

آسیب شناسی لرزه‌ای پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS (مطالعه موردی شهر گرگان)

* قدیر صیامی

** کاظم تقی نژاد

*** علی زاهدی کلاکی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۶

چکیده

مؤلفه های کالبدی فضاهای شهری همچون ساختمانها، فضاهای باز و ویژگیهای کالبدی آنها همچون حجم توده، نحوه و محل استقرار، اندازه و شکل ظاهری و موقعیت قرارگیری آنها، نقشی تعیین کننده در شدت و میزان آسیب پذیری شهرها در مواجهه با زمین لرزه دارند. بسیاری از شهرهای ایران بر روی پهنه های با خطر نسبی متوسط و زیاد زلزله واقع شده‌اند. از این رو توجه به کیفیات عناصر و مؤلفه های کالبدی فضاهای شهری در ایران می‌تواند از بروز فجایع انسانی در شهرها ایرانی به نحوی چشمگیر بکاهد. شهر گرگان با جمعیتی حدود ۳۳۰ هزار نفر و وسعتی معادل ۳۶۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۰ جز شهرهای واقع بر روی پهنه های زلزله‌خیز با خطر نسبی زیاد است. سکونت ۱۲ درصد از جمعیت این شهر در بافت فرسوده (که در حدود ۱۰ درصد از مساحت کل شهر را در بر گرفته‌است) فقدان پهنه‌بندی آسیب شناسانه از شهر در برابر زلزله، سبب شده است تا آسیب شناسی لرزه ای در این شهر از اهمیت و ضرورت بالایی برخوردار باشد. در این مقاله با استفاده از محاسبه، ترکیب و تحلیل شاخصهایی چون دسترسی به مراکز درمانی، نسبت بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمانها (درجه محصوریت)، *PGA* منطقه، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کاربری زمین و کیفیت ابنیه، میزان آسیب پذیری شهر گرگان از طریق مدل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS درمقابل زلزله مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق نشان داد ساختمانهای موجود در جنوب شهر نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه، دارای آسیب پذیری کمتری هستند. با حرکت از سمت جنوب به مرکز شهر، بر میزان آسیب پذیری افزوده میشود. علت این امر این است که جنوب شهر نسبت به شمال آن دارای معایر با عرض کافی، ساختمانهای مقاوم و با قدمت کم میباشد.

کلمات کلیدی: آسیب پذیری، زلزله، گرگان، تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

۱- مقدمه

* دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه فردوسی عضو هیئت علمی دانشگاه بین المللی امام رضا(ع)
siami.FUm@gmail.com

** کارشناس ارشد طراحی شهری دانشگاه بین المللی امام رضا(ع)

*** کارشناس ارشد جغرافیا گرایش اقلیم شناسی دانشگاه علامه طباطبایی

بر طبق گزارش سازمان ملل از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰۸، به دنبال زمین لرزه های بوقوع پیوسته در ایران، تعداد ۷۳۲۷۶ نفر از ایرانیان جان خود را از دست داده و زیان اقتصادی این زلزله ها بالغ بر ۱۰ میلیارد و ۳۰۰ میلیون دلار برآورد شده است (UN/ISDR, ۲۰۰۵). در این میان وضعیت نامناسب استقرار عناصر کالبدی و کاربریهای شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده، تراکمهای شهری بالا، وضعیت نامناسب استقرار تأسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیبهای وارده به شهر در برابر زلزله دارند (ابلقی، ۱۳۸۴: ۵۶). در همین راستا پهنه بندی آسیب شناسانه از میزان و نوع واکنش فضاهای شهری به زمین لرزه به کمک تکنیکها و روشهای جدید مانند GIS و AHP، می تواند تاب آوری شهرهای زلزله خیز ایران در مواجهه با زمین لرزه را بصورت قابل توجهی افزایش دهد. شهر گرگان (مرکز استان گلستان) با جمعیتی معادل ۳۲۹۵۴۶ نفر و وسعتی در حدود ۳۶۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۰، از سکونتگاههای بزرگ شمال شرق ایران است که بر روی پهنه ای زلزله خیز با خطر نسبی زیاد واقع شده است. سکونت ۱۲ درصد از جمعیت این شهر در بافت فرسوده (که در حدود ۱۰ درصد از مساحت کل شهر را در بر گرفته است) فقدان پهنه بندی آسیب شناسانه از شهر در برابر زلزله، از اهمیت و ضرورت بالایی برخوردار است. از این رو هدف این پژوهش آسیب شناسی لرزه ای پهنه های شهر گرگان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS است که در آن پس از مطالعه ساختارهای زمین شناسی و لرزه خیزی این شهر، معیارها و زیر معیارهای ارزیابی تدقیق و شاخصهای موثر در پهنه بندی مانند دسترسی به مراکز درمانی، نسبت بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمانها (درجه محصوریت)، PGA منطقه و... لایه های آسیب پذیری شهر استخراج شد. در نهایت و پس از روی هم گذاری لایه ها، وضعیت آسیب پذیری کلی شهر شناسایی و راهبردهایی نیز ارائه گردید.

۲- چارچوب نظری و روش پژوهش

امروزه خطر زلزله حداقل ۳۵ کشور در دنیا را تهدید می کند و خود به عامل مهم مرگ و میرها، آسیبها، آوارگی ها، ضرر و زیانها و تخریبها در جهان بدل شده است (اسمیت، ۱۳۸۲). ایران با قرارگیری بر روی کمربند زلزله آلپ-همیمالیا، طی قرون گذشته، حداقل در معرض ۱۳۰ زلزله با بزرگی ۵٫۷ ریشتر و حتی بیشتر قرار گرفته و تهدید شده است (Ghafory-Ahtiany, ۱۹۹۹). آسیب پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت احتمالی بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمانها و مناطق جغرافیایی به کار می رود.

ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای موجود در واقع یک نوع پیش بینی خسارت دیدگی آنها در مقابل زلزله های احتمالی می باشد (زهرايي و ارشاد، ۱۳۸۴: ۱۱). تحلیل آسیب پذیری، فرآیند برآورد آسیب پذیری عناصر معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع خطرات

مصیبت بار هستند (Fischer, et al, ۱۹۹۶). به عبارت دیگر تحلیل آسیب پذیری شهری، تحلیل، ارزیابی و پیش بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی محسوب می‌شود. عوامل آسیب پذیر نظیر عوامل طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و... بسیار گوناگونند و پیوسته یکدیگر را تحت تاثیر قرار می‌دهند، نه بصورت منفرد، بلکه به شکل یک سیستم جامع. از سوی دیگر، گروههای آسیب‌پذیر از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر، سواد و... در ارتباط هستند (Paton, et al, ۲۰۰۱). پیشگیری و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله در شهرها روستاها و افزایش ضریب ایمنی در ساخت و سازهای جدید از طریق مکان‌یابی و مناسب‌سازی کاربری‌ها در مراکز جمعیتی شهری و روستایی و تأسیسات حساس و مهم متناسب با پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله و کاهش آسیب‌پذیری وضعیت موجود کشور در برابر زلزله با محوریت حفظ جان انسان‌ها از طریق تدوین و اصلاح طرح‌های توسعه و عمران شهری و روستایی متناسب با پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در مناطق مختلف کشور امری ضروری محسوب می‌شود (سیاستهای کلی نظام، ۱۳۸۴).

با گسترش کالبد و اقتصاد جوامع شهری، به تدریج نیاز به کاهش مخاطرات، نه تنها به عاملی اطمینان بخش در کنترل ریسک مخاطرات بدل شده‌است، بلکه دیگر اقدامات مهم و مدیریتی در جهت تهیه برنامه و پیگیری طرحهای بازدارنده از بروز آسیب پذیری های بیشتر اهمیتی روز افزون یافته‌است (Liangfeng, et al, ۲۰۰۲). هدف برنامه‌ریزی شهری به منظور پیشگیری از بلاها، تشخیص فرایند عناصر مخاطره آمیز و تقویت ایمنی محیط، به واسطه بهبود و اصلاح شهرهاست (عبداللهی، ۱۳۸۴). زیرا یکی از مهمترین عوامل در کاهش ضایعات زلزله، تعیین نقاط آسیب‌پذیر شهر و وجود آمادگی قبلی یک جامعه برای برخورد با پدیده زلزله میباشد. دانش شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی میتواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این گونه بلاها را تا حد زیادی تقلیل دهد و مدیران شهری میتوانند با استفاده از این داده‌ها اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب پذیری شهرها را برای این حوادث را به اجرا درآورند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). داده‌های جغرافیایی برای اجرا و انجام مطالعه قابلیت آسیب پذیری یک ناحیه، از اهمیتی خاص برخوردار بوده و می‌تواند به عنوان راهنمای برنامه ریزی برای پیشگیری بلایای شهری به کار رود و در عمل، فقدان داده‌ها جدی ترین مشکل برای انجام اینگونه مطالعات به خصوص در کشورهای درحال توسعه است (تقوایی و علیمحمدی، ۱۳۸۵). جهت ارزیابی شدت و درجه مخاطرات طبیعی، تهیه نقشه های پهنه بندی نقاط آسیب پذیر و داده‌های جغرافیایی در ارتباط با ساختار زمین شناسی، کاربری زمین، جمعیت، کیفیت و تراکم ساختمانها، راههای ارتباطی، تجهیزات شهر و دیگر جنبه های فعالیت شهری لازم به نظر میرسد، این اطلاعات می تواند به وسیله استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد پردازش قرار گرفته و با

ارائه خروجی های مناسب مورد استفاده قرار گیرد. در این میان، عناصر و مؤلفه های شهرسازی موثر بر میزان آسیب پذیری شهرها همچون، مشخصات مکان استقرار سکونتگاه، مکان‌گزینی کاربریها، فرم شهر، جنبه های عملکردی آن، اندازه شهر، چگونگی رشد شهر و مدیریت آن، طراحی ابنیه و شبکه ها، وضعیت بد استقرار تأسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و دیگر عوامل نقشی مهم در بروز شدت و میزان آسیب های ناشی از زمین لرزه می شود (حمیدی، ۱۳۷۱). در عوض وجود عواملی می تواند خسارت ناشی از زلزله را کاهش دهد مثل تعداد، پراکندگی و بزرگی پارکها و فضاهای باز، وجود مراکز امداد و نجات مناسب، بیمارستانها، آتش نشانی‌ها، شبکه های ارتباطی مناسب، همکاری مناسب بین مردم و آموزشهای لازم قبل از زلزله (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۷). از سوی دیگر کاربری زمین، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، کیفیت ابنیه، عرض راهها، ارتفاع ساختمانها، سلسله مراتبی معابر و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در کاهش و یا افزایش آسیبها و خسارتهای ناشی از زلزله تاثیر بسزایی دارند. سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستمهایی مبتنی بر کامپیوتر هستند که داده های فضایی مرجع را در مقاطع زمانی مختلف (به عنوان مثال در به کارگیری، تجزیه و تحلیل، مدلسازی و نمایش) ذخیره سازی و پردازش میکنند (Yanar, et al: ۲۰۰۶). یکی از وظایف مهم سیستم اطلاعات جغرافیایی تصمیم‌گیری با استفاده از اطلاعات به دست آمده از لایه های مختلف میباشد سیستم اطلاعات جغرافیایی میتواند نقش بسیار فعالی در مدیریت علمی، تحلیلها و مدلسازی جنبه‌های محیطی داشته باشد (Rybaczuk, ۲۰۰۱). تخمین قابلیت آسیب‌پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیتها محدود شده است و مدل IHWP که ترکیبی از روش منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است به معیارهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت بصورت یک طیف پیوسته را می‌دهد (حبیبی، ۱۳۸۵).

۳- مواد و روشها

۳-۱- روش شناسی پژوهش:

روش شناسی انجام این پژوهش بر حسب هدف، توسعه ای - کاربردی و بر حسب طرح تحقیق، تحلیلی - توصیفی از نوع پیمایشی است. ابزار جمع آوری داده‌های مورد نیاز در این پژوهش، پیمایش‌های میدانی، مشاهده، پرسشنامه و مصاحبه با کارشناسان شهرداری گرگان و نیز روش اسنادی (با مراجعه به منابع مکتوب اعم از کتاب، مقاله‌ها و گزارشات و بویژه طرحهای جامع و تفصیلی شهر گرگان و نقشه های کاربری اراضی) بوده است. GIS به عنوان نرم افزار میزکار در این پژوهش مورد استفاده واقع شده است. همچنین در این تحقیق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) مورد استفاده قرار گرفته است.

-تعیین چارچوب، اصول و فرآیند روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

- تعیین اهمیت و رتبه داده ها

در گام نخست شاخصهای تعیین شده برای مشخص کردن پهنه های آسیب پذیر در برابر زلزله براساس میزان اهمیت هر شاخص در آسیب پذیری یک مکان بر اثر زلزله براساس شاخص آنروپی (مبتنی نظرات کارشناسانه) رتبه بندی میشوند. سپس معکوس رتبه هر لایه به عنوان وزن آن لایه در مدل IHWP در نظر گرفته می شود. در مدل دلفی با توجه به نظرات کارشناسی افراد متخصص، ۷ شاخص در کلاس های مختلف با درجات مختلف اهمیت آن رتبه بندی می شوند. براین اساس با اهمیت ترین شاخص از نظر اهمیت آسیب پذیری در مقابل زلزله عدد ۷ و کم اهمیت ترین شاخص عدد صفر را به خود اختصاص می دهد (حبیبی، ۱۳۸۵).

- تعیین فروض وزن دهی

دراین مرحله برای ۷ شاخص تحقیق، فرضیه هایی مورد بررسی قرار میگیرد. به عنوان مثال در شاخص درجه محصوریت، فرض اصلی براین است که ساختمانهای کم ارتفاع با عرض معبر بیشتر (درجه محصوریت کمتر) امکان مانور بیشتر دارند، چون حجم نخاله در معابر کمتر است. حال آنکه درجه تخریب و آسیب پذیری در ساختمانهای با درجه محصوریت بالا بیشتر است. بنابراین نقشه درجه محصوریت به ۷ کلاس تقسیم بندی میشود، با توجه به کسب امتیاز این شاخص در میان سایر شاخصها، ساختمانهای دارای کمترین درجه محصوریت کمترین امتیاز آسیب پذیری و ساختمانهای دارای بیشترین درجه محصوریت بیشترین امتیاز را به خود اختصاص میدهند. دسترسی به مراکز درمانی نقش مهمی در کاهش پیآمدهای منفی حوادث طبیعی و مصنوعی دارند. از عمده ترین عملکردهای آن در هنگام بروز زلزله، کم شدن تعداد قربانیان به خاطر دسترسی به مراکز امدادی میباشد. از این رو دسترسی و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در هنگام بحرانهای شهری، درجه آسیب پذیری آن را کم یا زیاد می نماید (حبیبی، ۱۳۸۵).

- محاسبه امتیاز لایه های انتخاب شده

$$X = D/N$$

X = امتیاز اولیه هر شاخص

D = امتیاز به دست آمده از مدل دلفی

N = تعداد کلاسهای، هر شاخص

$$J = D - (N - i) X$$

امتیازبه دست آمده برای طبقه بندی های مختلف هر شاخص $J=$

رقم تخصیص یافته به طبقه بندیهای مختلف هر شاخص $i=$

- تلفیق لایه ها و تهیه نقشه آسیب پذیری نهایی

با طبقه‌بندی شاخص‌های هفتگانه و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش *IHWP* ستونهای امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده باهم جمع می‌شود تا در مورد هر یک از قطعات امتیاز هر واحد ساختمانی را از نظر آسیب‌پذیری نسبت به سایر واحدها مشخص کرد. در پایان نقشه نهایی با کلاس‌بندی داده‌ها در ۵ طبقه متمایز (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله فراهم می‌گردد (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل شماره ۱- مراحل تعیین میزان آسیب پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با روش سلسله مراتبی معکوس (*IHWP*)

۲-۳- معرفی شاخص های سنجش آسیب پذیری

به منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله، شاخصهای زیر انتخاب شده‌است:

- **دسترسی به مراکز درمانی:** دسترسی به مراکز درمانی موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات رسانی میشود. به این ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی، احتمال

آسیب پذیری بیشتر میشود. موضوع عدم دسترسی مناسب به مراکز حیاتی از قبیل بیمارستانها یکی از مشکلاتی است که از عدم توجه به لزوم دسترسی سریع و آسان به چنین مراکزی در هنگام جایابی این مراکز در سطح شهر ویا حتی پس از آن هنگام، ناشی گردیده است.

• **نسبت بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمانها (درجه محصوریت):** با بالارفتن درجه محصوریت (ارتفاع بیشتر ساختمان نسبت به عرض کم معبر) احتمال بسته شدن معابر افزایش می یابد که این امر باعث میشود با ریختن آوار ساختمانها بر خیابانها و بسته شدن آنها، عملیات امداد و نجات و پناهگیری با مشکل مواجه شود. در بسیاری از بخش های مسکونی نیز قسمت های مرکزی محلات فقط از طریق کوچه های باریک و پر پیچ و خم قابل دسترسی است که با آسیب دیدن ساختمانها عملاً دسترسی غیر ممکن خواهد شد.

• **PGA منطقه:** از معیارهای مهم در طراحی و علت اصلی آسیبها، بیشینه شتاب زمین در هنگام زلزله است که براساس ضریبی از g شتاب جاذبه زمین، سنجیده میشود (قدرتی، ۱۳۸۹). واحد PGA مورد استفاده در این پژوهش، سانتیمتر بر مجذور ثانیه (cm/s^2) است. واقع بودن مراکز حیاتی در نقاط با خطر زیاد به افزایش احتمال آسیب پذیری آنها منجر می گردد. واضح است که حتی ساختمان مهمی طبق ضوابط آیین نامه با شتاب مبنا یعنی $g \cdot 0.35$ طراحی و درست هم اجرا شده باشد، واقع بودن آن در پهنه ای با شتاب بیشینه $g \cdot 0.6$ یقیناً آن را آسیب پذیر خواهد ساخت.

• **تراکم ساختمانی:** شاخص مهمی است که با بیشتر شدن آن احتمال تخریب و آسیب پذیری بیشتر میشود. از میان رفتن فضای سبز و باغها و تبدیل آنها به مجموعه های پرتراکم علاوه بر اینکه سبب افت کیفیت زیستی و نابودی منابع زیست محیطی میگردد، توزیع نامناسب فضاهای باز را نیز باعث میگردد و موجب میشود که برای استقرار آسیب دیدگان زلزله بصورت اسکان موقت، در برخی مناطق کمبودهای جدی بوجود آید و انتقال زلزله زدگان به فواصل بسیار دور از منزلشان لازم آید.

• **تراکم جمعیتی:** شاخصی که مشخص کننده بار جمعیتی در مواقع زلزله میباشد و در نتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیتی، سرعت پناهگیری و خدمات رسانی و امداد پایین می آید و بالعکس. در زلزله های با شدت بالا سازه ای قدیمی با تراکم جمعیت کم، کم خطرتر از سازه ای نوساز با تراکم جمعیت بالاست. همچنین بدلیل فنی انتظار نمی رود حتی سازه های نوساز فلزی و بتنی در برابر زلزله های شدید مطمئن باشند (راهنما، ۱۳۹۰).

• **کیفیت ابنیه:** ساختمان به عنوان محصول نهایی یک فرایند، متأثر از مجموعه پیچیده ای از مقررات، خدمات، محصولات و تجهیزات است که در این میان، کیفیت ساخت و اجرای آن به عوامل متعددی از قبیل اهمیت سازه، تعداد طبقات سازه، نظام ساخت و ساز، کنترل کیفیت و تضمین کیفیت، وضعیت صنعت بیمه در این بخش، سطح سواد و میزان آگاهی عمومی جامعه،

سطح درآمد، میزان ثروت کشور و به طور کلی به میزان توسعه یافتگی آن کشور بستگی دارد(حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

• **کاربری زمین:** بسته به نوع کاربری، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر و یا کمتر میشود. به همین خاطر کاربریهای محدوده مورد مطالعه به سه دسته "کاربریهای پرخطر، کاربریهای متوسط خطر و کاربریهای کم خطر" در برابر زلزله تقسیم شده‌اند. هرگاه در تعیین کاربری زمینهای شهری، همجواریها رعایت گردد و کاربریهای ناسازگار در کنار یکدیگر قرار داده‌نشوند، امکان تخلیه سریع فراهم می‌گردد.

۳-۴- معرفی شهر گرگان از منظر داده‌های فضایی - مکانی موثر بر آسیب‌پذیری

عموماً اطلاعات فضایی - مکانی در تبیین خصوصیات طبیعی و انسانی نواحی از گستردگی و تنوع وسیعی برخوردارند. در این بخش تلاش خواهد شد بخش عمده‌ای از این قبیل داده‌ها که می‌توانند در افزایش یا کاهش اثرات زلزله و در راستای آن، در تنظیم سناریوهای آسیب‌پذیری محدوده از زلزله‌های احتمالی تاثیرگذار باشند؛ مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

- تحلیل کالبدی - جمعیتی شهر گرگان در ارتباط با زمین لرزه:

شهر گرگان به عنوان مرکز استان گلستان با وسعتی معادل ۳۶۰۰ هکتار از جمعیتی بالغ بر ۳۲۹۵۴۶ نفر جمعیت در سال ۹۰ برخوردار میباشد(مرکز امار ایران، ۱۳۸۵). حدود ۳۰ گسل براساس تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی، پایان نامه‌ها، مقالات علمی(فارسی و لاتین) و گزارش‌های لرزه خیزی ارائه شده برای قسمتهای مختلف شهر استخراج شده‌اند که عمدتاً در فاصله ۲ تا ۱۰۰ کیلومتری جنوب گرگان واقع شده‌اند. مهمترین آن گسل خزر بطول ۶۰۰ کیلومتر و در فاصله ۲ کیلومتری جنوب گرگان بوده که بزرگترین زلزله‌هایی که در اثر فعالیت گسل خزر ایجاد شده شامل زلزله‌های سال ۸۷۴ م با بزرگای ۶ و سال ۱۹۴۴ م با بزرگای ۲.۵ میباشد که زلزله سال ۱۹۴۴ سبب ویرانی ۳۰ درصد از خانه‌های گرگان و روستاهای پیرامونش گردید(مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۵).



شکل ۲- موقعیت شهر گرگان مرکز استان گلستان

جدول ۱- تغییرات تراکم جمعیتی شهر گرگان طی ۵۰ سال

سال	جمعیت	مساحت (هکتار)	تراکم (نفر در هکتار)
۱۳۳۵	۲۸۳۸۰	۲۸۶	۹۹/۲
۱۳۴۵	۵۱۱۸۱	۵۴۷	۹۳/۵
۱۳۵۵	۸۸۰۳۳	۹۹۷	۸۸/۲
۱۳۶۵	۱۳۹۴۳۰	۱۷۲۲	۸۰/۹
۱۳۶۵	۱۸۸۷۱۰	۲۸۰۹	۶۷/۱
۱۳۷۵	۲۷۴۴۳۸	۳۶۵۰	۷۷/۰۸

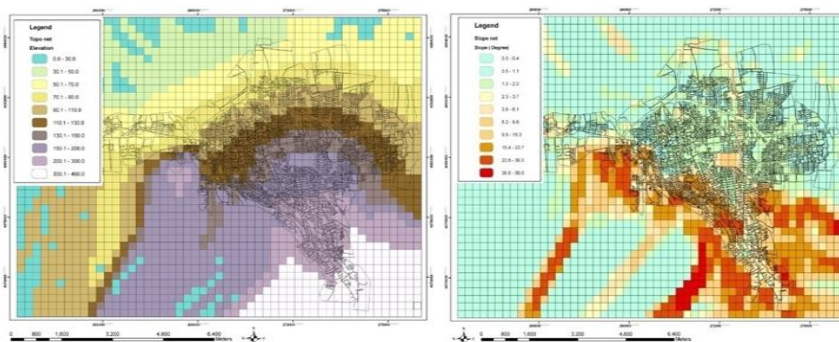
براساس بررسی های به عمل آمده رشد سریع شهر از دهه ۱۳۶۵ شروع شد، اما تا دهه ۱۳۷۵ رشد شهر به صورت فشرده بود. ادوار پس از سالهای ۸۵ و ۷۵ را صرفنظر از کمیت آن، میتوان عصر شتابان و فزاینده توسعه افقی شهر گرگان نامید. این روند متأسفانه همچنان نیز ادامه دارد. وجود کاربریهای انبوه و غیرضروری مانند فضاهای نظامی، زمینهای بایر و... در شهر، مهاجرتهای روستا به شهر، سیاستهای واگذاری زمین ومسکن بعد از انقلاب، افزایش نرخ مالکیت اتومبیل شخصی، ادغام روستاها و آبادیهای پیرامونی در شهر، ابهام در قوانین و مقررات شهری و تغییرات مکرر مدیران شهری از مهمترین دلایل رشد پراکنده و غیر فشرده در این شهر طی دورههای اخیر محسوب می شود (پورا احمد، ۱۳۸۹).

– ساختار مورفولوژیکی شهر گرگان با تأکید بر ساختار تکتونیکی و زمین شناختی این شهر

دو ماتریس اطلاعاتی ارتفاع و شیب از میان خانواده اطلاعاتی مورفولوژی، برای تهیه و تدوین میزان آسیب پذیر شهر در برابر زلزله مهم می باشند. در محدوده هایی که تغییرات ارتفاعی وسیع

باشد، فاکتور ارتفاع مهم خواهد بود ولی در گستره شهری مانند گرگان، هرچند که تغییرات ارتفاعی ملایمی را از سمت شمال به جنوب مشاهده می‌کنیم؛ ولی می‌توان گفت که اثرات تغییر ارتفاعی در مدیریت بحران زلزله چندان قابل توجه نخواهد بود. بر عکس لایه اطلاعاتی ارتفاعی، اثر شیب در برخی از مناطق شهر گرگان بسیار مهم خواهد بود و لذا می‌بایست در محاسبات وارد شود.

در شکل ۴ پهنه‌بندی ارتفاعی شهر گرگان بر پایه نقشه‌های راقومی ۱/۲۰۰۰ طرح تفصیلی و نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰ سازمان آب گرگان نشان داده شده‌است. مقادیر شیب به درجه بوده که در مناطق جنوبی شهر و به سمت نهارخوران گرگان در برخی محدوده‌ها شیب بالا که امکان رانش‌های القائی را در هنگام رویداد زلزله‌های بزرگ به وجود می‌آورد، قابل مشاهده‌است. محدوده شهر گرگان با توجه به تقسیم‌بندی‌های ایالتی زمین‌شناختی مختلف در جوار زیر پهنه‌های زمین‌شناختی زیر پهنه البرز، زیر پهنه فرو نشست خزر، زیر پهنه گرگان-رشت، و زیر پهنه خزر جنوبی قرار دارد. بخش اعظم گستره مورد مطالعه در محدوده البرز شرقی قرار می‌گیرد. ساختارهای این منطقه عمدتاً شامل گسل‌های راندگی و چین خوردگی‌ها است.



شکل ۵- پهنه بندی ارتفاعی گستره گرگان و اطراف آن

شکل ۴-مقادیر شیب شهر گرگان و اطراف آن

محاسبه امتیاز لایه های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

در جداول زیر شاخصهای انتخاب‌شده همراه با طبقه‌بندی هر شاخص و امتیاز آنها آورده شده‌است. اعداد داخل پرانتز شاخصها امتیاز به دست‌آمده از مدل دلفی (D) و اعداد داخل پرانتز طبقه‌بندی هر شاخص «رقم اختصاص داده‌شده برای طبقه‌بندیهای مختلف هر شاخص» (i) میباشد. در نهایت امتیاز مربوط به هر طبقه از شاخصها (J) محاسبه شده‌است:

• دسترسی به مراکز درمانی:

پراکندگی نامناسب مراکز درمانی در سطح شهر گرگان وجود دارد و عمدتاً این مراکز در بخشهای مرکزی شهر به سمت جنوب مستقر شده‌اند. در قسمت غرب بیمارستان حکیم جرجانی و بیمارستان درحال ساخت آیت الله طاهری تا حدی مشکل خدمات رسانی به بخش غربی شهر را در مواقع بحران برطرف خواهند نمود ولی بخش شرقی و شمالی شهر فاقد بیمارستان بوده و انتقال مصدومین در مواقع بحران با مشکل روبرو خواهد شد. لایه دسترسی به مراکز درمانی به ۶ طبقه تقسیم و با معکوس نمودن وزن هر لایه بلوکهایی که کمترین فاصله با مراکز درمانی را دارند کمترین امتیاز و بلوکهایی که بیشترین فاصله با مراکز درمانی دارند بیشترین امتیاز را به خود اختصاص میدهند.



شکل ۶- نقشه فواصل دسترسی به مراکز درمانی

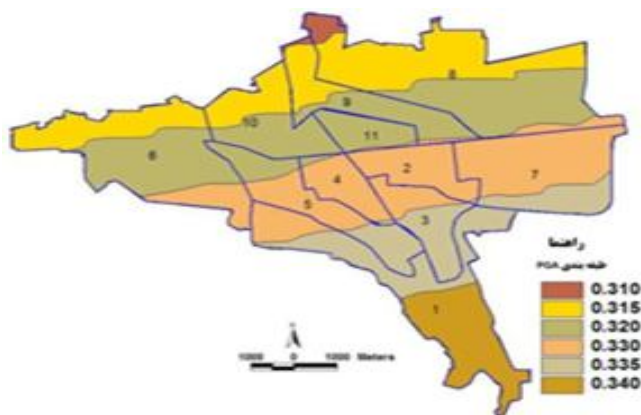
جدول ۲- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص دسترسی به مراکز درمانی

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۰. ۱۶۶	۰. ۱۶۶	(۱) ۰-۲۵۰	دسترسی به مراکز درمانی (۱)
۰. ۳۳۲		(۲) ۲۵۰-۵۰۰	
۰. ۴۹۸		(۳) ۵۰۰-۱۰۰۰	
۰. ۶۶۴		(۴) ۱۰۰۰-۱۵۰۰	
۰. ۸۳۰		(۵) ۱۵۰۰-۲۰۰۰	
۱. ۰۰۰		(۶) بالای ۲۰۰۰	

• شاخص PGA

با قرارگیری گسل خزر در محدوده قلعه حسن در قسمت‌های شمالی شهر و تحلیل نقشه PGA شهر نشان می‌دهد که از جنوب شرقی به شمال غربی بتدریج از مقادیر بیشینه شتاب کاسته

می‌گردد ولی میزان کاهش با توجه به ابعاد ناحیه مورد نظر چندان قابل ملاحظه نمی‌باشد. لذا در جدول مربوط به محاسبه امتیاز طبقه‌های این شاخص بخشهای شمالی شهر کمترین امتیاز و بخشهای جنوبی شهر بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



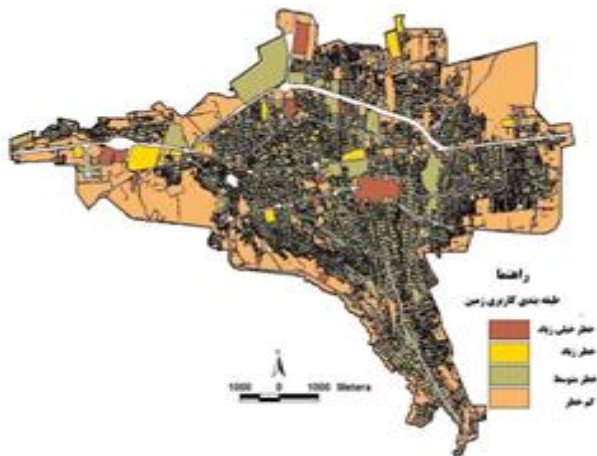
شکل ۷- نقشه پهنه بندی بیشینه شتاب سطح زمین

جدول ۳- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص بیشینه شتاب سطح زمین (PGA)

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۰. ۳۳۳	۰. ۳۳۳	(۱)۰,۳۱۰	PGA (۲)
۰. ۶۶۸		(۲)۰,۳۱۵	
۱. ۰۰۰		(۳)۰,۳۲۰	
۱. ۳۳۳		(۴)۰,۳۳۰	
۱. ۶۶۷		(۵)۰,۳۳۵	
۲. ۰۰۰		(۶)۰,۳۴۰	

• شاخص کاربری زمین (۳)

براساس میزان اهمیت در برابر خسارات و صدمات وارده در اثر زلزله، کاربریهای موجود را در ۴ طبقه، کم خطر، خطر متوسط، خطر زیاد، خطر خیلی زیاد تقسیم شدند. کاربردهایی مانند بیمارستانها، تاسیسات شهری در ردیف کاربریهای با خطر خیلی زیاد که بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند، کاربردهایی مانند مدارس مراکز نظامی و انتظامی در ردیف کاربریهای با خطر زیاد، کاربریهای مسکونی، اداری و تجاری در ردیف کاربریهای با خطر متوسط و کاربریهایی مانند سالنها، انبارها و اراضی خالی در ردیف کاربریهای کم خطر که کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۸- نقشه خطر پذیری کاربری زمین

جدول ۴- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص کاربری زمین

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۰/۷۵	۰/۷۵	کم خطر (۱)	کاربری زمین (۳)
۱/۵		خطر متوسط (۲)	
۲/۲۵		خطر زیاد (۳)	
۳		خطر خیلی زیاد (۴)	

• شاخص محصوریت:

شاخص محصوریت نسبت عرض معابر به ارتفاع بلوک‌های مجاور معابر شهر میباشد که در بیشتر معابر شهر گرگان خصوصا بافت قدیم تعریض معابر صورت نگرفته و شاهد درجه محصوریت پایین معابر خصوصا در این بافتها هستیم که بر اثر وقوع زلزله احتمال مسدود شدن این معابر وجود داشته و این موضوع امکان امداد رسانی را با مشکل مواجه خواهد کرد. شاخص محصوریت معابر شهر گرگان به ۸ طبقه تقسیم و درجات پایین محصوریت معابر مربوط به بلوکهای واقع در مناطق مرکزی شهر و عمدتا بافت قدیم است که کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و بالعکس بلوکهای شهری واقع در بخشهای جنوبی شهر، محدوده بلوار ناهارخوران از محصوریت بالایی برخوردار می‌باشند.



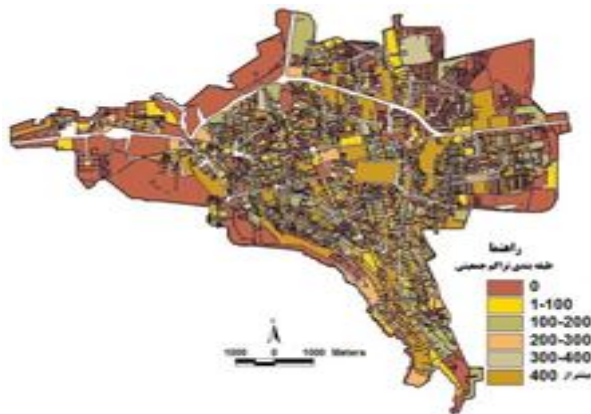
شکل ۹- نقشه درجه بندی محصوریت معابر شهر گرگان

جدول ۵- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص درجه محصوریت معابر

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۰/۵	۰/۵	کمتر از ۰/۵ (۱)	درجه محصوریت (۴)
۱		۰/۸ - ۰/۹ (۲)	
۱/۵		۱/۱ - ۰/۸ (۳)	
۲		۱/۴ - ۱/۱ (۴)	
۲/۵		۱/۷ - ۱/۴ (۵)	
۳		۲ - ۱/۷ (۶)	
۳/۵		۲/۵ - ۲ (۷)	

• شاخص تراکم جمعیتی:

بیشترین تراکم جمعیتی به میزان ۴۰۰ نفر در هکتار و بیشتر عمدتاً در اراضی جنوبی شهر محدوده‌های بلوار ناهارخوران، گلشهر، دخانیات، سروش جنگل واقع شده و بیشترین امتیاز را نیز در جدول به خود اختصاص داده‌اند. کمترین تراکم جمعیتی را نیز به تعداد ۱۰۰-۱ نفر در هکتار بیشتر در حاشیه شمالی شرقی و غربی شهر محدوده‌های کمربندی، شاهد هستیم که کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



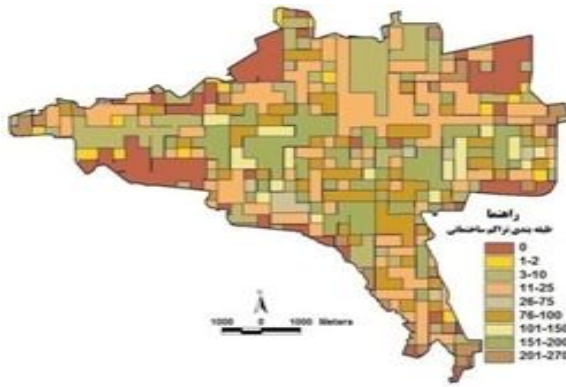
شکل ۱۰- نقشه تراکم جمعیتی شهر گرگان

جدول ۶- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص تراکم جمعیتی

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۰/۸۳۵	۰/۸۳۵	(۱) ۰	تراکم جمعیتی (۵)
۱/۶۶۸		(۲) ۱-۱۰۰	
۲/۵۰۱		(۳) ۱۰۱-۲۰۰	
۳/۳۳۴		(۴) ۲۰۱-۳۰۰	
۴/۱۶۷		(۵) ۳۰۱-۴۰۰	
۵		(۶) بالای ۴۰۰	

• شاخص تراکم ساختمانی:

بلوکهای واقع در قسمت جنوبی شهر گرگان بیشترین تراکم ساختمانی را به خود اختصاص داده‌اند. این بلوکها شامل ساختمانهای واقع در بلوار ناهارخوران، شهرک دخانیات، سروش جنگل، مینا گل، شالیکوبی و گلشهر حدود ۶۰٪ ساختمانها چهار طبقه و بیشتر هستند و بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و بالعکس کمترین تراکم ساختمانی در قسمت شمال غربی شهر واقع شده و از جنوب به خیابان امام خمینی و از شمال به کمربندی شهر و از غرب به کمربندی و خیابان جمهوری و از شرق به خیابان شهدا محدود میشود که حدود ۹۳٪ ساختمانها ۲ طبقه و کمتر میباشند و کمترین امتیاز را نیز به خود اختصاص داده‌اند.



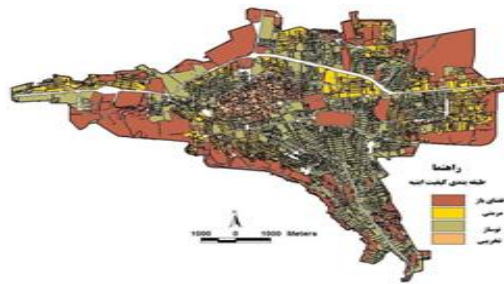
شکل ۱۱- نقشه تراکم ساختمانی شهر گرگان

جدول ۷- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص تراکم ساختمانی

شاخص	طبقه بندی	$X=D/N$	$J=D-(N-i)X$
تراکم ساختمانی (۴)	(۱) ۰	۰/۶۶۶	۰/۶۷۲
	(۲) ۱-۲		۱/۳۳۸
	(۳) ۳-۱۰		۲/۰۰۴
	(۴) ۱۱-۲۵		۲/۶۷۰
	(۵) ۲۶-۷۵		۳/۳۳۶
	(۶) ۷۶-۱۰۰		۴/۰۰۲
	(۷) ۱۰۱-۱۵۰		۴/۶۶۸
	(۸) ۱۵۱-۲۰۰		۵/۳۳۴
	(۹) ۲۰۱-۲۷۰		۶

• شاخص کیفیت ابنیه:

با بررسی نقشه کیفیت ابنیه در شهر گرگان در می‌یابیم عمدتاً بلوکهای واقع در خیابانهای ایرانمهر، شهید باهنر، امام رضا، محدوده بافت قدیم شهر گرگان، خیابان شهدا، قلعه حسن، اسلام آباد از کیفیت ابنیه نامطلوبی برخوردار بوده و اکثراً فاقد اسکلت میباشند. حدود ۶۰٪ این ساختمانها فرسوده و فاقد اسکلت مقاوم در برابر زلزله میباشند. لذا در جدول امتیاز بندی شاخصها بناهای تخریبی و مرمتی که عمدتاً در این محدوده ها قرار گرفته‌اند بیشترین امتیاز و بناهای نوساز که عمدتاً در محدوده جنوبی شهر قرار گرفته‌اند کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱۲- نقشه کیفیت ابنیه شهر گرگان

جدول ۸- طبقه بندی و محاسبه امتیاز طبقات شاخص کیفیت ابنیه

$J=D-(N-i)X$	$X=D/N$	طبقه بندی	شاخص
۱۷۵	۱۷۵۰	فضای باز (۱)	کیفیت ابنیه (۷)
۳۷۵		نوساز (۲)	
۵۳۵		مرمتی (۳)	
۷		تخریبی (۴)	

۴- تحلیل نتایج حاصل از بررسی لایه ها

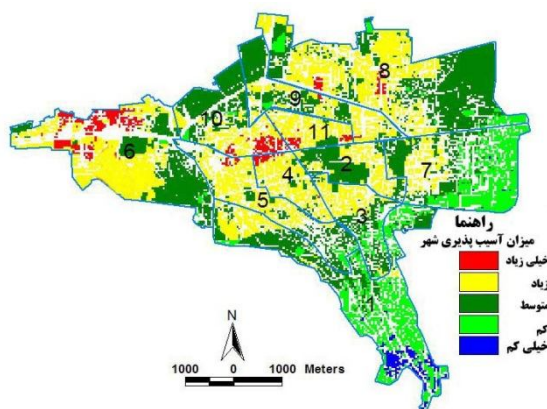
بررسی لایه های هفتگانه آسیب پذیری شهر گرگان نشان می دهد میزان بیشینه شتاب سطح زمین هرچه از سمت شمال به جنوب شهر حرکت میکنیم بدلیل نزدیکی به گسل خزر افزایش یافته در نتیجه میزان خطرپذیری ناشی از زلزله نیز که عمدتاً در زونهای ۳ و ۱ از نقشه نهایی آسیب پذیری شهر گرگان است افزایش می یابد. همچنین در زونهای ۳ و ۱ شاهد بیشترین تراکم ساختمانی نیز می باشیم. بیشترین محصوریت معابر شهری و همچنین کیفیت نامطلوب ابنیه را در زونهای ۱۰ و ۱۱ و ۵ شاهدیم که نقش مهمی در میزان خسارت و نحوه امداد رسانی به مصدومین را داراست. بیشتر مراکز درمانی در زونهای ۲ و ۳ واقع شده و عدم پراکندگی مناسب مانع انتقال به موقع مصدومین به این مراکز خواهد شد.

- تلفیق نقشه ها

ستونهای امتیازات مربوط به هر یک از لایه های اطلاعاتی با استفاده از ابزار *Raster Calculator* ایجاد شده با یکدیگر جمع میشود. به این ترتیب مجموع ۷ ستون مربوط به ۷ لایه اطلاعاتی در مورد هر یک از قطعات امتیاز هر واحد ساختمانی را از نظر آسیب پذیری و یا پایداری نسبت به سایر واحدها مشخص میکند. لازم به ذکر است که عملیات جبری داده ها در یک مرحله صورت میگیرد.

-تهیه نقشه آسیب پذیری نهایی شهر گرگان

در این مرحله نقشه نهایی با کلاس‌بندی داده‌ها در طبقه متمایز شامل (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله فراهم می‌گردد. به عبارت دیگر امتیازهای مربوط به هر قطعه ساختمانی از ۷ شاخص و کلاسهای طبقه‌بندی آنها جمع و نقشه آسیب‌پذیری در مقابل زلزله تولید شده‌است.



شکل ۱۳- نقشه نهایی آسیب پذیری شهر گرگان در برابر زلزله

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش با هدف تعیین میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان، هفت شاخص درجه مصوریت، کاربری زمین، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، دسترسی به مراکز درمانی و PGA (بیشینه شتاب زمین) انتخاب شده و با تقسیم شهر به ۱۱ زون میزان آسیب‌پذیری در مقابل زلزله مشخص شده است. نتیجه این کار، نقشه آسیب‌پذیری شهر گرگان در مقابل زلزله‌است که بیشترین آسیب‌پذیری ساختمانها در زونهای ۱۰ و ۶ که عمدتاً در بافتهای قدیمی شهر میباشد. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری شهر گرگان، محدوده‌هایی که خیابانهای آن عرض کافی داشته و از نظر دسترسی به مراکز امدادی در وضعیت بهتری قرار داشته و تراکم جمعیتی و ساختمانی و... در آنها پایین است، از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بهتری قرار دارند. به عبارت دیگر این محدوده‌ها با توجه به تقسیم‌بندی نقشه آسیب‌پذیری به ۵ قسمت، رتبه "خیلی کم" و یا "کم" گرفته‌اند. این محدوده‌ها عمدتاً در زونهای ۱ و ۷ واقع شده‌اند که شامل قسمتهای جنوبی و شرقی شهر گرگان محدوده‌های خیابانهای ناهارخوران، گلشهر، مدرس، کاشانی، سروش جنگل و دخانیات را شامل میشود. به طور کلی ساختمانهای موجود در جنوب شهر نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه دارای آسیب‌پذیری کمتری هستند. با حرکت از سمت جنوب به مرکز

شهر، بر میزان آسیب پذیری افزوده میشود. علت این امر این است که شمال شهر نسبت به جنوب آن داری معابر با عرض کافی، ساختمانهای مقاوم و با قدمت کم میباشد و بالعکس محدوده های مرکزی شهر از بافتی قدیمی با معابر باریک و ساختمانهای فرسوده برخوردار است.

منابع:

- ابلقی، علیرضا (زمستان ۱۳۸۳ و بهار ۱۳۸۴). "یادداشت سردبیر"، مجله هفت شهر، سازمان عمران و بهسازی شهری، شماره ۱۸ و ۱۹.
- اسمیت، کیت (۱۳۸۲)؛ مخاطرات محیطی، ترجمه ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی نژاد، انتشارات سمت.
- پوراحمد، احمد، حسام مهدی و آشور حدیثه (۱۳۸۹). "تحلیلی برالگوی گسترش کالبدی-فضایی شهرگران با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون وهلدن"، مجله پژوهش وبرنامه ریزی شهری، سال اول، شماره سوم، زمستان ۱۳۸۹، صص ۱۸-۱.
- تقوایی، مسعود، نرگس علیمحمدی (۱۳۸۵) زلزله و پیامدها و بحرانهای ناشی از آن در شهرها، بنا، ۲۷، ۸۳-۱۰۷
- حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵) ارزیابی سیاستهای توسعه کالبدی، بهسازی ونوسازی بافتهای کهن شهری با استفاده از GIS پایان نامه برای دریافت درجه دکتری در رشته جغرافیا وبرنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران
- حاتمی نژاد، حسین، فتحی حمید وعشق آبادی فرشید (۱۳۸۷) ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه ای در شهر (نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، پژوهش های جغرافیای انسانی، ۶۸، ۲۰-۱.
- حبیبی، کیومرث دکتر احمد پوراحمد؛ دکتر ابوالفضل مشکینی؛ دکتر علی عسگری؛ مهندس سعید نظری عدلی (۱۳۸۷) تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از "FUZZY LOGIC و GIS" هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صص ۲۷-۲۳.
- حمیدی، ملیحه، (۱۳۷۱) ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافتهای شهری در آسیب پذیری مسکن از سوانح طبیعی، تهران، مجموعه مقالات سمینار سیاستهای توسعه مسکن در ایران.
- راهنما، امیرحسین و طالعی محمد (۱۳۹۰) اولویت بندی بازسازی مناطق شهری تهران در برابر زلزله به کمک مدل فازی و GIS. آمایش محیط، دوره ۵ شماره ۱۶ صص ۷۱-۵۱.
- زنگی آبادی، علی محمدی جمال، صفایی همایون، قائدرحمتی صفر (۱۳۸۷) تحلیل آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (نمونه موردی شهر اصفهان)، جغرافیا وتوسعه-شماره ۱۲- صص ۷۹-۶۱.
- زهرایی، سیدمهدی و ارشاد، لیلی، (۱۳۸۴) بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای شهرقزوین. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران. جلد ۳۹. انتشارات دانشگاه تهران.
- سیاستهای کلی نظام برای پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه، مصوب ۱۳۸۴/۰۲/۰۳، ابلاغی توسط مقام معظم رهبری.
- شیعه، اسماعیل وهمکاران (۱۳۸۹)، بررسی آسیب پذیری شهرداربرابرزلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام-زاهدان.
- عابدی، مهدی (۱۳۸۹) بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمانها پس از وقوع زلزله در معابر شهری- نمونه موردی: محله چیدر منطقه ۱ تهران"، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شهرسازی-برنامه ریزی شهری ومنطقه ای، دانشگاه آزاداسلامی واحدتهران مرکزی.
- بداللهی، مجید (۱۳۸۴) مدیریت بحران درنواحی شهری، سازمان شهرداریهای کشور، چاپ دوم، تهران.

- قدرتی امیری، غلامرضا (۱۳۸۹) "تحلیل خطرپذیری سازه هادربرابرزلزله"، پلی کیپی دانشگاه علم و صنعت ایران.
- مرکز آمار ایران، سرشماری، عمومی، نفوس، ومسکن ۱۳۸۵، تهران.
- مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، بخش زلزله. "تهیه وتدوین سناریو زلزله شهرگرگان" فصل سوم، صص ۶۶.
- UN/ISDR, (۲۰۰۵) National report of Iran on word conference on disaster reduction. ۱۸- ۲۲ January, Kobe, Hyogo, Japan
- Liangfeng, Z. , Guirong, Z. , Kunlong, Y. , Liang, Z. , (۲۰۰۲) Risk analysis system of geo-hazard based on GIS technique, Journal of Geographical Sciences, ۱۲, ۳۷۱
- Yanar, T. A. , and Akyurek, Z. , (۲۰۰۶) The enhancement of the Cell based GIS analyses with fuzzy processing capabilities, Information Sciences, ۱۷۶, ۱۰۶۷-۱۰۸۵.
- Rybaczuk, K. Y. ,(۲۰۰۱) GIS as an aid to environmental management and community participation in the Negril Watershed, Jamaica, Computers, Environment and Urban Systems, ۲۵,
- Cova, T. J. (۲۰۰۵), GIS in emergency management, Geographic Information Systems: Principle Techniques, ۸۴۵-۸۵۸.
- Rashed, K and Weeks, J. (۲۰۰۳)"Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial International Journal of Geographic Information Science multicriteria analysis of urban areas", Vol. ۱۷, no. ۶: ۵۴۷-۵۷۶.
- S.Antonioni.G. Gigliola, and Valerio Cozzani (۲۰۰۷) "A methodology for the quantitative risk, triggered by seismic events", Journal of Hazardous Materials, assessment of major accidents
- Fischer III, Henry, Scharnberger, Charles J and Geiger, Charles J (۱۹۹۶). "Reducing seismic vulnerability in low to moderate risk areas", disaster prevention and management, volume ۵, number ۴, MCB university, ISSN ۰۹۶۵-۳۵۶۲
- Ghafory-Ahtiany, M(۱۹۹۹). "Rescue operation and reconstructions in Iran", disaster prevention and management, Volume ۸, Number ۱, MCB university, ISSN ۰۹۶۵-۳۵۶۲.
- Paton, Douglas and Johnston, David(۲۰۰۱),"Disaster and communities:vulnerability,resilience and preparedness,Disaster, prevention and Management, Volume ۱۰,number ۴ ,MCB university,ISSN ۰۹۶۵-۳۵۶