

تحلیل موقعیت مکانی روستاها نسبت به حریم گسیختگی (مطالعه موردی): گسل شمال قزوین

سعید محمد صبوری*، حسین حاجی علی بیگی**، مرتضی طالبیان***، مرتضی فتاحی****

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۹/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۹/۱۰/۲۳

چکیده

در این مقاله به بررسی زون برشی گسل شمال قزوین و تحلیل موقعیت مکانی سکونتگاه‌های روستایی محدوده مطالعاتی گسل شمال قزوین پرداخته شده است. در مقاطع انتخاب شده وجود دره‌های عرضی در امتداد گسل امکان بررسی‌های مربوط به شواهد پهنه‌های برشی به‌خوبی در آن میسر گردید که خردشدگی شدید در سنگ‌های آذرین از نوع آندزیتی و تراکی آندزیت، کاتاکلاسیته‌های خردشده وجود دارد که مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین آثاری از زون‌های گسل خورده و شکسته شده (Damage zone) شامل شکستگی‌ها و گسل‌های ریز و فرعی مشاهده گردید. همچنین توف‌های سبزرنگی که به‌صورت سالم و نسبتاً دست‌نخورده در انتهای زون برشی گسل شمال قزوین مشاهده گردید که به‌عنوان دیواره سالم کناره زون برشی تلقی گردید. با توجه به بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی زون برشی گسل شمال قزوین در این مقطع، پهنای زون برشی به میزان ۳۲۰ متر بر روی فرادپواره گسل اندازه‌گیری گردید. در ادامه با نرم‌افزارهای مرسوم موقعیت مکانی روستاها با محدوده حریم گسیختگی گسل شمال قزوین مقایسه گردید که در نتیجه روستاهای باراجین، حسام‌آباد، خرمن سوخته، دستجردعلیا، اهوراک، خوران، طزرکش، کیخان، نجم‌آباد، رزجرد، قطبی‌میان، سپرنو، انگه، مزرعه لات و مزرعه خرمن‌لوق بر روی حریم گسیختگی گسل شمال قزوین واقع شده‌اند. همچنین تعداد ۴۵ روستا در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین واقع شده‌اند. لذا برای جلوگیری از مرگ‌ومیر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله در روستاهای واقع بر روی گسل شمال قزوین، جابجایی روستا به نقطه دیگر و یا اصلاح سمت توسعه آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل شمال قزوین و برای روستاهای واقع در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از زلزله، ساخت‌وساز مقاوم با توجه به شتاب زلزله حوزه نزدیک گسل و همچنین دوری از مناطق با احتمال رخداد زمین‌لغزش و سنگ افشان در روستاها در ساخت‌وساز آتی پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: حریم گسیختگی، گسل شمال قزوین، روستا، آسیب‌پذیری، پهنه آسیب گسل.

* دانشجوی دکتری زمین‌شناسی گرایش تکنونیک، دانشگاه شهید بهشتی.

** استادیار گروه حوضه‌های رسوبی و نفت دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. sbu.ac.ir

*** دانشیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

**** دانشیار گروه زمین فیزیک مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

مقدمه

محدوده مورد بررسی در محدوده استان قزوین و در زون ساختاری البرز واقع شده است (تصویر شماره ۱). ساخت و ساز در مکان‌های ایمن جهت توسعه سکونتگاه‌های روستایی و شهری جزو الزامات اساسی می‌باشد. در این خصوص رعایت حریم گسیختگی سطحی گسل^۱ موضوعی است که در مکان‌یابی سکونتگاه‌ها مغفول مانده است. به همین دلیل در هنگام رخداد زلزله منازل بسیار زیادی در اثر جابجایی گسل و گسیختگی سطحی گسل تخریب می‌شوند. در این مقاله به بررسی موقعیت مکانی روستاهای واقع در زون برشی گسل شمال قزوین پرداخته شده است.

مرور ادبیات فنی

با توجه به اینکه روند ساخت و ساز بدون توجه به حریم گسل‌ها در نزدیکی گسل‌ها رو به افزایش می‌باشد، یکی از مهم‌ترین مطالعات مقدماتی برای جلوگیری از آسیب‌پذیری لرزه‌ای سکونتگاه‌ها رعایت حریم گسل است. در مناطق نزدیک گسل، حرکت زمین شدیداً تحت تأثیر مکانیزم شکستگی و گسیختگی سطحی گسل و تغییر مکان ماندگار زمین می‌باشد. اثر حوزه نزدیک گسل در مناطق کوهستانی و دارای شیب، باعث پدیده‌هایی چون زمین‌لغزش و سنگ‌افتان می‌شود؛ بنابراین مناطقی که نزدیک گسل‌های لرزه‌زا می‌باشند، باید از لحاظ حریم گسلش، میزان جابجایی احتمالی بررسی شوند. در مناطق حوزه نزدیک گسل، ساخت و ساز اهمیت ویژه‌ای دارد و باید برای ساخت و ساز حریمی ایمن نسبت به گسل لرزه‌زا در نظر گرفته شود. منظور از حریم مهندسی گسلش، حریمی است که برای یک گسل لرزه‌زا در نظر گرفته می‌شود تا سازه‌ها از اثرات حوزه نزدیک گسل مانند گسیختگی سطحی و جابجایی کمتر تأثیرپذیر باشند

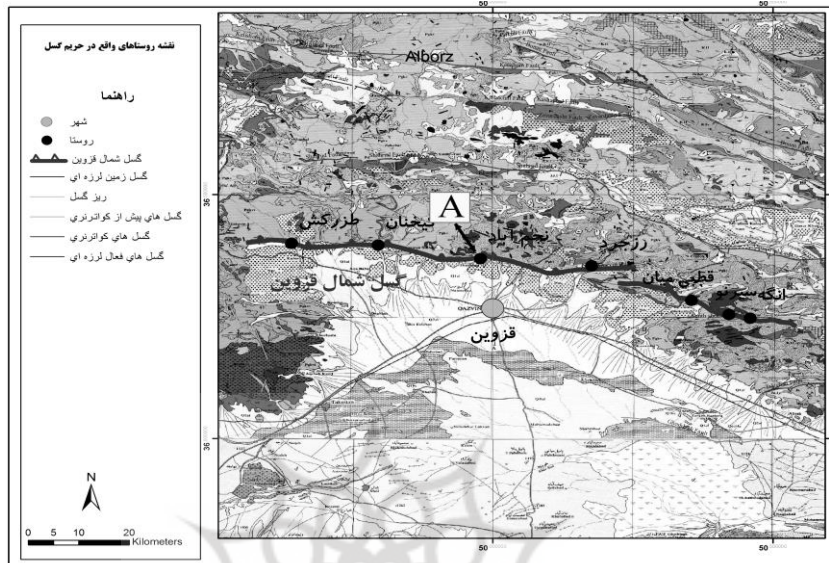
(مغرب و زارع ۱۳۸۸).

در خصوص شناسایی حریم گسیختگی گسل با توجه به کمبود اطلاعات از موقعیت دقیق گسل‌ها در مناطق شهری و روستایی، اغلب به جای انجام مطالعات دقیق جهت تعیین موقعیت گسل، غالباً فواصلی تا دوهزار متر به عنوان حریم بیان می‌گردد. در صورتی که انجام مطالعات حریم گسیختگی گسل‌ها ضمن کمک به شناسایی دقیق موقعیت گسل، منجر به انتخاب حریم طبق معیارهای معتبر علمی، منجر به انتخاب حریم طبق معیارهای معتبر علمی و همچنین قابل قبول برای سرمایه‌گذاران و صاحبان املاک خواهد بود (Nestle & Batatian, 2002; Lem, 2010).

در اغلب مطالعات انجام شده در مورد تعیین حریم گسل، عوامل مهمی از قبیل هندسه گسل، میزان جابجایی همراه با لرزه گسل در آخرین فعالیت لرزه‌ای، شیب گسل و عمق قرارگیری شالوده سازه نقش مهمی دارند؛ اما در این میان میزان پهنای گسیختگی به درستی بر مبنای پهنای زون گسلی سنگ‌ها و گوشه‌های گسلی در نظر گرفته نشده است. با وارد نمودن این فاکتور در فرمول $S=U(2D+F/\tan\theta)$ و با در نظر گرفتن ضریب ویژه یا ضریب ایمنی که از روی مطالعات میدانی گسل‌های متعدد به دست می‌آید و تلفیق پارامترهای عرضی (عمود بر امتداد گسل) با پارامترهای طولی گسل‌ها، می‌توان حداقل پهنای حریم گسل برای انواع گسل‌ها را محاسبه نمود. بدین ترتیب بسیاری از نقاط که از قبل از اعمال روشی که توسط بافتی و همکاران ارائه شد، جزء مناطق امن به حساب می‌شدند، با اعمال روش جدید جزء مناطق در معرض خطر در نظر گرفته می‌شوند. نکته مهم در این روش این است که برای تعیین حریم گسیختگی یک گسل بررسی‌های نو زمین ساخت و به صورت میدانی و با بررسی‌های دقیق

بهره‌برداری نمایند. مطالعات نشان داده‌است با افزایش شیب سطح گسل، پهنای حریم گسل کاهش می‌یابد (بافتی و همکاران، ۱۳۸۹).

حرکات کواترنری ضروری به‌نظر می‌رسد. در نهایت مهندسين عمران می‌توانند با استفاده از آن در برپایی انواع سازه‌های مهندسی و برآورد میزان سبک‌سازی



ت ۱. محدوده مورد مطالعه و موقعیت گسل شمال قزوین در محدوده مورد بررسی

فاصله سه کیلومتری شمال محدوده شهر، گسل شمال تهران و گسل می‌تواند عوامل ایجاد زمین‌لرزه‌های مخرب در این شهر باشند. رعایت حریم گسل تنها راهکار مقابله با خطر گسیختگی سطحی است که خود نیازمند انجام مطالعات ساختگاهی و زمین‌شناسی شهری پیش از اجرای طرح‌های توسعه شهری به‌منظور شناسایی گسل‌های فعال است (احتشامی معین‌آبادی ۱۳۹۵).

جنوب تهران در مجاورت گسل‌های فعال پیشوا، کهریزک و ایوانکی قرار دارد که در صورت فعال شدن این سه شکستگی و رخداد زمین‌لرزه حاصل از آن و به سطح رسیدن گسیختگی منجر به خسارت‌های جانی و مالی فراوان می‌شود. در این راستا می‌توان از روش‌های بر پایه نوع گسل و مشاهدات صحرائی (بربریان و همکاران ۱۳۶۴) و یا بر پایه کد بین‌المللی ساختمان (IBC) که شامل شیب گسل، میزان جابجایی،

یکی از مهم‌ترین خطرات زمین‌لرزه خطر گسیختگی سطحی گسل‌ها در هنگام زمین‌لرزه است که تنها راهکار مقابله با آن رعایت حریم گسل است. رعایت حریم گسل همچنان در شهرهای جدید و مکان جدید سکونتگاه‌های روستایی و همچنین بخش‌های در حال توسعه در مجاورت کلان‌شهرها مورد توجه قرار نمی‌گیرد. بررسی‌های صحرائی و دورسنجی در محدوده شهر جدید پردیس نشان‌دهنده وجود چندین گسل مهم و فعال در سطح شهر است که ساخت‌وساز بر روی آن صورت گرفته‌است. این شهر میزبان گسل‌های مهمی نظیر پردیس، هسا و فردوس است که آشکارا نهشته‌های کواترنری را قطع نموده‌است. حداقل حریم به‌ویژه در بخش فرودیوارهای برای گسل‌های پردیس، فردوس و هسا به ترتیب ۴۰، ۲۱ و ۲۸ متر محاسبه شده‌است که مقادیر حداقلی است. علاوه‌براین گسل رودهن در

فاکتورهای نوع سازه و پی ساختمان و حساسیت سازه می‌باشد مورد توجه قرار داد. با تلفیق روش‌های اشاره شده و با در نظر گرفتن مباحث ژئوتکنیکی می‌توان حریم ساخت و ساز را با دقت بیشتری طراحی کرد. در تعیین حریم ساخت و ساز در مجاورت مناطق زلزله خیز، ابتدا باید نقشه گسلش فعال و نقشه نوع خاک منطقه بر پایه مطالعات ژئوتکنیک با مقیاس ۱:۵۰۰ تهیه و رسم شده و بر پایه فرمول‌های محاسباتی ژرفا، شکل و اهمیت سازه مشخص شود و در انتها با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده ساختمان‌ها ساخته شوند (ایران بدی و زارع ۱۳۹۳).

با توجه به گسترش شهرنشینی و قرارگیری بسیاری از شهرها و مناطق مسکونی ایران در دامنه‌ها و قرارگیری روندهای گسل کواترنری در مرز بین کوه و دشت، مسئله حریم گسلش و چگونگی تعیین آن اهمیت ویژه‌ای یافته است. یکی از راه‌های تعیین حریم گسلش به دست آوردن چگالی گسل‌ها در منطقه مورد بررسی می‌باشد که به وسیله آن می‌توان مناطق را از نظر خطر گسلش طبقه بندی کرد. هر چقدر چگالی گسل یک منطقه بیشتر باشد احتمال اینکه جنبایی گسل در آن منطقه صورت گیرد بیشتر است (مجرب و زارع ۱۳۸۸). در این مطالعه به بررسی و تعیین زون برشی گسل شمال قزوین و تعیین میزان آسیب پذیری روستاهای واقع در حریم گسیختگی گسل پرداخته شده است. براساس نظریات (Kim, 2004) زون برشی گسل یک زون ورقه‌ای، صفحه‌ای یا منحنی شکل است که در آن مقدار کرنش بسیار بیشتر از سنگ‌های اطراف بوده و دارای مؤلفه برشی غیرمحمور است. دو نوع زون برشی وجود دارد که عبارتند از زون برشی شکل پذیر و زون برشی شکننده. زون برشی شکل پذیر زون‌های باریک و طولی حاصل از جابجایی‌های نسبی هستند.

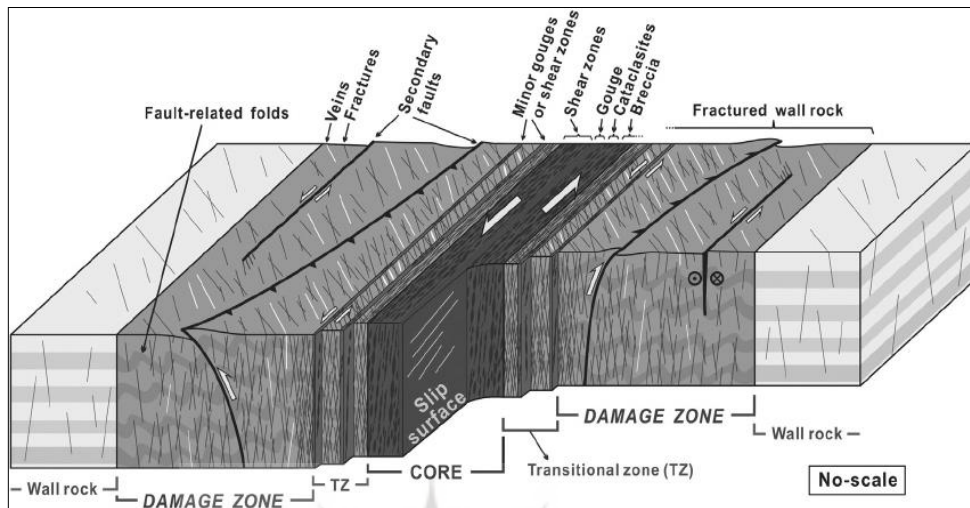
آن‌ها همانند مناطق گسلی بوده اما بدون شکستگی رخ می‌دهند (مگر اینکه دوباره فعال شوند). زیرا غالباً تغییر شکل شکل پذیر باعث تمرکز مقدار کرنش بزرگ‌تر در زون‌های برشی می‌شود. توسعه زون‌های برشی عموماً همراه با کاهش شدید در اندازه دانه‌ها بوده و باعث به وجود آمدن سنگ‌های با مشخصات خطی و نواری شکل به نام میلونیت می‌شود. زون‌های برشی معمولاً یک تغییر شکل غیرمحمور را ثبت نموده‌اند و از مقیاس اندازه دانه یا ذره تا مقیاس چند هزار کیلومتر در طول و چند کیلومتر در عرض وسعت دارند. گرادیان کرنش از میلونیت تا سنگ‌های تغییر شکل نیافته مقیاس و مرجعی است که محققین برای تشخیص زون‌های برشی بزرگ مقیاس در مقایسه با تغییر شکل‌های ناحیه‌ای استفاده می‌کنند. زون برشی شکننده (زون برشی اصطکاکی) زون‌های برشی هستند که در جایی که دیواره‌های زون برشی غالباً دگرشکل نشده باشند یا شاید برشی شده باشند، رخ می‌دهند. این زون‌ها اغلب حاوی شکستگی‌ها و پدیده‌هایی است که به وسیله سازوکار دگرشکلی شکننده ایجاد شده‌اند. این زون‌ها در بخش‌های کم عمق پوسته به طور کلی در اعماق ۵ تا ۱۰ کیلومتری از سطح زمین، جایی که دگرشکلی با مکانیزم شکننده غالب است مثل گسلش و شکستگی، تشکیل می‌شوند (Choe & et al 2016).

یک زون برشی شکننده متشکل از بخش‌های زیر است (تصویر شماره ۲):

۱. یک هسته گسلی (ناحیه‌ای که بیشترین جابجایی در آن رخ داده است) است که حاوی کاتاکلاسیته‌ها، گورژ و برش گسلی است.
۲. زون انتقالی
۳. یک زون تخریب (Damage Zone) در دو طرف هسته گسلی و متشکل از ساختارهای مکانیکی

۴. سنگ‌های دیواره (سنگ میزبان) زون برشی شکننده که بدون تغییر شکل هستند.

شامل شکستگی‌ها، رگه‌ها، چین‌ها و گسل‌های کوچک‌تر است.



۲. دیاگرام نشان‌دهنده اجزای اصلی زون برشی گسل (برگرفته از Choe & et al 2016)

- خصوصیات پهنه آسیب گسل^۲ شمال قزوین در محدوده مطالعاتی چیست؟
- توسعه آتی روستاهای واقع در حریم گسل چگونه است؟
- میزان برای آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها و تأسیسات موجود در محدوده مطالعاتی چگونه است؟

زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی

از نگاه زمین‌شناسی، استان قزوین در فصل مشترک البرز باختری و لبه شمالی ایران مرکزی قرار دارد به گفته دیگر بلندی‌های شمال استان در حاشیه جنوبی البرز و بخش بیشتر استان که شامل دشت قزوین و ارتفاعات جنوب است به پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی تعلق دارد و 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 به طوری که تعیین یک خط جدایش واقعی بین البرز و ایران مرکزی نشدنی است و این دو (البرز-ایران مرکزی) دو پیکره از یک حوضه‌اند.

روش تحقیق

برای ایمن‌سازی کالبدی روستاها از آسیب زلزله انجام مطالعات دقیق جهت تعیین موقعیت گسل و تعیین حریم گسیختگی سطحی آن‌ها ضروری می‌باشد. این امر ضمن کمک به شناسایی دقیق موقعیت گسل، منجر به انتخاب حریم طبق معیارهای معتبر علمی و همچنین قابل قبول برای توسعه آتی روستاها خواهد بود. جهت انجام این تحقیق شناسایی حریم گسیختگی گسل با بررسی‌های زمین‌شناسی و شناسایی‌های صحرائی و اندازه‌گیری‌های لازم میزان حریم گسیختگی گسل شمال قزوین مشخص شده و سپس موقعیت قرارگیری روستاهای محدوده مطالعاتی نسبت به گسل و حریم گسیختگی گسل با نرم‌افزارهای مرسوم مقایسه و تحلیل گردیده است و میزان آسیب‌پذیری روستاهای مورد مطالعه مشخص گردیده است.

سؤال‌های تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

- چه تعداد روستا در پهنه گسیختگی سطحی گسل شمال قزوین واقع شده‌اند؟

از دیدگاه ریخت‌شناسی، کوه‌های شمال قزوین، از یک‌سری چین‌ها و راندگی‌های خاوری-باختری ساخته شده‌است که به‌سمت جنوب رانده شده‌اند. شدت دگرریختی در حد کوه و دشت در بیشترین مقدار بوده و بلندی‌های کوهپایه‌ای را دارد که به‌تدریج به پهنه مسطح دشت قزوین می‌رسد که با نهشته‌های آبرفتی جوان و گاهی با ریخت‌های کویری چون پوسته نمکی، کفیه رسی و تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده‌است. حد جنوبی استان فیزیوگرافی کوهستانی دارد که در ساخت آن سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک به‌ویژه ولکانیک‌های سنوزوئیک نقش اساسی دارند.

واحدهای تکتونواستراتیگرافی بخش شمالی (البرز) و بخش جنوبی (ایران مرکزی) استان تفاوت آشکاری ندارند و در همه‌جا توالی‌های سنگی با نهشته‌های پلاترفی پرکامبرین پسین (سازند سلطانیه) آغاز می‌شود که کم‌وبیش با چند ایست رسوبی کوچک و بزرگ تا تریاس میانی ادامه می‌یابد. ردیف‌های تریاس بالا-ژوراسیک میانی یک واحد تکتونواستراتیگرافی محدود به دو رویداد کوهزایی سیمیرین پیشین (تریاس بالا) و سیمیرین میانی (ژوراسیک میانی) است که عمدتاً متشکل از شیل و ماسه سنگ (سازند شمشک) بوده و رسوب‌های زغال‌دار ایران هستند که در پیش بوم‌های سیمیرین پیشین انباشته شده‌اند. در همه‌جا استان قزوین سنگ‌های ژوراسیک میانی-کرتاسه بالا-ردیف‌های فلات قاره‌ای مارنی کربناتی هستند که رخنمون‌های کوچکی در شمال و جنوب (اوج) استان دارند. سنگ‌های سنوزوئیک با مجموعه‌های آذرین آواری ائوسن (سازند کرج) آغاز می‌شود که گاهی نفوذی‌های گرانیتی وابسته به رویداد کوهزایی پیرننن به درون آن‌ها تزریق شده‌است. بخش بیشتر سنگ‌های سنوزوئیک استان قزوین ردیف‌های هم‌زمان با کوهزایی

سنوزوئیک هستند که عمدتاً در حوضه‌های بین کوهی انباشته شده‌اند و رخنمون‌های محدودی در پای ارتفاعات دارند.

منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز واقع شده‌است. البرز به‌صورت سلسله‌کوه‌هایی به شکل V باز در حاشیه جنوبی حوضه کاسپین واقع شده‌است. گرچه (Alavi, 1996) ساختار البرز را در قالب ساختارهای دوپلکس از نوع Antiformal stack براساس مشاهدات خود در نظر گرفته‌است، اما دیگر زمین‌شناسان همچون (Allen et al. 2003)، برای این پهنه ساختاری در شمال ایران، معتقد به مدلی چون ساختارهای گل ساخت هستند و برهمین اساس، تاکنون برش‌های ساختاری گوناگونی با اندکی تغییرات نسبت به مدل اولیه اشتوکلین بازسازی و ارائه شده‌است. براین اساس، این سلسله‌کوه‌ها متشکل از چین‌ها و گسل‌های راندگی با دو سوی حرکتی است (به‌سوی حوضه کاسپین جنوبی در شمال و به‌سوی بلوک ایران مرکزی در جنوب). براین اساس، گسل‌های راندگی موجود در بخش شمالی به‌سوی جنوب شیب دارند و برعکس، گسل‌های موجود در بخش جنوبی دارای شیب به‌سوی شمال هستند که بیانگر یک ساختمان گل مثبت است. گسل‌های راستالغز و راندگی در سلسله‌کوه‌های البرز به فراوانی دیده می‌شوند. این گسل‌ها بیشتر به موازات سلسله‌کوه‌ها هستند و بیشتر چین‌ها نیز با فعالیت دوباره این گسل‌ها شکل گرفته‌اند. گسل‌های اصلی راندگی و امتدادلغز روند خاوری-باختری تا شمال خاوری-جنوب باختری دارند که به‌ترتیب در بخش‌های باختری-مرکزی و خاوری سلسله جبال قرار گرفته‌اند. این گسل‌های موازی با سلسله جبال شیب تندی دارند. این شیب زیاد بیانگر آن است که بیشتر گسل‌های راندگی، همان گسل‌های عادی کهن هستند که در زمان نئوژن و

از آنجایی که در محدوده گسل شمال قزوین روستاهای زیادی وجود دارند که احتمال می‌رود در روی پهنه زون برشی گسل شمال قزوین واقع شده باشند، اهمیت گسل شمال قزوین را دوچندان می‌کند. از جمله روستاهای نجم‌آباد، رزجرد، باراجین، چناسک، حسام‌آباد، اصطکک و ... که در نزدیکی گسل واقع شده‌است و برای بررسی پهنه زون گسلی، چندین مقطع بررسی گردید. در این مقاطع به دلیل وجود دره‌های عرضی در امتداد گسل شمال قزوین بررسی‌های مربوط به شواهد پهنه‌های برشی به خوبی میسر گردید. در این مقطع گسل شمال قزوین سنگ‌های آذرین به سن کرتاسه را بر روی کنگلومرای پلیوسن رانده است (تصویر شماره ۳). خردشدگی شدید و دگرشکلی در این سنگ‌های آندزیتی-تراکی آندزیتی تیره تا خاکستری‌رنگ مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که بتوان این بخش را که به‌عنوان هسته زون برشی در نظر گرفت. همچنین کاتاکلاسیتهای شدیداً خردشده به‌عنوان شاهدی دیگر از هسته زون برشی در این مقطع مشاهده گردید (تصاویر شماره ۴ و ۵). سنگ‌های واجد شکستگی و گسل خوردگی‌های ریزتری نیز مشاهده گردید که می‌توان آن‌ها را زون آسیب گسل در نظر گرفت (تصاویر شماره ۶).



ت ۳. موقعیت زون برشی گسل شمال قزوین در نزدیکی روستای نجم‌آباد. در این مقطع سنگ‌های آذرین خردشده (سمت راست) بر روی کنگلومرا (سمت چپ) رانده شده‌است. (دید به سمت شرق)

کوآترنری دوباره فعال شده‌اند (صبوری ۱۳۹۷).

گسل شمال قزوین

گسل شمال قزوین (تصویر شماره ۱)، گسلی است با راستای شرقی-غربی و درازای بیش از ۶۰ کیلومتر که به فاصله کمی از شمال شهر قزوین می‌گذرد. گسل شمال قزوین نیز همانند راندگی شمال تهران می‌باشد (بربریان و همکاران، ۱۳۶۴). اختلاف ارتفاع ناگهانی میان شهر قزوین (با میانگین ارتفاع ۱۲۵۰ متر بالای سطح آزاد دریاها) و نزدیک‌ترین چکاد به آن در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال خاوری قزوین (چکاد قزقر قلعه سی با بلندی ۲۷۰۰ متر) یک از بارزترین ویژگی‌های توپوگرافی گستره قزوین می‌باشد که نتیجه جنبش‌های قائم در درازای گسل شمال قزوین است. این گسل در بیشتر درازای خود مرز میان سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری سازند کرج (در شمال) و رسوبات آبرفتی کوآترنر (در جنوب) را تشکیل داده‌است. در بیشتر برش‌های زمین‌شناسی، گسل شمال قزوین در کوهپایه قزوین دیده می‌شود که رسوبات آبرفتی کم‌وبیش افقی با نزدیک شدن به خط گسل و به سبب عملکرد گسل شمال قزوین، ناگهان تغییر شیب یافته و گاه به‌صورت قائم درآمده‌اند (بربریان و همکاران ۱۳۷۱).

راندگی جوان شمال قزوین گسلی است لرزه‌زا، ولی به‌سبب کمی داده‌ها، سرگذشت لرزه‌خیزی آن به‌دقت روشن نشده‌است. احتمال می‌رود که زمین‌لرزه ۱۰ دسامبر ۱۱۱۹ میلادی قزوین با بزرگی $M_s=6.5$ و $I_0=VII$ ، به‌سبب جنبش گسل شمال قزوین اتفاق افتاده باشد (بربریان و همکاران ۱۳۷۱).

بحث و تجزیه و تحلیل

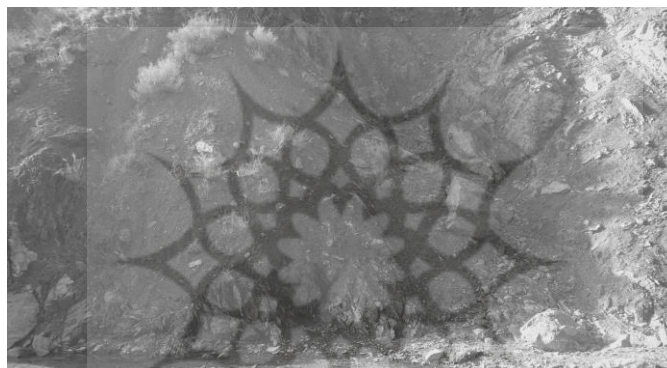
با توجه به اینکه گسل شمال قزوین دارای طول بیش از ۶۰ کیلومتر بوده و یک گسل زمین‌لرزه‌ای است، شناسایی پهنه زون برشی گسل اهمیت ویژه‌ای دارد.



ت ۵. خردشدگی و گسل خوردگی در زون برشی گسل شمال قزوین در نزدیکی روستای نجم‌آباد. (دید به سمت غرب) محل تصویرداری در روی نقشه شماره ۱ با علامت A مشخص شده است



ت ۴. خردشدگی کاتاکلازیت در زون برشی گسل شمال قزوین در نزدیکی روستای نجم‌آباد. (دید به سمت غرب) محل تصویرداری در روی نقشه شماره ۱ با علامت A مشخص شده است



ت ۶. خردشدگی در زون برشی گسل شمال قزوین در نزدیکی روستای نجم‌آباد. (دید به سمت شرق) محل تصویرداری در روی نقشه شماره ۱ با علامت A مشخص شده است

قزوین و با استفاده از نرم‌افزار ArcGis موقعیت مکانی روستاهای محدوده مطالعاتی با پهنه زون برشی گسل مقایسه گردید و از تعداد ۸۷۵ روستای استان قزوین تعداد ۱۵ روستا بر روی پهنه گسیختگی گسل واقع شده‌اند (جدول شماره ۱ و تصویر شماره ۷). لذا با توجه به لرزه‌زا بودن گسل شمال قزوین، در صورت رخداد زلزله به‌دلیل قرارگیری این روستاها در روی زون گسل؛ این روستاها دچار آسیب بسیار جدی و تخریب منازل خواهند شد. همچنین تعداد ۴۵ روستا در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال

همچنین توف‌های سبزرنگ سازند کرج که دچار شکستگی کمی شده نیز مشاهده گردید. این بخش که به‌صورت سالم و نسبتاً دست‌نخورده دیده می‌شود که به‌عنوان دیواره حائل کناره زون برشی گسل شمال قزوین در نظر گرفته شد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته به‌صورت مشاهدات میدانی در این مقطع (در روی نقشه شماره ۱ با علامت A مشخص شده است) پهنه زون برشی گسل شمال قزوین در فرادیواره گسل به میزان ۳۲۰ متر اندازه‌گیری گردید. با توجه به تعیین پهنه زون برشی گسل شمال

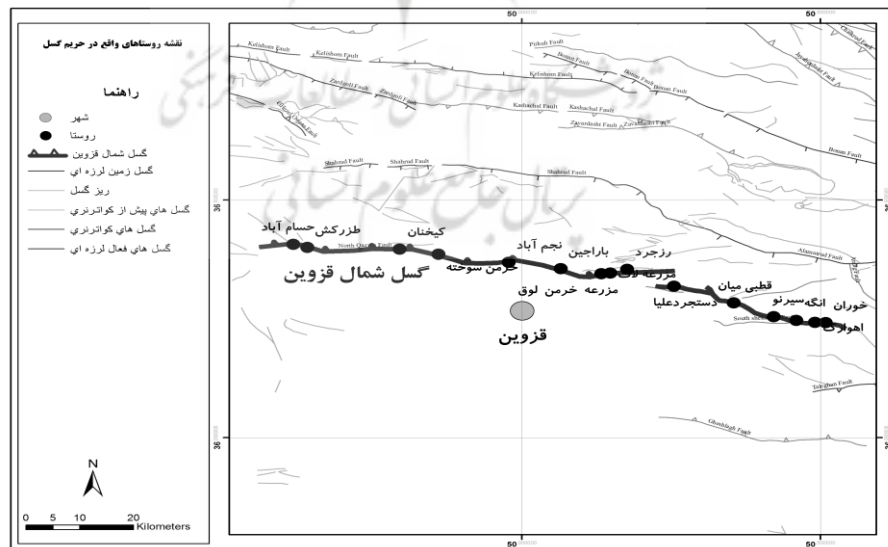
قزوین واقع شده‌اند (جدول شماره ۲ و تصویر شماره ۸) که مسائل مربوط به حوزه نزدیک گسل از جمله شتاب بالای لرزه‌ای، امکان رخداد زمین لغزش و سنگ افتان در مناطق شیب‌دار در آن‌ها ممکن است اتفاق بیافتد. در نمودار شماره ۱ درصد روستاهای واقع بر روی گسل شمال قزوین و درصد روستاهای واقع در حریم ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین نشان داده شده‌است.

ردیف	نام روستا	ردیف	نام روستا	ردیف	نام روستا
۱	باراجین	۶	دستجردعلیا	۱۱	نجم‌آباد
۲	حسام‌آباد	۷	اهوارک	۱۲	رزجرد
۳	خرمن سوخته	۸	خوران	۱۳	قطعی میان
۴	مزرعه لات	۹	طرزکش	۱۴	سیرنو
۵	مزرعه خرمن لوق	۱۰	کیخنان	۱۵	انگه

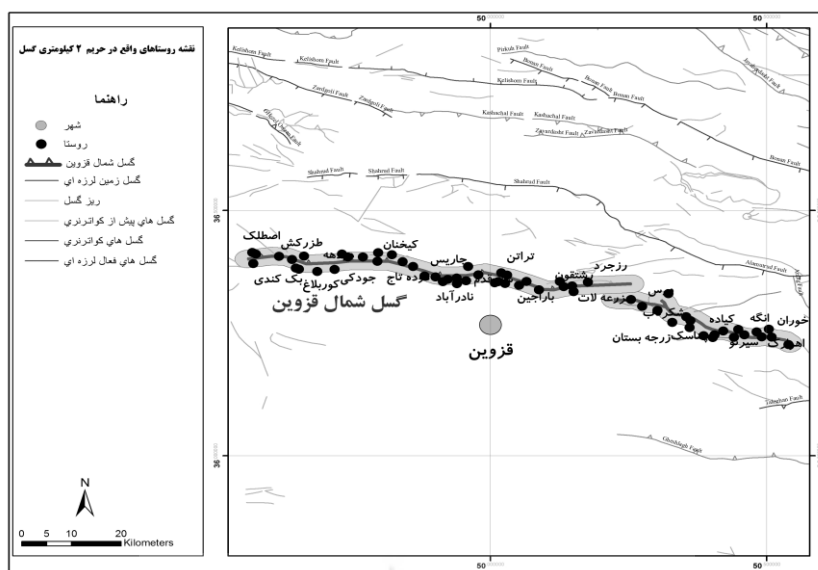
ج ۱. روستاهای واقع بر روی حریم گسل شمال قزوین (تصویر شماره ۷)

ردیف	نام روستا	ردیف	نام روستا	ردیف	نام روستا
۱	اصطلاک	۱۶	شادکوه	۳۱	اروس‌آباد
۲	سوخته‌چنار	۱۷	کیاده	۳۲	نادرآباد
۳	مر تضی‌آباد	۱۸	غریب مزرعه	۳۳	اکبرآباد
۴	پیرمروند	۱۹	مرغداری انگه	۳۴	مزرعه زواره
۵	اسدآبادخوری	۲۰	کلارود	۳۵	حسن‌آباداقبال
۶	چشمه غلامعلی	۲۱	کجیران	۳۶	عبدل‌آباد
۷	دره مالگه	۲۲	امیرقان	۳۷	اسماعیل‌آباد
۸	سلطان‌آباد	۲۳	رشتون	۳۸	مزرعه مهندس شبیا
۹	بک کندی	۲۴	مرکزفرستنده تلو	۳۹	شفیع‌آباد
۱۰	دوده تاج	۲۵	بندزویار	۴۰	اوزون دره
۱۱	راهدارخانه کوهی	۲۶	امام ضامن	۴۱	معدن سنگ
۱۲	کوربلاغ	۲۷	چناسک	۴۲	جودکی
۱۳	زرچه بستان	۲۸	چاریس	۴۳	شاه قدم
۱۴	شکر تاپ	۲۹	ورس	۴۴	دوده
۱۵	خونه دوش	۳۰	قزقلعه بزرگ	۴۵	تراتن

ج ۲. روستاهای با فاصله کمتر از ۲ کیلومتری از گسل شمال قزوین (تصویر شماره ۸)



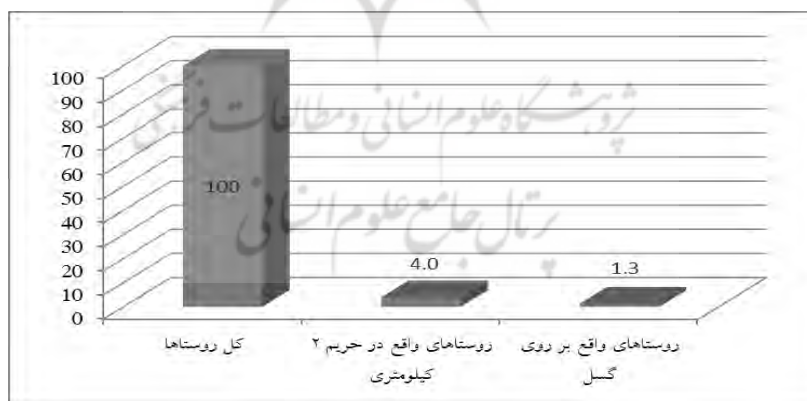
ت ۷. موقعیت ۱۵ روستای واقع بر روی گسل شمال قزوین



ت ۸. موقعیت ۱۵ روستای واقع بر روی گسل شمال قزوین

طرح هادی این روستاها، زون برشی تعیین شده برای گسل شمال قزوین را ملاک توسعه آتی روستاها قرار داده و در تعیین سمت توسعه آتی این روستاها ساخت و ساز جدید بر روی پهنه زون برشی گسل شمال قزوین را ممنوع اعلام کرد و در نقشه طرح هادی روستا گنجانده شود.

برای روستاهای واقع بر روی گسل شمال قزوین برای جلوگیری از مرگ و میر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله و حفظ جان انسان‌ها، جابجایی روستا به نقطه دیگر و یا اصلاح سمت توسعه آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل شمال قزوین ضروری می‌باشد. بدین منظور می‌توان در تهیه و یا بازنگری



ن ۱. درصد فراوانی روستاهای واقع بر روی گسل شمال قزوین و واقع در حریم ۲ کیلومتری استان قزوین

از زلزله، به دلیل وقوع مخاطرات حوزه نزدیک گسل، ساخت و ساز مقاوم با توجه به شتاب زلزله حوزه نزدیک

برای روستاهای واقع در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی

جلوگیری از مرگ و میر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله، جابجایی روستا به نقطه دیگر و یا اصلاح سمت توسعه آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل شمال قزوین ضروری می‌باشد. بدین منظور می‌توان در تهیه و یا بازنگری طرح هادی این روستاها، زون برشی تعیین شده برای گسل شمال قزوین را ملاک توسعه آتی روستاها قرار داده و در تعیین سمت توسعه آتی این روستاها ساخت‌وساز جدید بر روی پهنه زون برشی گسل شمال قزوین را ممنوع اعلام گردد. برای روستاهای واقع در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از زلزله، ساخت‌وساز مقاوم با توجه به شتاب زلزله حوزه نزدیک گسل و همچنین دوری از مناطق با احتمال رخداد زمین‌لغزش و سنگ‌افتان در روستاها در ساخت‌وساز آتی رعایت گردد.

پی‌نوشت

1. fault rupture zone
2. fault damage zone

فهرست منابع

- آقا نباتی، ع. (۱۳۸۳)، «زمین‌شناسی ایران»، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- احتشامی معین‌آبادی، محسن. خطر گسیختگی سطحی در محدوده شهر پردیس، استان تهران: لزوم رعایت حریم گسل در توسعه شهری. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته دانشگاه شهید چمران اهواز. شماره ۱۳۹۵.
- ایران بدی، دی ناز؛ زارع، مهدی، حریم ساخت‌وساز روی گسل‌های شیب لغزش، مطالعه گسل پیشوا در جنوب تهران. فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۴. ۱۳۹۳.
- امامی، م. ه؛ علایی مهابادی، ی؛ فنودی، م؛ سلطانی، م. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ تاکستان، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امامی، م. ه؛ رادجفر، ج. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ قزوین، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات

گسل پیشنهاد می‌گردد. همچنین دوری از مناطق با احتمال رخداد زمین‌لغزش و سنگ‌افتان در روستاها در ساخت‌وساز آتی رعایت گردد. بدین منظور در تهیه و بازنگری طرح‌های هادی این روستاها از توسعه روستا در محدوده گسیختگی سطحی گسل که در مناطق شیب‌دار و پای دامنه‌ها واقع شده‌است، باید جلوگیری گردد.

نتیجه

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته بر روی گسل شمال قزوین در مقاطع مختلف شامل خردشدگی شدید در سنگ‌های آذرین از نوع آندزیتی و تراکی‌آندزیت، کاتاکلازیت‌های خردشده وجود دارد که موردتحلیل قرار گرفت. همچنین آثاری از زون‌های گسل خورده و شکسته‌شده شامل شکستگی‌ها و گسل‌های ریز و فرعی مشاهده گردید. همچنین توف‌های سبزرنگی که به‌صورت سالم و نسبتاً دست‌نخورده در انتهای زون برشی گسل شمال قزوین مشاهده گردید که به‌عنوان دیواره سالم کناره زون برشی تلقی گردید. با توجه به بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی زون برشی گسل شمال قزوین در این مقطع، پهنای زون برشی به میزان ۳۲۰ متر بر روی فرادیواره گسل اندازه‌گیری گردید. از آنجایی که در محدوده گسل شمال قزوین روستاهای زیادی وجود دارند که در روی پهنه زون برشی گسل شمال قزوین واقع شده باشند روستاها با حریم گسیختگی گسل شمال قزوین مقایسه گردید و روستاهای باراجین، حسام‌آباد، خرمن‌سوخته، دستجردعلیا، اهورک، خوران، طزرکش، کیخنان، نجم‌آباد، رزجرد، قطبی‌میان، سپرنو، انگه، مزرعه‌لات و مزرعه‌خرمن‌لوق بر روی حریم گسیختگی گسل شمال قزوین واقع شده‌اند. همچنین تعداد ۴۵ روستا در فاصله کمتر از ۲ کیلومتری گسل شمال قزوین واقع شده‌اند. برای روستاهای واقع بر روی گسل شمال قزوین برای

معدنی کشور.

- بربریان، م؛ قریشی، م؛ ارژنگ روش، ب؛ مهاجر اشجعی، ا. (۱۳۷۱)، «پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون»، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۶۱.

- بربریان، م؛ قریشی، م؛ ارژنگ روش، ب؛ مهاجر اشجعی، ا. (۱۳۶۴)، «پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره قزوین تهران بزرگ و پیرامون»، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۵۶.

- زارع، مهدی، خطر زمین لرزه و ساخت و ساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسلش گسل های زمین لرزه ای ایران. پژوهش نامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، سال چهارم، شماره دوم و سوم، ۱۳۸۰.

- صبوری، س.م. (۱۳۹۷)، «زمین ساخت جنبا در بخش جنوبی البرز مرکزی (از کرج تا قزوین)»، پایان نامه دکتری تخصصی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

- صبوری، س.م. (۱۳۹۷)، «شناسایی حریم گسیختگی گسل در روستاها»، طرح پژوهشی، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران.
- مجرب، مسعود؛ زارع، مهدی؛ تعیین حریم مهندسی گسل شمال تهران. جهاد دانشگاهی، سال چهارم، شماره ۱، ۱۳۸۸.

- Alavi, M., (1996). Tectonostratigraphic synthesis and style of the Alborz Mountain system in northern Iran, *Journal of Geodynamics*, 21, 1-33.

- Allen, B. M., (2003). late Cenozoic deformation in the south Caspian region effects of a rigid basement block within a collision Zone.

-Batatian. D., 2002, Minimum Standards for Surface Fault Rupture Hazard Studies. Salt Lake County Geologic Hazards Ordinance, Appendix A, 11p.

- Berberian, M., and King, G. C. P., 1981. Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Can. J. Earth. Sci.*, 18, 210-265.

- Berberian, M., 1981. Active faulting and Tectonics of Iran. American Geophysical Union, *Geodynamics series*, volum 3.

- Choi, J.H., Edwards, P., Ko, K., Kim, Y.S., 2016 "Definition and classification of fault damage zones: A review and a new methodological approach", *Earth-Science Reviews*, 152, 70-87.

- Kim et al., 2004. "Fault damage zones", *Journal of Structural Geology*, 26, 503-517.

- Nestle. C., Lem. G., 2010, Manual for preparation of geotechnical report, Department of Public Works, Los Angeles County, 70 p.

- <https://doi.org/10.22034/40.173.49>

