



ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله

امید مبارکی^{۱*}؛ مرضیه اسمعیل پور؛ شیرین امینی

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه مراغه، نویسنده مسئول

۲- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه مراغه

۳- دانش آموخته جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه مراغه

واژگان کلیدی	چکیده
گسل زلزله مدل AHP آسیب پذیری کالبدی آذرشهر	زلزله یکی از سوانح طبیعی است که بیشتر کشورها از جمله ایران با تهدیدات آن مواجه می باشند، کشور ایران در موقعیت زمین شناسی و قرارگیری بر روی کمربند زلزله از کشورهای لرزه خیز دنیا محسوب و در سالیان گذشته بر اثر وقوع زلزله، متحمل خسارات و تلفات زیادی شده است، شهر آذرشهر نیز به عنوان یکی از شهرهای استان آذربایجان شرقی از این قاعده مستثنی نیست. هدف این پژوهش ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله می باشد، نوع تحقیق کاربردی و روش آن توصیفی - تحلیلی است. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP با مقایسات زوجی و نرم افزار ARC GIS در فازهای مربوط به ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش و تحلیل داده ها با در نظر گرفتن معیارهایی چون، فاصله از گسل، درصد شیب، نوع خاک، تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، جنس سازه، عمر بنا، تعداد طبقات، دسترسی به فضاهای باز، فاصله از بیمارستان و فاصله از ایستگاه آتش نشانی می باشد. بررسی نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می دهد که عوامل مختلف، می توانند تأثیر گذاری متفاوتی در خسارات ناشی از زلزله داشته باشند، به طوری که شهر آذرشهر با فاصله نه کیلومتر از محدوده گسل، در ناحیه مرکز زلزله واقع شده است، که با در نظر گرفتن معیارهای ذکر شده و تجزیه و تحلیل آن ها میزان آسیب پذیری کالبدی در محدوده شهر متوسط رو به بالا و به علت تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی، پایین بودن کیفیت سازه ها و شبکه معابر ارگانیگ در بخش مرکزی و قدیمی شهر میزان آسیب پذیری در این بخش بسیار بالا می باشد.

۱- مقدمه

شهرها در طول تاریخ هیچ گاه از آسیب حوادث طبیعی در امان نبوده اند، به گونه ای که از گذشته یکی از راههای اساسی برای ایجاد آمادگی در برابر مخاطرات، آگاهی از درجه آسیب پذیری شهر در صورت وقوع آن است. لذا اگر بتوان با روش یا روشهایی میزان آسیب پذیری ساختمانهای شهری ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله را تعیین کرد، می توان با اتخاذ راهکارهایی آمادگی را تا حد بسیار زیادی افزایش داد. زلزله یکی از فعالیت های طبیعی زمین است که امروزه با وقوع آن در جوامع بشری تبدیل به حادثه ای مهیب شده است و به دلیل نقص علم بشر باعث تخریب بسیاری از سازه های ساخت او می شود و هزینه های فراوانی را بر جای می گذارد. زلزله هنگامی تبدیل به سانحه می شود که راهکارهای مناسبی در جهت کاهش خطرات و تلفات در هنگام وقوع و بعد آن وجود نداشته باشد؛ این موضوع با دخالت های نسنجیده انسانی در محیط های طبیعی، از جمله ساخت و سازهای بی رویه در حریم گسل ها، تمرکز ساختمانی، کمبود فضاهای باز، همچنین عدم رعایت استانداردهای جهانی در ساخت و سازها، تراکم و توزیع نامناسب جمعیت، عدم تناسب زیر ساخت ها و کاربری های شهری و آموزش ناکافی شهروندان، تشدید می شوند (کاظمی نیا و میمنندی پاریزی، ۱۳۹۶: ۲).

کشور ایران به علت موقعیت زمین شناسی و قرارگیری بر روی کمر بند زلزله آلپ- هیمالیا از کشورهای زلزله خیز دنیا محسوب می شود و در سال های گذشته بر اثر وقوع زلزله، متحمل خسارات و تلفات زیادی می شود و در این میان مسائلی از قبیل ضعف کلی کالبد شهر و عدم برنامه ریزی صحیح در این خصوص، معابر نامناسب، تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا، نحوه نامناسب پراکنش جمعیت و به طور کلی عدم توجه به مدیریت بحران در طرح ها و برنامه ریزی ها باعث افزایش خسارت جانی و مالی می گردد (رضایی، ۱۳۹۱: ۱۲). تجربه وقوع زلزله در بسیاری از شهرهای کشورمان می تواند به عنوان مرجعی اساسی برای مطالعه و تصمیم گیری به منظور بهینه سازی و بازسازی بافت شهری موجود و یا طراحی شهرهای جدید باشد. این موضوع نشان می دهد ایمن سازی شهرها و سکونتگاه های انسانی در برابر خطرات زلزله را باید در سطوحی فراتر از مقاوم سازی بناها، جستجو نمود و مهم ترین این سطوح، شهرسازی است. بررسی میزان آسیب ها و صدمات به طور مستقیم و غیرمستقیم به وضعیت نامطلوب برنامه ریزی و طراحی شهری مربوط می شود (پورمحمدی، ۱۳۸۲: ۵۴). فرم شهر، بافت شهر، تراکم های شهری، زیرساخت های شهری، شبکه های ارتباطی، کاربری زمین از جمله عوامل تعیین کننده در نحوه رفتار شهر در برابر زلزله می باشند (امینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۶۲).

در بسیاری از بخش های فلات آذربایجان شرقی، گسل راندگی های پنهان و جوان در زیر رسوبات آبرفتی گسترده شده اند، یکی از مهم ترین گسل هایی که در تاریخچه رویداد زلزله های آذربایجان شرقی

گزارش شده، در جنوب شهر آذرشهر یعنی گسل بوکت داشکسن که طولی بیش از ۲۵ کیلومتر دارد که اگر قطعات دیگری را هم به آن اضافه کنیم طول آن بیشتر خواهد شد، زلزله های تاریخی این محدوده نیز مربوط به این گسل و گسل های پنهان در زیر رسوبات جوان شهر آذرشهر به موازات گسل بوکت_ داشکسن هستند (Zamani & Masson, 2014). سابقه تاریخی فعالیت این گسل ها (زمین لرزه پنجم فوریه سال ۱۶۴۱ میلادی آذرشهر با بزرگی ۶/۸ ریشتر) در اطراف شهر آذرشهر و با توجه به بافت کالبدی شهر از نظر قدمت و فرسوده بودن بافت ها، مناسب نبودن مصالح مورد استفاده در آن ها و همین طور وجود شبکه معابر غیر استاندارد به خصوص در قسمت مرکزی شهر، لزوم توجه به مسئله ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر را در برابر زلزله را مطرح می سازد.

۱-۱- سوالات تحقیق

- ۱- آسیب پذیری کالبدی آذرشهر در برابر زلزله احتمالی چگونه است؟
- ۲- کدام ناحیه شهری در معرض خطر بیشتری قرار دارند؟

۱-۲- اهداف تحقیق

۱-۲-۱- هدف اصلی

ارزیابی آسیب پذیری کالبدی آذرشهر در برابر زلزله احتمالی

۱-۲-۲- اهداف فرعی

- بررسی وضعیت آسیب پذیری منطقه و مقاومت مصالح در برابر زلزله
- بررسی تراکم جمعیتی و ساختمانی منطقه و تاثیر آن در افزایش خسارت ناشی از زلزله
- شناسایی میزان آسیب پذیری نواحی مرکزی و قدیمی اذرشهر در برابر زلزله
- شناسایی نقاط آسیب پذیر با ضریب احتمال بالا
- ارائه راهکارها و توصیه های شهرسازی در خصوص ایمن سازی بافت کالبدی شهری

۱-۳- اهمیت و ضرورت

زلزله به عنوان یک پدیده طبیعی به خودی خود نتایج مطلوبی را در بر ندارد. آنچه از این پدیده یک فاجعه می سازد عدم پیشگیری از تأثیر آن و عدم آمادگی جهت مقابله با عواقب آن است. زلزله هر ساله در گوشه و کنار جهان هزاران انسان را تهدید و میلیون ها دلار خسارت به بار می آورد با به وقوع پیوستن هر زلزله، شاهد تخریب بخش بزرگی از بافت شهر و به زیر آوار رفتن هزاران شهروند خواهیم بود که اگر در اسرع وقت نتوانیم به کمک آنها بشتابیم، پس لرزه های آن ممکن است، موجب زنده به گور شدن آنها گردد. بسیاری از افراد تا مدت ها پس از زلزله زیر آوار زنده مانده اند که اگر امکان دسترسی و کمک رسانی به آنها میسر نباشد، آنها نیز جان خود از دست خواهند داد (راسی، ۱۳۹۶). بیش از ۹۰ درصد شهرهای کشور در برابر

نیز مانند سایر نقاط جهان از روندی صعودی برخوردار است به طوری که سهم آن از ۳۰ درصد در سال ۱۳۳۵ یکباره به ۶۴ درصد در سال ۱۳۸۰ رسیده است (عبداللهی، ۱۳۸۳: ۳۵۶). اما صرف افزایش جمعیت پدیده ای مذموم نیست بلکه توزیع نامتناسب جمعیت در سطوح مختلف جغرافیایی شهر به ویژه محلات کم درآمد شهری با تراکم نسبی بالا و مسکن با کیفیت پایین، آسیب پذیری را بیشتر می کند. افزایش جمعیت در واحد سطح، امکان گریز و پناه را کمتر، و بر تعداد مصدومین می افزاید (حمیدی، ۱۳۷۴). مسکن نامناسب شهری از دیگر عوامل انسانی موثر در افزایش آسیب های ناشی از زلزله در مرحله قبل از وقوع زلزله است. زلزله پدیده ای طبیعی، مانند سایر پدیده های طبیعی، نظیر سیل، طوفان، و غیره است که در تبدیل آن به یک فاجعه، آسیب پذیری مجتمع های مسکونی نقش بسزایی دارد (فلاحی، ۱۳۸۳). شرایط نامتعادل اقتصادی و اجتماعی در کشورهای در حال توسعه سبب گردیده تا تنها قشر محدودی از افراد جامعه از مسکن مناسب با ضوابط علمی و فنی بهره مند گردیده و بقیه همواره از نداشتن آن در رنج باشند.

تأثیر زلزله در شهرها

با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزاء شهری به یکدیگر، آسیب پذیری شهری نیز در برگیرنده تمامی عوامل موجود در یک شهر می باشد. به عبارت دیگر سوانح بر تمامی اجزا یک شهر و به طور کلی بافت شهری تأثیر گذار است. سیستم های شهری تحت تأثیر سوانح عبارتند از:

- سیستم طبیعی شهر؛ شامل منابع طبیعی چون آب، خاک، ویژگی های زمین شناسی و اقلیم.
- سیستم اجتماعی و فرهنگی شهر؛ شامل جمعیت و ویژگی های آن.
- سیستم اقتصادی شهر؛ شامل منابع تولید، توزیع، مصرف، سرمایه، اشتغال و درآمد می شود.
- سیستم کالبدی شهر؛ شامل معابر، ساختمان ها و آنچه اجزای بافت شهری را در بر می گیرد.
- سیستم زیرساختی شهر؛ که شامل حمل و نقل، تأمین و توزیع آب، تأمین و توزیع برق، تأمین و توزیع گاز، مخابرات و ارتباطات، ساختمان و سازه ها شهری است. هر یک از این سیستم ها به نحوی در معرض آسیب پذیری ناشی از سانحه زلزله قرار دارند. وقوع زلزله کارکرد هر یک از سیستم های نامبرده را می تواند مختل و یا متوقف نماید. بروز اختلال در هر یک از سیستم ها نیز ادامه کارکرد سایر سیستم ها را با مشکل مواجه می سازد. بنابراین پدیده آسیب پذیری شهری مختص به قسمتی از شهر در معرض وقوع سانحه نبوده، و کل سیستم را در برمی گیرد و از این رو خطر بروز سانحه را افزایش می دهد (ناطق الهی، ۱۳۷۸: ۷۸ - ۷۷).

۲-۲- پیشینه تحقیق

زلزله ۵/۵ ریشتری آسیب پذیرند (عکاشه: ۱۳۸۳). به طوری که بر پایه آمارهای رسمی ۲۵ سال گذشته، بیش از ۶ درصد تلفات انسانی کشور ناشی از زلزله بوده است (رنجبر و همکاران: ۱۳۸۵). براین اساس ارزیابی آسیب پذیری کالبدی و کاهش خطرات ناشی از آن باید به طور فزاینده ای در دستور کار برنامه ریزان و سیاست مداران قرار گیرد. آذرشهر نیز بر حسب سابقه تاریخی مستثنی از این قاعده نبوده و با قرار گیری در کنار گسل بوکت - داشکسن و گسل بزرگ تبریز و وجود بافت های متراکم و فرسوده به ویژه در بخش مرکزی شهر یکی از شهرهای آسیب پذیر کشور محسوب می شود که ضرورت پرداختن به مسئله آسیب پذیری و راهکارهای کاهش آسیب پذیری را بیش از پیش مطرح سازد.

۲- ادبیات نظری و پیشینه موضوع

۲-۱- ادبیات نظری

مخاطرات طبیعی

مخاطرات طبیعی سوانحی هستند که به واسطه بی نظمی غیرعادی عناصر اصلی زمین، هوا، آتش و آب به وجود می آیند و مصائب ناشی از این وضع به همان شدت گذشته، هنوز هم تکرار می گردد. این گونه حوادث شامل ریزش کوه، فرسایش زمین، توفان، خاک، گردباد، تندباد، آتشفشان، زلزله و غیره هستند (تیلور، ۱۳۷۲: ۱۵۰).

زلزله

لرزش و جنبش زمین است که به علت آزاد شدن انرژی ناشی از گسیختگی سریع در گسل های پوسته زمین در مدتی کوتاه روی می دهد. زمین لرزه ها توسط دستگاه زلزله سنج یا لرزه نگار ثبت می شوند. شدت یک زمین لرزه از روی آثار خرابی ها و تأثیراتی که زمین لرزه بر انسان و تأسیسات می گذارد مشخص می شود. شدت ارتعاشات حاصل از زمین لرزه با یک مقیاس دوازده گانه به نام «مرکالی»، که بر مبنای مقدار خسارات سطحی توصیف می شود، مشخص می گردد. این مقیاس که کاملاً حالتی کیفی و توصیفی دارد از یک (I) که نمایشگر ارتعاشاتی بسیار ضعیف و غیر محسوس است شروع می شود و به دوازده (XII) که شدت خرابی آن فاجعه آمیز است ختم می گردد. شدت زمین لرزه با افزایش فاصله از مرکز آن، کاهش می یابد (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۹۲).

آسیب پذیری

آسیب پذیری به معنای درجه خرابی در یک عامل یا گروهی از عوامل است که از وقوع یک پدیده حاصل می شود (آندرو، ۱۹۷۹). آسیب پذیری در مقابل زلزله تابعی از رفتارهای انسانی است که درجه تسلیم یا قابلیت ایستادگی واحدهای اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی شهری در مقابل زلزله را نشان می دهد (شیعه، ۱۳۸۴: ۳۸).

عوامل انسانی موثر در آسیب پذیری کالبدی

از جمله عوامل انسانی موثر در افزایش آسیب های ناشی از زلزله، افزایش جمعیت شهری، مسکن نامناسب، شرایط نامتعادل اقتصادی و اجتماعی، حاشیه نشینی و غیره در جهان است. شهر نشینی در ایران

ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله

در این بخش به پیشینه تحقیقات صورت گرفته در مورد موضوع مورد بحث پرداخته شده است.

جدول ۱: پیشینه تحقیق

عنوان	نویسندگان (سال پژوهش)	اهداف یا سوالات اصلی	روش استفاده شده	مهمترین یافته ها
مقاله با عنوان زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب پذیری مناطق شهری	علی زنگی آبادی و تبریزی (۱۳۸۵)	هدف این تحقیق ارزیابی میزان آسیب پذیری مناطق شهر تهران در برابر زلزله بوده است	در این پژوهش با استفاده از برنامه SPSS و GIS به تحلیل و سطح بندی آماری مناطق شهری تهران با تأکید بر مقاومت مصالح و آسیب پذیری سازه ای پرداخته شده است.	نتایج تحقیق نشان می‌دهد؛ منطقه ۱۳ آسیب پذیرترین منطقه شهر تهران است و مناطق ۱۱ و ۱۶ و ۱۴ و ۲۰ در رده های بعدی هستند و منطقه ۲۲ مقاوم ترین منطقه در برابر زلزله است.
مقاله ارزیابی آسیب پذیری تراکمی شهرها در برابر زلزله با استفاده از GIS (منطقه یک تبریز)	محسن احدنژاد و دیگران (۱۳۹۲)	هدف پژوهش ارزیابی آسیب پذیری منطقه یک شهر تبریز از لحاظ تراکم ساختمانی و جمعیتی است.	نوع تحقیق کاربردی و روش آن توصیفی-تحلیلی است. و ابزاری که برای مدل سازی نقشه ها صورت گرفته نرم افزار GIS است.	نتایج تحقیق نشان می‌دهد؛ که در حدود ۷۵ درصد محدوده مورد مطالعه در شرایط مطلوب از لحاظ آسیب پذیری تراکمی و تنها حدود ۵ درصد در شرایط خطرپذیر قرار دارند.
مقاله ارزیابی آسیب پذیری محله های شهری در برابر زلزله (شهر پیرانشهر)	عیسی ابراهیم زاده و دیگران (۱۳۹۴)	هدف پژوهش ارزیابی آسیب پذیری شهر پیرانشهر در برابر زلزله با بهره گیری از مدل های سلسله مراتبی است.	استفاده از مدل های چند معیاره از جمله AHP و Topsis و Vikor	یافته های تحقیق نشان می‌دهد؛ که در مجموع با طیف های متفاوت ۵۳/۳ درصد از محلات شهر پیرانشهر آسیب پذیر می باشند و در خصوص خطرات احتمالی باید برنامه ریزی شود.
مقاله ارزیابی آسیب پذیری کالبدی بافت منطقه یک شهر تهران در برابر زلزله احتمالی	عیسی لو و دیگران (۱۳۹۵)	مقاله حاضر کوشیده است تا با ارزیابی آسیب پذیری کالبدی و تعیین پهنه های آسیب پذیر راهبردهای نیل به ارتقاء کیفیت ایمنی را ارائه کند	داده ها با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس IHWP و در محط نرم افزار GIS مورد بررسی قرار گرفته اند.	یافته های تحقیق نشان می‌دهد؛ که بافت کالبدی منطقه یک در برابر زلزله احتمالی شرایط نسبتاً ایمن دارد و نواحی ۹ و ۷ و ۵ بسیار ایمن و نواحی ۱ و ۳ از ایمنی پایین برخوردارند.
مقاله سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری محله های شهری در برابر زلزله (بخش مرکزی زنجان)	ضرغامی و دیگران (۱۳۹۵)	هدف اصلی این تحقیق ارزیابی تاب آوری محله های شهر زنجان در چهار بعد کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی است.	استفاده از جامعه خبرگان و داده های کتابخانه ای	نتایج تحقیق گویای آسیب پذیری بالای کالبدی بخش مرکزی زنجان است به طوری که حدود ۶۹ درصد بناها در رده آسیب پذیری زیاد و ۱۰ درصد در رده آسیب پذیری خیلی زیاد قرار گرفته اند.

جدول ۲: مقادیر ترجیحات برای مقایسه های زوجی

مقدار عددی	واژه های غربالی (ترجیحات)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر و یا کاملاً مطلوب تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲ و ۴ و ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

(منبع: توفیق، ۱۳۷۳: ۲۴)

۳-۲- معیارها و لایه های مورد نیاز برای پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر آذرشهر در مقابل خطر زمین لرزه

فاصله از گسل، نوع خاک، درصدشیب، تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه، نوع مصالح، عمر بنا، تعداد طبقات، دسترسی به فضاهای باز، دسترسی به بیمارستان، دسترسی به ایستگاه آتش نشانی

۴- محدوده مورد مطالعه

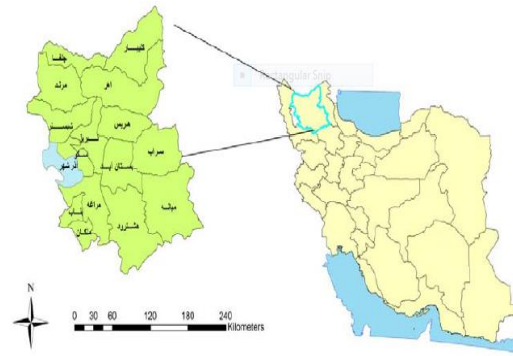
شهر آذرشهر به لحاظ موقعیت ریاضی از ۴۵ درجه و ۵۷ دقیقه و ۱۱ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۵۹ دقیقه و ۵۸ ثانیه طول شرقی و از ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه، تا ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۶ ثانیه عرض شمالی یعنی حدوداً در حد فاصل زون ۳۸ نیمه کره شمالی واقع شده است که کوهستان سهند در سمت شرقی و دریاچه ارومیه در غرب آن واقع شده است (شکل ۱). بنا بر آخرین تقسیمات سیاسی کشور (۱۳۹۰)، شهر آذرشهر با وسعت ۸۴۰ کیلومتر مربع، یکی از نوزده شهرستان استان آذربایجان شرقی می باشد که جمعیتی بالغ بر ۴۴۸۸۷ نفر را دربرمی گیرد. خط گسل بوکت - داشکسن در ناهمواری های ضلع شرقی شهر آذرشهر، که موازی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی گسل تبریز از میان قله اطراف سهند عبور می کند. این گسل از نوع راندگی به طول ۲۵ کیلومتر در فاصله ۹۰۰۰ متری از قسمت جنوبی شهر واقع شده است. با در نظر گرفتن پتانسیل و سابقه زلزله تاریخی بوکت-داشکسن، این گسل یکی از عوامل نامطلوب زمین ساختی در این منطقه می باشد.

۳- روش تحقیق

نوع تحقیق کاربردی و روش آن توصیفی- تحلیلی است. جمع آوری داده ها از طریق بررسی متون، منابع، کتب، مقالات و بررسی نقشه ها، مصاحبه و پرسشنامه از کارشناسان مربوطه صورت گرفته است، برای تحلیل داده ها از مدل AHP و برای ترسیم نقشه ها از نرم افزار GIS استفاده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم گیری روبروست می تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. در این سطح برای پهنه بندی میزان آسیب پذیری بافت کالبدی آذرشهر در مقابل خطر زمین لرزه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط نرم افزاری ۱۰ ARC GIS استفاده می کنیم. در این پژوهش ابتدا پرسشنامه هایی برای امتیاز دهی بین متخصصین شهری (اساتید دانشگاه، کارمندان شهرداری و فرمانداری و همچنین از دانش آموختگان رشته برنامه ریزی شهری) به صورت تصادفی به تعداد ۳۰ عدد پخش گردید. سپس از آنها خواسته شد که براساس اهمیت هر یک از معیارها در هنگام بروز زلزله، امتیازاتی از ۱ تا ۹ بدهند و برای معیارهایی با اهمیت بالاتر امتیاز بالاتر و برای معیارهای با اهمیت کمتر امتیاز کمتر بدهند در پایان به کمک توابع تحلیلی GIS تمامی لایه های مربوط به این معیار تهیه و هر کلاس با توجه به امتیاز کسب شده آن معیار در مدل AHP امتیاز بندی شده است، سپس به کمک توابع همپوشانی در Arc Map این لایه ها بر روی هم قرار گرفته اند و پهنه بندی میزان آسیب پذیری بافت کالبدی آذرشهر در مقابل خطر زمین لرزه بدست آمده است.

۳-۱- مدل AHP

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروفترین فنون تصمیم گیری چند شاخصه است که توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. این روش هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه و شاخص تصمیم گیری روبرو است، می تواند مفید باشد. شاخص ها می توانند کمی و یا کیفی باشند (قدسی پور، ۱۳۷۹: ۹۴). در این پژوهش پس از مشخص شدن معیارها و زیرمعیارها و امتیازدهی هریک از پنج معیار، به تجزیه و تحلیل و تعیین ضرایب اهمیت هر معیار نسبت به دیگر معیارها و همچنین زیرمعیارها نسبت به یکدیگر با روش AHP پرداخته شده و در نهایت نقشه نهایی ترسیم گردیده است.



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

۴- یافته های تحقیق

۴-۱- فاصله از گسل:

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، ۱۳۹۶: ۶۸). روشن است که شهر آذرشهر با فاصله خطی ۹ کیلومتر (با توجه به نقشه بیش از ۴۰۰۰ متر) از گسل بوکت- داشکسن پهنه بندی خطر نسبی بالا را نشان می دهد. زلزله های تاریخی این محدوده نیز مربوط به این گسل و گسل های پنهان در زیر رسوبات جوان شهر آذرشهر و به موازات گسل بوکت- داشکسن می باشد. لازم به ذکر هست که شهر آذرشهر با فاصله ۴۵ کیلومتری از گسل بزرگ تبریز دارای پهنه بندی خطر متوسط می باشد (شکل ۲).

۴-۲- نوع خاک

با توجه به شکل ۲ قسمت بیشتری از محدوده ی مرکزی شهر دارای بافت نرم و سبک که نشان دهنده آسیب پذیری بالا و قسمتی نیز دارای بافت خیلی درشت می باشد که به مراتب آسیب پذیری پایین تری را بیانگر است، بافت متوسط شامل محدوده صنعتی و بافت درشت نشان دهنده جنس خاک در شهرک ولیعصر و شهرک دانش می باشد که نسبت به قسمت های دیگر آسیب پذیری کمتری را با توجه به معیار خاک نشان می دهد.

۴-۳- درصد شیب :

با توجه به اینکه افزایش شیب باعث ناپایداری می شود شدت زلزله با عامل شیب ارتباط مستقیم دارد با افزایش ارتفاع، شیب افزایش یافته و آسیب پذیری نیز تشدید می شود. احداث ساختمان در نزدیکی لبه شیب ها یا پرتگاه ها خطر لغزش زمین، روانگرایی و تشدید آثار زلزله را به دنبال دارد. (ویسه، ۱۳۷۷: ۵۹). شهر آذرشهر نیز در محدوده ای با شیب متغیر قرار گرفته است. با توجه به شکل دو اکثر نقاط شهر آذرشهر دارای شیب ۳ درصد می باشد که از نظر شهرسازی برای توسعه

شهری مناسب می باشد، شیب بالای ۵ درصد موجب تشدید امواج لرزه ای شده و چنانچه ساختمان ها از مواد سست تشکیل یافته باشد آسیب پذیری بالا را در بردارد پس در شیب های بالای ۵ درصد آسیب پذیری در شهر آذرشهر افزایش می یابد. شیب بالای ۹ درصد نشان دهنده خطر بسیار بالا می باشد. اقدامات ساختمان در محل های با شیب بیش از ۹ درصد باید بادقت مطالعه شود.

۴-۴- جنس سازه بنا:

وضعیت ۹ محله کالبدی شهر آذرشهر از نظر جنس سازه دارای تفاوت قابل ملاحظه ای است، به طوری که از ۱۰۰ درصد جنس سازه در سطح شهر ۷۱/۸۹ درصد فاقد بنا، ۷/۷۹ درصد دارای سازه، ۲۰/۳۲ درصد فاقد سازه می باشد. به طوری که بیشترین تعداد ساختمان های مسکونی دارای سازه در ناحیه یک یعنی شهرک ولیعصر و شهرک دانش و قسمت هایی از بلوار و فاقد سازه در ناحیه دو (قسمت مرکزی شهر) بیشترین میزان را دارا می باشد، که نشان دهنده آسیب پذیری بالا در قسمت مرکزی شهر با توجه به معیار جنس سازه می باشد (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳: جنس سازه

درصد	مساحت (متر مربع)	جنس سازه بنا	
۷۱/۸۹	۹۵۲۰۴۷۱	فاقد بنا	۱
۷/۷۹	۱۰۳۱۴۹۶	دارای سازه (بتنی و فلزی)	۲
۲۰/۳۲	۲۶۹۱۵۰۲	فاقد سازه (خشت و گل و آجر و آهن)	۳

ماخذ: محاسبات نگارنده

۴-۵- کیفیت ابنیه

شهر آذرشهر به لحاظ خطر پذیری در برابر زلزله آسیب پذیری متوسط به بالا دارد که بیشتر شامل مناطق جدید التأسيس و در حال گسترش شهر قرار دارند؛ همچنین بناهایی که در محدوده آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد مکانیابی شده اند عمدتاً در بافت فرسوده مرکزی شهر که به ترتیب بر اثر عوامل تاریخی، اجتماعی و اقتصادی بوده است (جدول ۴ و شکل ۲).

جدول شماره ۶: تعداد طبقات

طبقات	مساحت (مترمربع)	درصد
فاقد بنا	۹۵۲۰۴۷۱	۷۱/۸۹
یک طبقه	۲۲۰۲۰۸۷	۲۱/۱۶
دو طبقه	۶۷۷۸۵۹	۵/۱۲
سه طبقه	۷۳۴۵۵	۰/۵۵
چهار طبقه و بیشتر	۱۶۹۵۹۸	۱/۲۸

ماخذ: محاسبات نگارنده

۴-۸- تراکم جمعیت

با توجه به اینکه تلفات جانی و خسارات انسانی و اجتماعی یکی از مهمترین ابعاد مهم خسارت‌های زلزله است. با افزایش تراکم جمعیت و در واقع با افزایش حضور انسان احتمال خسارات و شدت اثرات زلزله نیز بالا می‌رود. بافت مرکزی و قدیمی شهر آذرشهر با تراکم ۶۰ تا ۱۱۰ نفر در هکتار دارای تراکم بالایی است و با حرکت به سمت پیرامون، به تدریج از میزان تراکم جمعیت کاسته می‌شود، در شهرک ولی عصر و شهرک دانش تراکم جمعیت ۳۰ تا ۶۰ نفر در هکتار می‌باشد. قسمت شمالی شهر که نشان دهنده ۱۰ نفر در هکتار می‌باشد تازه احداث و شامل محدوده صنعتی می‌باشد. پس از نظر معیار تراکم جمعیت آسیب پذیرترین مناطق شامل بافت مرکزی و قدیمی شهر می‌باشد (شکل ۲).

جدول ۴: کیفیت ابنیه

ماخذ: محاسبات نگارنده

کیفیت بنا	مساحت (مترمربع)	درصد
فاقد بنا	۹۵۱۸۸۵۸	۷۱/۸۹
نوساز	۲۶۱۷۹۶	۱/۹۸
در حال ساخت	۷۳۴۰۲۸	۵/۵۴
قابل قبول	۲۳۵۷۲۸۶	۱۷/۸۰
مرمتی	۲۵۵۴۱۲	۱/۹۳
تخریبی	۱۱۶۰۷۹	۱/۸۸

۴-۶- عمر بنا

نتایج حاصل از تحلیل اطلاعات مربوط به شهر آذرشهر نشان می‌دهد ساختمان‌هایی با آسیب پذیری نسبتاً پایین مربوط به بافت جدید شهر در ناحیه یک یعنی شهرک ولیعصر و شهرک دانش و ابنیه با آسیب پذیری متوسط در جای جای شهر و ساختمان‌هایی با آسیب پذیری بالا عمدتاً در بافت فرسوده مرکزی و قدیمی شهر و نیز بعضی مناطق حاشیه ای دارای اسکان های غیررسمی می- باشد (جدول ۵ و شکل ۲).

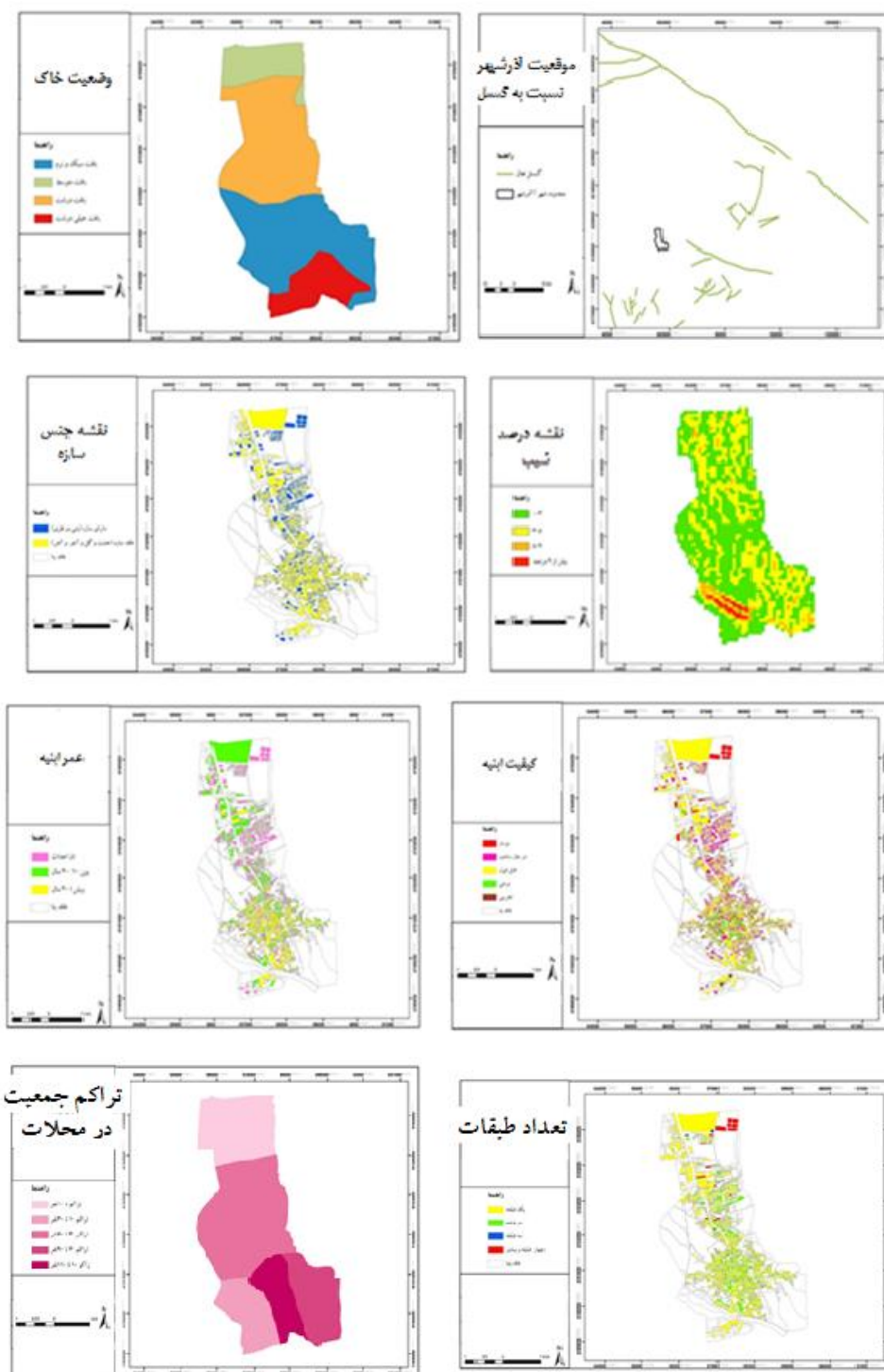
جدول ۵: عمر ابنیه شهر آذرشهر

عمر بنا	مساحت (مترمربع)	درصد
فاقد بنا	۹۵۲۰۴۷۱	۷۱/۸۹
تازه احداث	۱۱۷۹۱۴۸	۸/۹۰
بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۱۶۵۵۸۸۹	۱۲/۵۰
بیش از ۲۰ سال	۸۸۷۹۶۱	۶/۷۰

ماخذ: محاسبات نگارنده

۴-۷- تعداد طبقات

هرچقدر از واحد های یک طبقه و دو طبقه به سمت واحدهای با تعداد طبقه بالا حرکت کنیم شدت و اثر زلزله بیشتر احساس خواهد شد. بیشتر مناطق شهر آذرشهر از ساختمان های ۱ و ۲ طبقه ساخته شده اند که این مورد میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله را کاهش می- دهد. ساختمان‌های یک طبقه اکثراً در مناطق حاشیه‌ای شهر ساخته شده‌اند و عمده ساختمان‌های بلند مرتبه در شهرک ولی عصر و شهرک دانش در ناحیه یک و همچنین به صورت پراکنده در قسمت‌های مرکزی شهر قرار دارند، ساختمان‌هایی با طبقات ۴ و بیشتر تنها در بلوک هایی از شهرک ولیعصر قرار گرفته است (شکل ۲ و جدول ۶).



شکل ۲: نقشه فاصله از گسل، وضعیت خاک، درصد شیب، جنس سازه ها، کیفیت ابنیه، عمر ابنیه، تعداد طبقات و تراکم جمعیت در محلات آذرشهر

۹-۴- دسترسی به فضاهای باز

وجود فضاهای باز و دسترسی آسان به آنها در شهرها و قابل استفاده بودن این فضاها در هنگام وقوع زلزله نقش مهمی در کاهش آسیب‌ها و تلفات ناشی از زلزله دارند. بررسی نقشه فاصله از فضاهای باز در شهر آذرشهر نشان می‌دهد که پارک‌ها و فضاهای سبزی چون پارک بزرگ شهر، پارک کوهستانی، پارک مسافر و پارک بانوان و قطعاتی نیز در بخش مرکزی و شمالی شهر پراکنده هستند که حدود ۱۳ هکتار می‌باشد. با توجه به سرانه استاندارد در شهر آذرشهر بیش از ۱۸ هکتار کمبود پارک و فضای سبز وجود دارد که در امر اسکان موقت و فضای تخلیه مناسب می‌تواند برای منطقه مفید باشد (شکل ۳).

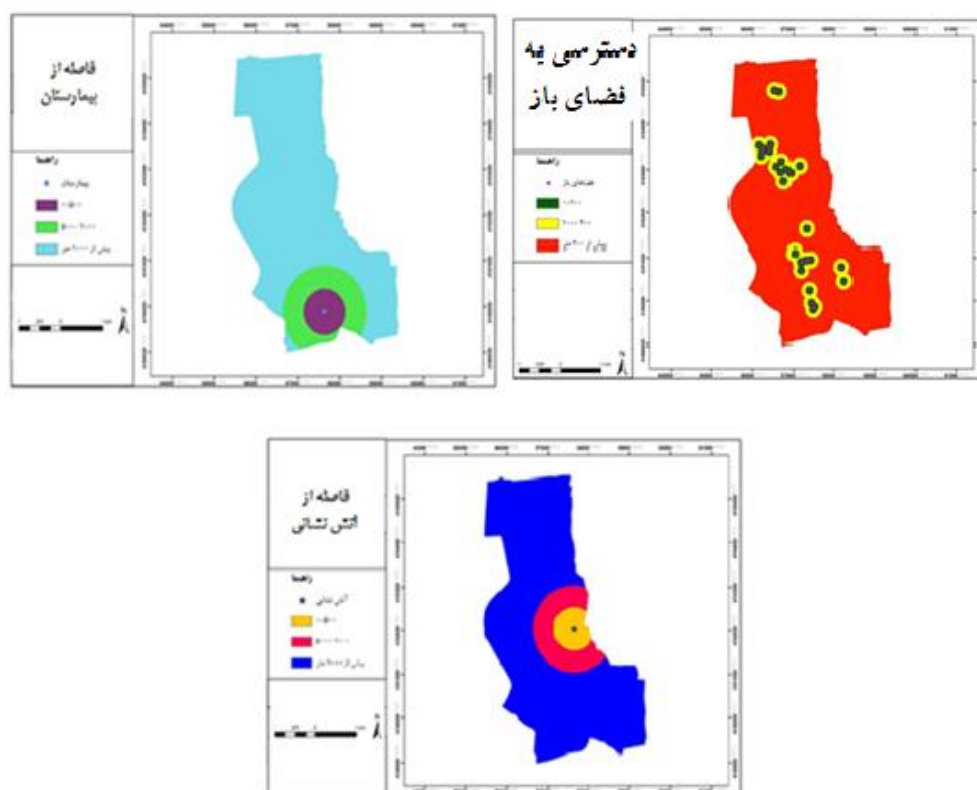
۱۰-۴- فاصله از بیمارستان

با توجه به سرانه مطلوب این کاربری (یک تا ۱/۵ متر مربع به ازای هر نفر) سرانه مورد نیاز برای جمعیت موجود تأمین نشده و کمبود وجود دارد چنانکه در وضع موجود تنها یک بیمارستان در قسمت جنوبی

شهر مکان‌گزینی شده و برای جمعیتی که خارج از شعاع عملکرد شهر باشند به سبب مشکلات دسترسی جغرافیایی، مطمئناً امداد رسانی با مشکل مواجه خواهد شد. بنابر این در هنگام بروز زمین‌لرزه آسیب‌پذیری و تلفات جانی تشدید می‌یابد. خلاء یک بیمارستان دیگر در شهر احساس می‌شود که این امر مورد برنامه ریزی قرار گرفته و در قسمت شمالی شهر در حال ساخت می‌باشد (شکل ۳).

۱۱-۴- فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی :

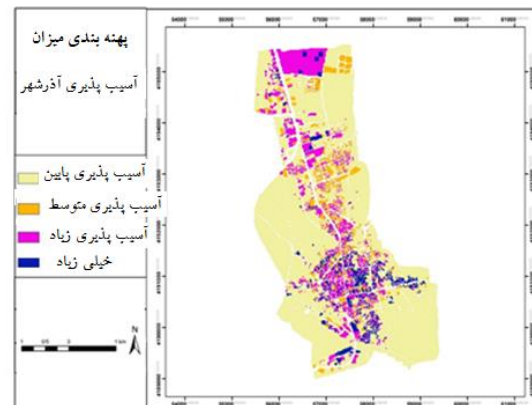
با افزایش فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی تلفات جانی و خسارات انسانی ناشی از زلزله نیز بالا می‌رود، با توجه به نقشه، ایستگاه آتش‌نشانی در شهر آذرشهر تقریباً در قسمت میانی شهر مکان‌گزینی شده که بخش‌های مرکزی شهر از دسترسی مناسبی به خدمات ایستگاه آتش‌نشانی برخوردارند ولی در حاشیه‌های شمالی و جنوبی شهر خلاء ایستگاه آتش‌نشانی احساس می‌شود که نیاز به برنامه ریزی و مکان‌گزینی ایستگاه آتش‌نشانی دیگر می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه دسترسی به فضای باز، فاصله از بیمارستان و فاصله از آتش‌نشانی در آذرشهر

۴-۱۲- تهیه نقشه نهایی

با توجه به شکل ۴ و جدول شماره ۷ نقشه آسیب پذیری شهر آذرشهر به ۴ طبقه تقسیم بندی می شود که شامل آسیب پذیری پایین، آسیب پذیری متوسط، آسیب پذیری بالا، آسیب پذیری بسیار بالا می باشد. همچنین در جدول ۸ آسیب پذیری کالبدی مساحت دارای بنا شهر آذرشهر به ۳ طبقه شامل آسیب پذیری متوسط، آسیب پذیری بالا، آسیب پذیری بسیار بالا تقسیم بندی می شود.



شکل ۴: نقشه آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر

در حالت کلی، نتایج نشان می دهد در قسمت فاقد بنا آسیب پذیری پایین است یا اصلاً آسیب پذیری وجود ندارد اما در قسمت ساخته شده شهر، آسیب پذیری به مراتب شامل آسیب پذیری متوسط که در برگیرنده ناحیه یک شهر، آسیب پذیری بالا در برگیرنده قسمت های بیشتری از شهر و آسیب پذیری بسیار بالا در بخش های مرکزی و بافت فرسوده و تاریخی شهر طبقه بندی شده است. و می توان گفت پهنه با خطر نسبتاً پایین در این شهر وجود ندارد و این حاکی از خطر بالای زلزله در این شهر است.

جدول شماره ۷: میزان آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر

میزان آسیب پذیری	درصد
آسیب پذیری پایین	۷۱
آسیب پذیری متوسط	۹
آسیب پذیری بالا	۱۴
آسیب پذیری بسیار بالا	۶

ماخذ: محاسبات نگارنده

جدول شماره ۸: میزان آسیب پذیری کالبدی دارای بنا شهر آذرشهر

میزان آسیب پذیری	درصد
آسیب پذیری متوسط	۳۱
آسیب پذیری بالا	۴۸
آسیب پذیری بسیار بالا	۲۱

ماخذ: محاسبات نگارنده

۵- نتیجه گیری

شهر آذرشهر به علت نزدیکی به گسل هایی چون گسل بوکت داشکسن و گسل بزرگ تبریز در معرض خطر زمین لرزه می باشد این در حالی است که این شهر سالها پیش با فعالیت گسل بوکت داشکسن با خاک یکسان شده و مردم ناگزیر به مکان گزینی آن در مکان فعلی که هم اکنون شهر در آن واقع شده گردیده اند. اما با توجه به مدیریت بحران و اصول شهرسازی جدید شهر آذرشهر هنوز هم در معرض خطر زمین لرزه قرار دارد که فرسوده و قدیمی بودن بافت ها همچنین تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا با شبکه معابر ارگانیک و غیره لزوم توجه به این مسئله را دو چندان می کند. پژوهش حاضر که با عنوان ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر آذرشهر در برابر زلزله می باشد نتایج حاکی از آن است که بخش قابل توجهی از شهر آذرشهر در محدوده با خطر بالای زلزله قرار دارد. چنانچه ۱۴ درصد مساحت شهر در محدوده با خطر بالا، ۶ درصد در محدوده با خطر بسیار بالا که عمدتاً در مرکز شهر که دارای بیشترین ابنیه و تراکم جمعیتی در آذرشهر می باشند. ۹ درصد در محدوده با خطر متوسط که عمدتاً در شهرک ولی عصر که دارای ابنیه با سازه بادوام و کیفیت نوساز و عمر پایین نسبت به سایر بناهای شهر آذرشهر می باشند. محدوده با خطر پایین ۷۱ درصد مساحت شهر را به خود اختصاص داده، که با توجه به نقشه کاربری اراضی شهر آذرشهر این پهنه داخل حریم شهر است اما عمدتاً شامل اراضی بایر، فاقد بنا و باغات شهر می باشند. از طرفی در محدوده های با خطر بالا و بسیار بالا کاربری های حیاتی و خدماتی از قبیل آموزشی، درمانی، اداری و سایر مناطق مسکونی و تجاری منطقه قرار دارند که این وضعیت در شرایط بحرانی کنترل منطقه را با مشکلات جدی مواجه خواهند ساخت. در بین معیارهای طبیعی اهمیت معیار فاصله از گسل مهم تر از معیارهای جنس خاک و شیب محدوده است، چرا که شکاف و شتاب ناشی از جابجایی گسلها در زلزله احتمالی، بر روی روانگرایی خاک و پایداری شیب تأثیر بسزایی دارد. در بین معیارهای کالبدی، اهمیت معیارهای نوع مصالح و عمر بنا، به طور کلی میزان فرسودگی بافت از همه معیارها بیشتر است. این معیارها در تخریب ساختمان ها و در

نتیجه ایجاد خسارت های مالی و جانی موثرتر هستند و در بین عوامل اجتماعی، اهمیت معیارهای تراکم جمعیتی به ویژه در تلفات انسانی بیشتر از سایر معیارها است. عوامل مدیریتی مانند نزدیکی به مراکز اسکان موقت و نزدیکی به ایستگاههای آتش نشانی و فاصله از بیمارستان هر سه حائز اهمیت هستند، به ویژه این سه معیار در کاهش تلفات انسانی بعد از وقوع زلزله موثرتر می باشند .

۶-پیشنهادهات

پیشنهادهاتی که در ارتباط با عوامل طبیعی و کالبدی و اجتماعی-اقتصادی و مدیریتی می توان ارائه داد:

عوامل طبیعی: ۱-پایدار ساختن محیط زیست شهری در برابر سوانح محیطی ۲- مناسب سازی شیب بندی ها در جهت توزیع و دفع آبهای سطحی در مقابل عوامل

عوامل کالبدی: ۱-توزیع مناسب کاربری ها با توجه به معیار دسترسی بهینه ۲-استقرار بیمارستان دیگر برای جمعیتی که خارج از شعاع عملکرد بیمارستان شهید مدنی می باشند ۳- استقرار ایستگاه آتش نشانی دیگر جهت امداد رسانی در مواقع بحرانی ۴-بهسازی و مقاوم سازی زیرساخت ها ۵-تأمین دسترسی مناسب و احداث واحدهای خدماتی به منظور مدیریت بحران در مواقع بروز خطر زلزله ۶-استفاده از مصالح ساختمانی استاندارد ۷-بهسازی ، نوسازی و مقاوم سازی بافت های فرسوده مسکونی یا تخریب کاربری های فرسوده در بخش مرکزی شهر ۸-نظارت و کنترل دقیق عملیات اجرایی ۹-بهره گیری از فناوری های جدید مقاوم سازی با استفاده از مصالح جدید، سبک، مقاوم و ارزان

عوامل اجتماعی - اقتصادی: ۱-کاهش تراکم جمعیتی بسیار بالا در محلات بخش مرکزی شهر ۲- اصل تعادل در تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی در بخش مرکزی شهر ۳- توانمندسازی ساکنان بافت فرسوده (آموزش، ایجاد اشتغال حمایت و ارائه تسهیلات)

عوامل مدیریتی: ۱- تأمین و توسعه خدمات شهری و زیر ساخت های توسعه نوسازی ۲-آموزش به گروه های مختلف اجتماعی پرهیز از نگرش صرفا کالبدی و توجه به ابعاد و اهداف مختلف شهرسازی در نوسازی بافت ۳-تأمین و توسعه خدمات شهری و زیر ساخت های توسعه نوسازی ۴-احداث فضاهای سبز در محدوده های پر خطر جهت کاهش خطر زمین لغزش ۵-استفاده از مصالح ساختمانی استاندارد ۶-بهسازی ، نوسازی و مقاوم سازی بافت های فرسوده مسکونی یا تخریب کاربری های فرسوده ۷- توسعه هر چه بیشتر فضاهای باز و سبز در داخل محلات مسکونی ۸-ایجاد پایگاه های اسکان و امداد و نجات در نزدیکی محدوده های پر خطر شهر ۹-رعایت تناسب عرض معابر درون محله ای با ارتفاع ساختمان ها و به اتمام رساندن طرح نیمه کاره تعریض معابر در محلات بخش مرکزی و قدیمی شهر آذرشهر

- Abdollahi, Majid (2011). Crisis management in urban area, publications of municipalities and villages of the country, volume 2, number 1.
- Ahadnezhdreveshti, Mohsen, Rostaei, Shahram, Kamelifar, Javad, Ranjbarnia, Behzad (2012). Assessment of congestion vulnerabilities in cities against earthquake using GIS (case study: one zone Tabriz city), 5th International Conference on Comprehensive Management of Natural Disasters, Tehran.
- Akasheh, Bahram (2004). Being unprepared creates a crisis, Applied scientific conference on sustainable development vision of Tehran neighborhood, Number8, Tehran municipality.
- Amini, Elham, Habib, Farah, Mojtahedzadeh, Gholamhossein (2000). Land use planning and how its effect in reduction of urban vulnerability against earthquake, Journal of sciences and environmental technology, Number11. Tehran.
- Darvishzadeh, Ali (1992). Geology of Iran, Neda publication, Tehran.
- Ebrahimzadeh, Eisa, Kashefi, Diman, Hosseini, Ahmad (2015). Urban area Vulnerability Assessment against earthquake (case study: Piranshahr city), Spatial planning Journal, fifth year, first number.
- Eisalu, Shahbodin, Latifi, Gholamreza, Godarzi, Vahid (2017). Assessment of physical vulnerability of one zone of Tehran city in against earthquake with using IHWP, Journal of Sepehr, Volume25, Number100.
- Godsipur, Hassan (2000). Multi-criteria decision making, analytical hierarchy process Amirkabir University of technology publications.
- Hair Shanker, Gupta (2010). Spatial Urban Model for Environmental Planning, Department of Geography, University College, M.D. University. Rohtak, India.
- International institute of seismology and earthquake engineering (www.iiees.ac.ir).
- Kazeminia, Abdolreza, meymandiparizi, Seddigh (2015). Zoning of vulnerability of Kerman city buildings in against earthquake with using GIS, Journal of mapping and spatial information engineering, Volum 8, Number3.
- Nateghelahi, Fariborz, Memari, Ali (1999). Earthquake and Urban Vulnerability, Abrar publications, Tehran.
- Pourmohammadi, Mohammadreza (2003). Urban land use planning, Samt publication, first edition.
- Ranjbar, Mohsen, Eshragi, Mahdi, Iranmanesh, Gazi (2006). Providing a spatial database template, Conference on natural disasters, Tehran.
- Rasi, Elena (2017). Zoning of deprived ereas vulnerability in against earthquake with using GIS, Earthquake international conference, crisis management, Qazvin.
- Rezaei, Meysam (2013). Application of spatial models and network analysis in urban crisis management with using GIS (three zone of Esfahan city), Master thesis, faculty of Geography, University of Esfahan.
- Shieh, Esmaeil (2005). Introduction to urban planning basic, eleventh edition, university of science technology publications, Tehran.
- Teylor, Alen (1992). Assessing the needs of victims of accidents, proceedings of disaster prevention and rescue, Building and housing research center.
- Tuffig, Firoz (1993). Multi Criteria Evaluation in Physical Planning, Journal of Abadi. Number 11.

- Viseh, Yadollah (1998). Attitude to urban studies and planning in earthquake-prone areas, International institute of seismology and earthquake engineering, Tehran.
- Zamani, B., & Masson, F (2014). Recent tectonics of East (Iranian) Azerbaijan from stress state reconstructions. Tectonophysics, 611.
- Zangiabadi, Ali, Tabrizi, Nazanin (2005).Tehran earthquake and spatial evaluation of urban vulnerability, journal of Geographical research, Number 56.
- Zarghami, Saeid, Teimori, Asghar, Mohamadian, Hassan, Sammaei, Ali (2016). Evaluation of urban neighborhood resiliency in against earthquake (Zanjan), Journal of urban planning and research, seventh year