

بررسی گسل ها، توان لرزه زایی و خطر زمین لرزه در مخروط افکنه های شمال شرق دریاچه ارومیه

معصومه رجبی *

دانشیار- گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

کامیلا آقاجانی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی

چکیده

مخروط افکنه ها یکی از اشکال ژئومورفولوژیکی پایکوهی در مناطق خشک و نیمه خشک می باشند که با وجود موقعیت مناسب برای اجرای برنامه های عمران و توسعه سکونتگاهی، نسبت به فرایندهای مخاطره آمیز ژئومورفیک از جمله رخداد زمین لرزه حساس هستند. سطوح این مخروط افکنه ها در حال حاضر بستر فعالیت های مختلف انسانی خصوصا فعالیت های کشاورزی و استقرار سکونتگاه های متعدد است. این منطقه یکی از مراکز مهم تأمین کننده نیازهای زراعی و کشاورزی بازار تبریز به شمار می آید. مخروط افکنه ها در این منطقه به دلایلی چند از جمله نزدیکی به گسل ها و دارا بودن سازندهای سست و متخلخل (آبرفت های کواترنری)، در معرض خطرات ناشی از زلزله هستند. فعالیت لرزه خیزی این گسل ها از طریق داده های تاریخی و دستگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. باتوجه به سوابق رخداد زمین لرزه های متعدد و گاهای بزرگ و احتمال رخداد آن در آینده، توان لرزه زایی گسل های منطقه با روش های زارع (۱۳۸۴)، اشجعی و نوروژی (پورکرمانی و همکار، ۱۳۷۶)، محاسبه و نتایج حاصله نشان می دهد، که گسل های منطقه و مجاور آن توان ایجاد زمین لرزه هایی به بزرگی بیش از ۶ ریشتر را دارند. بررسی ها همچنین نشان می دهد قابلیت لرزه زایی گسل ها با طول گسل ارتباط مستقیم وجود دارد.

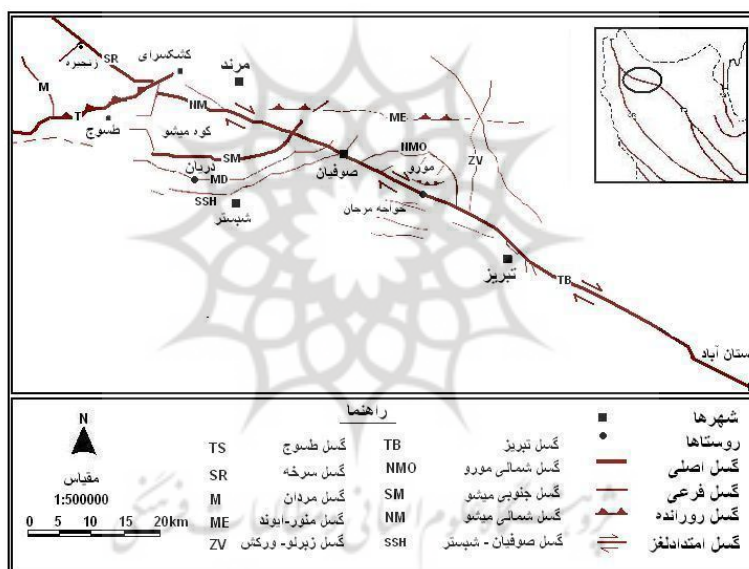
واژگان کلیدی: گسل، خطر زمین لرزه، توان لرزه زایی، واحد ژئومورفیک مخروط افکنه، شمال شرق دریاچه

ارومیه.

مقدمه

مخروط افکنه ها از جمله پدیده های مهم ژئومورفولوژیکی هستند، که عموماً بستر فعالیت های متنوع بشری نیز می باشند. این لندفرم مهم ژئومورفیک در عین حال متأثر از فرایندهای مختلف، خصوصاً فعالیت های زمین لرزه ای است، که عوامل تهدید کننده، اشکال مختلف فعالیت های انسانی واقع در سطح آن می باشد. زمین لرزه ها به عنوان فرایندهای درونی از جمله خطرات محیطی هستند، که در اغلب مناطق فعال از نظر تکتونیکی رخ می دهد.

وجود یا عدم وجود گسل‌ها و شکستگی‌های زمین و فعالیت‌های اخیر آن‌ها و جوان بودنشان از جمله شاخص‌هایی است که در فعالیت‌های آتی آن می‌تواند اثرگذار باشد (ورستاپن ۱۹۸۳). در واقع رابطه گسل - زلزله دو طرفه می‌باشد، یعنی وجود گسل‌های فراوان در یک منطقه سبب بروز زلزله می‌شود. زلزله نیز به نوبه خود سبب ایجاد گسل جدیدی گردیده و در نهایت، تعداد شکستگی‌ها زیادتر شده و به این ترتیب قابلیت لرزه‌خیزی منطقه افزایش می‌یابد (آلگر، ۱۹۸۷)، با توجه به قرار گرفتن منطقه شبستر در محدوده گسل بزرگ لرزه‌ای تبریز (شکل ۱)، و نیز فعال بودن آن از نظر تکتونیکی و لرزه‌خیزی (زارع و شاه پسند، ۱۳۷۴) لازم است، مطالعات سائزمو تکتونیکی منطقه به صورت دقیق انجام پذیرد، تا از این طریق میزان خطرساز بودن آن مشخص می‌شود. مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه، در شمال شرق دریاچه ارومیه، با مختصات عرض‌های $38^{\circ} 09'$ الی $38^{\circ} 15'$ شمالی و طول‌های $45^{\circ} 34'$ الی $45^{\circ} 50'$ غربی واقع است.



شکل ۱: نقشه موقیت گسل تبریز و گسل‌های فرعی آن شامل گسل میشو جنوبی و شبستر بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه

پیشینه پژوهش

در رابطه با بررسی مخاطرات ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، در نقاط مختلف ایران مطالعاتی انجام یافته است ولی در خصوص محدوده مورد نظر تا کنون هیچگونه بررسی صورت نگرفته است. بنابراین از نظر پیشینه پژوهش می‌توان گفت منبع مستقیمی در ارتباط با مطالعات رخداد زمین لرزه‌ای و خطر زلزله وجود ندارد. با این حال تعدادی منبع در مورد مطالعات ژئومورفولوژی صرف و موضوعات جنبی صورت گرفته است، که از عناوین

مهم آن‌ها: پژوهشی در تکوین کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشو داغ با تأکید بر مورفوکلیما و مورفوتکتونیک (رضایی مقدم، ۱۳۷۴)، زمین‌شناسی ساختمانی شهرستان شبستر (سلطانی سیسی، ۱۳۷۹) و اشکال مختلف مخروط افکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشو داغ، با تأکید بر نقش فعالیت‌های تکتونیکی کواترنر در ایجاد آن‌ها (مختاری، ۱۳۸۴) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در فرایند تحقیق، نخست نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری به عنوان نقشه‌های پایه در شناسایی واحدهای توپوگرافی و موقعیت مخروط افکنه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرند نیز برای شناسایی گسل‌ها و سازندهای زمین‌شناسی منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۴۰۰۰۰، ۱:۲۰۰۰۰، منطقه همچنین تصاویر ماهواره‌ای در تکمیل مطالعات مفید واقع شده‌اند، بعد از شناسایی مخروط افکنه‌ها و بررسی اولیه آن‌ها از روی اسناد، اقدام به جمع‌آوری داده‌های زمین‌لرزه منطقه شده است.

بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، گسل‌های منطقه شناسایی و مهمترین آن‌ها در روی زمینه تصویر ماهواره‌ای ترسیم شد (شکل ۱). سپس به بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی منطقه پرداخته و فهرست زمین‌لرزه‌ها در گستره شعاعی ۲۰۰ کیلومتر جمع‌آوری و بررسی شده است. همچنین پارامترهای اولیه مربوط به برآورد خطر زلزله (پورکرمانی، آراین ۱۳۷۶)، یعنی توان لرزه‌ای گسل‌های فعال منطقه با استفاده از فرمول‌های زارع (۱)، اشجعی و نوروزی (۲):

$$M_w = \ln(L) * 0.91 + 3.6 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$M = \log L + 5.4 \quad \text{رابطه (۲)}$$

شدت نسبی زلزله در کانون زلزله با استفاده از فرمول ریشتر-گوتنبرگ^(۳):

$$I_0 = 1.7 \text{ MS} - 2.8 \quad \text{رابطه (۳)}$$

برآورد شتاب (۴)، سرعت (۵) و جابجاشدگی (۶) از فرمول‌های تریفوناک و بریدی^(۱۹۷۵)

$$\log A_h = -0.014 + 0.3 I_0 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\log A_v = -0.18 + 0.3 I_0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\log V_h = 0.63 + 0.25 I_0$$

$$\log V_v = -1.1 + 0.28 I_0$$

رابطه (۶)

$$\log D_h = -0.53 + 0.19 I_0$$

$$\log D_v = -1.13 + 0.24 I_0$$

و دوره بازگشت با استفاده از فرمول ریشتر- گوتنبرگ (۷) به دست آمده است.

$$M = [\log(\frac{T}{N}) + a] / b \quad \text{رابطه (۷)}$$

بعد از بررسی توان لرزه ای گسل های فعال منطقه، اقدام به ارزیابی آسیب پذیری سکونتگاه های روستایی با توجه به دوری و نزدیکی از گسل ها و مواد تشکیل دهنده بستر آن ها انجام پذیرفته است (جدول ۴).

مشخصات منطقه

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع در شمال شرق دریاچه ارومیه و مابین عرض های ۰۹' ۳۸° تا ۱۵' ۳۸° شمالی و طول های ۳۴' ۴۵° تا ۵۰' ۴۵° شرقی واقع شده است. این منطقه از طرف شمال به کوه های میشو و از جنوب به دشت های آبرفتی و پلایاهای حاشیه شمال شرقی دریاچه ارومیه ختم می شود، همچنین از سمت شرق به صوفیان و از غرب به تسوج منتهی می شود. منطقه مورد مطالعه متشکل از چندین مخروط افکنه مجاور هم می باشد که مشخصات کلی آن ها در جدول ۱، درج شده است. این مخروط افکنه ها به ترتیب از سمت غرب به شرق عبارتند از:

مخروط افکنه کبوتر علی چای، مخروط افکنه شبستر، مخروط افکنه سیس.

جدول ۱: مشخصات کلی مخروط افکنه های مورد مطالعه

نام مخروط افکنه	متوسط شیب (درصد)	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	میانگین ارتفاع (متر)	طول مخروط افکنه (کیلومتر)	مساحت (کیلومتر مربع)
کبوتر علی چای	۳/۲	۱۵۴۰	۱۲۸۰	۱۴۱۰	۸	۳۲
شبستر	۳/۱۶	۱۶۸۰	۱۲۸۰	۱۴۸۰	۱۲/۵	۴۳/۳
سیس	۴/۹	۱۶۶۰	۱۲۸۰	۱۴۴۰	۷/۵	۳۷

- لازم به توضیح است مخروط افکنه سیس از جمله مخروط افکنه های بزرگ بخش جنوبی رشته کوه میشو داغ محسوب می شود که در این مطالعه تا طول جغرافیایی ۴۵° ۵۰' مد نظر بوده است.

بحث

زمین لرزه از جمله مخاطرات طبیعی مهم می باشد، که جنبه های مختلف زندگی بشری را متأثر می سازد. مناطق زلزله خیز کره زمین به صورت زنجیره ای در امتداد کوه های آلپ تا هیمالیا کشیده شده اند (کریس ۱۹۹۸، ۲۰). کشور ایران در قسمت میانی کمربند کوهزایی آلپ واقع شده است، و از جمله کشورهای لرزه خیز جهان محسوب می شود.

گسله های فعال در آذربایجان با مطالعاتی که از اوایل قرن بیستم به وسیله دستگاه های زلزله نگار انجام شده با زمین لرزه های کم عمق ویرانگر که اغلب بزرگی آن ها بیش از ۶/۵ ریشتر هستند همراه می باشند (بربریان و

چالنگو، ۱۹۷۴). لازم به توضیح است در مقیاس ریشتر، زمین لرزه های درجه ۴ و بالاتر به خوبی احساس می شود و در بالاتر از ۵ درجه، ظروف و پنجره ها نیز می شکنند (همبلین و کریستین، ۱۹۹۵).

با توجه به مطالعات انجام گرفته، مجموعه میشو داغ از جمله دامنه جنوبی و پایکوه های آن دارای شکستگی ها و گسل های متعدد و مهمی است. بررسی ویژگی های تکتونیکی منطقه مشخص می کند که منطقه مورد مطالعه متأثر از گسل ها هستند و حدود ۴ گسل بزرگ و فعال در منطقه و حواشی آن وجود دارد (شکل ۲) که جزء عوامل مخاطره آمیز ژئومورفولوژیکی محسوب می شوند. این گسل ها (سلطانی ۱۳۷۹) عبارتند از:

گسل جنوبی میشو: گسل جنوبی میشو ادامه گسل فشاری شمال تبریز می باشد که یکی از مهمترین ساخت های تکتونیکی در گستره تبریز در شمال شرق دریاچه ارومیه به شمار می آید. این گسل با روند شرقی- غربی و با طول نزدیک به ۳۳ کیلومتر از ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان شبستر می گذرد.

گسل خامنه - شبستر - سیس: این گسل از سه قطعه جنوب غربی، مرکزی، و شمال شرقی تشکیل شده است (شکل های ۱ و ۲).

- قطعه جنوب غربی گسل از شمال غرب کوزه کنان شروع و از شمال شهر خامنه گذشته و تا شهر شبستر ادامه دارد و طول آن بیش از ۱۵ کیلومتر است.

- قطعه مرکزی گسل از شمال شبستر شروع و تا روستای بنیس ادامه دارد. طول آن در حدود ۳/۵ کیلومتر بوده و به سمت شمال غرب شیب دارد.

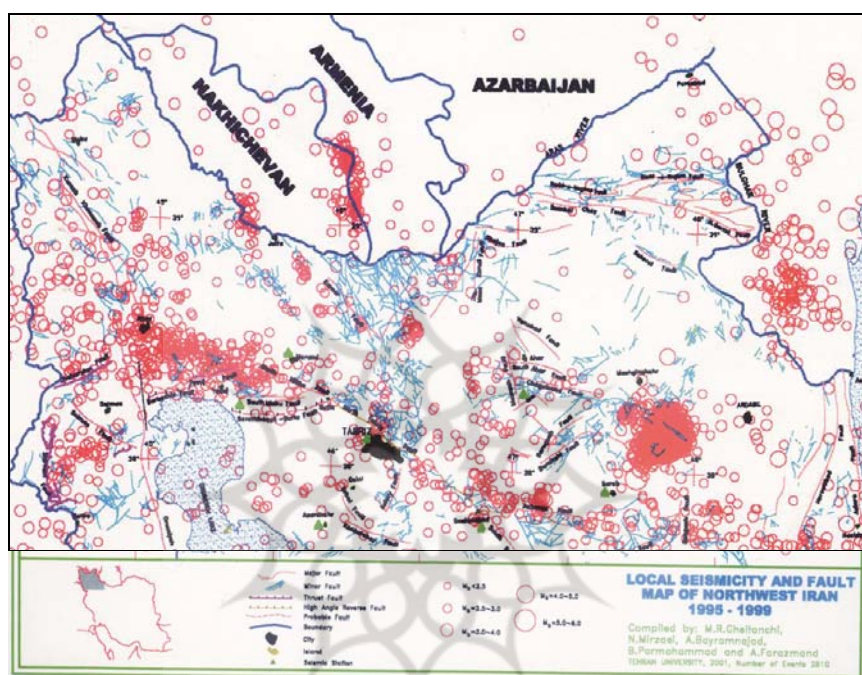
- قطعه شمال شرقی گسل از روستای بنیس شروع و تا شمال شهر سیس ادامه دارد و طولش ۷/۵ کیلومتر است.

گسل دریان - شانجان: این گسل از شمال روستاهای دریان و شانجان می گذرد و دارای دو روند مشخص است، در قسمت غرب روند این گسل تقریباً شرقی - غربی و شیب آن به سمت جنوب - جنوب شرق می باشد و طول آن ۱۷ کیلومتر است. در شرق شانجان این گسل تغییر روند داده است.

گسل بنیس - کند رود: این گسل از شمال شرق روستای بنیس تا شمال شرق روستای کندرود ادامه دارد و طول آن در حدود ۱۰ کیلومتر است.

گسل ها شاخصی از فعالیت های زمین لرزه ای می باشند. وجود تعداد قابل ملاحظه ای گسل در منطقه مورد مطالعه، حکایت از شرایط زلزله خیزی آن دارد، به طوری که آمار و اطلاعات تاریخی و دستگاهی موید این مطلب است. با توجه به آمار و اطلاعات موجود که در مورد زمین لرزه های تاریخی منطقه مورد مطالعه، که از منابع تاریخی به دست آمده اند (آمبرسایز و ملویل، ۱۹۸۲) به این نتیجه می رسیم که در سال های قبل از ۱۹۰۰ میلادی در منطقه مورد مطالعه و بر روی گسل جنوبی میشو و شمال آن تعداد زیادی زلزله حتی با بزرگی ۵ تا ۷ ریشتر ثبت شده است (جدول ۲).

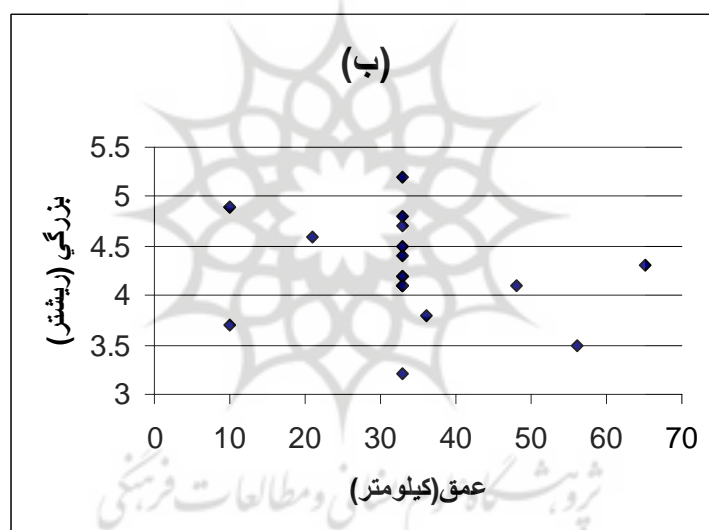
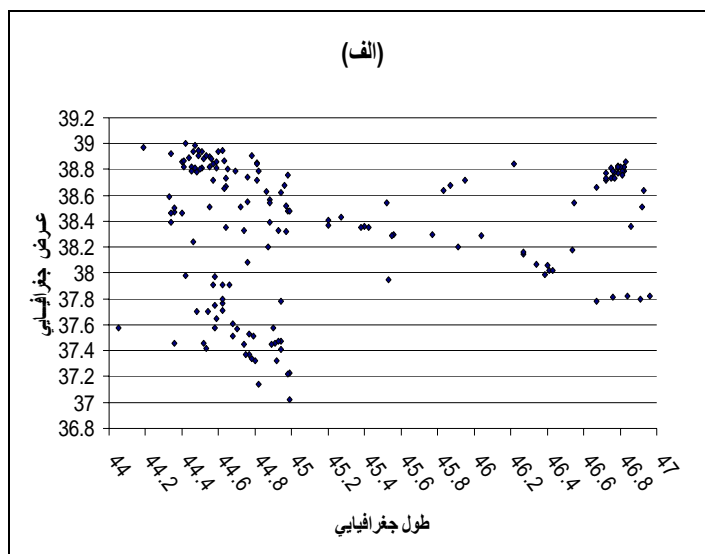
مطابق بررسی ها اکثر زمین لرزه های ناحیه شمال و شمال غرب ایران دارای عمق کانونی کمتر از ۳۳ کیلومتر می باشند (مگی و همکاران ۲۰۰۲). همچنین با توجه به آمار و اطلاعات مربوط به زلزله های دستگاهی منطقه مورد مطالعه و مناطق هم جوار (شکل ۳) مشاهده می کنیم که زلزله هایی با بزرگی ۱ و ۵ ریشتر و اکثرا با عمق کانونی ۳۳ کیلومتر در نواحی مجاور منطقه مورد مطالعه رخ داده است (شکل ۴ - ب).



شکل ۳: در این شکل کانون های زمین لرزه و ارتباط آن ها با گسل های منطقه مشخص شده است.

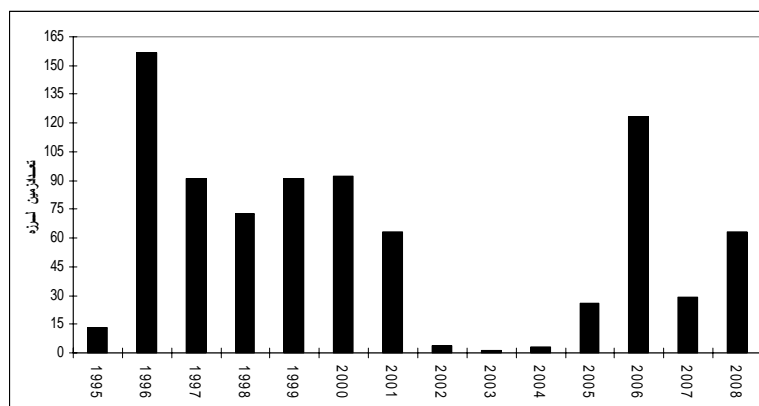
منبع: قیطانچی و همکاران (۱۳۸۲)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴: شکل‌توزیع مراکز سطحی زلزله‌های رخ داده در ناحیه مورد پژوهش و پیرامون در فاصله زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۰ (الف) شکل توزیع بزرگی زمین لرزه‌های دستگاهی منطقه نسبت به فاصله کانونی آن‌ها در سال‌های ۱۹۶۸-۲۰۰۰ (ب)

باستناد آخرین مطالعات و آمار منتشر شده توسط موسسات معتبر کشور شدت زلزله‌های اعمال شده از چهار صد سال قبل از میلاد تاکنون در این منطقه از هفت درجه مرکالی بیشتر نبوده است. بررسی آمار زلزله‌های دستگاهی منطقه و شکل (۵) نشان می‌دهد که وقوع زلزله در منطقه با یک روند نوسانی توأم است که می‌توان دوران کاهش رخداد زلزله را مرحله انباشت فشار در کانون نامید.

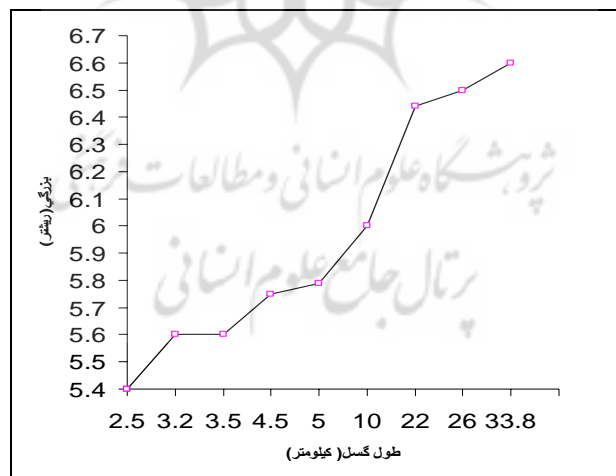


شکل ۵: شکل میله ای تعداد زمین لرزه های رخ داده در منطقه و نواحی پیرامون از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸، لازم به توضیح است، زمین لرزه های مشخص شده در این شکل شامل کلیه زمین لرزه ها با بزرگی متفاوت می باشد.

بررسی داده های لرزه خیزی منطقه موید این مطلب است که دو رخداد لرزه ای به بزرگای ۶/۵ ریشتر در سال ۱۹۳۱ در منطقه اتفاق افتاده است. این موضوع احتمال رویداد زمین لرزه های بزرگ را در راستای گسل تبریز و یا سایر گسل های مهم و جوان مجاور را بیشتر می نماید (مقیم، ۱۳۸۴، ۱۶۱). با توجه به اهمیت رخداد زمین لرزه در منطقه مورد مطالعه لازم است عامل مخاطره آمیزی گسل ها از نظر توان لرزه ای مورد بررسی قرار گیرد. توان لرزه ای گسل ها با طول گسل و مقدار جابه جا شده آن در ارتباط است (شکل ۶). رابطه مستقیمی میان توان لرزه ای و طول بخش مستقیم گسل های جوان وجود دارد و لذا روابطی نیز جهت برآورد، توان لرزه ای گسل ها توسعه یافته است. جهت محاسبه توان لرزه ای گسل های منطقه ابتدا طول گسل های منطقه از منابع معتبر جمع آوری شده و سپس پارامترهای اصلی زلزله محاسبه شده است. با توجه به مقادیر به دست آمده از فرمول های مذکور، گسل های میشوی جنوبی، خامنه - شبستر - سپس و شانجان - دریان به ترتیب دارای بالاترین توان لرزه زایی در منطقه می باشند (جدول ۳).

جدول ۳: توان لرزه‌زایی گسل‌های پیرامون مخروط افکنه‌های مورد مطالعه

نام گسل	طول گسل (کیلومتر)	بزرگی محاسبه شده از فرمول‌ها			شدت بر حسب مقیاس مرکالی	دوره بازگشت (سال)	حداکثر شتاب افقی و قائم (cm/sec ²)	حداکثر جابجاشدگی افقی و قائم (cm)	حداکثر سرعت افقی و قائم (cm/sec)
		اشجعی نوروزی	زارع	میانگین					
جنوب میشو	۳۳/۷۵	۶/۶	۶/۲	۶/۴	۱۸۰	۰/۳۵-۰/۳۴	۱/۰۱-۰/۸۲	۲/۶۶-۱/۱۷	
خامنه شبستر سیس	۲۶	۶/۵	۵/۹	۶/۲	۱۴۲	۰/۳۴-۰/۳۲	۰/۹۵-۰/۷۴	۲/۵۸-۱/۰۸	
شانجان	۲۲	۶/۴۴	۵/۸۵	۶/۱۴	۱۲۶	۰/۳۳-۰/۳۲	۰/۹۱-۰/۷۰	۲/۵۳-۱/۳۰	
بنیس-کندرود	۱۰	۶	۵/۱	۵/۵	۶۳	۰/۲۷-۰/۲۳	۰/۷۱-۰/۴۴	۲/۲۶-۰/۷۳	
جنوب وایقان	۳/۵	۵/۶	۴/۱	۴/۸	۲۸	۰/۲۰-۰/۱۴	۰/۴۸-۰/۱۵	۱/۹۷-۰/۴۰	
جنوب شرق وایقان	۳/۲	۵/۶	۴	۴/۸	۲۸	۰/۲۰-۰/۱۴	۰/۴۸-۰/۱۵	۱/۹۷-۰/۴۰	
آق کهریز	۴/۵	۵/۷۵	۴/۳	۵	۳۴	۰/۲۲-۰/۱۷	۰/۵۵-۰/۲۳	۲/۰۵-۰/۴۹	
جنوب غرب علیشاه	۵	۵/۷۹	۴/۴	۵	۳۴	۰/۲۲-۰/۱۷	۰/۵۵-۰/۲۳	۲/۰۵-۰/۴۹	
جنوب علیشاه	۲/۵	۵/۴	۳/۸	۴/۶	۲۱	۰/۱۷-۰/۱۱	۰/۴۲-۰/۰۷	۱/۸۸-۰/۳	



شکل ۶: شکل ارتباط طول گسل با بزرگی زلزله در منطقه

بررسی‌های ژئوفیزیکی و آمار و اطلاعات موجود که توسط سازمان‌ها و موسسات معتبر در مورد لرزه‌خیزی این منطقه جمع‌آوری شد، نشان می‌دهد که در اثر زلزله‌های حادث شده خسارات قابل توجهی به این منطقه وارد شده است. لازم است وضعیت استقرار سکونتگاه‌های منطقه از نظر دوری و نزدیکی به گسل‌های منطقه

مشخص شود. در این ارتباط معمولاً محدوده ۲۰ کیلومتری از گسل های فعال را منطقه خطر می نامند (درویش زاده، ۱۳۷۰، ۸۱). زیرا محدوده ۲۰-۱۵ کیلومتری از گسل، ناحیه مرکز زلزله می باشد (عادلی، ۱۳۶۹، ۶۸). با توجه به بررسی سکونتگاه های مستقر بر روی مخروط افکنه های مورد مطالعه می توان گفت که شهرها و روستاهایی که در ارتفاعات بالاتر یعنی در قسمت های نزدیک به راس مخروط افکنه ها واقع شده اند به علت نزدیکی به گسل های فعال تر منطقه (جدول ۴) که دارای توان لرزه زایی بیشتری می باشند، در معرض خطر بالاتری نسبت به بقیه روستاهای منطقه واقع می شوند. شیب زیاد این روستاها و شهرها که در حدود ۵ درصد می باشد، موجب تشدید امواج لرزه ای شده و محل استقرار این روستاها که از مواد سست تشکیل یافته اند موجبات آسیب پذیری سکونتگاه ها را فراهم می آورد. همچنین مطالعات مبین این مطلب است که واکنش زمین در مقابل خطر محیطی زلزله در ارتباط با لیتولوژی و سازندهای سطحی است (کوک و دورکمپ، ۱۹۹۰) و بخش های مرتفعی که از رسوبات نرم و جدید و همچنین نهشته های دامنه ای تشکیل شده اند باعث تقویت بیشتر امواج زلزله ای می شوند (رجائی ۱۳۸۲، ۲۹۲). از طرف دیگر براساس مطالعات انجام یافته، نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در سکونتگاه های منطقه، که عمدتاً از مواد نامناسب می باشد، عامل دیگری در افزایش خسارت های ناشی از زلزله شناخته شد.

بنابراین از بررسی های انجام یافته در خصوص سابقه فعالیت زمین لرزه ای در منطقه و توان لرزه ای گسل های منطقه و نحوه استقرار روستاها می توان گفت زمین لرزه یکی از عوامل مهم مخاطره آمیز محیطی و ژئومورفولوژی ناحیه مورد بررسی می باشد

جدول ۴: موقعیت روستاها در رابطه با گسل های فعال منطقه اطلاعات ستون های جدول حاضر بر اساس نقشه های زمین شناسی، نقشه های توپوگرافی و گزارشات برنامه و بودجه است

نام روستا	تعداد جمعیت	فاصله از خط گسل شبستر (متر)	فاصله از خط گسل مشفق - شانجان (متر)	فاصله از خط گسل جنوبی (میشو) (متر)	محل روستا نسبت به گسل های فعال	شیب زمین %	مواد و جایگاه بستر روستاها
خامنه	۲۵۳۹	۱۰۰	۳۰۰۰	۸۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و گسل شبستروشانجان	۵/۳	آبرفت (سیلت، مارن، ماسه)
دریان	۱۲۴۶	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۶۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و گسل شانجان و بالا دست گسل شبستر	۵/۵	آبرفت (سیلت، مارن، ماسه)
کافی الملک	۱۴۹۴	۷۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	پسایین دست گسل جنوبی، شبستروشانجان	۲/۱	دشت های آبرفتی
شند آباد	۹۱۹۱	۶۰۰۰	۹۰۰۰	۱۴۰۰۰	پسایین دست گسل جنوبی، شبستروشانجان	۱/۳	دشت های آبرفتی
شنگل آباد	۴۵۲	۶۰۰۰	۹۵۰۰	۱۴۰۰۰	پسایین دست گسل جنوبی، شبستروشانجان	۲	دشت های آبرفتی
شانجان	۳۲۵	۲۰۰۰	۵۰۰	۴۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و گسل شانجان و بالا دست گسل شبستر	۶/۶	پادگانه های آبرفتی با بلندای کم
بنیس	۱۲۴۱	بر روی گسل	۱۵۰۰	۶۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و شانجان و روی گسل شبستر	۳/۲	پادگانه های آبرفتی با بلندای کم
شبستر	۹۸۸۷	۱۰۰۰	۴۵۰۰	۱۰۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و گسل شبستر و شانجان	۴	دشت های آبرفتی
نوجه ده	۷۰۴	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی و شبستروشانجان	۲/۶	دشت های آبرفتی
دیزج خلیل	۳۱۸۸	۶۰۰۰	۹۰۰۰	۱۲۰۰۰	پسایین دست گسل جنوبی شبستروشانجان	۲/۶	دشت های آبرفتی
وایقان	۴۱۵۹	۷۵۰۰	۱۱۰۰۰	۱۵۰۰۰	پسایین دست گسل جنوبی شبستروشانجان	۱/۶	دشت های آبرفتی (ماسه ریز)
سیس	۵۶۰۳	۳۵۰۰	----	۸۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی شبستر	۳/۶	آبرفت
علیشاه	۱۳۲۳	۱۰۰۰۰	----	۱۴۰۰۰	پایین دست گسل جنوبی	۱	آبرفت

نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه در بین شبکه ای از گسل های فعال قرار گرفته است که فعالیت لرزه خیزی این گسل ها از دیر باز در متون تاریخی ثبت شده است. قابلیت لرزه زایی این گسله ها به طول گسله بستگی دارد. همان طوری که بررسی شد، همه گسله ها قابلیت ایجاد زمین لرزه های بزرگ را ندارند، و هر چه گسله دراز تر باشد، قابلیت لرزه زایی آن بیشتر است. توان لرزه زایی گسل های منطقه با دو روش محاسبه شد و نتایج به دست آمده نشان می دهد که گسل های جنوب میشو و شبستر توان ایجاد زلزله با بزرگی ۶ ریشتر را دارند.

با توجه به بررسی سکونتگاه های مستقر بر روی مخروط افکنه های مورد مطالعه می توان نتیجه گرفت که شهرها و روستاهایی که در ارتفاعات بالاتر یعنی در قسمت های نزدیک به راس مخروط افکنه ها واقع شده اند، به علت نزدیکی به گسل های فعال تر منطقه (جدول ۳)، دارای توان لرزه زایی بیشتری می باشند و در نتیجه در معرض خطر بالاتری نسبت به بقیه روستاهای منطقه واقع می شوند. شیب زیاد این روستاها و شهرها موجب تشدید امواج لرزه ای شده و محل استقرار این روستاها که از مواد سست تشکیل یافته اند، موجبات آسیب پذیری سکونتگاه ها را فراهم می آورد. از طرف دیگر بر اساس مطالعات انجام یافته، نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در سکونتگاه های منطقه، که عمدتاً از مواد نامناسب می باشد، عامل دیگری در افزایش خسارت های ناشی از زلزله می باشد.

منابع

- ۱- آلگرک، ک، (۱۳۶۷): ناآرامی های زمین لرزه و آتشفشان، ترجمه درویش زاده، ع، دانشگاه تهران.
- ۲- امبرسنز، ن.ن. ملویل، چ، پ، (۱۳۷۰): ترجمه ابوالحسن رده، موسسه انتشارات آگاه.
- ۳- برنامه و بودجه، (۱۳۷۵): سرشماری عمومی نفوس و مسکن، شناسنامه آبادی های کشور، استان آذربایجان شرقی.
- ۴- پور کرمانی، محسن آرین، مهران، (۱۳۷۶): ساینمو تکنونیک، شرکت مهندسی مشاور در آب.
- ۵- درویش زاده، علی، (۱۳۷۰): زمین شناسی ایران، تهران، انتشارات ندا.
- ۶- ذکاء، یحیی، (۱۳۶۸): زمین لرزه های تبریز، انتشارات نیما، تبریز.
- ۷- رجائی، عبدالحمید، (۱۳۷۳): کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، قومس، تهران.
- ۸- رجائی عبدالحمید، (۱۳۸۲): کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی، تهران، انتشارات سمت.
- ۹- رضایی مقدم، محمد حسین، (۱۳۷۴): پژوهش در تشکیل کوهپایه ها و دشت های انباشتی دامنه جنوبی میشوداغ با تأکید بر مورفوکلیما و مورفوتکتونیک، پایان نامه دکتری.
- ۱۰- زارع، مهدی و شاه پسندزاده، (۱۳۷۴): بررسی مقدماتی لرزه خیزی، زمین ساخت و خطر زمین لرزه - گسلش در پهنه آذربایجان شرقی، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران.

- ۱۱- زارع، مهدی، (۱۳۸۴): مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی کاربردی، انتشارات پژوهشکده بین‌المللی زلزله‌شناسی، تهران.
- ۱۲- سازمان آب منطقه‌ای، (۱۳۷۲): طرح تغذیه مصنوعی کبوترعلی‌چای (دریان‌چای) شبستر. مطالعات مرحله دوم، جلد اول گزارش فنی، آذربایجان شرقی.
- ۱۳- سلطانی سیسی، غلامعلی، (۱۳۷۹): زمین‌شناسی ساختمانی شهرستان شبستر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی - تکتونیک، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال.
- ۱۴- عادلی، حجت‌ا...، (۱۳۶۹): مهندسی زلزله، دهخدا، تهران.
- ۱۵- قیطانچی، محمدرضا و همکاران، (۱۳۸۲): وضعیت لرزه‌خیزی شمال غرب ایران بر اساس اطلاعات شبکه لرزه‌نگاری محلی، علوم زمین سال یازدهم شماره ۴۹-۵۰.
- ۱۶- مختاری، داود، (۱۳۸۴): اشکال مختلف مخروط افکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشوداغ با تأکید بر نقش فعالیت‌های تکتونیکی کواترنر در ایجاد آن‌ها، گزارش طرح تحقیقاتی.

- 17- Ambraseys, N. N., Melville, C. P., (1982): A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press.
- 18- Cook, R. U. Doornkamp, j. c. (1990): Geomorphology in Environmental Management, Oxford University Press.
- 19- Berberian. M, & Tchalenko, J. S. (1974): The Salmas Earthquake of May 1930. Ann,di. Geof.
- 20- Kirpes, Mrtha Patricia; (1998): Bring Environmental Justic To Natural Hazards, Michigan University.
- 21- Maggi, A., Priestley, K. & Jackson, J. (2002): Focal Depth of Moderate and Large Size Earthquake in Iran. Journal of Seismology and Earthquake Engineering. Vol.4.No.2-3,p.1-10
- 22- Verstapen.H.Th. (1983): Applied Geomorphology. Elsver.
- 23- Hamblin, w. k. & Christiansen.E.H. (1995): Earth Dynamic. Systems Peretice Hall ltd.