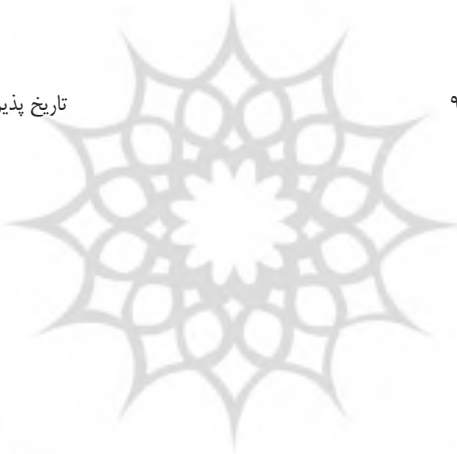


ارزیابی آسیب پذیری بافت های شهری از خطر زلزله (مطالعه موردی: بافت قدیم شهر زنجان)

محمدجواد حیدری* - دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۷



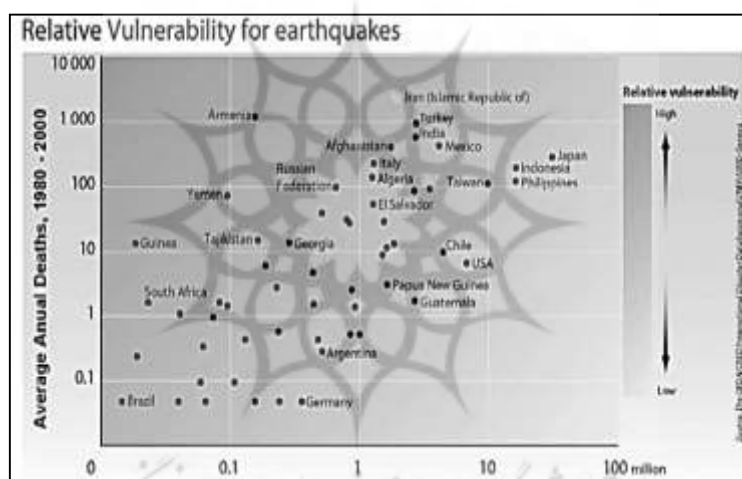
چکیده

واقع شدن شهر زنجان بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا از یک سو و قرار گرفتن چندین گسل فعال در اطراف آن از سوی دیگر، ضرورت انجام بررسی های مربوط به آسیب پذیری لرزه ای این شهر را آشکار می کند. با توجه به اهمیت موضوع ارزیابی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، در این مقاله سعی شده است تا با بکارگیری روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برآورد مناسبی از آسیب پذیری بافت قدیم شهر زنجان در برابر زلزله با استفاده از ویژگی های کالبدی و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی و تعیین تأثیر هر کدام از آن ها در میزان آسیب پذیری ارائه شود. روش مطالعاتی این تحقیق مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای و میدانی بوده و از منابع اطلاعاتی طرح تفصیلی شهر زنجان و بهنگام سازی آن با استفاده از یافته های میدانی نگارندگان استفاده گردید. تحلیل های صورت گرفته در پژوهش حاضر مبتنی بر تلفیق تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم افزار ARCGIS بوده است. نتایج به دست آمده، نشان داد که حدود ۱/۶۷ درصد از واحدهای ساختمانی بافت قدیم شهر زنجان دارای آسیب پذیری خیلی زیاد، ۷/۹ درصد زیاد، ۱۵/۱ درصد متوسط، ۱۶/۲۲ درصد کم و ۵۹/۰۴ درصد دارای آسیب پذیری خیلی کم در برابر زلزله می باشد. بر این اساس، نگارندگان بکارگیری سیاست ها و تمهیداتی به منظور تشویق ساکنین در نوسازی و مقاوم سازی واحدهای مسکونی را از سوی مسئولین و دست اندرکاران پیشنهاد نموده اند.

واژه گان کلیدی: آسیب پذیری، مخاطرات طبیعی، زلزله، بافت قدیم، شهر زنجان.

مقدمه

مخاطرات طبیعی یکی از مهم ترین عوامل انهدامی سکونتگاه های انسانی شناخته شده اند (Shieh and et al, 2010: 36) و در میان مخاطرات طبیعی، زلزله مخرب ترین پدیده ی طبیعی می باشد. این پدیده به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می سازد، یکی از شناخته شده ترین بلایای طبیعی جهان می باشد (Maleki, 2007: 114) که تا به امروز خسارات مالی و جانی فراوانی را در بخش های مسکون کره ی زمین به خصوص در شهرها به وجود آورده است. زیرا جمعیت پذیری شهرها در سال های پس از انقلاب صنعتی و به ویژه در دهه های اخیر، به تراکم بیش از حد جمعیت در آن ها منجر شده است. امروزه بیش از ۴۵۰ شهر در دنیا با جمعیت بالای یک میلیون نفر وجود دارد که تقریباً ۵۰ درصد از این شهرها در نزدیکی گسل های فعال زلزله یا حوزه آبریز سیلاب ها قرار دارند (Habibi and et al, 2008: 27). علی رغم این که امروزه درصد جمعیت شهرنشین کشورهای در حال توسعه بسیار کمتر از کشورهای توسعه یافته می باشد، با این حال تلفات ناشی از زلزله در این کشورها ۲۰ برابر بیش تر از کشورهای توسعه یافته می باشد (همان، ص ۲۷) و در میان کشورهای در حال توسعه، ۸۰ درصد از تلفات ناشی از زلزله در ۶ کشور چین، ایران، پرو، روسیه، ترکیه و گواتمالا بوده است.



شکل ۱. میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله طی سال های ۲۰۰۰ - ۱۹۸۰ (Source: UNDP, 2004: 35)

براساس گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه ی نخست را در تعداد زلزله های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و یکی از بالاترین رتبه ها در زمینه آسیب پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه را داشته است (UNDP, 2004: 12). بر پایه آمارهای رسمی در ۲۵ سال گذشته، ۶ درصد از تلفات انسانی کشور ناشی از زلزله بوده است. به طور میانگین هر سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ده سال یک زلزله ی به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ می دهد (Farajzadehasl and et al, 2011: 20). بررسی مناطق زلزله زده نشان می دهد که بیشترین میزان خسارات و تلفات جانی و مالی در بخش هایی اتفاق افتاده که دارای ساختمان های غیراستاندارد و نامقاوم بوده است که بی شک چیزی جز غیراستاندارد و نامقاوم بودن ساختمان ها را نمی توان دلیلی بر این فاجعه انسانی دانست.

بافت قدیم شهرها با ویژگی هایی چون ناکارآمدی شبکه معابر و دسترسی ها، عدم نفوذپذیری یا نفوذپذیری سخت و دشوار به درون آن ها، سیمای زشت ناشی از فرسودگی شدید کالبد بناها، وجود کاربری های ناسازگار، تراکم شدید جمعیت، کمبود تأسیسات و تجهیزات شهری به ویژه مراکز امداد و نجات همچون مراکز آتش نشانی و درمانی به شدت در مقابل مخاطرات

طبیعی آسیب پذیر می باشند. بافت قدیم شهر زنجان نیز که منطبق بر هسته ی تاریخی و اولیه شهر می باشد، به دلیل مسائل و مشکلاتی چون تراکم بالای جمعیت و اتومبیل، دشواری نفوذ به درون بافت به علت عرض کم شبکه معابر، فرسودگی شدید ساختمان ها و قدمت بالای آن ها، استفاده از مصالح غیراستاندارد و نامقاوم در ساخت ابنیه و... به شدت در مقابل زلزله آسیب پذیر می باشد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که بدانیم شهر زنجان علاوه بر واقع شدن بر روی کمربند زلزله خیز آلپ- هیمالیا، به وسیله گسل های فعالی چون گسل سلطانیه، حسن آباد، تیریز و آوج احاطه شده است. لذا ضرورت انجام اقدامات عاجل در زمینه ایمن سازی مسکن و ساختمان ها بیش از پیش احساس می شود.

در این راستا، مقاله حاضر بر آن است تا با پاسخ گویی به سوالات زیر، به تبیین عوامل تأثیرگذار در میزان آسیب پذیری مسکن محدوده ی مورد مطالعه پرداخته و راهکارهایی را در جهت کاهش آن ارائه دهد:

- ۱- کدام عوامل و زمینه ها در آسیب پذیری بافت قدیم شهر زنجان از خطر زلزله نقش دارند؟
- ۲- راهکارهای کاهش میزان آسیب پذیری مسکن محدوده ی مورد مطالعه در برابر خطر زلزله چیست؟

اهداف تحقیق

- ۱- شناسایی میزان آسیب پذیری مسکن بافت قدیم شهر زنجان در برابر خطر زلزله.
- ۲- دستیابی به میزان تأثیر تراکم جمعیتی در آسیب پذیر بودن بافت قدیم شهر زنجان.
- ۳- دستیابی به راهکارهای برنامه ریزی شهری در مواجهه با خطر زلزله.

روش پژوهش

به طور کلی روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر مراحل زیر می باشد:

- الف- مطالعات کتابخانه ای: در این مرحله به بررسی و مطالعه کتاب ها، مقالات، آمارنامه ها، طرح های تحقیقاتی، پایان نامه ها و ... در رابطه با موضوع تحقیق پرداخته شد.
- ب- وزن دهی به معیارها با استفاده از مدل AHP^1 . روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب گزینه را با مشکل مواجه می سازد، مورد استفاده قرار می گیرد. از آن جا که معیارهای مختلفی در آسیب پذیری ساختمان ها مؤثرند، بعد از انتخاب معیارهای مؤثر، جهت ترکیب آن ها با هم به صورت لایه های اطلاعاتی باید به هر یک از لایه ها بر اساس ارزش و اهمیت شان وزن داده شود. در این مدل جهت وزن دهی به معیارها، از اطلاعات زیر استفاده شد:

- برداشت میدانی نگارندگان؛
- نقشه های $\frac{1}{2000}$ شهر زنجان؛
- اطلاعات ممیزی شاخص های قدمت ابنیه، مصالح ساختمانی، کاربری ارضی و ...

پ - تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده: در این مرحله اطلاعات به دست آمده از دو مرحله قبل را در محیط نرم افزار ARC GIS تلفیق کرده و پس از تهیه ی نقشه آسیب پذیری مربوط به هر معیار، با روی هم گذاشتن نقشه های به دست آمده، نقشه نهایی آسیب پذیری محدوده استخراج شد. لازم به ذکر است که در این مقاله معیارهای مصالح ساختمانی، قدمت ابنیه، کیفیت ابنیه، نظام تفکیک قطعات، تراکم ساختمانی، تعداد طبقات، تراکم جمعیت و سازگاری کاربری ها مورد بررسی قرار گرفتند.

1 . Analytical Hierarchy Process.

2 . Over ley.

پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات و پژوهش های زیادی در قالب مقالات علمی، کتاب ها، پایان نامه ها، طرح های کاربردی و ... انجام گرفته است. از جمله:

توکلی ها (۱۹۹۳) در پژوهشی به تعیین آسیب پذیری فیزیکی ساختمان ها در ایران در برابر خطر زلزله پرداخته اند. آن ها خسارات وارده به روستاهای نزدیک رو به مرکز زمین لرزه ۱۹۹۰ منجیل را مطالعه کرده و بر مبنای نتایج به دست آمده به برآورد منحنی های شکست برای سه نوع مختلف ساختمان اقدام کرده اند. مطالعه ی دیگری که در زمینه برآورد آسیب پذیری ساختمان ها انجام گرفته، پروژه شرکت جایکا (JICA^۱) می باشد. در این پروژه آسیب پذیری شهر تهران در جنبه های گوناگون فیزیک، انسانی بر اساس منحنی های شکست تهیه شده توسی توکلی ها انجام گرفته است. احدنژاد روشتی (۱۳۸۸) در مقاله ای با استفاده از دو مدل RISK_UE و AHP آسیب پذیری شهر زنجان در برابر زلزله را مدلسازی نموده و با ارایه سناریوهای زلزله در شدت های مختلف به ارزیابی خسارات انسانی، اقتصادی و اجتماعی پرداخته است. لانتادا و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی ضمن مدلسازی آسیب پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل RISK_UE با به کارگیری مدل های موجود در زمینه ی تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی شهر بارسلون پرداخته اند. علی زنگی آبادی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله ای به آسیب پذیری ساختمان های شهر اصفهان در برابر زلزله به علت تخلفات ساختمانی پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که چون بیشترین تخلفات ساختمانی در مناطق حاشیه ای شهر اصفهان صورت می گیرد، در نتیجه میزان آسیب پذیری ساختمان های این بخش از شهر نسبت به مناطق دیگر بیشتر است. از جمله پایان نامه هایی که در رابطه با موضوع زلزله انجام گرفته اند می توان به پایان نامه فرح حبیب (۱۳۷۲) با عنوان نقش فرم شهر در کاهش خطرات ناشی از زلزله، بهروز جعفری (۱۳۸۴) با عنوان نقش فرم شهری در تحلیل خطر زلزله و مریم نعمتی ثانی (۱۳۸۵) با عنوان آسیب پذیری شهر تهران به منظور کاهش صدمات ناشی از زلزله و ... اشاره کرد.

مبانی نظری تحقیق

وظیفه اصلی علوم مرتبط با شهر و شهرسازی ایجاد محیطی مطلوب برای ساکنین و تأمین رفاه اجتماعی و اقتصادی آنها می باشد و از این رو معیارهایی چون سازگاری کاربری ها، آسایش، کارایی، مطلوبیت، سلامتی، ایمنی در تمام طرح ها و برنامه های شهری ملاک عمل قرار می گیرد (Ziari, 2002: 30). از نظر برنامه ریزی شهری ایمنی شهری می تواند شامل کلیه تمهیدات و اقداماتی باشد که در قالب برنامه های کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت باعث حفظ جان و مال ساکنان شهرها شود. این گونه برنامه ها می تواند به صورت برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، منطقه بندی شهری، مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای بافت های فرسوده و ... را با هدف ایمنی شهری شامل شود (Zangiabadi and et al, 2008: 65). یکی از وجوه بارز مخاطرات طبیعی زلزله می باشد که لرزش زمین در نتیجه ی آزاد شدن ناگهانی انرژی درونی آن اطلاق می شود که می تواند در مناطق آسیب پذیر روستاها و شهرها خسارات جانی و مالی جبران ناپذیری بر جای گذارد. از جمله مناطق آسیب پذیر در برابر خطر زلزله، بافت های فرسوده ی شهرها می باشد که در کشور ما ایران با ۱۷ هزار هکتار بافت فرسوده در شهرها که جمعیتی بالغ بر ۷ میلیون نفر را در خود جای داده است، مسأله وقوع زلزله تهدید جدی و دائمی برای ساکنین این بافت ها می باشد. آسیب پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارات احتمالی بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ابنیه و مناطق جغرافیایی به کار می رود. ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های موجود در واقع یک نوع پیش بینی خسارت دیدگی آن ها در مقابل زلزله های احتمالی می باشد (Zahrave and Ershad, 2005: 287).

تبیین تهدیدهای ناشی از زلزله در شهر زنجان

وقوع زلزله در استان زنجان ارتباط تنگاتنگی با ساختار زمین شناختی و به ویژه گسل های منطقه دارد، زیرا وقوع این پدیده تحت تأثیر حرکات تکتونیکی و گسل هایی است که اغلب آن ها فعال می باشند. از جمله ی مهم ترین گسل های فعالی که در قلمرو استان و شهر زنجان وجود دارد عبارتند از:

(الف) گسل آوج: این گسل با جهتی شمال غربی- جنوب شرقی به موازات گسل زاگرس کشیده شده است.

(ب) گسل تبریز: این گسل از دشت زنجان - ابهر شروع شده و با امتداد شمال غرب تا رشته کوههای شمال تبریز و از آنجا تا شمال غرب آذربایجان و قفقاز ادامه دارد. این گسل از گسل های فعال و جوان کشور محسوب می شود که از نوع راست گرد می باشد و طول جانبی آن از جنوب ابهر تا ارتفاعات آرات ترکیه بیش از ۶۰۰ کیلومتر می باشد. محدوده وسیعی از حریم شهر زنجان تحت استیلای این گسل می باشد.

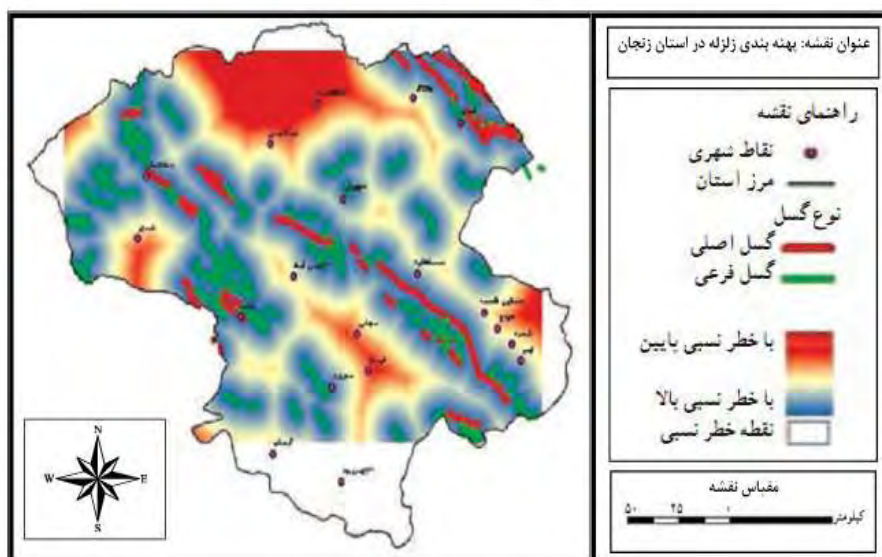
(ج) گسل حسن آباد: این گسل در شمال گسل آوج و به موازات آن قرار دارد. جهت آن شمال غربی- جنوب شرقی بوده و اهمیت کمتری نسبت به گسل آوج دارد. از نظر زمین ساختی این گسل از دوره ی ترشیاری تا حال فعال بوده است. کانون زلزله بوئین زهرا در مرداد سال ۱۳۴۱ بر روی این گسل بوده است.

(د) گسل سلطانیه: این گسل به موازات کوههای سلطانیه و در حاشیه بخش شمالی آن قرار دارد و بعد از دوره پلیوسن فعال گردیده است. جهت این گسل شمال غربی- جنوب شرقی بوده و طول آن بیش از ۱۵۰ کیلومتر می باشد. علاوه بر گسلهای مذکور، حرکات تکتونیکی کوههای سلطانیه و تخت سلیمان نقش عمده ای در وقوع زلزله در این استان دارد به طوری که زلزله های شدید سالهای ۱۱۸۰ ه. ش در سلطانیه و ۱۲۸۵ ه. ش گروس تخت سلیمان تحت تاثیر فعالیت های تکتونیکی ارتفاعات فوق بوده است.

جدول ۱. مشخصات زلزله های به وقوع پیوسته در استان زنجان

شدت ریشتر	طول و عرض جغرافیایی		ساعت			تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
	طول جغرافیایی (درجه و دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه و دقیقه)	ساعت	دقیقه	ثانیه		
۶/۹	۴۸	۳۷ ۲۴	۱۹	—	—	۱۸۴۴/۵/۱۳	۱۲۲۳
۶/۷	۴۷ ۵۹	۳۷ ۴۸	۴	—	—	۱۸۷۹/۳/۲۲	۱۲۵۸
۵/۶	۴۷ ۳۰	۳۶ ۳۰	—	—	—	۱۸۸۰/۷/۴	۱۲۵۹
۵/۶	۴۷	۳۶ ۳۴	۵	۱۸	—	۱۹۰۳/۲/۹	۱۲۸۲
۶/۲	۴۸ ۴۰	۳۷	۶	۱۷	—	۱۹۰۵/۱/۹	۱۲۸۴
۵	۴۸ ۳۰	۳۶ ۳۰	۳	۳۴	۵۰	۱۹۵۱/۶/۵	۱۳۳۰
۵/۵	۴۹	۳۶	۱۶	۱۸	۳۰	۱۹۵۸/۹/۲۱	۱۳۳۷
۵	۴۹ ۴۹	۳۵ ۳۵	۷	۱۲	۴	۱۹۶۲/۹/۲	۱۳۴۱
۴/۶	۴۸ ۹۸	۳۷ ۰۱	۱۷	۱۹	۲۹	۱۹۷۰/۱/۱۹	۱۳۴۹
۴/۱	۴۸ ۸۰	۳۶ ۸۵	۲۰	۱۱	۱۴	۱۹۸۰/۸/۲۷	۱۳۵۹
۵/۶	۴۹ ۱۰	۳۶ ۵۷	۲	۴۱	۱	۱۹۸۳/۷/۲۲	۱۳۶۲
۴/۲	۴۹ ۰۶	۳۶ ۱۰	۱۹	۳۳	۲۵	۱۹۸۶/۸/۱۰	۱۳۶۵
۴/۷	۴۹ ۲۹	۳۶ ۷۴	۲۱	۳۱	۱۲	۱۹۹۰/۶/۲۱	۱۳۶۹
۴/۴	۴۸ ۶۹	۳۶ ۹۰	۱۷	۴۴	۵۷	۱۹۹۰/۷/۲	۱۳۶۹
۳/۹	۴۸ ۵۶	۳۶ ۲۲	۱۱	۵۲	۵۹	۱۹۹۶/۷/۲۷	۱۳۷۵
۴/۵	۴۸ ۷۷	۳۷ ۰۳	۱۷	۲۶	۳۰	۱۹۹۸/۹/۲۸	۱۳۷۸
۳/۷	۴۹ ۳۳	۳۶ ۰۱	۱۳	۱۵	۴۰	۲۰۰۱/۵/۴	۱۳۸۰
۴/۱	۴۸ ۹۸	۳۶ ۳۳	۲۰	۵۷	۱۴	۲۰۰۱/۸/۲۰	۱۳۸۰
۴/۳	۴۸ ۴۱	۳۵ ۸۴	۱۳	۲۱	۱۹	۲۰۰۲/۶/۲۴	۱۳۸۱
۴/۲	۴۸ ۶۲	۳۵ ۷۵	۱۶	۳۴	۲۳	۲۰۰۲/۹/۲	۱۳۸۱

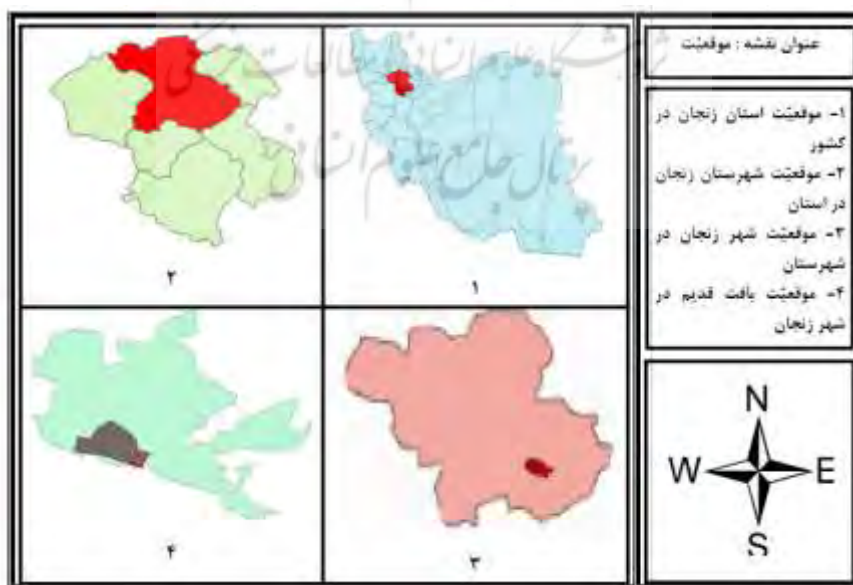
Source: habibi and et al, 2008: 48.



شکل ۱. پهنه بندی زلزله در استان زنجان (Source: Heydari, 2010: 116)

محدوده مورد مطالعه

نواحی پنجگانه مصوب منطقه ی یک شهری زنجان منطبق بر بافت کهن این شهر می باشد. چهار ناحیه ی اصلی منطقه به شکل نیم دایره ای از طرف شمال به خیابان های بعثت و شهدا، از طرف شرق به بلوار کشاورز، از سمت جنوب به کمربند دکتر بهشتی (خیام) و از سمت شرق به ۱۵ خرداد منتهی می گردد. ناحیه پنج منطقه منطبق بر اراضی حفاظت شده جنوبی شهر و ایستگاه راه آهن زنجان می باشد. از آن جا که گستره بافت قدیم شهر شامل این ناحیه نمی شود، لذا در این مقاله بدان پرداخته نشده است. مساحت نواحی چهارگانه ی محدوده مورد مطالعه، حدود ۳۰۳ هکتار و جمعیت آن در سرشماری سال ۱۳۸۵ حدود ۳۲۰۰۰ نفر بوده است که ۹/۱۵ درصد از کل جمعیت ۳۴۹۷۱۳ نفری شهر زنجان را شامل می شود.



شکل ۲. موقعیت عرصه تحقیق (منبع: نگارنده).

شناخت ویژگی های بافت قدیم شهر زنجان از نظر معیارهای موثر در آسیب پذیری

مصالح ساختمانی: قرارگیری کشور ایران بر روی کمربند زلزله، ضرورت بکارگیری مصالحی مقاوم و بادوام را در ساختمان ها آشکار می سازد. بررسی واحدهای ساختمانی بافت قدیم شهر زنجان از نظر مصالح ساختمانی نشان می دهد؛ که فلز، بتن، آجر، آهن، چوب و سنگ عمده ترین مصالح و اسکلت بکار گرفته شده در ساخت آن ها می باشد که در این بین اسکلت فلزی و بتنی بیشتر در ساختمان ها نوساز بکار گرفته شده است. به گونه ای که ۹۰ درصد واحدهای ساختمانی منطقه را آجر - چوب و آجر - آهن تشکیل می دهد. در حالی که تنها حدود ۶ درصد آن دارای اسکلت فلزی و کمتر از ۱ درصد آن نیز بتنی می باشد.

قدمت ابنیه: شاخص قدمت بنا به تنهایی واجد ارزش مثبت یا منفی نمی باشد، زیرا به تنهایی تعیین کننده میزان استحکام بنا نمی باشد، بلکه قدمت بنا از آن جهت اهمیت دارد که نوع مصالح و اسکلت بکار رفته در بنا را تعیین می کند. بررسی واحدهای ساختمانی محدوده ی مورد مطالعه نشان می دهد که ۶۶/۲ درصد واحدهای ساختمانی منطقه مورد مطالعه در دو گروه ۲۰ تا ۳۰ سال (۳۴/۲ درصد) و ۳۰ تا ۵۰ سال (۳۲ درصد) قرار دارد.

کیفیت ابنیه: بررسی کیفیت ابنیه در بافت قدیم شهر زنجان نشان می دهد که حدود ۲۲/۰۱ درصد بناهای منطقه تخریبی، ۵۱/۸۸ درصد قابل نگهداری می باشد. وجود تنها ۷/۲۷ درصد واحد نوساز در منطقه مورد مطالعه، حاکی از آن است که نوسازی بافت قدیم شهر زنجان بسیار کند و بطئی صورت می گیرد.

نظام تفکیک قطعات: از آن جا که ساخت و توسعه بافت قدیم شهرها بدون نقشه و طرحی از قبل اندیشیده شده است، از نظر نظام تفکیک قطعات فاقد هندسه و طرحی استاندارد می باشد، به همین دلیل بی نظمی و اختلاف زیادی بین اندازه قطعات ملاحظه می شود و شواهد حاکی از آن است که بافت قدیم زنجان نیز از این قاعده مستثنا نیست. چرا که بیش از ۶۴ درصد قطعات کمتر از ۲۰۰ مترمربع وسعت دارد. بررسی انجام شده نشان می دهد که ۱۶/۹۷ درصد قطعات کمتر از ۱۰۰ مترمربع، ۱۵/۴ درصد بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ مترمربع، ۳۲/۳۶ درصد بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ مترمربع و فقط ۳۵/۴۳ درصد بیش از ۲۰۰ مترمربع وسعت دارد.

تراکم ساختمانی: بررسی شاخص تراکم ساختمانی در بافت قدیم شهر زنجان نشان می دهد که بیش از ۹۰ درصد تراکم ساختمانی کمتر از ۱۶۰ درصد است. در حالی که کلاس تراکمی بالاتر از ۲۴۰ درصد با ۱/۹ درصد کمترین درصد تراکم ساختمانی را به خود اختصاص می دهد.

تعداد طبقات: بررسی تعداد طبقات واحدهای ساختمانی محدوده ی مورد مطالعه نشان می دهد که حدود ۷۹/۰۷ درصد واحدهای ساختمانی منطقه یک طبقه و ۱۷/۱۷ درصد نیز دو طبقه می باشد. همچنین بررسی موقعیت واحدهای بلندمرتبه نشان می دهد اکثر این واحدها در حاشیه ی معابر اصلی قرار دارد و در درون بافت غلبه با واحدهای یک طبقه می باشد.

تراکم جمعیت: فراشه‌نشینی که در کشورهای جنوب، باعث ایجاد مادرشهرهای ۸، ۱۵ و ۲۶ میلیون نفری می شود، نشان دهنده ی عمق بیماری ساخت های اجتماعی - اقتصادی آن هاست. (شکویی، ۱۳۸۰، ۱). زیرا اقتصاد بیمار این کشورها، فقرای شهری و توده های جمعیت مهاجر را به حاشیه ی اقتصادی و کالبدی شهر می راند و سکونت در مسکن غیراستاندارد و نامقاومی چون بافت های فرسوده را به ایشان تحمیل می کند. یکی از ابعاد بحران هایی چون زلزله تلفات انسانی است که این گونه تلفات به خصوص در مناطقی که از جمعیت زیادی برخوردارند، فاجعه بار خواهد بود. در واقع تراکم جمعیت و آسیب پذیری دارای رابطه ای مستقیم می باشند.

سازگاری کاربری ها: کاربری هایی که در یک منطقه استقرار می یابند، نباید موجب مزاحمت و مانع اجرای فعالیت های دیگر گردند (Poumohammadi, 2006: 110). زیرا همجواری کاربری های ناسازگار علاوه بر مزاحمت هایی که در کارکرد روزمره آن ها ایجاد می کند، در شرایطی خاص و اضطراری همچون زمان وقوع بحران ها و مخاطراتی مثل زلزله، علاوه بر آن که کار امدادرسانی را دشوار می کند، بلکه بر میزان آسیب ها نیز می افزاید. در این مقاله، برای تهیه نقشه

سازگاری کاربری ها، بعد از دسته بندی و امتیاز دهی کاربری های اصلی موجود در محدوده مورد مطالعه و سنجش دو به دوی آن ها با همدیگر، به منظور تهیه نقشه مورد نظر طبق جدول صفحه بعد اولویت بندی شدند.

جدول ۲. ماتریس سازگاری کاربری های بافت قدیم شهر زنجان

کاربری ها	آموزش عالی	آموزشی	اداری	انبار	تأسیسات شهری	تجاری خرد	تجاری عمده	تجهیزات شهری	چهارگویی	حمل و نقل	در دست احداث	درمانی و بهداشتی	زمین خالی	صنایع و کارگاهها	فرهنگی و هنری	فضای سبز	مختلط خدماتی	مختلط مسکونی -	مذهبی	مسکونی	نظامی و انتظامی	ورزشی	شماره
آموزش عالی	۰	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۰	۲	۲	۲	۰	۲	۲	۰	۴۰
آموزشی	۳	۰	۴	۴	۳	۰	۲	۲	۴	۳	۲	۴	۲	۴	۰	۰	۱	۲	۳	۰	۴	۰	۴۸
اداری	۲	۴	۰	۳	۴	۳	۲	۴	۲	۰	۲	۰	۴	۲	۲	۴	۲	۳	۲	۳	۱	۲	۵۱
انبار	۳	۴	۳	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۰	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵۹
تأسیسات شهری	۳	۲	۴	۱	۰	۳	۳	۰	۲	۲	۲	۴	۲	۰	۴	۴	۳	۳	۴	۳	۳	۴	۵۸
تجاری خرد	۲	۰	۳	۱	۳	۰	۰	۲	۰	۳	۲	۲	۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۲۸
تجاری عمده	۲	۲	۲	۱	۳	۰	۰	۲	۰	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۰	۱	۲	۱	۱	۲	۳۷
تجهیزات شهری	۳	۳	۴	۲	۰	۲	۲	۰	۳	۲	۲	۰	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۰	۲۸
چهارگویی	۲	۴	۲	۴	۲	۰	۰	۲	۰	۱	۲	۱	۲	۴	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۳۳
حمل و نقل	۳	۳	۰	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۰	۲	۲	۲	۴	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۵۶
در دست احداث	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۰	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴۲
درمانی و بهداشتی	۲	۴	۰	۴	۴	۳	۴	۲	۱	۴	۲	۰	۲	۴	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۴۸
زمین خالی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴۲
صنایع و کارگاهها	۳	۴	۴	۴	۰	۰	۰	۳	۴	۴	۲	۴	۲	۰	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۶۳
فرهنگی و هنری	۰	۰	۲	۲	۴	۱	۲	۲	۱	۴	۲	۲	۲	۴	۰	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴۶
فضای سبز	۰	۰	۴	۴	۰	۰	۰	۲	۰	۴	۲	۳	۲	۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴	۴۳
مختلط خدماتی	۲	۱	۲	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۰	۰	۰	۲	۳	۳	۳	۳۶
مختلط مسکونی - خدماتی	۲	۲	۳	۳	۴	۰	۰	۱	۰	۲	۲	۲	۲	۴	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳۷
مذهبی	۰	۳	۲	۲	۴	۰	۰	۲	۲	۴	۲	۳	۲	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴۸
مسکونی	۲	۰	۳	۳	۴	۱	۰	۲	۰	۰	۲	۲	۲	۴	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳۵
نظامی و انتظامی	۲	۴	۱	۴	۳	۳	۳	۲	۰	۴	۲	۰	۲	۴	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۱	۴۶
ورزشی	۴	۰	۲	۲	۴	۳	۳	۲	۱	۴	۲	۲	۲	۴	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۰	۴۸
جمع	۰	۸	۱	۹	۵	۵	۷	۳	۳	۶	۲	۸	۴	۳	۶	۳	۶	۷	۸	۸	۶	۸	

Source: habibi, 2006: 175.

پس از اولویت بندی کاربری ها، در محیط نرم افزار ArcGIS به ترتیب همسایگی کاربری های دارای اولویت بالاتر توسط مِند Select By Location مشخص می شوند و با توجه به درجه ی ناسازگاری با کاربری های دیگر، به کاربری های دارای اولویت پایین تر امتیازی را طبق جدول بالا اختصاص می دهند که نشان دهنده میزان این ناسازگاری است. در پایان کاربری هایی که بیشترین امتیاز را دریافت می کنند نشان دهنده ی بیشترین ناسازگاری با کاربری های اطراف بوده و در اولویت اول تغییر کاربری هستند.



شکل ۳. سازگاری کاربری ها (Source: Ibid, 174)

تجزیه و تحلیل احتمال آسیب پذیری بافت قدیم شهر زنجان از خطر زلزله برای تهیه نقشه ی آسیب پذیری محدوده مورد مطالعه، هر کدام از معیارهای موثر، به ۵ زیرمعیار خیلی کم (۲)، کم (۳)، متوسط (۵)، زیاد (۷) و خیلی زیاد (۹) طبقه بندی شدند.

جدول ۳. ماتریس معیارها و زیر معیارها و کدبندی آن ها براساس احتمال آسیب پذیری

شاخص	محدوده ی شاخص	وزن	شدت آسیب پذیری	تعداد (درصد)	مساحت (درصد)
تراکم جمعیت	کمتر از ۲۰۰ نفر در هکتار	۲	خیلی کم	۶۷	۶۴/۴۳
	۲۰۰ - ۴۰۰ نفر در هکتار	۳	کم	۲۴/۶	۳۱/۳۶
	۴۰۰ تا ۷۰۰ نفر در هکتار	۵	متوسط	۶/۸	۴/۰۲
	۷۰۰ - ۹۰۰ نفر در هکتار	۷	زیاد	۰/۷۵	۰/۰۸
	بیش از ۹۰۰ نفر در هکتار	۹	خیلی زیاد	۰/۷۵	۰/۰۷
قدمت بنا	کمتر از ۱۰ سال	۲	خیلی کم	۹/۳۸	۱۱/۹
	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۳	کم	۱۱/۴	۱۲/۲
	بین ۲۰ تا ۳۰ سال	۵	متوسط	۳۴/۲	۳۳/۳
	بین ۳۰ تا ۵۰ سال	۷	زیاد	۳۱/۹۵	۲۸/۵
	بیش از ۵۰ سال	۹	خیلی زیاد	۱۳/۰۴	۱۴/۱
نظام تفکیک قطعات	بیش از ۳۰۰ مترمربع	۲	خیلی کم	۱۳/۴	۴۹/۸
	۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع	۳	کم	۱۴/۸	۱۸/۹
	۱۵۰ - ۲۰۰ مترمربع	۵	متوسط	۱۲/۹	۱۱/۸
	۱۰۰ - ۱۵۰ مترمربع	۷	زیاد	۱۵/۵	۱۰/۱
	۱۰۰ - ۰ مترمربع	۹	خیلی زیاد	۴۳/۴	۹/۴
تراکم ساختمانی	۸۰ - ۰ درصد	۲	خیلی کم	۴۷/۵	۶۸/۷
	۱۶۰ - ۸۰ درصد	۳	کم	۴۳/۲	۲۳
	۲۴۰ - ۱۶۰ درصد	۵	متوسط	۷/۴	۵/۸
	۳۲۰ - ۲۴۰ درصد	۷	زیاد	۱/۵	۱/۸
	بیش از ۳۲۰ درصد	۹	خیلی زیاد	۰/۴	۰/۷

شاخص	محدوده ی شاخص	وزن	شدت آسیب پذیری	تعداد (درصد)	مساحت (درصد)
مصالح ساختمانی	اسکلت آهنی	۲	خیلی کم	۶/۷	۱۰/۵
	بتنی	۳	کم	۰/۷۵	۱/۳
	آجر و آهن	۵	متوسط	۴۸/۴۱	۵۰/۵
	آجر و خشت و چوب	۷	زیاد	۴۳/۵۴	۳۶/۷
	خشت و چوب	۹	خیلی زیاد	۰/۵۷	۱
کیفیت بنا	نوساز	۲	خیلی کم	۷/۲۷	۸/۸
	قابل نگهداری	۳	کم	۵۱/۸۸	۵۴/۴
	مرمتی	۵	متوسط	۱۷/۴	۱۹/۵
	تخریبی	۷	زیاد	۲۲/۰۱	۱۵/۶
	مخروبه	۹	خیلی زیاد	۱/۴۲	۲/۵
تعداد طبقات	یک طبقه	۲	خیلی کم	۷۹/۰۷	۶۹/۹
	دو طبقه	۳	کم	۱۷/۱۷	۲۴/۲
	سه طبقه	۵	متوسط	۲/۶۶	۳/۷
	چهار طبقه	۷	زیاد	۰/۸۵	۱/۶
	پنج طبقه و بیشتر	۹	خیلی زیاد	۰/۳۳	۰/۶

Source: writers (obtained in this study).

پس از تهیه ماتریس احتمال آسیب پذیری، به هر یک از معیارها با توجه به اهمیت شان امتیاز داده شد و پس از تهیه نقشه مربوط به هر کدام از معیارهای مورد بررسی، با توجه به امتیاز داده شده به هر لایه، نقشه ی نهایی آسیب پذیری بافت قدیم شهر زنجان استخراج شد.

جدول ۴. رتبه بندی و وزن دهی به عوامل موثر بر میزان آسیب پذیری در هنگام زلزله

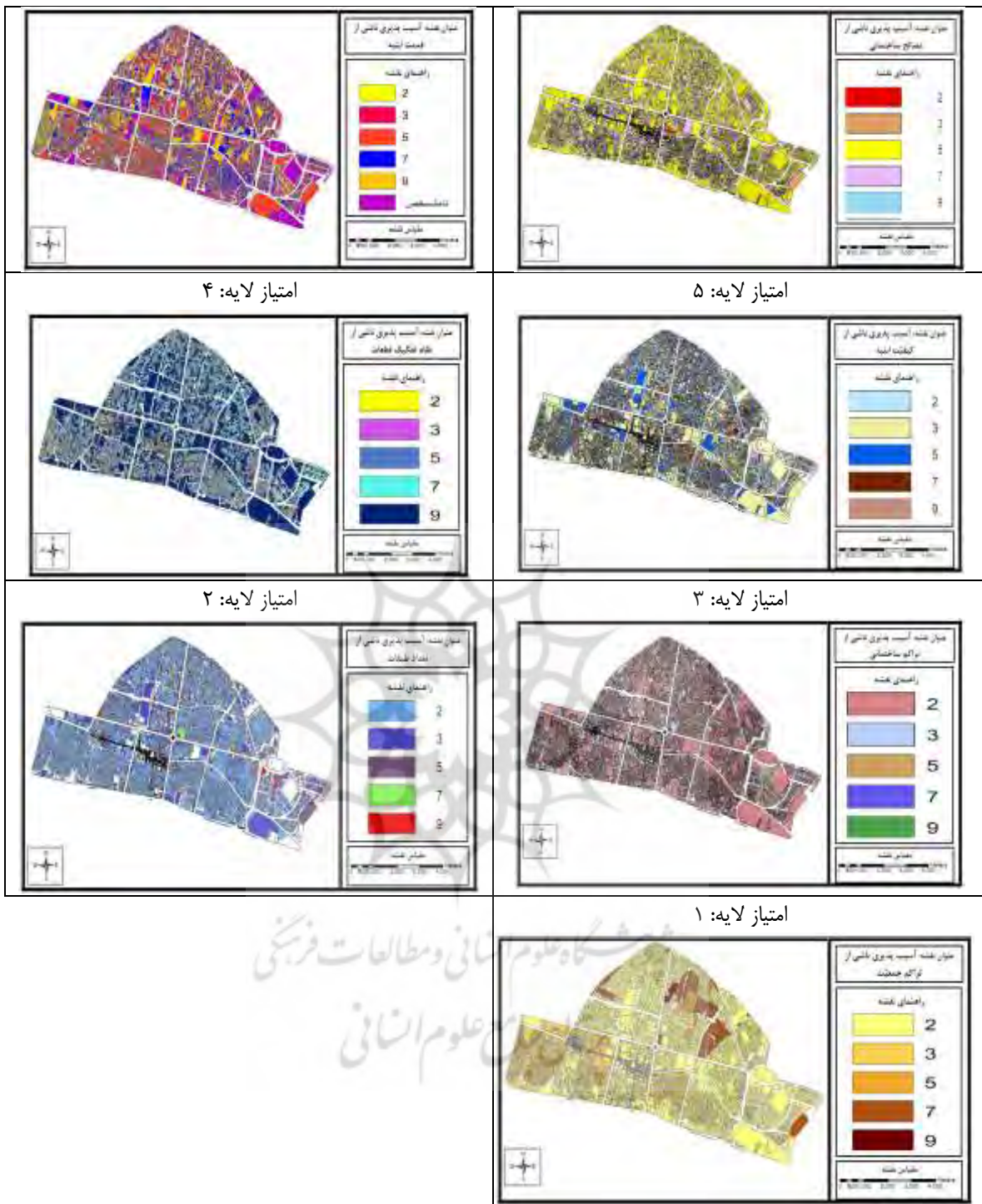
رتبه	عوامل موثر بر میزان آسیب پذیری	امتیاز	رتبه	عوامل موثر بر میزان آسیب پذیری	امتیاز
۱	مصالح ساختمانی	۷	۵	تراکم ساختمانی	۳
۲	قدمت ابنیه	۶	۶	تعداد طبقات	۲
۳	کیفیت ابنیه	۵	۷	تراکم جمعیت	۱
۴	نظام تفکیک قطعات	۴			

Source: ibid.

نتایج به دست آمده از بررسی میزان احتمال آسیب پذیری ساختمان های بافت قدیم شهر زنجان نشان داد که از نظر سازگاری کاربری ها، بیشتر کاربری های ناسازگار در ناحیه یک و بیشتر کاربری های سازگار در ناحیه سه قرار دارد. وجود کاربری های ناسازگاری همچون قبرستان های بالا و پایین در خیابان های توحید و امام، کارگاه های تعمیر اتومبیل و صافکاری ها در خیابان های توحید و صدرجهان، آهن فروشی های خیابان خیام که اغلب جاذب ترافیک می باشند، احتمال آسیب پذیری ناشی از زلزله در محدوده مورد مطالعه را افزایش می دهد. از نظر تراکم جمعیت حدود ۹۵/۷۹ درصد از مساحت محدوده ی مورد مطالعه، تراکمی کمتر از ۴۰۰ نفر در هکتار دارد که طبق آیین نامه ی ۲۸۰۰ زلزله (طرح جایکا)، از نظر شدت آسیب پذیری در محدوده خیلی کم و کم قرار می گیرند و طبق همین آیین نامه، فقط ۰/۱۵ از مساحت بافت قدیم شهر زنجان در حد آسیب پذیری با شدت زیاد و خیلی زیاد قرار می گیرند. ولی با این حال آن چه در زمینه ی تراکم جمعیت در این بخش از شهر نگران کننده می نماید، تراکم بالای جمعیت در طول روز به دلیل مرکزیت تجاری و اقتصادی آن می باشد. چرا که در صورت وقوع مخاطراتی چون زلزله، علاوه بر آن که آمار کشته ها و مصدومین را افزایش می دهد، بلکه کار امداد رسانی را دشوار خواهد کرد. یکی از ویژگی های عمده ی بافت قدیم شهر زنجان قدمت و عمر بالای

ساختمان های آن می باشد. کلاس بندی انجام شده در مورد قدمت ابنیه از نظر احتمال آسیب پذیری نشان می دهد که بیش از ۴۴ درصد واحدهای ساختمانی منطقه در محدوده ی آسیب پذیری با شدت زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. با احتساب واحدهای دارای احتمال آسیب پذیری متوسط (۳۴/۲ درصد)، ۷۸/۲ درصد واحدهای ساختمانی محدوده ی مورد دارای احتمال آسیب پذیری متوسط به بالا خواهند بود. پرواضح است که در صورت وقوع زلزله، خسارات جانی و مالی زیادی ساکنین را تهدید می کند. مطالعه نظام تفکیک قطعات ساختمانی بافت قدیم شهر زنجان از نظر میزان احتمال آسیب پذیری نشان می دهد که ۵۸/۹ درصد از واحدهای ساختمانی در کلاس آسیب پذیری با احتمال خیلی زیاد و زیاد، ۱۲/۹ درصد از واحدها در کلاس متوسط و فقط ۲۸/۲ درصد در کلاس کم و خیلی کم قرار می گیرد. از نظر تراکم ساختمانی بیش از ۹۰ درصد در کلاس با آسیب پذیری کم و خیلی کم و فقط ۱/۹ در کلاس خیلی زیاد و زیاد قرار دارد. یکی از مهم ترین معیارهایی که در افزایش احتمال آسیب پذیری ساختمان ها از خطر زلزله نقش دارد، نوع اسکلت و مصالحی می باشد که در ساخت و سازها استفاده می شود. از این نظر، بیش از ۴۴ درصد واحدهای ساختمانی محدوده مورد مطالعه دارای آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد و حدود ۴۸ درصد متوسط و فقط ۷/۴۵ درصد در محدوده با آسیب پذیری کم و خیلی کم قرار می گیرند. امروزه بسیاری از کشورها به منظور کاهش میزان خسارات ناشی از فرسودگی و قدمت بالای ساختمان ها در برابر مخاطراتی چون زلزله، سعی در بهسازی و نوسازی این ابنیه موجود در این بافت ها می نمایند. بررسی انجام شده در این مقاله نشان می دهد که متأسفانه روند نوسازی در بافت قدیم شهر زنجان بسیار کند و بطئی می باشد. چرا که تنها ۷/۲۷ درصد ابنیه آن نوساز بوده و در محدوده ی با آسیب پذیری خیلی کم قرار می گیرد. در حالی که ۳۳/۴۳ درصد واحدهای منطقه مورد مطالعه از نوع تخریبی و مخروبه بوده و در کلاس با آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار می گیرد. درصد پایین میزان نوسازی را می توان از میزان بالای واحدهای یک طبقه (۷۹/۰۷ درصد) نیز درک کرد. چرا که ساخت بناهای بلندمرتبه پدیده ای است که در دهه های اخیر رایج شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴. آسیب پذیری ناشی از معیارهای مورد سنجش (Source: ibid)

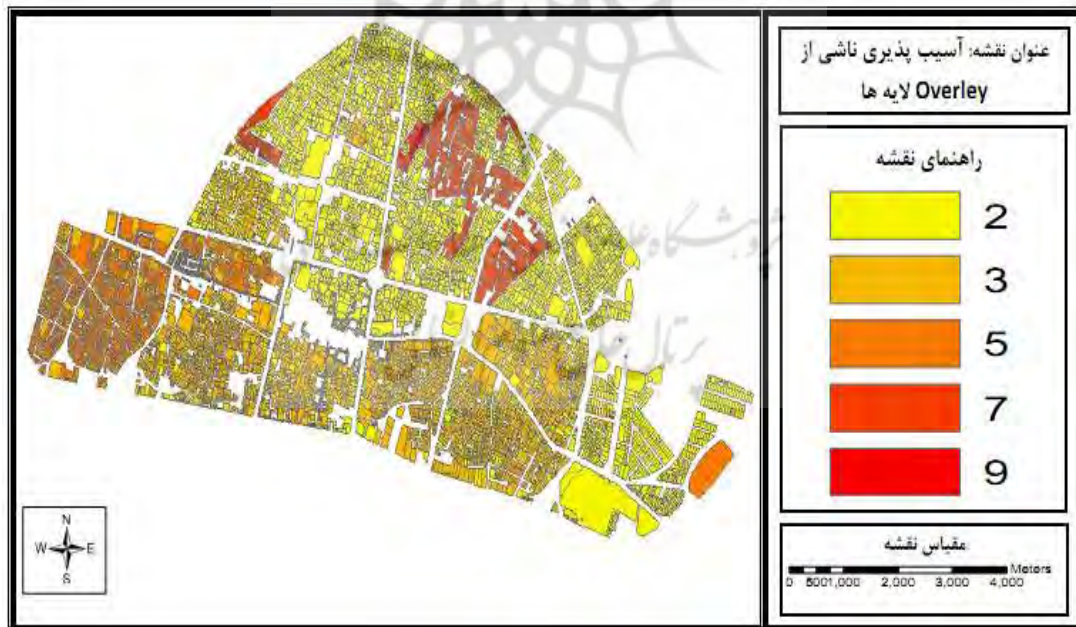
نتیجه گیری

کشور ایران به دلیل قرارگیری بر روی کمربند زلزله آلپ - هیمالیا، جزء نقاط بحرانی و حادثه خیز جهان محسوب می شود. شاید تا چند سال پیش ضرورت بهسازی و نوسازی بافت های قدیم شهرها چندان احساس نمی شد، ولی وقوع زلزله های بم، طبس، بلده، بروجرد، رودبار و منجیل، بویین زهرا، طارم و اخیراً آذربایجان شرقی با آمار بالای تلفات انسانی، ضرورت مداخله در این بافت ها به منظور مقاوم سازی و نوسازی این سکونتگاه ها را آشکار ساخت. لذا در این مقاله سعی شد با بررسی شاخص ها و معیارهای مؤثر بر آسیب پذیری بناها و ابنیه موجود در بافت قدیم شهر زنجان، میزان آسیب پذیری این بخش از شهر تعیین شود تا بر اساس آن برنامه های لازم را جهت پیشگیری از وقوع فجایع انسانی در زمان وقوع زلزله تهیه نمود. بررسی انجام شده از نظر شدت آسیب پذیری نشان می دهد که حدود ۵۹/۰۴ درصد محدوده مورد مطالعه دارای آسیب پذیری با شدت خیلی کم، ۱۶/۲۲ درصد در کلاس کم، ۱۵/۱ در کلاس متوسط، ۷/۹ درصد در کلاس زیاد و ۱/۶۷ درصد نیز دارای آسیب پذیری با شدت زیاد می باشد. مقایسه نواحی چهارگانه نیز نشان می دهد که ناحیه سه از آسیب پذیرترین و ناحیه دو دارای کمترین میزان احتمال آسیب پذیری نسبت به دیگر نواحی می باشد.

جدول ۵. شدت آسیب پذیری نواحی بافت قدیم شهر زنجان

شدت آسیب پذیری	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ناحیه یک	۷/۳۵	۴۳/۸	۵۲/۰۶	۱/۸۴	۰/۸۳
ناحیه دو	۸۴/۶۲	۶/۳۷	۲/۸۴	۴/۶۱	۱/۵۶
ناحیه سه	۶۴/۶۸	۳/۰۷	۳/۲۹	۲۴/۹۳	۴/۰۳
ناحیه چهار	۸۳/۰۲	۱۲/۶۲	۳/۱۳	۰/۸۴	۰/۳۹
مجموع (بافت قدیم)	۵۹/۰۴	۱۶/۲۲	۱۵/۱	۷/۹	۱/۶۷

Source: ibid.



شکل ۵. آسیب پذیری حاصل از بر روی هم گذاشتن معیارهای مورد مطالعه (Source: ibid)

نگارندگان بر این باورند که کاربست راهکارهای زیر می تواند تا حدودی به افزایش ایمنی ناشی از آسیب پذیری بافت قدیم شهر زنجان از خطر زلزله موثر واقع شود:

- انتقال کاربری های ناسازگار به بیرون از بافت؛
- ترغیب و تشویق مردم به نوسازی و مقاوم سازی ابنیه ی موجود در بافت از طریق اعطای تسهیلات مالی و اجرایی با رعایت حریم آثار و ابنیه باارزش تاریخی؛
- تعریض معابر و شریان های تنگ و پریپیچ و خم که مانعی عمده در زمینه امداد رسانی می باشد.
- تعبیه ی فضاهای باز و مناسب در نقاط مختلف بافت؛
- آموزش عمومی ساکنین از طریق رسانه ها و مطبوعات.
- تسهیل و روان سازی ترافیک محدوده و حوزه فرآگیر آن.
- ایجاد ارزش افزوده و توجیه اقتصادی برای جلب سرمایه های مردمی در جهت نوسازی بافت و اجرای طرح.
- احداث یک شریان اصلی سواره جهت احیا بخش های محاصره شده ی بافت.
- تجمع و نوسازی بافت حاشیه این محور با استفاده از امکان تراکم تشویقی طرح بالادست جهت ساخت و ساز در ارتفاع و آزاد سازی زمین برای ایجاد فضای سبز و تنفس گاه شهری.
- ایجاد و احداث پارکینگ.
- جلوگیری از پارک اتومبیل ها در حواشی معابر به منظور تسهیل جریان ترافیک.
- مقاوم سازی و استانداردسازی مصالح به کار رفته در بناهای فرسوده.

منابع

۱. بحرینی، حسین، رضا اشراق جهرمی، امیر کریمی، مجید دواچی لنگرودی، اسماعیل صالحی، مهدی ابراهیم پورتوانا و حسنقلی قلیچ خانی، (۱۳۷۵). برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز نمونه شهرهای منجیل، لوشان و رودبار. انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
۲. پورمحمدی، محمدرضا (۱۳۸۵). برنامه ریزی کاربری اراضی شهری. انتشارات سمت. چاپ دوم.
۳. حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵). توسعه کالبدی و حفظ و بهسازی و نوسازی بافت های کهن شهری با استفاده از GIS. رساله دکتری. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.
۴. حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد و مشکینی، ابوالفضل (۱۳۸۷). از زنگان تا زنجان. انتشارات دانشگاه زنجان.
۵. حبیبی، کیومرث، احمد پوراحمد، ابوالفضل مشکینی، علی عسگری، و سعید نظری عدلی، (۱۳۸۷). تعیین عوامل سازه ای/ ساختمانی مؤثر در آسیب پذیری بافت های کهن شهری زنجان با استفاده از FUZZY LOGIC & GIS. نشریه ی هنرهای زیبا. شماره ۳۳. دانشگاه تهران.
۶. حیدری، محمدجواد (۱۳۸۹). ارزیابی راهبردهای نوسازی و بهسازی بافت های کهن شهری (مطالعه ی موردی: بخش مرکزی شهر زنجان). پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه تبریز.
۷. خوش رفتار، رضا (۱۳۸۸). گردشگری زمین شناسی در استان زنجان. فصلنامه علوم زمین. سال هجدهم. شماره ی ۷۲. صص ۹۷ - ۱۰۲.
۸. رنجبر، محسن، مهدی اشراقی و قاضی ایرانمش، (۱۳۸۵). تهیه الگوی پایگاه اطلاعات مکانی به منظور مکانیابی محل های استقرار موقت جمعیت های آسیب دیده ی ناشی از زلزله، اولین همایش مقابله با سوانح طبیعی، پردیس فنی دانشگاه تهران.
۹. زنگی آبادی، علی، جمال محمدی، همایون صفایی و صفر قائدی رحمتی، (۱۳۸۷). تحلیل شاخص های آسیب پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان). فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ی ۱۲. صص ۷۹ - ۶۱.
۱۰. زهرایی، سیدمهدی و لیلی ارشادی، (۱۳۸۴). بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر قزوین. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران. جلد ۳۹. انتشارات دانشگاه تهران.
۱۱. زیاری، کرامت اله (۱۳۸۱). برنامه ریزی کاربری اراضی شهری. انتشارات دانشگاه یزد. چاپ دوم.

۱۲. شکویی، حسین (۱۳۸۰). دیدگاه های نو در جغرافیای شهری. انتشارات سمت. چاپ پنجم.
۱۳. کریمی صالح، محمدجعفر (۱۳۸۵). برنامه ریزی شهری مقابله با سوانح طبیعی. اولین همایش مقابله با سوانح طبیعی. دانشکده فنی دانشگاه تهران.
۱۴. ملکی، امجد (۱۳۸۶). بهینه بندی خطر زمین لرزه و اولویت بندی بهسازی مسکن در استان کردستان. فصلنامه پژوهش های جغرافیایی. شماره ۵۹. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

15. Ghafory – Ashtiany, M (1999). "Rescue operation and Reconstructions in Iran". Disaster Prevention and Management. Volume 8. Number 1. MCB University. ISSN 0965 – 3562.
16. UNDP (2004). Reducing Disaster Risk, A challenge for Development.

