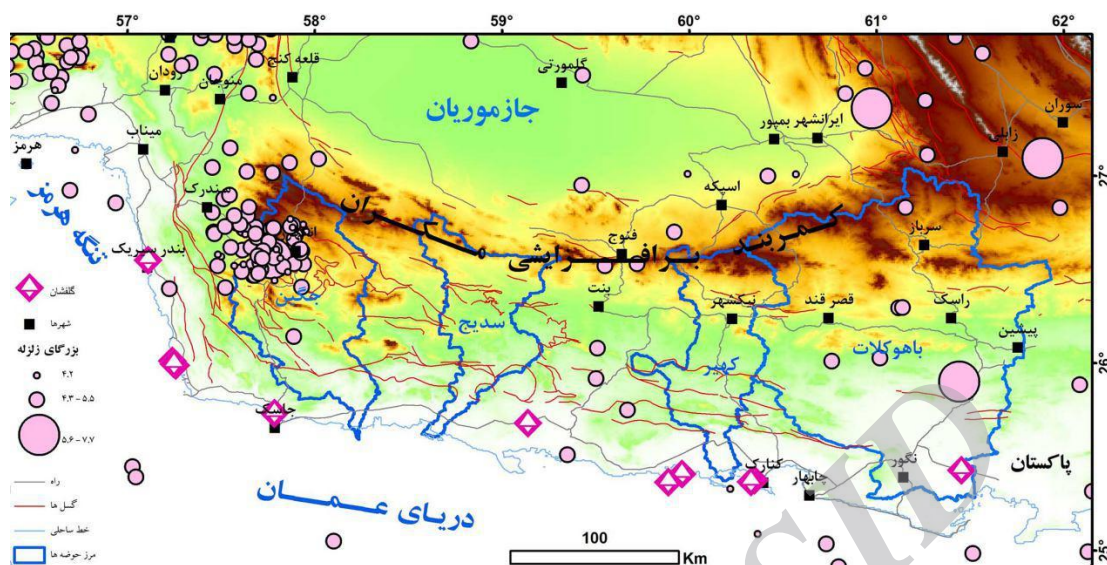
مواد و روش

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران، شامل چهار حوضه آبریز جگین، سدیج، کهپر و باهوکلالت، حدفاصل سواحل دریای عمان تا خط‌الرأس واحد مورفوتکنونیک^۲ مکران را در برمی‌گیرد (شکل ۱). با توجه به گستردگی منطقه و حجم محاسبات لازم، از بین حوضه‌های که به دریایی عمان می‌ریزند، چهار حوضه فوق که از لحاظ وسعت، تقریباً بخش اعظمی از منطقه را پوشش می‌دهند، برای رسیدن به اهداف تحقیق انتخاب شده‌اند. طول خط ساحلی در محدوده مورد بررسی حدود ۶۳۷ کیلومتر و مساحت حوضه‌های مورد مطالعه حدود ۳۵۱۹۸ کیلومترمربع است (شکل ۱ و

جدول ۱).

1- Vita-Finzi

^۲ بر اساس معیار فضای، هر واحد ژئومورفیک ایران، بزرگ‌ترین سطحی در نظر گرفته می‌شود که اشکال موجود در آن از همگونی و تجانس نسبی برخوردار بوده و با فضایی مجاور خود قابل تفکیک باشد. عبارتی، ناحیه یا منطقه بزرگی که با شرایط ساختمان زمین شناسی نسبتاً یکنواخت و حاکمیت سیستم‌های شکل‌زایی تقریباً یکسان، تاریخ تحول ژئومورفولوژی تقریباً مشابهی را پشت سر گذاشته است یک واحد ژئومورفیک محسوب می‌گردد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه


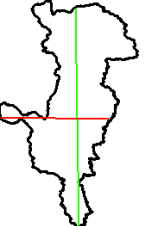
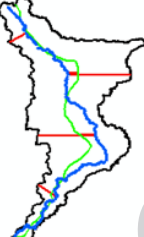
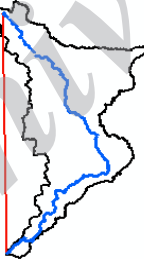
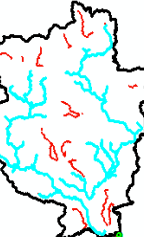
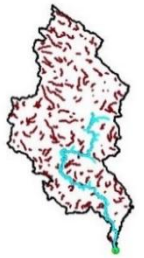
جدول ۱: مشخصات کمی حوضه های آبریز مورد مطالعه (از غرب به شرق)

نام حوضه	مساحت (km ²)	محیط (km)	حداکثر ارتفاع (m)	شیب متوسط (%)	طول آبراهه اصلی (km)	ضریب فشردگی (گراویلیوس)
جگین	۶۵۱۰	۷۲۲	۲۱۰۰	۱۰	۳۳۲	۲٫۵
سدیج	۴۱۳۴	۶۷۰	۱۸۰۰	۸	۲۲۸	۲٫۹
کهنیر	۴۸۵۶	۷۵۰	۲۱۱۰	۹	۲۱۸	۳
باهوکلالت	۱۹۶۹۸	۱۲۱۱	۲۲۱۵	۱۱	۳۶۲	۲٫۴

جهت انجام این پژوهش ابتدا منابع و یافته های علمی در زمینه موضوع پژوهش از طریق بررسی های کتابخانه ای جمع آوری و سپس با استخراج کمیتهای مورفومتری حوضه ها با کمک دورسنجی و ژئومورفومتری، اطلاعات حاصل با لندفرم های منطقه تطبیق و بعد از کنترل آنها نقش و تأثیر زمین ساخت در شکل گیری و تحول آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. از داده های نقشه های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰۰)، نقشه های زمین شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، مدل رقومی ارتفاع (SRTM 30 m) جهت ژئومورفومتری حوضه ها استفاده شده اند. در این راستا ۶ شاخص شاخص های ژئومورفیک متداول، جهت ارزیابی تأثیر تکتونیک فعال بر لندفرم های ناحیه محاسبه شده اند (**Error! Reference source not found.**) سپس با ارائه ۲ شاخص جدید و محاسبه آنها، تأثیرات نوزمینساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه های زهکشی سواحل مکران را مورد تجزیه و تحلیل و شناسایی شده اند.

جدول ۲: شاخص های مورد استفاده و روش به دست آوردن آنها (همدونی و همکاران: ۲۰۰۸، کلو و بینتر: ۱۹۹۶، کوکس: ۱۹۹۴، بهرامی و همکاران: ۱۳۹۲)

شاخص های کمی	تعریف اجزای معادله	نمونه اندازه گیری شده	توضیحات
--------------	--------------------	-----------------------	---------

<p>مقادیر برابر ۵۰ نشان دهنده عدم فعالیت تکتونیک، مقادیر بیش از ۵۰ این شاخص، نشانه عمل بالآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بیانگر بالآمدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی است.</p>		<p>A_f: عدم تقارن حوضه زهکشی؛ مساحت سمت راست حوضه (دید به سمت خروجی) و مساحت کل حوضه است.</p>	<p>شاخص عدم تقارن آبراهه (A_f) $A_f = (A_r / A_t) * 100$</p>
<p>مقادیر بزرگ این شاخص مربوط به حوضه‌های کشیده در نواحی فعال زمین‌ساختی است در حالی که مقادیر کوچک در حوضه‌های دایره‌ای شکل، نواحی غیر فعال را نشان می‌دهند.</p>		<p>B_s شکل حوضه؛ B_i طول حوضه (فاصله پایین‌ترین ارتفاع حوضه تا دورترین نقطه آن) و B_w عرض حوضه در عریض‌ترین بخش آن است</p>	<p>شاخص شکل حوضه (B_s) $B_s = B_i / B_w$</p>
<p>مقدار این شاخص بین صفر و یک در تغییر است و هر چه عدد T به یک نزدیک‌تر باشد عدم تقارن در حوضه بیشتر است و تکتونیک فعال است.</p>		<p>D_d: فاصله مرز حوضه تا خط وسط حوضه و D_a: فاصله رودخانه‌ی اصلی حوضه تا خط وسط حوضه است.</p>	<p>شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) $T = D_a / D_d$</p>
<p>میزان سینوسیته رودخانه با تغییر شیب بستر رودخانه بر اثر فعالیت‌های تکتونیک، رابطه غیرمستقیم دارد یعنی با کاهش میزان سینوسیته فعالیت تکتونیک افزایش می‌یابد.</p>		<p>c: طول رودخانه v: طول رودخانه به خط مستقیم</p>	<p>شاخص پیچناکی رودخانه - (S) $S = c / v$</p>
<p>هر قدر مقدار این شاخص بیشتر باشد نشان از فعالیت تکتونیک در منطقه است.</p>		<p>$H a_t$: تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی و $N1$: تعداد واقعی آبراهه‌های درجه یک</p>	<p>شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δ_a) $\Delta_a = H a_t / N1$</p>
<p>هر قدر مقدار این شاخص بیشتر باشد نشان از فعالیت تکتونیک در منطقه است.</p>		<p>$H a_t$: تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای کل حوضه و A: مساحت کل حوضه موردنظر</p>	<p>شاخص تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (G_a) $G_a = H a_t / A$</p>

بحث و نتایج

ژئومورفومتری حوضه های زهکشی سواحل عمان

حوضه های سواحل عمان دارای شیبی متوسط تا کم، قابلیت نفوذپذیری کم همراه با بارش های شدید موسمی تابستانی، پتانسیل فرسایش و بار رسوبی زیاد ناشی از گسترش سازندهای فلیش و مولاس، پوشش گیاهی کم، نگهداشت سطحی آب خیلی کم، و دارای گسل های مهم شرقی-غربی و همچنین رورانندی به سمت جنوب می باشند. چهار حوضه مورد مطالعه دارای شیب متوسطی حدود ۱۰ درصد، و مساحتی بین ۶۵۱۰ تا ۱۹۶۹۸ کیلومتر مربع، ارتفاع صفر تا ۲۲۱۵ متر، که طول ترین آن حدود ۳۶۲ کیلومتر است، می باشند. کمترین ضریب فشردگی حوضه با ۲,۴، به حوضه باهوکلالت اختصاص دارد (جدول ۲).

نسبت فعالیت تکتونیک بین حوضه ها به ترتیب؛ براساس شاخص عدم تقارن آبراهه (Af) از ۰,۶۸ (حوضه جگین) تا ۰,۴۹، ۰,۵۱ و ۰,۵۱ به ترتیب در حوضه های سدیح، کهپیر و باهوکلالت تغییر می نماید. شاخص شکل حوضه (Bs) در حوضه کهپیر برابر ۲,۰۲، حوضه جگین ۲,۰۱، حوضه باهوکلالت ۱,۹۵ و حوضه سدیح با مقدار ۱,۵۹ است. شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) در حوضه های باهوکلالت با مقدار ۰,۵۳، حوضه کهپیر با ۰,۳۷، حوضه جگین با ۰,۳۱ و حوضه سدیح با مقدار ۰,۱۹ است. میزان پیچناکی کانال رود (S) در حوضه کهپیر با مقدار ۱,۶۲، حوضه باهوکلالت با ۱,۷، حوضه سدیح با ۱,۷۹ و حوضه جگین با مقدار ۲,۰۵ و شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa) در حوضه باهوکلالت با مقدار ۱,۳، حوضه سدیح با ۱,۱۹، حوضه جگین با ۱,۰۱ و حوضه کهپیر با مقدار ۰,۸۴ است. بر اساس شاخص تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (G_a) در حوضه های باهوکلالت با مقدار ۰,۰۸، حوضه سدیح با ۰,۶۹، حوضه کهپیر با ۰,۵۷ و حوضه جگین ۰,۰۴۸ است (جدول ۲). در نهایت با توجه مقادیر شاخص های به دست آمده در جدول ۲، فعال بودن حوضه از لحاظ تکتونیک مشخص شده اند. حوضه جگین بر اساس شاخص عدم تقارن حوضه ای فعال و براساس دیگر شاخص ها غیر فعال است. حوضه سدیح بر اساس شاخص های ناهنجاری دارای فعالیت تکتونیک قابل توجه و دیگر شاخص ها فعالیت چندانی ندارد. حوضه کهپیر بر اساس شاخص پیچناکی حوضه ای فعال و دیگر شاخص ها غیر فعال است. حوضه باهوکلالت بر اساس تقارن توپوگرافی و شاخص های ناهنجاری فعالیت تکتونیک قابل توجه و شاخص های دیگر فعالیت تکتونیک قابل ملاحظه ای را نشان نمی دهند. (Error! Reference source not found.) و جدول ۲).

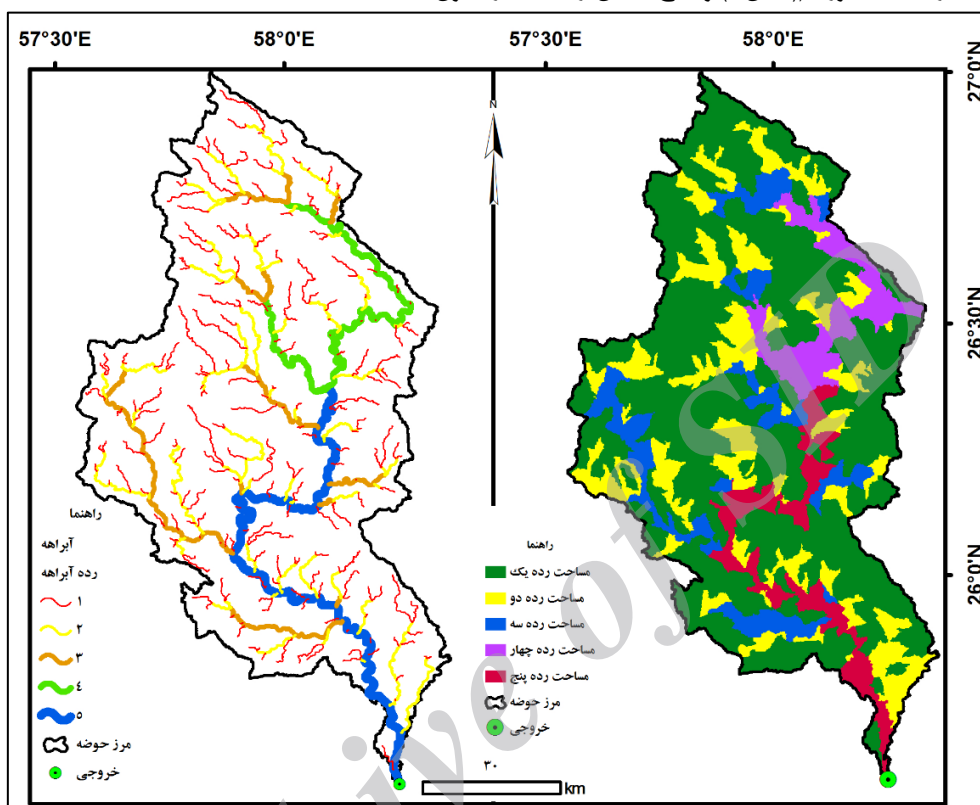
جدول ۲: ژئومورفومتری حوضه های سواحل مکران

شاخص های کمی	حوضه جگین	حوضه سدیح	حوضه کهپیر	حوضه باهوکلالت
شاخص عدم تقارن آبراهه (Af)	۰,۶۸	۰,۴۹	۰,۵۱	۰,۵۱
شاخص شکل حوضه (Bs)	۲,۰۱	۱,۵۹	۲,۰۲	۱,۹۵
شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)	۰,۳۱	۰,۱۹	۰,۳۷	۰,۵۳
شاخص پیچناکی رودخانه (S)	۲,۰۵	۱,۷۹	۱,۶۲	۱,۷
شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)	۱,۰۱ = ۳۱۳/۳۰۸	۱,۱۹ = ۲۸۹/۲۴۱	۰,۸۴ = ۲۷۸/۳۳۰	۱,۳ = ۱۶۴۸/۱۲۵۹
شاخص تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (G_a)	۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۰۶	۰,۰۸

نسبت مساحت و طول رده ها در حوضه های زهکشی سواحل عمان

با توجه به اینکه در مناطق فعال تکتونیک حوضه ها دارای ناپایداری بیشتری هستند و این ناپایداری باعث به وجود آمدن آبراهه های درجه یک بیشتر و به طبع آن افزایش نسبت رده های مساحت پایین تر نسبت به حوضه های پایدار می شود، به نظر می رسد باید رابطه معناداری بین نسبت مساحت رده های پایین تر و همچنین نسبت تعداد آبراهه های پایین تر وجود داشته باشد که به کمک آن بتوان تأثیر زمین ساخت در حوضه ها را مشخص کرد. نتایج محاسبه نسبت مساحت و طول آبراهه های درجه بندی شده به مساحت کل حوضه و طول تمام آبراهه ها برای هر کدام از زیر حوضه های مورد بررسی به ترتیب از غرب به شرق ارائه شده اند (شکل ۲، شکل ۳، شکل ۴ و شکل ۵).

(۱) حوضه آبریز جگین در غربی‌ترین بخش ناحیه مورد بررسی واقع شده است. این حوضه بر اساس شاخص عدم تقارن آبراهه دارای فعالیت تکتونیک بیشتری نسبت به دیگر حوضه‌ها است. برای مشخص کردن نسبت مساحت رده و طول آبراهه‌ها، حوضه را رده‌بندی و مساحت رده‌ها را به دست آوردیم (شکل ۲) و نتایج حاصل از داده‌ها، در جدول ۳ به دست آمده‌اند.



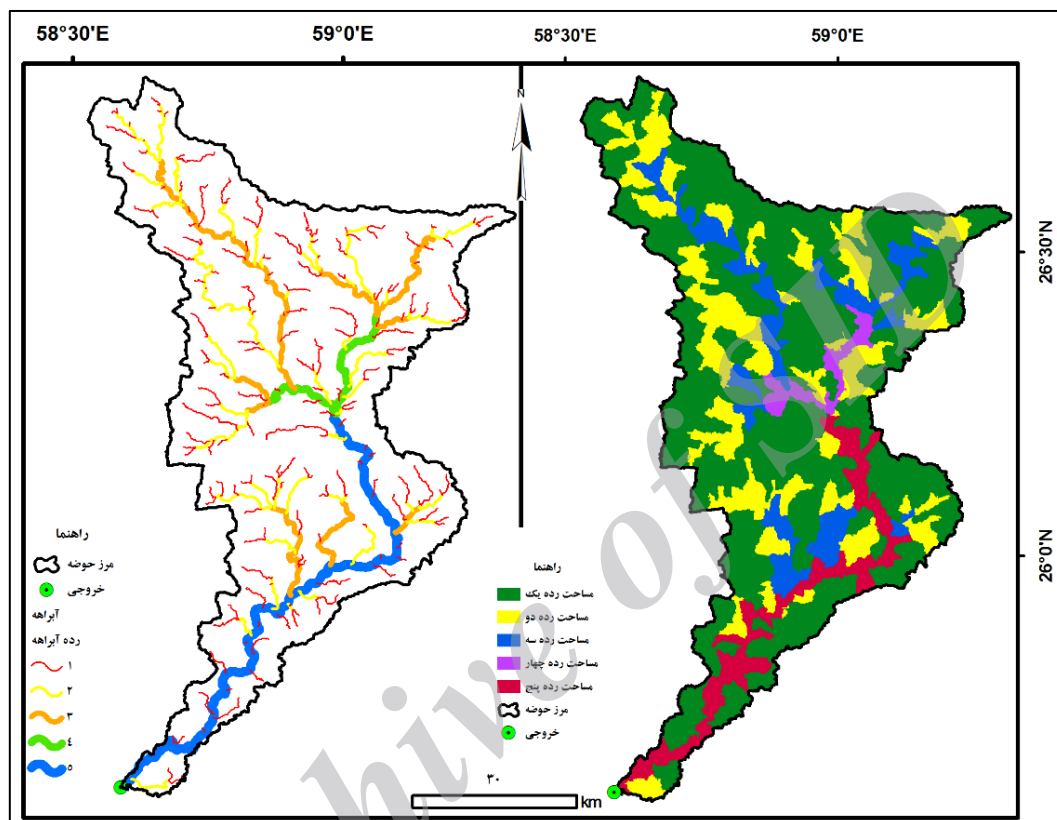
شکل ۲: رده آبراهه‌ها و مساحت رده آبراهه‌ها در حوضه جگین

تمرکز قابل توجه کانون‌های سطحی زمین‌لرزه‌ها و همچنین فراوانی گلفشان‌ها در بخش جنوب شرقی این حوضه از ویژگی‌های این حوضه زهکشی است (شکل ۱).

جدول ۳: نسبت طول رده آبراهه به طول کل آبراهه‌ها و نسبت مساحت رده آبراهه به کل مساحت در حوضه جگین

نسبت طول آبراهه درجه پنج (۲) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه چهار (۲) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه سه (۲) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه دو (۲) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه یک (۲) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	حوضه جگین
					نسبت طول آبراهه‌ها
۹	۸	۱۰	۲۵	۴۷	به درصد %
نسبت مساحت آبراهه درجه پنج (a) به مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه چهار (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه سه (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه دو (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه یک (a) مساحت کل حوضه (A)	حوضه جگین
					نسبت مساحت آبراهه‌ها
۸	۷	۸	۱۸	۵۹	به درصد %

۲) حوضه آبریز سدیح با وسعت ۴۱۳۴ کیلومترمربع، کمترین محیط (۶۷۰) و شیب (۸٪) را در بین حوضه‌های مورد بررسی دارد. این حوضه دارای کمترین مساحت، و همچنین بیشترین ضریب گراویلیوس نسبت به حوضه‌های دیگر را به‌به خود اختصاص داده است. نتایج ژئومورفومتری حاصل از رده‌بندی و تعیین مساحت رده‌ها، در نسبت مساحت رده و طول آبراهه‌ها، در شکل ۳ و نتایج حاصل در جدول ۴ آمده است.



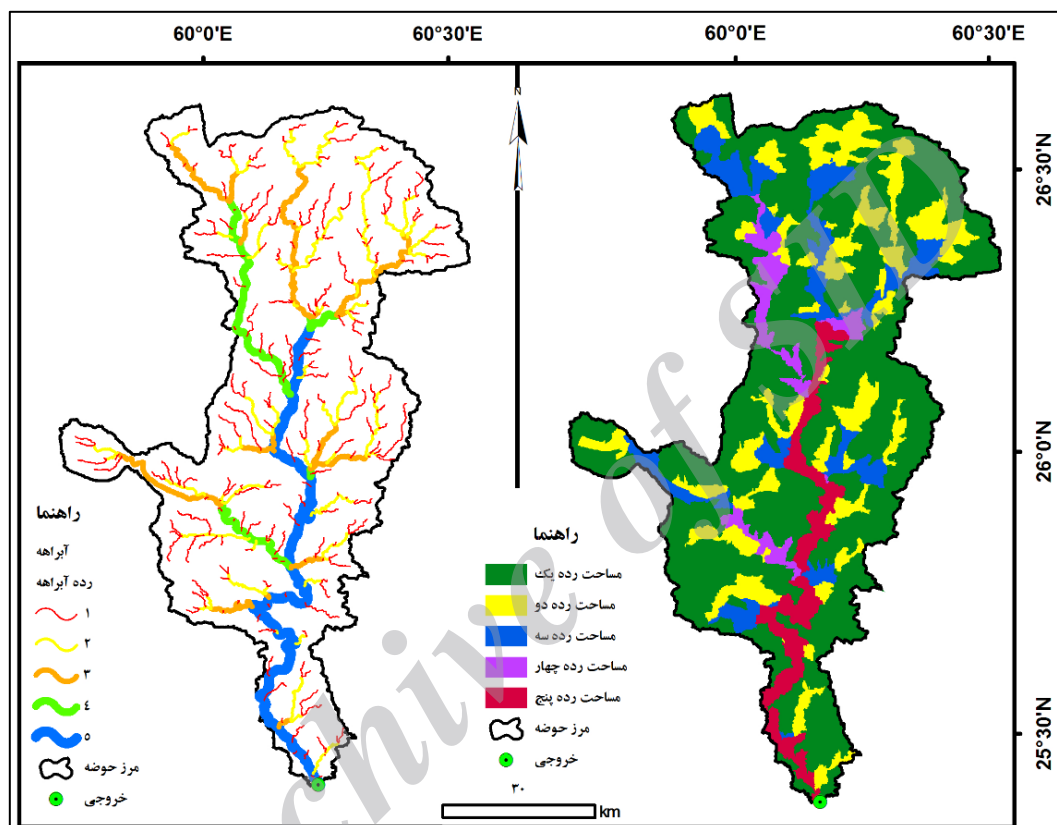
شکل ۳: رده آبراهه‌ها و مساحت رده آبراهه‌ها در حوضه سدیح

جدول ۴: نسبت طول رده آبراهه به طول کل آبراهه‌ها و نسبت مساحت رده آبراهه به کل مساحت در حوضه سدیح

حوضه سدیح	نسبت طول آبراهه درجه یک (r) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه دو (r) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه سه (r) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه چهار (r) به طول تمام آبراهه‌ها (R)	نسبت طول آبراهه درجه پنج (r) به طول تمام آبراهه‌ها (R)
به درصد %	۴۵	۲۷	۱۳	۴	۱۱
حوضه سدیح	نسبت مساحت آبراهه درجه یک (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه دو (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه سه (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه چهار (a) مساحت کل حوضه (A)	نسبت مساحت آبراهه درجه پنج (a) به مساحت کل حوضه (A)
به درصد %	۶۰	۲۰	۱۰	۳	۷

۳) کمترین طول آبراهه اصلی به حوضه آبریز کهیر اختصاص دارد)

جدول ۱). در فاصله چند کیلومتری خروجی این حوضه شش گلفشان فعال از قبیل تنگ و پزم قرار دارند (شکل ۱)، که نسبت به سایر حوضه‌ها بالاترین تراکم گلفشان‌ها را دارد. نسبت مساحت رده و طول آبراهه‌ها (جدول ۵) و نتایج حاصل از آن در شکل ۴ مشخص شده‌اند.

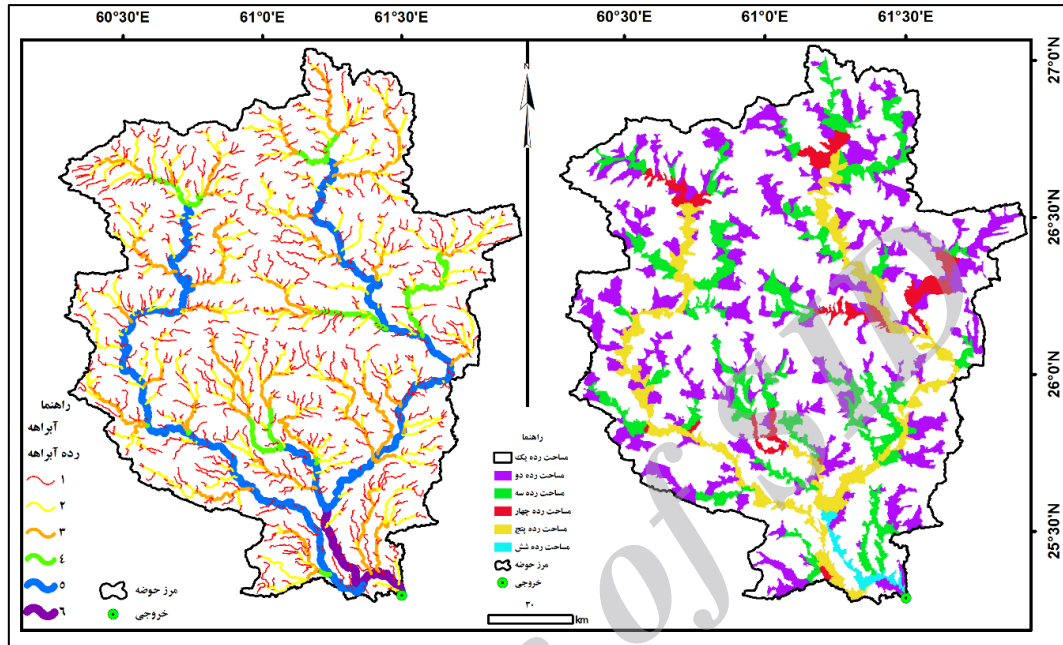


شکل ۴: رده آبراهه‌ها و مساحت رده آبراهه‌ها در حوضه کهیر

جدول ۵: نسبت طول رده آبراهه به طول کل آبراهه‌ها و نسبت مساحت رده آبراهه به مساحت کل در حوضه کهیر

حوضه کهیر	نسبت طول آبراهه	نسبت طول آبراهه	نسبت طول آبراهه	نسبت طول آبراهه	نسبت طول آبراهه
نسبت طول آبراهه‌ها	درجه یک (r) به طول کل آبراهه‌ها (R)	درجه چهار (r) به طول کل آبراهه‌ها (R)	درجه سه (r) به طول کل آبراهه‌ها (R)	درجه دو (r) به طول کل آبراهه‌ها (R)	درجه پنج (r) به طول کل آبراهه‌ها (R)
به درصد %	۴۷	۶	۱۳	۲۵	۹
حوضه کهیر	نسبت مساحت آبراهه درجه یک (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه چهار (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه سه (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه دو (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه پنج (a)
نسبت مساحت آبراهه‌ها	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)
به درصد %	۶۱	۴	۱۱	۱۷	۷

۴) باهوکلات شرقی ترین حوضه آبریز در منطقه مورد مطالعه است. این حوضه دارای بیشترین مساحت و ارتفاع و همچنین کمترین ضریب گراویلیوس را در بین حوضه ها دارد. نقشه نسبت مساحت رده و طول آبراهه ها (شکل ۵) و نتایج کمی حاصل در جدول ۶ آمده اند.



شکل ۵: رده آبراهه ها و مساحت رده آبراهه ها در حوضه باهوکلات

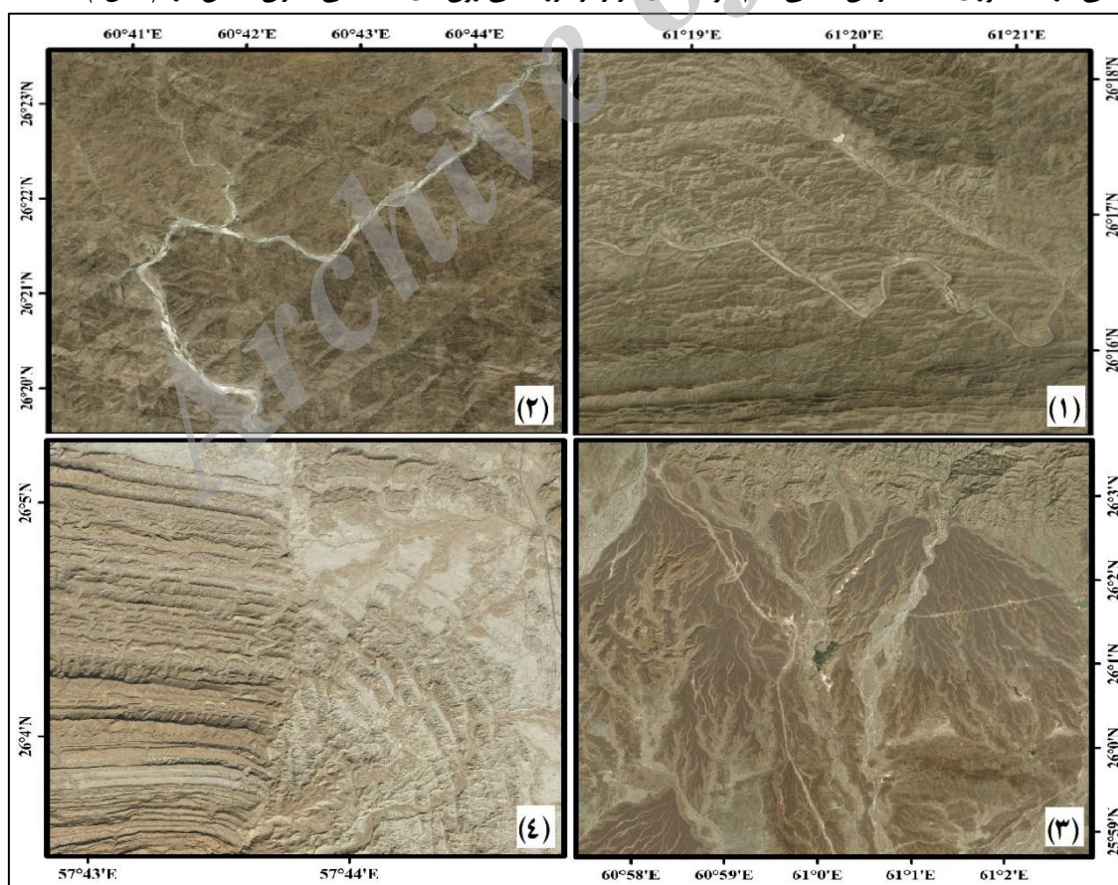
جدول ۶: نسبت طول رده آبراهه به طول کل آبراهه ها و نسبت مساحت رده آبراهه به مساحت کل در حوضه باهوکلات

حوضه باهوکلات	نسبت طول آبراهه	نسبت طول آبراهه درجه دو (r)	نسبت طول آبراهه درجه سه (r)	نسبت طول آبراهه درجه چهار (r)	نسبت طول آبراهه درجه پنج (r)	نسبت طول آبراهه درجه شش (r)
نسبت طول آبراهه ها	درجه یک (r) به طول کل آبراهه ها (R)	به طول کل آبراهه ها (R)	به طول کل آبراهه ها (R)	به طول کل آبراهه ها (R)	به طول کل آبراهه ها (R)	به طول کل آبراهه ها (R)
به درصد %	۴۹	۲۵	۱۴	۳	۸	۱
حوضه باهوکلات	نسبت مساحت آبراهه درجه یک (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه دو (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه سه (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه چهار (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه پنج (a)	نسبت مساحت آبراهه درجه شش (a)
نسبت مساحت آبراهه ها	(a) مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)	مساحت کل حوضه (A)
به درصد %	۶۲	۱۸	۹	۳	۷	۱

نتیجه‌گیری

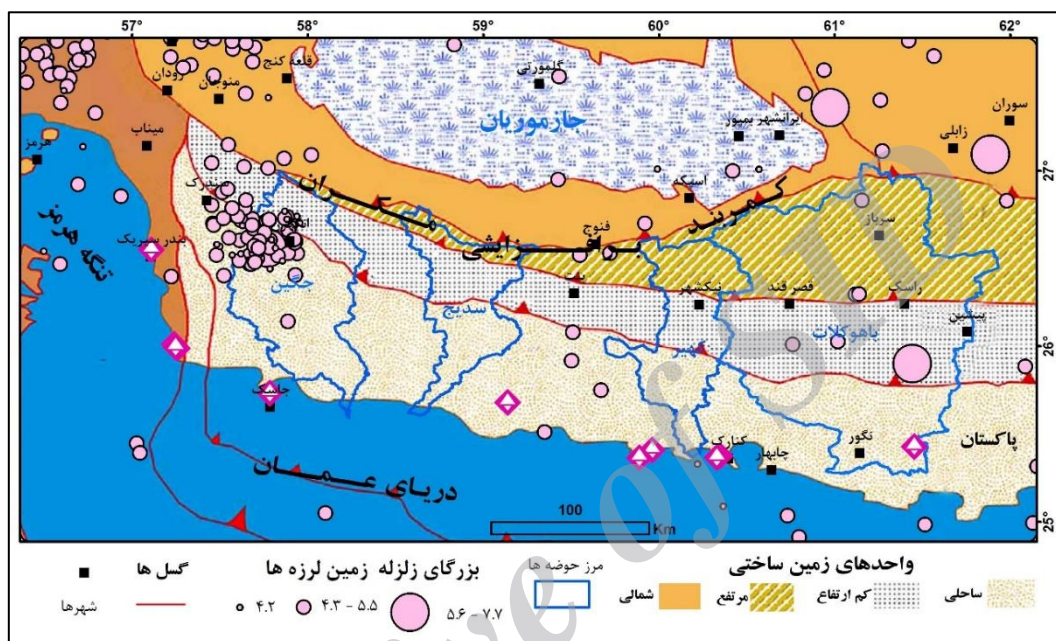
سرزمین ایران بخشی از زون فعال زمین‌ساختی آلپ - هیمالیا است. ارتفاعات شرقی-غربی مکران و سواحل آن تحت تأثیر دینامیک زون فرورانشی دریای عمان می‌باشد. این نرخ فرورانش که در پیدایش کمربند برافزایشی مکران نقش دارد حدود ۵ سانتی‌متر در سال برآورد شده است (وایت، ۱۹۷۷).

بر اساس بررسی‌های مورفوتکتونیک، و زمین‌ساخت و لرزه‌خیزی گسل‌های منطقه و همچنین داده‌های لرزه‌ای، عمده فعالیت‌های لرزه‌ای در جنوب شرق ایران با الگوی زمین‌لرزه‌های درون‌قاره‌ای با عمق زیاد (اکثراً بین ۳۰-۷۰ کیلومتر) انطباق دارند (جامی و همکاران، ۱۳۹۱). چنانچه فراوانی وقوع زمین‌لرزه‌ها و پراکنش کانون‌های سطحی زمین لرزه به‌عنوان معیار فعالیت نسبی تکتونیک بالا در نظر گرفته شود، بیشتر کانون‌های سطحی زمین لرزه (۱۹۰۰-۲۰۱۶، کمتر از ۵ ریشتر) در غرب منطقه موردبررسی و در شمال غرب حوضه جگین مشاهده می‌شوند (شکل ۷). فعالیت نسبی تکتونیک بالا می‌تواند بر مورفولوژی شبکه‌های زهکشی تأثیرگذار باشد. در بین حوضه‌های موردبررسی، بالاترین تراکم کانون‌های سطحی زمین لرزه در حوضه جگین مشاهده می‌شود و این حوضه از نظر شاخص‌ها عدم تقارن آبراهه و شکل حوضه دارای بیشترین مقدار است. این در حالی است که زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای بالاتر در شرق ناحیه (حوضه باهوکلالت) ثبت شده‌اند (شکل ۱ و شکل). شاید بتوان چنین استنباط کرد که شاخص‌های عدم تقارن آبراهه و شکل حوضه از فراوانی زلزله‌ها تأثیر می‌پذیرند ولی دیگر شاخص‌ها از جمله نسبت مساحت و طول آبراهه‌ها رده پایین از بزرگای زلزله متأثرند. شواهد نوزمیساختی فعالیت گسل‌ها نیز در این بخش از منطقه موردبررسی بیشتر است (شکل ۶). همچنین گسل‌ها در تحدید حدود حوضه‌های زهکشی نقش اساسی دارند، به‌طوری‌که خط‌الرأس شمالی تمام حوضه‌های آبریز بر مرز گسلی زون‌های ساختمانی مکران انطباق دارند (شکل ۷).



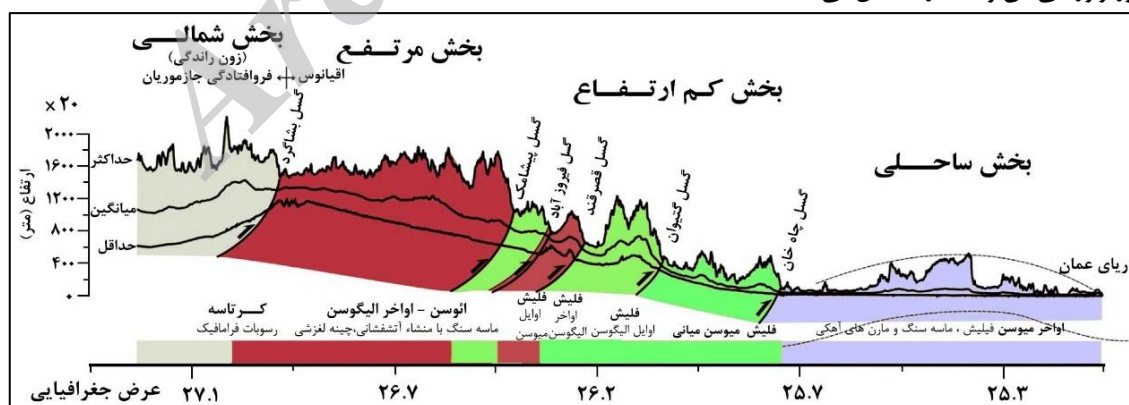
شکل ۶: شواهد فعالیت زمین‌ساخت بر اساس تصاویر لندست ۸

توضیح: شکل های ۱، ۲ و ۳، بخش هایی از حوضه باهوکلالات را نشان می دهند. در شکل ۱ و ۲ آبراهه ها از گسل های فعال متأثر و تغییر جهت داده اند. در شکل ۳ دو مخروط افکنه قدیمی وجود دارند که آبراهه های اصلی آن در اثر فعالیت تکتونیک بستر خود را عمیق کرده و تغییر مسیر داده و در پایین دست در حال رسوب گذاری اند. شکل ۴ بخشی از حوضه جگین را نشان می دهد، در این شکل فعالیت تکتونیک در اطراف گسل باعث فرسایش شدید بخش شرقی گسل شده است، را نشان می دهد.



شکل ۷: زون های ساختمانی مکران (برگرفته از حقی پور با اضافات)

زمین شناسان واحد مورفوتکتونیک مکران را به چهار واحد مکران ساحلی، کم ارتفاع، مرتفع و شمالی (زون بالشی) تقسیم کرده اند (کوبر^۱ و همکاران، ۲۰۱۳؛ شکل ۸). همان طور که در شکل ۷ و شکل ۸ مشخص می باشد، گسل های شرقی-غربی ناحیه مورد بررسی مرز مورفولوژیکی این واحدها را تشکیل می دهند.

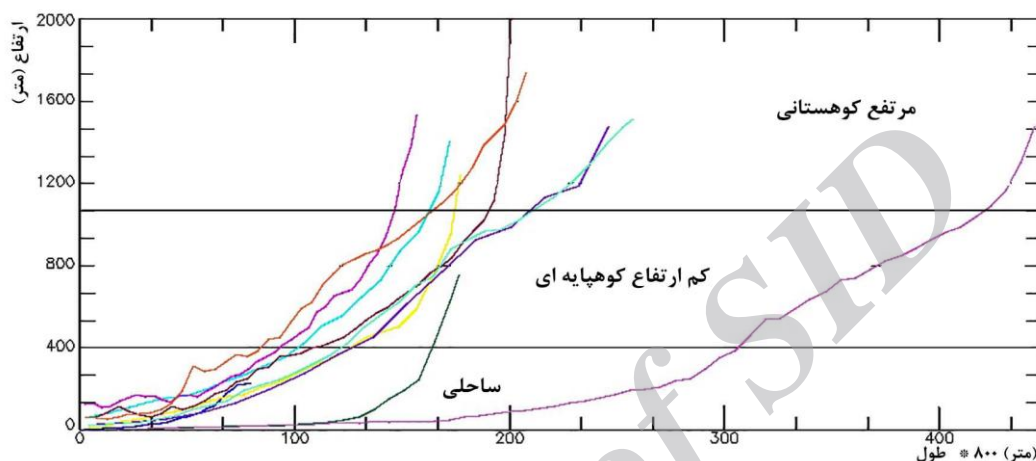


شکل ۸: پروفیل توپوگرافی و مقطع زمین شناسی واحد مکران در راستای حوضه باهوکلالات (برگرفته از کوبر و همکاران با اضافات)

حوضه های آبریز ناحیه مکران بر روی سازندهای بسیار فرسایش پذیر گسترده شده اند. سن این سازندها از بخش ساحلی به طرف نواحی کوهستانی افزایش می یابند. به طوری که فیلیش های اواخر میوسن (ماسه سنگ و مارن های آهکی) در بخش های مجاور ساحلی،

^۱ - Kober

فیلش‌های قدیمتر (الیگو-میوسن) در بخش‌های کوهپایه‌ای، و نواحی مرتفع حوضه‌های آبریز بر روی ماسه‌سنگ‌های آتشفشانی گسترش یافته‌اند. گسل بشاگرد مرز زمین‌شناختی حوضه‌های آبریز ناحیه مکران است (شکل ۷ و ۸).
بر اساس پروفیل ارتفاعی زهکش‌های اصلی حوضه‌های ناحیه مکران (شکل ۹) و همپوشانی حوضه‌های مورد بررسی بر روی نقشه ساختمانی ناحیه (شکل)، منطقه مورد بررسی را می‌توان به سه واحد مورفولوژیک: (۱) ساحلی، (۲) کم ارتفاع، و (۳) مرتفع طبقه‌بندی کرد. نسبت مساحت بخش ساحلی در حوضه‌ها از غرب به شرق کاهش می‌یابد (شکل و شکل).



شکل ۹: پروفیل‌های طول زهکش‌های اصلی حوضه‌های ناحیه مکران

ارتباط شواهد نوزمیساختی و ژئومورفومتری حوضه‌های مورد مطالعه

- به‌طور کلی شواهد نوزمیساختی زیادی دلالت بر فعالیت تکتونیک قابل توجه سواحل مکران دارند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- (۱) وجود پادگانه‌های دریایی در منطقه که ارتفاع آن‌ها از غرب به شرق افزایش می‌یابد. علت این اختلاف در میزان بالآمدگی ذکر شده است (ویتافینزی، ۱۹۷۹). حد متوسط بالآمدگی پادگانه‌ها در غرب بندرعباس حدود ۰٫۱۵ سانتی‌متر، در محل روستای توجک (جنوب حوضه جگین) ۰٫۲۵ سانتی‌متر در سال، و بالاخره در ناحیه بین جاسک (جنوب حوضه سدیج) و بريس بیش از ۰٫۳۵ سانتی‌متر در سال برآورد شده است (شکل ۱۰).
 - (۲) تمامی رودخانه‌های اصلی حوضه‌ها دارای پادگانه‌های متعددی هستند، که در دره‌های عریض‌تر در مجاورت بستر فعال و مسلط بر آن تشکیل شده‌اند در نمونه‌های مشخص تشخیص سه پادگانه متوالی با اختلاف دو تا سه متر به‌خوبی قابل تشخیص است. کلیه این پادگانه‌ها از نوع مطبق می‌باشند و این خود گویای شدت فعالیت تکتونیک و بالآمدگی آن‌ها است (شکل ۱۰).
 - (۳) وجود گل‌فشان‌های متعدد در طول خط و پهنه ساحلی منطقه مورد مطالعه. به‌طور کلی در این منطقه حدود ۲۰ گل‌فشان وجود دارند که ۵ مورد آن‌ها بین بندر جاسک و میناب (جنوب حوضه جگین)، ۹ مورد بین چابهار (جنوب حوضه کهیر - ۶ عدد) و بندر جاسک (حوضه سدیج ۱ عدد) و ۶ مورد دیگر هم بین چابهار و مرز ایران و پاکستان (شمال خلیج گواتر) قرار دارند (شکل ۱ و شکل ۷ و شکل ۱۰).
 - (۴) با توجه به پراکنش شواهد نوزمیساختی و ارزیابی شاخص‌های فعالیت تکتونیک فعال در حوضه‌های مورد مطالعه (جدول ۲، جدول ۳، جدول ۴، جدول ۵ و جدول ۶) الگوی تغییرات نوزمیساختی سواحل مکران عبارت‌اند از (جدول ۷).
 - (۵) نسبت مساحت رده آبراهه‌ها، نسبت طول آبراهه‌ها، و شاخص تقارن توپوگرافی (T) از غرب به شرق الگوی افزایشی دارند. مجموع این سه شاخص با الگوی کمی پراکنش شواهد زمین‌شناختی فعال ناحیه مکران تطابق دارند.

- ۶) میزان تقارن آبراهه از غرب به شرق الگوی افزایشی دارد (عدم تقارن آبراهه یعنی Af روند کاهشی دارد).
- ۷) نتایج حاصل از بررسی ارزیابی سایر شاخص‌ها (BS, S, Δa و Ga) در جهت غربی - شرقی الگوی واحدی ندارند و بسته به موقع مکانی حوضه مورد نظر متفاوت هستند.

جدول ۷: رتبه‌بندی حوضه‌ها از نظر فعالیت نسبی تکتونیک

رتبه اول	رتبه دوم	رتبه سوم	رتبه چهارم
حوضه جگین	حوضه سدیح	حوضه کهپیر	حوضه باهو کالات
حوضه جگین	کهپیر	باهو کالات	سدیح
باهو کالات	کهپیر	جگین	سدیح
کهپیر	باهو کالات	سدیح	جگین
باهو کالات	سدیح	جگین	کهپیر
باهو کالات	سدیح	کهپیر	جگین
باهو کالات	کهپیر	سدیح	جگین
باهو کالات	کهپیر	سدیح	جگین

از آنجا که فعالیت نسبی تکتونیک در منطقه از غرب به شرق افزایش می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که علیرغم اینکه رابطه‌ای مستقیمی بین افزایش فعالیت نسبی تکتونیک (بزرگ‌تر از ۵,۵ ریشتر) و افزایش میزان نسبت مساحت رده‌ها و تعداد آبراهه‌ها وجود دارند ولی باید در بررسی‌های ناحیه‌ای و کوچک مقیاس (در ابعاد منطقه مورد بررسی) از سایر بررسی‌های مکمل جهت ارزیابی الگوی زمین‌ساختی استفاده کرد.



شکل ۱۰: نمونه ۲ و ۱ پادگانه‌های رودخانه‌های ۴ و ۳ پادگانه‌های دریایی و ۵ و ۶ گلفشان در حوضه‌های مورد مطالعه (حقی پور، ۲۰۱۳)

منابع

- بهرامی، شهرام و سیاوش، شایان (۱۳۹۲). بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های مورفومتریکی شبکه زهکشی و سطوح مثلی شکل طاقدیس دنه خشک، تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۱۱۰، پاییز ۱۳۹۲، صص ۱۷۹-۲۱۰.
- بهرامی، شهرام، محمد معتمدی راد و الهه اکبری (۱۳۹۲). بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های کمی شبکه زهکشی (مطالعه موردی: چهار حوضه زهکشی در شمال شرق ایران). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال سوم، شماره دوازدهم، تابستان ۱۳۹۲، صص ۸۵-۱۰۲.
- بز، عزیزاله، نسیم الیاس پور و ناصر شهرکی (۱۳۹۱). بررسی لرزه‌خیزی سواحل مکران و ارتباط آن با گسل‌های منطقه. اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران.
- محمود علایی طالقانی، ژئومورفولوژی ایران، چاپ ششم، ۱۳۹۴، انتشارات قومس.
- گورابی، ابوالقاسم (۱۳۹۵). تکتونیک فعال زمین لرزه‌ها، بالآمدگی و چشم‌انداز (ترجمه)، تهران، نشر انتخاب
- گورابی، ابوالقاسم و فاطمه کیارستمی (۱۳۹۴). ارزیابی زمین‌ساخت حوضه‌های آبریز با استفاده از اختصاصات ژئومورفولوژیک در قالب الگوی TecDEM (مورد مطالعه: حوضه آبریز رودک در شمال شرق تهران). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، صص ۴۶۵-۴۷۹.
- عزتی، مریم و مریم آق‌آتابای (۱۳۹۳). تحلیل زمین‌ساخت فعال حوضه‌ی بجنورد با کمک شاخص‌های مورفوتکتونیک. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، بهار ۱۳۹۳، صص ۱۳۰-۱۴۴.
- معتمد، احمد و محمدرضا غریب رضا (۱۳۸۷). تکامل مکران ساحلی، طی کوتاه‌ترن پسین، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان ۱۳۸۷، صص ۷۷-۸۷.
- حاجی علی بیگی، حسین (۱۳۸۰). مورفوتکتونیک حوضه تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- مددی، عقیل، محمدحسین رضایی مقدم و عبدالحمید رجائی (۱۳۸۳). تحلیل فعالیت‌های توتکتونیک با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی در دامنه‌های شمال غربی تالش (باغروداغ). مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸، صص ۱۳۳-۱۳۸.
- کرمی، فریبا (۱۳۸۸). ارزیابی ژئومورفیک فعالیت‌های تکتونیک در حوضه زهکشی سعید آبادچای. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۹، صص ۶۷-۸۲.
- جامی، محسن، محمد باسر رادان کوهپایه‌ی، سید حسین میرزینلی یزدی و عیوض کاظمی، (۱۳۹۰). هندسه فرکتالی گسل‌ها و لرزه‌خیزی در جنوب شرق ایران (مکران). اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران.
- یمانی، مجتبی (۱۳۷۷). علل تغییر مسیر دوره‌های رودخانه‌ها در روی دلتاهای شرق جلگه ساحلی مکران. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۵، صص ۳۴-۵۶.
- Burbank, Douglas W; Anderson, Robert S. 2012. Tectonic Geomorphology. Second Edition. Published by Wiley-Blackwell. USA. P. 454
- Ciccacci, S., Fredi, P., Lupia Palmieri, E., Pugliese, F., 1986, Indirect Evaluation of Erosion Entity in Drainage Basins through Geomorphologic, Climatic and Hydrological Parameters, International Geomorphology, pp. 233-248.
- 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, pp. 260-273.
- Gloauen, R. and Shahzad, F. (2011). "Tecedem, A Matlab Based Toolbox for Tectonic Geomorphology (Drainage Network Processing and Stream Profiles

- Analysis)". Remote Sensing Group, Institute of Geology Freiberg University of Mining & Technology, Computer and Geoscience. Vol. 20. No. 34. pp. 250-260.
- Jamieson, S.S.R., Sinclair, H.D., Kirstein, L.A., Purves, R.S, (2004), "Tectonic forcing of longitudinal valleys in the Himalaya: morphological analysis of the Ladakh Batholith", North India, *Geomorphology*, 58:49–65.
 - Keller E.A and Pinter, N (1996). *Active Tectonics Earthquakes, Uplift and Landscape*, new jersey: prentice hall, pub.
 - Maghsoodi, M. and Kamrani-Dalir, H. (2008). "Evaluation of active tectonics in the regulation of river channels Case Study: Tajan River". *Geographical research*. Vol. 40. No. 64. pp. 37-54. (In Persian).
 - VITA-FINZI, C., (1979) Contributions to the Quaternary Geology of Southern Iran. Geological and mineral survey of Iran, Report, 47, PP30-47.
 - Vita-Finzi, C. 1987. 14C deformation chronologies in coastal Iran, Greece and Jordan. *Journal of the Geological Society* 144(4), 553-560
 - Yamani, M., Kamrani-Dalir, H. and Bagheri, S. (2013). "Morphometric and geomorphic assessment criteria for determining the amount of neotectonic activity in Cheleh Basin (northwestern Zagros)". *Journal of Geographical Research*. Vol. 29. No. 97. pp. 1-26. (In Persian)
 - Chih-Cheng Barry Yang Wen -Shan Chen, Leh-Chyun Wu, Chii-Wen Lin 2006, Active Deformation front Delineated by Drainage Pattern Analysis and Vertical Movement rates, Soathwestern Costal Plain Taiwan, *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol. 31, No. 3, PP. 251-264.
 - White, R. S., 1977, Recent fold development in the Gulf of Oman, *Earth Planet. Sci. Lett.* 36, 85–91.
 - Kober, F., G. Zeilinger, S. Ivy-Ochs, A. Dolati, J. Smit, and P. W. Kubik. 2013. "Climatic and Tectonic Control on Fluvial and Alluvial Fan Sequence Formation in the Central Makran Range, SE-Iran." *Global and Planetary Change* 111 (December): 133–49. doi:10.1016/j.gloplacha.2013.09.003.
 - Hamdoun, R. El. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J & E.A Keller, 2008, Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*.96.
 - 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.
 - Keller, E.A., Pinter, N., (1996), "Active Tectonics", EngleWood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall Inc.
 - Haghipour, N. (2013). Active deformation and landscape evolution of the Makran Accretionary Wedge (SE-Iran) (Doctoral dissertation).