

## اثر زلزله بر شریانهای حیاتی استان همدان با نگاه ویژه به خطوط انتقال گاز

عباس عباسزاده شهری (عضو هیات علمی واحد همدان و باشگاه پژوهشگران جوان - دانشجوی دکتری

ژئوفیزیک (زلزله شناسی), [abbas4646@yahoo.com](mailto:abbas4646@yahoo.com) - (09123347044)

حبیب الله نامداری (کارشناس ارشد ژئوفیزیک - واحد همدان - 09181190254)

فرانک باقرزاده (دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک - واحد همدان)

محسن گودرزی (کارشناس مهندسی عمران - دانشگاه علم و صنعت ایران - 09166648311)

### چکیده:

سیستم‌های خدماتی در جامعه شهری که کارکرد آنها بر روی یکدیگر اثر متقابل دارد و زندگی شهری به آنها وابسته است را می‌توان شریانهای حیاتی آن جامعه نامید به بیان دیگر سازه‌هایی که زندگی شهری به آنها بستگی زیادی دارند و عملکرد بد آنها باعث عملکرد بد شهری میشود را شریانهای حیاتی گویند. وجود آگاهی کافی در مورد تاثیر پذیری شریانهای حیاتی از زمین لرزه‌ها و احیاناً سایر سوانح طبیعی امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. چرا که انسانها بدلیل نیازهای روزمره و یا قرارگیری در مجاورت این شریانها ارتباط تنگاتنگ با آنها پیدا کرده‌اند. به همین جهت باید در زمینه شریانهای حیاتی مطالعات و بررسیهای بیشتری صورت پذیرد. در این مطالعات اسلوب مناسبی برای پیش بینی رفتار شریانها در هنگام وقوع لرزه بدست می‌آید که طراحان و مدیران را با بینش بیشتری در مقابل سوانح طبیعی قرار خواهد داد.

خطوط انتقال گاز از مهمترین شریانهای حیاتی در زندگی شهری محسوب می‌شوند. رفتار لوله‌های انتقال گاز در زلزله‌های

گذشته نشان دهنده آسیب پذیری آنها در برابر زلزله می‌باشد. لوله‌های انتقال گاز حاوی مواد اشتغال پذیر هستند و نشت -

گاز و آتش سوزیهای پس از آن می‌تواند موجب صدمات جانی و خسارهای مالی و زیانهای زیست محیطی گردد و بر این

اساس مقاوم سازی این خطوط در برابر زلزله مخصوصاً در مناطق لرزه خیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

ایران یکی از کشورهایی است که جمعیت بسیار زیادی را در خود جای داده و دارای امکانات شهری نسبتاً مدرن و با ارزش

است و گذشته از سیل، خشکسالی، طوفان و مشکلات زیست محیطی در شهرهای بزرگ بواسطه قرار گرفتن در محدوده‌های

گسل‌های فعال در معرض زلزله‌های احتمالی با بزرگی بالاست. لذا شریانهای حیاتی (life lines) موجود در یک محدوده

بزرگ شهری از سازه‌های بنیادی آن محسوب می‌گردند و مردم خدمات زیادی را از این شریانها دریافت می‌نمایند و به تبع آن

استان همدان نیز از این قاعده مستثنی نخواهد بود.

کلمات کلیدی: شریان‌های حیاتی استان همدان، زلزله

## ۱. مقدمه:

تاریخچه مهندسی زلزله شریانهای حیاتی اساساً به زلزله 1971 سان فرناندو بازمی‌گردد. چرا که از یک سو شریانهای حیاتی به شکل امروزی خود، عمدتاً پس از جنگ جهانی دوم گسترش یافتند و از سوی دیگر از اوایل دهه 50 میلادی که رشته مهندسی زلزله به عنوان یک رشته مستقل در مهندسی مطرح گردید تا زمان رویداد زلزله سان فرناندو در کشورهای توسعه یافته، زلزله دیگری که بر شریانهای حیاتی اثر قابل ملاحظه‌ای بگذارد رخ نداد. مطالعه تاریخچه خسارت ناشی از زلزله‌های مخرب دنیا نشان می‌دهد که سهم خرابی شریانهای حیاتی در کل ضرر و زیان بسیار قابل توجه است. به عنوان مثال در زلزله 1989 میلادی لوما پرتا (آمریکا) بیش از 90% در زلزله 1994 نورت ریج شریانهای آمریکا بیش از 80%، در زلزله 1995 کوبه (ژاپن) بیش از 75% و در زلزله 1999 از میت (تورکیه) بیش از 85% خسارت مربوط به اثرات مستقیم و غیر مستقیم خرابی شریانهای حیاتی بوده است. در اثر رخ داد زلزله سان فرناندو، هر چند که تخریب سازه‌ای نیز وجود داشت ولی عمده خسارت ناشی از آسیب دیدگی شریانهای حیاتی، به ویژه خطوط لوله و پل‌ها بود، از اینرو توجه مهندسان زلزله به این گونه سیستمها جلب شد و از آن زمان به بعد در کنار دو رشته مهندسی زلزله ساختمانی و مهندسی زلزله ژئوتکنیکی، مهندسی زلزله شریانهای حیاتی به عنوان یک شاخه تخصصی مطرح گردید.

در اثر زلزله 1971 سان فرناندو تقریباً هر خط لوله‌ای که گسل را قطع کرده بود، دچار آسیب دیدگی گردید. بر اساس مطالعات انجام شده، روانگونی به وجود آمده در لایه‌های سست ماسه‌ای و زمین‌لغزه باعث تخریب زیادی در لوله‌های مدفون گشته بود. از طرفی اثر انتشار امواج ناشی از زلزله، عامل مهم دیگری جهت ایجاد خسارت بر سیستمهای خطوط لوله می‌باشد. بنابراین سیستم گاز رسانی نیاز به راهکارهای مقاوم سازی مؤثر و بازسازی فوری دارند.

در زلزله 18 آوریل 1406 سان فرانسیسکو (Ms8.25) خود زلزله کمتر از 15 ثانیه طول کشید ولی آتش سوزی بعد از آن تا 4 روز قابل کنترل نبود و خسارت‌های آن بیش از خسارت‌های خود زلزله شد. حادثه فوق و حوادث مشابه دیگر دنیا از جمله زلزله‌های 1923 توکیو، 1994 نورت ریج و 1995 کوبه اهمیت توجه به جلوگیری از نشت‌گاز و آتش سوزی در لوله‌کشی گاز ساختمان‌ها را به اثبات رساند. مسئولان شهری به این مسئله پی بردند که پیشگیری در این زمینه می‌تواند ضریب ایمنی را بالا برده و خسارت‌های جانی و مالی را به حداقل برساند. ایستگاههای تنظیم فشار (فشار شکن‌ها) نیز نیاز به ارزیابی مقاومت لرزه‌ای دارند و نیز برای یک ایستگاه تنظیم نصب شده و یک ساختمان، بررسی و مقاومت ضد لرزه‌ای ساختمان نیز برای اطمینان از حفاظت ایستگاه تنظیم و خط لوله در برابر زلزله، اجتناب ناپذیر است.

سیستم‌های خدماتی در جامعه شهری که کارکرد آنها بر روی یکدیگر اثر متقابل دارد و زندگی شهری به آنها وابسته است را می‌توان شریانهای حیاتی آن جامعه نامید به بیان دیگر سازه‌هایی که زندگی شهری به آنها بستگی زیادی دارند و عملکرد بد آنها باعث عملکرد بد شهری میشود را شریانهای حیاتی گویند. شریانهای حیاتی شامل خطوط انتقال برق رسانی، شبکه‌های آب و فاضلاب، سیستم‌های دفع آبیهای سطحی، سیستم گازرسانی و مایعات سوختی، شبکه حمل و نقل راه‌ها (هوایی - زمینی - دریایی) ، مخابرات، سیستم جمع‌آوری ضایعات، سیستم‌های دفع پس مانده‌های هسته‌ای و ارتباطات کامپیوتری و... می‌باشد. هرچه جامعه توسعه یافته‌تر باشد شریانهای حیاتی در آن بیشتر و تأثیر آن بر زندگی افراد جامعه وسیع‌تر و رابطه آن با دیگر شریانهای حیاتی تنگاتنگ‌تر خواهد بود. یکی از نمودهای شریانهای حیاتی توسعه آن به موازات سطح زمین و طولانی بودن یک بعد آن نسبت به سایر ابعاد خود می‌باشد.

از بین رفتن شریانهای حیاتی تأثیر مستقیمی بر کیفیت زندگانی و محیط زیست و تبعات شدید اقتصادی دارد. ویرانی شریانهای حیاتی هنگام وقوع زلزله بحرانهای زیادی مثل عدم امداد رسانی به آسیب‌دیدگان به علت انسداد راهها، شیوع بیماریها به علت ویرانی در شبکه فاضلاب، گسترش آتش‌سوزی به علت ویرانی سیستمهای آتش‌نشانی که مستقیماً از آب بهره می‌گیرند و... را

بوجود می‌آورد. شریانهایی مانند سیستم گازرسانی و مایعات سوختی در اثر خرابی زلزله منجر به آتش سوزی می‌شوند که گاهی تلفات ناشی از آتش سوزی بیش از تلفات ابتدایی زلزله می‌باشد، یا شکستگی در شبکه آبرسانی نفوذ آب به پی ساختمانهایی که در اثر زلزله ویران نشده اند را در پی دارد. از طرف دیگر شریانهای حیاتی با یکدیگر تعامل دارند به طوری که ویرانی در یک شبکه حیاتی تأثیری سوء بر شریان حیاتی دیگر می‌گذارد.

جدول 1: اندرکنش شریانهای حیاتی

معلول عامل	شبکه برق	سیستم گاز رسانی	سیستم آبرسانی	سیستم دفع فاضلاب	راه ها
شبکه برق	_____	عملکرد بد نیروگاهها ، تجهیزات فشار و سیستم کنترل	عملکرد بد تصفیه خانه ها و پمپ ها و سیستم کنترل	عملکرد بد تصفیه خانه ها، فاضلاب و پمپ ها و سیستم کنترل	خرابی چراغهای راهنمایی و سیستم کنترل
سیستم گاز رسانی	گزینه ای دیگر برای انرژی از بین می رود	_____	ایجاد مشکل در ماشین آلات	ایجاد مشکل در ماشین آلات	ایجاد ترافیک به علت تعمیرات گاز
سیستم آبرسانی	نبود آب برای سیستم خنک کننده نیروگاهها	_____	_____	نبودن آب برای تصفیه خانه	ایجاد ترافیک به علت تعمیرات
سیستم دفع فاضلاب	آب گرفتگی لوله ها و کابل ها	آب گرفتگی لوله ها	_____	_____	آب گرفتگی و ایجاد ترافیک به علت تعمیرات
راه ها	تأخیر در کار تعمیرات و رسیدن تجهیزات و عدم دسترسی ماشینهای باطری	تأخیر در کار تعمیرات و رسیدن تجهیزات	تأخیر در کار تعمیرات و رسیدن تجهیزات	تأخیر در کار تعمیرات و رسیدن تجهیزات	_____

## 2. جغرافیای استان همدان:

همدان یکی از استان‌های واقع در شمال غرب کشور بین طولهای جغرافیای 47° 48 تا 49° 28 شرقی و عرضهای 34° 00 تا 44° 35 شمالی قرار دارد. مساحت استان همدان 19547 km<sup>2</sup> بوده و مرکز آن شهر همدان از سطح دریا 1749 متر ارتفاع دارد که اشکال مورفولوژیک و جایگاه زمین‌شناسی ویژه‌ای دارد. از نگاه ژئومورفولوژی تغییرات فیزیوگرافیک استان همدان از قله بلند الوند (3580) متر تا نواحی دشتگونه و کم ارتفاع دشت رزن متغیر است. به همین رو شبکه آبهای سطحی به دو حوضه دریاچه قم و خلیج فارس تخلیه می‌شوند. در دامنه شرقی الوند کوه، هرز آبهای سطحی نواحی همدان، بهار، لالچین، کبودرآهنگ، ملایر، رزن و... از طریق رودخانه قوری جای به دریاچه قم منتهی می‌شوند. شبکه آبریز دامنه‌های غربی رشته کوه الوند از طریق رودهای بزرگ داغی، گاماسیاب، قره سو، سیره به کرخه ریخته شده و نهایتاً به خلیج فارس می‌رسد.



شکل 1: استان همدان

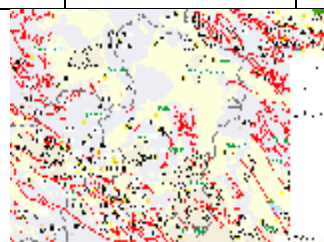
### 3- زمین ساخت استان همدان:

از نظر زمین ساختی قسمت اعظم استان همدان در ایالات زمین ساختی ایران مرکزی قرار گرفته است و تنها بخش کوچکی از جنوب باختری این استان در ایالت زاگرس واقع است. کناره شمال خاوری ایالت زمین شناسی زاگرس مرتفع و چین خورده است و برخلاف بخشهای دیگر زاگرس، رخنمون گسلها در آن زیاد است. روند کلی ساختارهای زمین و گسلهای بزرگ در این بخش از زاگرس شمال باختری - جنوب خاوری است یعنی هم روند راندگی اصلی زاگرس بوده و راندگی زاگرس به عنوان مطرح ترین ساختار زمین ساختی در این محدوده قرار گرفته است. این گسلها چشمه فعالیتهای لرزه خیزی در سده ها و دهه های اخیر بوده و مسبب زمین لرزه های ویرانگری از جمله زمین لرزه اخیر درود بوده اند. بخش اعظم استان همدان در ایالت زمین ساختی ایران مرکزی و زیر ایالت سنندج - سیرجان قرار گرفته است، گسترش گسلهای اساسی در این زیر ایالت نیز شمال باختری - جنوب خاوری است یعنی با راندگی زاگرس هم روند است و ساز و کار آنها فشاری بزرگ زاویه است. محور اکثر چین خوردگیها نیز همین روند را دارد. اما گسترش گسلهای بزرگ در این محدوده کمتر از نواحی پیرامون است. مهم ترین گسلهایی که در استان گسترش دارند عبارتند از گسل نهاوند، گسل گارون، گسل ده سرخه، گسلهای جنوب خاوری همدان (ابرو، ورکانه، یلفان و...)، گسل بوربور - گرماب، گسلهای خاور - جنوب خاوری ملایر، گسل نشر و... که همگی روند تقریباً شمال باختری - جنوب خاوری دارند. نو زمین ساخت منطقه تحت تأثیر این گسلها بوده به گونه ای که اکثراً با بستر رودخانه ها و آبراهه ها را تشکیل داده یا باعث تغییر مسیر آنها شده اند. پرتگاه گسلی در اکثر موارد به وضوح روی زمین و تکاره های هوایی دیده می شود که نشانه جوان بودن آنهاست. افزون بر این گروه گسلها، گروه دوم گسلها با روند تقریباً عمود بر روند گسلهای گروه اول یعنی با روند تقریباً شمال خاوری - جنوب باختری قرار دارند. این گروه از گسل ها از نظر لرزه خیزی دارای اهمیت در خور توجهی نیستند. در جدول 2 گسلهای موثر بر لرزش استان همدان آورده شده اند.

جدول 2: گسلهای موثر بر لرزش استان همدان

نام گسل	روند	طول (Km)	$M_{max}$	$a_{max}(gal)$
نهاوند	NW(N320)	66-راستالغز راستگرد	7.3	در نهاوند 0.6
قارون (گارون)	WE-NW(N130)	80	7.4	در نهاوند 0.53
ابرو	NW	-----	6.5	در همدان 0.5
ورکانه	NW-WE	-----	6.4	در ورکانه 0.42
یلفان	-----	25	6.7	در همدان 0.5
بوربور - گرماب	NW-WE	22	6	0.31
یونس	NE-WE	20	6	در سامن 0.31

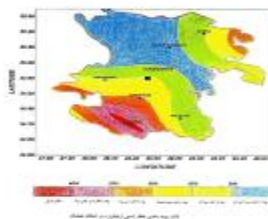
در ده سرخه 0.48	6.6	42	WE-NW (رانندگی)	ده سرخه
در ازنا ب و قشلاق 0.36	6.2	27	E-W	شمال ازنا ب
در نهاوند 0.25	7.7	100	NW-WE(N315)	درو د
در نهاوند 0.1	عدم وجود داده از آخرین لرزش	150	N-S(N350)	قلعه حاتم
بخشهایی از استان همدان آسیب می- بینند	7.6	100	N300E	صحنه
در بخشهایی از استان همدان 0.3	7.6	-----	W-E	ایبک
در رزن 0.1	7.6	100	-----	ایندس
در شمال شرق استان همدان 0.3	7.7	-----	W-E	کوشک نصرت
در شرق و در شمال- شرق شهر همدان 0.4	7.5	120	WE-NW	تفرش
در جنوب شرق شهر همدان 0.4	7.4	-----	WE-NW	تلخاب
در شرق استان همدان 0.27	-----	بیش از 60	WE-NW	شرق اراک
در شمال شرق همدان 0.25	6.1	25	WE-NW	آوج
در شمال شرق شهر همدان 0.14	6.4	40	WE-NW	پرندهک



شکل 2. گستره قرارگیری گسلهای استان همدان

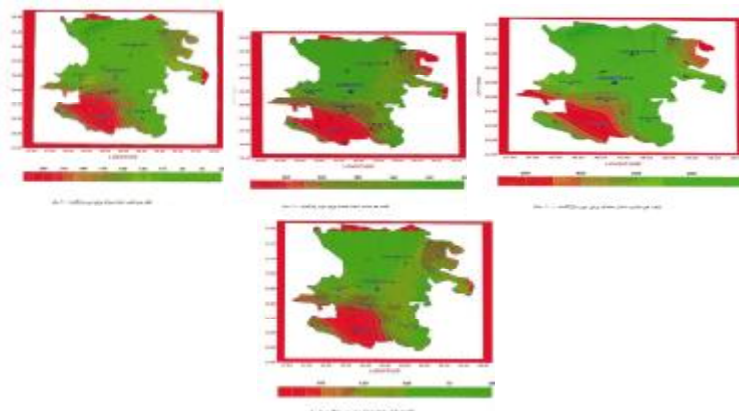
بررسی گسل های استان و پیرامون آن نشان می دهد که در این استان و پیرامون آن گسل های زمین لرزه ای از جمله گسل های نهاوند، درود، کارون و ایبک گسترش دارند که دارای پتانسیل لرزه زایی در خور توجهی هستند. از سوی دیگر گسل های دیگری در استان گسترش دارند که می توان به گسل های جنوب خاوری همدان (گسل یلفان، گسل ابرو، گسل ورکانه و ...) گسل ده سرخه، گسل بوربور - گرماب، گسل نشر، گسل های خاور - جنوب خاوری ملایر و ... اشاره نمود. قسمت های مرکزی

استان می‌تواند تحت تأثیر جنبش احتمالی هر یک از این گسل‌ها قرار گیرد. پیشینه شتاب ناشی از جنبش احتمالی هر یک از این گسل‌ها در برآورد و محل‌های پرخطر معرفی شده است. اما با توجه به گسترش و پیشینه لرزه‌خیزی این گسل‌ها در مقایسه با گسل‌های پیرامون استان میتوان گفت که بخش‌های مرکزی و شمال استان در مقایسه با قسمت‌های دیگر آن بویژه جنوب باختری و باختری استان، از خطر نسبی کمتر برخوردارند. کما اینکه می‌توان بخش‌هایی از این استان را از این دیدگاه در پهنه با خطر نسبی متوسط قرار داد. اما در کناره باختر و جنوب باختری استان گسل‌های جنبای مهمی گسترش دارند که برخی از آنها توان ایجاد زمینلرزه‌هایی با بزرگی 7/5 و بیشتر را دارند. از مهمترین این گسل‌ها می‌توان به گسل نهاوند، گارون، صحنه، درود و ده‌سرخه اشاره نمود. به عبارت دیگر بررسی گسل‌ها نشان می‌دهد که باختر و جنوب باختری استان از دیدگاه لرزه‌خیزی در یک پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد قرار دارد. بطور خلاصه می‌توان گفت ارزیابی گسل‌های استان و پیرامون آن نشان می‌دهد که میزان لرزه‌خیزی در استان یکسان نیست و از این دیدگاه می‌توان استان را به پهنه‌هایی با خطر نسبی زمینلرزه متفاوت به خطر نسبی متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم نمود. محدوده‌های کوچکی در شمال استان وجود دارد که حتی در پهنه با خطر نسبتاً کم نیز می‌توانند قرار گیرند. پهنه‌بندی خطر نسبی زمینلرزه در استان همدان در شکل 3 ارائه شده است.



شکل 3: پهنه‌بندی خطر نسبی زمین لرزه در استان همدان

یکی از مهم‌ترین پژوهش‌های برآورد خطر زمینلرزه‌ها برآورد توان لرزه‌زایی گسل‌هاست. پیشینه بزرگی زمینلرزه مورد انتظار گسل‌های استان همدان در جدول 2 مربوط به هر گسل آورده شده است. از آنجائیکه برآورد بزرگی زمینلرزه و حداکثر شتاب مورد انتظار گسل‌های مهم در حوصله این مقاله نمی‌گنجد برای خلاصه‌تر شدن موضوع و داشتن اطلاعات اجمالی نقشه‌های هم‌شتاب برای دوره‌های بازگشت 50 و 100 و 200 و 1000 ساله در شکل‌های زیر ارائه گردیده است.



۴-نتی‌جه‌گیری:

سیستم گاز رسانی در مناطق شهری ایران دارای ویژگی فشار بالا در خطوط انشعابات (لوله های توزیع) تا پشت در منازل می باشد و فشار گاز پس از رگلاتور خانگی به فشار ضعیف کاهش می یابد، لذا از این نظر، اقدامات مقابله با زلزله در شهرهای ایران فوری و نیازمند یک راه حل اساسی می باشد .

شیرهای پیاده رو و علمک ها به عنوان آسیب پذیرترین قسمتهای شبکه شناخته شده اند. در شیرهای پیاده رو از اتصالات مکانیکی غیر لرزه ای استفاده شده است. در نزدیکی منازل از علمک دارای رگلاتور استفاده شده است که اتصالات این قسمتها پیچی می باشند بیشترین آسیب ها در شبکه گاز در زلزله کوبه در همین اتصالات پیچی روی داد لذا این اتصالات نیز چون شیر پیاده رو در مقابل زلزله ضعیف می باشد. لوله های مدفون ممکن است به مقدار زیادی تحت تأثیر ارتعاشات زمین در هنگام زلزله، قرار گیرند و چون از اتصالات پوششی (در سر) برخوردار نیستند، آسیب جدی خواهند دید.

حساسیت شریانهای حیاتی در برابر خرابی های ناشی از زلزله در زلزله های متعددی نظیر زلزله های آلاسکا، ژاپن، شیکاگو و ... به اثبات رسیده و از این رو اهمیت طراحی با ایمنی مناسب را دیکته می کند، خطوط لوله ها به خصوص لوله های گاز را به دلیل مسئله حفاظتی، تأمین تکیه گاه مناسب و بالابردن ضریب اطمینان عموماً بصورت مدفون در نظر می گیرند و لذا مانند سایر سازه ها بایستی در مقابل ترکیب انواع بارهای مختلف از قبیل فشارهای داخلی ناشی از سیال داخل آن، بارهای خارجی، تنش های حرارتی، نیروهای ناشی از زلزله و ... طراحی گردند .

در سازه های روی زمینی، شتاب زلزله باعث ایجاد نیروهای اینرسی افقی و عمودی می گردد و در مواردی انهدام سازه ها را به دنبال خواهد داشت، در صورتیکه در لوله های مدفون به دلیل کوچک بودن جرم لوله نسبت به جرم خاک محیط اطراف خود، اثرات ناشی از امواج زلزله بر روی لوله ها کاملاً متفاوت با سازه های رایج روی زمین می باشد و بطور اعم به هنگام وقوع زلزله عواملی مانند وجود گسل های سطحی، رونگرایی خاک، زمین لغزه ها، انتشار امواج زلزله می تواند خطوط زیرزمینی را بیشتر تهدید کرده و در معرض خطر و خسارت قرار دهد. از طرفی ممکن است در هنگام وقوع زلزله خطوط لوله در معرض جابجایی های نسبی بزرگی در طول مسیر خود قرار بگیرند.

در ایران بعضی از خطوط لوله گاز از روی گسل های فعال عبور کرده اند. در صورتیکه جابجایی در امتداد یک گسل فعال رخ دهد، خطوط لوله گاز متقاطع با گسل تحت تأثیر این جابجایی قرار خواهند گرفت. ممکن است لوله های فولادی جوشی و لوله های پلی اتیلن، که در برابر زلزله ها مقاوم هستند، تحت تأثیر حرکت گسلها قرار بگیرند. لذا ارزیابی اثر جابجایی گسل بر روی خطوط لوله گاز ضروری است. همچنین خطوط لوله گاز از ناحیه هایی با پتانسیل روانگرایی عبور کرده اند بنابراین در صورتیکه زمین لغزه، روانگرایی و حرکت جانبی در اثر یک زلزله اتفاق بیفتد، خطوط لوله گاز زیر زمینی در این محلها دچار خسارت خواهند شد، بنابراین شناخت این مناطق پر خطر و اتخاذ اقدامات مناسب برای مقابله با این پدیده ها، بسیار مهم می باشد. ارزیابی مقاومت اتصال بین لوله ها (لوله های فولادی و لوله های پلی اتیلن عموماً برای خطوط لوله گاز در ایران استفاده می شوند) برای یک نیروی خارجی بزرگ، نظیر زلزله، ضروری است و اگر این اتصال هنگام وقوع زلزله جابجایی زمین را جذب کند، در اینصورت در برابر زلزله مقاوم است.

بخشی از استان همدان از نظر لرزه خیزی در پهنه با میزان لرزه خیزی متوسط قرار گرفته است، ولی در جنوب باختری آن گسل های لرزه زایی مانند گسل های نهاوند، قله حاتم و گارون عبور می کنند و در پیرامون استان همدان گسل های جنبایی مانند گسل ایپک، ایندس، تفرش، صحنه، مرورید و درود واقع شده اند و هر یک از این گسل های اساسی در صورت جنبش می توانند بخشهایی از استان را تحت تأثیر قرار دهند.

گسل‌های زمین لرزه‌ای مهم مانند گسل نهاوند و گارون که در گستره طرح هستند پتانسیل لرزه‌زایی در خور توجهی دارند. علاوه بر آن گسل‌های پر شمار دیگری در این استان گسترش دارند که در اثر جنبش احتمالی هر یک از آنها، بخش‌هایی از استان تحت تأثیر قرار خواهند گرفت.

## 5- منابع:

- 1- کمری، مریم و عباس زاده شهری، عباس - "مقاوم سازی لوله‌های گاز در برابر زلزله" - سمینار کارشناسی ارشد درس زلزله - شناسی - گروه ژئوفیزیک - واحد همدان - بهار 85
- 2- خاوردزمینی، شهلا و عباس زاده شهری، عباس - "تأثیر زلزله بر شریان‌های حیاتی استان همدان" - سمینار کارشناسی ارشد درس زلزله‌شناسی - گروه ژئوفیزیک - واحد همدان - بهار 85
- 3- عباس زاده شهری، عباس، گودرزی، محسن، همیرزایی، نوربخش و شیخ‌انصاری، مهدی - "اثر زلزله بر شریان‌های حیاتی استان لرستان" - پنجمین همایش سراسری فنی و مهندسی - باشگاه پژوهشگران جوان - واحد قزوین - مرداد 85
- 4- شرکت مهندسی اوزاکلا، ترجمه و تدوین دکتر نعمت حسنی - "ایمن‌سازی سیستم گازرسانی در مقابل زلزله" - اردیبهشت 82
- 5- دکتر حسنی، نعمت - "پروژه تحقیقاتی آسیب‌پذیری بهسازی و مدیریت بحران سیستم گازرسانی تهران بزرگ در مقابل زلزله"
- 6- سعیدی معین، رضا - "مطالعه تحلیلی پارامتری روش ارزیابی سریع خطوط لوله موجود در مجتمع‌های صنعتی و پالایشگاهی" - چکیده پایان‌نامه کارشناسی ارشد
- 7- موتوهیکو، هاگانوما، حسنی، نعمت و اسلامی، محمدرضا - "زلزله در آلبوم تجربه" - شرکت یادمان سازه - بهار 82
- 8- واکابا یاشی، مینورو - ترجمه سعادت‌پور، محمد مهدی - "ساختمانهای مقاوم در مقابل زلزله" - دانشگاه صنعتی اصفهان - 1374
- 9- بابایی راوندی، علیرضا - "بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سازه‌ها به طریقه عینی قبل و بعد از زلزله" - انتشارات دانش و فن - 1382
- 10- حجازی فرزاد - "بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از سیستم‌های هوشمند" - انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - 1384
- 11- مقدم، حسن - "مهندسی زلزله مبانی و کاربرد" - نشر فرهنگ - 1384
- 12- برگی، خسرو - "اصول مهندسی زلزله" - انتشارات دانشگاه تهران - 1384