

ارزیابی مقدماتی خطر زمین‌لرزه و نشست گاز در شهرستان مسجدسلیمان

محمدحسین قبادی*، عباس چرچی و حجت‌الله صفری

*گروه زمین‌شناسی - دانشگاه بوعلی سینا همدان

گروه زمین‌شناسی - دانشگاه شهید چمران اهواز

پست الکترونیکی: amirghobadi@yahoo.com

چکیده

شهر مسجدسلیمان از نظر لرزه‌خیزی منطقه‌ای فعال است. وقوع زلزله اندیکا با بزرگی $6/3$ ریشتر در سال 1380 و نیز رویداد زمین لرزه‌هایی به بزرگی 4 تا 5 ریشتر طی سال‌های 1382 و 1383 در منطقه بر این موضوع دلالت دارد. در این مقاله، گسل‌های پیرامون شهرستان مسجدسلیمان تا محدوده 80 کیلومتری مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس محاسبات انجام شده بزرگی زلزله‌های ناشی از فعالیت این گسل‌ها بین $6/4$ تا 7 ریشتر می‌باشند. شتاب‌های افقی ناشی از این زلزله‌ها بین $0/09g$ تا $0/3g$ و شتاب‌های عمودی بین $0/04g$ تا $0/15g$ محاسبه شده که با توجه به موضوع نشست گاز در منطقه از دیدگاه زیست محیطی بسیار مهم تلقی می‌گردد. مخزن هیدروکربوری مسجدسلیمان دارای پوشش سنگ نامطمئن و وضعی است. وجود نشست‌های قدیمی قبل از هرگونه حفاری در مخزن نشان می‌دهد که پوشش سنگ نمی‌تواند از نشست گاز مخزن جلوگیری کند. با توجه به این که عمده منطقه نشست گاز در محیط شهری مسجدسلیمان واقع شده، وقوع زلزله در ناحیه با آتش‌سوزی همراه خواهد بود. بنابراین موضوع مدیریت بحران زمین‌لرزه در این شهر مستلزم توجه بیشتری است.

واژه‌های کلیدی: زلزله، گسل فعال، نشست گاز، مسجدسلیمان

مقدمه

با توجه به این که گسل‌های فعال در ایجاد زلزله‌های ویرانگر نقش اساسی دارند [۳، ۴، ۵ و ۶] شناسایی محل و تعیین مشخصات لرزه‌ای آن‌ها در محدوده شهر مسجدسلیمان در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است. قرار داشتن گسل فعال لهری در محدوده شهر مذکور و نشست گاز در مناطق مسکونی خطر بروز فاجعه‌ای انسانی را در صورت وقوع زلزله افزایش

شهرستان مسجدسلیمان واقع در شمال شرق خوزستان از دیدگاه لرزه‌خیزی یکی از مناطق فعال استان محسوب می‌شود [۱ و ۲]. وجود کانون‌های متعدد زلزله در محدوده آن (تصویر ماهواره‌ای) و بروز تعداد زیادی زمین لرزه در اواخر سال 1382 و اوایل سال 1383 با بزرگی 4 تا 5 در مقیاس ریشتر بر فعالیت تکتونیکی منطقه دلالت دارد.

ساز و کار زلزله، مانند شناسایی گسل و تعیین میزان فعالیت آن‌ها انجام می‌شود. سپس با استفاده از روابط تجربی موجود بین ویژگی‌های زلزله نسبت به ارزیابی بزرگ‌ترین زمین‌لرزه محتمل اقدام می‌گردد. روش دوم تهیه نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای است که می‌تواند با استفاده از اطلاعات حاصل از روش قطعی انجام شود. در روش سوم که به روش احتمالی موسوم است، با داشتن مشخصات زلزله‌های قبلی و بررسی‌های آماری و احتمالی آن‌ها و با استفاده از یک مدل ریاضی، نسبت به احتمال وقوع زلزله با بزرگی مشخص اقدام و پتانسیل لرزه‌خیزی در ناحیه ارزیابی می‌گردد. در این تحقیق ارزیابی شرایط لرزه‌خیزی شهر مسجدسلیمان به روش قطعی انجام گرفته است.

زمین‌شناسی

رخنمون‌های سنگی منطقه مورد مطالعه سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری و بختیاری هستند که از نظر سنی به تشریحاری تعلق دارند. از میان سازندهای یاد شده سازند گچساران با تناوبی از لایه‌های مارنی، سنگ گچ، سنگ آهک و سنگ نمک بیشترین گسترش را دارا است. شهر مسجدسلیمان بر روی این سازند و نهشته‌های اخیر کواترنر بنا شده است (شکل ۱). تاکدیسی نامتقارن که یال جنوب غربی آن توسط گسل لهبری بریده شده ساختار اصلی منطقه را تشکیل می‌دهد (شکل ۲). گسل مسجدسلیمان با راستای جنوب شرق-شمال غرب به موازات گسل لهبری در جنوب غرب مسجدسلیمان قرار دارد و عملکرد آن سازند گچساران را در مقابل سازند بختیاری قرار داده است (شکل ۱). گسل‌های دیگر ناحیه که در جنوب شرق مسجدسلیمان قرار دارند با عملکردشان سازند گچساران را مقابل سازندهای میشان و آغاچاری قرار داده‌اند (شکل ۱).

می‌دهد. به دلیل وجود این گسل و سایر گسل‌های دارای توان فعالیت در منطقه، مانند گسل مسجدسلیمان و نظر به سکونت جمعیتی در حدود ۱۸۰ هزار نفر در این شهر و پیرامون آن موضوع خطر زمین‌لرزه به توجه جدی نیاز دارد.

عموماً آتش‌سوزی‌های پس از زمین‌لرزه قادرند خساراتی بیشتر از خود زمین‌لرزه ایجاد کنند. بیشترین زیان وارده در زمین‌لرزه ۱۸ آوریل ۱۹۰۶ شهر سانفرانسیسکو با بزرگی $8/2$ ریشتر ناشی از آتش‌سوزی فراگیر پس از زمین‌لرزه بود. آتش در مدت ۳ روز، ۱۲ کیلومتر مربع از شهر را سوزاند. این در حالی بود که خسارات ناشی از زمین‌لرزه ۲۰٪ کل خسارت را شامل شد [۷]. در زمین‌لرزه اول سپتامبر ۱۹۲۳ شهرهای توکیو و یوکوهاما که با بزرگی $8/3$ ریشتر رویداد، از ۱۵۰۰۰۰ نفر تلفات انسانی حدود ۱۴۰۰۰۰ نفر در اثر آتش‌سوزی بزرگ بعد از زمین‌لرزه جان سپردند [۸]. در زلزله ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ ماناگوا ۷ شبانه روز برای مهار آتش تلاش شد و ۶ روز بعد از زلزله هنوز آتش در شهر وجود داشت [۸].

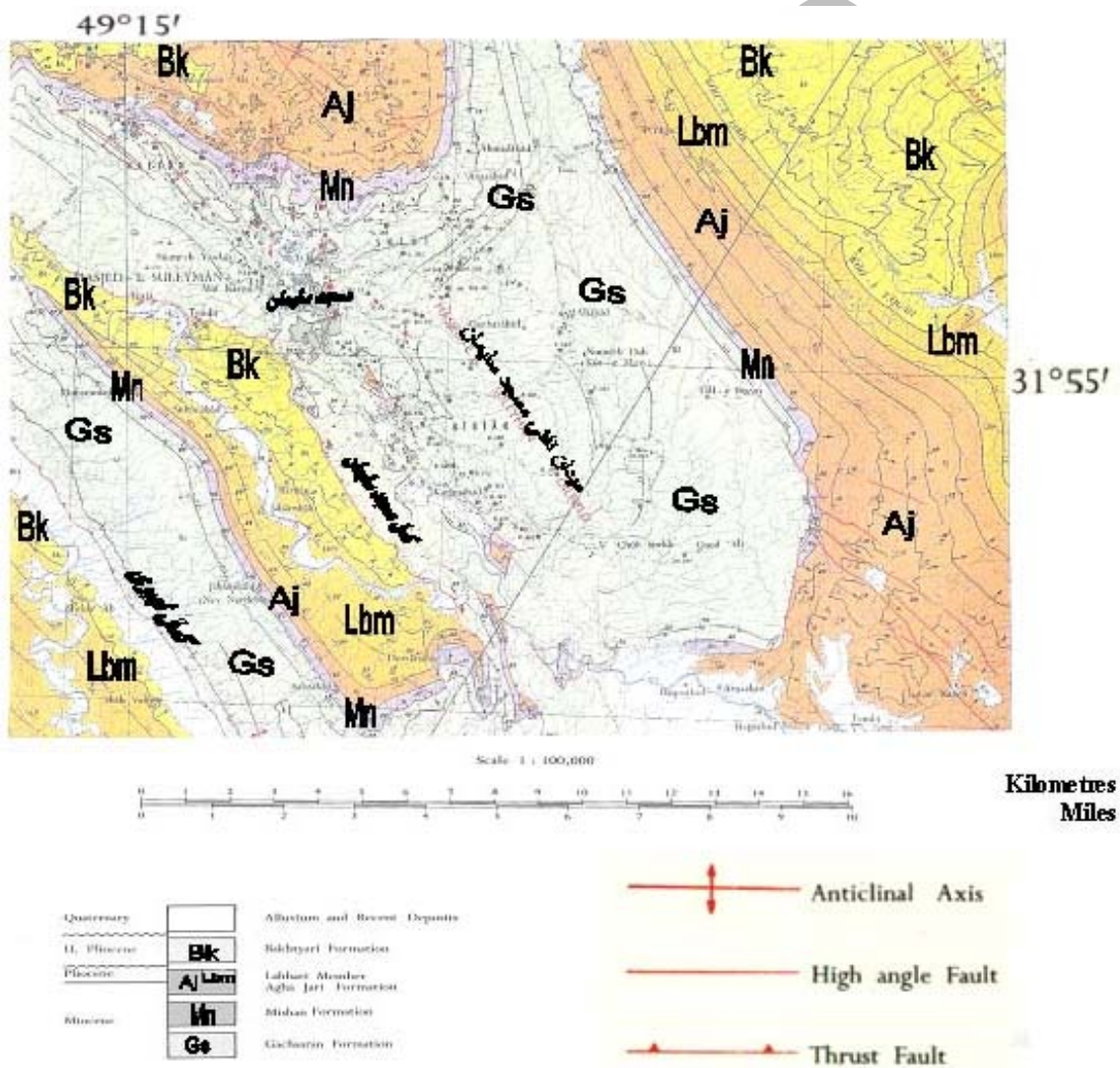
در حال حاضر نیز مخزن مسجدسلیمان در وسعت زیادی مملو از گاز می‌باشد و مناطق مسکونی و نشته‌های قدیمی که زمانی در محدوده نفت مخزن قرار داشتند، هم اکنون در محدوده گسترده شده گاز واقع هستند [۹]. بروز زمین‌لرزه‌ای در مقیاس ۵/۵ تا ۶ ریشتر با توجه به نشته گاز با آتش‌سوزی همراه خواهد بود و فاجعه انسانی بزرگی را در منطقه موجب خواهد شد.

روش تحقیق

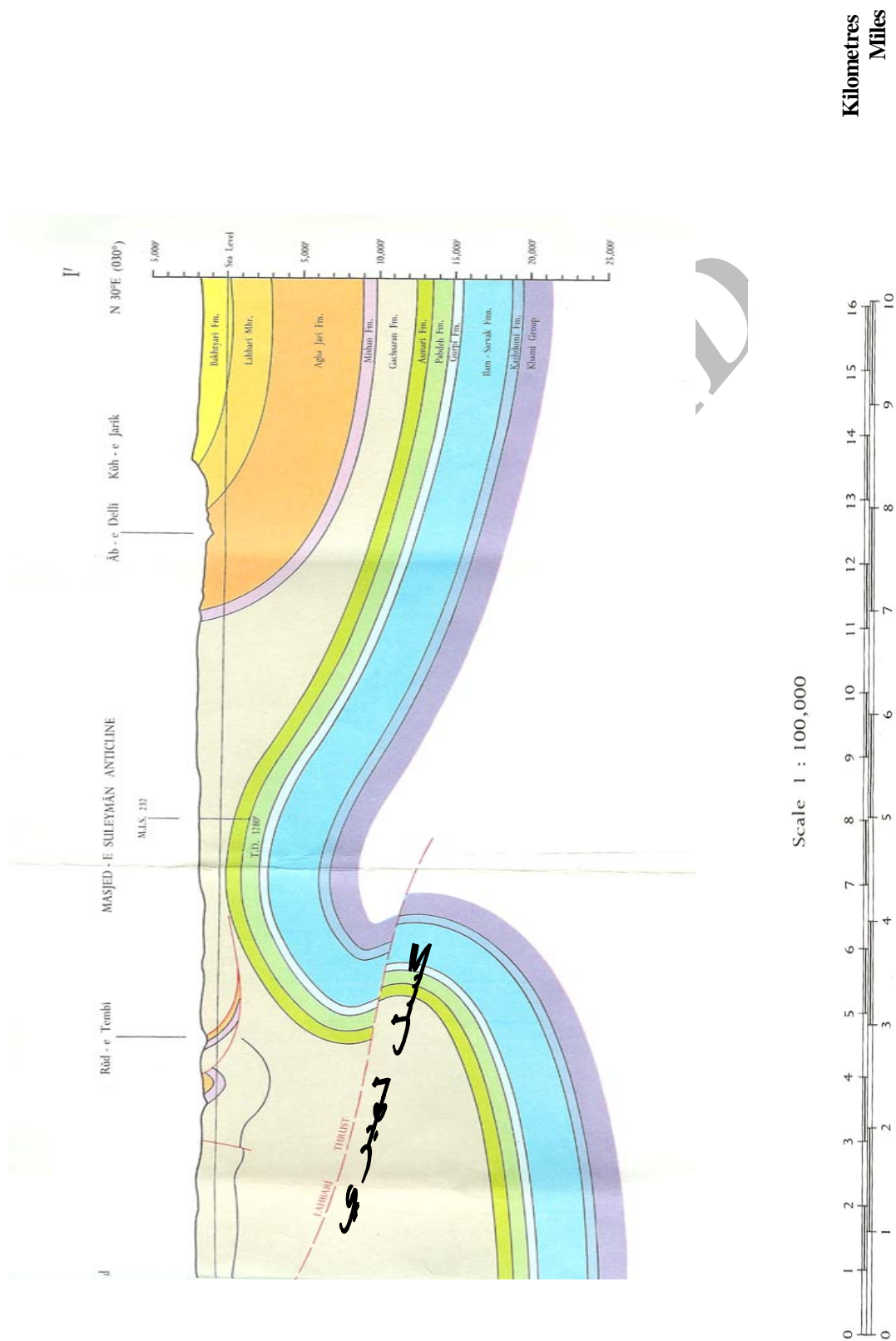
عموما سه روش جهت ارزیابی شرایط لرزه‌خیزی یک منطقه وجود دارد [۱۰]. روش اول که به روش قطعی موسوم است با شناخت و معرفی شواهد فیزیکی مرتبط با

بنابراین نشست هیدروکربورها از چنین پوش سنگ کم ضخامتی با وجود شکستگی‌های کششی مخزن (عموماً تعداد و میزان بازشدگی آن‌ها در بخش بالای چین بیشتر از پهلوهاست) به راحتی انجام می‌شود. حضور آتشکده‌های دوره ساسانیان در محل بر این موضوع دلالت دارد.

رفتار شکننده سنگ آهک آسماری و رفتار شکل‌پذیر سازند گچساران به چین‌خوردگی ناهماهنگ مخزن آسماری منجر شده و از ابتدا زمینه نشست هیدروکربورها را در ناحیه فراهم کرده است. ضخامت پوش سنگ مخزن (سازند گچساران) به علت حرکت جامد رسوبات پلاستیک از خط الراس تاقدیس حداقل می‌باشد [۹].



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت گسل‌های مهم منطقه، میدان نفتی مسجدسلیمان و چاه‌های حفاری شده در شمال شرق گسل مسجدسلیمان دیده می‌شود [۱۹].



شکل ۲- مقطع زمین‌شناسی تاکدیس میدان نفتی مسجدسلیمان، گسل لهری از یال جنوب غربی تاکدسی عبور می‌کند [۱۹]

محاسبه بزرگی و شتاب بیشینه زمین لرزه‌ها

با تعیین محل گسل‌ها از روی نقشه، عکس‌های هوایی و کنترل بر روی زمین مشخصات آن‌ها برداشت گردید و از روابط تجربی زیر برای محاسبه بزرگی و شتاب حداکثر زمین هنگام وقوع زلزله استفاده شد [۱۱ و ۱۲].

$$a = \frac{1320 \cdot e^{(0.58M)}}{(R + 25)^{1.52}}$$

$$M = \text{Log } L + 5/4$$

در روابط بالا (a) شتاب حداکثر زمین بر حسب سانتی‌متر بر مجذور ثانیه، (R) فاصله محل مورد نظر از گسل یا کانون زلزله بر حسب کیلومتر، (M) بزرگی زمین‌لرزه بر حسب ریشتر و (L) طول گسل بر حسب کیلومتر می‌باشد. نتایج محاسبات در جدول ۱ نشان داده شده است. حداکثر شتاب افقی (a) با استفاده از رابطه کمبل محاسبه و شتاب عمودی به طور تجربی نصف شتاب افقی منظور گردیده است [۱۱].

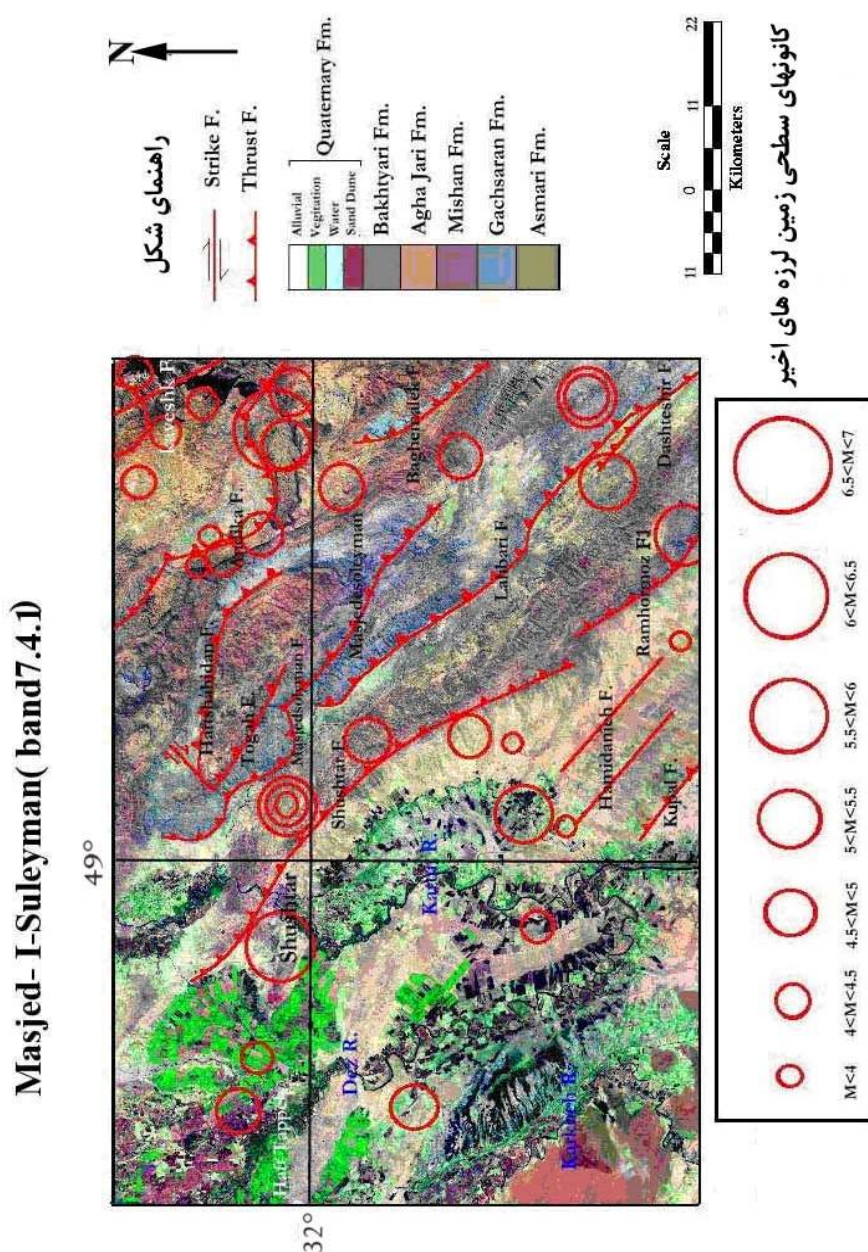
جدول ۱ - مشخصات گسل‌های فعال موجود در شهر مسجدسلیمان و محدوده آن تا شعاع ۸۰ کیلومتری

نام گسل	محل گسل	نوع گسل	شیب و امتداد گسل	L	R	M	(a) افقی	(a) عمودی
مسجدسلیمان	M.I.S	فشاری	N۱۳۰	۵۵	۱۰	۶/۸	۰/۳	۰/۱۵
توگاه	NW(M.I.S)	فشاری	N۱۲۰	۲۰	۲۰	۶/۴	۰/۱۷	۰/۰۸
هفت شهیدان	NW(M.I.S)	فشاری	N۱۳۰	۲۵	۲۰	۶/۴	۰/۱۸	۰/۰۹
اندیکا	N(M.I.S)	فشاری	N۱۳۰	۵۰	۲۰	۶/۷	۰/۲	۰/۱
کوشک	NE (M.I.S)	فشاری	N۱۵۰	۲۰	۴۰	۶/۴	۰/۰۹	۰/۰۴
باغ ملک	E(M.I.S)	فشاری	N۱۴۰	۶۰	۲۵	۶/۸	۰/۱۸	۰/۰۹
لهبری	W(M.I.S)	فشاری	N۱۴۰	۸۰	۱۵	۷	۰/۲	۰/۱
شوشتر	W(M.I.S)	فشاری	N۱۴۰	۷۰	۲۵	۶/۹	۰/۲	۰/۱
دشت شیر	SE (M.I.S)	فشاری	N۱۴۰	۶۰	۴۰	۶/۸	۰/۱۳	۰/۰۶
رامهرمز(قطعه شمالی)	SE(M.I.S)	فشاری	N۱۲۰/۷۰NE	۷۰	۳۰	۶/۵	۰/۱۴	۰/۰۷
کوپال	SW(M.I.S)	فشاری	N۱۳۵	۴۵	۵۰	۶/۷	۰/۱	۰/۰۵
حمیدانیه	SW(M.I.S)	کششی	N۱۳۵/۹۰	۱۶	۴۵	۶/۴	۰/۰۹	۰/۰۴

مسجدسلیمان = M.I.S.

داده که برای گسل‌های دارای طول ۳۰۰ تا ۱۳۰۰ کیلومتر طول گسیختگی بین ۱۷ تا ۳۷ درصد است [۱۳]. یعنی هر چه طول گسل بیشتر شود با توجه به شرایط ژئومکانیکی زمین طول گسیختگی ناشی از زلزله کمتر خواهد بود. بنابراین استفاده از نصف طول گسل در محاسبات دور از واقعیت نیست [۱۴].

برآورد بیشترین توان لرزه‌زائی هر یک از گسل‌ها بر پایه رابطه میان طول گسل و بزرگی زمین‌لرزه که توسط مهاجر اشجعی و نوروزی پیشنهاد شده محاسبه گردیده است [۱۲]. مطابق با کار انجام شده توسط مانوئل بربریان در ارزیابی خطر زمین‌لرزه در تهران، نصف طول گسل در تولید زمین‌لرزه مد نظر قرار گرفته است [۸]. بدون تردید تمام طول گسل در ذخیره‌سازی انرژی زلزله نقش ندارد. تحقیقات انجام شده توسط سلمز^۱ در سال ۱۹۸۶ نشان



شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای موقعیت گسل‌های مورد مطالعه و کانون‌های سطحی زمین‌لرزه در منطقه مسجدسلیمان

در راستای این گسل سازند گچساران بر روی سازندهای بختیاری و آغاچاری رانده شده است. شیب گسل در عمق کم شده و در سازند گچساران به افق نزدیک می‌شود [۸]. در جاده شوشتر- مسجدسلیمان عملکرد این گسل سازند گچساران را در مقابل سازند میشان قرار داده است (عکس ۱، بالا). زلزله‌های ۱۳۴۸/۶/۱۰ و ۱۳۵۲/۲/۲ هجری شمسی در اثر فعالیت این گسل بوده است [۱۵].

ویژگی‌های هندسی و توانایی لرزه‌زایی گسل‌ها

گسل‌های فشاری

گسل مسجدسلیمان

این گسل با طول حدود ۵۵ کیلومتر در شهرستان مسجدسلیمان قرار دارد (شکل ۳). امتداد گسل جنوب شرق- شمال غرب و شیب آن به طرف شمال شرق است.

ریشتر ایجاد کند. در این صورت شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای فاصله ۱۰ کیلومتری از مسجدسلیمان به ترتیب $0.3g$ و $0.15g$ خواهد بود (جدول ۱).

با توجه به قرارگیری کانون‌های سطحی زلزله در مجاورت گسل مسجدسلیمان (شکل ۳) می‌توان این گسل را دارای توان فعالیت دانست. گسل مسجدسلیمان در صورت فعالیت قادر است زلزله‌ای به بزرگی $6/8$



عکس ۱- (بالا) نمایی از گسل مسجدسلیمان در جاده شوشتر- مسجد عملکرد این گسل سازند گچساران در مقابل سازند میشان قرار داده است (نگاه به شمال غرب). (پائین) نمایی از گسل اندیکا در محل روستای سرتنگ در پشت سد مسجدسلیمان، عملکرد گسل موجب شده تا سازند گچساران در مقابل بختیاری قرار گیرد (نگاه به شمال غرب)

گسل توگاه

این گسل با طول حدود ۲۰ کیلومتر در شمال غرب مسجدسلیمان قرار دارد. امتداد آن جنوب شرق-شمال غرب است. شواهد صحرایی که بر فعالیت گسل دلالت کند یافت نشده است. ولی این گسل در صورت فعالیت می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۶/۴ ریشتر ایجاد کند که در این صورت شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب ۰/۱۷g و ۰/۰۸g خواهد بود (جدول ۱).

گسل هفت شهیدان

این گسل با طول حدود ۲۵ کیلومتر در شمال غرب شهرستان مسجدسلیمان قرار دارد. امتداد آن جنوب شرق-شمال غرب است. شواهد صحرایی که بر فعالیت گسل دلالت کند یافت نشده ولی این گسل در صورت فعالیت می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۶/۴ ریشتر ایجاد کند که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای مسجدسلیمان به ترتیب ۰/۱۸g و ۰/۰۹g برآورد گردیده است (جدول ۱).

گسل اندیکا

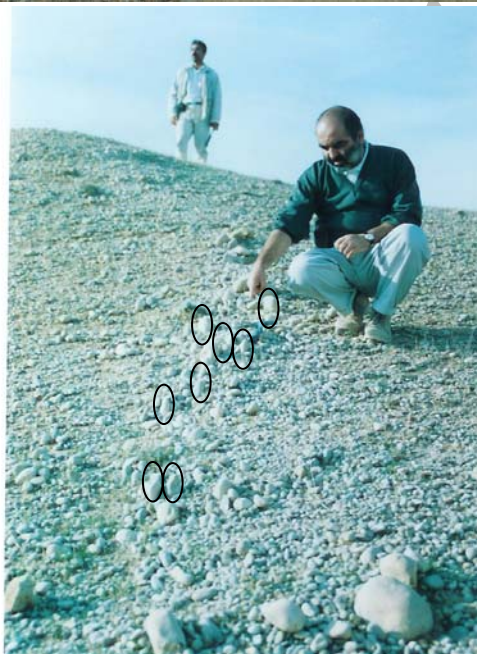
گسل اندیکا با طول حدود ۵۰ کیلومتر در شمال مسجدسلیمان قرار دارد. امتداد آن جنوب شرق-شمال غرب است. در راستای این گسل سازند گچساران بر روی سازند بختیاری رانده شده است (عکس ۱، پائین). این گسل لرزه‌خیز همراه با گسل باغ‌ملک (روند لرزه‌خیز ایزده) مسبب رویداد زلزله‌های تاریخی و سده بیستم در سال‌های ۲۳۰، ۱۳۰۸ و ۱۳۵۷ هجری شمسی در منطقه بوده‌اند [۱۶]، بنابراین دارای توان فعالیت است و می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۶/۸ ریشتر ایجاد کند که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب ۰/۲۱g و ۰/۱g خواهد بود (جدول ۱).

گسل کوشک

این گسل با طول حدود ۲۰ کیلومتر در شمال شرق شهرستان مسجدسلیمان قرار دارد و از میان دریاچه سد شهید عباسپور عبور می‌کند. امتداد آن جنوب شرق-شمال غرب است. شواهد صحرایی که بر فعالیت گسل دلالت کند یافت نشده ولی این گسل در صورت فعالیت می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۶/۴ ریشتر ایجاد کند. در این صورت شتاب افقی و عمودی ناشی از چنین زلزله‌ای برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب برابر با ۰/۰۹g و ۰/۰۴g خواهد بود (جدول ۱).

گسل باغ ملک

این گسل با طول ۶۰ کیلومتر در شرق مسجدسلیمان قرار دارد. امتداد آن جنوب شرق-شمال غرب است. گسل باغ ملک در غرب شهرستان باغ‌ملک توسط یک گسل امتداد لغز راستگرد قطع شده است (عکس شماره ۲، بالا). گسل یاد شده تاکنون مسبب زلزله‌های تاریخی سال‌های ۴۳۰، ۱۳۰۸/۴/۲۴، ۱۳۵۷/۹/۲۳ هجری شمسی به ترتیب با بزرگی ۶/۸، ۶/۵ و ۶/۲ ریشتر بوده است [۱۶]. در اثر این زمین‌لرزه‌ها شهرهای ایزده، باغ‌ملک، بهبهان و مسجدسلیمان و نواحی اطراف آن به ویژه بخش اندیکا و روستای طاقا آسیب دیده و تعداد زیادی کشته شده‌اند. این زلزله‌ها با سنگ ریزش‌های زیادی همراه بوده‌اند. گسل باغ ملک دارای توان فعالیت بوده و می‌تواند مانند سال ۴۳۰ هجری شمسی زلزله‌ای با بزرگی ۶/۸ ریشتر ایجاد کند که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای مسجدسلیمان به ترتیب ۰/۱۸g و ۰/۰۹g خواهد بود (جدول ۱).



عکس ۲- بالا، نمایی از گسل باغ ملک در غرب شهر باغ ملک که توسط یک گل امتداد لغز راست گرد با روند شمال شرق- جنوب غرب قطع شده است (نگاه به شمال غرب). پائین، جهت‌یابی قائم انجام شده در نهشته‌های کوتاه‌تر (فلوه سنگ‌ها) در حوالی روستای گندمزار در اثر عملکرد گسل لهبری

گسل لهبری

این گسل به طول حدود ۸۰ کیلومتر از جنوب غرب شهرستان مسجدسلیمان عبور می‌کند. راستای گسل جنوب شرق- شمال غرب می‌باشد. فرا دیواره این گسل در شمال روستای بتوند به خوبی دیده می‌شود. گسل لهبری از نوع قاشقی است و با افزایش عمق در مرز سازند آسماری- گچساران از شیب آن کاسته می‌شود. این

گسل متشکل از چندین بخش است به صورتی که در بعضی مکان‌ها سازند آغاچاری را بر روی سازند میشان و در بعضی از مناطق سازند گچساران و یا سازند میشان را بر روی نهشته‌های کوتاه‌تر رانده است. این گسل با توجه به شواهد صحرایی (روستای گندمزار، مسیر جاده هفتگل به مسجدسلیمان، عکس ۲، پائین) دارای توان فعالیت بوده و می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۷ ریشتر ایجاد کند. در این

زمین‌لرزه‌های ۱۳۸۳/۸/۳۰ شوشتر با بزرگی ۴/۳ تا ۴/۹ در مقیاس ریشتر که با ۲۰ پس‌لرزه همراه بودند و شهر مسجدسلیمان را تکان دادند ممکن است با گسل شوشتر مرتبط باشند. با توجه به قرارگیری کانون‌های سطحی زلزله در مجاورت گسل شوشتر (تصویر ماهواره‌ای) می‌توان این گسل را دارای توان فعالیت دانست. گسل شوشتر در صورت فعالیت قادر به ایجاد زلزله‌ای به بزرگی ۶/۹ ریشتر است که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب $0.2g$ و $0.1g$ بر آورد شده است (جدول ۱).

صورت شتاب افقی و عمودی ناشی از آن با توجه به فاصله از مرکز شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب $0.28g$ و $0.14g$ خواهد بود (جدول ۱).

گسل شوشتر

گسل شوشتر با طول حدود ۷۰ کیلومتر از غرب مسجدسلیمان عبور می‌کند. این گسل که همروند گسل رامهرمز است در طول خود مرز بین کوه (سازند آغاچاری) و دشت را به خوبی نشان می‌دهد (عکس ۳، بالا). امتداد گسل جنوب شرق-شمال غرب است. وقوع



عکس ۳- بالا، نمایی از انتهای جنوب شرقی گسل شوشتر در مسیر جاده شوشتر به نفت سفید (حد بین کوه و دشت)، قرارگیری سازند آغاچاری در مقابل نهشته‌های کوآترنر (نگاه به شمال شرق). پائین، نمایی از گسل رامهرمز عمود بر مسیر رودخانه زرد در شرق رامهرمز، عملکرد گسل سازند بختیاری را در مقابل سازند گچساران قرار داده است (نگاه به جنوب شرق).

گسل دشت شیر

گسل دشت شیر با طول حدود ۶۰ کیلومتر در جنوب شرق مسجدسلیمان قرار دارد. این گسل را می‌توان ادامه گسل لهری در نظر گرفت که در ادامه به طرف جنوب شرق رودخانه اعلا را در روستای میداود قطع می‌کند. امتداد گسل جنوب شرق-شمال غرب بوده و شواهد صحرائی مبنی بر فعالیت این گسل یافت نشده است. با توجه به این که گسل مذکور ادامه گسل لهری می‌باشد در صورت فعالیت قادر است زلزله‌ای به بزرگی ۶/۸ ریشتر ایجاد کند که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب $0.13g$ و $0.06g$ خواهد بود (جدول ۱).

گسل رامهرمز (قطعه شمالی)

این گسل که در محدوده شمالی شهرستان رامهرمز (عکس ۳، پائین) و جنوب شرق شوشتر قرار دارد در سال ۱۳۵۱ توسط شرکت ملی نفت ایران شناسایی شده است. امتداد آن شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد و با شیب حدود ۷۰ درجه به طرف شمال شرق قرار دارد. با توجه به قرارگیری کانون سطحی زلزله بر روی این گسل (تصویر ماهواره‌ای) می‌توان آن را دارای توان فعالیت دانست. قطعه شمالی این گسل که بر روی تصویر ماهواره‌ای شوشتر- مسجدسلیمان با طول حدود ۷۰ دیده می‌شود در صورت فعالیت، زلزله‌ای به بزرگی ۶/۵ ریشتر ایجاد خواهد کرد که شتاب افقی و عمودی حاصل از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب $0.14g$ و $0.07g$ برآورد شده است (جدول ۱).

گسل کوپال

محل گسل در جنوب غرب مسجدسلیمان قرار دارد. طول گسل حدود ۴۵ کیلومتر و امتدادش جنوب شرق-شمال

غرب است. شواهد صحرائی که بر فعالیت گسل دلالت کند یافت نشده ولی در صورت فعالیت می‌تواند زلزله‌ای به بزرگی ۶/۷ ریشتر ایجاد کند که شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان $0.1g$ و $0.05g$ خواهد بود (جدول ۱).

گسل کششی حمیدانیه

محل گسل در جنوب غرب مسجدسلیمان واقع است. امتداد آن جنوب غرب-شمال شرق و شیبی نزدیک به ۸۰ درجه دارد. طول گسل حدود ۱۶ کیلومتر بوده و با توجه به قرارگیری کانون زلزله در راستای آن (تصویر ماهواره‌ای) دارای توان فعالیت است. بزرگی زلزله ناشی از فعالیت این گسل ۶/۳ ریشتر و شتاب افقی و عمودی ناشی از آن برای شهرستان مسجدسلیمان به ترتیب $0.09g$ و $0.02g$ خواهد بود (جدول ۱).

زلزله و نشست گاز در شهر مسجدسلیمان

در شهرهای لرزه‌خیز کشور مانند تهران که از شبکه گازرسانی شهری بهره‌مند هستند موضوع خطر شکسته شدن لوله‌های گاز و بروز آتش‌سوزی بعد از وقوع زمین‌لرزه مد نظر کارشناسان قرار گرفته است [۸]. در حالی که در شهر لرزه‌خیز مسجدسلیمان که فاقد شبکه گازرسانی می‌باشد با توجه به عوامل سنگ‌شناسی و ساختاری منطقه به علت نشست طبیعی گاز از زمین این خطر بالقوه وجود دارد.

مخزن آسماری مسجدسلیمان یکی از کم‌عمق‌ترین مخازن هیدروکربوری استان خوزستان محسوب می‌گردد [۹]. هر چند که عمق کم آن در ارتباط با کشف اولین مخزن نفتی در ایران نقش اساسی داشت ولی در حال حاضر با تغییر شرایط مخزن، همین نزدیکی

نتیجه گیری

در مخازن هیدروکربوری، ساختاری‌های تکتونیکی مانند گسل‌ها در کنترل مسیرهای نشت گاز یا نفت نقش موثری دارند [۱۷ و ۱۸]. چنین کنترل ساختاری در مخزن هیدروکربوری مسجدسلیمان نیز وجود دارد، به این معنا که گسل لهبری قادر است به عنوان مسیر نشت گاز عمل کند. در حال حاضر به جز ۶۰ متر از انتهای یال‌های مخزن (زیر عمق ۲۷۲/۴ تا عمق ۵۲۳/۶ متری) که دارای نفت است، بقیه مخزن گازی شده و تمام مناطق مسکونی بر روی قسمت گازی قرار دارند [۹]. تمام نفت‌های تزریق شده از طریق مخزن به داخل پوش سنگ گچساران، درون شکستگی‌های موجود به تله افتاده‌اند [۹] که با وقوع زمین‌لرزه این شکستگی‌ها کشتی همراه با گسل لهبری به عنوان مسیرهای نشت هیدروکربور عمل خواهند کرد و در نتیجه نشت‌های موجود افزایش پیدا می‌کنند.

در این تحقیق ۱۲ گسل تا شعاع ۸۰ کیلومتری مسجدسلیمان از نظر توان لرزه‌زایی مورد مطالعه قرار گرفت، که مشخص گردید این گسل‌ها از نوع فشاری هستند. برخی از این گسل‌ها مانند گسل‌های اندیکا، باغ ملک، لهبری و شوشتر توان فعالیت دارند. گسل‌های یاد شده قادرند زلزله‌هایی با بزرگی ۶/۴ تا ۷ در مقیاس ریشتر ایجاد کنند. شتاب‌های افقی ناشی از چنین زلزله‌هایی بین ۰/۰۹g تا ۰/۳g و شتاب‌های عمودی بین ۰/۰۴g تا ۰/۱۵g می‌باشند. رویداد چنین زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی‌های یاد شده در منطقه مسجدسلیمان می‌تواند به ایجاد شکستگی و گسل‌های جدید منجر گردد. زایش این ناپیوستگی‌ها، نشت نفت‌های تزریق شده در پوش سنگ به سطح را امکان‌پذیر می‌سازد. چنین زمین‌لرزه‌هایی نیز قادرند نشت گاز از چاه‌های قدیمی را در مناطق مسکونی تشدید کنند. ایجاد اصطکاک و حرارت ناشی از حرکت

به سطح زمین نشت گاز در مناطق مسکونی را تسهیل کرده است.

تغییر شرایط مخزن که با استخراج نفت از منطقه آغاز گردید موجب شد تا نوع هیدروکربور مخزن آسماری مسجدسلیمان که زمانی نفت بود در شرایط فعلی گازی شود. این تغییر نوع سیال عاملی مهم در فعال شدن نشت بوده است. زیرا که گاز بر خلاف نفت تحرک پذیری زیادی دارد و می‌تواند با عبور از لایه‌های کم‌تراوا نشت‌های قدیمی را فعال کرده و نشت‌های جدید ایجاد نماید. به همین دلیل تقریباً تمام مناطق مسکونی شهرستان مسجدسلیمان در محدوده گسترش گاز قرار گرفته‌اند. علاوه بر موارد یاد شده تعداد ۳۰۰ حلقه چاه در مسجدسلیمان حفاری شده که به طور عمده در مناطق مسکونی قرار دارند. به دلیل قدمت چاه‌ها و این که موضوع نگهداری آن‌ها جدی تلقی نشده لوله‌های جداری دچار خوردگی شده و مجاری مصنوعی برای نشت گاز ایجاد گردیده است. این گازهای نشتی یا مستقیم به سطح می‌رسند و یا این که در لایه‌های نفوذپذیر سازنده‌های میشان و آغاچاری نفوذ می‌کنند [۹].

نشت گاز در شرایط فعلی مشکلی زیست محیطی برای مردم مسجدسلیمان ایجاد کرده است. این مشکل در صورت وقوع زمین‌لرزه با توجه به قابلیت اشتعال گاز خسارات جبران‌ناپذیری به مردم منطقه وارد خواهد کرد. فعال بودن گسل‌های ناحیه به ویژه گسل لهبری که به عنوان یک گسل دارای توان فعالیت شناسایی شده می‌تواند زمین لرزه‌ای به بزرگی ۷ ریشتر ایجاد کند. با توجه به وجود نشت گاز و اصطکاک ناشی از حرکت لایه‌های زمین ممکن است آتش‌سوزی بعد از زلزله اتفاق بیفتد و منطقه‌ای آتشین در بخشی از جنوب ایران تشکیل گردد که خسارات ناشی از آن موضوعی فرا ملی خواهد بود.

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت فراهم نمودن زمینه تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

لایه‌های زمین در این شرایط رویداد زلزله را با آتش‌سوزی همراه خواهد کرد.

مراجع

- [۱] قبادی، محمدحسین و چرچی، عباس، مطالعه لرزه‌خیزی استان خوزستان، طرح تحقیقاتی استانی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۰.
- [۲] قبادی، محمدحسین و چرچی، عباس، اهمیت گسل‌های امتداد لغز در ارزیابی خطر زمین‌لرزه در استان خوزستان، چهارمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران ۱۳۸۲.
- [3] Burchfiel, B.C. and Wang, E., Northwest-trending middle Cenozoic, left-lateral faults in southern Yunnan China, and their tectonic significance. *Journal of Structural Geology*, 25, 5 (2003) 781-792.
- [4] Kinugasa, Y., Application of active fault study for earthquake disaster mitigation. International Symposium and school on Active faulting. Hokudan, Japan. (2000) 177-178.
- [5] Odagiri, S. and Shimazaki, K., Size of historical earthquake which on an active fault. International Symposium and school on Active faulting. Hokudan, Japan. (2000) 333-336.
- [6] Reitherman, R., Engineering aspects of surface fault rupture. International Symposium and school on Active faulting. Hokudan, Japan. (2000) 397-403.

پیشنهادات

در شهرستان مسجدسلیمان موضوع لرزه‌خیزی با توجه به نشست گاز در منطقه به عنوان یک مسأله زیست محیطی باید مورد توجه قرار گیرد. به این منظور پیشنهادات زیر می‌تواند راهگشا باشد:

- جهت کاهش خطر به طور موقت باید نسبت به مرمت و نگهداری چاه‌های قدیمی اقدام نمود و میزان نشست گاز را تا حدودی تقلیل داد.

- به منظور تکمیل مطالعات انجام شده برای گستره‌ای به شعاع ۸۰ کیلومتر از شهر مسجدسلیمان می‌توان نسبت به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در قالب یک طرح پژوهشی اقدام نمود. در این پژوهش طول گسیختگی گسل‌ها تعیین، آبرفت از سنگ تفکیک و خصوصیات ژئومکانیکی سنگ‌های نرم (سازند گچساران) و سنگ‌های سخت (سازند آسماری) به عنوان عوامل موثر در نوع میرایی، به منظور تعیین شتاب بیشینه افقی و عمودی بررسی خواهد شد.

- جهت جلوگیری از بروز فاجعه‌ای انسانی انتقال شهر به ناحیه‌ای واقع در خارج از میدان نفتی مسجدسلیمان گزینه‌ای مناسب تلقی می‌گردد.

قدردانی و تشکر

مقاله ارائه شده بخشی از طرح تحقیقاتی استانی است که با عنوان مطالعه لرزه‌خیزی استان خوزستان (فاز زمین‌شناسی) انجام شده که بدین وسیله از مسئولین محترم سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خوزستان و

- [13] Slemmos, Determination of earthquake size from surface faulting events. Proceedings of international seminar on seismic zonation, (1986).
- [۱۴] قبادی، محمدحسین و چرچی، عباس، ارزیابی مقدماتی خطر زمین‌لرزه در شهر اهواز، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۱، شماره ۹، صفحات ۶۷-۵۱.
- [15] Ambraseys, N.N., and Melville, C.P., A History of Persian Earthquake, Cambridge University Press, London. (1982).
- [16] Berbrian, M., Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonic and surface morphotectonics, Tectonophysics, 241 (1995) 193-224.
- [17] Dholakia and et al. Fault controlled hydrocarbon pathway in the Monterey formation, California. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist, 82 (1998) 1551-1574.
- [18] Nelson, R.N., Geologic analysis of naturally fractured reservoirs. Gulf Professional Publishing. (2001) 10.
- [۱۹] نقشه زمین‌شناسی مسجدسلیمان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، شرکت ملی نفت ایران.
- [7] Bolt, A.B., Earthquake and Geological Discovery. Sciences American Library. (1993) 14.
- [۸] بربریان، مانوئل و همکاران، پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین‌لرزه گسلش در گستره تهران و پیرامون آن، گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۵۶، صفحه ۲۱۷.
- [۹] میرزا قلی‌پور، علی و حق‌پرست، قدرت‌الله، وضعیت نشت‌های هیدروکربوری موجود در شهرستان مسجدسلیمان. اداره کل مطالعات زمین‌شناسی شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۷۳.
- [10] Campbell, K.W. and Bozorgnia, Y., Near-Source Attention of Peak Horizontal Acceleration from worldwide accelerograms recorded from 1957 to 1993. Proceeding 5th U.S. National Conference of Earthquake Engineering, California, 1 (1994) 283-292.
- [11] Campbell, K.W., Near-Source Attention of Peak Horizontal Acceleration. Bulletin, Seismological Society of American, 71, 6 (1981) 2039-2070.
- [12] Mohajer Ashjai, A. and Nowroozi, A.A., Observed and probable intensity zoning of Iran. Tectonophysics, 49 (1978) 249-260.