ارزیابی عوامل درونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان های شهری در برابر زلزله با استفاده از GIS(نمونه موردی :بافت قدیم شهر خوی)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۱/۰۵/۱۴

محسن احدنژاد روشتی* (استادیار گروه جغرافیای دانشگاه زنجان)
شهناز جلیل پور(کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه زنجان)

چکیده

بافت قدیم شهر خوی منطبق بر هسته‌های تاریخی و مرکزی شهر است. وجود عناصر شهری بازار سنتی، مسجد جامع و... از مهم ترین عوامل هویت‌بخش تاریخی و فرهنگی این منطقه می‌باشد. امروزه این بافت تاریخی با مشکلات کلانی چون استفاده از مصالح بنایی نا مقاوم،عدم امکان نفوذپذیری به داخل بافت ارگانیک، بدنه‌های فرسوده و کیفیت ضعیف ابنیه، ریزدانگی و... مواجه است. با توجه به زلزله‌های شهرهایی چون بم نشان می‌دهد که تلفات انسانی و آسیب‌های کالبدی در بافت‌های قدیم بیش تر از سایر مناطق شهری است. لذا پهنه-بندی آسیب‌پذیری این ناحیه از شهر، باعث شناسایی نیازها و اقدام برای تأمین آن‌ها پیش از وقوع سانحه خواهد شد، در این پژوهش بافت قدیم شهر خوی (ناحیه ۱) را از نظر عوامل درونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله با توجه به شاخص هایی چون نوع مصالح، قدمت ساختمان، عمر ساختمان، تعداد طبقات، نوع کاربری، سطح اشغال بنا، مساحت قطعات، وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک، تعداد همسایگی قطعات، نوع خاک، شیب و شکل قطعه با روش AHP در محیط Arc/GIS مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان می‌دهد که ۳۹/. درصد از ساختمان ها دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۱۹/۶۶ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۷۳/۳۳ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۶/۶۱ درصد دارای آسیب‌پذیری کم تری می‌باشند.

واژه های کلیدی:

آسیب‌پذیری- بافت قدیم – ساختمان شهری- زلزله- خوی

* نویسنده رابط: ahadnejad@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

۱–مقدمه

بررسی‌ها نشان می‌دهد که طبق گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵.۵ ریشتری و دارای یکی از بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته‌شده را در اثر این سانحه داشته، بر اساس همین گزارش در کشور ایران زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا می‌باشد.(UNDP 2004: 35)

زلزله‌های اخیر شاخصی از میزان آسیب‌پذیر بودن ایران در مناطق شهری و روستایی است زلزله‌های بویین‌زهرا (۱۳۴۱)، رودبار (۱۳۶۹) و بم (۱۳۸۲) هر کدام هزاران کشته بر جای گذاشتند. تنها نتیجه آخرین این موارد یعنی زلزله بم، بیش از ۳۰۰۰۰ کشته، بیش از ۱۰۰۰۰ زخمی، بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان و تخریب بیش از ۸۰ درصد از شهر به انضمام از بین رفتن تمام زیرساخت‌های اجتماعی بود که چیزی بیش از ۸۰۰ میلیون دلار خسارت به بار آورد(National report of the Islamic of Iran on disaster reduction,2005: 8) درحالی‌که ۴ روز بعد از زلزله بم زلزله‌ای با مقیاس مشابه در شهر سن روبلز ایالت کالیفرنیا اتفاق می‌افتد که تنها دو کشته بر جای می‌گذارد(UN/ISDR,2005:1) به نظر می‌رسد انجام برنامه-ریزی خاص جهت مصون‌سازی هر چه بیش تر فضاهای شهری ضرورت دارد. شهرها با دلیل تمرکز جمعیت و سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی فراوان به شدت آسیب می‌بینند و این فضاها از آغاز تشکیل خود فرم و ساختار خاصی جهت توسعه انتخاب نموده و در گذر زمان نیز گسترش‌یافته‌اند. دانش شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌توانند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این‌گونه بلایا را تا حدود زیادی تقلیل دهد و مدیران شهری می‌توانند با استفاده از این داده‌ها، اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر این حوادث را به اجرا درآورند (وزارت کشور،۱۳۸۳: ۱۶).

می‌توان گفت آنچه موجب افزایش تلفات در زلزله می‌شود، زلزله نیست بلکه ساختمان های غیر مقاوم یا کم مقاومی است که در اثر غفلت‌ها، ندانم‌کاری‌ها، عدم احساس مسئوولیت در انجام وظایف توسط متصدیان ساخت‌وساز اعم از قانون‌گذاران، تدوین‌کنندگان آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و ضوابط شهری و شهرسازی، طراحان و مالکان است که متناسب با مشارکت خود در ساخت‌وساز غیراصولی، باعث بروز چنین فجایعی می‌شوند. تجربه نشان داده که در کشورهایی که با این پدیده درگیر هستند تا حدود زیادی عامل تخریب زلزله‌ها را کم کرده و شهرهای خود را بر اساس اصول صحیح مهندسی بنا نهاده و هیچ واهمه‌ای از وقوع

Archive of SID

www.SID.ir

زمین‌لرزه ندارند (مهدیان،۱۳۸۱:۹). نمونه بارز این کشورها ژاپن است که سالانه چندین مورد زلزله با بیش از هفت ریشتر در نقاط مختلف آن به وقوع می‌پیوندد که در اثر این زلزله‌ها تعداد سازه‌ها و افرادی که دچار آسیب‌پذیری می‌شوند، بسیار جزئی و اندک بوده و با توجه به زیرساخت‌های مناسب شهری، سبب ایجاد بحران و اختلال در سیستم‌های شهری نمی‌شوند (Yamazaki,2005:5).

خوی بر روی نوار زلزله‌خیزی قرار دارد که از مرز ترکیه وارد ایران گردیده و پس از عبور از خوی و تبریز به زنجان و بعد البرز مرکزی و تهران می‌رسد و از آنجا به سمت گرگان و سرخس تغییر مسیر می‌دهد. نقشه‌های پهنه بندی زلزله نیز نشان می‌دهد که شهر خوی با خطر بالای زلزله قرار دارد، با توجه به زلزله‌خیز بودن منطقه و قدمت و سابقه شهرنشینی در بافت قدیم، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت قدیم شهر خوی در اولویت قرار می‌گیرد.

۲- سؤال‌های تحقیق

۲-۱- آیا می‌توان با استفاده از مدل AHP عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ساختمان های شهری در برابر زلزله را مورد ارزیابی قرارداد؟

۲-۲- آیا بافت قدیم شهر خوی در برابر زلزله از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار است؟

۳- پیشینه تحقیق

در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، پژوهش‌های چندی در سطح جهانی و داخلی صورت پذیرفته است. که در اینجا به بعضی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

آقا طاهر، رضا و همکاران (۱۳۸۵) وزن دهی فاکتورهای موثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران. احدنژاد و همکاران (۱۳۸۶)، ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. عزیزی، محمد مهدی و اکبری، رضا (۱۳۸۷) ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. سیلاوی، طلوع و همکاران (۱۳۸۴) تهیه نقشه آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر ریاضیات بازه‌ها و سیستم‌های اطلاعات مکانی.

Archive of SID

www.SID.ir

احدنژاد روشتی (۱۳۸۸) در رساله‌ی دکتری خود تحت عنوان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با به‌کارگیری مدل(RISK-UE) و روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP) و بومی‌سازی آن ها با استفاده از توابع آسیب‌پذیری زلزله‌های رخ داده در مناطق مختلف کشور به مطالعه آسیب‌پذیری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته و برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری شهر زنجان با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی اجزا و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی و تعیین تأثیر هر کدام از معیارهای بکار گرفته در میزان آسیب را انجام داده است. همچنین ایشان با استفاده از امکانات تحلیلی و نمایشی سیستم های اطلاعات جغرافیایی و ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف آن به مدل‌سازی و ریزپهنه‌بندی آسیب وارده به ساختمان ها، تلفات انسانی و خسارات اقتصادی به ساختمان های شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته است.

BoteroFernandex(2009)در رساله‌ی دکتری خود تحت عنوان «اطلاعات جغرافیایی برای اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله» به ارزیابی نقش اطلاعات و داده‌های جغرافیایی در مطالعات مربوط به اندازه‌گیری آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله اشاره نمود و با توجه به زیر ساختار داده‌های مکانی به پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدیلین واقع در کشور کلمبیا پرداخته است.

Martineli(2008) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان ها و ارائه‌ی سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا، ابتدا با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری از جمله مدلRisk-UE میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و در نهایت با ارائه‌ی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته است.

۴ – مواد و روش‌ها

۴–۱– داده و انواع آن در انجام این پژوهش

نوع تحقیق در این مطالعه کاربردی و روش پـژوهش معیـاری- تحلیلـی مـی‌باشـد. روش به‌کار رفته سعی در کشف روابـط علـی و معلـولی موضـوع مـورد مطالعـه بـوده بـا بـه‌کـارگیری روش‌های کمی و کیفی و تحلیل روابط حاکم بر آن‌ها سعی در اثبات فرضـیات مـورد نظـر دارد. گردآوری داده‌ها برای این تحقیق عمدتاً بر پایه مشاهدات میدانی شامل برداشت خصایص مـورد نظر در مورد ویژگی‌های ساختمانی و کالبدی شهر و بـه صـورت کتابخانـه‌ای شـامل اسـتفاده از

Archive of SID

www.SID.ir

نقشه‌های ۱:۵۰۰۰ شهری و تصاویر ماهواره‌ای برای بهنگام سازی نقشه‌ها، مدل رقومی ارتفاع از شهر[1]. استفاده از آمار و اطلاعات موجود از شهرداری خوی که با مراجعه به پروانه‌های ساختمانی شهرداری صورت گرفته است.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از نظر ساختاری به دو صورت داده‌های مکانی و داده‌های غیر مکانی یا توصیفی به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

الف) داده‌های مکانی (داده‌های گرافیکی)

به طور کلی داده‌ها در (GIS) به دو دسته داده‌های مکانی و داده‌های توصیفی تقسیم می‌شوند. داده‌های مکانی به داده‌هایی که مختصات زمینی عوارض را در برمی‌گیرند و موقعیت مکانی پدیده‌ها را نشان می‌دهند، اطلاق می‌شود این داده در دو مدل رستری و برداری قابل نمایش و استفاده هستند.

داده‌های گرافیکی مورد استفاده در این مقاله شامل نقشه ۱:۵۰۰۰ ناحیه ۱ شهر خوی، توزیع مکانی کاربری‌ها به سه صورت خط و نقطه و سطح، نقشه زمین‌شناسی منطقه، نقشه شیب محدوده.

ب) داده‌های توصیفی (غیرگرافیکی)

داده‌های توصیفی عبارت است از اطلاعاتی که در پایگاه داده‌ها ثبت می‌شود و عوارض زمین را توصیف می‌کند؛ مانند موقعیت عوارض مکانی، توپولوژی و هندسه، طول راه ها و شکل و مساحت عوارض. (جهانی و مسگری، ۲۳:۱۳۸۰)

داده‌های توصیفی مورد استفاده در این مقاله شامل اطلاعات مربوط به بلوک‌های آماری بر اساس آمار سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵، نوع کاربری اراضی، نوع مصالح و قدمت از بانک اطلاعات شهرداری خوی، تراکم جمعیت، کیفیت ساختمان، طبقات ساختمان، وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک، شکل قطعه، تعداد همسایگی هر ساختمان، مساحت قطعات و سایر داده‌های توصیفی گردآوری‌شده برای تهیه نقشه‌های موضوعی

۲-۴- روش تحلیل سلسله مراتبی[2](AHP)

برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله تاکنون روش‌های مختلفی به کار گرفته‌شده یکی از روش‌هایی که در این پژوهش برای ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی بافت قدیم

[1]-Digital Elevation Model(DEM)
[2]-Analytic Hierarchy Process(AHP)

Archive of SID

www.SID.ir

شهر خوی مورد استفاده قرار گرفته است، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (زبردست،۱۳۸۰: ۱).

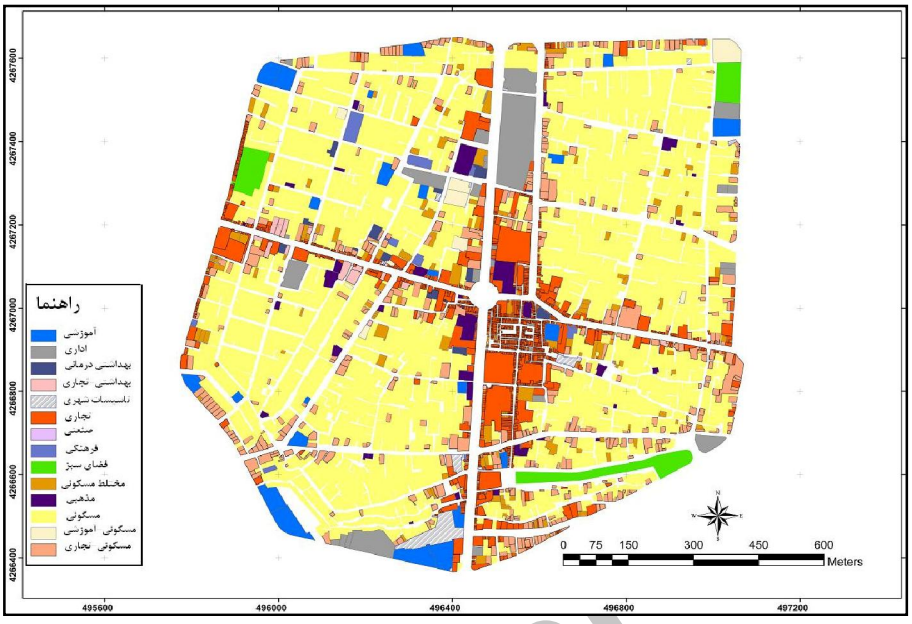
برای این منظور از این روش در پژوهش خود به عنوان روش مناسبی جهت ارزیابی آسیب پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرد

۵- محدوده و قلمرو پژوهش

محدوده‌ی مورد مطالعه که با استناد به تقسیمات شهری در دو طرح مصوب ۱۳۵۵ و ۱۳۷۱ بر ناحیه‌ی یک شهر خوی منطبق است. سطح ناحیه ۱ بالغ بر۱۵۶/۴ هکتار است در محدوده‌ی ناحیه، بر اساس سرشماری سال ۱۳۷۵، ۱۷۶۱۵ نفر سکونت داشته‌اند، ناحیه یک در شرق شهر خوی قرارگرفته و از جنوب به بلوار چمران و بلوار مدرس، از شمال به بلوار ۲۲ بهمن، از غرب به خیابان امام خمینی و از شرق به بلوار شهید بهشتی محدود می‌گردد. سطح ناحیه مزبور بالغ بر ۱۵۶/۴ هکتار است که ۵ درصد از سطح طرح جامع مصوب را به خود اختصاص داده است. (مهندسین مشاورفرافزا، ۱۳۷۶) این ناحیه بخشی از شهر، که غالب فضاهای آن احداث شده و دارای ساختار متراکم، فشرده، ریزدانه است که شامل ۶۰۰۶ قطعه می‌باشد این محدوده از بافت به دلیل ماهیت تاریخی و وجود عناصر ارزشمندی نظیر بازار به عنوان هسته‌ی اولیه‌ی شهر در همه‌ی طرح‌های جامع و تفضیلی تهیه شده منقضی و مصوب شهر، به عنوان ناحیه‌ی یک معرفی شده است قابل‌ذکر است که مراکز تجاری-اداری شهر در این محدوده قرارگرفته‌اند. دارای ۴ محله می‌باشد که در عرف به قویونچیلر محله، چاپارخانه، بازار محله و آقاسی محله معروف هستند. (شکل ۱)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱. نقشه کاربری اراضی وضع موجود بافت قدیم (ناحیه ۱) شهر خوی
مأخذ: مطالعات نگارندگان، با استفاده از نقشه‌های طرح تفصیلی ۱۳۷۶

۶- آسیب‌پذیری شهری

آسیب‌پذیری شهری[1]میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به یک شهر بر اجزا و عناصر آن بر حسب ماهیت و کیفیت آن‌ها وارد می‌شود. آسیب‌پذیری شهر پدیده‌ای است گسترده و همه که تمامی عوامل موجود در یک شهر را در برمی‌گیرد و به دلیل وابستگی عناصر به یکدیگر آسیب‌پذیری شهر نیز به سرعت گسترش می‌یابد (پویان و همکاران، ۱۳۷۸).

آسیب‌پذیری شهری به میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع شهری جهت مقابله با اثرات مخاطرات طبیعی بر اساس موقعیت آن‌ها در جهان مادی (ساختار فضایی شهر) و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع (ساختار اجتماعی شهر) اطلاق می‌شود(احدنژاد،۱۳۸۸:۲۷۰).

۷- عوامل درونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان های شهری

برای تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی شهرها در برابر زلزله می‌توان عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری را در ۲ دسته عوامل درونی و عوامل بیرونی مورد طبقه‌بندی و مطالعه قرارداد

[1]- Urban Vulnerability

Archive of SID

www.SID.ir

عوامل در نظر گرفته‌شده در این پژوهش عوامل درونی می‌باشد عوامل درونی، عواملی هستند که مستقیماً اثر زلزله به خود ساختمان برمی‌گردد. در این پژوهش ۱۱ شاخص برای عوامل درونی در نظر گرفته شده است که این شاخص ها به ترتیب اولویت و تأثیرگذاری در آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله، شامل: نوع مصالح، قدمت ساختمان، کیفیت ساختمان، تعداد طبقات، سطح اشغال بنا، نوع خاک، شیب، مساحت قطعات، وضعیت قرارگیری ساختمان در بلوک، تعداد همسایگی قطعات و شکل قطعه می‌باشند (جلیل پور، ۱۳۸۹: ۵۱).

پس از تعیین معیارها و شاخص های موثر برای هر کدام از این معیارها، یک سری زیر معیارها تهیه شد. به عنوان مثال برای شاخص نوع مصالح مورد استفاده در ساخت‌وساز، انواع گروه‌های ساختمانی که از مصالح مختلف برای ساخت‌وساز استفاده نموده‌اند مشخص گردید و بر اساس استانداردهای موجود در این زمینه برای هر کدام از این زیر معیارها بر اساس میزان آسیب‌پذیری آن‌ها وزن‌های از ۱ تا ۹ داده شد که بر اساس این وزن‌ها نقشه هر کدام از معیارها و شاخص ها مورد استفاده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه می‌شود.

برای تولید ماتریس مقایسه دوتایی، این شاخص ها ابتدا باید هر کدام از معیارهای مربوطه با زیر معیارهایشان به صورت نقشه وزن گذاری شده تولید شد تا در هنگام مقایسه زوجی و استخراج وزن‌های، اهمیت هر کدام از شاخص ها، مورد استفاده قرار بگیرد. برای این منظور ابتدا بر اساس وزن‌های مندرج در (جدول۱) و با استفاده از نظریات کارشناسان و متخصصین امر تهیه‌شده در محیط نرم‌افزارArcGIS در هر کدام از زیر معیارها اعمال و بدین ترتیب نقشه هر کدام از معیارهای مورد نظر تهیه گردید در نهایت با تلفیق و روی هم گذاری لایه‌های عوامل درونی در سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ساختمان های ناحیه ۱ شهر خوی تهیه گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. ماتریس معیارها و زیر معیارها و کد بندی آن‌ها برای ارزیابی آسیب‌پذیری عوامل درونی تأثیرگذار بر ساختمان ها

عوامل و معیارهای اصلی	زیر معیارها	آسیب‌پذیری خیلی کم	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری خیلی زیاد
		۱	۳	۵	۷	۹
نوع مصالح	بتنی	●				
	اسکلت فلزی		●			
	آجر و آهن			●		
	آجر و چوب				●	
	خشت و چوب					●
قدمت بنا	قبل از ۱۳۵۵					●
	۱۳۵۵-۱۳۶۵				●	
	۱۳۶۵-۱۳۷۵			●		
	۱۳۷۵-۱۳۸۵	●				
کیفیت بنا	نوساز	●				
	قابل نگهداری			●		
	تخریبی					●
تعداد طبقات	یک طبقه	●				
	دو طبقه		●			
	سه طبقه			●		
	چهار طبقه				●	
	پنج طبقه و بیش تر					●
سطح اشغال بنا	۰-۲۵ درصد		●			
	۲۵-۵۰ درصد			●		
	۵۰-۷۵ درصد				●	
	۷۵-۱۰۰ درصد					●
مساحت قطعات تفکیکی	۰-۱۰۰ مترمربع					●
	۱۰۰-۲۰۰ مترمربع				●	
	۲۰۰-۵۰۰ مترمربع			●		
	۵۰۰-۹۰۰ مترمربع		●			
	۹۰۰-۱۶۹۶۰ مترمربع	●				
وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک	وسط				●	
	گوشه			●		
	منفرد		●			
تعداد همسایگی‌ها	بدون همسایگی		●			
	۱-۲ همسایه			●		
	۳-۵ همسایه				●	
	از ۶ بیش تر					●
شکل قطعات	منظم	●				
	نامنظم				●	
شیب	۰-۲ درصد	●				
	۲-۵ درصد		●			
	۵-۱۰ درصد			●		
	بالا ۱۰ درصد				●	
نوع خاک	III			●		

مأخذ: مطالعات نگارندگان

Archive of SID

www.SID.ir

۱-۷- آسیب‌پذیری ناشی از نوع مصالح ساختمانی

نوع مصالح ساختمانی به‌کار رفته در ساخت واحد مسکونی، یکی از شاخص های تعیین کننده کیفیت مسکن محسوب می‌گردد. به طوری که در اکثر کشورها، ساختمان های مسکونی ساخته‌شده از مصالح بی دوام مانند خشت و گل و چوب در رده واحدهای مسکونی غیر ایمن قرار دارند. البته در این مورد ضوابط دقیق و بین‌المللی وجود ندارد؛ زیرا ایمنی، مرغوبیت و قابلیت مصالح مختلف ساختمانی بستگی به شرایط اقلیمی و نوع آب و هوای هر منطقه دارد (بحرینی، ۱۳۷۵: ۱۸).

با توجه به تفاوت در مقاومت مصالح ساختمانی در مقابل زلزله به هر کدام از مصالح امتیاز جداگانه‌ای داده شده است.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن این شاخص در حدود ۵/۸ درصد از واحدهای ساختمانی منطقه مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کم،۸۱/۴۰ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۱۲ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و ۰/۶۴درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد می‌باشد (شکل۲).

شکل ۲. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص نوع مصالح ساختمانی

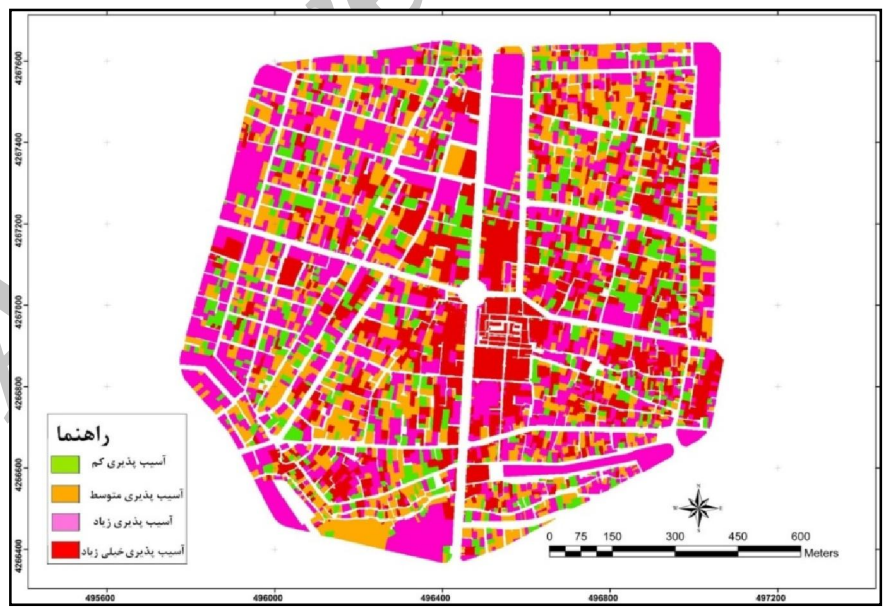
مأخذ: مطالعات نگارندگان

www.SID.ir

۲-۷- آسیب‌پذیری ناشی از قدمت ساختمان

بررسی زلزله‌های گذشته در ایران وجهان نشان می‌دهد که هر چه عمر ساختمان بیش تر باشد، با توجه به افزایش فرسودگی و نیز استفاده از مصالح کم دوام در گذشته، مقاومت ساختمان در برابر زلزله کاهش‌یافته و آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. این مورد حائز اهمیت است که به طور نسبی عمر مفید ساختمان در ایران ۳۰ سال برآورد شده است. به گونه‌ای که هر چه عمر ساختمان بیش تر باشد، میزان آسیب‌پذیری نیز بیش تر خواهد بود. همچنین بر حسب تدوین دوره‌های مختلف آیین‌نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله در ایران، میزان آسیب‌پذیری سازه‌ای تابع پله‌ای خطی را به نمایش می‌گذارد، چرا که در هر دوره و با اجرای ویرایش‌های مختلف آیین‌نامه، کیفیت ساخت و اجرا و استفاده از مصالح ساختمانی تغییر می‌یابد (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج حاصله نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن این شاخص در حدود ۶۸ /۱۲ درصد از واحدهای ساختمانی منطقه مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کم، ۲۲/۳۹ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۳۲/۴۰ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و ۳۲/۵۱ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد می‌باشند.(شکل۳)



شکل۳. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص قدمت ساختمان

مأخذ: مطالعات نگارندگان

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۷- آسیب‌پذیری ناشی از کیفیت ساختمان

یکی از عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری مساکن شهری می‌باشد. کیفیت بنا تأثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد، در مقایسه ساختمان های مشابه ساختمانی که از کیفیت ساخت پایین تری برخوردار است از احتمال تخریب بیش تری در مقایسه با دیگر ساختمان ها برخوردار می‌باشد.

با در نظر گرفتن این شاخص حدود ۶۷ /۱۱ درصد از ساختمان ها و ابنیه موجود از آسیب-پذیری کم تر که درصد کم تری را نشان می‌دهد ۶۷/۱۶ درصد از ساختمان ها از آسیب‌پذیری متوسط که درصد بیش تری از ساختمان ها را در برمی‌گیرد و همچنین ۲۰/۹۲ درصد از آسیب‌پذیری زیاد و ۰/۲۳ درصد از ساختمان ها آسیب‌پذیری خیلی زیاد می‌باشند. (شکل۴)

شکل ۴. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص کیفیت ساختمان

مأخذ: مطالعات نگارندگان

۴-۷- آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات

یکی از عوامل درونی تأثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان های شهری در برابر زلزله تعداد طبقات و همچنین ارتفاع آن می‌باشد، هر چه تعداد طبقات ساختمان بیش تر باشد آسیب-پذیری آن در برابر زلزله بیش تر خواهد بود. ارتفاع ساختمان و پریود طبیعی ساختمان ها رفتار

www.SID.ir

ساختمان ها را در طول وقوع یک زلزله متأثر می‌کند. جدا از لرزش‌های زمین در جهات چندگانه ساختمان ها هم چنین در جهات متفاوت تکان می‌خورند، بنابراین سبک‌های چندگانه دارند. هر یک از این سبک‌ها دارای یک دوره است. دوره طولانی‌تر به عنوان بسامد طبیعی شناخته می‌شود. اگر فرکانس جنبش زمین نزدیک به فرکانس طبیعی ساختمان باشد، تشدید اتفاق می‌افتد که واکنش ساختمان را تقویت می‌کند (Fema,1998 به نقل از احدنژاد).

بررسی‌ها نشان می‌دهد ۴۱/۷۰ درصد از واحد ساختمانی از آسیب‌پذیری کم تر، ۳۸/۷۴ درصد، از آسیب‌پذیری متوسط و ۱۷/۱۶ از واحد ساختمانی از آسیب‌پذیری زیاد و ۲/۳۷ از واحد ساختمانی از آسیب‌پذیری خیلی زیاد برخوردارند.(شکل ۵)

شکل ۵. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص طبقات ساختمانی
مأخذ: مطالعات نگارندگان

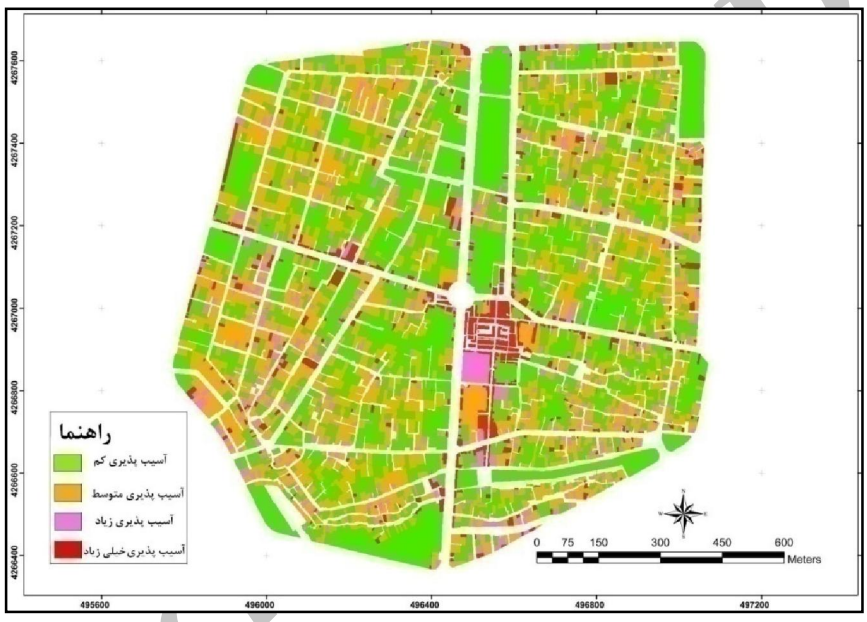
۵-۷- آسیب‌پذیری ناشی از سطح اشغال

منظور از ضریب سطح اشغال، نسبت سطح مجاز برای ساخت‌وساز با توجه به مساحت کل قطعه تفکیکی است. بر این اساس، شاخص مذکور از تقسیم سطح اشغال مجاز بر مساحت کل قطعه تفکیکی به دست می‌آید و به صورت درصد بیان می‌شود.

www.SID.ir

هر چه سطح اشغال بنا افزایش یابد، فضای باز خصوصی کاهش پیداکرده، گریز و پناه جمعیت با مشکل مواجه شده بنابراین آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.

در این ناحیه از نظر سطح اشغال ۲۳/۵۷ درصد از ساختمان ها از آسیب‌پذیری کم، ۳۵/۸۳ درصد از ساختمان ها از آسیب‌پذیری متوسط، ۱۰/۱۳ درصد از ساختمان ها از آسیب‌پذیری زیاد و ۳۰/۵۰ درصد ساختمان ها از آسیب‌پذیری خیلی زیاد برخوردار می‌باشند. (شکل ۶)



شکل ۶. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص سطح اشغال بنا

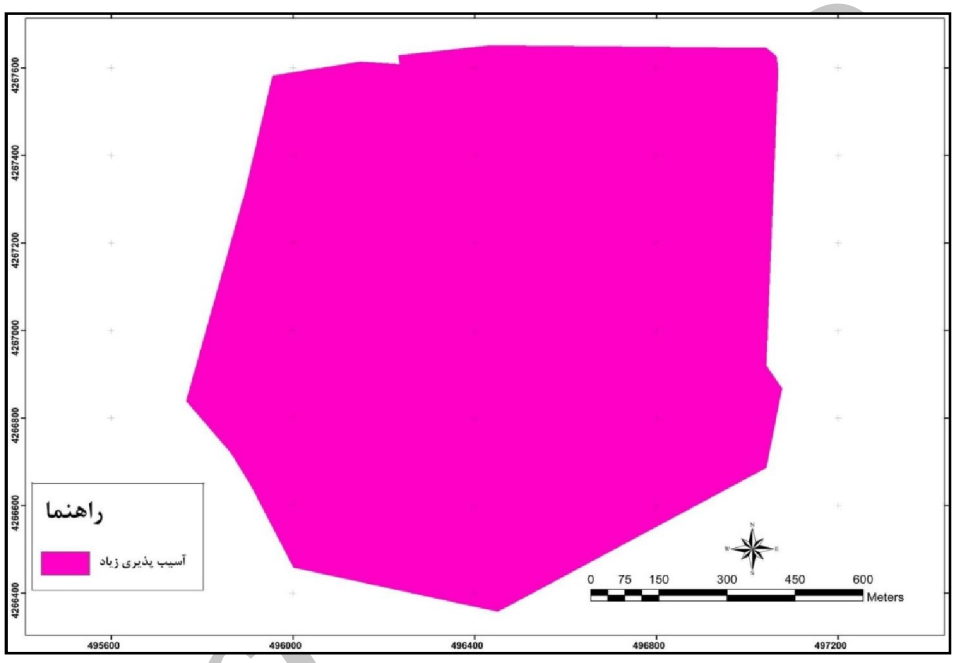
مأخذ: مطالعات نگارندگان

۶-۷- آسیب‌پذیری ناشی از نوع خاک

طبقه‌بندی زمین از نوع سنگ و خاک یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده در آسیب‌پذیری می‌باشد، به طوری که شتای بنای طرح و سازه‌های احداثی با در نظر گرفتن رابطه نوع خاک در زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان تعیین می‌شود. بر این اساس قبل از احداث هر سازه‌ای نوع خاک منطقه باید نمونه‌برداری شده و بر پایه آزمایش‌های ژئوتکنیک، مقدار مقاومت آن در برابر زلزله مورد طبقه‌بندی قرار گیرد.

www.SID.ir

بر اساس مندرجات آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران –ویرایش سوم مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن زمین مورد نظر در منطقه زمین محل با فرض یکنواخت بودن مصالح تا عمق ۳۰ متر با زمین طبقه III در برابر زلزله بیش ترین تطابق را داشته و با خطر نسبی خیلی زیاد زلزله قرار داشته است. برای تعیین میزان آسیب‌پذیری، ساختمان ها این منطقه که از خاک نوعIII برخوردار هست که از آسیب‌پذیری زیاد برخوردار می‌باشد. (شکل ۷)



شکل ۷. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص نوع خاک
مأخذ: مطالعات نگارندگان، داده‌های آزمایش‌های مکانیک خاک

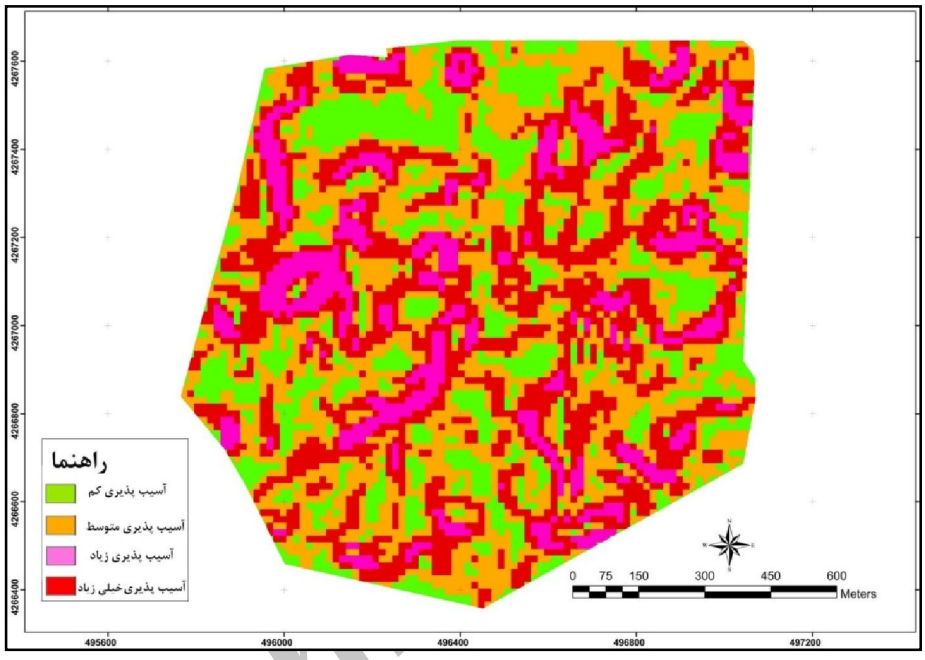
۷-۷- آسیب‌پذیری ناشی از شیب

به عنوان یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در میزان آسیب‌پذیری مساکن و تأسیسات شهری در برابر عوامل طبیعی از جمله زلزله است. به عنوان یک از عوامل درونی در نظر گرفته می‌شود. یکی از حوادث ثانویه که بعد از زلزله ممکن است روی بدهد روانگرائی می‌باشد که به دو عامل نوع خاک و شیب منطقه بستگی دارد (احدنژاد،۱۳۸۸:۲۱۰).

هر چه شیب افزایش یابد آسیب‌پذیری در برابر زلزله بیش تر می‌شود و برعکس هر چه شیب کم تر باشد آسیب‌پذیری کم تر می‌شود.

www.SID.ir

نتایج حاصله نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن این شاخص در حدود ۱۲/۳۳ درصد از واحدهای ساختمانی منطقه مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کم،۳۸/۷۲ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۳۵/۶۶ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و ۱۳/۲۶ درصد دارای آسیب-پذیری خیلی زیاد می‌باشد. (شکل ۸)



شکل ۸. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص شیب

مأخذ: مطالعات نگارندگان

۸-۷- آسیب‌پذیری ناشی از مساحت قطعات

یکی از عوامل درونی تأثیرگذار دیگر در آسیب‌پذیری مساکن شهری مساحت قطعات است. تفکیک اراضی در ابعاد کوچک باعث خرد شدن فضاهای بازشده و عملاً از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناه گیری و عملیات امدادی و اسکان موقت کاسته می‌شود؛ بنابراین هر چه مساحت قطعات تفکیکی با توجه به نوع کاربری آن کوچک‌تر باشد آسیب‌پذیری ناشی از زلزله بیش تر می‌شود. نتایج حاصله نشان می‌دهد که ۴/۰۲ درصد قطعات (بیش تر از ۵۰۰ مترمربع) دارای آسیب‌پذیری کم که ۵/ درصد جمعیت ناحیه در آن ساکن هستند،

www.SID.ir

۳۲/۲۵درصد قطعات (۵۰۰-۲۰۰ مترمربع) دارای آسیب‌پذیری متوسط که ۳۶/۴۴ درصد جمعیت در آن ساکن، ۳۰/۴۸ درصد قطعات (۲۰۰-۱۰۰ مترمربع) دارای آسیب‌پذیری زیاد که ۴۰/۵۵ درصد جمعیت در آن ساکن و ۴۰/۱۵ درصد قطعات (۱۰۰-۰ مترمربع) دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد که ۲۲/۵۱ جمعیت در آن ساکن می‌باشند. (شکل ۹) در این پژوهش چون هدف بررسی عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ساختمان می‌باشد بحث جمعیت به تنهایی مورد بررسی قرار نگرفته است.

شکل ۹. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص مساحت قطعات

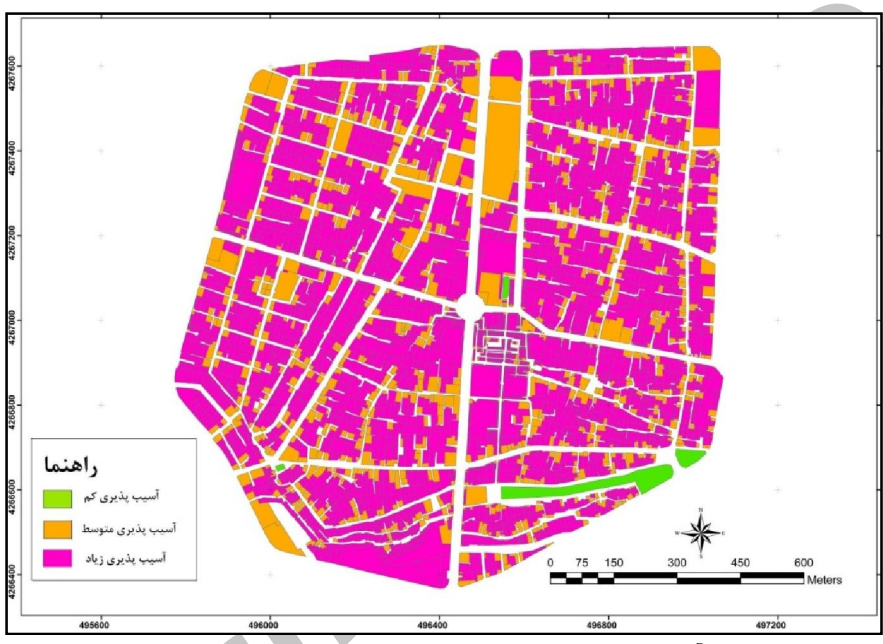
مأخذ: مطالعات نگارندگان

۹-۷- آسیب‌پذیری ناشی از وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک

یکی از عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک است. نوع قرارگیری قطعه در بلوک در سه حالت می‌باشد: به صورت منفرد یعنی متصل به هیچ ساختمانی نباشد، گوشه، یعنی در گوشه بلوک‌ها قرار گیرد و معمولاً از دو جهت به ساختمانی متصل نباشد و قرارگیری وسط می‌باشد.

www.SID.ir

۸۰/۲۳ درصد از قطعات ساختمانی در وسط بلوک قرار دارند (ساختمانی که در وسط قرارگرفته خطر احتمال آسیب از ساختمان های همسایه و عدم دسترسی راحت‌تر به معابر و فضاهای باز وجود دارد) از آسیب‌پذیری زیاد، ۱۹/۶ درصد قطعات ساختمانی در گوشه از آسیب‌پذیری متوسط و ۰/۰۸ درصد از قطعات ساختمانی بدون متصل به ساختمان دیگری به صورت منفرد قرارگرفته‌اند که از آسیب‌پذیری کم برخوردارند. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص قرارگیری قطعه در بلوک

مأخذ: مطالعات نگارندگان

۱۰-۷- تعداد واحد همسایگی

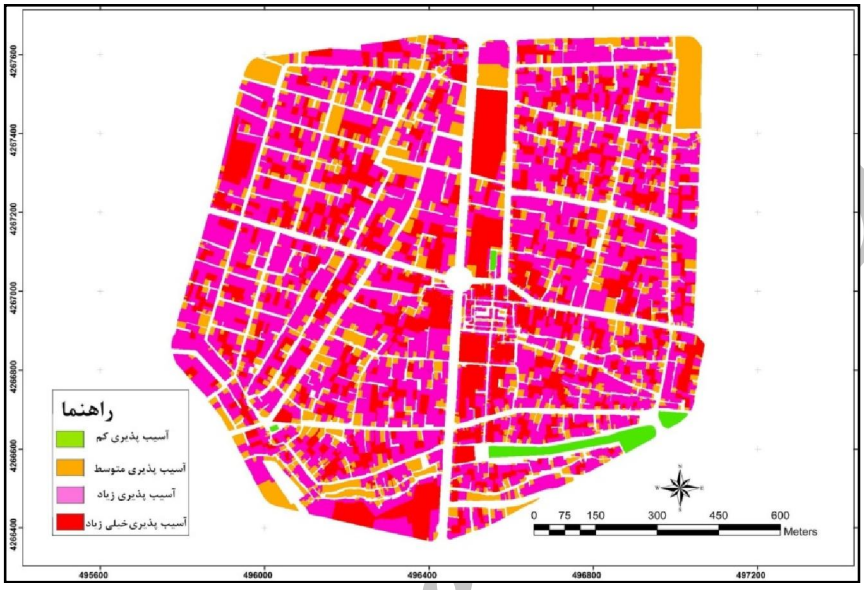
یکی از شاخص هایی که برای ارزیابی آسیب‌پذیری عوامل درونی شهری در برابر زلزله در نظر گرفته شده است تعداد همسایگی است.

به علت این که ناحیه ۱ شهر خوی بافت قدیم و سنتی شهر است چون قطعات بافت‌های قدیم از شکل غیر هندسی تبعیت می‌کردند تعداد واحد همسایه بیش تری داشته‌اند.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن این شاخص در حدود ۰/۱۳ درصد از واحدهای ساختمانی منطقه مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کم، ۲۴/۷۵ درصد دارای

www.SID.ir

آسیب‌پذیری متوسط و ۶۳/۸۸ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و ۱۱/۲۱ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد است. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص تعداد همسایگی
مأخذ: مطالعات نگارندگان

۱۱-۷- آسیب‌پذیری ناشی از شکل قطعات

شکل قطعات به دو دسته تقسیم شده است: منظم (هندسی) و غیرمنظم (غیر هندسی) از ۶۰۰۶ قطعه، ۳۹۲۵ قطعه با ۶۵/۳۵ درصد شکل منظم که از آسیب‌پذیری کم و ۲۰۸۱ قطعه با ۳۴/۶۴ درصد شکل نامنظم که از آسیب‌پذیری متوسط برخوردار می‌باشند. (شکل ۱۲)

Archive

www.SID.ir

شکل ۱۲. نقشه آسیب‌پذیری با در نظر گرفتن شاخص شکل قطعات
مأخذ: مطالعات نگارندگان

۸- چارچوب مفهومی مدل AHP:

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شامل سه گام اصلی: الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ب) محاسبه وزن‌های معیار و ج) تخمین نسبت توافق است (زبردست، ۱۳۸۰:1).

۸-۱-ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی:

این روش یک مقیاس اساسی را با مقادیر از ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار بکار می‌گیرد (جدول ۲). در واقع برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها، دو به دو آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم. مقایسه‌های دو به دو در یک ماتریس $n\times n$(در این حالت ۱۰×۱۰) ثبت می‌شوند و این ماتریس، «ماتریس مقایسه دودویی معیارها»، $A=[a^{ij}]_{n\times n}$ نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (اگر اهمیت i نسبت به j برابر kباشد، اهمیت عنصر j نسبت به i برابر $\frac{1}{k}$ خواهد بود) در هر مقایسه دودویی، دو مقدار عددی a^{ij} و $1/a^{ij}$ را خواهیم داشت

Archive of SID

www.SID.ir

(زبردست،۱۳۸۰:۳). در (جدول ۳) ماتریس مقایسه دودویی معیارها برای مسأله مورد نظر ارائه شده است.

جدول (۲). مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

تعریف	اهمیت برابر	اهمیت برابر تا متوسط	اهمیت متوسط	اهمیت متوسط تا قوی متوسط	اهمیت قوی	اهمیت قوی تا بسیار قوی	اهمیت بسیار قوی	اهمیت بسیار تا فوق‌العاده قوی	اهمیت فوق‌العاده قوی
میزان اهمیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

مأخذ: (زبردست،۱۳۸۰: ۱۷)

۲-۸- محاسبه وزن‌های معیار:

این مرحله شامل مراحل زیر است:

۱- ضرب کردن مقادیر هر ردیف از ستون‌های ماتریس مقایسه دوتایی به همدیگر که شرح آن در رابطه زیر آورده شده است.(Thapalia,2006:52) :

رابطه شماره۱: $$RMV = \sum factor1 * factor2 * ..... * factorN = 9*9*9*.....*9 = 3486784401$$

۲- محاسبه وزن‌های نرمال نشده که برای انجام این مورد می‌بایستی مجموع حاصل‌ضرب هر یک ردیف از ستون‌ها به توان $\frac{1}{n}$ یعنی تعداد معیارها شود.

رابطه شماره ۲ : $$[(RMV)^{1/Factor}] = (378420849)^{1/11} = 7.225$$

۳- در نهایت برای محاسبه وزن معیارها در این مطالعه از تقسیم وزن‌های نرمال نشده هر ردیف به مجموع وزن‌های نرمال نشده به دست می‌آید (رابطه شماره ۳).

رابطه شماره ۳: $$Wights = [(RMV)^{1/Factor}]firstRow/Sum[(RMV)^{1/Factor}] = 0.22$$

با توجه با رابطه بالا، نوع مصالح ساختمانی به‌کاررفته در اسکلت ساختمان ها بیش ترین وزن را به خود اختصاص داده و سایر معیارهای بکار رفته تابعی از وضعیت مصالح به‌کاررفته در سازه بوده و به ترتیب اهمیت دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده و با توجه به اهمیت آن‌ها در آسیب‌پذیری مرتب شده‌اند

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۳). ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری برای عوامل درونی ساختمان

معیارها	مصالح اسکلت	قدمت بنا	کیفیت بنا	تعداد طبقات	سطح اشغال	خاک	شیب	مساحت	وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک	تعداد همسایگی	شکل قطعه	حاصل‌ضرب وزن‌ها	وزن‌های نرمال نشده	وزن نهایی معیارها
مصالح اسکلت	۱	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۳۴۸۶۷ ۸۴۴۰۱	۲۲.۷	۲۲.۰
قدمت بنا	۱۱.۰	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۵	۷	۴.۸۸۷۰	۲۶.۲	۱۷.۰
کیفیت بنا	۱۱.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۴	۵	۷	۶.۸۳۱	۸۳.۱	۱۳.۰
تعداد طبقات	۱۱.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۴	۷۶.۲۳	۳۲.۱	۱۲.۰
سطح اشغال	۱۱.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۶۴.۸	۲۱.۱	۰۹.۰
خاک	۱۱.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۲۱.۰	۸۷.۰	۰۷.۰
شیب	۱۱.۰	۰.۲۵	۰.۳۳	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۵۰	۱	۲	۲	۲	۲	۰.۰۱۹	۰.۷۰	۰.۰۶
مساحت	۱۱.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۲	۰۱۸.۰	۶۹.۰	۰۴.۰
وضعیت قرارگیری قطعه	۱۱.۰	۲۵.۰	۲۵.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۲	۰۰۰۲۹.۰	۴۸.۰	۰۳۷.۰
تعداد همسایگی	۱۱.۰	۲۰.۰	۲۰.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۲	۰۰۰۰۳۹.۰	۴۰.۰	۰۳.۰
شکل قطعه	۱۱.۰	۱۴.۰	۱۴.۰	۲۵.۰	۳۳.۰	۳۳.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۵۰.۰	۱	۰۰۰۰۰۳۶.۰	۳۲.۰	۰۱.۰
									مجموع			۳۴۸۶۷ ۹۴۱۳۶	۳.۱۷	۱

مأخذ: مطالعات نگارندگان

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۸- تخمین نسبت توافق :

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها است. به عبارتی دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها (جدول۴)، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؟ وقتی که اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد یعنی اگر Ai از Aj مهم تر باشد و Aj از Ak مهم تر، قاعدتاً باید Ai از Ak مهم تر باشد. اما علی‌رغم همه کوشش‌ها ،رجحان و احساس‌های مردم غالباً ناهماهنگ و نامتعدی هستند. پس سنجه‌ای را باید یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد.(زبردست به نقل از توفیق۱۳۷۲: ۴۲) برای تعیین نسبت توافق می‌بایستی مراحل زیر انجام شود:

۱ - محاسبه بردار AW : تعیین مقدار بردار در روش تحلیل سلسله مراتبی از ضرب کردن ماتریس مقایسه دودویی در وزن محاسبه‌شده برای هر یک از معیارها حاصل می‌آید(جدول شماره۴).

۲- محاسبه بردار توافق : برای محاسبه بردار توافق در روش AHP از معادله زیر استفاده می‌شود که در آن مقادیر محاسبه‌شده برای هر ردیف (بردار) بر وزن محاسبه‌شده برای هر معیار تقسیم‌شده و پس از به دست آوردن مجموع آن ضربدر 1/n می‌شود(رابطه ۴)

جدول (۴) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای ارزیابی جهت تخمین نسبت توافق

1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0.22	7.03
0.11	**1**	2	2	3	3	4	4	4	5	7	0.17	1.94
0.11	0.5	**1**	2	2	3	3	3	4	5	7	0.13	1.53
0.11	0.5	0.5	**1**	2	2	2	3	3	3	4	0.12	1.09
0.11	0.33	0.5	0.5	**1**	2	2	3	3	3	3	0.09	0.90
											* 0.07	=
0.11	0.33	0.33	0.5	0.5	**1**	2	2	2	3	3		0.65
0.11	0.25	0.33	0.5	0.5	0.5	**1**	2	2	2	2	0.06	0.54
0.11	0.33	0.33	0.33	0.33	0.5	0.5	**1**	2	2	2	0.04	0.45
0.11	0.25	0.25	0.33	0.33	0.5	0.5	0.5	**1**	2	2	0.04	0.37
0.11	0.2	0.2	0.33	0.33	0.33	0.5	0.5	0.5	**1**	2	0.03	0.29
0.11	0.14	0.14	0.25	0.33	0.33	0.5	0.5	0.5	0.5	**1**	0.01	0.24

مأخذ: محاسبات نگارندگان

Archive of SID

www.SID.ir

$$L=\frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n}(Aw/Wi)\right]$$

رابطه شماره ۴ :

$$L=\frac{1}{11}\left[\frac{7.03}{0.22}+\frac{1.94}{0.17}+\frac{1.53}{0.13}+\frac{1.09}{0.90}+\frac{0.90}{0.09}+\frac{0.69}{0.07}+\frac{0.54}{0.06}+\frac{0.45}{0.04}+\frac{0.37}{0.04}+\frac{0.29}{0.03}+\frac{0.24}{0.01}\right]=12.52$$

محاسبه شاخص سازگاری: پس از محاسبه بردار توافق و به دست آوردن مقدار آن می‌باید شاخص سازگاری برای معیارهای در نظر گرفته مورد محاسبه قرار گیرد. برای محاسبه این شاخص از رابطه زیر استفاده شده است:

رابطه شماره ۵ :

$$CI=\frac{L-n}{n-1}=\frac{12.52-11}{11-1}=0.152$$

۴- محاسبه ضریب سازگاری یا نسبت توافق که در این مورد از رابطه زیر استفاده می‌شود.

رابطه شماره ۶ :

$$CR=\frac{CI}{RI}=\frac{0.152}{1.51}=0.0493$$

در معادله بالاRI نشان‌دهنده شاخص تصادفی بودن است که برای به دست آوردن مقدار آن از جدول زیر استفاده شده است.(جدول۵)

جدول (۵). شاخص تصادفی بودن

N	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰.۵۸	۰.۹	۱.۱۲	۱.۲۴	۱.۳۲	۱.۴۱	۱.۴۵	۱.۴۹	۱.۵۱	۱.۴۸	۱.۵۶	۱.۵۷	۱.۵۹

مأخذ:زبردست،۱۳۸۰:۷ به نقل از :Bowen,William M)

چنان که مقدار نسبت توافق (CR) از CR≤.۱۰ باشد، نشان‌دهنده این است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده و در صورتی که این مقدار از ۰.۱ بیش تر باشد در آن صورت می‌باید تجدیدنظر در قضاوت‌ها صورت بگیرد. در مطالعه حاضر مقدار نسبت توافق برابر ۰.۰۴۹۳ برآورد گردیده است که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است.

۹- ارزیابی عوامل درونی موثر در آسیب‌پذیری ساختمان های شهری در برابر زلزله

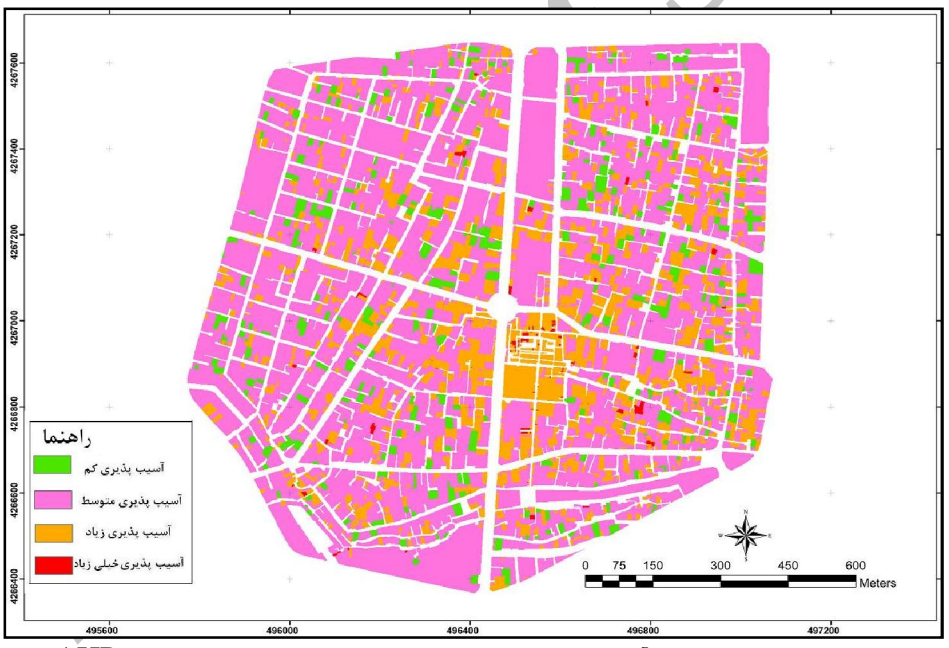
در مرحله اول هر کدام از شاخص ها به تنهایی وزن گذاری شد آسیب‌پذیری هر کدام (نوع مصالح، قدمت ساختمان، کیفیت ساختمان، طبقات ساختمان، سطح اشغال، شیب، نوع خاک، مساحت قطعات و...) به تنهایی استخراج گردید. با توجه به دیدگاه سیستمی تعیین

Archive of SID

www.SID.ir

آسیب‌پذیری شهر تنها با یک شاخص گویا نبوده، بلکه باید شاخص های مختلف با همدیگر مطالعه گردند. همچنین شاخص هایی که در تعیین آسیب‌پذیری مورد استفاده قرارگرفته از اهمیت یکسانی برخورداری نبوده و حتی ممکن است شاخصی نسبت به دیگری نقش تعیین‌کننده‌تری داشته باشد؛ بنابراین در این مرحله شاخص ها نسبت به همدیگر سنجیده شده و برای تعیین وزن و اهمیت هر کدام در آسیب‌پذیری از روش AHP استفاده گردید.

بعد از استخراج وزن هر کدام از شاخص ها به وسیله AHP برای ترکیب لایه‌ها (شاخص ها) با همدیگر از روش weighted Overlay از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. با استفاده از این روش وزن هر کدام از شاخص ها در آن شاخص تأثیر داده‌شده سپس شاخص ها با همدیگر ترکیب و نهایتاً نقشه آسیب‌پذیری عوامل درونی ساختمانی ناحیه ۱ شهر خوی استخراج گردید. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳. نقشه نهایی آسیب‌پذیری عوامل درونی ناحیه ۱ شهر خوی به روش AHP
مأخذ: مطالعات نگارندگان

www.SID.ir

۱۰- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان طوری که بیان شد آسیب‌پذیری شهری به میزان خسارتی اطلاق می‌شود که در صورت بروز سانحه بر اجزا و عناصر شهری واردشده و مقدار آن بر حسب ماهیت و کیفیت آن‌ها متفاوت است. از آنجایی که بررسی همه‌جانبه تمامی عوامل آسیب‌پذیری شهری به طور یکجا امکان‌پذیر نیست. لذا در این مقاله سعی گردید که این موضوع با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی برای وزن دهی به عوامل درونی ساختمان ها در نظر گرفته شود.

با توجه به این که اغلب مسائل و موضوعات مربوط به عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله از طریق شاخص های کیفی (نوع مصالح ساختمان، وضعیت قرارگیری قطعه در بلوک، شکل قطعه، کیفیت ساختمان و ... و شاخص های کمی (طبقات) ساختمان، قدمت ساختمان، مساحت قطعات، سطح اشغال و... قابل بررسی هستند. امکان به‌کارگیری همزمان معیارهای کمی و کیفی در روش AHP آن را به ابزار قوی برای تحلیل مسائل شهرسازی تبدیل می‌کند. انعطاف‌پذیری، سادگی محاسبات و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها نیز از مزیت‌های دیگر AHP هستند که می‌توانند کمک موثری در بررسی‌های مربوط به مسائل آسیب‌پذیری شهری باشند. این روش قابلیت‌های زیادی برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله برخوردار است.

تحلیل نقشه عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری ساختمانی ناحیه ۱ شهر خوی نشان می‌دهد که ۳۹/. درصد از قطعات ساختمانی دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۱۹/۶۶ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۷۳/۳۳ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۶/۶۱ درصد دارای آسیب‌پذیری کم تری می‌باشند، این ناحیه به دلیل استفاده از مصالح کم دوام در ساخت‌وساز و هم چنین بالا بودن عمر ساختمان های دارای آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی است.

با توجه به تجربیات به دست آمده در پژوهش حاضر پیشنهادهای زیر برای انجام مطالعات آینده ارائه می‌شود:

۱- ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و مدون از تمام جزئیات و عناصر شهری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی از سوی سازمان‌های متولی در سطح محلی، منطقه‌ای و کشوری. چنین بانک‌هایی می‌تواند برای اهداف گوناگون مدیریت شهری و از جمله برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری آن شهرها در برابر زلزله مورد استفاده قرار بگیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- انجام مطالعات مربوط به پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان ها شهری برای انجام اموری همچون مدیریت بحران از سوی سازمان‌های متولی.

۳- تهیه و بروز رسانی اطلاعات مکانی شهرها در بازه‌های زمانی مختلف.

۴- تعریض معابر باریک برای تسهیل آمد و شد وسایل نقلیه آتش‌نشانی، آمبولانس و امدادرسانی.

۵- توسعه و گسترش فضاهای باز در نواحی و مناطق شهری که مهم ترین حربه‌ها جهت مقابله با خطر زلزله در هنگام وقوع زلزله است.

۶- آگاه کردن مردم از میزان آسیب‌پذیری اماکن محل کار و سکونت به منظور ایجاد انگیزه برای مقاوم‌سازی یا نوسازی از طریق ایجاد تسهیلات اعتباری توسط بخش دولتی.

۷- اعمال نظارت دقیق بر اجرای صحیح ساختمان های جدیدالاحداث و حصول اطمینان از رعایت آیین‌نامه لرزه‌ای در ساخت آن‌ها.

۸- با به کار بردن اصول برنامه‌ریزی شهری همچون برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، منطقه بندی شهری، تمرکززدایی، بهسازی‌های لرزه‌ای بافت‌های شهری و ... می‌توان آسیب-پذیری شهرها را در مقابل مخاطرات طبیعی کاهش داد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع و مآخذ:

۱- آقاطاهر، ر.،کمالیان.ن.، دلاور.م. ۱۳۸۵.وزن دهی فاکتورهای موثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران، نشریه دانشکده فنی، ۴۰(۸):۱۰۴۴-۱۰۳۳.

۲-احدنژاد روشتی.م.، مشکینی.ا.، نوری،ب. ۱۳۸۶. ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(نمونه موردی: اسکان غیررسمی اسلام‌آباد شهر زنجان) ، کنفرانس GIS شمال، ۴ تا ۵ شهریور ۱۳۸۶، صفحه ۱۱.

۳- ــــــــــــــ. ۱۳۸۸. مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر زنجان پایان‌نامه دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ۳۰۶صفحه.

۴- استفاده از اطلاعات شهرداری و پروانه‌های ساختمانی شهرداری خوی.

۵- بحرینی، ح. ۱۳۷۵. برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز(نمونه شهرهای منجیل، لوشان و رودبار)، چاپ اول، بنیاد مسکن و انقلاب اسلامی. ۳۳۶ صفحه.

۶- پویان، ژ .، ناطق الهی، ف. ۱۳۷۸. آسیب‌پذیری ابر شهرها در برابر زمین‌لرزه- مطالعه موردی شهر تهران، سومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ۲۷ تا ۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۸،جلد چهارم.

۷- جلیل پور، ش.۱۳۸۹. ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از GIS (نمونه موردی: بافت قدیم شهر خوی) پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان. صفحه ۱۳۱.

۸- جهانی، ع.، مسگری، س. ۱۳۸۰. GIS به زبان ساده، چاپ ۲، انتشارات وزارت دفاع،۱۲۳ صفحه.

۹- زبردست، ا. ۱۳۸۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره۱۰، ۵-۱۶.

۱۰- سیلاوی. ط.،دلاور.م.، ملک.م.، کمالیان.ن.۱۳۸۴. تهیه نقشه آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر ریاضیات بازه‌ها و سیستم های اطلاعات مکانی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه،تهران، ۲۴ تا ۲۵ بهمن ۱۳۸۴، صفحه ۱۳.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۱- عزیزی، م ،. اکبری،ر .۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه هنرهای زیبا، ۳۴: ۳۶-۲۵.
۱۲- مرکز آمار ایران. ۱۳۷۵. نتایج سرشماری نفوس و مسکن شهر خوی.
۱۳- ـــــــــــــ ۱۳۸۵. نتایج سرشماری نفوس و مسکن شهر خوی.
۱۴- مهندسین مشاور توسعه و عمران، طرح جامع شهر خوی، ۱۳۵۵، جلد۱ ، ۱۸۶ صفحه.
۱۵- ـــ ۱۹۰ صفحه.
۱۶- مهندسین مشاور فر افزا. ۱۳۷۶. طرح تفضیلی شهر خوی، جلد ضوابط و مقررات طرح تفضیلی.۱۷۹ صفحه.
۱۷- مهدیان، ف.۱۳۸۱. آسیب‌پذیری ساختمان های تهران در برابر زلزله و چگونگی کاهش آسیب‌پذیری، مجموعه مقالات اولین سمینار ساخت‌وساز در پایتخت،دانشگاه تهران، ۱ تا ۲ بهمن ۱۳۸۱، ۱۶ صفحه.
۱۸- وزارت کشور.۱۳۸۳. گزارش دبیرخانه ستاد هماهنگی امور ایمنی و آتش‌نشانی کشور نقل‌شده در مقدمه کتاب مدیریت بحران در نواحی شهری، چاپ سوم، سازمان شهرداری‌ها و دهیارهای کشور ، صفحه ۹۶.
۱۹- وزارت مسکن و شهرسازی.۱۳۷۶. پهنه بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران(از مجموعه مطالعات طرح کالبدی ملی ایران، وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۱۰۰ صفحه.
20- Botero V. 2009. Geo-information for measuring vulnerability to earthquake: a fitness for use approach PHD thesis, ITC, Netherland.
21- Martinelli A, Cifani G.2008. Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano(Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 28:875-889.
22- National report of the Islamic republic of Iran on disaster reduction.2005. World Conference on Disaster Reduction, Kobe, Hyogo, Japan.
23- Thapalia Ramesh. 2006. Assessing Building Vulnerability for Earthquake Using Field Survey Data and Development Control Data, MSc Thesis in ITC, Netherlands.
24- UNDP.2004. Reducing Disasters Risk: A Challenge for Development, UNDP

Archive of SID

www.SID.ir

25- UN/ISDR. 2005. World Conference on Disaster Reduction.18-22 January, Kobe, Hyogo, Japan.
26- Yamazaki Fumio.2005. Building Damage Mapping of the 2003 Bam, Iran, Earthquake Using Envisat/ASAR Intensity Imagery, Earthquake Spectra, Vol.21, No. S1, pp. S285-S294, .12.