

بررسی شواهد گسلی در آبرفت های کواترنر (نمونه موردی گسل کوندج در استان قزوین)

سعید محمد صبوری*؛ استادیار، زمین شناسی، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۴

چکیده

زمین ساخت فعال به فرایندهای تکتونیکی اطلاق می شود که در طی یک مقیاس زمانی در پوسته زمین تغییر شکل هایی ایجاد می کنند. هدف از این پژوهش بررسی شواهد تکتونیک فعال و فعالیت گسل کوندج در کواترنر می باشد که با بررسی های ریخت زمین ساختی و بررسی های دقیق و بزرگ مقیاس میدانی در راستای گسل انجام شده است. بخش هایی از طول گسل در داخل آبرفت بوده و بصورت گسل پنهان است. با بررسی های انجام شده در راستای گسل موقعیت گسل در آبرفت های کواترنر بطول ۱۱ کیلومتر در جنوب روستاهای بهجت آباد، تازه آباد و جزمه نسبت به نقشه زمین شناسی اصلاح گردید و در مابقی طول گسل از روستای دارالسرور به سمت شرق به طول ۳/۵ کیلومتر و از روستای خزین آباد تا نزدیکی روستای انجیلاق به طول ۹/۵ کیلومتر منطبق با موقعیت گسل در نقشه زمین شناسی می باشد. در بررسی های میدانی متوسط شیب صفحه گسل ۴۸ تا ۵۵ درجه به سمت شمال اندازه گیری شد. همچنین متوسط جابجایی افقی و قائم گسل به ترتیب برابر با 22 ± 5 و 32 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری شده است.

واژگان کلیدی: تکتونیک فعال، گسل کوندج، آبرفت، کواترنر، قزوین.

مقدمه

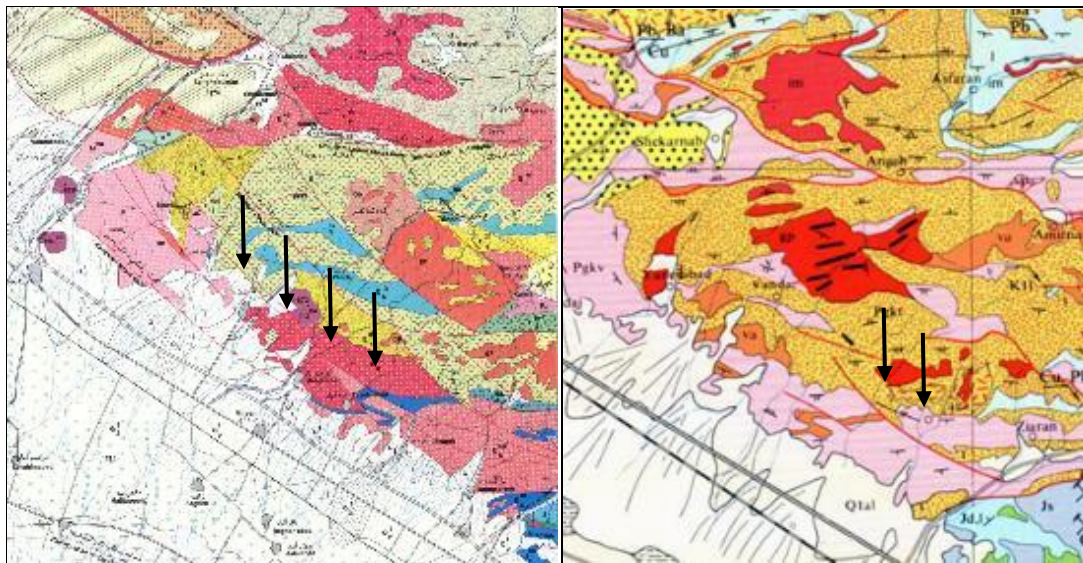
زمین‌ساخت‌فعال به فرایندهای تکتونیکی اطلاق می‌شود که در طی یک مقیاس زمانی در پوسته زمین تغییرشکل‌هایی ایجاد می‌کنند. اغلب تغییرشکل‌ها برای جوامع انسانی مهم هستند. مطالعه زمین‌ساخت‌فعال در یک ناحیه در ارزیابی خطر برای آن ناحیه بسیار مهم است، مخصوصاً در نواحی که میزان فعالیت تکتونیکی در طی هولوسن و پلیستوسن بالایی زیاد باشد، این مطالعات دارای اهمیت خواهد بود. اگرچه زمین‌ساخت‌فعال گسستگی آرام پوسته زمین است که امکان دارد به سازه‌های بشرساز صدمه بزند ولی بیشتر فرایندهایی که رخدادهای ناگهانی را بوجود می‌آورند، اهمیت دارند. بر این اساس شناخت زمین‌ساخت‌فعال در یک منطقه میتواند خطرات ناشی از وقوع رخدادهای ناگهانی (مانند زمین لرزه) را کاهش دهد (Keller & Pinter, 2002). یمانی، م. و همکاران (۱۳۸۷) با ارزیابی تأثیرات نوزمین‌ساخت‌فعال با استفاده از شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی در دامنه‌های کرکس بیان نمودند که دامنه شرقی به علت وجود گسل‌های فراوان، فعال‌تر از دامنه غربی است. نجف‌پور، س. و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی سازوکار جوان گسل الموت رود بوسیله تلفیقی از داده‌های حاصل از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و مدل رقومی و شواهد صحرائی شاخه‌های فعالی از گسل الموت رود برای اولین بار معرفی نموده است. این شاخه‌های فعال در گذشته در قالب گسلی غیر فعال در نقشه‌ها ارائه شده بوده است. نجف‌پور و همکاران میزان جابه‌جایی گسل الموتود را در آبراه‌های متقاطع در میان گسل بصورت چپگرد اندازه‌گیری نمودند که این اندازه‌گیری نشان‌دهنده حرکت امتدادلغز چپگرد گسل الموتود با مؤلفه قائم نرمال بوده است. طاهرخانی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی‌های ریخت‌زمین‌ساختی و بررسی‌های دقیق و بزرگ مقیاس میدانی در راستای بخش میانی گسل شمال قزوین میزان جابه‌جایی افقی و قائم را به ترتیب برابر با 5 ± 1 و $4/5 \pm 1$ متر اندازه‌گیری نموده و بیان نمودند که گسل شمال قزوین گسلی است فشاری با شیب به سوی شمال که به همراه دیگر گسل‌های پیرامون چون گسل نجم‌آباد به صورت سامانه گسلی پیشرونده با سازوکار چپ‌گرد در دامنه جنوبی بخش باختری البرز مرکزی قابل مشاهده است. نظری (۲۰۱۶) به بررسی مورفوتکتونیکی گسل شمال قزوین به منظور روشن شدن حرکت کینماتیک اخیر گسل پرداخته و احتمال رخداد زمین لرزه‌های بزرگ تاریخی توسط گسل شمال قزوین را بیان نموده است، اگرچه این موضوع هنوز با ابزار دقیق بررسی و اندازه‌گیری نشده است. حریم گسیختگی سطحی یک گسل زمینلرزه‌ای، به فاصله‌ای از گسل گفته می‌شود که کلیه سازه‌ها و تاسیسات صرف نظر از میزان آسیب‌پذیری شان با خطر مستقیم گسیختگی ساختگاه مواجه هستند. بر این اساس هر نوع تاسیسات و سازه، با هر درجه‌ای از مقاوم‌سازی، امکان مقابله با گسیختگی سطحی را نخواهد داشت و در جهت امنیت سازه هیچ گزینه‌ای به غیر از تغییر مکان سازه وجود ندارد (CDC, 2002). گسیختگی سطحی یکی از خطرات رخداد زلزله می‌باشد که با رعایت فاصله تعریف شده به راحتی قابل اجتناب است. فاصله تعریف شده به عنوان حریم، عموماً از صدوپنجاه متر تا دو کیلومتر متغیر است و بر مبنای مطالعات زمین‌شناسی و حساسیت سازه معرفی می‌شود (در صورتی که یک شاخه گسلی مدنظر باشد فاصله برای سازه‌های مسکونی دویست متر و نیروگاه‌های استراتژیک دو کیلومتر می‌باشد). مبحث تکتونیک فعال در علوم زمین تحت عنوان حرکات نئوتکتونیکی که احتمال رخداد آن‌ها در زمان‌های آتی وجود داشته و جوامع بشری را تهدید می‌نماید، تعریف شده است (Burbank et al., 2001). پدررا و همکاران (۲۰۰۹) مطالعات تکتونیک فعال را از مباحث مهم در علوم زمین بیان نموده و نتایج مطالعات تکتونیک فعال را برای ارزیابی مخاطرات طبیعی و برنامه‌های توسعه و مدیریت کاربری اراضی در مناطق پرجمعیت دارای کاربرد زیاد معرفی نموده است.

تکتونیک فعال به عنوان یک فرایند طبیعی، مخاطرات فراورانی را برای جوامع بشری ایجاد می کند (پروین، ۱۳۹۹). در میان روش های زمین شناسی برای بررسی تکتونیک فعال، بررسی های ژئومورفولوژیکی و مطالعات مورفوتکتونیک نقش بسیار مهمی را دارد، چونکه بسیاری از عوارض ژئومورفیک در مقابل حرکات تکتونیک فعال حساس هستند (جباری و همکاران، ۱۳۹۱). در ایران با توجه به کمبود اطلاعات از موقعیت دقیق گسل ها در مناطق شهری، اغلب به جای انجام مطالعات دقیق ساختگاهی جهت تعیین موقعیت گسل و گسل های همراه، پیشنهادهایی برای انتخاب فواصلی تا دو هزار متر به عنوان حریم ذکر می شود که با مقاومت مالکان روبه رو می گردد. در صورتی که انجام مطالعات ساختگاهی ضمن کمک به شناسایی دقیق موقعیت گسل، منجر به انتخاب حریم طبق معیارهای معتبر علمی و همچنین موقعیت دقیق گسل، قابل قبول برای سرمایه گذاران و صاحبان املاک خواهد بود (شفیعی بافتی و همکاران، ۱۳۸۹). ایران بدی و زارع (۱۳۹۳)، با تلفیق روش هایی که بر پایه نوع گسل و مشاهدات صحرایی (بربریان و همکاران، ۱۳۶۴) و یا بر پایه کد بین المللی ساختمان (IBC) که شامل شیب گسل، میزان جابه جایی، عوامل نوع سازه و پی ساختمان و حساسیت سازه و با در نظر گرفتن مباحث ژئوتکنیکی، حریم ساخت و ساز را با دقت طراحی کرده اند. آن ها برای تعیین حریم ساخت و ساز در مجاورت مناطق زلزله خیز، ابتدا نقشه ی گسلش فعال و نقشه ی نوع خاک منطقه بر پایه مطالعات ژئوتکنیک با مقیاس ۱:۵۰۰ تهیه و رسم شده و بر پایه فرمول های محاسباتی ژرفا، شکل و اهمیت سازه مشخص شده است. در انتها با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده، ساختمان ها ساخته شده اند. با توجه به اینکه روند ساخت و ساز در حریم گسل شمال تهران رو به افزایش است، یکی از مهم ترین مطالعات مقدماتی برای جلوگیری از آسیب پذیری لرزه ای رعایت حریم گسل است. اثر حوزه ی نزدیک در مناطق کوهستانی و دارای شیب، باعث پدیده هایی چون زمین لغزش و سنگ افت می شود. در مناطق حوزه ی نزدیک گسل، ساخت و ساز اهمیت ویژه ای دارد و باید برای ساخت و ساز، حریمی ایمن نسبت به گسل لرزه زا در نظر گرفته شود. منظور از حریم مهندسی گسلش، حریمی است که برای یک گسل لرزه زا در نظر گرفته می شود تا سازه ها از آثار حوزه نزدیک گسل مانند گسیختگی سطحی، جنبش شدید زمین، جابه جایی و زمین لغزش در مناطق با توپوگرافی و شیب زیاد، کمتر تأثیر بپذیرند (مغرب و زارع، ۱۳۸۸). در البرز جنوبی - غربی تعدادی از گسل های راندگی با روند شرقی - غربی قابل مشاهده اند، از جمله گسل های تالقان و مشای غربی که در ادامه برخی از گسل ها در زیر رسوبات کواترنری مستور شده اند. یک مورد استثنا در اینجا گسل شمال قزوین با روند شرقی - غربی و شیب به سوی شمال است که سبب راندگی سازند کرج بر روی سنگ های تخریبی کواترنری و ناودیسسی به سن نئوژن شده است (Allen et al, 2003a). در این پژوهش که از طریق مشاهدات صحرایی ترانشه ها در آبرفت ها و مخروط افکنه های محدوده مورد بررسی انجام شده است، سعی می شود پاسخی برای سوالات: ۱- موقعیت مکانی گسل کوندج در مناطق آبرفتی چگونه است؟ ۲- آیا گسل کوندج در کواترنر بوده است؟ ۳- شواهد فعالیت تکتونیک در آبرفت های کواترنر چگونه است؟ ارائه گردد. هدف از این پژوهش بررسی شواهد تکتونیک فعال و فعالیت گسل کوندج در کواترنر می باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی حد فاصل شهر آبیگ و قزوین را دربر می گیرد که در این محدوده به بررسی شواهد فعالیت کواترنر گسل کوندج پرداخته شده است. موقعیت مکانی گسل کوندج بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ قزوین و ۱:۲۵۰۰۰۰۰ قزوین - رشت در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در نقشه زمین

شناسی ۱:۲۵۰.۰۰۰ قزوین - رشت، گسل کوندج در محدوده کوچکی مورد شناسایی قرار گرفته و طول تقریبی ۴ کیلومتری برای آن مشخص شده است و در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ قزوین نیز طول تقریبی ۳۰ کیلومتری برای این گسل در نظر گرفته شده است که از این مقدار حدود ۹ کیلومتر آن مشخص گردیده و مابقی طول گسل که از محدوده آبرفت های کواترنر عبور می نماید بصورت خط چین بوده و موقعیت دقیق آن مشخص نمی باشد. در این پژوهش نسبت به شناسایی و تدقیق موقعیت مکانی گسل اقدام گردیده است.



شکل شماره ۱: نقشه موقعیت گسل کوندج بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ قزوین (سمت راست) و ۱:۲۵۰.۰۰۰ قزوین - رشت (سمت چپ)

- زمین شناسی

از نگاه زمین شناسی، محدوده مورد مطالعه در فصل مشترک البرز و لبه شمالی ایران مرکزی قرار دارد. این محدوده شامل قسمتی از دشت قزوین می باشد. از دیدگاه ریخت شناسی، کوه های شمال و شمال شرقی شهر قزوین، از یک سری چین ها و راندگی های خاوری - باختری ساخته شده است که به سمت جنوب رانده شده اند. شدت دگر ریختی در حد کوه و دشت در بیشترین مقدار بوده و بلندی های کوهپایه ای را دارد که به تدریج به پهنه مسطح دشت قزوین می رسد که با نهشته های آبرفتی جوان پوشیده شده است. سازندهای زمین شناسی که توسط گسل کوندج قطع شده اند به شرح زیر می باشند:

واحد Eap6: این واحد بصورت مجموعه ای از سنگ های آتشفشانی داسیتی، تراکی آندزیت، پورفیری خاکستری تا قهوه ای روشن و آندزیت بازالت که بیشتر در اطراف روستاهای دارالسور و جزمه رخنمون دارد. بافت این سنگ ها بیشتر پورفیریتیک میکرولیتی و گاه مگاپورفیریتیک می باشد. کانیهای تشکیل دهنده این سنگ ها پورفیرها و مگاپورفیرهایی است از پلاژیوکلاز با ترکیب شیمیایی متوسط تا بازیک با فرم بلوری شکل دار تا نیمه شکل دار و کانیهای مافیک کلینوپیروکسن و اولیوین تجزیه شده به آبدنگسیت و سرپانتین و کلریت در خمیره ای از میکرولیت های فراوان پلاژیوکلاز تشکیل شده است. این واحد بشدت گسل خورده و ضخامت آن در نقاط مختلف بین ۵ تا

۳۰۰ متر متغیر است.

واحد Eab6: این واحد به سن ائوسن بالایی متشکل از بازالت های خاکستری، تراکی بازالت، اندزیت بازالت و گاهی بطور محلی از آلکالی بازالت های فلدسپاتوئیددار تشکیل گردیده است. رخنمون این واحد در اطراف روستاهای بهجت آباد و قریب مزرعه است. این سنگ ها بیشتر دارای بافت پورفیریتیک در زمینه ای میکروولیتی با میکرو گرانولار بوده و فنوکریست ها شامل پلاژیوکلاز با ترکیب شیمیایی متوسط توام با ماگل پلی سنتتیک و شکل دار تا نیمه شکل دار و پیروکسن با ترکیب دیوپسید- اوژیت بصورت نیمه شکل دار و بلورهای اولیون که اکثراً به سرپانتین تجزیه شده اند تشکیل شده است.



شکل شماره ۲: نمایی از واحد Eab6 در نزدیکی روستای بهجت آباد در مختصات 36/08/40.2 , 50/22/14.4

واحد Mtra: این واحد که رخنمون آن در اطراف روستاهای یونس آباد و کوندج است از سنگ های آتشفشانی تیره تا قهوه ای با ترکیب تراکیت، داسیت آندزیت و بطور محلی گدازه های آتشفشانی فلدسپاتوئید دار تشکیل گردیده است. از دیدگاه سنگ شناختی دارای بافت پورفیریتیک با زمینه میکروولیتی شیشه ای کریستالیزه همراه با فنوکریست های پلاژیوکلاز حدواسط تا اسید با ماگل پلی سنتتیک شکل دار تا نیمه شکل دار تجزیه شده به سرپسیت، کربنات، سیلیس و کلریت در زمین های از فلدسپات آلکالن با بافت های جریان و کوارتز با تبلور دوباره که در حفرات سنگ پر شده است. در محدوده گسل کوندج نهشته های آبرفتی کواترنر گستره هایی را زیرپوشش دارند. دگرریختی های رسوبات کواترنر از اهمیت ویژه ای برخوردار است بطوریکه در محدوده مورد بررسی، گسل کوندج رسوبات کواترنر را بریده است. واحدهای کواترنر شامل Qt1 که نهشته هایی است که معمولاً در دامنه کوه ها بصورت پادگانه های آبرفتی بلند و مخروط افکنه (Qf1) دیده می شوند. این نهشته ها بیشتر در اطراف روستای کوندج گسترش دارند. همچنین واحد Qt2 که معمولاً در سطح پست تری نسبت به واحدهای Qt1 بوده ولی خود در سطوح مختلف توپوگرافی جای می گیرند.

نهشته های مذکور شامل نهشته های مخروط افکنه ای (Qf2) و ته نشست های سخت نشده قلوه دار است که بخش زیادی از محدوده مورد بررسی را می پوشاند. در محدوده مورد بررسی ۱۴ مخروط افکنه بزرگ وجود دارد.



شکل شماره ۳: نمایی از واحد Qt1 در نزدیکی روستای کوندج در مختصات 36/12/1.24 , 50/14/54.5



شکل شماره ۴: نمایی از واحد Qt2 در نزدیکی روستای فالیزان در مختصات 36/09/35 , 50/20/39.3

- زمین ساخت محدوده مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه در مرز زون ساختاری البرز و ایران مرکزی واقع شده است. به نظر میرسد که مرز این دو پهنه بر راندگی شمال قزوین منطبق باشد که ارتفاعات شمال را از دشت قزوین جدا میکند. ولی، این مرز به یقین برآوردی است بطوریکه تعیین یک خط جدایش واقعی بین البرز و ایران مرکزی نشدنی است و ایندو (البرز - ایران مرکزی) دو پیکره از یک حوضه اند. البرز به صورت سلسله کوه هایی در حاشیه جنوبی حوضه کاسپین واقع شده است. این سلسله کوهها متشکل از چینها و گسل های راندگی با دو سوی حرکتی است. گسل های راندگی موجود در بخش

مواد و روش ها

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر بررسی‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات میدانی می‌باشد. در این خصوص اطلاعات مربوط به وضعیت زمین‌شناسی، زمین‌ساختی بصورت کتابخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه نسبت به بررسی های صحرائی شواهد گسلی در آبرفت های کواترنز پرداخته می‌شود. پس از تکمیل اطلاعات زمین‌شناسی، شواهد گسلی و بررسی های آبرفت های کواترنز در برش های مختلف ترانشه های مسیل ها و رودخانه های منطقه و تدقیق موقعیت مکانی گسل در محدوده های آبرفتی و همچنین بررسی و مشاهدات جابجایی لایه های آبرفتی کواترنز؛ به تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته شده است. در نهایت با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مقایسه بررسی ها و شواهد گسلی (شامل جابجایی لایه های آبرفتی کواترنز و چشمه گسلی) نسبت به تدقیق موقعیت گسل کوندج و ارزیابی فعالیت کواترنز آن اقدام گردیده است.

یافته های پژوهش

باتوجه به پژوهش های آلن و همکاران (۲۰۰۳) که بیان می دارد در البرز جنوبی - غربی تعدادی از گسل های راندگی با روند شرقی - غربی قابل مشاهده اند، از جمله گسل های تالقان و مشای غربی که در ادامه برخی از گسل ها در زیر رسوبات کواترنری مستور شده اند؛ می توان به گسل راندگی کوندج اشاره نمود که در بیشتر قسمت های طول خود در آبرفت های دامنه های جنوبی البرز غربی واقع شده و در سطح زمین رخنمون ندارد. همانطور که در شکل (۱) مشاهده می گردد در روی نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰.۰۰۰ و ۱:۱۰۰.۰۰۰ در بیشتر قسمت ها با خط چین نمایش داده شده و یا در زیر آبرفت پنهان بوده است. این گسل در بخش های زیادی از طول خود آبرفت های کواترنری را قطع نموده است. برای مشخص کردن محل گسل در آبرفت نیاز به حفر ترانشه و اثبات جابجایی در آبرفت های کواترنری می باشد. لذا در این پژوهش باتوجه به عدم امکان حفر ترانشه به دلیل هزینه های زیاد آن، اقدام به بازدید های صحرائی از کلیه آبراهه های شمالی - جنوبی واقع در طول گسل گردید. بیش از ۵۰ آبراهه بزرگ و کوچک شمالی - جنوبی امتداد گسل را قطع می کند که از بین آن ها آبراهه های بزرگتری که بدلیل حجم آب بالا حفر کف آبراهه اتفاق افتاده و دیواره های دست نخورده ترانشه آبراهه که لایه های مختلف آبرفت در آن قابل مشاهده بودند برای بازدید صحرائی انتخاب گردید که تعداد آنها ۸ آبراهه بوده است. از بین این آبراهه ها برخی از آنها فاقد شواهد گسلی بوده و امکان برداشت آثار فعالیت گسل در آنها امکانپذیر نبوده است. فقط در سه مورد از ترانشه آبراهه ها شواهد گسلی و فعالیت آن مشاهده گردید که در ادامه تشریح می شود.



شکل شماره ۶: نمایی از ترانشه آبراهه در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات 36/08/32.59 , 50/21/58.21 که شامل نهشته های مخروط افکنه ای (Qf2) و ته نشست های سخت نشده قلوه دار و در قسمت شرقی (سمت چپ) حاوی مواد ریزدانه رسی - سیلتی بیشتری می باشد.

الف: برش آبراهه روستای بهجت آباد:

در آبراهه ای که در نزدیکی روستای بهجت آباد بصورت شمالی جنوبی عبور نموده و متقاطع نسبت به امتداد گسل کوندج می باشد شواهد فعالیت گسل در برخی نقاط ترانشه آبراهه قابل مشاهده است. این آبراهه دارای ترانشه به ارتفاع یک متر تا ترانشه به ارتفاع بیش از ده متر است که بخوبی نیمرخی از آبرفت را قابل مشاهده می نماید. مسافتی حدود ۴ کیلومتر در طوب این آبراهه جهت شناسایی آثار فعالیت گسل پیمایش گردید. در بررسی ها و مشاهدات صحرائی یک مورد چشمه در جنوب روستای بهجت آباد مشاهده گردید که می توان به عنوان چشمه گسلی به گسل کوندج منتسب نمود (شکل شماره ۷).



شکل شماره ۷: نمایی از چشمه گسلی در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات 36/08/33.7 , 50/22/4.6

در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات $50/22/4.6$ طول شرقی و $36/08/34$ عرض شمالی در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود در این مقطع شیب گسل به میزان 27° درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه آبرفتی واجد رس بیشتر، توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده بوده و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 22 ± 5 و 44 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۸). همچنین در مختصات $50/21/55.6$ طول شرقی و $36/08/32.1$ عرض شمالی و در جنوب روستای بهجت آباد در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بوده که در این مقطع شیب گسل به میزان 56° درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه آبرفتی واجد رس بیشتر، توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده بوده و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 49 ± 5 و 33 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۹).



شکل شماره ۸: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات $50/22/4.6$, $36/08/34$ (دید به سمت غرب). در این محل گسل کوندج لایه رسی و لایه شنی را جابجا نموده است.



شکل شماره ۹: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات $50/21/55.6$, $36/08/32.1$ (دید به سمت غرب). در این محل بریدگی لایه آبرفتی واجد رس بیشتر، توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده است.

در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات $50/21/38.3$ طول شرقی و $36/08/27.4$ عرض شمالی در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود در این مقطع شیب گسل به میزان 47 درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه آبرفتی درشت دانه توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده بوده و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 29 ± 5 و 27 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۱۰).



شکل شماره ۱۰: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای بهجت آباد در مختصات $50/21/38.3$, $36/08/27.4$ (دید به سمت غرب). در این محل بریدگی لایه آبرفتی درشت دانه توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده است.

ب: برش آبراهه روستای جزمه:

در آبراهه ای که در نزدیکی روستای جزمه بصورت شمالی جنوبی عبور نموده و متقاطع نسبت به امتداد گسل کوندج می باشد شواهد فعالیت گسل در برخی نقاط ترانشه آبراهه قابل مشاهده است. این آبراهه دارای ترانشه به ارتفاع یک متر تا ترانشه به ارتفاع بیش از ۶ متر است که بخوبی نیمرخ از آبرفت را قابل مشاهده می نماید. مسافتی حدود ۲/۵ کیلومتر در طوب این آبراهه جهت شناسایی آثار فعالیت گسل پیمایش گردید. در جنوب روستای جزمه در مختصات 50/25/2.8 طول شرقی و 36/06/34.2 عرض شمالی در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۳۶ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه آبرفتی درشت دانه توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده بوده و و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 5 ± 38 و 5 ± 52 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۱۱). همچنین در مختصات 50/25/4.1 طول شرقی و 36/06/34.2 عرض شمالی در جنوب روستای جزمه در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۵۲ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه آبرفتی ریزدانه (پایین) و درشت دانه (بالا) توسط حرکت گسل به وضوح قابل مشاهده بوده و و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 5 ± 47 و 5 ± 37 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۱۲). در ادامه در مختصات 50/24/50.7 طول شرقی و 36/06/49.9 عرض شمالی در جنوب غربی روستای جزمه در ترانشه سمت شرقی آبراهه فرعی منتج به آبراهه روستای جزمه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۴۰ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل گسل کوندج در واحد آبرفتی که دارای میان لایه هایی است که واجد رس و سیلت بیشتر می باشد، دیده می شود و بریدگی لایه های مختلف آبرفتی توسط حرکت گسل قابل مشاهده بوده و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 5 ± 26 و 5 ± 30 سانتیمتر گردید (شکل شماره ۱۳).



شکل شماره ۱۱: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای جزمه در مختصات 50/25/2.8 , 36/06/34.2 (دید به سمت غرب). در این محل گسل کوندج لایه واجد قلوه سنگ های درشت تر را جابجا نموده است.



شکل شماره ۱۲: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای جزمه در مختصات 36/06/35.4 , 50/25/4.1 (دید به سمت غرب). در این محل گسل کوندج لایه واجد دانه های ریزدانه را جابجا نموده است.



شکل شماره ۱۳: نمایی از گسل کوندج در واحد آبرفتی که دارای میان لایه هایی است که واجد رس و سیلت بیشتر می باشد، در جنوب روستای جزمه در مختصات 36/06/49.9 , 50/24/50.7 (دید به سمت شرق).

الف: برش آبراهه روستای فالیزان:

در آبراهه ای که در نزدیکی روستای جزمه بصورت شمالی جنوبی عبور نموده و متقاطع نسبت به امتداد گسل کوندج می باشد شواهد فعالیت گسل در برخی نقاط ترانشه آبراهه قابل مشاهده است. این آبراهه دارای ترانشه به ارتفاع یک متر تا ترانشه به ارتفاع بیش از ۶ متر است که بخوبی نیمرخی از آبرفت را قابل مشاهده می نماید. مسافتی حدود ۲/۵ کیلومتر در طول این آبراهه جهت شناسایی آثار فعالیت گسل پیمایش گردید.



شکل شماره ۱۴: نمایی از ترانشه ابراهه روستای فالیزان، در نزدیکی روستا در مختصات $50/21/0.93$, $36/10/9.93$ (سمت راست) که دارای نهشته های مخروط افکنه ای (Qf2) و ته نشست های سخت نشده قلوه دار است و در جنوب روستا در مختصات $36/09/42.43$, $50/20/38.47$ (سمت چپ) که دارای نهشته های سخت نشده قلوه دار و ریزدانه بوده و دارای عمق بیشتری است.

طبق مشاهدات صحرائی در مختصات $50/20/38.2$ طول شرقی و $36/09/39.4$ عرض شمالی در جنوب غربی روستای فالیزان در ترانشه سمت غربی ابراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۵۴ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریدگی لایه های متناوبی از ریزدانه رسی - سیلتی و لایه واجد دانه های درشت تر توسط گسل قابل مشاهده است (شکل شماره ۱۵).



شکل شماره ۱۵: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای فالیزان در مختصات $50/20/38.2$, $36/09/39.4$ (دید به سمت غرب). در این محل لایه بندی متناوبی از ریزدانه رسی - سیلتی و لایه واجد دانه های درشت تر توسط گسل جابجا شده است.

همچنین براساس مشاهدات صحرائی در مختصات $50/20/38.2$ طول شرقی و $36/09/37$ عرض شمالی در جنوب غربی روستای فالیزان در ترانشه سمت غربی ابراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۵۲ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریده شده لایه های مختلف آبرفتی درشت دانه و جابجایی آنها توسط حرکت گسل قابل مشاهده است. در این محل لایه واجد قلوه های با اندازه حدود ۵ سانتیمتر که در زیر لایه رسی قرار گرفته و قدیمیتر از آن است توسط گسل بریده شده است. (شکل شماره ۱۶).



شکل شماره ۱۶: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای فالیزان در مختصات 50/20/38.2 ، 36/09/37 (دید به سمت غرب). در این محل لایه واجد قلوه های با اندازه حدود ۵ سانتیمتر که در زیر لایه رسی قرار گرفته و قدیمیتر از آن است توسط گسل بریده شده است.

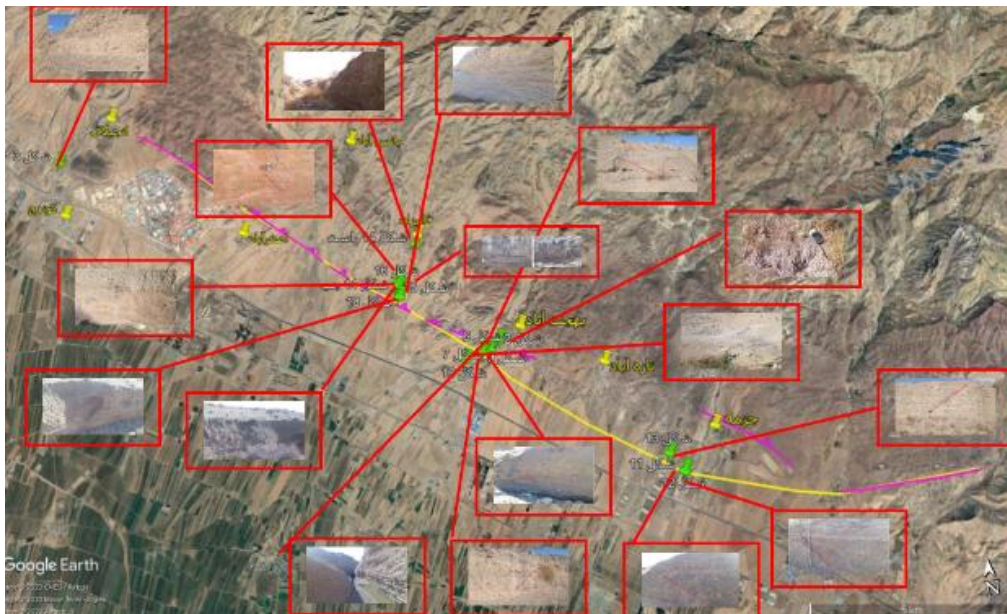
در ادامه براساس مشاهدات صحرائی در مختصات 50/20/38.5 طول شرقی و 36/09/30.2 عرض شمالی در جنوب غربی روستای فالیزان در ترانشه سمت غربی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۴۴ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریده شده لایه های مختلف آبرفتی ریزدانه و جابجایی آنها توسط حرکت گسل قابل مشاهده است. در این مقطع رسوبات ریزدانه رسی توسط گسل جابجا شده اند و پس از جابجایی این لایه، لایه شنی جوان تر بر روی آن نهشته شده است و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 31 ± 5 و 32 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری گردید (شکل شماره ۱۷). براساس مشاهدات صحرائی در مختصات 50/20/38.5 طول شرقی و 36/09/27.2 عرض شمالی در جنوب غربی روستای فالیزان در ترانشه سمت شرقی آبراهه بریدگی لایه های آبرفتی قابل مشاهده بود. در این مقطع شیب گسل به میزان ۵۴ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید. در این محل بریده شده لایه های مختلف آبرفتی ریزدانه و جابجایی آنها توسط حرکت گسل قابل مشاهده است. در این مقطع رسوبات ریزدانه رسی توسط گسل جابجا شده اند و پس از جابجایی این لایه، لایه شنی جوان تر بر روی آن نهشته شده است و میزان جابجایی افقی و قائم لایه ها توسط گسل به ترتیب 36 ± 5 و 26 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری گردید. این تصویر نمای روبروی تصویر شکل شماره ۱۷ هست که در دیواره شرقی آبراهه جنوب روستای فالیزان دیده می شود (شکل شماره ۱۸).



شکل شماره ۱۷: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای فالیزان در مختصات 50/20/38.5 ، 36/09/30.2 (دید به سمت غرب). در این مقطع رسوبات ریزدانه رسی توسط گسل جابجا شده اند و پس از جابجایی این لایه، لایه شنی جوان تر بر روی آن نهشته شده است.



شکل شماره ۱۸: نمایی از گسل کوندج در جنوب روستای فالیزان در مختصات 50/20/38.5 ، 36/09/27.2 (دید به سمت شرق). در این مقطع رسوبات ریزدانه رسی توسط گسل جابجا شده اند و پس از جابجایی این لایه، لایه شنی جوان تر بر روی آن نهشته شده است. این تصویر نمای روبروی تصویر شکل شماره ۱۷ هست که در دیواره شرقی آبراهه جنوب روستای فالیزان دیده می شود.



شکل شماره ۱۹: جانمایی شکل های ۲ تا ۴ و ۶ تا ۱۸ بر روی تصویر Google Earth. در این تصویر اشکال شماره ۲، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ در جنوب روستای بهجت آباد و تصویر اشکال ۱۱، ۱۲ و ۱۳ در جنوب روستای جزمه و تصویر اشکال ۴، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ در جنوب روستای فالیزان و تصویر شکل ۱۴ راست در محل روستای فالیزان و تصویر شکل ۳ در شمال روستای کوندج عکسبرداری شده است.



شکل شماره ۲۰: نمایی از موقعیت جدید و تدقیق شده گسل کوندج براساس یافته های پژوهش (رنگ زرد) و موقعیت اقتباس شده گسل کوندج از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ قزوین بر روی تصویر Google Earth (رنگ بنفش). با توجه به مشاهدات صحرائی و شواهد بدست آمده، موقعیت گسل در آبرفت های کوتاه تر بطول حدود ۱۱ کیلومتر در جنوب روستاهای بهجت آباد، تازه آباد و جزمه نسبت به موقعیت آن در نقشه زمین شناسی اصلاح گردید.

بحث و نتیجه گیری

همانطور که بالا شرح داده شد بررسی شواهد نکتونیک فعال و فعالیت گسل کوندج در کواترنر از طریق بررسی های زمین ریخت شناسی، بررسی های بزرگ مقیاس و مشاهدات صحرایی ترانسه ها در آبرفت ها و مخروط افکنه های محدوده مورد بررسی صورت گرفت. حریم گسیختگی سطحی یک گسل، جایی است که کلیه سازه ها و تاسیسات صرف نظر از میزان آسیب پذیری شان با خطر مستقیم گسیختگی ساختگاه مواجه بوده و هر نوع تاسیسات و سازه ای با هر درجه ای از مقاوم سازی، امکان مقابله با گسیختگی سطحی را نخواهد داشت و در جهت امنیت سازه هیچ گزینه ای به غیر از تغییر مکان سازه وجود ندارد. لذا شناسایی دقیق محل عبور گسل در کنار سکونتگاه ها و تاسیسات بسیار حائز اهمیت است. شناسایی موقعیت گسل و حریم آن در داخل سازندهای سخت به مراتب از شناسایی آن در داخل آبرفت ها آسان تر می باشد. برای تدقیق موقعیت گسل در آبرفت علاوه بر بررسی های سطحی و ژئومورفولوژیکی، نیاز به حفر ترانسه و بررسی های نیمرخ خاک می باشد. از آنجا که گسل کوندج در بخش هایی از طول خود در داخل آبرفت و مخروط افکنه ها عبور می کند و در نقشه های زمین شناسی یک گسل پنهان نمایش داده شده است، بررسی فعالیت گسل به منظور شناسایی موقعیت آن در داخل آبرفت از طریق بررسی ترانسه آبراهه های متقاطع موجود با روند گسل انجام گردید. در نتیجه بررسی ها آثار و شواهد فعالیت گسل در سه مورد ترانسه آبراهه شامل آبراهه روستای بهجت آباد، جزمه و فالیزان بررسی گردید و در ۱۱ نقطه شواهد فعالیت گسلی شامل برش لایه های آبرفتی و جابجایی آنها مشاهده و میزان شیب صفحه گسل اندازه گیری گردید که مقادیر مختلفی از ۲۷ درجه تا ۵۶ درجه به سمت شمال اندازه گیری گردید که تصاویر شواهد گسلی یافت شده در اشکال شکل های ۲ تا ۴ و ۶ تا ۱۸ نمایش داده است و جانمایی این تصاویر در شکل شماره ۱۹ در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است. باتوجه به موقعیت محل های بررسی شده متوسط شیب صفحه گسلی گسل کوندج را به میزان حدود ۴۸ تا ۵۵ درجه به سمت شمال بیان نمود و میزان شیب صفحه گسلی اندازه گیری شده در حدود ۲۷ تا ۳۶ درجه را به شاخه فرعی گسل منتسب نمود. همچنین میزان جابجایی میانگین برای گسل کوندج را به ترتیب برای جابجایی افقی و قائم به میزان 22 ± 5 و 32 ± 5 سانتیمتر اندازه گیری شده است. در جنوب روستای بهجت آباد یک مورد چشمه گسلی نیز مشاهده گردید که شاهدهی بر زون گسلی در محدوده مذکور می باشد. باتوجه به مشاهدات صحرایی موقعیت گسل در آبرفت های کواترنر بطول حدود ۱۱ کیلومتر در جنوب روستاهای بهجت آباد، تازه آباد و جزمه نسبت به موقعیت آن در نقشه زمین شناسی اصلاح گردید که در شکل شماره (۲۰) نمایش داده شده است. در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ قزوین در این محدوده گسل کوندج در مرز بین واحدهای Eab6 و Eab6 با آبرفت واقع شده است که با مشاهدات صحرایی موقعیت گسل در داخل آبرفت های کواترنر تدقیق گردید. در مابقی طول گسل از روستای دارالسرور به سمت شرق به طول ۳/۵ کیلومتر و از روستای خزین آباد تا نزدیکی روستای انجیلاق به طول ۹/۵ کیلومتر نتایج بررسی های انجام شده منطبق با موقعیت تعیین شده برای گسل کوندج در نقشه زمین شناسی می باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از پژوهشکده سوانح طبیعی که در انجام این پژوهش مساعدت و همکاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می گردد.

منابع:

- ایران بدی، دی ناز؛ زارع، مهدی. (۱۳۹۳). حریم ساخت و ساز روی گسل های شیب لغز، مطالعه گسل پیشوا در جنوب تهران. فصلنامه‌ی علوم زمین، شماره ۹۴.
- بربریان، مانوئل، قریشی، منوچهر، ارژنگ روش، بهرام، مهاجر اشجعی، ارسلان، (۱۳۶۴). پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره‌ی تهران بزرگ و پیرامون، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره‌ی ۵۶.
- پروین، منصور. (۱۳۹۹). ارزیابی تکتونیک فعال با استفاده از تحلیل پارامترهای مورفومتری و ژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز رودخانه کوندغرب). فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی پژوهش های فرسایش محیطی. ۱۰ (۲): ۷۵-۹۲.
- حبیبی، علیرضا. (۱۳۹۴). بررسی زمین لغزش ها با استفاده از شاخص های مورفوتکتونیک. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۷ (۱)، ۹۸-۱۰۸.
- جباری، ندا؛ حسین زاده، محمد مهدی؛ ثروتی، محمدرضا؛ حسین زاده، محمد مهدی. (۱۳۹۱). مطالعه‌ی مورفوتکتونیک فعال حوضه‌ی آبخیز حصارک شمال غرب تهران (با استفاده از شاخص های مورفومتریک. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. ۱۷-۳۴، ۱(۲).
- رادفر، جواد. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ قزوین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شفیعی بافتی، امیر؛ شاکر اردکانی، علیرضا؛ الهی، علی؛ تراز، حمید؛ ایرانمنش، مهدی (۱۳۸۹). بررسی زون مخرب گسل های امتداد لغز با نگرشی جدید در تعیین حریم گسل و نقش آن در تعیین ضریب ایمنی جهت احداث سازه های مهندسی، کنفرانس بین المللی سبک سازی و زلزله، کرمان.
- صیوری، سعید محمد؛ حاجی علی بیگی، حسین؛ طالبیان، مرتضی؛ فتاحی، مرتضی. (۱۴۰۰). تحلیل موقعیت مکانی روستاها نسبت به حریم گسیختگی (مطالعه موردی: گسل شمال قزوین). مسکن و محیط روستا، ۴۰ (۱۷۳)، ۶۰-۴۹.
- صیوری، سعید محمد؛ حاجی علی بیگی، حسین؛ طالبیان، مرتضی؛ فتاحی، مرتضی. (۱۳۹۸). بررسی حریم گسیختگی گسل شمال قزوین در مقطع روستای نجم آباد، سی و هشتمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صیوری، س.م.، (۱۴۰۰). زمین ساخت جنبا در بخش جنوبی البرز مرکزی (از کرج تا قزوین)، پایان نامه دکتری تخصصی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
- نجف پور، سمیرا و پور کرمانی، محسن و نظری، حمید و طاهر خانی، بابک، ۱۳۸۹، بررسی سازوکار جوان گسل الموت رود، نخستین همایش ملی بررسی دستاوردهای پژوهشگران علوم زمین ایران، تهران.
- مغرب، مسعود؛ زارع، مهدی. (۱۳۸۸). تعیین حریم مهندسی گسل شمال تهران. جهاد دانشگاهی، سال چهارم، شماره ۱.
- یمانی، مجتبی، مقیمی، ابراهیم، و تقیان، علیرضا. (۱۳۸۷). ارزیابی تاثیرات نوزمین ساخت فعال در دامنه های کرس با استفاده از روش های ژئومورفولوژی. تحقیقات جغرافیایی، ۲۳ (۱) (پیاپی ۸۸)، ۱۱۷-۱۳۶.
- Allen, M. B., Ghassemi, M. R., Shahrabi, M. & Qorashi, M., 2003a- Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Labors rang, northern Iran. Journal of structural Geology, V.25, P.659-672.
- Anells, R.N., Arhurton, R.S. & Bazley, R. A. B., 1985. Geological map of Qazvin and Rasht, Minstry of mine and metals. Iran.

- Burbank, D., Anderson, R., 2001. Geomorphic markers. Burbank, DW & Anderson, RS, Tectonic Geomorphology. Malden:(ed.) Blackwell Publishing, 13-32.
- California Department of Conservation, California Geological Survey Division of Mines and Geology DMG Notes: DMG Note 49 Guideline for evaluating the hazard of surface fault rupture, 2002.
- Keller, E.A. and Pinter, N. (2002) Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape. 2nd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 362 p.
- Pedrerá, A., Pérez-Peña, J. V., Galindo-Zaldívar, J., Azañón, J. M., & Azor, A. 2009. Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low-rate active folding (eastern Betic Cordillera, Spain). *Geomorphology*, 105(3-4), 218-231.
- Nazari H., (2016). North Ghazvin Fault System: Active Faulting in southern edge of the Central Alborz, *Известия НАН РА, Науки о Земле*, 2016, 69, № 1, p. 12-21.
- Taherkhani B., Nazari H., Pourkermani M., Arian M., (2015). Geometry and recent Kinematics of the North Qazvin Fault: Morphotectonics approach, *GEOSCIENCES Vol. 24, No. 95*, PP. 29-38.