

تأثیر نوزمین ساخت بر تحول لندفرم‌های دامنه‌های جنوب غرب شیرکوه

ابوالقاسم گورابی* - استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران
اسماعیل پاریزی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸

چکیده

مورفوتکتونیک از منظر زمین ساخت و نیروهای درونی با بررسی چشم اندازهای هر ناحیه، نقش مهمی در شناخت نحوه تکامل لندفرمها و تفسیر آنها دارد. هدف از این پژوهش بررسی شواهد ژئومورفیک گسل دهشیر می‌باشد. در این راستا شواهد تکتونیک فعال منطقه با تکنیک‌های مختلف دورسنجی، ژئومورفومتری، پیمایش‌ها، اندازه‌گیری‌ها و برداشت‌های میدانی شناسایی و ارتباط فرم و فرآیند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج کمی حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر روی تپه شاهد‌های تراورتنی (با سن تقریبی ۱/۸ میلیون سال)، اشکال پلی ژنتیک، پرتگاه‌های گسلی و چاه‌های اکتشافی منطقه نشان می‌دهند که گسل دهشیر با جهش تجمعی ۲۰۰ متری در طی کواترنر، نرخ لغزش تقریبی ۱۱/۰ میلی‌متر در هر سال را داشته است. در واقع این امر سبب افت سطح اساس شبکه‌های زهکشی دامنه‌های جنوب غرب شیرکوه از اوایل کواترنر تاکنون و در نتیجه تسریع فرسایش قهقرایی و کاوش سطوح تراورتنی و پیدایش تپه شاهد‌ها و پیش تپه‌ها در این ناحیه شده است. همچنین دینامیک اخیر به همراه حرکت راستا لغز این گسل، موجب تغییر شکل شبکه زهکشی، توالی مخروط افکنه‌ها و ظهور چشمه‌های گسلی شده‌اند که همگی بیانگر فعالیت قابل توجه این گسل می‌باشند.

واژگان کلیدی: مورفوتکتونیک، ژئومورفیک، گسل دهشیر، تپه شاهد‌های تراورتنی.

مقدمه

تکتونیک ژئومورفولوژی یا مورفوتکتونیک را می‌توان به دو شیوه تعریف کرد: ۱. مطالعه لندفرم‌های تشکیل شده توسط فرآیندهای تکتونیکی ۲. کاربرد اصول ژئومورفیک در حل مشکلات تکتونیکی. تعریف اول دلالت بر این دارد که ما علاقه‌مند به لندفرم‌ها، شکل آن‌ها و منشأشان به‌عنوان نتیجه‌ای از عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی هستیم؛ تعریف دوم دارای یک ارزش مفیدی می‌باشد و آن این است که به ما اجازه می‌دهد تا ژئومورفولوژی را به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی تاریخ، بزرگی و نرخ فرآیندهای تکتونیکی مورداستفاده قرار دهیم (کلر و پینتر^۱، ۲۰۰۲:۵۲). درواقع فرآیندهای تکتونیکی در امتداد گسل‌های فعال تأثیر قابل توجهی بر ژئومورفولوژی پیرامون گسل‌ها داشته (گوردون^۲، ۱۹۹۸: ۶۲۱. جوشی و همکاران^۳، ۲۰۱۳: ۲۹۲) و شدت نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در امتداد یک گسل با استفاده از مطالعه دقیق ناهنجاری‌های زهکشی و شاخص‌های ژئومورفیک صورت می‌گیرد (سینگ و تاندون^۴، ۲۰۰۸: ۳۷۶. کلر و پینتر، ۲۰۰۲: ۱۵۱). تجزیه و تحلیل ساختمانی نه تنها یک ارزیابی از نقش تکتونیک، فرسایش تفریقی و تکامل زهکشی در توسعه مورفولوژیکی را ارائه می‌دهد بلکه این تجزیه و تحلیل یک منبع داده برای درک تکامل شرایط زمین ساختی لندفرم‌ها را فراهم می‌نماید (پولوست^۵، ۱۹۸۶: ۱۳۶). به عبارتی می‌توان چنین بیان کرد که تجزیه و تحلیل لندفرم‌ها در یک چشم‌انداز بلندمدت اطلاعات جالبی در مورد تکتونیک به ما می‌دهد (لیدمار^۶، ۱۹۹۶: ۳۳). در این میان مورفوتکتونیک به‌عنوان یکی از ابزارهای اصلی در شناسایی گسل‌های فعال، درک تکامل ساختارهای زمین‌شناسی، ارزیابی خطر لرزه‌ای و مطالعه تکامل چشم‌انداز تبدیل شده است (سینگ و تاندون، ۲۰۰۸: ۳۷۶. کلر و پینتر، ۲۰۰۲: ۱۵۱).

بازسازی تکامل مورفولوژیکی یک منطقه بر اساس روش‌هایی مثل: تجزیه و تحلیل رخدادهای تکتونیکی (نوع، شدت، گاه‌شناسی و ژئوفیزیک) (پولوست، ۱۹۸۶: ۱۸)، ارزیابی میزان فرسایش و ارتباط آن با تاریخچه رسوب‌گذاری مناطق مجاور که در معرض رسوب‌گذاری هستند و جمع‌آوری داده‌های محیطی گذشته صورت می‌گیرد (پوگ و سون^۷، ۱۹۸۹: ۱۲۱). البته با وجود اینکه چنین رویکردی (تجزیه و تحلیل چشم‌انداز) نیاز به تحقیقات چند رشته‌ای دارد، ولی مشاهدات مورفولوژیکی (مطالعات میدانی، حفر پروفیل و بلوک دیاگرام) باید به‌عنوان منبع اصلی داده‌ها در نظر گرفته شوند (پولوست و همکاران، ۱۹۹۶: ۶). روش‌های سنجش‌ازدور و تجزیه و تحلیل مورفولوژیک، اطلاعات کم هزینه و سریع‌تری را فراهم می‌کنند و از آن‌ها به‌عنوان مکمل‌های زمین‌شناسی میدانی جهت مطالعه زمین‌شناسی زیرسطحی استفاده می‌کنند. درواقع تجزیه و تحلیل مورفولوژیک ویژگی‌های توپوگرافی به‌ویژه خطواره‌ها مدت طولانی است که در مطالعات زمین ساختی و ساختاری کاربرد داشته است (هابز^۸، ۱۹۱۲: ۵۲. جوردن و همکاران^۹، ۲۰۰۵: ۵۲). علاوه بر این در مطالعات مورفوتکتونیک از روش‌های تجزیه و تحلیل سنتی مانند: تجزیه و تحلیل مورفومتری لندفرم‌ها و آنالیز توپوگرافی نیز به‌صورت زمین‌آمار استفاده می‌گردد (کلر و همکاران، ۱۹۸۲: ۴۷. ترویانی و ستا^{۱۰}، ۲۰۰۸: ۱۵۹). علاوه بر این تجزیه و تحلیل کمی منظر زمین با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در تعیین رفتار تکتونیکی مفید می‌باشد. درواقع این شاخص‌ها می‌توانند ارزیابی سریعی از فعالیت تکتونیکی در نواحی بزرگ ارائه دهند (استرال^{۱۱}، ۱۹۵۲: ۱۱۱۸. جوشی و همکاران^۱، ۲۰۱۳: ۲۹۲).

1. Keller and Pinter

2. Gordon

3. Joshi et al

4. Singh and Tandon

5. Peulvast

6. Lidmar

7. Poag and Sevon

8. Hobbs

9. Jordan et al

10. Troiani and Seta

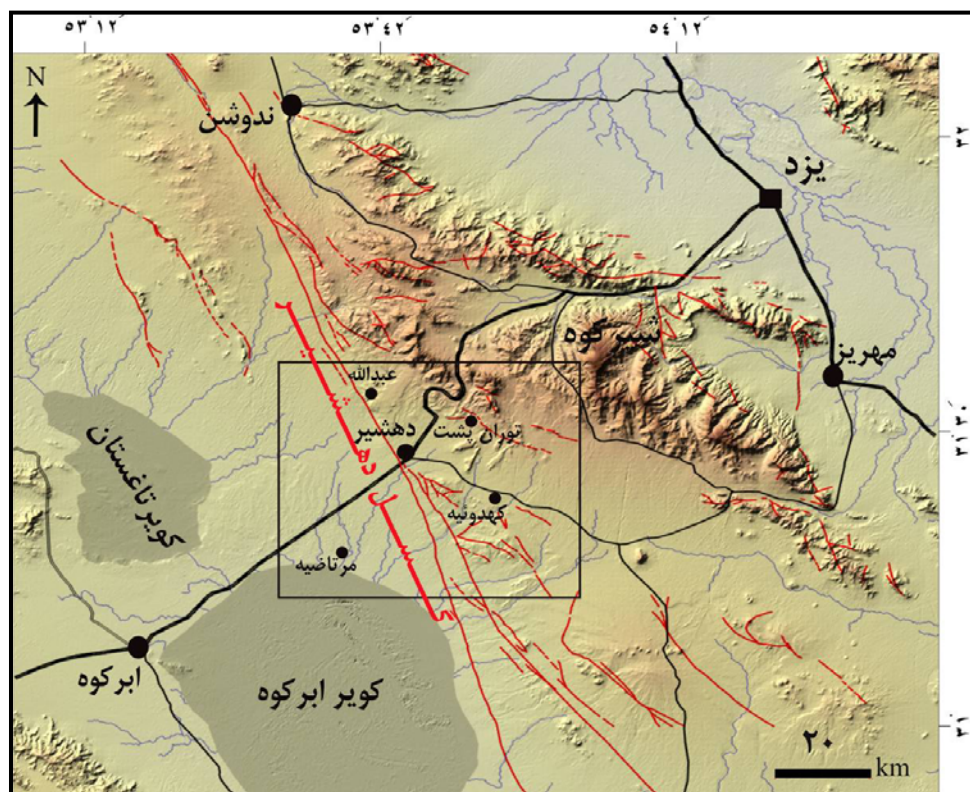
11. Strahler

در مورد مدل‌های تکاملی لندفرم‌های زمین می‌توان چنین بیان کرد که اولین بار ژئومورفولوژیست آمریکایی ویلیام موریس دیویس (۱۸۸۴ و ۱۸۹۹) مدل تکاملی لندفرم‌های زمین را ارائه داد (معمد، ۱۳۷۴، ۴۲). جردن و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی که باهدف استخراج عوارض از مدل رقومی ارتفاعی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که شاخص‌هایی مانند: هندسه دیفرانسیل عددی، تجزیه و تحلیل رقومی شبکه زهکشی، ژئومورفومتری رقومی، پردازش تصویر رقومی، استخراج و تجزیه و تحلیل خطواره‌ها و تجزیه و تحلیل مکانی و آماری می‌توانند ویژگی‌های مورفوتکتونیک در امتداد گسل را شناسایی و به تفسیر تکتونیک آن بپردازد. بات^۲ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی‌هایی که در منطقه پنجاب هند با استفاده از رویکرد ژئومورفولوژی، زمین‌ساختی، زهکشی و تجزیه و تحلیل مورفوتکتونیک از طریق داده‌های دورسنجی انجام دادند چنین استنباط کردند که وجود ناهنجاری‌های رودخانه‌ای مثل: تغییرات ناگهانی در جهت جریان، جریان برخلاف شیب، جریانات قطع شده، تراس‌های رودخانه‌ای و طبیعت نامتقارن حوضه زهکشی نشان‌دهنده تکتونیک فعال در منطقه است. دلکایلا^۳ و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی که با عنوان تکامل لندفرم‌های کواترنری و شواهد مورفوتکتونیک در امتداد گسل Tizi N Test مراکش با پنج شاخص ژئومورفولوژی: شبکه زهکشی، شکل پروفیل طولی رودخانه، انتگرال و منحنی‌ها هیپسومتریک، شاخص گرادیان جریان و نسبت عرض کف دره به ارتفاع انجام دادند، چنین گزارش دادند که نهشته‌های تالوس پلیستوسن و رسوبات رودخانه‌ای به مقدار زیاد جابجا شده‌اند که نشان‌دهنده فعالیت گسل مذکور در طی کواترنری می‌باشد. ناظمی (۱۳۸۵) در پژوهشی که به منظور بررسی سیر تکامل مورفوتکتونیک مخروط افکنه‌ها در دشت طبس با روش‌های بررسی‌های میدانی و خصوصیات مورفولوژیکی انجام داد، چنین استنباط کرد که الگوی مورفولوژیکی مخروط افکنه‌های طبس ارتباط مستقیم و آشکاری با موقعیت و مکانیزم گسل‌های فعال و جنبای موجود در دشت طبس و دامنه‌های غربی رشته‌کوه شتری داشته است. افشاری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی که با عنوان ارائه مدل تکاملی مورفوتکتونیک بر پایه هندسه نهشته‌های رسوبی متأثر از ساختارهای تکتونیک در دشت داراب انجام دادند به این نتیجه رسیدند که طاق‌دیس کوه پهنا در اثر گسلش ایجاد شده، باعث محیطی متفاوت (پر شده از رسوبات دریاچه‌ای) نسبت به مناطق مجاور در حوضه ده خیر شده است. داودی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک از قبیل منحنی فرازنا بی‌بعد، انتگرال منحنی فرازنا، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، پیچ‌وخم آبراهه‌ها و شاخص V به ارزیابی ویژگی‌های تکتونیک رودخانه زاینده‌رود در شمال شرق استان چهارمحال و بختیاری پرداختند و گزارش دادند که رودخانه زاینده‌رود از نظر تکتونیک، به‌طور کلی حالت نیمه فعال دارد. ولدی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی که به منظور تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات مورفوتکتونیک شهرستان کامیارن با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک مانند: شاخص شیب طولی رودخانه، سینوزیته جبهه کوهستان، شاخص پهنای کف دره نسبت به ارتفاع و شاخص عدم تقارن حوضه انجام دادند، چنین استنباط کردند که شاخص‌های مورفومتری در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد که این مناطق از نظر تکتونیک فعال می‌باشند.

گسل دهشیر با طول تقریبی ۳۵۰ کیلومتر یکی از عناصر ساختاری مهم در غرب ایران مرکزی محسوب می‌گردد. بررسی‌های دورسنجی اولیه نشان می‌دهند که فعالیت این گسل در تغییر شکل رسوبات کواترنری و تکامل لند فرم‌های دامنه‌های جنوب غربی شیرکوه نقش بسزایی داشته است. در این پژوهش سعی شده تا با شناسایی شواهد تکتونیک فعال ناحیه و تجزیه و تحلیل آن‌ها: اولاً نحوه عملکرد فرایندهای زمین‌ساختی گسل مذکور بر لندفرم‌های کواترنری و ثانیاً میزان جابجایی لند فرم‌ها طی کواترنری محاسبه تا چگونگی تکامل لند فرم‌ها در این منطقه مشخص گردد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش قسمتی از دامنه‌های جنوب غربی شیرکوه (کمر بند آتشفشانی سپند - بزمان) در پیرامون گسل دهشیر می‌باشد. این منطقه در محدوده ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۴ درجه طول جغرافیایی و ۳۱ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۱ درجه تا ۳۶ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است. کویرهای ابرکوه و تاغستان در قسمت جنوب غرب و غرب این گسل نقش سطح اساس منطقه مورد بررسی را دارند. گسل دهشیر در واقع حد غربی مجموعه گسل‌های جنبای راستا لغز راست بر شمال‌غربی - جنوبی شرقی پهنه‌های ساختاری ایران مرکزی به شمار می‌رود. از دیدگاه زمین ساختی این گسل با راستای کلی شمال، شمال غربی - جنوب، جنوب شرقی، بخشی از پهنه‌های سنندج - سیرجان، کمر بند ارومیه - دختر و ایران مرکزی را قطع می‌کند. عملکرد زمین ساخت این گسل در طی فعالیت خود کویرهای گاوخونی، تاغستان و ابرکوه را در سمت غرب و جنوب غرب خود به وجود آورده است (نبوی، ۱۳۵۵، به نقل از مهرشاهی، ۱۳۸۴). این گسل با احتساب پایانه‌های شمالی و جنوبی حدود ۵۵۰ کیلومتر طول دارد که بر اساس تغییرات راستای گسل، شش قطعه گسل به صورت خطی در درازای سامانه گسل دهشیر از یکدیگر قابل تفکیک هستند. قطعه شمالی به طول ۹۰ کیلومتر با نام گسل چاه زنگول در شمال غرب نائین قرار دارد. قطعه گسل دوم به درازای ۹۰ کیلومتر بخش کمر بند آتشفشانی ارومیه - دختر را قطع می‌کند. سومین قطعه گسل به طول ۸۰ کیلومتر در شرق کویرهای ابرکوه و تاغستان قرار دارد. قطعه چهارم با درازای ۱۳۰ کیلومتر حاشیه شرق کفه رسی - نمکی ابرکوه را قطع کرده است. پنجمین پاره گسل با طول ۱۰۰ کیلومتر از شمال غرب مروست تا جنوب شهرستان هرات ادامه دارد و سرانجام، پایانه جنوبی با درازای نزدیک به ۷۰ کیلومتر در سی کیلومتری جنوب سیرجان پایان می‌یابد (فروتن و همکاران، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است که منطقه مورد مطالعه در پاره گسل سوم گسل دهشیر قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

کار مطالعه و بررسی مورفوتکتونیک منطقه مورد مطالعه با تحدید حدود منطقه مطالعاتی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی آغاز گردید؛ سپس با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گسل‌ها منطقه استخراج شدند. در مرحله بعد شواهد مورفوتکتونیک با انجام بررسی‌های دورسنجی (استفاده از تصاویر ETM لندست ۸ و تصاویر گوگل ارث)، ژئومورفومتری و مطالعات میدانی استخراج و تجزیه و تحلیل‌های لازم برای ارزیابی نقش تکتونیک فعال انجام شد. با توجه به نقش اساسی گسل دهشیر در موضوع مورد بررسی، بهترین منطقه جهت تعیین ارتفاع پرتگاه گسل (تپه بزرگ تراورتن حاشیه گسل) تعیین و با توجه به DEM 10 متر منطقه مطالعاتی و در نظر گرفتن شیب اولیه زمین مقدار ارتفاع پرتگاه گسل (جهش عمودی) با روش برهم‌نمایی^۱ محاسبه گردید. سپس با توجه به سن تقریبی تراورتن‌هایی منطقه (۱/۸ میلیون سال) و ارتفاع پرتگاه گسل نرخ جابجایی عمودی گسل در هر سال مشخص شد. علاوه بر روش مذکور جهت تأیید یا عدم تأیید ارتفاع پرتگاه گسل در نواحی پیرامون گسل دهشیر، مشخصات چاه‌های اکتشافی سازمان آب منطقه‌ای استان یزد، مشاهده و مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعات میدانی نوار پوشش گیاهی که در راستای گسل و به واسطه بالا آمدن آب‌های زیرزمینی در اثر فعل و انفعالات حرکت گسل شکل گرفته است، بررسی شد. توالی مخروط افکنه‌ها با استفاده از تصاویر ETM لندست ۸، مطالعات میدانی و با استفاده از معیارهای مثل: تفاوت در بافت ذرات، جنس، جهت یافتگی، ارتفاع نسبی، بازتابش (بر روی تصاویر)، الگوی فرسایشی مورد تفکیک قرار گرفتند و مراحل تکاملی آن در نرم‌افزار SURFER ترسیم گردید. جهت تعیین میزان جابجایی افقی گسل دهشیر، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی میزان انحراف آبراهه‌ها محاسبه شد. در مرحله بعد در عملیات میدانی اشکال پلی ژنتیک که یکی از شواهد تکتونیک فعال در منطقه مورد مطالعه می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین جهت بررسی تپه شاهد‌های واقع در دامنه‌های جنوب غربی شیرکوه بعد از محاسبه پارامترهای مورفومتری این عوارض مثل طول، عرض، ارتفاع و مساحت، در مطالعات میدانی جنس این تپه‌ها و تغییر و تحولات که این عوارض در طی کواترنر داشته‌اند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مدل تکاملی آن‌ها ترسیم شد.

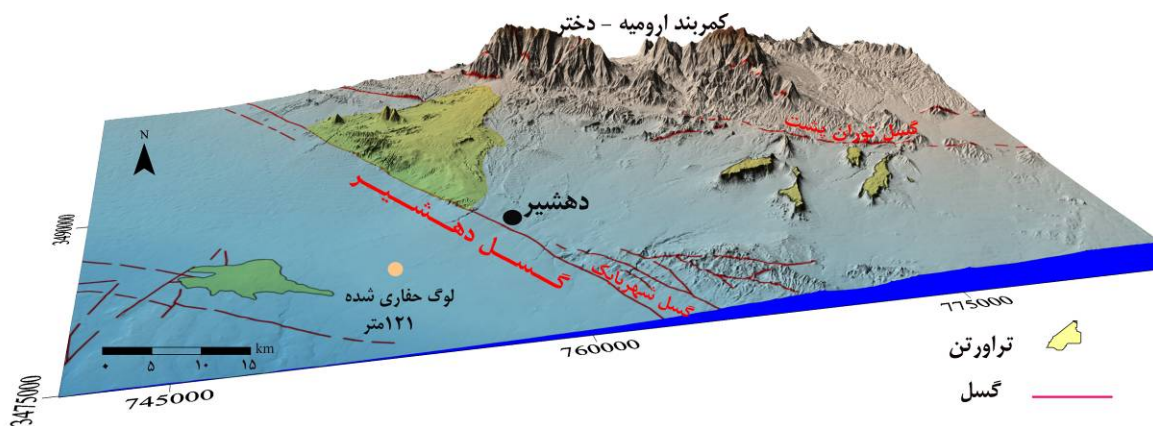
نتایج

شواهد مورفوتکتونیک در منطقه مورد مطالعه

۱. پرتگاه گسل

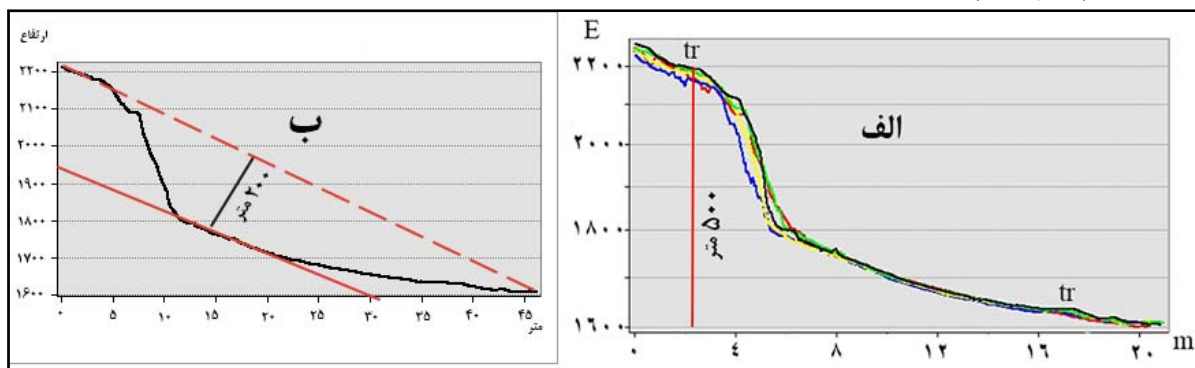
پرتگاه‌های گسلی یکی از شواهد مهم نوزمین ساخت در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. در این راستا جهت تعیین مناسب‌ترین منطقه برای اندازه‌گیری پرتگاه گسل، پس از بررسی‌های دورسنجی و ژئومورفومتری پرتگاه گسلی ایجاد شده در رسوبات تراورتن در غرب و شمال غرب دهشیر (نزدیک روستای عبدالله) انتخاب و پروفیل‌های برهم‌نمایی به منظور اندازه‌گیری ارتفاع پرتگاه گسل در نرم‌افزار GIS ترسیم شدند (شکل ۳ و ۴). بر اساس برداشت‌های میدانی (چاه‌های آب، ترانشه‌های طبیعی و مصنوعی، مسیل‌ها، گودبرداری‌ها و معادن شن و ماسه) و مطالعه چشم‌انداز ناحیه به کمک تکنیک سنجش‌ازدور (به‌کارگیری تصاویر ETM)، هم‌پوشانی نقشه‌های زمین‌شناسی با مدل رقومی ارتفاعی و مشخصات لوگ حفاری شده در فواصل بین واحدهای تراورتن گسل خورده، مشخص شد که بخش قابل‌توجهی از فرادیاره و فرودیاره گسل دهشیر در این قسمت توسط این دو واحد تشکیل شده است. در واقع تراورتن‌ها در این قسمت در اثر فعالیت مجدد گسل‌ها (بعد از تشکیل تراورتن‌ها در اثر فعالیت گسل دهشیر و شاخه‌های آن) و جابجایی در راستای قائم در طی کواترنر در سطوح مختلف ارتفاعی قرار گرفته‌اند. بالطبع قطعه فرورو در بخش نزدیک به گسل و مجاور پرتگاه

گسل به‌وسیله رسوبات ضخیم فرسایش یافته از فرادیواره توسط رسوبات مخروط افکنه ای در طی کوتاه‌تر پوشیده شده است (شکل ۳).



شکل ۲: نمای سه‌بعدی تأثیر گسل دهشیر در رسوبات تراورتن

پروفیل‌های برهم‌نمایی، اختلاف ارتفاع ایجادشده به‌وسیله گسل خوردگی دهشیر در طی کوتاه‌تری را در راستای عمود بر گسل دهشیر در محل تراورتن‌ها بین فرادیواره و فرودیواره نشان می‌دهند (شکل ۴ الف). بر اساس پروفیل‌های ارتفاعی ترسیم‌شده میانگین اختلاف ارتفاع ظاهری ایجادشده برابر با ۵۰۰ متر می‌باشد. با احتساب شیب توپوگرافی تراورتن‌ها در هنگام تشکیل، اختلاف ارتفاع واقعی ایجادشده ناشی از فعالیت گسل دهشیر بعد از تشکیل تراورتن‌ها حدود ۲۰۰ متر محاسبه شد (شکل ۴ ب).



شکل ۴: الف: برهم‌نمایی در بخش تراورتن‌های گسل خورده و ب: ارتفاع پرتگاه گسل با احتساب شیب تراورتن‌ها در زمان تشکیل

علاوه بر پروفیل‌های عمودی که نشان‌دهنده این اختلاف می‌باشند، بررسی و مشاهده چاه اکتشافی سازمان آب منطقه‌ای استان یزد مربوط به این ناحیه (شکل ۳) نشان می‌دهد که ضخامت رسوبات کوتاه‌تری در بخش فرودیواره گسل دهشیر بیش از ۱۲۰ متر می‌باشد (در لوگ موردنظر که به عمق ۱۲۱ متر حفر گردیده به سنگ اصلی برخورد نکرده‌اند).

میزان جابجایی سالیانه گسل در جهت قائم

جهت ارزیابی نرخ تغییر شکل نسبی و تحول لندفرم‌های کوتاه‌تری، تعیین سن رسوبات کوتاه‌تر لازم می‌باشد. بررسی منابع مکتوب و تحقیقات مختلف صورت گرفته در ایران نشان داد که تاکنون در هیچ ناحیه‌ای از ایران سن مطلق رسوبات تراورتن تعیین نشده است. بربریان (۱۹۹۱، ۱۹۸۵، ۱۹۸۴، ۲۰۰۰) و واکر (۲۰۰۴، ۲۷۳) در بررسی‌های مورفوتکتونیک خود در ایران، سن رسوبات تراورتن‌ها را به اوایل کوتاه‌تر و جوان‌تر نسبت داده‌اند. در بررسی‌های صورت گرفته در شرق ترکیه بر روی رسوبات تراورتن، سن این رسوبات را به روش‌های رادیوکتیو ۱/۸ میلیون سال

محاسبه شده‌اند (ارتن و همکاران^۱، ۲۰۰۵: ۲۷۱. کاکیر^۲، ۱۹۹۹: ۷۴). بنابراین چنانچه سن رسوبات کواترنری تراورتن را ۱/۸ میلیون سال در نظر بگیریم، نرخ جابجا شدگی انباشتی گسل در جهت قائم حدود $0/11 \text{ mm} \geq$ در هر سال به دست می‌آید.

۲- نوار پوشش گیاهی^۳

نوار پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از آثار گسل‌های عادی و امتدادلغز و به‌ویژه گسل‌های راست لغز شاهد دیگری از فعالیت گسل دهشیر می‌باشد. در واقع فعالیت‌های نوزمین ساخت در راستای گسل دهشیر و گسل‌های فرعی پیرامون آن علاوه بر ظهور مستقیم آب زیرزمینی به‌صورت چشمه در راستای گسل، موجب تغییر سطح آب سفره‌های آبدار و پیدایش یک زون مرطوب در راستای اثر گسل شده است. این زون مرطوب در اقلیم خشک و بیابانی به‌طور پراکنده و در راستای اثر گسل در منطقه مورد بررسی سبب رشد و نموی قابل توجه گونه‌های گیاهی خشکی‌پسند مانند: گز و تاغ شده است (شکل ۵).



شکل ۵. نوار پوشش گیاهی در راستای گسل دهشیر

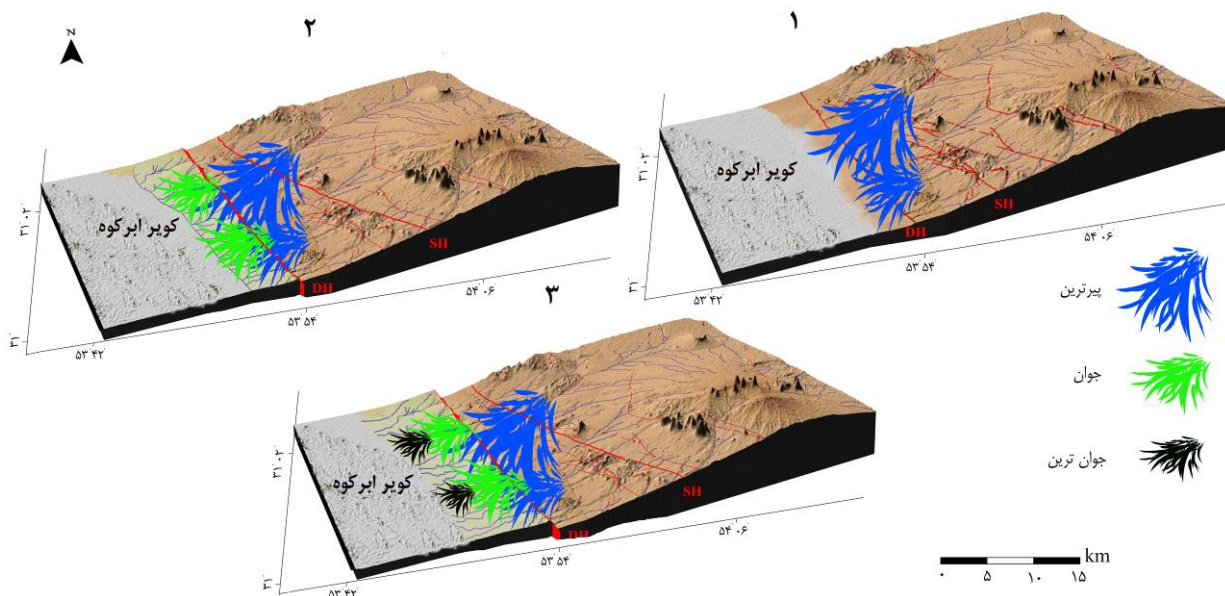
۳- توالی مخروط افکنه‌ها

مخروط افکنه‌ها یکی از مهم‌ترین شواهد فعالیت تکتونیکی ناحیه دهشیر و شرق کویر ابرکوه می‌باشند. با بررسی بافت ذرات، جنس، جهت یافتگی، ارتفاع نسبی، بازتابش بر روی تصاویر و الگوی فرسایشی ۳ توالی مخروط افکنه در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید (شکل ۶). قدیمی‌ترین مخروط افکنه‌ها بر دامنه‌های شرقی کویر ابرکوه شکل گرفته‌اند (شکل ۶). فروافتادگی کویر ابرکوه در اثر عملکرد گسل‌های دهشیر و شهرابک موجب افزایش شیب و توسعه فرسایش قهقرایی و انتقال محل رسوب‌گذاری به نواحی پایین‌تر شده است که نتیجه آن تشکیل مخروط افکنه دوم در ارتفاع پایین‌تر نسبت به مخروط افکنه اولی بوده است (۶). با فروافتادگی بیشتر کویر ابرکوه در طی کواترنر در اثر عملکرد گسل دهشیر و گسل‌های فرعی واقع در شرق و غرب آن جدیدترین مخروط افکنه‌ها بر فرودواره گسل دهشیر در حال تشکیل است (شکل ۶). در کنار توالی معنادار و مخروط افکنه‌های واقع بر شرق ابرکوه وجود ساختمان پله‌ای و جابجا شده در مخروط افکنه‌های قدیم و جدید، نقش نئوتکتونیک بر تکامل آن‌ها را به نمایش می‌گذارد (شکل ۶).

¹. Erten et al

². Cakir

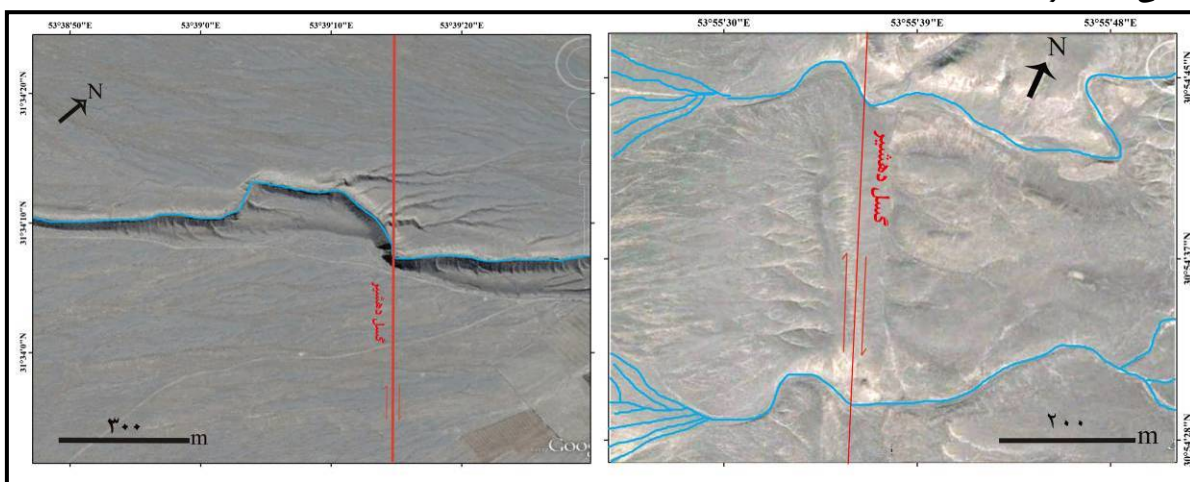
³. Vegetation lineation



شکل ۶: نمایش شماتیک نحوه تکامل مخروط افکنه‌های شرق کویبر ابرکوه

۴- انحراف شکل شبکه زهکشی

شبکه‌های زهکشی یکی از مهم‌ترین شواهد ژئومورفوتکتونیک در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در واقع بعد از شکل‌گیری آبراهه‌ها بر روی مخروط افکنه‌های شرق کویبرهای ابرکوه و تاغستان با فعالیت گسل دهشیر این آبراهه‌ها در جهت حرکت گسل دهشیر جابجا شده‌اند. جهت اندازه‌گیری میزان انحراف آبراهه‌ها از مطالعات میدانی و بررسی‌های دورسنجی استفاده شد و شبکه‌هایی که در اثر گسل جابجا شدند شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (شکل ۷ و ۸). این بررسی‌ها نشان داد که شبکه زهکشی در منطقه مطالعاتی به میزان‌های مختلف جابجا شده‌اند که بارزترین آن‌ها به مقدار ۵۵ الی ۱۷۰ متر جابجا شده‌اند.

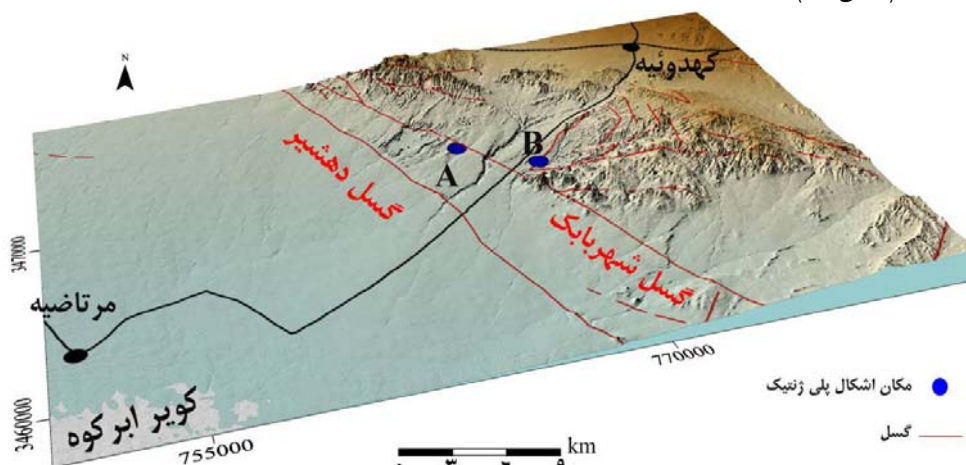


شکل ۷: انحراف شبکه زهکشی در شرق کویبر ابرکوه و کویبر تاغستان در اثر گسل دهشیر



شکل ۸: نمونه‌ای از انحراف شبکه زهکشی در محدوده گسل دهشیر

۵- قرار گرفتن رسوبات کواترنری با منشأهای مختلف در کنار و یا روی همدیگر (رسوبات پولی ژنتیک) در بررسی‌های میدانی صورت گرفته در شرق کویر ابرکوه و در مسیر کهدوئیه به مرتاضیه در بخش فرادیواره گسل دهشیر و در فاصله ۱۷ کیلومتری حاشیه شرقی کنونی کویر ابرکوه و در ارتفاع ۱۷۲۰ متری ضخامت قابل توجهی از رسوبات کویری در زیر رسوبات مخروط افکنه ای جدید قرار گرفته‌اند (شکل ۹ و ۱۰). وجود رسوبات کویری آن هم در فاصله زیاد نسبت به کویر فعلی نشان می‌دهد که قبل از فعالیت گسل‌های شهربابک و دهشیر در کواترنر، کویر ابرکوه تا این محل گسترش داشته (حدود ۲۶۰ متر بالاتر از محل فعلی کویر ابرکوه) و در مراحل بعدی با گسل خوردگی منطقه و زیاد شدن شیب توپوگرافی مخروط افکنه‌های بالادست بر روی رسوبات کویری ته نشت شدند. سپس با فعالیت دوباره گسل‌های مذکور رسوبات مخروط افکنه ای موجود بر روی رسوبات کویری در معرض فرسایش قرار گرفته‌اند و به شکل امروزی درآمده‌اند (شکل ۱۰).



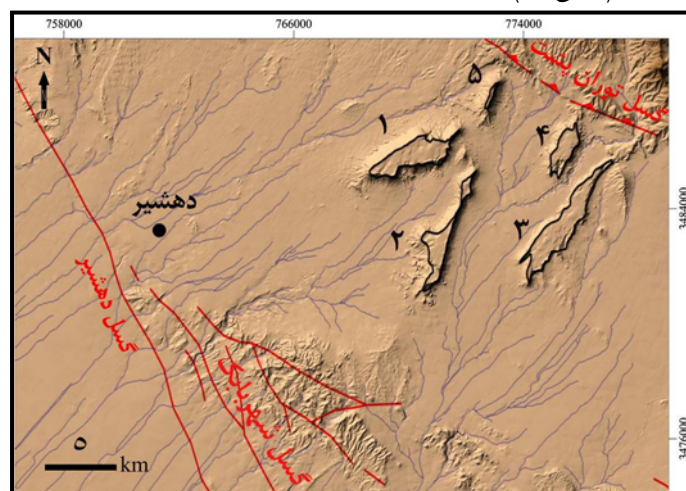
شکل ۹: موقعیت مناطق پلی ژنتیک که با حروف A و B نام‌گذاری شده‌اند



شکل ۱۰: مناطق پلی ژنتیک در منطقه مورد مطالعه - نک به شکل ۹

۶- تپه شاهدها

در جنوب غرب شیرکوه تپه شاهدهایی وجود دارد که با ارتفاع زیاد نسبت به مناطق مجاور مشخص می‌شوند (شکل ۱۱ و ۱۲). این لندفرم‌ها با مشخصات متفاوت نسبت به هم در بین گسل‌های توران پشت در جبهه کوهستان و گسل‌های شهرباک و دهشیر در غرب و جنوب به وجود آمده‌اند (جدول ۱). بررسی‌های میدانی نشان داد که تراورتن‌های ناحیه که سطوح تپه شاهدها را در بر گرفته‌اند بر روی کنگلومرای پلیوسن قرار دارند؛ و خود کنگلومرا نیز به‌طور دگرشیب بر روی سازند سرخ بالایی واقع شده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۱: تصویر تپه شاهدها در منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۲: تصویر تپه شاهدهای تراورتنی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات مورفومتری تپه شاهد‌های واقع در جنوب غرب شیرکوه

شماره تپه شاهد	ارتفاع مطلق (متر)	ارتفاع نسبی (متر)	طول (متر)	عرض (متر)	مساحت (کیلومترمربع)
۱	۲۳۲۰	۲۰۹	۴/۷۵	۱/۶۲	۷/۵۴
۲	۲۲۳۳	۲۱۰	۶/۳۰	۱/۶۷	۸/۲۹
۳	۲۲۳۰	۹۱	۴/۸	۱/۶	۷/۶
۴	۲۳۱۷	۱۴۵	۲/۴۱	۱/۱۵	۲/۴۵
۵	۲۴۰۷	۲۱۵	۲/۲۲	۱/۲۳	۲/۴۵



شکل ۱۳: قرارگیری رسوبات تراورتن بر روی سازند کنگومرای پلیوسن و سازند سرخ بالایی

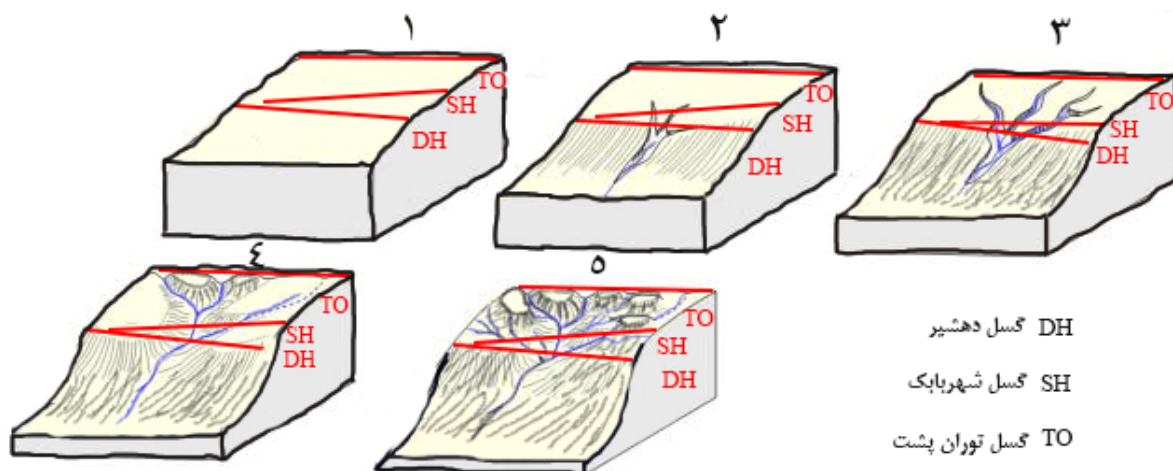
در مورد نحوه تکامل و پیدایش این لندفرم‌ها می‌توان چنین استنباط کرد که چون شرایط مناسب جهت تشکیل تراورتن‌ها آن‌ها هم به شکل گسترده (مانند منطقه مطالعاتی) اقلیم گرم با بارش زیاد است (پنتکاست^۱، ۱۹۹۵: ۱۰۰۵. کالدیرینی و همکاران^۲، ۱۹۹۸: ۱۰۹. مینی سال و همکاران^۳، ۲۰۰۲: ۷۲۵). به نقل از مختاری، (۱۳۹۰)، می‌توان چنین بیان کرد در اوایل کواترنر وجود بارش و دما بیشتر نسبت به زمان حال از یک طرف و فعالیت‌های تکتونیک به صورت ظهور چشمه‌های تراورتنی از طرف دیگر باعث تشکیل سطوح گسترده تراورتن در جنوب غرب شیرکوه شده است. در دوره‌های بعدی فروافتادگی سطح اساس (کویر ابرکوه) در اثر عملکرد گسل‌های دهشیر و شهر بابک و بالآمدگی ناحیه کوهستانی در اثر گسل توران پشت، سبب تسریع فرسایش کاوشی آب‌های جاری و ایجاد بریدگی‌ها، توسعه کانال‌ها و خندق‌ها بر روی واحدهای کواترنری (فرسایش قهقرایی) و پیدایش تپه شاهد‌ها (شبه اینسلب‌رگ^۴) در طی کواترنر شده است (شکل ۱۴).

^۱ . Pentecost

^۲ . Calderini et al

^۳ . Minissale et al

^۴ . با توجه به اینکه این تپه شاهد‌ها فاقد ریشه اند، نمی‌توان آنها را اینسلب‌رگ نامید.



شکل ۱۴: مدل تکاملی تپه شاهد‌های جنوب غرب شیرکوه یزد: ۱: قبل از فعالیت مجدد گسل‌های دهشیر، شهرباک و توران پشت، تراورتن‌ها در اوایل کواترنر به‌طور گسترده دامنه‌های جنوب غربی شیرکوه را پوشانده بودند. ۲: با فعالیت گسل‌های مذکور این منطقه شروع به فرسایش قهقرایی می‌کند. ۳: در مرحله بعد فرسایش قهقرایی به سمت نواحی بالادست توسعه پیدا می‌کند. ۴: در اثر فرسایش قابل توجه مناطق بالادست بعضی از تپه شاهد‌ها شکل می‌گیرند. ۵: در نهایت با گذشت زمان تمامی قسمت‌های بالادست در اثر فرسایش از بین می‌رود و پنج تپه شاهد بزرگ به انضمام پیش تپه‌ها که چشم‌انداز کنونی دامنه‌های جنوب غربی شیرکوه را شکل داده‌اند، تشکیل می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

از بررسی‌های انجام‌شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که گسل‌های دهشیر، شهرباک و توران پشت باعث تغییر شکل لندفرم‌های کواترنری در منطقه مورد مطالعه شده‌اند. میزان اختلاف ارتفاع ایجادشده به‌وسیله گسل دهشیر با ترسیم پروفیل‌های برهم‌نمایی ۲۰۰ متر (به‌صورت تجمعی) محاسبه گردیده که نرخ لغزش آن حدود ۰/۱۱ در هر سال می‌باشد. این اختلاف ارتفاع ایجادشده در طی کواترنر فعالیت زیاد این گسل را نشان می‌دهد. علاوه بر این چاه اکتشافی سازمان آب منطقه می‌تواند تأییدکننده این اختلاف ارتفاع باشد. از جمله پژوهش‌های انجام‌گرفته در مورد گسل دهشیر تحقیق فروتن و همکاران (۱۳۸۹) در مورد آهنگ لغزش این گسل به روش لومینسانس نوری است. آن‌ها چنین بیان کردند که آهنگ لغزش سالانه مؤلفه افقی گسل در بازه زمانی مورد بررسی (پلیستوسن پایانی - هولوسن) برابر با $1 \pm 0.3 \text{ mm yr}^{-1}$ و برای مؤلفه شاقولی حدود 0.1 mm yr^{-1} بوده است. همچنین نانکی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی که با عنوان تعیین نرخ لغزش گسل دهشیر با استفاده از مدسازی مکانیکی انجام دادند، چنین استنباط کردند که نرخ لغزش گسل دهشیر در قطعه مروست برابر با ۰.۸ الی ۱.۳ میلی‌متر در سال می‌باشد. نوار پوشش گیاهی و وجود چشمه‌ها در راستای گسل دهشیر از جمله آثار امتداد لغز گسل دهشیر می‌باشد. همچنین وجود سه توالی مخروط افکنه در شرق کویر ابرکوه نشان‌دهنده افت سطح اساس کویر ابرکوه به‌طور متوالی در اثر گسل‌های دهشیر و شهرباک می‌باشد. حداکثر انحراف آبراهه در منطقه مطالعاتی به میزان ۵۵ الی ۱۷۰ متر می‌باشد که بیانگر میزان جابجایی گسل دهشیر بعد از تشکیل آبراهه‌ها است که این میزان می‌تواند با مقدار انحراف آبراهه‌ها که فروتن و همکاران در مخروط افکنه مروست (۵۰ الی ۱۸۵ متر) اندازه‌گیری کرده‌اند، برابری کند. وجود رسوبات پلی ژنتیک آن هم در فاصله زیاد نسبت به محل فعلی، فرونشست کویر ابرکوه را در کواترنر نشان می‌دهد. تپه شاهد‌های تراورتنی با ارتفاع تقریبی ۲۰۰ متر نیز بارزترین لندفرم ایجادشده توسط گسل‌های منطقه می‌باشد که می‌تواند با ارتفاع پرتگاه گسل که ۲۰۰ متر می‌باشد، مطابقت کند. در واقع ایجاد چنین اختلاف ارتفاعی توسط گسل دهشیر باعث فرسایش قهقرایی و ایجاد این تپه شاهد‌ها شده است.

منابع

- افشاری، سعید، عابدی، فرشته، یزجردی، کورس، (۱۳۹۰) ارائه مدل تکاملی مورفوتکتونیک بر پایه هندسه نهشته‌های رسوبی متأثر از ساختارهای تکتونیک، مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین.
 - چورلی، ریچارد جی، شوم، استانیلی ای، سودن، دیوید ای، (۱۳۸۸)، ژئومورفولوژی (دیدگاه‌ها)، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت، تهران.
 - داودی، الهام، شبانین بوجنی، ناهید، داودیان دهکردی، علیرضا، (۱۳۹۲)، ارزیابی ویژگی‌های مورفوتکتونیک رودخانه زاینده‌رود در شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۹، ۱۹-۱۰.
 - فروتن، محمد، نظری، حمید، میر برتراند، سیریر میشل، فتاحی، مرتضی، لو دورتز، کریستل، قرشی، منوچهر، حسامی، خالد، قاسمی، محمدرضا، طالبیان، مرتضی، (۱۳۸۹)، آهنگ لغزش راست بر گسل دهشیر در بازه زمانی پلیستوسن پایانی - هولوسن، فلات ایران مرکزی، علوم زمین، شماره ۸۹، ۲۰۶-۱۹۵.
 - مختاری کشکی، داوود، کریمی، فریبا، بیاتی، مریم، (۱۳۹۰)، پژوهشی در توفای مخروط افکنه ای پرسیان در شمال غرب ایران و کاهش روند تدریجی آن در هولوسن، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴۲، ۲۲ - ۱.
 - ناظمی، محمد، (۱۳۸۵)، بررسی سیر تکامل مورفوتکتونیک مخروط افکنه ها در دشت طبس، دومین همایش معدن و علوم وابسته، صص ۴۶-۵۴.
 - نانکی، حمیدرضا، توکلی، فرخ، جمور، یحیی، (۱۳۹۱)، تعیین نرخ لغزش گسل دهشیر با استفاده از مدل‌سازی مکانیکی، نشریه نقشه‌برداری، شماره ۱۲۲، ۱۲-۶.
 - نبوی، محمدحسن، (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
 - ولدی، بختار، خضری، سعید، قربانی، محمد صدیق، (۱۳۹۴)، تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات مورفوتکتونیک شهرستان کامیاران، مجله دانش مخاطرات، شماره ۲، صص ۲۶۸-۲۵۱.
- Berberian, M., 1991. *Is the theory of earthquake Greek or Iranian? The oldest theory on earthquakes and faulting. Iranshenasi, II (4), 835-845.*
 - Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M., Priestley, K., 2000. *The 1994 Sefidabeh earthquakes in eastern Iran: Blind thrusting and bedding-plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan suture zone, Geophys 142, 283-299.*
 - Berberian, M., Qorashi, M., Arzhang-ravesh, B., Mohajer-Ashjai, A., 1985. *Recent tectonics, seismotectonics and earthquake-fault hazard investigation in the Greater Tehran region: contribution to the seismotectonics of Iran, part V. Geological Survey of Iran 56, 316.*
 - 13. Bhatt, C. M., Chopraand, R., Sharma, E. K., 2007. *Morphotectonic analysis in anandpur sahib area, Punjab (India) using remote sensing and gis approach. Indian Society of Remote Sensing 35, 55-71.*
 - Calderini, G., Calderoni, G., Cavinato, G.P., Gliozzi, E. Paccara, P. 1998. *The upper Quaternary sedimentary sequence at the Rieti basin (Central Italy): a record of sedimentary response to environmental changes. Palaeogeogr. Palaeoclim, Palaeoecol 140, 97-111.*

- Delcaillau, B., Laville, E., Amhrar, M., Namous, M., Dugue, O., Pedoja, K., 2010. *Quaternary evolution of the Marrakech High Atlas and morphotectonic evidence of activity along the Tizi N'Test Fault, Morocco*. *Geomorphology* 118, 262–279.
- Gordon, R. G., 1998. *The plate tectonic approximation: plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 26, 615–642.
- Hobbs, W.H., 1912. *Earth Features and their Meaning*. Macmillian Co, New York.
- Jordan, G., Meijninger, B. M. L., Hinsbergen, D. J., Meulenkamp J. E., Dijk P. M., 2005. *Extraction of morphotectonic features from DEMs: Development and applications for study areas in Hungary and NW Greece*. *Applied Earth Observation and Geoinformation* 7, 163–182.
- Joshi, P.N., Maurya, D.M., L.S. Chamyal, L.S., 2013. *Morphotectonic segmentation and spatial variability of neotectonic activity along the Narmada–Son Fault, Western India: Remote sensing and GIS analysis*. *Geomorphology* 180, 292-306.
- Keller, E. A., Bonkowski, M. S., Korsch, R.J., Shlemon, R. J., 1982. *Tectonic geomorphology of the San Andreas fault zone in the southern Indio Hills, Coachella Valley, California*. *Geological Society of America Bulletin* 93, 46–56.
- Keller, E. A., Pinter, N., 2002. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape*. Second ed. Prentice Hall, NJ. 362 pp.
- Lidmar, K., 1996. *Long term morphotectonic evolution in Sweden*, *Geomorphology* 16, 33-59.
- Minissale, A., Kerrick, D. M., Magro, G., Murrell, M. T., Paladini, M., Rihs, S., Sturchio, N. C., Tassi, F., and Vaselli, O., 2002. *Geochemistry of Quaternary travertines in the region north of Rome (Italy): structural, hydrologic and paleoclimatic implications*. *Earth and Planetary Science Letters* 203, 709-728.
- Pentecost, A., 1995. *The quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor*. *Quaternary Science Reviews* 14, 1005-1028.
- Peulvast, J. P., 1986. *Structural geomorphology and morphological development in the Lofoten Vestefilen (Norway)*. *Norsk Geogr. Tidsskr* 40, 135-161.
- Peulvast, J. P., 1991. *Structural geomorphology and morphotectonic evolution of an uplifted rifted margin: the Scoresby Sund area, East Greenland*. *Z. Geomorph. Suppl. Bd* 82, 17-34.
- Peulvast, J., Bouchard, M., Jolicoeur, S., Pierre, G., Schroeder, J., 1996. *Palaeolandforms and morphotectonic evolution around the Baie des Chaleurs (eastern Canada)*. *Geomorphology* 16, 5-32.

- Poag, C. W., Sevon, W. D., 1989. **Record of Appalachian denudation in postrift Mesozoic and Cenozoic sedimentary deposits of the U.S. middle Atlantic continental margin.** *Geomorphology* 2, 119- 157.
- Singh, V., Tandon, S.K., 2008. **The Pinjaur dun (intermontane longitudinal valley) and associated active mountain fronts, NW Himalaya: Tectonic geomorphology and morphotectonic evolution.** *Geomorphology* 102, 376-394.
- Strahler, A.N., 1952. **Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography.** *Geological Society of America Bulletin* 63, 1117–1142.
- Troiani, F., Della Seta, M., 2008. **The use of the Stream Length–Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A case study from Central Italy.** *Geomorphology* 102, 159-168.
- Walker, R. J., Jackson, J., 2004. **Active tectonics and late Cenozoic strain distribution in central and eastern Iran,** *geophysics* 157, 265-282.