



دانشکده

علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی

گرایش زیست محیطی

عنوان :

ارزیابی ریسک خطر زلزله و مدیریت بحران

در شهر مقدس مشهد

نگارش:

فیروزه عاقل

استاد راهنما:

دکتر ناصر حافظی مقدس

مشاور :

دکتر کامبد امینی حسینی

شهریور ۱۳۸۶



Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Science

Subject :

**Seismic Risk Evaluation & Emergency management of
Mashhad City**

By :

Firoozeh Aghel

*A Thesis Submitted for the Achivement of the Degree of Master of
Science*

Super visor:

Dr.Naser Hafezi Moghaddas

Advisor :

Dr. Kambod Amini Hosani

September 2007

تقدیر و تشکر :

سپاس و حمد بی پایان خداوند را که به اینجانب توفیق داد تا در راه کسب علم و دانش گام بردارم. مسیری که در آن مرا با بهترین بندگان خود آشنا نمود که با بهره گیری از تجربیات و راهنماییهای آنان آینده را روشن تر و درخشان تر از گذشته می بینم.

در ابتدا بر خود واجب می دانم از استاد راهنمای گرامیم آقای دکتر ناصر حافظی مقدس بخاطر کمک های بی شائبه ایشان در انجام این پژوهش که همیشه شرمنده لطف و دلسوزی ایشان بودم، تشکر و قدردانی کنم و از آقای دکتر کامبد امینی حسینی که مشاور من در امر این پژوهش بودند و همچنین از آقای دکتر طاهری رئیس دانشکده علوم زمین به خاطر راهنماییها و کمک های مفیدشان، آقای دکتر امیدی و آقای دکتر ساغروانی که داوری این پژوهش را بر عهده داشتند و تمامی اساتید دانشکده که حکم دانش آموزی همه آنها را دارم، تشکر و قدر دانی می نمایم همچنین از شورای اسلامی شهر مشهد که مسئولیت حمایت از پایان نامه مرا به عهده داشتند، از خانواده مهربانم و تمامی افرادی که بنحوی در انجام این پژوهش مرا یاری رساندند تشکر و قدر دانی نموده و آرزوی عاقبت بخیری را برای تمامی این افراد از خداوند منان مسئلت دارم .

فیروزه عاقل

۱۳۸۶

چکیده:

در این مطالعه ارزیابی ریسک خطر زلزله و مدیریت بحران برای کلان شهر مذهبی مشهد مورد بحث قرار گرفته است. برای این منظور فعالیت دو گسل جنوب و شمال مشهد بعنوان بدترین سناریو در نظر گرفته شده و شتاب احتمالی هر یک از آنها بر اساس رابطه تجربی کمپل و بزرگنیا (۲۰۰۴) در سطح شهر مشهد محاسبه شده است. سپس توزیع ۱۱ پارامتر کیفیت ساخت، موقعیت معابر و خیابان ها، مراکز مسکونی، مراکز آموزشی، هتل ها و مراکز اقامتی، مراکز مذهبی و تجمع جمعیت، ادارات دولتی، مراکز تجاری و صنعتی، مراکز بهداشتی و درمانی، سازه های خاص و مراکز تفریحی- ورزشی بعنوان عوامل مؤثر در خرابی و خسارات حاصل از زلزله بصورت لایه های اطلاعاتی در محیط GIS با نرم افزار Arc view تهیه شده است.

با انطباق پارامتر های فوق (نقشه های مدیریت شهری) و منحنی های هم شتاب حاصل از دو مدل سناریوی زلزله و همچنین شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال حاصل از مطالعات ریز پهنه بندی، نقشه آسیب پذیری زلزله به روش نرخ دهی و نسبی در روز و شب و میانگین آنها بدست آمده است.

نقشه مزبور نشان می دهد که آسیب پذیری زلزله بطور نسبی در نواحی مرکزی، شمال و شرق شهر از حاشیه شهر بالاتر می باشد که علت اصلی آن وجود مراکز تجمع جمعیت (آموزشی، اقامتی، مذهبی و ادارات)، ساختمانهای با ابعاد کمتر از ۲۰۰ متر، بافت فرسوده و وجود مراکز تجاری و صنعتی است. بررسی تک تک لایه های اطلاعاتی نیز نشان می دهد که بیش از ۸۰ درصد مراکز اقامتی و حدود ۴۱ درصد ادارات دولتی و حدود نیمی از مراکز بهداشتی و درمانی نیز که در زمان وقوع یک حادثه

احتمالی از ارکان اصلی امداد و نجات می باشد در پهنه با آسیب پذیری بالا قرار دارند. همچنین از ۳۵ بیمارستان تنها ۸ بیمارستان در پهنه با آسیب پذیری متوسط و پایین قرار گرفته اند. بخش مهمی از مراکز آموزشی نیز که توزیع تقریباً یکنواختی در سطح شهر دارند، در پهنه با آسیب پذیری متوسط قرار گرفته اند.

لازم به توضیح است که در این مطالعه از دو آزمون مورد بررسی قرار نگرفته است لذا بالا بودن درجه آسیب پذیری لزوماً به معنای تخریب در اثر وقوع زلزله نمی باشد بلکه به معنای بالا بودن تبعات اقتصادی و جانی وقوع یک زلزله احتمالی در اثر تخریب سازه های مورد نظر است. بررسی جداگانه مناطق شهری نیز نشان می دهد که منطقه ۱۲ شهری (شهرداری ثامن) که محدوده اطراف حرم مطهر می باشد و منطقه یک و پنج شهرداری که بخش مهمی از آنها را بافت فرسوده شامل

می شود، دارای درصد بالای آسیب پذیری می باشند. بررسی حاضر نشان می دهد که مراکز اجرایی مدیریت بحران در شهر مشهد عمدتاً در محدوده های با ریسک بالا قرار دارند و مناطق امن، مناطق با ریسک خطر متوسط و پایین که شرایط دسترسی و امداد و نجات برای آنها فراهم است در نواحی شمال غرب، غرب و جنوب مشهد وجود دارند.

فهرست مطالب

سه

عنوان.....

صفحه.....

۵

تشکر و قدردانی..... یک

چکیده..... دو

فهرست اشکال..... هفت

فهرست جداول..... ده

فصل اول - کلیات

۱-۱- مقدمه..... ۱

۲-۱- اهمیت و ضرورت مطالعه..... ۴

۳-۱- مشخصات عمومی شهر مشهد..... ۴

۴-۱- ویژگیهای شهری شهر مشهد..... ۶

۵-۱- روش مطالعه..... ۸

فصل دوم- ارزیابی ریسک خطر زلزله و مدیریت بحران

۱-۲- مقدمه..... ۱۱

۲-۲- روش ارزیابی آنالیز ریسک و آسیب پذیری..... ۱۲

۳-۲- مراحل مدیریت بحران زلزله..... ۱۶

- ۱۹-۳-۲- بخش توسعه ملی چرخه مدیریت بحران.....
- ۲۰-۴-۲- مدیریت بحران زلزله در ایران.....

فصل سوم- ارزیابی خطر زلزله در مشهد

- ۲۵-۱-۳- مقدمه.....
- ۲۶-۲-۳- مشخصات زمین شناسی و زمین ساختی شهر مشهد.....
- ۲۷-۳-۳- گسل های مهم اطراف شهر مشهد.....
- ۲۹-۴-۳- تاریخچه لرزه خیزی شهر مشهد.....
- ۳۰-۱-۴-۳- لرزه خیزی تاریخی.....
- ۳۱-۲-۴-۳- لرزه خیزی دستگاهی.....
- ۳۱-۳-۴-۳- عمق کانونی زمین لرزه ها.....
- ۳۳-۵-۳- شرایط لرزه ای شهر مشهد با توجه به آئین نامه ۲۸۰۰.....
- ۳۵-۶-۳- برآورد شتاب سطحی افقی در شهر مشهد.....

فصل چهارم - تهیه لایه های اطلاعاتی مشخصات شهری مشهد

- ۴۲-۱-۴- مقدمه.....
- ۴۳-۲-۴- گردآوری اطلاعات و تهیه بانک اطلاعات شهری.....
- ۴۴-۳-۴- معرفی لایه های اطلاعاتی.....

فصل پنجم- ارزیابی آسیب پذیری و تهیه نقشه ریسک زلزله

- ۵۸-۱-۵- مقدمه.....
- ۵۹-۲-۵- ارزیابی درجه آسیب پذیری شهر مشهد.....
- ۸۰-۳-۵- ارزیابی نتایج حاصله.....
- ۸۴-۴-۵- مدیریت بحران زلزله در شهر مشهد.....
- ۸۴-۱-۴-۵- مراکز مدیریت بحران زلزله.....

۵-۴-۲- مراکز بهداشتی -درمانی.....۸۶

۵-۴-۳- مراکز تخلیه امن.....۸۶

فصل ششم- نتیجه گیری و پیشنهادا پنج

۶-۱- نتیجه گیری.....۹۵

۶-۲- پیشنهادات.....۹۷

منابع فارسی۹۸

منابع انگلیسی۱۰۱

چکیده انگلیسی۱۰۵

.....

فهرست اشکال

عنوان.....	صفحه.....
.....	۵
شکل ۱-۱- مناطق ۱۲ گانه مشهد(بر اساس تقسیم بندی شهرداری).....	۸
شکل ۱-۲- نمودار مراحل مختلف مطالعات.....	۱۰
.....
شکل ۱-۳- نقشه گسل های مهم در اطراف شهر مشهد.....	۲۷
شکل ۲-۳- پراکندگی هندسی ژرفای کانونی زمینلرزه ها در داخل مستطیل نمایش داده شده در راستای مقطع AA'.....	۳۳
شکل ۳-۳- نقشه پهنه بندی خطر زلزله در ایران و موقعیت گستره طرح ریز پهنه بندی.....	۳۴
شکل ۳-۴- نقشه شتاب سطحی افقی برای دوره بازگشت ۴۷۵.....	۳۵
شکل ۳-۵- منحنی های همشتاب افقی در سطح زمین با فرض فعالیت گسل جنوب مشهد و چناران بر اساس رابطه کمپل و بزرگنیا(۲۰۰۴).....	۳۸
شکل ۳-۶- منحنی های همشتاب افقی سطحی با فرض فعالیت گسل طوس بر اساس رابطه کمپل و بزرگنیا(۲۰۰۴).....	۳۹
شکل ۳-۷- موقعیت منحنی های همشتاب افقی سطحی در شهر مشهد با فرض فعالیت گسل طوس.....	۴۰
شکل ۳-۸- موقعیت منحنی های همشتاب افقی سطحی در شهر مشهد با فرض فعالیت گسل جنوب مشهد.....	۴۱
شکل ۱-۴- پراکندگی مراکز آموزشی در شهر مشهد.....	۴۷

- شکل ۴-۲- پراکندگی مراکز مذهبی در شهر مشهد ۴۸
- شکل ۴-۳- پراکندگی ادارات و ساز و ساز ۴۹
هفت
- شکل ۴-۴- پراکندگی مراکز درمانی - بهداشتی در شهر مشهد ۵۰
- شکل ۴-۵- پراکندگی مراکز اقامتی در شهر مشهد ۵۱
- شکل ۴-۶- پراکندگی مراکز تجاری و صنعتی در شهر مشهد ۵۲
- شکل ۴-۷- پراکندگی مراکز تفریحی - ورزشی در شهر مشهد ۵۳
- شکل ۴-۸- وضعیت سازه های خاص در شهر مشهد ۵۴
- شکل ۴-۹- وضعیت فضا های سبز و پارک ها در شهر مشهد ۵۵
- شکل ۴-۱۰- وضعیت سازه های شهری در شهر مشهد ۵۶
- شکل ۴-۱۱- وضعیت تراکم جمعیت در شهر مشهد ۵۷
- شکل ۵-۱- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس مدل زلزله
گسل طوس (شمال مشهد)) ۷۱
- شکل ۵-۲- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل زلزله
گسل طوس (شمال مشهد)) ۷۲
- شکل ۵-۳- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس مدل زلزله
گسل جنوب مشهد) ۷۳
- شکل ۵-۴- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل گسل
گسل جنوب مشهد) ۷۴
- شکل ۵-۵- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس مدل شتاب
افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال) ۷۵

- شکل ۵-۶- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)..... ۷۶
- شکل ۵-۷- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس ترکیب سه مدل زلزله گسل طوس، جنوب مشهد و شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)..... ۷۷
- شکل ۵-۸- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس ترکیب سه مدل زلزله گسل طوس، جنوب مشهد و شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)..... ۷۸
- شکل ۵-۹- نقشه آسیب پذیری نهایی خطر زلزله در شهر مشهد..... ۷۹
- شکل ۵-۱۰- بررسی وضعیت مراکز مدیریت بحران در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد..... ۸۸
- شکل ۵-۱۱- بررسی وضعیت مراکز مدیریت بحران در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد..... ۸۹
- شکل ۵-۱۲- بررسی وضعیت بیمارستان در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد..... ۹۰
- ب شکل ۵-۱۳- بررسی وضعیت بیمارستان در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد..... ۹۱
- شکل ۵-۱۴- بررسی وضعیت فضاهای سبز در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد..... ۹۲
- شکل ۵-۱۵- بررسی وضعیت فضاهای سبز در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد..... ۹۳
- شکل ۵-۱۶- موقعیت فضاهای سبز با آسیب پذیری متوسط و کم (مراکز امن) در شهر مشهد..... ۹۴

فهرست جداول

نه

صفحه.....

۵

- جدول ۱-۱- زلزله‌های بزرگ ده سال گذشته در جهان ۲
- جدول ۱-۲- زلزله‌های مهم و بزرگ ایران از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۵ (در طول ۴۵ سال)..... ۳
- جدول ۱-۳- برآورد جمعیت مناطق ۱۲ گانه شهرداری شهر مشهد در سال ۱۳۸۴..... ۷
- جدول ۱-۴- ویژگیهای عمومی شهر مشهد ۷
- جدول ۱-۲- مدل‌های ترکیبی آسیب پذیری برای ساختمانهای قدیمی در مناطق مختلف آلمان..... ۱۳
- جدول ۲-۲- شاخص های آسیب پذیری و بررسی مدیریت بحران..... ۲۴
- جدول ۱-۳- مشخصات گسل های فعال در محدوده مطالعاتی..... ۲۹
- جدول ۲-۳- بزرگترین زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی روی داده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری از شهر مشهد..... ۳۲
- جدول ۳-۳- مشخصات گسل‌های لرزه زای قوی نزدیک به شهر ۳۶
- جدول ۳-۴- رابطه کاهش کاهیدگی کمپیل و بزرگنیا (۲۰۰۴) ۳۷
- جدول ۱-۴- پارامتر های مورد استفاده برای ارزیابی آسیب پذیری در شهر مشهد..... ۴۴
- جدول ۱-۵- لایه های اطلاعاتی نقشه مشخصات شهری مشهد..... ۶۲
- جدول ۲-۵- مقادیر آسیب پذیری و ارزیابی آسیب پذیری بر اساس سنارطو های مختلف در شهر مشهد(روز، شب و نهایی)..... ۶۴
- جدول ۳-۵- ارزیابی درصد خطر در عوامل مؤثر در آسیب پذیری زلزله در شهر مشهد(روز)..... ۸۱
- جدول ۴-۵- ارزیابی درصد خطر در عوامل مؤثر در آسیب پذیری زلزله در شهر مشهد(شب)..... ۸۲
- جدول ۵-۵- ارزیابی درصد خطر در محدوده های صنعتی در شهر مشهد (روز)..... ۸۳

جدول ۵-۶- ارزیابی درصد خطر در محدوده های صنعتی در شهر مشهد (شب)..... ۸۳

جدول ۵-۷- ارزیابی وضعیت آسیب پذیری مناطق مختلف شهرداری مشهد..... ۸۳

یازده

فصل اول - کلیات

۱-۱- مقدمه

بلایای طبیعی، حقایقی از زندگی هستند که انسان کنترل بسیار کمی بر نحوه وقوع آنها دارد. براساس آمار و اطلاعات موجود در طی ۳۰ سال گذشته حداقل ۳ میلیون نفر جان خود را در اثر بلایای طبیعی از دست داده‌اند و در طی ۱۰ سال اخیر ۴۰۰ میلیارد دلار خسارت ناشی از بلایای طبیعی بوده است. گفته می‌شود که حدود ۶۰٪ از جمعیت جهان در معرض آسیب به زلزله، سیل، طوفان، آتشفشان و... قرار دارند (مهرابیتوانا، ۱۳۸۳). در جدول ۱-۱ برخی از زلزله‌های مهم جهان در ده سال اخیر همراه با تلفات آنها نشان داده شده است (مدیریت علمی پژوهشی سازمان بسیج جامعه پزشکی، ۱۳۸۳).

ایران از نظر وقوع بلایای طبیعی چهارمین کشور جهان محسوب می‌شود. از نظر وضعیت زمینساختی و موقعیت جغرافیایی کشور ایران بر روی کمربند زلزله خیز آلپ - هیمالیا قرار گرفته است. از این رو از نظر زلزله خیزی تقریباً در مقاطع پنج سال تا هفت سال یک بار شاهد وقوع زلزله‌هایی با بزرگی ۶ تا ۷ درجه در مقیاس ریشتر و گاهی بیشتر هستیم که این میزان، با توجه به کم عمق بودن زلزله‌ها و نامناسب بودن ساخت و ساز واحد‌های مسکونی دارای شدت تخریب‌کنندگی بسیار بالا بوده و خسارات آن فوق العاده سنگین است.

در طی تاریخ زلزله‌های متعددی در کشور ما اتفاق افتاده است از مهم‌ترین زلزله‌های دهه‌های اخیر، زلزله بوئین‌زهرا در سال ۱۳۴۱، زلزله طبس در سال ۱۳۵۸ و زلزله رودبار در سال ۱۳۶۹، خسارت

زیادی به کشور ما وارد نموده است و آخرین زلزله مهیب در پنجم دی ماه ۱۳۸۲ در شهر بم رخ داد که قریب به ۴۰۰۰۰ نفر کشته بر جای گذاشته است (مهرابی توانا، ۱۳۸۳) در جدول (۱-۲) زلزله های مهم و بزرگ ایران در طول ۴۵ سال گذشته با میزان تلفات و خسارات آنها نشان داده شده است. (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۶)

جدول ۱-۱- زلزله های بزرگ ده سال اخیر در جهان (۱۹۹۷-۲۰۰۷)

نام کشور	تاریخ وقوع	قدرت (ریشتر)	تعداد کشته (نفر)	زخمی ها (نفر)
الجزایر	۲۱ می ۲۰۰۳	۶/۷	بیش از ۲۰۰۰	بیش از ۸۰۰۰
افغانستان	۲۰۰۲	۶	۱۰۰۰	-
هند	۲۶ ژانویه ۲۰۰۱	۷/۹	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰
السالوادور	۲۰۰۲	۷/۲	۱۰۰۰	-
ترکیه	۱۲ نوامبر ۱۹۹۹	۷/۲	۴۰۰	-
تایوان	۲۱ سپتامبر ۱۹۹۹	۷/۶	۲۵۰۰	-
ترکیه	۱۷ آگوست ۱۹۹۹	۷/۴	۱۷۰۰۰	-
افغانستان	۳۰ می ۱۹۹۸	-	۴۰۰۰	-
ایران (بیرجند)	می ۱۹۹۷	۷/۱	۱۶۰۰	-
روسیه	۲۷ می ۱۹۹۵	۷/۵	۱۹۸۹	-
ژاپن (کوبه)	۱۷ ژانویه ۱۹۹۵	۷/۲	۶۴۳۰	-
بم	۲۴ دسامبر ۲۰۰۳	۶/۶	۲۶۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰	-

بر اساس مطالعات زمین شناختی ۹۷ درصد از شهر ها و روستاهای کشور در معرض خطرات نسبی ناشی از وقوع زلزله بوده (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۶) که از جمله از آنها شهر مشهد می باشد بنابراین مطالعات آسیب پذیری و شناخت وضعیت موجود و نهایتاً برنامه ریزی مدیریت زلزله جهت مقابله با آن و کاهش اثرات ناشی از آن در کلان شهر های کشور امری بسیار ضروری می باشد.

جدول ۱-۲ - زلزله‌های مهم و بزرگ ایران از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۶

محل وقوع	قدرت زلزله (ریشتر)	تاریخ وقوع	خسارات تلفات وارده
ترود	۶/۵	۱۳۳۱/۱۱/۲۳	۱۸۳ کشته - ۲۰۰ روستا تخریب
فارسینج	۷/۲	۱۳۳۶/۹/۲۲	۱۱۳۰ کشته - ۲۰۰ روستا
نهایوند (فیروزآباد)	۶/۷	۱۳۳۷/۵/۲۵	۱۹۱ کشته - ۱۱۰ روستا خسارت
لار	۶/۱	۱۳۳۹/۲/۴	۴۰۰ کشته - ۷۵ درصد لار
دهکویه	۶/۸	۱۳۴۰/۳/۲۱	تلفات نامعلوم - ۰.۴٪ نابود شد.
بوئین‌زهره	۷/۲	۱۳۴۱/۶/۱۰	۱۰۰۰۰ کشته - تخریب شدید
دشت بیاض	۷/۳	۱۳۴۷/۶/۹	۱۰۵۰۰ کشته - ۱۶۱ روستا
مراوه تپه	۶/۷	۱۳۴۹/۵/۸	۲۰۰ کشته - تخریب شدید
فیروکارزین	۷	۱۳۵۱/۱/۲۱	۴۰۰۰ کشته - تخریب شدید
سرخو (بندرعباس)	۶	۱۳۵۳/۱۲/۱۶	۶۰۰ کشته - ویرانی ۳۶۵ خانه
خورگو (بندرعباس)	۷	۱۳۵۶/۱/۱	۱۲۸ کشته - تخریب شدید منطقه
طبس	۷/۴	۱۳۵۷/۶/۲۵	۱۹۶۰۰ کشته - ۱۶ روستا ویران
قائنات (کریزان)	۶/۶	۱۳۵۸/۸/۲۳	۲۵۰ کشته - ویرانی نامعلوم
قاینات (کولی)	۷/۱	۱۳۵۸/۸/۶	۱۳۰ کشته - ۱۵۰ روستا تخریب
گلبافت (کرمان)	۶/۷	۱۳۶۰/۳/۲۱	۱۰۲۸ کشته - تعدادی روستا
سیرج (کرمان)	۷/۳	۱۳۶۰/۵/۶	۱۳۰۰ کشته - تعدادی روستا
منجیل و رودبار	۷/۲	۱۳۶۹/۳/۲۱	۳۵۰۰۰ کشته - تعدادی شهر و
گرمخان (بجنورد)	۶/۱	۱۳۷۵/۱۱/۱۶	کشته نامعلوم و ویرانی کامل
اردبیل	۵/۵	۱۳۷۵/۱۲/۱۰	۸۰۰ کشته - ویرانی چندین
قائن	۷/۱	۱۳۷۶/۲/۲۰	بیش از ۱۵۰۰ کشته
بم	۶/۶	۱۳۸۲/۱۰/۵	ویرانی شهر و چندین روستا

۲-۱- اهمیت و ضرورت مطالعه

لرزش زمین معمولاً چند ثانیه اتفاق می‌افتد ولی عواقب و ضایعات ناشی از آن سال‌ها ادامه می‌یابد. زلزله‌ها از جمله سوانحی است که می‌تواند منجر به بروز بحران شود. بحران ناشی از زلزله به علت قطع و انفصال روند طبیعی زندگی، آثار ناگوار مانند مرگ و میر، جراحت، از کار افتادگی، تخریب تشکیلات اجتماعی و ایجاد حجم زیادی از نیازهای انسانی مانند سرپناه، غذا، پوشاک و کمک‌های اولیه و پیشرفته پزشکی، نیازمند مدیریت توانمند در سطح مسئولین و نهاد‌های اجرایی است. شهر مشهد با خطر نسبی زیاد زلزله در شمال خاوری فلات ایران مرکزی قرار دارد. ناحیه ای که احتمال رویداد زمین لرزه مخرب و بزرگ حتی با اینکه در زمان‌های طولانی رویداد زلزله‌های مخرب در آن تجربه نشده است، وجود دارد. به عبارت دیگر زمین لرزه‌های این ناحیه دارای دوره بازگشت طولانی تری هستند.

برای کلان شهر مذهبی مشهد با جمعیت و وسعت زیاد و وجود بافت فرسوده و معماری سنتی در برخی نقاط، و ساخت و ساز نامناسب ارزیابی ریسک خطر زلزله و مدیریت بحران ضروری به نظر می‌رسد و هر گونه کوششی، هر چند اندک در این جهت مغتنم است. چرا که در راستای مقابله با بحران ناشی از زلزله، آگاهی عمومی مردم و مسئولین منجر به کاهش ضایعات جانی و مالی خواهد شد. اهمیت این مسئله وقتی روشن تر می‌شود که میزان خسارات و تلفات جانی ناشی از زلزله در ایران را با کشورهای دیگر مقایسه کنیم. برای مثال در زلزله ای که در سال ۱۹۹۵ با قدرت ۷/۲ ریشتر در کوبه ژاپن با جمعیتی بالغ بر ۳,۵ میلیون نفر اتفاق افتاد نزدیک به ۶۰۰۰ کشته بر جای گذاشت در حالی که زلزله مرگبار اخیر در شهر ۹۰/۰۰۰ نفری بم با قدرت ۶/۶ ریشتر بر اساس آمارهای مختلف ۲۶ تا ۴۱ هزار نفر بر جای گذاشته است.

۳-۱- مشخصات عمومی شهر مشهد

شهر مشهد، مرکز استان خراسان رضوی دارای ۳۱۳۳۳۷ کیلومتر مربع مساحت می‌باشد و در ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه طول شرقی قرار دارد. وسعت شهرستان مشهد ۱۷۳۵۸ کیلومتر مربع است و در حوضه آبریز کشف رود و در انتهای جنوبی دشت

رسوبی توس مابین دو رشته کوه هزار مسجد در شمال و بینالود در جنوب آن قرار دارد. ارتفاع مشهد از سطح دریا حدود ۹۷۰ متر و فاصله زمینی آن با تهران ۹۳۴ کیلومتر است. رودخانه کشف رود در ۸ کیلومتری شمال این شهر از شمال غرب به سمت شرق جریان دارد. شهرستان مشهد از شمال به جمهوری ترکمنستان و از شمال غربی به درگز و چناران و از غرب و جنوب به شهرستانهای نیشابور و فریمان و از شرق و جنوب شرقی با سرخس و تربت جام هم مرز است. متوسط عرض شهر مشهد ۱۰ کیلومتر و متوسط طول آن ۲۰ کیلومتر می باشد.

این شهرستان دارای ۴ شهر (کلات، طرنبه، شاندیز و مشهد) و ۵ بخش و ۱۵ دهستان و ۱۱۹۰ آبادی بوده و جمعیت آن ۲۳۹۹۵۰۳ نفر می باشد. در نظام سلسله مراتب شهری ایران، مشهد در مرتبه دوم بعد از تهران قرار دارد که به دلیل اعتبار فرامنطقه‌ای و عوامل مختلفی همچون قراردادن در مسیر راههای تجاری و ارتباطی کشورهای آسیای میانه و افغانستان، همواره جمعیت آن در حال افزایش است.

شهر مشهد دارای آب و هوای متغیر، اما معتدل و متمایل به سرد و خشک است و از تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد و مرطوب برخوردار است. میزان بارندگی متغیر و میانگین بارندگی سالانه در مشهد حدود ۲۵۳ میلیمتر می باشد.

مشهد از نظر اقتصادی به جهت دارا بودن دشت حاصلخیز و نیز از جهت دامپروری و صنعت به دلیل وجود منابع معدنی مختلف و تمرکز مراکز تولیدی و صنایع خوراکی، نساجی، برق، الکترونیک، شیمیایی، دارویی، سلولزی و صنایع دیگر فلزی و غیر فلزی، بویژه صنایع دستی از اهمیت زیادی برخوردار است.

شهر مشهد از گذشته به عنوان یک شهر زیارتی و سیاحتی مطرح بوده و در حال حاضر علاوه بر اهمیت زیارتی و سیاحتی از جهت فرهنگی، علمی و سیاسی و اقتصادی اهمیت یافته است، به طوری که به دلایل مختلف، از جمله حضور بیش از ۱۲ تا ۱۴ میلیون مسافر و زائر در ایام مختلف در سال (بویژه نوروز و تابستان و ایام مذهبی و اعیاد) و قراردادن در مسیر بزرگراه آسیایی، از امکانات اقتصادی و تجاری ویژه‌ای برخوردار شده است، چنان که هم اکنون مرکز اداری یکی از مهمترین گمرکات ایران در مشهد قرار دارد و به عنوان یکی از مهمترین قطبهای گردشگری در جهان اسلام و

ایران اسلامی مطرح است. همچنین این شهر به دلیل اهمیت فرهنگی از قطبهای مهم مذهبی و علمی محسوب می‌شود.

۱-۴- ویژگیهای شهری شهر مشهد

شهر مشهد به ۱۲ منطقه شهری (نقشه ۱-۱) تقسیم شده است. مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ مرکز شهر را شامل می‌شوند و منطقه مرکزی کسب و کار و تجارت بشمار می‌روند که در آن تعداد اندکی از مردم سکونت دارند. در مناطق ۷، ۸ بیشتر ساختمان‌ها کلنگی و قدیمی بوده و درصد جمعیت ساکن در این مناطق نیز کم است.

از نظر سنی در مناطق ۹، ۸ تعداد افراد بازنشسته بیشتر بوده و در ناحیه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ ترکیب سنی جمعیت به نفع جمعیت سنی بالا می‌باشد و بلاخره در مناطق ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ترکیب سنی جمعیت بیشتر متمایل به سنین پایین و جوان است.

از نظر منازل مسکونی نواحی ۶، ۱۱، ۹، ۱۰ بصورت تک خانواری، آپارتمانی، افراد نسل دومی می‌باشند و در ناحیه ۱۰ عموماً زوج‌های جوان و کارمند همراه با آپارتمان نشینی شایع است. مهاجرپذیری بیشتر در نواحی ۴، ۵ وجود دارد (سایت فرمانداری مشهد).

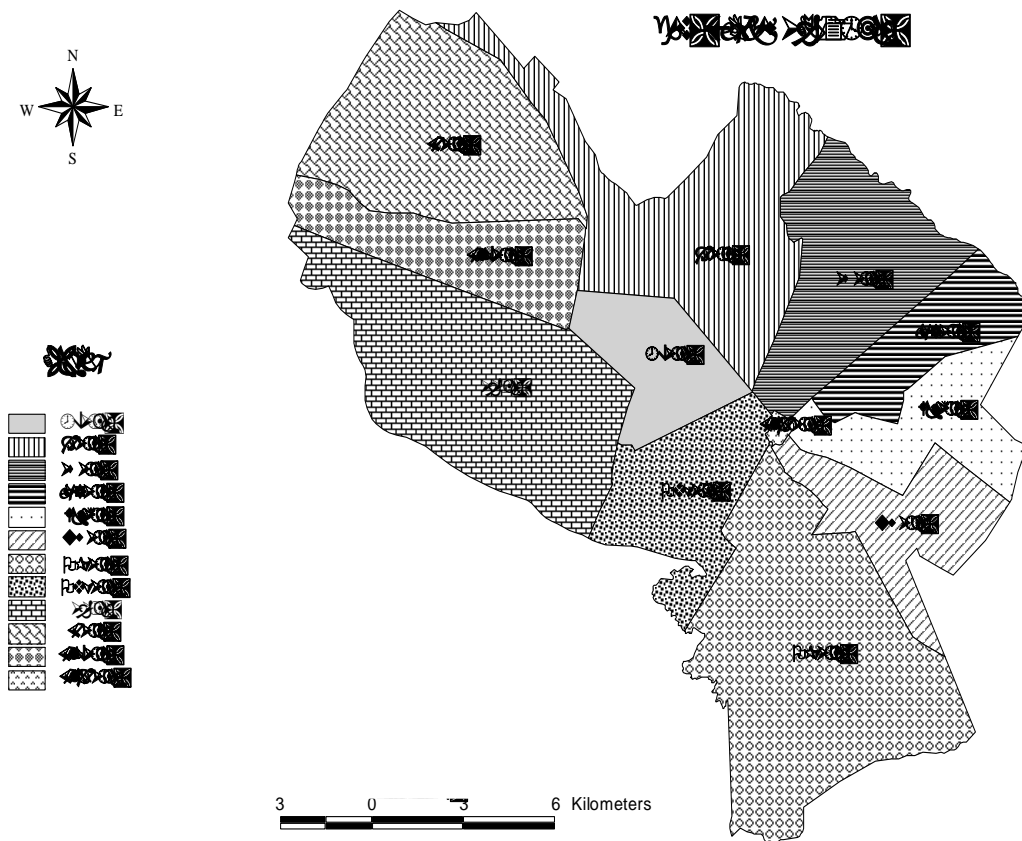
برآورد جمعیت در ۱۲ منطقه شهر مشهد در جدول ۱-۳ نشان داده شده است (سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد، ۱۳۸۴). همچنین برخی از ویژگیهای عمومی مشهد در جدول ۱-۴ بیان شده است (سایت فرمانداری مشهد).

جدول ۱-۳- برآورد جمعیت مناطق دوازده گانه شهرداری شهر مشهد در سال ۱۳۸۴

ناحیه	جمعیت
۱	۱۷۳۴۴۳
۲	۲۹۷۵۳۳
۳	۳۱۶۹۹۹
۴	۲۷۹۷۵۵
۵	۱۵۶۰۷۹۸
۶	۱۲۴۸۴۳
۷	۲۲۲۶۸۰
۸	۱۰۹۸۹۸
۹	۲۲۵۵۵۱
۱۰	۲۵۲۴۴۷
۱۱	۲۰۶۹۴۱
۱۲ (ثامن)	۳۲۶۱۵
جمع کل ساکنین مشهد	۲۳۹۹۵۰۳

جدول ۱-۴- ویژگیهای عمومی شهر مشهد (سایت فرمانداری مشهد)

منطقه	مساحت منازل	وضعیت اقتصادی	حرفه و شغل	تراکم جمعیت
۱	بالا	عموماً ثابت و پردرآمد	مرفه	پایین
۶، ۷، ۱۰	-	درآمد متوسط	کارمند، کاسب و بازاری	متوسط
۲، ۸، ۹، ۱۱	-	درآمد متوسط	اکثراً کارمند، ثابت	متوسط
۳، ۴، ۵	بسیار پائین - بیشتر ۷۰ متری	بسیار پائین و ناپایدار	عموماً فصلی همراه با بیکاری، کارگر	بالا (وجود مهاجرین)



شکل ۱-۱- مناطق ۱۲ گانه مشهد (بر اساس تقسیم بندی شهرداری)

۵-۱- روش مطالعه

در مطالعه حاضر نقشه پهنه بندی آسیب پذیری شهر مشهد بصورت نسبی و در مقیاس ناحیه ای تهیه شده است به این صورت که بر اساس یکسری معیار های شهری و نیز شتاب زلزله حاصل از سناریوی دو گسل نزدیک به شهر مشهد و همچنین شتاب سطحی افقی با دوره باز گشت ۴۷۵ سال حاصل از مطالعات ریزپهنه بندی، محدوده شهری به سه رده با آسیب پذیری پایین، متوسط و بالا تقسیم شده است. روش کار و مطالعه حاضر بصورت زیر می باشد.

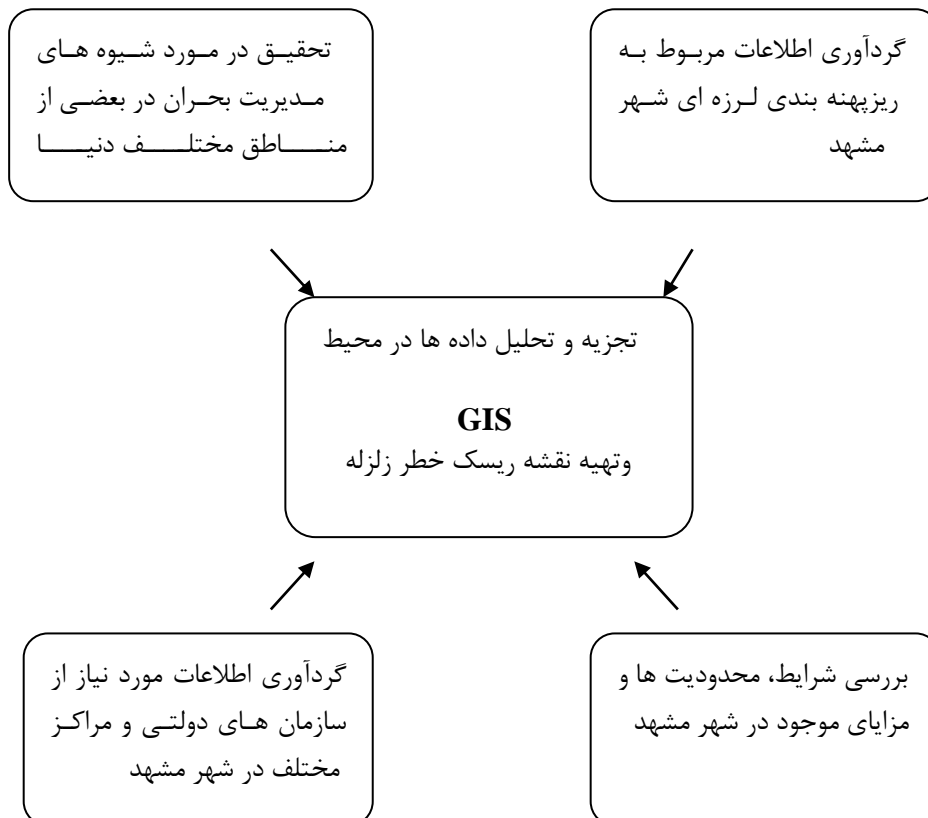
الف: گردآوری اطلاعات و تهیه نقشه مشخصات شهری

برای این منظور کلیه اطلاعات قابل دسترسی از شهر مشهد نظیر موقعیت و مشخصات ساختمان های اداری، مسکونی، آموزشی، مذهبی، سازه های خاص، کیفیت ساخت و ساز شهری، ابعاد فضاهای ساختمانی و غیره از منابع مختلف گردآوری و به صورت رقومی ذخیره شده است.

ب: نقشه های همشتاب افقی در سطح شهر با فرض فعالیت دو گسل کواترنری و فعال نزدیک به شهر مشهد شامل گسلهای شمال و جنوب مشهد بر اساس روابط کاهیدگی مناسب بدست آمده است.

ج: با تافیق لایه های اطلاعاتی بصورت وزن دهی ساده نقشه پهنه بندی نسبی آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد تهیه شده است.

د: در مرحله بعد موقعیت سازه های مهم شهری در نقشه آسیب پذیری مورد بررسی قرار گرفته و نهایتاً مکان های بحرانی و مکان های امن در شهر مشهد در صورت وقوع یک زلزله فرضی معرفی شده است. در شکل ۱-۲ نمودار جریان مراحل مطالعات آمده است.



شکل ۱-۲- نمودار مراحل مختلف مطالعات

فصل دوم- ارزیابی ریسک خطر زلزله و مدیریت

بحران زلزله

۲-۱- مقدمه

خطر عبارتست از احتمال وقوع یک حادثه و آسیب پذیری یعنی درجه آمادگی مردم و اموال آن ها برای آسیب دیدگی یا تخریب می باشد. اجزای خطر شامل مردم، ساختمان ها، بنگاههای اقتصادی و تجاری، کارهای روزمره، فعالیت های اقتصادی، خدمات همگانی و تسهیلات است. بررسی میزان خطر و سطح آسیب پذیری، روند ساده و قابل فهمی برای تعیین و تشخیص مناطق خطر با درجه های گوناگون احتمال وقوع و آمادگی برای آسیب و تخریب است (Whittakar and Ketchum, 1982).

مدیریت بحران زلزله، فرایند عملکرد و برنامه ریزی مسئولین دستگاههای اجرایی دولتی و عمومی است که با مشاهده، تجزیه و تحلیل بحران زلزله، بصورت یکپارچه، جامع و هماهنگ با استفاده از ابزار های موجود تلاش می شود از بحران جلوگیری نمایند یا در صورت بروز آنها در جهت کاهش آثار، ایجاد آمادگی لازم، امداد رسانی سریع و بهبود اوضاع تا سطح وضعیت عادی تلاش نمایند. (طرح جامع امداد و نجات کشور، ۱۳۸۲) در تعریفی دیگر مدیریت بحران به معنای ایجاد تمهیداتی برای مقابله با بحران می باشد که منجر به کاهش اثرات بحران و سازماندهی بهینه وظایف و منابع در زمان بحران می گردد (استوار ایزد خواه، ۱۳۸۱).

فرایند تجزیه و تحلیل آسیب پذیری زلزله، آگاهی کاملی از ماهیت و عملکرد احتمالی آن را به ما خواهد داد و سبب می شود تلاش هایی برای پیشگیری از وقوع فاجعه، به حداقل رساندن خطر آن و

هدایت درست پیامدهای وقوع یک فاجعه واقعی انجام گیرد. برای ارزیابی و تهیه نقشه میزان آسیب پذیری زمین لرزه روشها و تکنیک های ویژه ای وجود دارد.

۲-۲- روش ارزیابی آنالیز ریسک و آسیب پذیری

در مورد اینکه ریسک زمین لرزه اشاره به آسیب های مورد انتظار در یک عنصر خاص در یک دوره زمانی معین در آینده دارد، توافق و هماهنگی عمومی وجود دارد. براساس روش کار و عنصر در خطر، ریسک را می توان از نظر خسارت اقتصادی مورد انتظار، یا از نظر تلفات انسانی و یا از نظر آسیب فیزیکی به مایملک مربوطه مورد سنجش قرار داد. در حالیکه روشهای اندازه گیری مناسب قابل دسترسی باشند، ریسک را می توان از نظر زیان های پیش بینی شده به روش احتمالاتی بیان نمود. در سال های اخیر، شناخت رو به رشدی از مسئله ریسک وجود داشته است و تغییر نگرشی واضحی از خطر به ریسک صورت پذیرفته است. تأکید به ریسک باعث توسعه روش ها و تکنیک هایی برای آنالیز ریسک و آسیب پذیری در مقیاسی متفاوت شده است (Carniel (2001), Faccioli(2000), Fah(2001), Fema-nibs (1999), Frolova (2003), Papadopoulos (1996), Schwarz (2002), Tyagunov (2002) , Vaseva (2003), Young (1999), Zonno (1998) نگرش به مسئله آنالیز ریسک و نیز به اجزاء تشکیل دهنده آن (خطر، آسیب پذیری) بستگی به مقیاس دارد. برای ساختمان های موجود مجزا یا مجتمع های خاص، آنالیز می تواند به شکلی مفصل انجام شود و اطلاعات ژئوتکنیکی در مورد ساختگاه، موقعیت منابع خطر احتمالی و تأثیر لرزه ای برآورد شده را با استفاده از روشهای عددی پیشرفته یا ساده شده از آنالیز ساختاری مورد توجه قرار داده و عناصر مربوطه در ریسک را مورد بررسی دقیق قرار داد. بدیهی است که این راهکار پرهزینه و با صرف وقت زیاد می باشد و تنها برای ساختگاههای منفرد به ویژه برای کارخانجات و ساختمان های مهم قابل اجرا است. سطح بعدی (نواحی کوچک) برای مناطق شهری بر اساس نقشه های موجود از نواحی کوچک در خطر و فهرست مجموعه ساختمانی قابل اجرا می باشد. بر اساس مسئله تحت بررسی، فهرست مجموعه ساختمانی، ساختمان به ساختمان و به شکل یک قاعده با استفاده از روش های گزینش چشمی و ساختمان های بصورت نماینده برای ساده سازی، اجرا می شود. با همین روش

درجه واقع شدن ریسک را می توان تخمین زد. برای سطح بعدی مربوط به مقیاس منطقه ای و ملی، مجموعه دیگری از داده های ورودی و روش های تعمیم یافته تر از آنالیز، به کار برده می شوند. ارزیابی و نقشه برداری از انواع مختلف ریسک در کشور آلمان در رابطه با ریسک زمین لرزه که توسط مرکز تکنولوژی کاهش ریسک و مدیریت فاجعه (CEDM) در سال ۲۰۰۴ انجام شد به صورت زیر می باشد.

بخش قابل توجهی از کشور آلمان در پهنه با خطر بالای زلزله (شدت بیش از VIII) قرار دارد، از طرفی این نواحی مستعد، جمعیت متراکمی دارند، صنعتی هستند و دارای تراکم بالایی از ساختارهای زیربنایی توسعه یافته می باشند. مجموعه عوامل فوق دلالت بر استعداد وقوع فاجعه طبیعی در آینده و نیز ضرورت فعالیت در جهت کاهش ریسک دارد (Tyagunov et.al, 2004).

بررسی آنالیز آسیب پذیری در سطح کشور آلمان براساس ترکیب مدل آسیب پذیری سازه ای و رده بندی جمعیتی صورت پذیرفته است. با استفاده از این مدل ها بر پایه GIS، وقوع خسارات خاص، نقشه برداری شده و پتانسیل ریسک لرزه ای برای این کشور تخمین زده شده است. در جدول ۱-۲ نتایج برآورد ریسک براساس مدل ترکیبی نشان داده شده است.

جدول ۱-۲-۱- مدل های ترکیبی آسیب پذیری برای ساختمانهای قدیمی در مناطق مختلف آلمان (Tyagunov et.al, 2004)

کلاسهای آسیب پذیری ساختمانها (درصد)				کلاسهای جمعیتی (میزان ساکنان- نفر)
D	C	B	A	
خیلی کم	کم	بیش از حد	کم	P1 (کمتر ۲۰۰۰)
خیلی کم	زیاد	بیش از حد	کم	P2 (۲۰۰۰-۲۰۰۰۰)
خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد	خیلی کم	P3 (۲۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰)
کم	بیش از حد	زیاد	خیلی کم	P4 (۲۰۰۰۰۰-۸۰۰۰۰۰)
کم	بیش از حد	زیاد	خیلی کم	P5 (بیش از ۸۰۰۰۰۰)
خیلی کم (۰-۰.۵٪) - کم (۰.۵-۲.۰٪) - زیاد (۲.۰-۴.۰٪) - خیلی زیاد (۴.۰-۶.۵٪) - بیش از حد (۶.۵-۱۰.۰٪)				

بر اساس مدل ترکیبی جمعیت و آسیب پذیری در ۵ کلاس مختلف رده بندی شده اند که این کلاسها بصورت ترکیبی با هم مقایسه شده اند. مطالعات زیادی بر سناریوهای زلزله در امریکا و بخصوص کالفرنیا انجام شده است. ایجاد روش HAZUS گام بلندی در تخمین خسارت در این منطقه می باشد.

روش فوق شامل معیار های مختلفی است که خطر های زمین شناسی بالقوه، آسیب پذیری فیزیکی مستقیم، آسیب فیزیکی، خسارات اقتصادی مستقیم و همچنین خسارات اقتصادی غیر مستقیم را در نظر می گیرد. معیار ها به هم وابسته هستند و خروجی یک معیار به عنوان ورودی معیار دیگر است. آژانس مدیریت بحران فدرال آمریکا جهت ارزیابی ریسک زلزله نرم افزار HAZUS را معرفی نموده است. این نرم افزار توانایی برآورد آسیب های ساختمانی ناشی از روانگرایی و ناپایداری شیبی در طی زلزله را دارا می باشد.

Wang et al, 2001 با استفاده از نرم افزار ارزیابی ریسک HAZUS ارائه شده توسط آژانس مدیریت بحران فدرال ، ارزیابی ریسک لرزه ای را برای استان بنتون از ایالت ارگان (Oregon) تکمیل کردند. در این ارزیابی منطقه ای، از داده های ساختمانی پیش فرض نرم افزار HAZUS97 و داده های خطر لرزه ای استفاده گردید. نقشه های خطر لرزه ای توسط FEMA در سال ۱۹۹۷ تهیه شد. بعد با استفاده از داده های ساختمانی موجود از شهر کورواریس و استان بنتون فهرست ساختمانی در HAZUS97 تکمیل شد.

فهرست ساختمانی پیش فرض HAZUS از آنالیز پایگاه داده های ملی (NBS 1999) به دست آمده است. با توجه به اینکه، فهرست پیش فرض ممکن است ویژگی های واقعی مجموعه ساختمانی در استان بنتون را منعکس نسازد. لذا بررسی سطحی و اطلاعات ساختمانی موجود از منابع مختلف شهر بنتون به آن اضافه گردید (Rad at al, 2000).

HAZUS داده های ساختمانی در ناحیه مورد نظر را جمع می کند و برای تعیین پارامترهای خطر در یک ناحیه خاص، نقشه های خطر و ناحیه را بررسی نموده و پارامترهای خطر را تعیین می کند. آسیب ساختمانی ناشی از روانگرایی و ناپایداری شیب های ناشی از زمین لرزه در HAZUS به عنوان یک جابجایی دائمی زمین مدل برداری می شود. پتانسیل گسیختگی بر اساس تعیین دامنه آستانه که خود تابعی از مقدار شتاب زمین و عمق سفره آب و شرایط خاک است، بیان می گردد. بعد از تعیین

آستانه جابجایی دامنه ها، ساختمان ها توسط HAZUS طبقه بندی شده و خسارت آنها برآورد می گردد. متأسفانه در HAZUS امکان مدل برداری از مرگ و میر ناشی از لغزش و روانگرایی وجود ندارد.

در استان بنتون، هیچگونه گسل فعالی وجود ندارد که جزء منابع زمین لرزه شناخته شده باشد. تنها گسل موجود در نزدیک استان به عنوان گسل کواترنری، گسل کوروالیس است که هیچگونه شواهدی برای فعالیت پلیستوسن یا هولوسن آن وجود ندارد (Goldfinger, 1990، و Yeats et al, 1991، Geomatrix, 1995).

اگرچه احتمال فعالیت گسل کوروالیس روشن نبوده و شاید بسیار کم باشد، یک سناریوی زلزله با بزرگی ۶.۵ و عمق کانونی ۱۰ km در طول گسل در این تحقیق مدل برداری شد.

مدل برای سناریوی گسل کوروالیس حداقل صدمه را وارد می نمود و حدود ۱۰۵۷۸ ساختمان آسیب جزئی دیده و خسارات آن در حدود ۷۰۷ میلیون دلار پیش بینی شده است. تنها ۵۶٪ از تخت های بیمارستانی مورد نیاز در روز پس از زلزله سناریو گسل کوروالیس قابل دسترسی می باشند. ۷۱٪ تخت ها بعد از یک هفته به خدمات برگردانده می شوند، و ۸۹٪ در عرض ۳۰ روز قابل استفاده خواهند شد. ۳۷٪ امکانات اورژانسی و ۷۴٪ تسهیلات ارتباطی، پیش بینی می شود که از روز پس از زلزله سناریو، قابلیت عملکرد دارند. مدل همچنین پیش بینی می کند که پنج پل بزرگراه قابلیت عملکرد کمتر از ۹۰٪ را در روز اول دارند و یکی از پل ها حداقل دچار صدمه متوسط خواهد شد. جاده ها، راه آهن ها و راههای اصلی رفت و آمد، با قابلیت عملکرد کامل باقی می مانند. با این وجود، جابجایی دائمی زمین در نواحی مستعد خطرات روانگرایی و لغزش احتمالاً سبب مسدود شدن بزرگراهها، خواهند شد.

جدای از HAZUS که برای کاربرد در مقیاس بزرگ طراحی شده، فرایندهای محاسبات سناریوی منطقه ای نیز در آمریکا توصیف شده اند. Cormak et al, 1997 به عنوان مثال، آسیب زلزله و مدل خسارت برای پوررتلند ارگان (Portland, Oregon) را ترسیم کرده اند که در آن از فرایند نظارتی سریع، RSP (Rapid Screening Procedure) برای ارزیابی کامل ساخت استفاده شده است. در RSP، کیفیت سازه ها را از روی اطلاعاتی مثل نوع ساخت، پیاده روها و فاکتورهای اصلاح عملکرد، تشریح

می کنند، سپس نتایج RSP با ماتریس های احتمالی آسیب، ترکیب شده تا مدل آسیب برای نواحی مورد نظر بدست آید.

۳-۲- مراحل مدیریت بحران زلزله

زلزله از جمله سوانحی است که می تواند منجر به بروز بحران شود. هدف از مدیریت بحران زلزله بهینه سازی فعالیت های مقابله با بحران و به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن است. بنابراین در مدیریت بحران زلزله؛ مدت زمان شروع واکنش و امداد رسانی؛ هزینه عملیات آمادگی، امداد رسانی و بازسازی و مدت زمان عملیات امداد رسانی و بازسازی کاهش می یابد. از طرف دیگر حجم عملیات آمادگی، امداد رسانی و بازسازی، کیفیت عملیات آمادگی، امداد رسانی و بازسازی، سطح آمادگی مقابله با بحران و حجم اقدامات بازسازی و عادی سازی افزایش می یابد (ابراهیمی، ۱۳۸۰).

مدیریت جامع بحران زلزله براساس چهار مرحله زیر استوار است (دبیر خانه طرح جامع مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۰).

الف - کاهش اثرات

ب - آمادگی

ج - واکنش (امداد رسانی و پاسخگویی)

د - بهبودی و عادی سازی

الف - کاهش اثرات: فعالیت های مربوط به این بخش از مدیریت بحران به صورت برنامه های جهت کاهش اثرات بحران زلزله در یک کشور و یا شهر صورت می گیرد. البته در بعضی از کشورها این بخش به صورت پیشگیری، کاهش اثرات کاربرد دارد.

اقدامات و برنامه های مربوط به بخش کاهش اثرات عبارتند از:

۱- اجرای آیین نامه های ساختمانی که این امر موجب می گردد تا ساختمان طوری طراحی؛ مستقر و ساخته شود که اگر در برابر نیروهای مخرب طبیعی یا مصنوعی قرار بگیرد برای ساکنان یا عامه مردم تهدید و خطر ایجاد نکند و موجب اطمینان شود.

مقاوم‌سازی ساختمان‌ها طبق آیین‌نامه ساختمانی چه از نظر سازه‌ای و چه از نظر محل قرار گرفتن از نظر مستعد بودن نسبت به خطر زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تسهیلات عمومی مانند سدها، پل‌ها و خطوط انتقال آب و نفت و غیره و ساختمان‌هایی نظیر نیروگاه‌های اتمی، کارخانه‌های شیمیایی و مراکزی مثل بیمارستان‌ها باید حتماً طبق آیین‌نامه ساختمانی و به وسیله مهندسين حرفه‌ای طراحی و ساخته شوند.

اجرا و کارایی آیین‌نامه‌های ساختمانی در کشورهای در حال توسعه اغلب به علت نبود خبرگان فنی با ناتوانی و نقصان همراه می‌باشد. البته این امر در کشورهای توسعه‌یافته هم وجود دارد، چنانچه در زلزله نورث ریج کالیفرنیا در سال ۱۹۹۴ بیش از ۲۰ میلیارد دلار زیان وارد آورد که اگر ساختمان‌ها براساس آیین‌نامه زمین‌لرزه، مناسب ساخته شده بودند خسارت وارده به نصف کاهش می‌یافت (Valery, 1995).

- ۲- وضع قوانین مربوط به کاربری زمین که این قوانین نحوه گسترش شهرها را مشخص نموده و باعث عدم گسترش شهرها در اماکن آسیب‌پذیر می‌شود.
- ۳- اجرای قوانین ایمنی مربوط به ساختمان‌های بلند، کنترل مواد خطرناک و غیره.
- ۴- اجرای آیین‌نامه‌های ایمنی مربوط به سیستم حمل و نقل هوایی، زمینی و دریایی
- ۵- برنامه‌های مربوط به کاهش خطرات بر روی محصولات کشاورزی.
- ۶- برنامه‌های مربوط به حفاظت از شریان‌های حیاتی از جمله حفاظت از سیستم‌های عرضه نیرو و مخابرات.
- ۷- برنامه‌ها و اقدامات مربوط به امور زیربنایی از جمله احداث شبکه آزاد راهها اطراف مناطق آسیب‌پذیر. (ناطقى الهی، ۱۳۷۹)

ب - مرحله آمادگی:

آمادگی در برابر بحران زلزله به کلیه اقداماتی اطلاق می‌شود که سازمان‌ها، دولت‌ها، جوامع و افراد را قادر می‌سازد تا در هنگام روبه‌رو شدن با خطر زلزله به طور سریع و کارا پاسخ لازم را از خود نشان دهند (ناطقى الهی، ۱۳۷۹).

اقدامات مربوط به بخش آمادگی عبارتند از:

۱- تعلیم و آموزش عمومی مردم و برنامه‌های آگاه‌سازی.

۲- اجرای برنامه‌های تخلیه مردم به نقاط امن.

۳- تأمین کمک‌های پزشکی.

۴- تهیه فوری مواد غذایی و پناهگاه برای تخلیه‌شدگان.

برنامه‌های درازمدت آمادگی جامعه در کاهش مرگ و میر ناشی از خطر زلزله در بسیاری از کشورهای پیشرفته‌تر موفقیت خود را به اثبات رسانده است. در هر کشور، میزان آمادگی معمولاً به تنظیم و ترتیبی که برای دفاع کشوری آماده می‌گردد، مربوط می‌شود. همچنین آمادگی موثر شدیداً به مسائل سیاسی و تأمین وسایل مورد نیاز ارتباط دارد. تهیه وسایل مورد نیاز در کشورهای در حال توسعه معمولاً با مشکل مواجه می‌باشد (Smith, 1996).

ج - مرحله پاسخگویی به بحران و امداد رسانی:

این بخش شامل کلیه اقداماتی می‌باشد که در لحظات قبل از وقوع بحران و بلافاصله بعد از وقوع بحران به مرحله اجرا گذاشته می‌شود. اهداف این مرحله عبارتند از:

- به حداقل رساندن تلفات.

- برطرف کردن سختی‌ها.

- حفظ اموال و دارایی‌ها و جلوگیری از خسارات بیشتر.

- ایجاد زمینه‌هایی برای انجام فعالیت‌های مربوط به بخش «بهبودی»

اقدامات زیر در این بخش انجام می‌گیرد: (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۷۶)

۱- اجرای برنامه‌های طراحی شده از قبل جهت امداد رسانی.

۲- فعال نمودن سیستم‌های ضد بحران.

۳- عملیات نجات و جستجو.

۴- تمهیدات اضطراری برای غذا، سرپناه و کمک‌های پزشکی و غیره.

۵- ارزیابی و برآورد خسارت.

۶- اقدامات مربوط به تخلیه جمعیت.

مدت زمان لازم جهت انجام عملیات اضطراری مربوط به بخش پاسخگویی طبق تجربه بین‌المللی بین دو تا سه هفته در نظر گرفته می‌شود که پس از آن دولت‌ها بقیه اقدامات مربوط به این بخش را از طریق سیستم‌های عادی جامعه ادامه می‌دهند. بنابراین در این بخش باید اقدامات به سرعت انجام گیرد. برای مثال ۹۰ درصد قربانیانی که اسیر و گرفتار زلزله شدند در صورت زنده ماندن طی ۲۴ ساعت اول بعد از وقوع حادثه نجات پیدا می‌کنند. دو تا شش ساعت بعد از وقوع زلزله احتمال دارد که کمتر از نیمی از مردمی که اسیر آوار شده اند هنوز زنده باشند. (De Bruycker et al, 1985)

د - مرحله بهبودی و بازسازی:

به کلیه اقداماتی که پس از وقوع بحران به منظور برگشت به حالت اولیه انجام می‌شود اطلاق می‌گردد. این اقدامات ممکن است بسیار طولانی و در حدود ۵ الی ۱۰ سال به طور انجامد.

اقدامات این بخش عبارتند از:

- استقرار مجدد و تعمیر خانه‌ها و سایر ساختمان‌ها و تاسیسات.

- برقراری مجدد سرویس‌ها و خدمات ضروری.

- تهیه مسکن موقت.

- اقداماتی که برای کمک کردن به جسم و روان مردم مصیبت دیده انجام می‌گیرد.

- اقدامات بلندمدت بازسازی شامل جایگزینی تاسیسات زیربنایی و ساختمان‌هایی که در اثر وقوع بحران تخریب شده‌اند. (ناطق‌الهی، ۱۳۷۸)

۲-۳-۱- بخش توسعه ملی چرخه مدیریت بحران

این بخش دارای رابطه فی مابین با بحران و مدیریت آن می‌باشد چرا که بحران به عنوان عامل اصلی تهدیدکننده برنامه‌های توسعه عمرانی کشورها؛ بر روی توسعه آنها همواره تاثیر بازدارنده‌ای داشته و بخشی از منابع و امکانات کشورها به جای حرکت در جهت توسعه در جهت مقابله با بحران‌ها و خرابی‌های ناشی از آن اختصاص داده می‌شود.

چرخه اساسی مدیریت بحران به صورت‌های متفاوتی ترسیم می‌شود ولی به هر صورتی که باشد نشان‌دهنده این است که بحران و مدیریت بحران شامل یک سری فعالیت‌های مرتبط، به هم پیوسته

و مداوم می‌باشد. توجه اساسی به چرخه بحران و تعریف فعالیت‌های لازم جهت رویارویی با هر یک از عوامل دخیل در آن کلید اصلی در موفقیت برنامه‌های مدیریتی می‌باشد.

اقدامات مربوط به مراحل چرخه مدیریت بحران ممکن است از طریق سیاست‌گذاری در سطوح بالای دولتی تدارک دیده شود و توسط مدیران ارشد به اجرا درآید و یا از طریق هماهنگی بین سازمان‌ها و موسسات مختلف دولتی انجام شود. به هر حال در هر بخشی بدون برنامه‌ریزی مناسب؛ سازماندهی و آموزش جامع، امکان موفقیت عملیات در آن بخش مسیر نخواهد بود.

اکثر تجربیات بین‌المللی مؤید این حقیقت است که کشوری که جهت مقابله با بحران موجود دارای برنامه‌های خاص نبوده و یا این برنامه دارای نواقصی باشد، آثار بحران آن کشور بسیار وخیم‌تر خواهد بود.

۲-۴- مدیریت بحران زلزله در ایران

کشور ایران به علت وسعت، موقعیت جغرافیایی و تنوع اقلیمی یکی از کشورهای بلاخیز دنیاست و از این جهت رتبه ششم را در دنیا دارا می‌باشد. زلزله چه از نظر آثار مخرب مادی و چه از نظر تلفات انسانی مخاطره آمیزترین بلای طبیعی در ایران است. به طوری که در یک دهه اخیر حدود ۹۵۰ زمین‌لرزه در ایران رخ داده است و در نتیجه آن ۷۸۶۰۰ نفر کشته و ۵۳۳۰۰ نفر آسیب دیده‌اند. بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

بحران‌هایی که با محدوده مشخص و منطقه‌ای هستند و با بسیج نیروهای منطقه و اعزام محدود نیروهای امدادی - درمانی از مناطق مجاور می‌توان نیازهای آنها را برآورد نمود.

گروه دوم بحران‌های فراگیر و بزرگ که نیازمند بسیج همه‌جانبه نیروهای ملی و بین‌المللی برای رسیدگی به آسیب‌دیدگان و کاهش آثار مادی و انسانی ناشی از بحران می‌باشند.

سیستم مدیریت بحران در ایران به علت مواجهه مداوم با بحران‌های منطقه‌ای از تجربه کافی در این زمینه برخوردار می‌باشد و با کمک موسسات غیر دولتی هلال احمر و بسیج نیروهای مردمی و همچنین بهره‌گیری از سیستم اورژانس می‌تواند بحران را کنترل کند. ولی در زمینه بحران‌های فراگیر و ملی که به علت گستردگی حادثه و جمعیت بزرگ تحت تاثیر، در مدت زمان کوتاه موجب ایجاد

حجم بالایی از تقاضای امدادی، بهداشتی و درمانی می‌شوند محدودیت پاسخگویی دارد. مدیریت بحران‌های فراگیر نیازمند استفاده هماهنگ و به جا از تمام منابع مادی و انسانی کشوری و بین‌المللی می‌باشد. مدیریت چنین بحران‌هایی نه تنها در ایران بلکه در کشورهای توسعه‌یافته نیز با پیچیدگی‌هایی همراه می‌باشد از جمله این موارد اقدامات امدادی - درمانی در ۲۴-۴۸ ساعت اولیه بعد از حادثه می‌باشد که در مدیریت بحران به این زمان، زمان طلایی (Golden time) اطلاق می‌گردد.

در گذشته مدیریت بحران‌های فراگیر در ایران صرفاً در ابعاد امداد - نجات و بازسازی بعد از حادثه خلاصه می‌شده و دیگر ابعاد مدیریت بحران از جمله پیشگیری (Prevention)، کاهش اثرات مخرب (mitigation) آمادگی مقابله (preparedness) و پاسخ سریع (Emergency Response) در قالب یک فرآیند منسجم و سازندهی شده به فراموشی سپرده می‌شد. در زمینه امداد و نجات با آنکه سازمان‌ها و نهادهای مختلفی دخیل بودند ولی به علت ناهماهنگی و عدم برنامه‌ریزی از پتانسیل‌های موجود به درستی استفاده نشده است. تا اینکه در سال ۱۳۷۹ در برنامه سوم توسعه سیاسی اقتصادی کشور مصوب گردید تا طرح جامع امداد و نجات کشور تهیه گردد. این طرح که در تاریخ ۱۳۸۲/۱/۲۰ توسط جمعیت هلال احمر ایران تهیه شده بود جهت اجرا به دستگاه‌های زیربط ابلاغ گردید. براساس این طرح با توجه به نقش سازماندهی و هماهنگ‌کنندگی وزارت کشور در این زمینه مدیریت بحران «ستاد حوادث و سوانح غیر مترقبه کشور» به ریاست وزیر کشور با هدف سیاست‌گذاری و تعیین راهبردهای جامع در زمینه مدیریت بحران، برنامه‌ریزی ملی جهت اجرای نظام مدیریت بحران؛ هماهنگی بین گروه‌های امداد نجات دولتی و غیردولتی، سازماندهی مشارکت مردمی و بین‌المللی و در نهایت نظارت و ارزشیابی برنامه‌های مدیریت بحران کشور تاسیس می‌گردد. فعالیت‌های این ستاد در چهار مرحله پیشگیری، آمادگی، مقابله (ارائه خدمات اضطراری به دنبال وقوع بحران) و بازسازی پیش‌بینی شده و ۲۲ گروه تخصصی شامل وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها مربوطه در این زمینه با ستاد حوادث سوانح غیرمترقبه همکاری می‌نماید. (مدیریت علمی پژوهشی سازمان بسیج جامعه پزشکی، ۱۳۸۳)

در زمینه مدیریت بحران زلزله در کشور تحقیقاتی به صورت پروژه‌های دانشگاهی و تحقیقاتی در سطح ملی و منطقه‌ای صورت گرفته است. که به طور نمونه موارد زیر را می‌توان نام برد:

۱- تهیه خطوط راهنما برای مدیریت بحران زلزله: پس از زلزله سال ۱۹۹۰ در رودبار و منجیل، با همکاری بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران، مرکز اسکان بشر سازمان ملل متحد و برنامه عمران سازمان ملل متحد، دستور العمل برای نحوه مدیریت بحران زلزله در ایران فراهم شد. این دستور العمل عناوینی چون: برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای، تهیه مصالح ساختمانی، کنترل کیفیت ساخت و سازها، طراحی و ساخت ساختمان‌های مقاوم در برابر زمین‌لرزه و بهبود بناهای موجود و ساختمان‌های آسیب دیده را تحت پوشش قرار داد.

۲- پس از زلزله بم و به درخواست دولت؛ آژانس ملل متحد، تلاش‌های مستمری در رابطه با اثرات و پیامدهای ناشی از این زلزله انجام داد و کارهایی را در دست اقدام دارد.

۳- در پی مطالعه ریز پهنه بندی لرزه ایی تهران بزرگ توسط آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن «جایکا» در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۷۸، مطالعه طرح جامع پیشگیری و مدیریت بحران ناشی از رویداد زلزله در تهران بزرگ مجدداً توسط جایکا و مرکز پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران در سه فاز و برای نیل به اهداف مطالعاتی زیر انجام گردید. (۸۳-۱۳۸۱)

فاز ۱- بررسی جامع وضعیت و شرایط پیشگیری و مدیریت بحران موجود در تهران.

فاز ۲ - تهیه طرح جامع برای پیشگیری و مدیریت بحران لرزه‌ای شهر تهران

فاز ۳ - تهیه یک طرح عملیاتی برای اجرای پروژه و برنامه‌های اولویت دار.

طرح جامع مدیریت بحران تهران تنها طرح جامع مدیریت بحران زلزله در ایران می باشد. در این طرح که یک طرح واکنش اضطراری می‌باشد، ۲۴ سازمان دولتی و غیردولتی را تحت ۲۲ کمیته با سه وظیفه اصلی گرد هم می‌آورد. این وظایف اصلی عبارتند از: مدیریت امداد و نجات، مدیریت اسکان و مدیریت لجستیک.

۴- مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای در برخی از شهر های ایران: بعد از انجام مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای شهر تهران کار مشابهی در برخی دیگر از شهر های بزرگ کشور نظیر قم، رشت، بندرعباس، مشهد و... انجام شده است. در مطالعه حاضر از نتایج طرح ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد استفاده شده است.

ارزیابی ریسک و مدیریت بحران زلزله در شهر تهران: با توجه به اینکه مطالعات فوق برای اولین

بار در کشور انجام شده است. در این بخش به اختصار معرفی می گردد.

مطالعات طرح جامع پیشگیری و مدیریت بحران ناشی از رویداد زلزله در تهران بزرگ توسط آژانس همکاریهای بین المللی ژاپن(جایکا) با مسئولیت مرکز پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران در طی سالهای ۱۳۸۱-۱۳۸۳ انجام شده است. در این مطالعه سه زلزله سناریو به نام های مدل گسل ری، مدل گسل شمال تهران و مدل گسل مشا برای تحلیل ریزپهنه بندی اتخاذ شد و طبق پیش بینی، گسل ری جدی ترین و بیشترین خسارات را به شهر تهران باعث می شود. بنابراین مدل گسل ری زلزله هدف در مطالعه طرح جامع می باشد. به منظور ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه ای در سطح مناطق، از سه شاخص خسارات ساختمانی، خسارات ثانویه و شاخص منابع تخلیه امن استفاده گردید. - شاخص خسارات ساختمانی عبارتست از بالاترین میزان خسارت ساختمانی احتمالی نسبت به تعداد کل ساختمان ها در بر گرفته شده تحت زلزله سناریوی مدل گسل ری. به منظور مقاومت لرزه ای ساختمان ها در تهران، ابتدا بازدید از ساختمان های نمونه صورت گرفت و برای تحلیل مقاومت لرزه ای از شاخص لرزه ای GIS استفاده شد.

$$GIS = \frac{Q_u}{(\alpha \times Q_{un})} \quad (1-2)$$

GIS : شاخص لرزه ای سازه Q_u : ظرفیت نهایی لرزه ای موجود

Q_{un} : ظرفیت نهایی لرزه ای مورد نیاز α : ضریب اصلاح

با استفاده از این شاخص برآورد گردید که ۵۰ درصد ساختمان های موجود در تهران در اثر فعال شدن زلزله سناریو به شدت آسیب می بینند. همچنین به طور خاص ساختمان های مصالح بنایی که نوع سازه غالب در برخی مناطق تهران می باشد نیز به شدت آسیب پذیر می باشند.

- شاخص خسارات ثانویه: این شاخص شامل تأسیسات خطرزا، آسیب شریان های حیاتی شامل لوله های گاز و آب و سیستم برق رسانی می باشد.

- شاخص منابع تخلیه امن: محل تخلیه امن شامل فضای باز، نرخ معابر باریک، تعداد تخلیه شوندگان و تعداد محل های بحران زا می باشد.

آسیب پذیری کل با احتساب سه شاخص ارزیابی فروریزی ساختمان ها، تخلیه افراد به نقاط امن و خطرات ثانویه ارزیابی گردید و نتایج تحلیل به صورت نقشه آسیب پذیری ارائه شد. ممکن است ارزیابی آسیب پذیری نسبی شهر تهران با روش کلی و تلفیقی مناسب باشد ولی این روش برای شناسایی دقیق برخی مشکلات خاص کافی نیست. برای شناسایی شدت آسیب پذیری ویژه، گروه مطالعاتی هر یک از شاخص ها ی آسیب پذیری را در ۸ دسته زیر سازماندهی نمود (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲- شاخص ها ی آسیب پذیری و بررسی مدیریت بحران (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۳)

شاخص ارزیابی	ویژگی های مدیریت بحران
AAA	ساختار شهری با آسیب پذیری نسبتاً کم
AAB	آسیب پذیری بالا از نظر خطرات ثانویه
ABA	آسیب پذیری بالا از نظر امکانات تخلیه امن
BAA	آسیب پذیری بالا از نظر فروریزی ساختمان ها
ABB	آسیب پذیری بالا از نظر امکانات تخلیه امن و خطرات ثانویه
BAB	آسیب پذیری بالا از نظر فروریزی ساختمان ها و خطرات ثانویه
BBA	آسیب پذیری بالا از نظر فروریزی ساختمان ها و امکانات تخلیه امن
BBB	آسیب پذیری بالا از نظر همه شاخص ها

نتایج تحلیل نشان می دهد که مناطق ۱۰ و ۱۷ آسیب پذیرترین مناطق تهران می باشند.

فصل سوم- ارزیابی خطر زلزله در شهر مشهد

۱-۳- مقدمه

از نظر تقسیم بندی زمین ساختی ایران، محدوده مورد مطالعه شامل پهنه های لرزه زمین ساختی کپه داغ و بینالود می باشد. تکتونیک حاکم بر منطقه نیز بازتاب نحوه ارتباط، این محدوده ها با یکدیگر است. به طور کلی گسل های راندگی و صفحات رو رانده عمده ترین ساختمان های زمین شناسی در منطقه هستند (خصوصاً ارتفاعات بینالود) تقریباً تمامی گسل های راندگی، روندی شمال غربی- جنوب شرقی داشته و سوی حرکت در تمامی آن ها از شمال، شمال شرق به سمت جنوب، جنوب غرب است (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴).

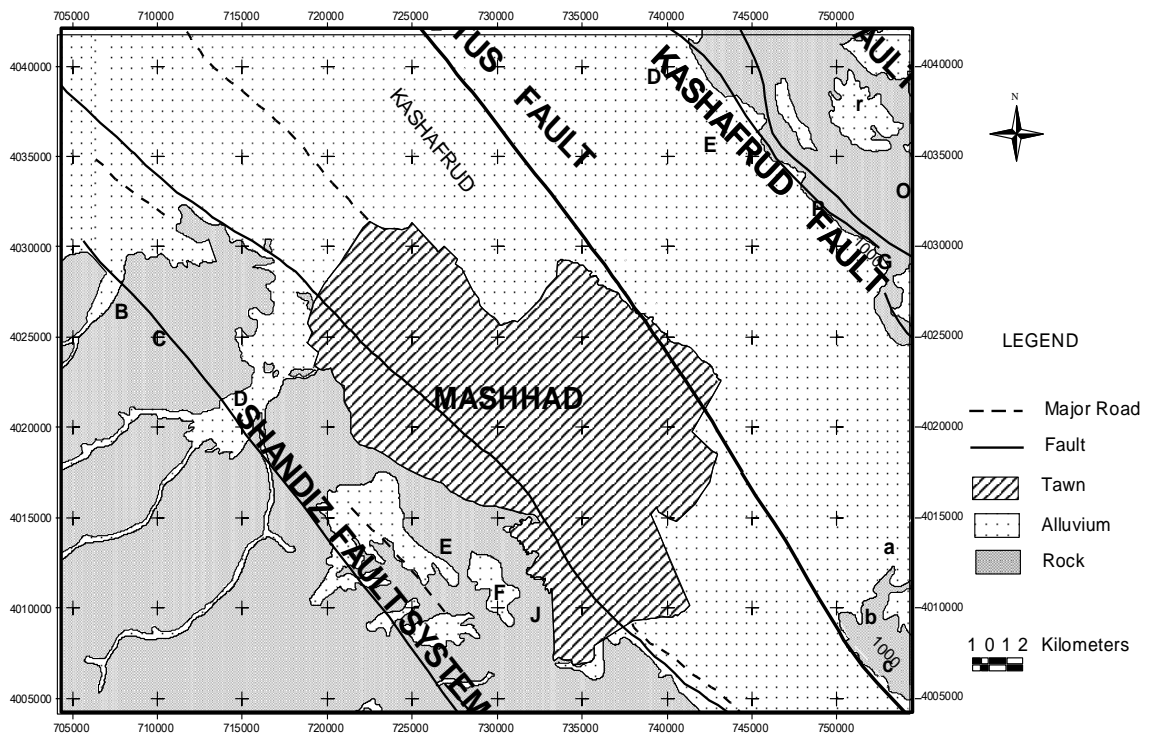
این راندگی ها بیانگر کوتاه شدگی در راستای شمال شرق- جنوب غرب هستند که تحت تأثیر یک میدان استرس انقباضی که علت آن را می توان بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس، تصادم قطعات لیتوسفری توران و ایران دانست که باعث فرورانش قطعه لیتوسفری ایران به زیر قطعه لیتوسفری توران می گردد. چینها تقریباً در تمامی انواع سنگها مشاهده می شوند، چینهای موجود در جنوب مشهد عمدتاً از نوع برگشته و خوابیده هستند، و وجودشان با فعالیت گسلهای تراستی و حرکات صفحات رورانده در ارتباط بوده است. برگشتگی تمامی آنها به سمت جنوب-جنوب غرب و شیب سطح محوری آن ها به سمت شمال- شمال شرق است (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴).

مطالعه گسلهای راندگی و صفحات رورانده در منطقه مورد مطالعه بیانگر این امر است که راندگیها از سه نسل عمده تشکیل شده اند. نسل اول گسلهای راندگی شکل پذیری هستند که وضعیت فضایی

آنها به موازات طبقه بندی بوده است. این نسل، در سه مرحله تریاس پسین- ژوراسیک و بقایای پالئوتتیس و کرتاسه زیرین (مانند گسلهای تراستی بین واحدهای مختلف رسوبات ژوراسیک) دیده می شود. نسل دوم گسلهای راندگی را شامل می شود که عناصر ساختمانی نسل اول را قطع کرده اند. فعالیت این نسل با تشکیل مجموعه آواری پالئوسن همزمان است. نسل سوم دربرگیرنده راندگیهای فلسی است که رفتاری شکننده داشته و عناصر ساختاری راندگیهای نسل دوم را قطع کرده اند (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴).

۳-۲- مشخصات زمین شناسی و زمین ساختی شهر مشهد

شهر مشهد در شمال کوههای چین خورد- رانده بینالود (واقع در شمال ایران مرکزی) قرار گرفته است. کوههای بینالود خود بخشی از استان لرزه زمینساخت ایران مرکزی است که توسط پهنه افیولیت پارینه تتیس (این پهنه مرز جنوبی فرونشست مشهد - قوچان را تشکیل می دهد) از کمربند چین خورده کپه داغ جدا می شود. شهر مشهد در دشتی پوشیده از نهشته های آبرفتی کواترنری بین ارتفاعات کپه داغ (در شمال) و بینالود (در جنوب) قرار گرفته است. این شهر از سمت جنوب به زون زمیندرز (Suture zone) پارینه تتیس محدود می شود. این زون در شمالی ترین بخش خود با گسلی معکوس به نام گسل جنوب مشهد مشخص می شود و به نظر می رسد که ادامه جنوب خاوری گسل جنوب چناران باشد و کناره شمالی دشت مشهد، گسل طوس به موازات رشته کوههای کپه داغ کشیده شده است.



شکل ۳-۱- نقشه گسل های مهم در اطراف شهر مشهد (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴)

۳-۳- گسل های مهم اطراف شهر مشهد

در مطالعه حاضر با توجه به اهداف تعریف شده، مطالعات سائزموکتونیک و تحلیل خطر صورت پذیرفته است و اطلاعات پایه ای مورد نظر از مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد اقتباس شده است. در مطالعات مزبور نقشه های زمین ساختی و لرزه زمین ساختی در مقیاس ها و شعاع های مختلف تهیه شده است. بدین منظور گستره وسیعی پیرامون شهر مشهد به شعاع تقریباً ۱۰۰ کیلومتر از نقطه مرکزی مطالعات (حرم مطهر امام رضا (ع) به عنوان نقطه مرکزی مطالعات در نظر گرفته شده است) توسط نگاره های ماهواره ای LANDSAT 7 و نقشه های زمین شناسی مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج حاصل از این مطالعه بر روی نقشه های توپوگرافی پایه به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ پیاده شده و سپس بصورت نقشه ای به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ارائه گردیده است. مطالعات دقیق تری در گستره ای به شعاع ۳۰ کیلومتر پیرامون نقطه مرکزی مطالعات توسط نگاره های هوایی و نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ صورت پذیرفته است. در جدول (۱-۳) مشخصات گسل های فعال در

محدوده مطالعاتی آمده است. از بین گسل‌های فوق سه گسل جنوب مشهد، شمال مشهد و گسل شان‌دیز-سنگ بست نزدیکترین گسلها به شهر مشهد می باشند. در ادامه اختصاصات این گسلها بر گرفته از گزارش قرشی و مهدویان (۱۳۸۴) به اختصار بیان شده است.

گسل جنوب مشهد: گسل جنوب مشهد سازنده ارتفاعات واقع در جنوب شهر مشهد می باشد. معروف ترین بخش این ارتفاعات کوهسنگی نام دارد. عملکرد گسل جنوب مشهد سبب شده است که سنگهای اولترابازیک، اسپلیتها و سنگهای دگرگونه متعلق به پالئوزوئیک در مجاورت نهشته های نئوژن قرار بگیرد. قرار گرفتن این گسل در ادامه جنوب خاوری گسل جنوب چناران و قرار گرفتن در یک جایگاه فعال سبب شده است که این گسل به همراه گسل جنوب چناران به عنوان یک چشمه لرزه زا در مدلسازی چشمه ها مطرح باشند.

گسل شان‌دیز - سنگ بست: سامانه گسل شان‌دیز - سنگبست با راستای شمال باختری- جنوب خاوری در پای رشته کوه بینالود قرار داشته و از ۱۵ کیلومتری باختر شهر مشهد می گذرد. گسل شان‌دیز - سنگبست، گسلی تک نبوده، بلکه به شکل یک سامانه گسلی به پهنای دست کم ۳ کیلومتر است. درازای این سامانه گسلی ۸۵ کیلومتر می باشد. سامانه گسلی شان‌دیز در بخش میانی خود، دارای شیبی به سوی جنوب باختر است و سبب رانده شدن فیلیت‌های مشهد (از سوی جنوب باختری) بر روی ماسه سنگ، شیل و کنگلومراهای ژوراسیک (در شمال خاوری) شده است، گسل شان‌دیز در بخش‌های شمال باختری و خاوری خود مرز میان کوه (در جنوب باختری) و دشت (در شمال خاوری) را تشکیل داده و رسوبات آبرفتی کواترنر را بریده است. احتمال دارد سامانه گسلی شان‌دیز در رویداد زمینلرزه ۳۰ ژوئیه ۱۶۷۳ مشهد (Ms ۶/۶) نقشی داشته باشد (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴). قرار گرفتن مرکز زمینلرزه های ۱ مه ۱۹۷۶، ۱۷ اوت ۱۹۷۷ و ۴ ژانویه ۱۹۸۳ در نزدیکی گسل شان‌دیز، ممکن است گویای جنبش ضعیف این گسل در قرن بیستم باشد.

گسل طوس (شمال مشهد): گسله مزبور در شمال شهر توس به صورت توپوگرافی تپه ساز قابل تشخیص می باشد. کنترل صحرائی روند مذکور نیز موید وجود چنین گسلی در این امتداد است. مطالعات تکمیلی که در خلال مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد در سال ۱۳۸۵ با استفاده

از روشهای ژئوالکتریک، حفاری های ژئوتکنیکی و میکروترمور انجام گردید مشخص شد که ادامه گسل به سمت شهر مشهد ادامه یافته و از منطقه خواجه ربیع عبور می کند (حافظی مقدس، ۱۳۸۵).

جدول ۳-۱- مشخصات گسل های فعال در محدوده مطالعاتی (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴)

ردیف	نام گسل	سازوکار گسل	فاصله از نقطه مرکزی (کیلومتر)	درازای گسل (km)
۱	جنوب چناران و جنوب مشهد	معکوس	۵	بیش از ۱۰۰
۲	کشف رود	معکوس	۴۲	۶۲
۳	شاندیز - سنگ بست	راستالغز راستگرد	۱۵	۸۵
۴	سرخ ده	راستالغز راستگرد	۲۷	۷۵
۵	امرو دک	راستالغز راستگرد	۴۰	۶۰
۶	گو جگی	راستالغز راستگرد	۳۶	۷۰
۷	بینالود	معکوس	۳۲	۱۰۰
۸	شمال نیشابور	معکوس	۴۷	۸۰
۹	نیشابور	معکوس	۷۹	۵۰
۱۰	فریمان	معکوس	۴۵	بیش از ۱۰۰
۱۱	تخت شاه (عبدل آباد)	معکوس	۶۰	۵۵
۱۲	طوس (شمال مشهد)	معکوس	۱۰	۶۰
۱۳	شمال بوژان	معکوس	۲۴	۷۰
۱۴	شمال فریمان	معکوس	۵۳	۶۰
۱۵	چشمه شیرین	معکوس	۹۰	۸۵

۳-۴- تاریخچه لرزه خیزی شهر مشهد

بررسی زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی رخ داده در این منطقه که لیست آنها در جدول ۳-۲ آمده است، مؤید این است که گستره طرح از نظر لرزه ای فعال است و در دوره تاریخی دارای فعالیت لرزه ای زیادی بوده است که این فعالیت در دوره دستگاهی کمتر بوده و به نظر می رسد که منطقه مورد مطالعه در حال سپری کردن یک دوره آرامش است. رویدادهای لرزه ای این منطقه اساساً از نوع کم عمق می باشند.

گستره طرح در منطقه ای بین دو استان لرزه زمینساخت ایران مرکزی و کپه داغ قرار دارد. کوههای چین خورده و رانده بینالود (شهر مشهد در شمال دامنه شمالی این کوهها واقع شده است) که در واقع

شمالی ترین بخش استان لرزه زمینساخت ایران مرکزی را تشکیل می دهد به عنوان یک واحد ساختاری بین کمربند چین خورده کپه داغ و رشته ایران مرکزی واقع شده است. در این بخش، مشخصات و ویژگیهای زمینلرزه های گستره طرح، با توجه به داده های موجود که از منابع مختلف گردآوری گردیده ارائه شده است.

۳-۴-۱- لرزه خیزی تاریخی

زمین لرزه های باستانی و تاریخی منحصر به کتابهای تاریخی ، سفرنامه ها و اسناد پراکنده می باشند و طبیعی است که استفاده از چنین داده هایی برای ارزیابی زمین لرزه های روی داده در گذشته کار مشکلی است.

با وجود ابهاماتی که در مورد زمین لرزه های تاریخی ایران وجود دارد ، تاریخ تمدن طولانی ایران می تواند یکی از نادرترین داده های تاریخی در مورد زمین لرزه را برای بررسی توان لرزه خیزی یک ناحیه فراهم آورد. بررسی لرزه خیزی تاریخی در برطرف نمودن بخشی از کاستی های دانش بشری از پیشینه لرزه خیزی پوسته زمین بسیار مفید و سودمند می باشد و می تواند برای روشن ساختن وضعیت و الگوی لرزه خیزی در مناطقی که تاریخچه وقوع زمین لرزه ها کافی نمی باشد، مورد استفاده واقع شود.

کاملترین مرجع مدون از زمینلرزه های تاریخی ایران، کتاب تاریخ زمینلرزه های ایران (آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲ - ترجمه ابوالحسن رده ۱۳۷۰) و کاتالوگ زلزله و پدیده های طبیعی ایران زمین (Berberian, 1994) می باشد. مهمترین زمین لرزه تاریخی که به طور مستقیم شهرستان مشهد را تحت تأثیر قرار داده است زمین لرزه ۳۰ ژوئیه ۱۶۷۳ میلادی می باشد. این زمین لرزه در ۱۵ ربیع الثانی ۱۰۸۴ با بزرگی (Ms ۶/۶) در خراسان روی داد. دو سوم مشهد، از جمله گنبد مرقد امام رضا، سقف گنبدی مسجد گوهرشاد و بسیاری از ساختمان های همگانی، ویران شد و ۴۰۰۰ تن کشته شدند. نیشابور نیز به سختی آسیب دید و نیمی از شهر فروریخت و ۱۶۰۰ تن جان خود را از دست دادند. گفته شده است که شهر کوچک دیگری نیز بکلی ویران شده است. این زمینلرزه در ارتباط با جنبش گسلهای کشف رود و یا طرقله روی داده است (Berberian, 1994).

۳-۴-۲- لرزه خیزی دستگاهی

در جدول ۲-۳ لیست زمین لرزه های مهم دستگاهی در شعاع ۱۵۰ کیلومتری از شهر مشهد آمده است ملاحظه می گردد که در قرن بیست و یکم زمین لرزه های بزرگ رخ داده عموماً در فاصله دور از شهر مشهد اتفاق افتاده است.

۳-۴-۳- عمق کانونی زمین لرزه ها

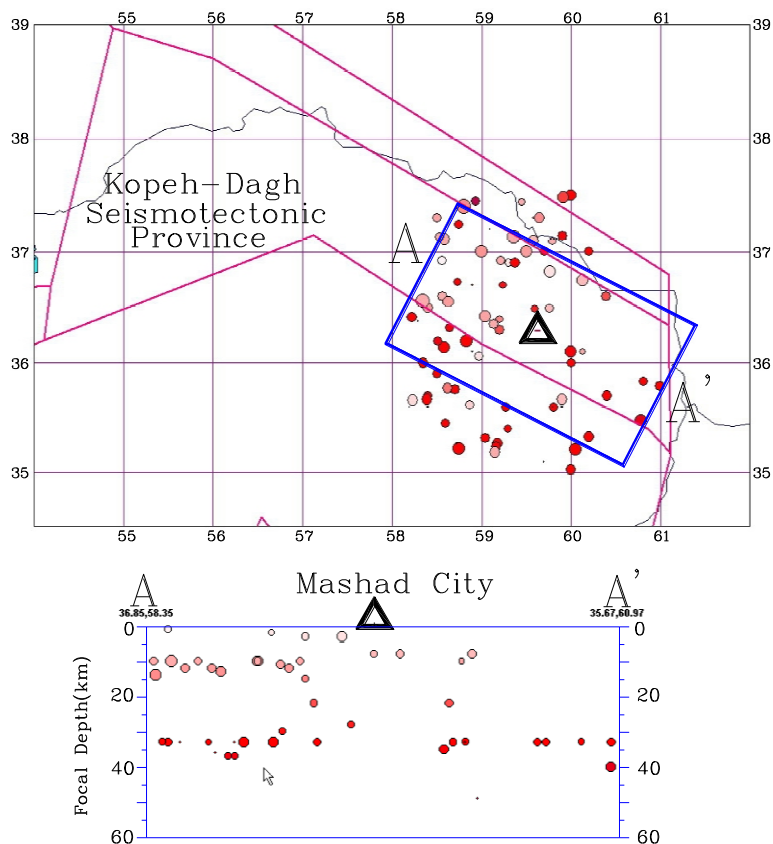
ژرفای کانونی یک زمینلرزه معرف فاصله قائم از سطح زمین به کانون یک زمینلرزه یعنی مکان بوجود آمدن و رها شدن انرژی یک زمینلرزه می باشد. این پارامتر از آنجا که نشاندهنده عمق لرزه خیزی در یک ناحیه می باشد از اهمیت خاص برخوردار است. تعیین ژرفای کانونی زمینلرزه ها بطور عمده بر اساس داده های ثبت شده دستگاهی صورت می گیرد. بررسیهای آماری ژرفای کانونی زمینلرزه ها با دقت کارشناسی صورت گرفته است.

در شکل (۱-۳) در جهت مقطع AA' توزیع هندسی ژرفای کانونی زمینلرزه ها با توجه به بزرگای هر زمینلرزه نمایش داده شده است. با در نظر گرفتن خطای موجود در اعلام ژرفای کانونی زمینلرزه ها از بررسی آماری این داده ها می توان به طور کلی چنین برداشت نمود که زمینلرزه ها در گستره طرح اغلب کم عمق می باشند.

لذا به منظور تکمیل اطلاعات زمینلرزه های که ژرفای کانونی آنها اعلام نشده و اعمال داوری کارشناسی میانگینی حدود ۱۰ کیلومتر برای تکمیل ژرفای کانونی زمینلرزه های فاقد ژرفا در گستره مورد مطالعه بطور محافظه کارانه در نظر گرفته شد. در شکل ۲-۳ موقعیت کانون سطحی زمین لرزه های دستگاهی در اطراف شهر مشهد و نیز توزیع عمقی آنها نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- بزرگترین زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاہی روی داده در شعاع ۱۵۰ کیلومتری از شهر مشهد

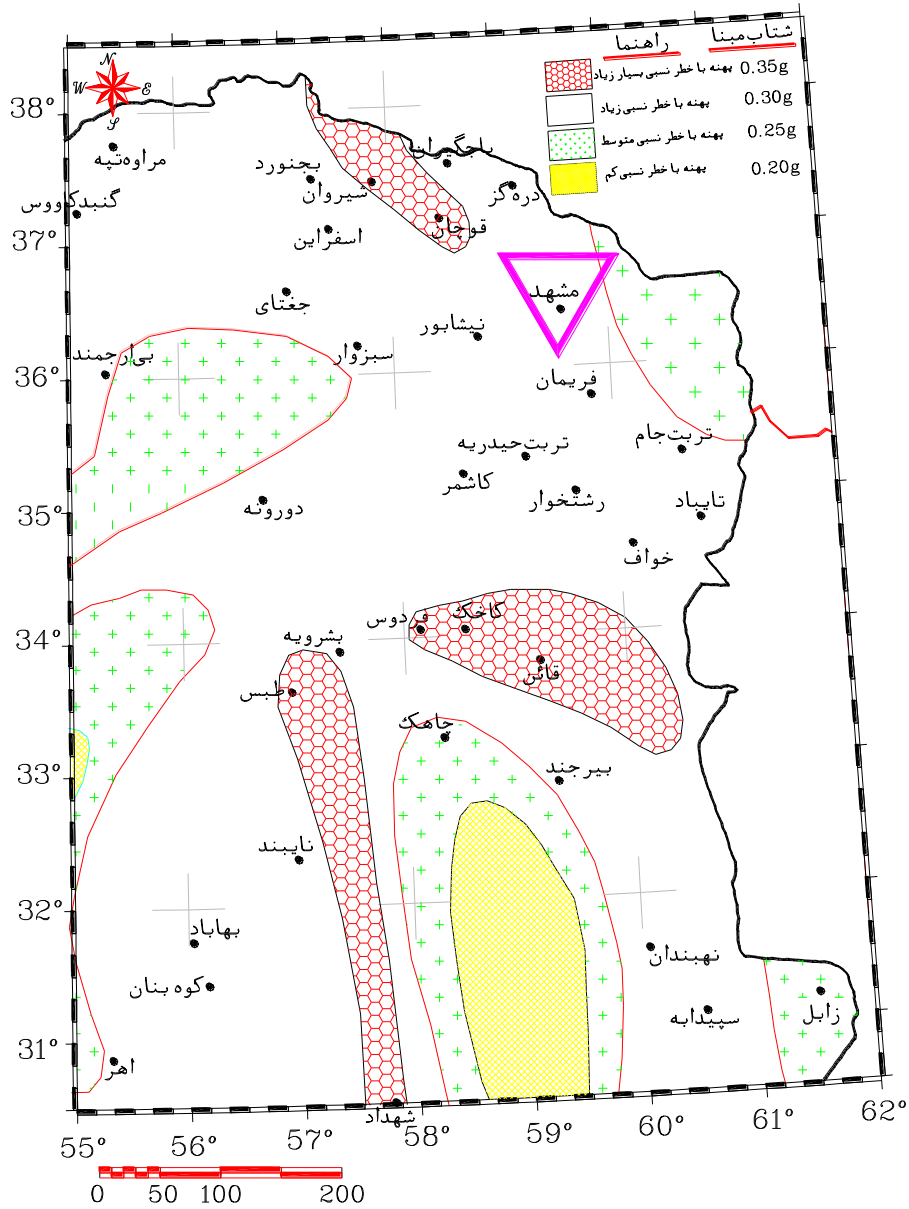
ردیف	تاریخ وقوع رویداد (میلادی)	بزرگا (Ms)	فاصله رومرکز تا نقطه مرکزی مطالعات (کیلومتر)	گسل مسبب
۱	۱۲۰۹ نیشابور	۷/۳	۸۲/۹	بینالود
۲	۱۷ اکتبر ۱۲۷۰ نیشابور	۷/۱	۷۳/۹	نیشابور
۳	فوریه ۱۳۸۹ نیشابور	۷/۳	۷۳/۹	نیشابور یا بینالود
۴	۲۳ نوامبر ۱۴۰۵ نیشابور	۷/۴	۷۳/۹	نیشابور یا بینالود
۵	۳۰ ژوئیه ۱۶۷۳ مشهد	۶/۶	۲۸/۳	کشف رود یا شانديز
۶	ژوئن ۱۸۵۱ قوچان - معدن	۶/۹	۱۲۲/۵	بینالود یا کلیدر
۷	۱۷ نوامبر ۱۸۹۳ جنوب قوچان	۷/۱	۱۳۴/۱	قوچان
۸	۱۷ ژانویه ۱۸۹۵ قوچان	۶/۸	۱۴۰/۹	قوچان - شیروان یا قوچان
۹	۹ نوامبر ۱۹۰۴	۶/۴	۹۰	-
۱۰	۲۵ مه ۱۹۲۳			
۱۱	۲۱ اوت ۱۹۲۸ نیشابور	۵/۲	۷۱/۲	نیشابور (؟)
۱۲	۱۳ ژوئیه ۱۹۲۹	۶/۱		
۱۳	۱۹ دسامبر ۱۹۳۸	۵/۶	۱۰۷/۱	-
۱۴	۴ مه ۱۹۴۰	۶/۵	۱۱۷	-
۱۵	۴ آوریل ۱۹۷۰	۵/۳		



شکل ۳-۲- پراکندگی هندسی ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها در داخل مستطیل نمایش داده شده در راستای مقطع AA' (دوایر پررنگتر معرف زمینلرزه‌های عمیق‌تر و دوایر بزرگتر معرف زمینلرزه‌های قویتر می‌باشند) (قریشی و مهدویان، ۱۳۸۴)

۳-۵- شرایط لرزه‌ای شهر مشهد با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰

بر اساس استاندارد آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) گستره شهر مشهد در پهنه با خطر نسبی زیاد واقع شده و برای آن شتاب مبنا $0.3g$ پیشنهاد گردیده است. (شکل ۳-۳). همچنین با توجه به بند ۲-۲-۱ این آیین نامه در مورد سازه‌های خاص تاکید شده که مقادیر پارامتر شتاب جنبش نیرومند زمین در نظر گرفته شده نباید از دو سوم مقادیر مندرج در این آیین نامه (یعنی $0.2g$) کمتر باشد مگر آنکه مطالعات خاص لرزه‌خیزی در ساختمان مورد نظر انجام شود و حتی در این صورت نیز مقادیر طیفی نباید از دو سوم مقادیر آیین نامه کمتر باشد.

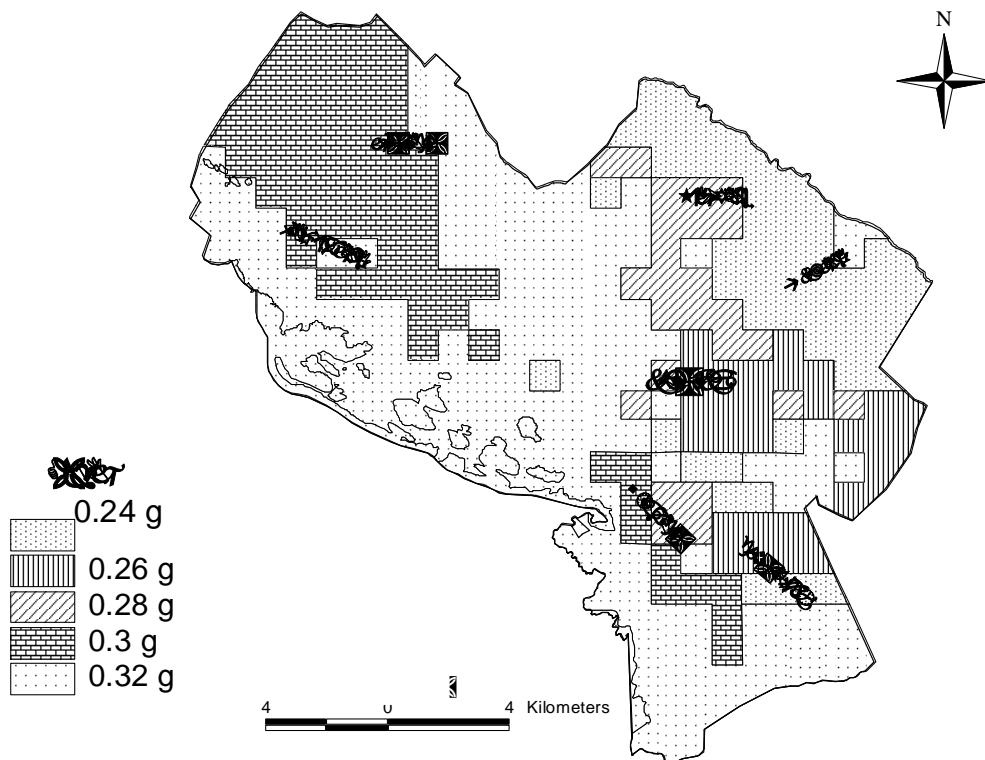


شکل ۳-۳- نقشه بهنه بندی خطر زلزله در ایران و موقعیت گستره طرح ریز بهنه بندی نسبت به آن بر مبنای آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)

۳-۶- برآورد شتاب سطحی افقی در شهر مشهد

الف- روش احتمالاتی:

بر مبنای مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای و ارزیابی اثرات ساختمانی در شهر مشهد نقشه پهنه های هم شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال بصورت شکل ۳-۴ ارائه شده است. همانطور که شکل نشان می دهد، شتاب سطحی افقی بصورت پنج پهنه از حداقل ۰/۲۴ تا حداکثر ۰/۳۲ مشخص شده است. بیشترین مقادیر شتاب افقی در سطح زمین g ۰/۳۲ که کمی بیش از مقدار پیش بینی شده در آیین نامه ۲۸۰۰ می باشد مربوط به بخشهای مرکزی شهر است.



شکل ۳-۴- شتاب افقی سطحی زمین با دوره بازگشت ۴۷۵ سال (حافظی مقدس، ۱۳۸۴)

ب- روش تعیینی:

همانطور که بیان شد دو گسل جنوب و شمال مشهد (طوس) نزدیکترین گسل های فعال به شهر مشهد می باشند بنابراین بدترین سناریو مربوط به فعالیت احتمالی این گسل ها خواهد بود. در این مطالعه نیز گسل های فوق بعنوان بحرانی ترین سناریو های زلزله در نظر گرفته شده است. سپس حداکثر شتاب افقی فعالیت احتمالی این گسل ها به روش تعیینی با استفاده از رابطه ۳-۱ (کمپل و بزرگنیا ۲۰۰۴) در سطح زمین محاسبه شده است. رابطه کمپل و بزرگنیا، ۲۰۰۴ بر مبنای داده های جهانی از جمله ایران می باشد و برای شرایط نزدیک ساختگاه (Near Field) ارائه شده است. همچنین در این رابطه شرایط ساختگاهی مدنظر قرار می گیرد. لذا در مطالعه حاضر از این رابطه جهت ارزیابی شتاب افقی حداکثر زلزله استفاده شده است. شرایط خاک در این رابطه، خاک سفت در نظر گرفته شده است. در جدول ۳-۴ رابطه فوق توصیف داده شده است.

جهت تعیین شتاب سطحی ابتدا محدوده شهر مشهد شبکه بندی شده و فاصله مرکز هر یک از شبکه ها تا سطح گسل تعیین شده است. سپس با توجه به حداکثر بزرگی حاصل از فعالیت هر یک از گسلها و شرایط خاک سطحی، شتاب افقی سطحی تعیین شده است. در جدول ۳-۳ برآورد بزرگی زلزله برای هر یک از گسل ها بر اساس دو رابطه نوروزی (۱۹۸۵) و امبرسیز (۱۹۸۲) آمده است. در اشکال ۳-۵ و ۳-۶ منحنی های هم شتاب افقی بدست آمده برای هر یک از گسل ها بر اساس رابطه کمپل و بزرگنیا (۲۰۰۴) نشان داده شده است و همچنین در اشکال ۳-۷ و ۳-۸ موقیت این منحنی ها در شهر مشهد آمده است.

جدول ۳-۳- مشخصات گسلهای لرزه زای قوی نزدیک به شهر مشهد

نام گسل	ساز و کار	طول گسل (L) KM	بزرگی گسل (Ms)		میانگین Final(Ms)
			(I)	(II)	
گسل جنوب مشهد و چناران	معکوس	۱۴۵	۷,۰۸	۷,۰۳	۷,۰۵~۷,۱
گسل طوس و شمال مشهد	معکوس	۸۶	۷,۰۳	۶,۹۶	۶,۹۹~۷

$$Ms = 5.4 + \text{Log}L'$$

(I) نوروزی (۱۹۸۵)

$$Ms = 4.629 + 1.429 \text{Log}L'$$

(II) امبرسیز (۱۹۸۲)

$$L' = 1/2L \quad (\text{گسل طوس})$$

$$L' = 1/3L \quad (\text{گسل جنوب مشهد})$$

$$\ln Y = c_1 + f_1(Mw) + c_4 \ln \sqrt{F_2(Mw, r_{seis}, S)} + f_3(F) + f_4(S) + f_5(HW, F, Mw, r_{seis})$$

$$f_1(Mw) = c_2 Mw = c_3 (8.5 - Mw)^2$$

$$f_2(Mw, r_{seis}, S) = r_{seis}^2 + G(S)^2 (\exp[c_8 Mw + c_9 (8.5 - Mw)^2])^2$$

$$g(S) = c_5 + c_6 (S_{VFS} + S_{SR}) + c_7 S_{FR} + c_7 S_{FR}$$

$$f_3(F) = c_{10} F_{RV} + c_{11} F_{TH} \quad (1-3)$$

$$f_4(S) = c_{12} S_{VFS} + c_{13} S_{SR} + c_{14} S_{FR}$$

$$f_5(HW, FMw, r_{seis}) = HW f_3(F) f_{Hw}(Mw) f_{Hw}(r_{seis})$$

$$HW = \begin{cases} 0 & \text{for } r_{jb} \geq 5 \text{ km or } \delta > 70^\circ \\ (S_{VFS} + S_{SR} + S_{FR})(5 - r_{jb})/5 & \text{for } r_{jb} < 5 \text{ km and } \delta \leq 70^\circ \end{cases}$$

$$f_{Hw}(Mw) = \begin{cases} 0 & \text{for } Mw < 5.5 \\ Mw - 5.5 & \text{for } 5.5 \leq Mw \leq 6.5 \\ 1 & \text{for } Mw > 6.5 \end{cases}$$

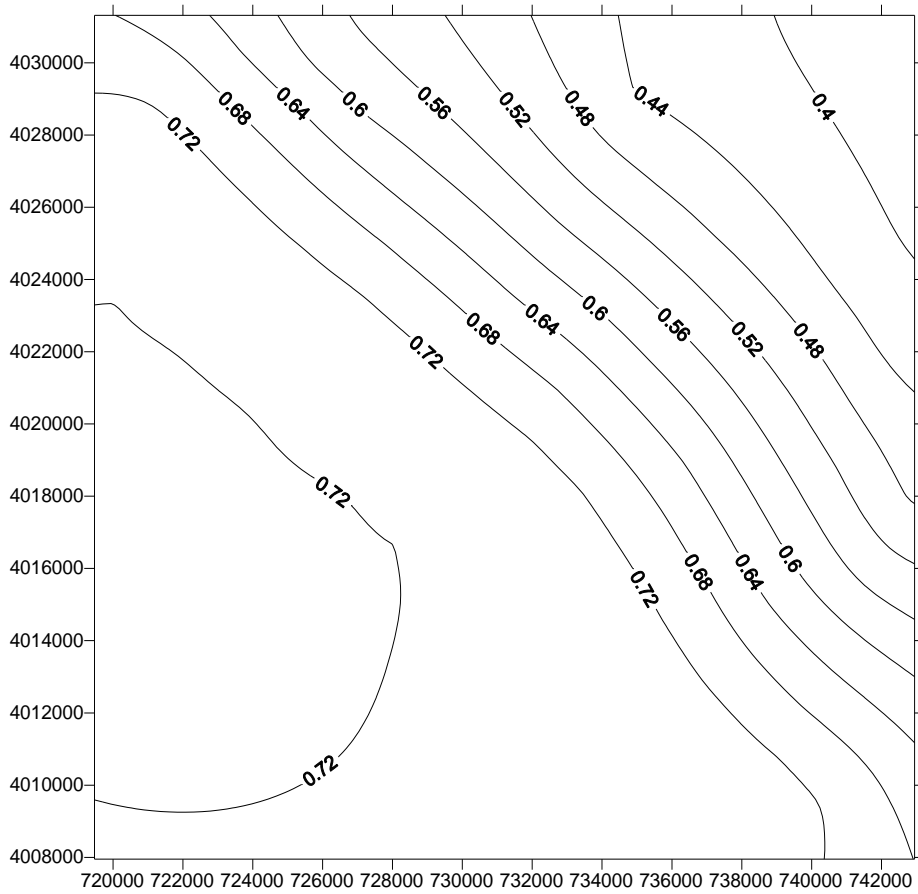
$$f_{Hw}(r_{seis}) = \begin{cases} c_{15}(r_{seis}/8) & \text{for } r_{seis} < 8 \text{ km} \\ c_{15} & \text{for } r_{seis} \geq 8 \text{ km} \end{cases}$$

for horizontal PGA: $c_1 = -4.033$, $c_2 = 0.812$, $c_3 = 0.036$, $c_4 = -1.061$, $c_5 = 0.041$,
 $c_6 = -0.005$, $c_7 = -0.018$, $c_8 = 0.766$, $c_9 = 0.034$, $c_{10} = 0.343$, $c_{11} = 0.351$,
 $c_{12} = -0.123$, $c_{13} = -0.138$, $c_{14} = -0.289$, $c_{15} = 0.370$ and $\sigma = c_{16} - 0.07Mw$ for
 $Mw < 7.4$ and $\sigma = c_{16} - 0.518$ for $Mw \geq 7.4$ where $c_{16} = 0.920$ or $\sigma = c_{17} + 0.351$
for $PGA \leq 0.07$ g, $\sigma = c_{17} - 0.132 \ln(PGA)$ for 0.07 g < $PGA < 0.25$ g and $\sigma = c_{17}$
+ 0.183 for $PGA \geq 0.25$ g where $c_{17} = 0.219$

for vertical PGA: $c_1 = -3.108$, $c_2 = 0.756$, $c_3 = 0$, $c_4 = -1.287$, $c_5 = 0.142$, $c_6 = 0.046$,
 $c_7 = -0.040$, $c_8 = 0.587$, $c_9 = 0$, $c_{10} = 0.253$, $c_{11} = 0.173$, $c_{12} = -0.135$, $c_{13} = -0.138$,
 $c_{14} = -0.256$, $c_{15} = 0.630$ and $\sigma = c_{16} - 0.07Mw$ for $Mw < 7.4$ and $\sigma = c_{16} - 0.518$
for $Mw \geq 7.4$ where $c_{16} = 0.975$ or $\sigma = c_{17} + 0.351$ for $PGA \leq 0.07$ g, $\sigma = c_{17} - 0.132$
 $\ln(PGA)$ for 0.07 g < $PGA < 0.25$ g and $\sigma = c_{17} + 0.183$ for $PGA \geq 0.25$ g where $c_{17} =$
 0.274 .

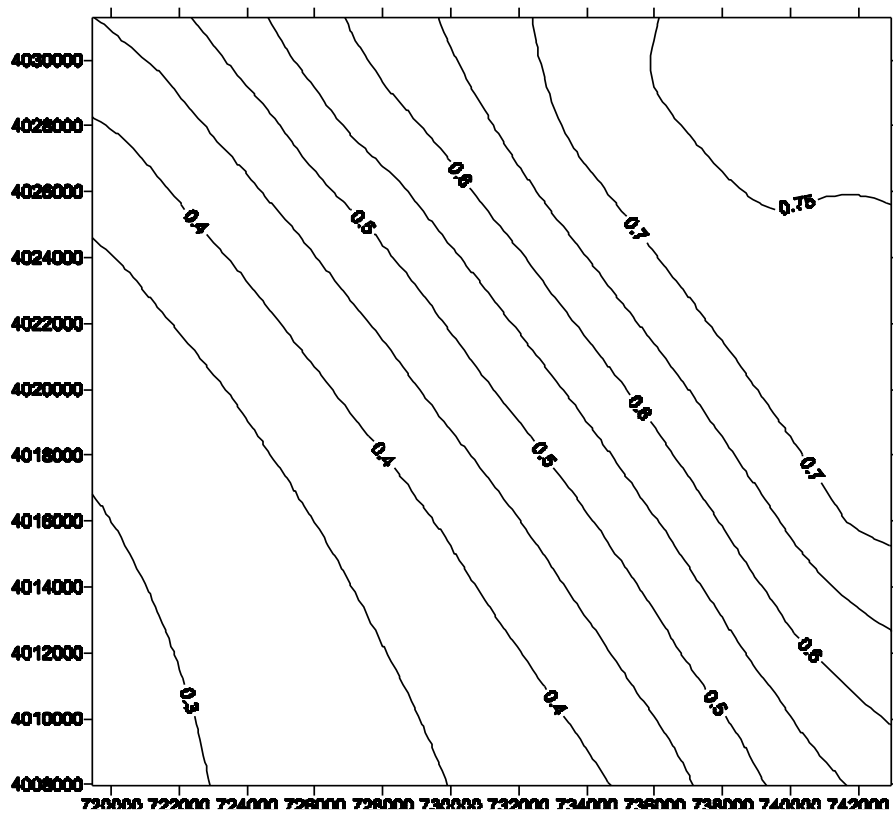
For Very firm soil $S_{VFS} = 1$, $S_{SR} = 0$ and $S_{FR} = 0$

For Reverse fault $F_{RV} = 1$ and $F_{TH} = 0$

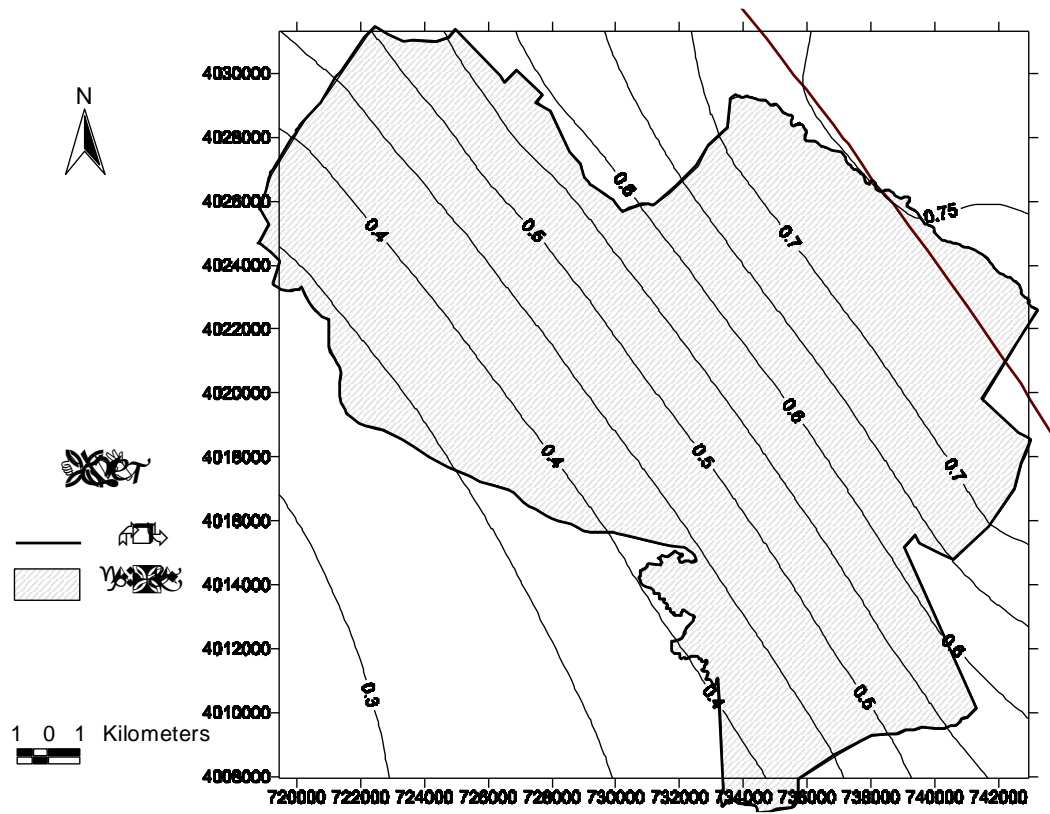


شکل ۳-۵- منحنی های همشتاب افقی در سطح زمین با فرض فعالیت گسل جنوب مشهد و چناران

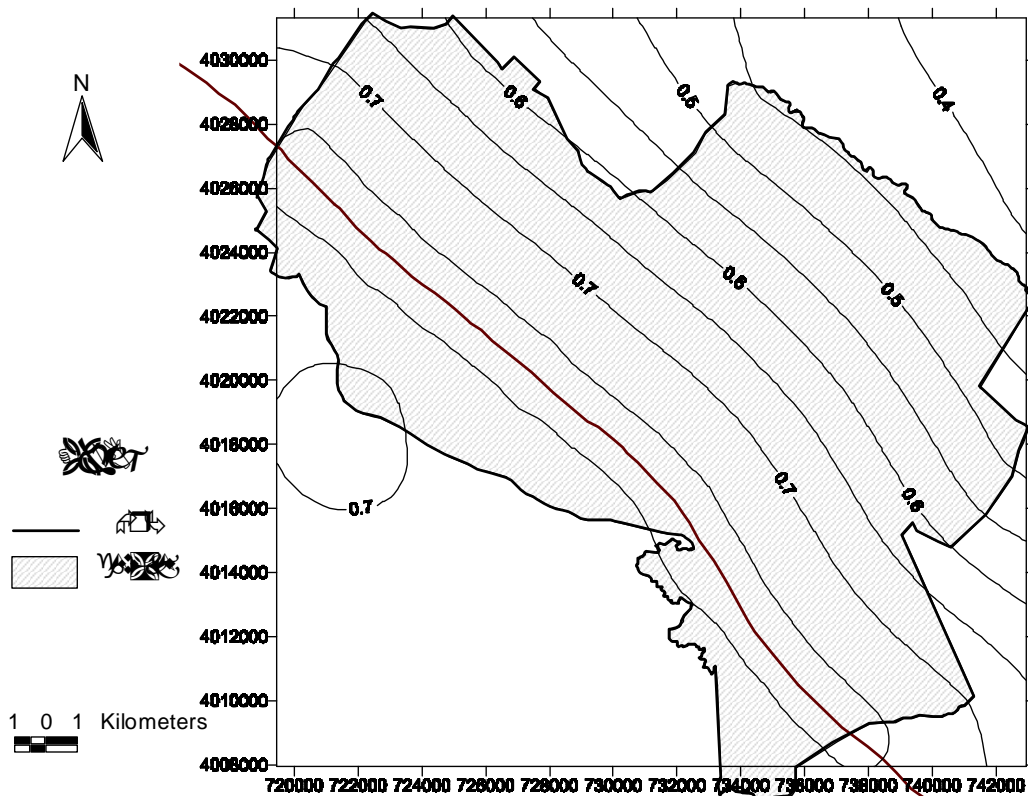
بر اساس رابطه کمپل و بزرگنیا (۲۰۰۴)



شکل ۳-۶- منحنی های همشتاب افقی سطحی با فرض فعالیت گسل طوس بر اساس رابطه کمپل و بزرگنیا (۲۰۰۴)



شکل ۳-۷- موقعیت منحنی های همشتاب افقی سطحی در شهر مشهد با فرض فعالیت گسل طوس



شکل ۳-۸- موقعیت منحنی های همشتاب افقی سطحی در شهر مشهد با فرض فعالیت گسل جنوب مشهد

فصل چهارم - تهیه لایه های اطلاعاتی مشخصات

شهری مشهد

۴-۱- مقدمه

میزان تلفات انسانی و اقتصادی یک زلزله تابعی از توزیع جمعیت، نوع سازه، شدت زلزله، اهمیت سازه، امداد رسانی و پایدار بودن مراکز امداد در طی زلزله می باشد. تأسیسات حیاتی شهری شامل بیمارستان ها، مراکز آموزشی، مذهبی، ادارات، سازمان ها، کارخانه ها، صنایع، ترمینال های مسافربری، مخازن شبکه های آبرسانی، گازرسانی و دیگر تأسیسات می باشد. تخریب این مراکز و تأسیسات بطور مستقیم و غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات خواهد شد. بنابراین توجه به پراکندگی و ایمنی این مراکز حیاتی بسیار مهم می باشد. در مطالعه حاضر ۱۱ پارامتر کیفیت ساخت، معابر و خیابانها، مراکز مسکونی، آموزشی، مذهبی و تمرکز جمعیت، تجاری و صنعتی، هتل ها و مراکز اقامتی، ادارات دولتی، مراکز بهداشتی و درمانی، سازه های خاص و مراکز تفریحی-ورزشی بعنوان عوامل مؤثر در خرابی و خسارات زلزله در نظر گرفته شده و پراکنش هر یک از این عوامل در شهر مشهد با استفاده از اطلاعات تهیه شده از سازمان های مختلف بصورت یک لایه اطلاعاتی رقومی شده، تعیین شده است.

۲-۴- گردآوری اطلاعات و تهیه بانک اطلاعات شهری

جهت تهیه لایه اطلاعاتی از مشخصات شهر مشهد به تمامی سازمان ها و مراکز اداری مراجعه شده و اطلاعات موجود دریافت شده است. در بسیاری از موارد در ادارات کل اطلاعات زیرمجموعه تحت مدیریت آنها وجود نداشته است و به ناچار به سایر شعبات و مراکز اداری مراجعه شده است. به عنوان مثال جهت تهیه لایه اطلاعاتی مدارس و مراکز آموزش بعد از طی مسیر طولانی اخذ مجوز، اطلاعات موجود در اداره کل آموزش و پرورش استان ناقص بوده و به ناچار به نواحی آموزش و پرورش مراجعه شده و بعضاً موقعیت دقیق مدرسه تلفنی از مسئولین آنها سؤال شده است.

برای سایر لایه های اطلاعاتی نظیر مساجد و هتلها به علت نقص اطلاعات در نقشه های موجود و بایگانی ادارات مربوطه، از طریق شماره تلفن موقعیت و مشخصات آنها تهیه شده است. همچنین در تهیه موقعیت مکانی هتلها و مراکز اقامتی علاوه بر سازمان های ذیربط نظیر سازمان میراث فرهنگی بصورت تلفنی اطلاعات لازم از مسئولین هتل ها دریافت شده است.

دستیابی به موقعیت و مکان استقرار ادارات و مراکز دولتی از طریق استانداری صورت گرفت که به صورت نوشتاری و بعضاً به صورت فایل کامپیوتری اخذ گردید. با استفاده از اطلاعات شهرداری مشهد لایه مربوط به فضاهای سبز، سازه های شهری (بافت فرسوده، معابر و خیابان ها و مراکز مسکونی) به صورت فایل رقومی تهیه شد. مراکز صنعتی موجود در داخل و خارج شهر با استفاده از اطلاعات سازمان صنایع و معادن استان بر روی نقشه پیاده گردید. اطلاعات مربوط به مراکز درمانی و بهداشتی، بیمارستان های بزرگ از طریق دانشگاه علوم پزشکی مشهد اخذ گردید که این اطلاعات به صورت فایل رقومی تهیه و ارائه شده است.

با کمک و همکاری شرکت ملی پخش فراورده های نفتی اطلاعات مربوط به سازه های خاص شامل پمپ بنزین ها و انبارهای نفت تهیه شد. آمار و اطلاعات مربوط به شبکه های اصلی گاز رسانی و ایستگاههای تقلیل فشار گاز از شرکت گاز استان اخذ گردید.

اطلاعات مربوط به بزرگ راهها و جاده ها شهرستان، میزان ورود و خروج جمعیت و تغییرات فصلی آن از سازمان ترافیک شهری اخذ گردید.

پایانه های مسافری شهری و برون شهری و راه آهن از طریق اطلاعات موجود در نقشه شهری مشهد تهیه گردید. بخشی از اطلاعات مربوط به مراکز مسکونی از طریق سازمان مسکن و شهر سازی تهیه شد.

متأسفانه در مواردی نظیر مراکز انتظامی و نظامی علی رغم پیگیریهای زیاد امکان کسب اطلاعات از موقعیت پایگاهها و ادارات مربوطه میسر نگردید. در جدول ۴-۱ فراوانی هر یک از پارامتر های مورد استفاده در شهر مشهد نشان داده شده است.

جدول ۴-۱- پارامتر های مورد استفاده برای ارزیابی آسیب پذیری در شهر مشهد

تعداد	پارامتر	تعداد	پارامتر
۹۷	هتل ها و مراکز اقامتی	۱۳۷۱	مراکز آموزشی
۴۴	مراکز تجاری-صنعتی	۵۶۲	مراکز مذهبی
۳۲	مراکز تفریحی- ورزشی	۱۸۹	ادارات دولتی
۹۸	سازه های خاص	۹۹	مراکز درمانی- بهداشتی
-	سازه های شهری	۱۱۳	پارک ها و باغات

۳-۴- معرفی لایه های اطلاعاتی

مراکز آموزشی: این مراکز به صورت دو لایه مدارس، دانشگاهها-مراکز آموزش عالی و مجتمع های آموزشی تهیه شده است. مراکز فوق در ارزیابی آسیب پذیری خطر زلزله و مدیریت بحران در گروه مراکز مهم تمرکز جمعیت محسوب شده بطوریکه اگر از نظر موقعیتی در مناطق با شتاب بالای زمین لرزه قرار بگیرند می توانند باعث تلفات انسانی زیادی شوند. در شکل ۴-۱ موقعیت مراکز آموزش نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که مراکز فوق تقریباً توزیع یکنواختی در سطح شهر مشهد دارند.

مراکز مذهبی و تجمع جمعیت: این بخش شامل لایه های اطلاعاتی مساجد، حسینیه ها، آرامگاهها، حرم مطهر امام رضا (ع) و ترمینالهای مسافربری می باشد. در این اماکن در ساعاتی از شبانه روز تجمع جمعیت وجود دارد، لذا آسیب رسیدن به آنها سبب افزایش تلفات انسانی خواهد شد. این مراکز که در شکل ۴-۲ نشان داده شده اند در قسمت های مرکزی، شرق و جنوب شهر تجمع بیشتری را دارند.

ادارات دولتی: این بخش در دو لایه اطلاعاتی ادارات معمولی، سازمانها و ادارات کل تهیه شده است. ادارات دولتی بعنوان مراکز تجمع جمعیت و ادارات سیاسی و خدماتی علاوه بر اینکه در گروه مراکز تجمع جمعیت محسوب شده اند بعنوان مراکز مهم در مدیریت، تنظیم و هماهنگی فعالیتهای مربوط به مدیریت بحران می باشند. از این رو باید مورد توجه خاص قرار گیرند. این مراکز در قسمت های مرکزی و تقریباً شمال غرب شهر تجمع یافته اند (شکل ۴-۳).

مراکز درمانی و بهداشتی: این بخش شامل دو لایه اطلاعاتی بیمارستان ها، مراکز اورژانس، درمانگاهها و مراکز بهداشت می باشد. مراکز درمانی در بحث امداد و نجات در صورت بروز یک حادثه اهمیت زیاد دارند. لذا لازم است مراکز فوق بخصوص بیمارستان های بزرگ آمادگی کامل جهت مقابله با بحران وقوع زمین لرزه را داشته باشند. این مراکز که در شکل ۴-۴ آمده است بیشتر در قسمت مرکزی شهر قرار گرفته اند.

هتل ها و مراکز اقامتی: این مراکز بعنوان مراکز تجمع جمعیت، در تلفات انسانی نقش داشته و هم در مبحث خسارات اقتصادی مهم می باشند. مراکز اقامتی شامل آسایشگاه ها و ندامتگاه ها، هتل های بزرگ و مهمانسرا می باشند. در شکل ۴-۵ موقعیت مراکز اقامتی شهر مشهد آمده است. مشاهده می شود که عمده مراکز اقامتی در محدوده حرم مطهر قرار دارند.

مراکز تجاری و صنعتی: مراکز تجاری و صنعتی در شمال و شمال شرق شهر قرار دارند. علاوه بر اینها مراکز صنعتی پراکنده ای در حاشیه جاده های ورودی شهر و نیز در داخل محدوده شهری قرار دارد. این مراکز از این نظر که هم بصورت مستقیم در خسارات اقتصادی و هم غیر مستقیم باعث افزایش اثرات ناشی از زمین لرزه و بروز پیامد های ناشی از آن مانند آتش سوزی، نشت مواد سمی

و خطرناک و آزاد شدن گاز های سمی و شیمیایی می شوند و تلفات و خسارات ناشی از زمین لرزه را چند برابر می کنند مورد توجه قرار گرفته اند(شکل ۴-۶).

مراکز تفریحی-ورزشی: این لایه شامل تمامی مراکز ورزشی روباز و سالن های ورزشی می باشند. مراکز ورزشی در زمان های معین دارای جمعیت زیادی می باشد. لذا از نظر تلفات انسانی حائز اهمیت هستند، بعلاوه در شرایط بحرانی از آنها به عنوان کمپ موقت و نیز بیمارستان صحرایی می توان استفاده نمود شکل(۴-۷).

سازه های خاص: پمپ بنزین ها، انبارهای نفت، شبکه توزیع اصلی گاز، ایستگاههای تقلیل فشار گاز، مخازن آب و پست برق سازه های خاص می باشند و در صورتی که تمهیدات لازم جهت مقاوم سازی آنها صورت نگرفته باشد سبب افزایش تلفات و خسارات ناشی از زلزله احتمالی در شهر خواهند شد (شکل ۴-۸).

فضاهای سبز، پارک ها و باغات: این فضا ها بعنوان مراکز تخلیه امن برای حفظ جان افراد از خطراتی نظیر آتش سوزی و سایر خطرات قابل پیش بینی در هنگام زلزله محسوب می شوند. از این رو توجه به موقعیت این مراکز در سطح شهر برای مدیریت بحران زلزله ضروری می باشد. این گروه بصورت ۲ لایه اطلاعاتی باغات و پارکهای بزرگ، متوسط و کوچک از نظر مساحت تهیه شده است(شکل ۴-۹).

مشخصات سازه های شهری: این بخش شامل سه لایه بافت فرسوده شهری، معابر و خیابانها و نیز ابعاد واحدهای مسکونی می باشد. اطلاعات فوق از شهرداری مشهد تهیه شده و اقدام خاصی در جهت کنترل آن صورت نگرفته است(شکل ۴-۱۰).

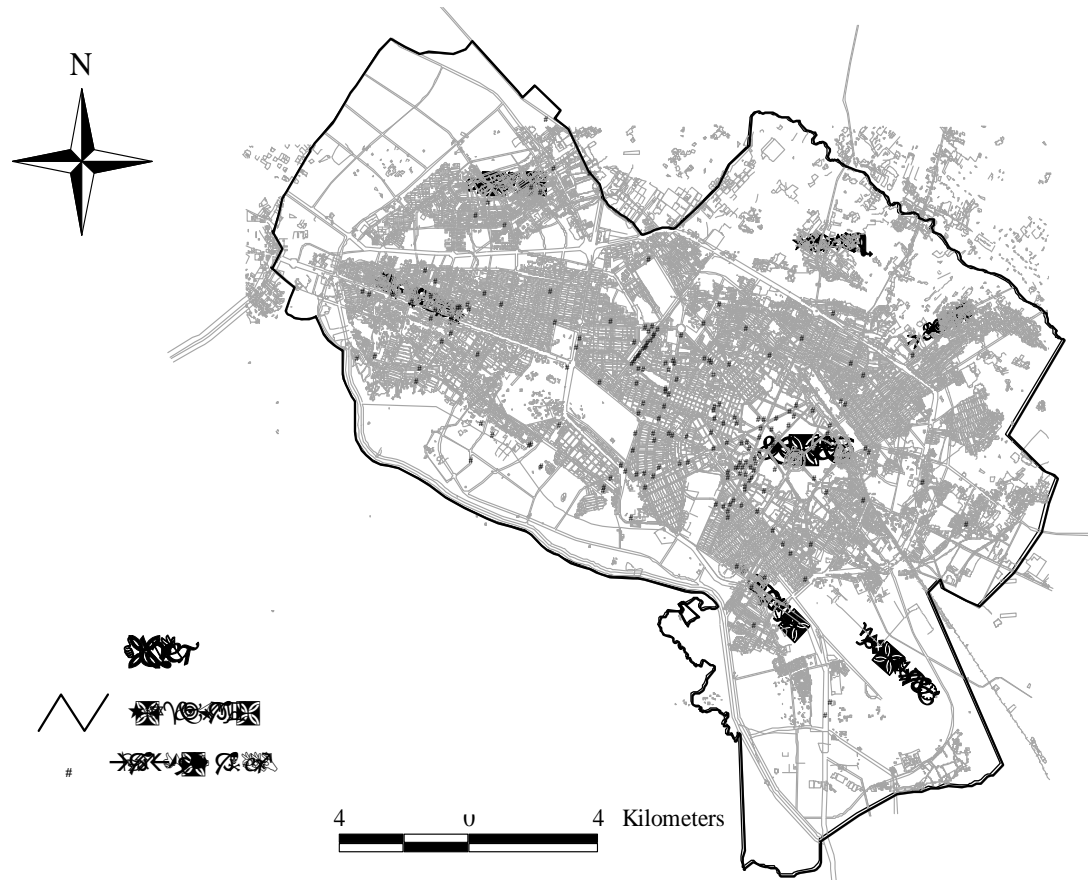
مراکز مسکونی از نظر تراکم جمعیت به سه رده زیاد، متوسط و کم تقسیم و بصورت یک لایه اطلاعاتی تهیه شده است. در شرایطی که احتمال وقوع زلزله بسیار زیاد است و تراکم بالای جمعیت وجود دارد مسلماً احتمال بالا رفتن تلفات انسانی به شدت افزایش خواهد یافت. بنابراین تراکم جمعیت از جمله پارامترهای مهم در ارزیابی آسیب پذیری زلزله می باشد. در شکل ۴-۱۱ وضعیت تراکم جمعیت در شهر مشهد نشان داده شده است.



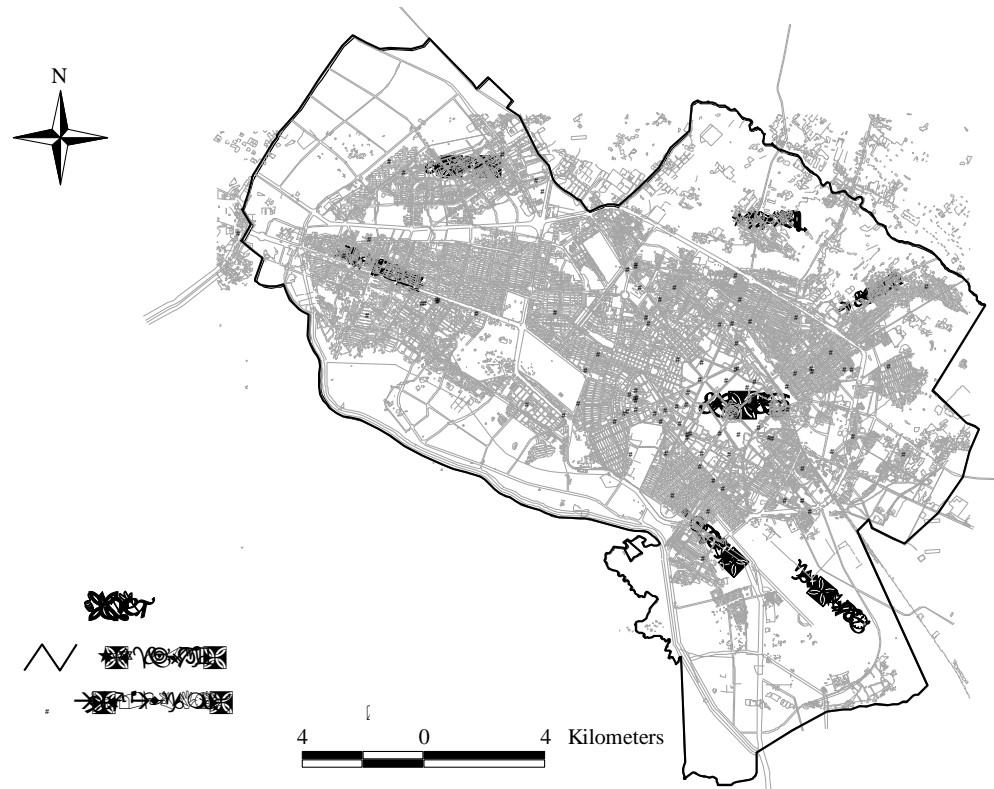
شکل ۴-۱- پراکندگی مراکز آموزشی در شهر مشهد



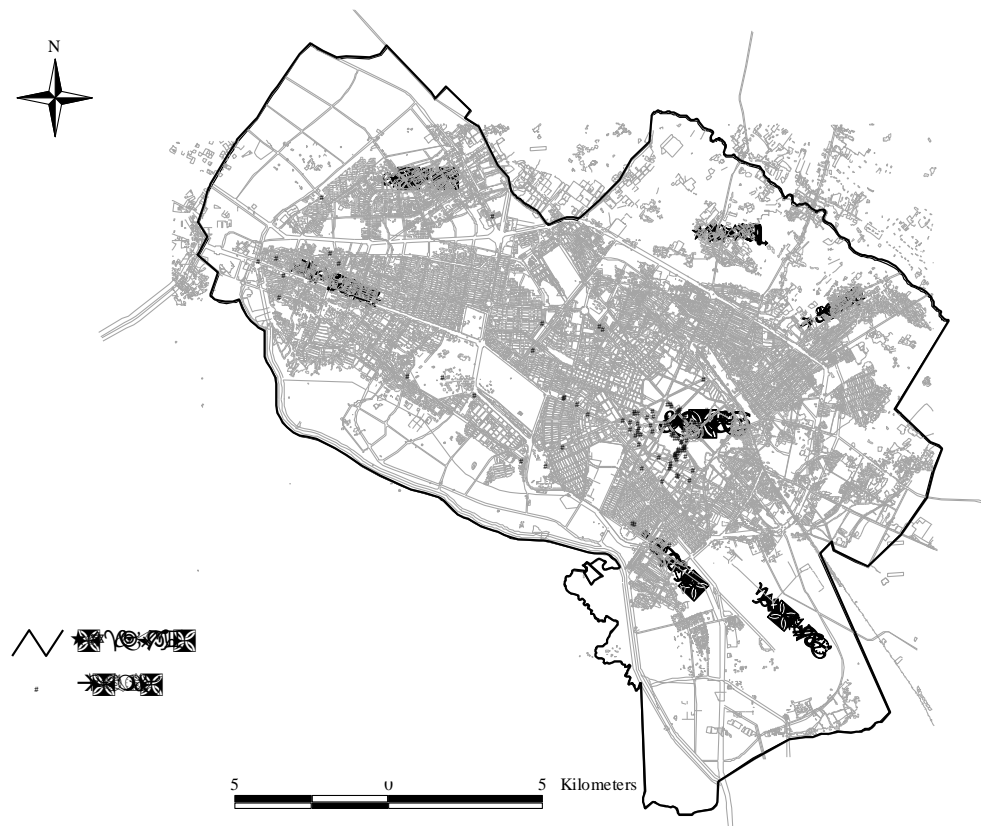
شکل ۲-۴- پراکندگی مراکز مذهبی در شهر مشهد



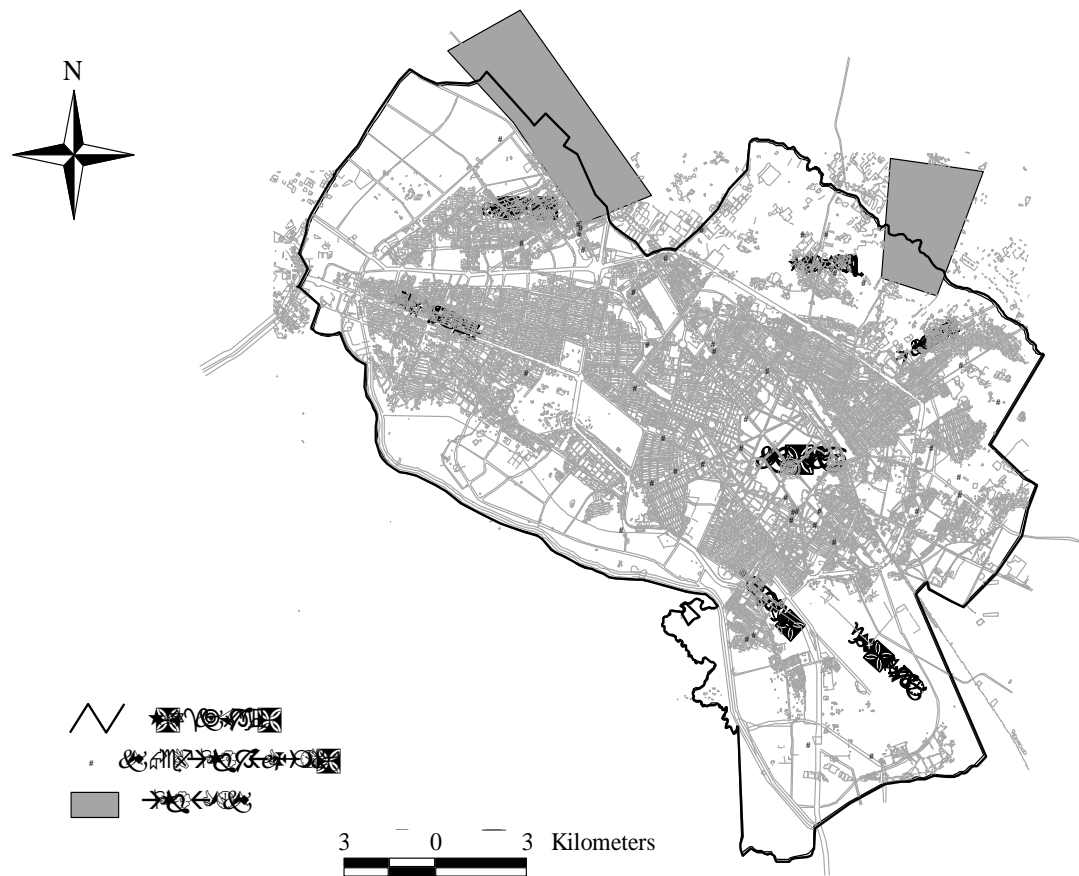
شکل ۴-۳- پراکندگی ادارات و سازمان های دولتی در شهر مشهد



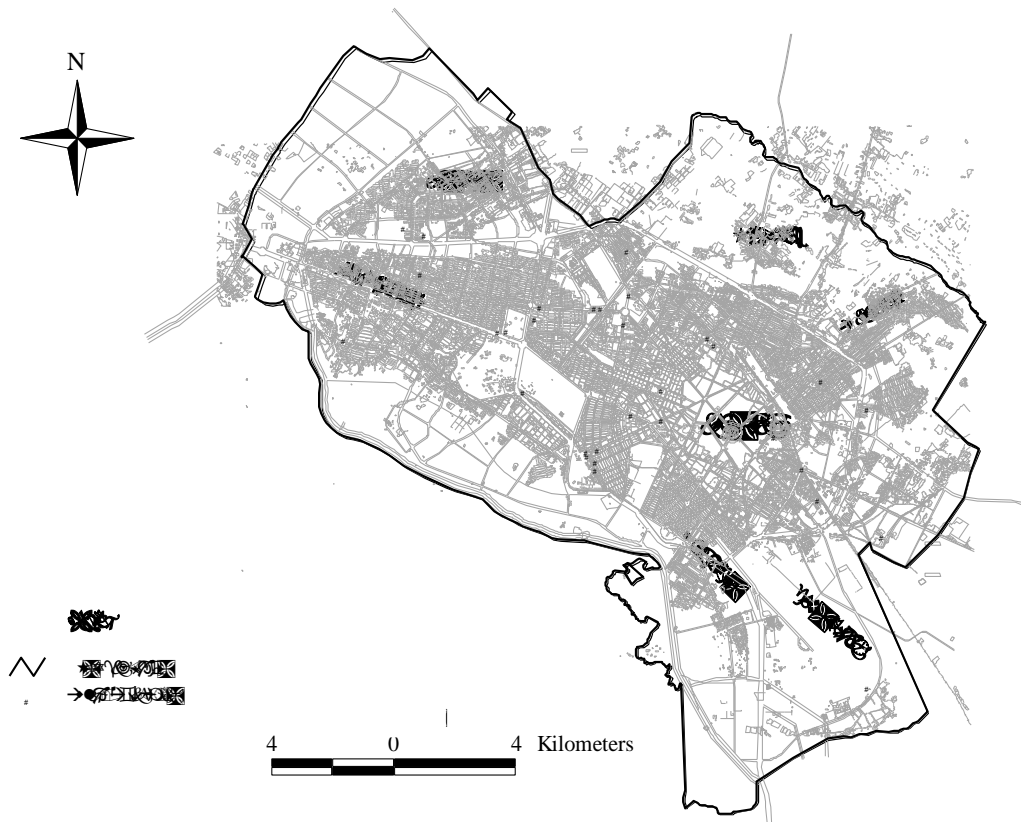
شکل ۴-۴- پراکندگی مراکز بهداشتی - درمانی در شهر مشهد



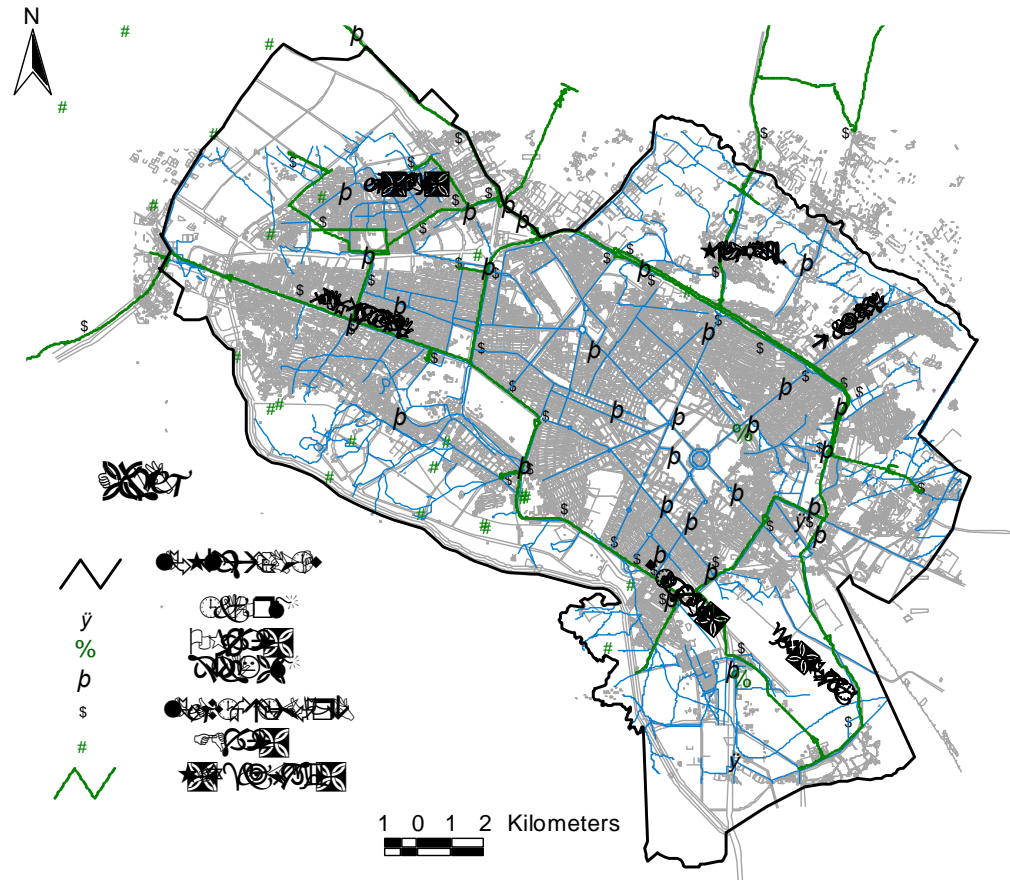
شکل ۴-۵- پراکندگی مراکز اقامتی در شهر مشهد



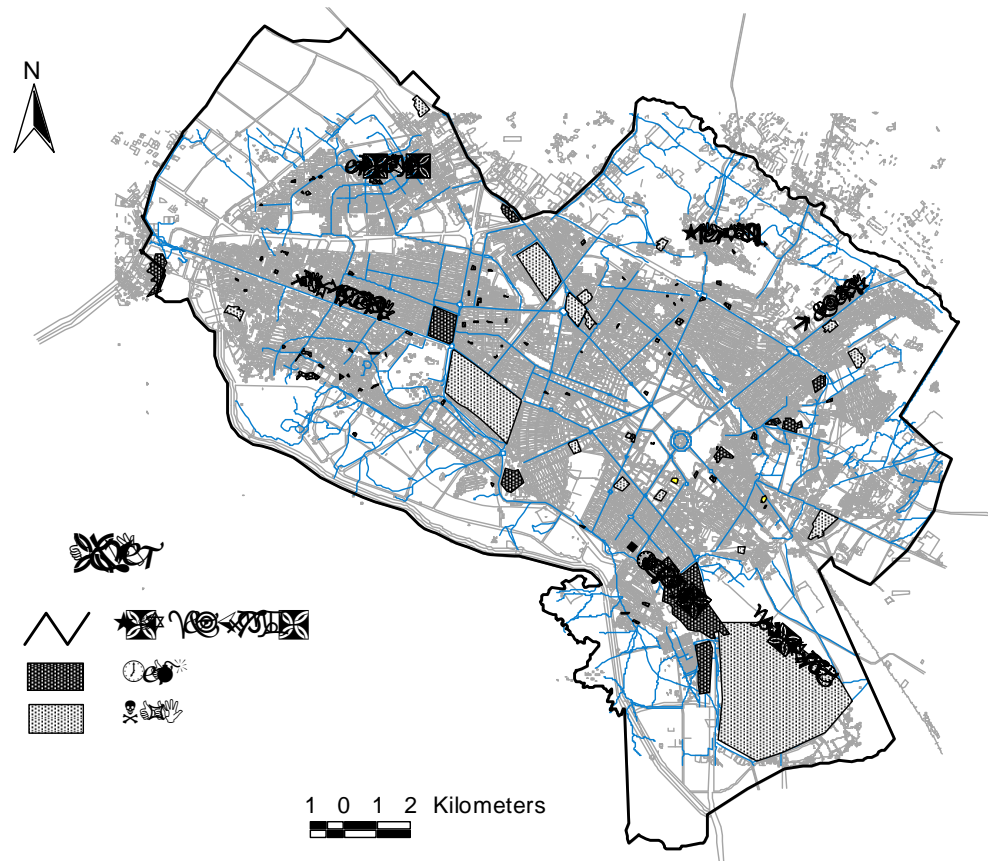
شکل ۴-۶- پراکندگی مراکز صنعتی و تجاری در شهر مشهد



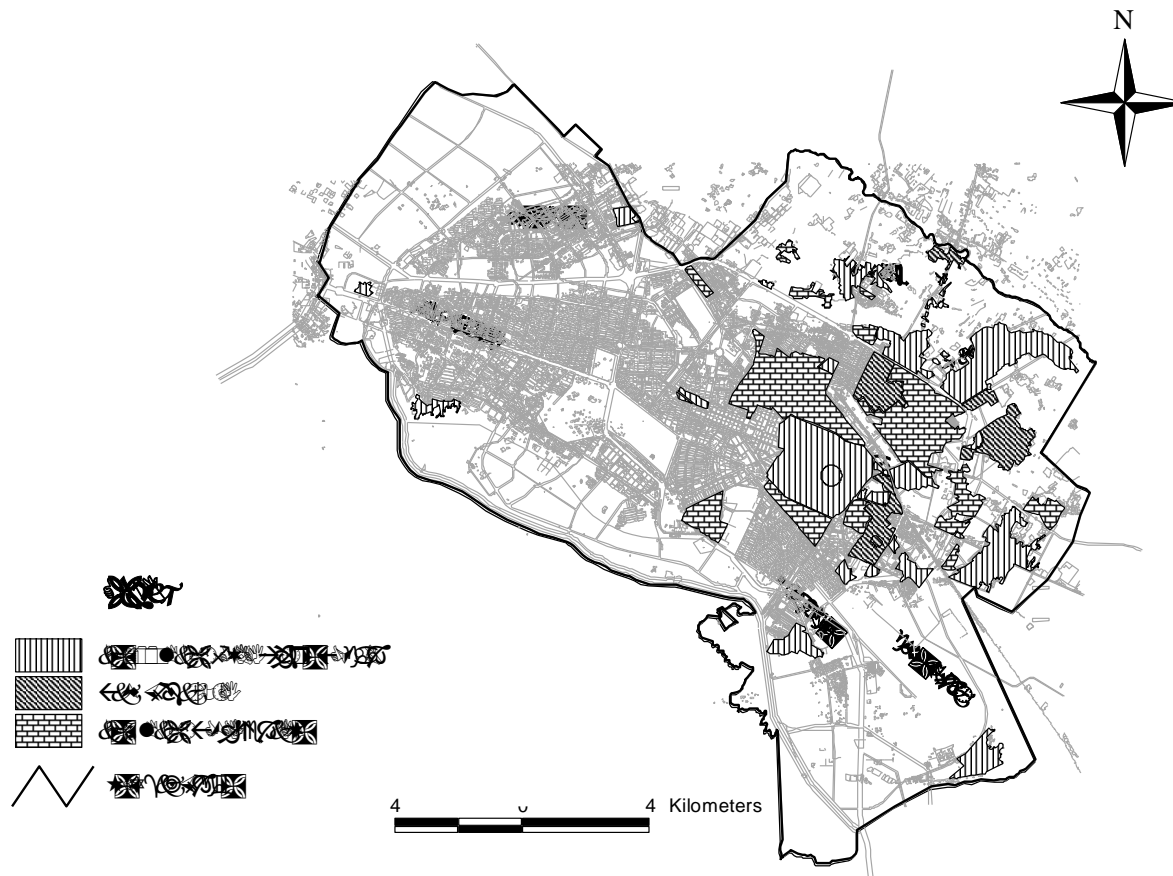
شکل ۴-۷- پراکندگی مراکز تفریحی- ورزشی در شهر مشهد



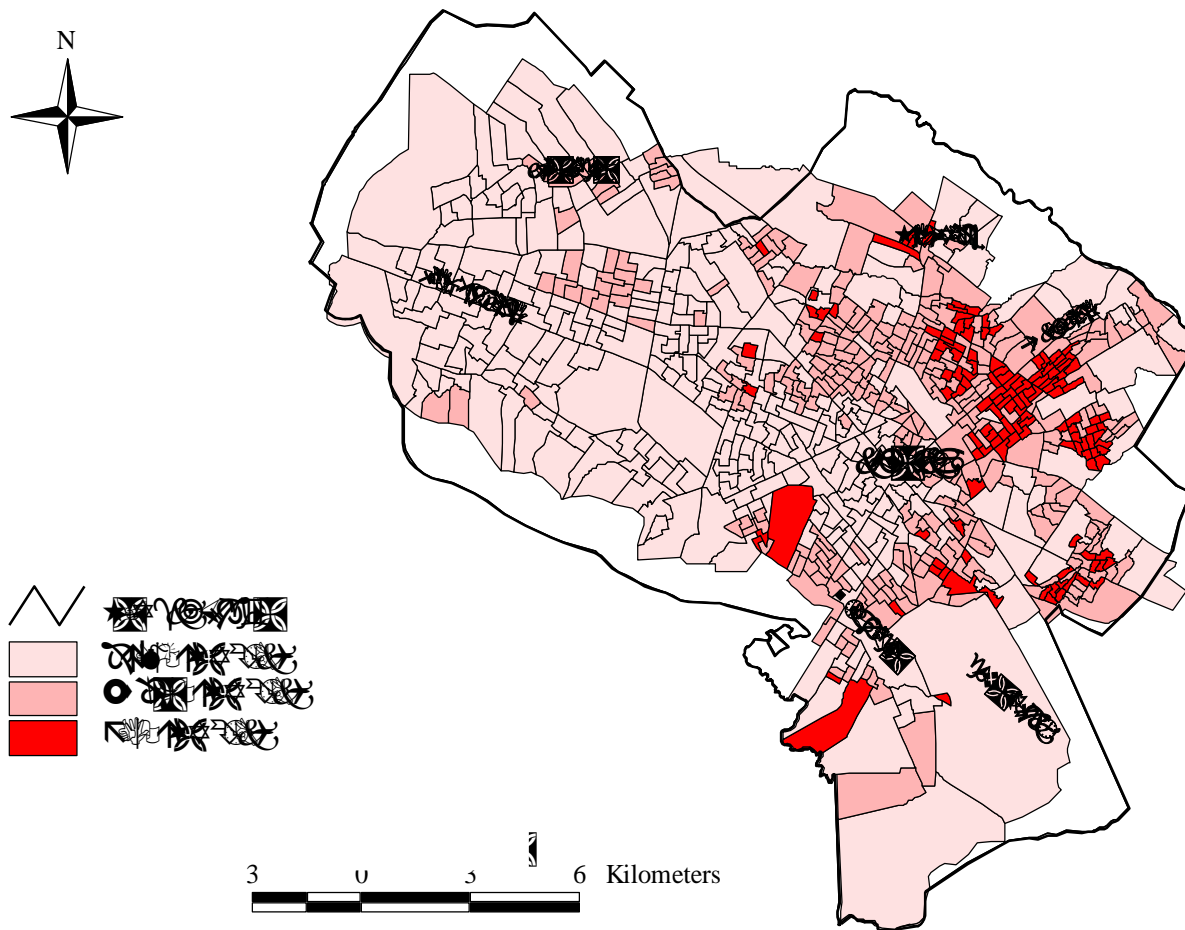
شکل ۴-۸- پراکندگی سازه های خاص در شهر مشهد



شکل ۴-۹- وضعیت فضاهای سبز و پارک ها در شهر مشهد



شکل ۴-۱۰- وضعیت سازه های شهری در شهر مشهد



شکل ۴-۱۱- وضعیت تراکم جمعیت در شهر مشهد

فصل پنجم- ارزیابی آسیب پذیری و تهیه نقشه

ریسک زلزله

۱-۵-مقدمه

آسیب پذیری به معنای درجه از میان رفتن عوامل در معرض ریسک، در هنگام وقوع زلزله، با شدت معین می باشد که در مقیاس بین صفر (۰- بدون خسارت) تا یک (۱- تخریب کامل) بیان می شود.

عوامل در ریسک شامل جمعیت، ساختمان ها، تأسیسات عمرانی و ساختمانی، فعالیتهای اقتصادی، خدمات عمومی و شهری، تأسیسات شهری و زیر بنایی و مشابه آن است، که در یک منطقه معین در معرض خطر و آسیب پذیری قرار دارند. درجه ریسک به معنای درجه خسارت حاصل از وقوع زلزله است که تابعی از شدت زلزله و درجه آسیب پذیری می باشد. درجه ریسک نشان دهنده تعداد قابل انتظار تلفات جانی، جراحت های انسانی و خسارات مالی و اختلال در فعالیت های اقتصادی به سبب وقوع زلزله معین می باشد و مقدار آن از حاصل ضرب ریسک مشخص و عوامل در ریسک به دست می آید (Kates and Kaspersen, 1983).

$$R = H \times V \quad (1-5)$$

R = ریسک

H = خطر یا احتمال وقوع خطر زلزله

$V =$ آسیب پذیری یا درجه خسارت قابل انتظار به عوامل در معرض ریسک به سبب وقوع زلزله با شدت معین.

۵-۲- ارزیابی درجه آسیب پذیری شهر مشهد

در مطالعه حاضر بر اساس مقادیر شتاب زلزله و سایر اختصاصات شهری، محدوده شهر مشهد از نظر تلفات انسانی و خسارات اقتصادی توأم با هم و به صورت نسبی به سه رده ریسک بالا، متوسط و پایین تقسیم شده است. برای این منظور محدوده طرح جامع شهری به شبکه های یک کیلومتر مربعی تقسیم شده است و مقادیر شتاب افقی و وضعیت یازده پارامتر مورد استفاده در ارزیابی آسیب پذیری در هر شبکه تعیین شده است سپس با استفاده از رابطه ۵-۲ مقدار آسیب پذیری در هر شبکه تعیین شده است.

$$R = A.B \sum_{i=1}^{11} C_i \quad (۲-۵)$$

A ضریب شتاب افقی حاصل از سناریو های مختلف می باشد که مقدار آن بصورت زیر تعیین شده است.

حداقل مقدار شتاب افقی بدست آمده / شتاب افقی در هر شبکه $A =$

B ضریب بافت فرسوده شهری می باشد که به بافت فرسوده ضریب ۲ و به سایر مناطق ضریب ۱ داده شده است.

C_i ضرایب مربوط به سایر پارامتر های شهری می باشد که بر اساس اهمیت آنها در تلفات و خسارات اقتصادی زلزله رده بندی شده و برای هر یک درجه اهمیتی اختصاص داده شده است و نهایتاً این ضریب از حاصلضرب رده هر پارامتر در درجه اهمیت بدست می آید.

برای این منظور به صورت ساده ابتدا هر یک از پارامتر ها با توجه به اهمیت آنها به دو یا سه گروه تقسیم شده است. بعنوان مثال مراکز آموزشی به سه رده مجتمع های آموزشی، مدارس و دانشگاهها تقسیم شده است که به ترتیب به آنها ضریب ۱، ۲ و ۳ اختصاص یافته است. رده بندی فوق حاکی از اهمیت بالاتر دانشگاهها نسبت به مدارس و همینطور مدارس به مجتمع های آموزشی می باشد.

همینطور مراکز مذهبی و مراکز تجمع جمعیت بر اساس وسعت و درجه اهمیت آنها به چهار رده تکایا، مساجد، ترمینالها و حرم مطهر تقسیم شده است. سپس یازده پارامتر با هم مقایسه شده و برای هر یک درجه اهمیتی بین ۱ تا ۵ در نظر گرفته شده است. کمترین درجه اهمیت به خصوصیات شهری که بطور مستقیم و غیر مستقیم نقش کمتری در تلفات انسانی و خسارات اقتصادی دارند نظیر مناطق مسکونی اختصاص یافته و بالاترین درجه اهمیت به سازه هایی که نقش بزرگتری در افزایش تلفات و خسارات اقتصادی دارند نظیر پمپ بنزین ها، انبار نفت و... که می توانند موجبات آتش سوزی و افزایش خسارات و تلفات شوند داده شده است. درجه اهمیت برای برخی از اختصاصات شهری در روز و شب با هم متفاوت است بعنوان مثال مدارس در شب خالی از جمعیت است و در صورت خرابی تنها خسارات اقتصادی را در پی دارد در حالی که مراکز تجاری و صنعتی بدلیل ارزش اقتصادی بالاتری که دارند در شب نیز درجه اهمیت بالا خواهند داشت. امتیازدهی به پارامترهای مورد استفاده در آسیب پذیری زلزله در جدول ۵-۱ آمده است.

پارامتر شتاب مورد استفاده در تحلیل بر اساس دو مدل فعالیت احتمالی گسل شمال، گسل جنوب مشهد و شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال حاصل از مطالعات ریزپهنه بندی مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب شتاب (A) به صورتی که قبلا بیان شد از تقسیم شتاب افقی در هر شبکه تقسیم بر حداقل شتاب افقی محاسبه گردید. با توجه به مقادیر شتاب افقی حاصل از فعالیت احتمالی گسل شمال مشهد که حداقل ۰/۳ و حداکثر ۰/۷ برآورد شده است، ضریب شتاب مربوط به گسل شمال مشهد ۱ تا ۲/۳۴ بدست می آید. همچنین شتاب افقی بر اساس سناریوی گسل جنوب مشهد حداقل ۰/۴ تا حداکثر ۰/۷ محاسبه گردیده و ضریب شتاب آن ۱ تا ۱/۷۵ و نیز برای شتاب افقی سطحی زمین با دوره بازگشت ۴۷۵ سال با حداقل شتاب ۰/۲۴ و حداکثر ۰/۳۲ ضریب شتاب ۱ تا ۱/۳۳ بدست آمده است.

ضریب بافت فرسوده شهری هم با امتیاز ۱ و ۲ در نظر گرفته شد بدین ترتیب با استفاده از رابطه ۵-۲ آسیب پذیری در هر شبکه برای هر یک از سه مدل زلزله در نظر گرفته شده، محاسبه شده و نقشه آسیب پذیری زلزله بدست آمد که جهت رده بندی آسیب پذیری و تهیه نقشه به صورت زیر عمل شده است:

مقدار میانگین و انحراف معیار اعداد آسیب پذیری برای سه سناریوی گسل شمال مشهد، گسل جنوب مشهد و شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال و نیز دو حالت شب و روز تهیه شده است.

- مقادیر ریسک بزرگتر مساوی از متوسط بعلاوه انحراف معیار به عنوان محدوده های با درجه خطر بالا مشخص شده اند.

- مقادیر ریسک کوچکتر از متوسط به عنوان محدوده های با درجه خطر پایین تعیین شده است.

- مقادیر ریسک کوچکتر از متوسط بعلاوه انحراف معیار و بزرگتر مساوی متوسط به عنوان محدوده های با خطر متوسط در نظر گرفته شده اند.

نقشه های آسیب پذیری زلزله برای سه سناریوی ذکر شده در اشکال (۵-۱، ۵-۲، ۵-۳، ۵-۴، ۵-۵ و ۵-۶) آمده است.

سپس با ترکیب و جمع این نقشه ها در محیط GIS دو نقشه آسیب پذیری زلزله در روز و شب بدست آمده که در اشکال (۵-۷ و ۵-۸) نشان داده شده است و در نهایت با ترکیب نقشه های آسیب پذیری زلزله در روز و در شب، نقشه نهایی آسیب پذیری زلزله در شهر مشهد تهیه شده است که این نقشه در شکل (۵-۹) آمده است. رده بندی درجه آسیب پذیری هم در این نقشه ها طبق روشی که در بالا ذکر شد، صورت گرفته است بر این اساس مقادیر حداقل و حداکثر درجه آسیب پذیری نهایی از ۱/۳۲ تا ۲۲۰/۰۷ در شهر مشهد تغییر می کند. در جدول ۵-۲ مقادیر آسیب پذیری بدست آمده و چگونگی ارزیابی آن برای هر یک از شبکه ها نشان داده شده است.

جدول ۵-۱- لایه های اطلاعاتی نقشه مشخصات شهری مشهد

امتیاز نهایی (در شب)	امتیاز نهایی (در روز)	درجه اهمیت (در شب)	درجه اهمیت (در روز)	رده بندی	عوامل در آسیب پذیری (C)	
۲	۲	۲	۲	۱	سایر موارد	کیفیت
۴	۴	۲	۲	۲	زمین های باابعاد کم	ساخت
۲	۲	۲	۲	۱	معاير عريض	معاير و
۴	۴	۲	۲	۲	معاير کم عرض	خیابانها
۱	۱	۱	۱	۱	تراکم کم	مراکز مسکونی
۲	۲	۱	۱	۲	تراکم متوسط	
۳	۳	۱	۱	۳	تراکم بالا	
۱	۴	۱	۴	۱	مجتمع ها	مراکز آموزشی
۲	۸	۱	۴	۲	مدارس	
۶	۱۲	۲	۴	۳	دانشگاهها	
۲	۲	۲	۲	۱	مهمانسرا	هتلها و
۶	۶	۳	۳	۲	آسایشگاه / ندامتگاه	مراکز اقامتی
۹	۹	۳	۳	۳	هتل های بزرگ	
۱	۴	۱	۴	۱	تکایا	مراکز
۲	۸	۱	۴	۲	مساجد / آرامگاه ها	مذهبی
۱۲	۱۲	۴	۴	۳	ترمينال ها	و تجمع
۱۶	۱۶	۴	۴	۴	حرم مطهر	جمعیت
۱	۲	۱	۲	۱	ادارات معمولی	ادارات
۲	۶	۱	۳	۲	ادارات کل	دولتی
۲	۴	۲	۴	۱	تجاری کوچک	مراکز
۶	۸	۳	۴	۲	تجاری بزرگ	تجاری و
۱۲	۱۲	۴	۴	۳	صنعتی	صنعتی

ادامه جدول (۵-۱)

امتیاز نهایی (در شب)	امتیاز نهایی (در روز)	درجه اهمیت (در شب)	درجه اهمیت (در روز)	رده بندی	عوامل در آسیب پذیری (C)	
۱	۲	۱	۲	۱	مراکز بهداشت	مراکز
۲	۴	۱	۲	۲	درمانگاهها	بهداشتی و
۹	۹	۳	۳	۳	بیمارستان	درمانی
۵	۵	۵	۵	۱	پست برق	سازه های خاص
۱۰	۱۰	۵	۵	۲	شبکه اصلی گاز- ایستگاههای تقلیل فشار گاز- پمپ بنزین- مخازن آب	
۱۵	۱۵	۵	۵	۳	انبار نفت	
۱	۱	۱	۱	۱	روباژ	
۲	۴	۱	۲	۲	روبوسته	- ورزشی

جدول ۵-۲- مقادیر آسیب پذیری و ارزیابی آسیب پذیری بر اساس سناریو های مختلف در شهر مشهد (روز، شب و

نهایی)، H = آسیب پذیری بالا، M = آسیب پذیری متوسط، L = آسیب پذیری پایین

شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیری (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیری (روز)	مقادیر آسیب پذیری (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیری (شب)	مقادیر آسیب پذیری نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیری نهایی
1	53.46	H	40.84	H	94.30	H
2	63.02	H	45.83	H	108.85	H
3	42.25	H	28.64	H	70.89	H
4	45.83	H	35.09	H	80.92	H
5	43.11	H	26.65	H	69.76	H
6	47.52	H	36.38	H	83.90	H
7	71.31	H	52.29	H	123.60	H
8	59.08	H	40.90	H	99.98	H
9	50.94	H	31.35	H	82.29	H
10	56.90	H	38.45	H	95.35	H
11	42.20	H	23.28	M	65.48	H
12	59.08	H	39.39	H	98.47	H
13	58.00	H	39.19	H	97.19	H
14	43.11	H	23.51	M	66.62	H
15	41.58	H	25.98	M	67.56	H
16	41.56	H	27.96	H	69.52	H
17	43.06	H	30.76	H	73.82	H
18	60.59	H	42.41	H	103.00	H
19	53.02	H	34.84	H	87.86	H
20	57.22	H	41.53	H	98.75	H
21	57.22	H	38.40	H	95.62	H
22	48.59	H	27.43	H	76.02	H
23	65.02	H	47.86	H	112.88	H
24	49.12	H	33.25	H	82.37	H
25	168.68	H	51.39	H	220.07	H
26	86.30	H	64.72	H	151.02	H
27	42.41	H	19.69	M	62.1	H
28	46.25	H	29.00	H	75.25	H
29	44.59	H	27.96	H	72.55	H
30	45.46	H	26.65	H	72.11	H
31	84.64	H	55.93	H	140.57	H
32	42.32	H	24.18	M	66.50	H
33	52.51	H	37.62	H	90.13	H
34	53.25	H	41.58	H	94.83	H
35	80.20	H	54.95	H	135.15	H
36	66.50	H	43.84	H	110.34	H
37	72.55	H	46.86	H	119.41	H
38	44.40	H	35.81	H	80.21	H
39	43.93	H	31.60	H	75.53	H
40	53.97	H	35.01	H	88.98	H
41	78.44	H	55.04	H	133.48	H
42	36.38	M	26.73	H	63.11	H
43	35.64	M	28.96	H	64.60	H
44	26.92	M	28.69	H	55.61	H
45	38.41	M	31.72	H	70.13	H
46	36.47	M	27.71	H	64.18	H

ادامه جدول (۵-۲)

شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
47	25.98	M	21.53	M	47.51	M
48	31.93	M	23.01	M	54.94	M
49	23.08	M	16.48	M	39.56	M
50	25.07	M	15.03	M	40.10	M
51	26.49	M	15.75	M	42.24	M
52	31.93	M	18.57	M	50.50	M
53	36.38	M	25.25	M	61.63	M
54	23.64	M	15.03	M	38.67	M
55	28.51	M	16.18	M	44.69	M
56	31.36	M	20.43	M	51.79	M
57	34.89	M	25.25	M	60.14	M
58	23.64	M	15.03	M	38.67	M
59	26.97	M	16.95	M	43.92	M
60	23.01	M	14.11	L	37.12	M
61	24.55	M	16.13	M	40.68	M
62	29.78	M	20.38	M	50.16	M
63	29.00	M	19.60	M	48.60	M
64	24.35	M	24.35	M	48.70	M
65	23.57	M	15.49	M	39.06	M
66	32.31	M	21.54	M	53.85	M
67	26.49	M	14.33	L	40.82	M
68	25.07	M	15.03	M	40.10	M
69	30.57	M	18.03	M	48.60	M
70	24.50	M	15.60	M	40.10	M
71	28.69	M	15.14	M	43.83	M
72	27.89	M	18.33	M	46.22	M
73	26.45	M	17.38	M	43.83	M
74	24.02	M	15.28	M	39.30	M
75	31.35	M	21.95	M	53.30	M
76	32.23	M	23.64	M	55.87	M
77	24.24	M	13.47	L	37.71	M
78	24.42	M	13.86	L	38.28	M
79	28.44	M	16.04	M	44.48	M
80	31.37	M	21.14	M	52.51	M
81	23.64	M	15.03	M	38.67	M
82	26.98	M	15.31	M	42.29	M
83	22.72	M	16.46	M	39.18	M
84	27.48	M	15.60	M	43.08	M
85	24.50	M	10.40	L	34.90	M
86	28.22	M	16.34	M	44.56	M
87	33.48	M	23.11	M	56.59	M
88	31.88	M	15.14	M	47.02	M
89	26.92	M	16.01	M	42.93	M
90	29.47	M	18.90	M	48.37	M
91	31.06	M	21.21	M	52.27	M
92	32.22	M	16.47	M	48.69	M
93	35.81	M	22.92	M	58.73	M
94	27.92	M	20.06	M	47.98	M

ادامه جدول (۵-۲)

شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
95	37.95	M	22.92	M	60.87	M
96	32.92	M	21.95	M	54.87	M
97	37.13	M	23.76	M	60.89	M
98	25.38	M	16.92	M	42.30	M
99	32.57	M	21.97	M	54.54	M
100	23.48	M	13.63	L	37.11	M
101	26.51	M	17.91	M	44.42	M
102	23.57	M	13.47	L	37.04	M
103	26.49	M	20.06	M	46.55	M
104	36.05	M	21.95	M	58.00	M
105	27.43	M	14.11	L	41.54	M
106	27.48	M	12.82	L	40.30	M
107	35.37	M	20.76	M	56.13	M
108	36.35	M	23.15	M	59.50	M
109	32.94	M	15.75	M	48.69	M
110	23.64	M	15.05	M	38.69	M
111	28.44	M	16.78	M	45.22	M
112	26.26	M	13.26	L	39.52	M
113	25.53	M	18.97	M	44.50	M
114	39.05	M	23.91	M	62.96	M
115	32.74	M	21.10	M	53.84	M
116	30.82	M	20.03	M	50.85	M
117	32.94	M	15.75	M	48.69	M
118	22.60	M	13.86	L	36.46	M
119	24.07	M	15.31	M	39.38	M
120	33.07	M	18.23	M	51.30	M
121	27.21	M	15.11	M	42.32	M
122	25.01	M	16.43	M	41.44	M
123	35.73	M	23.34	M	59.07	M
124	39.38	M	24.07	M	63.45	M
125	35.73	M	26.26	M	61.99	M
126	25.95	M	12.97	L	38.92	M
127	33.06	M	21.53	M	54.59	M
128	26.97	M	17.72	M	44.69	M
129	24.66	M	15.41	M	40.07	M
130	22.60	M	13.86	L	36.46	M
131	29.91	M	19.70	M	49.61	M
132	30.64	M	20.42	M	51.06	M
133	33.71	M	20.38	M	54.09	M
134	34.16	M	23.76	M	57.92	M
135	31.74	M	22.67	M	54.41	M
136	23.88	M	12.33	L	36.21	M
137	34.39	M	21.17	M	55.56	M
138	36.66	M	23.91	M	60.57	M
139	31.88	M	22.31	M	54.19	M
140	29.37	M	17.19	M	46.56	M
141	33.25	M	21.91	M	55.16	M
142	33.25	M	21.17	M	54.42	M

ادامه جدول (۵-۲)

شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
143	31.08	M	19.13	M	50.21	M
144	26.49	M	17.19	M	43.68	M
145	28.76	M	16.83	M	45.59	M
146	24.29	M	14.90	M	39.19	M
147	34.37	M	25.79	M	60.16	M
148	33.91	M	26.20	M	60.11	M
149	23.34	M	18.97	M	42.31	M
150	22.72	M	16.46	M	39.18	M
151	18.96	L	18.96	M	37.92	M
152	21.21	L	21.21	M	42.42	M
153	19.34	L	19.34	M	38.68	M
154	20.44	L	20.73	M	41.17	M
155	21.14	L	20.42	M	41.56	M
156	14.23	L	20.42	M	34.65	M
157	19.30	L	14.85	M	34.15	M
158	19.60	L	14.90	M	34.50	M
159	2.89	L	2.89	L	5.78	L
160	0.83	L	0.83	L	1.66	L
161	5.36	L	5.36	L	10.72	L
162	0.83	L	0.83	L	1.66	L
163	1.82	L	2.92	L	4.74	L
164	3.65	L	3.65	L	7.30	L
165	16.83	L	6.14	L	22.97	L
166	5.28	L	6.14	L	11.42	L
167	0.83	L	0.83	L	1.66	L
168	3.65	L	3.65	L	7.30	L
169	12.40	L	12.40	L	24.80	L
170	14.29	L	10.44	L	24.73	L
171	0.66	L	0.66	L	1.32	L
172	10.03	L	10.03	L	20.06	L
173	3.58	L	3.58	L	7.16	L
174	9.48	L	5.10	L	14.58	L
175	0.83	L	0.83	L	1.66	L
176	0.83	L	1.16	L	1.99	L
177	3.58	L	3.58	L	7.16	L
178	10.74	L	10.74	L	21.48	L
179	10.93	L	6.57	L	17.50	L
180	3.51	L	0.83	L	4.34	L
181	9.09	L	4.55	L	13.64	L
182	1.32	L	1.32	L	2.64	L
183	1.32	L	2.86	L	4.18	L
184	10.03	L	10.03	L	20.06	L
185	7.72	L	2.31	L	10.03	L
186	0.66	L	0.66	L	1.32	L
187	11.13	L	11.13	L	22.26	L
188	10.56	L	6.60	L	17.16	L
189	2.04	L	2.70	L	4.74	L
190	3.30	L	3.30	L	6.60	L

ادامه جدول (۵-۲)

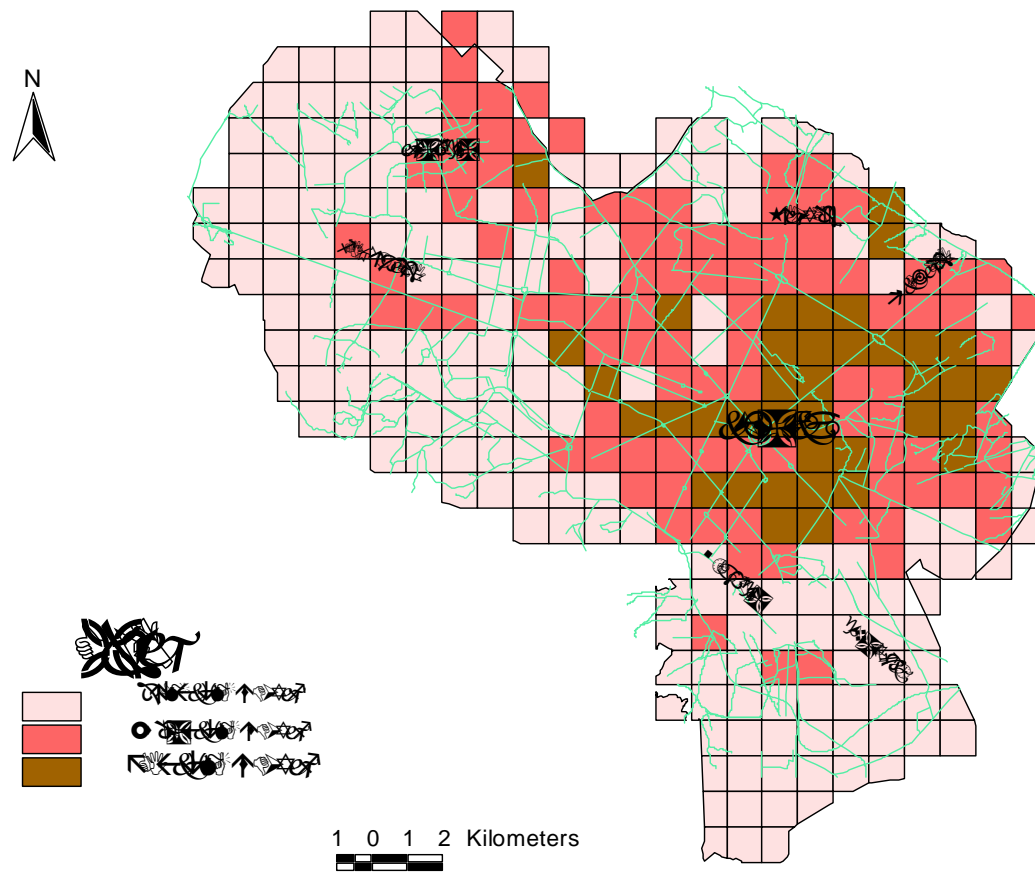
شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
191	9.30	L	5.01	L	14.31	L
192	22.19	L	13.61	L	35.80	L
193	21.48	L	12.89	L	34.37	L
194	6.93	L	2.97	L	9.90	L
195	2.75	L	1.10	L	3.85	L
196	13.83	L	13.83	L	27.66	L
197	13.32	L	7.85	L	21.17	L
198	4.55	L	4.55	L	9.10	L
199	6.34	L	7.16	L	13.50	L
200	10.10	L	10.10	L	20.20	L
201	10.10	L	6.07	L	16.17	L
202	3.58	L	3.58	L	7.16	L
203	22.19	L	13.61	L	35.80	L
204	10.74	L	10.74	L	21.48	L
205	9.65	L	5.20	L	14.85	L
206	8.31	L	8.31	L	16.62	L
207	17.24	L	12.54	L	29.78	L
208	3.07	L	3.07	L	6.14	L
209	11.45	L	11.45	L	22.90	L
210	19.34	L	14.33	L	33.67	L
211	10.74	L	6.45	L	17.19	L
212	18.57	L	14.11	L	32.68	L
213	20.05	L	10.40	L	30.45	L
214	21.16	L	11.75	L	32.91	L
215	14.40	L	14.40	L	28.80	L
216	12.18	L	12.18	L	24.36	L
217	3.86	L	3.86	L	7.72	L
218	1.10	L	1.93	L	3.03	L
219	1.10	L	1.10	L	2.20	L
220	3.37	L	3.37	L	6.74	L
221	22.19	L	10.03	L	32.22	L
222	21.21	L	12.12	L	33.33	L
223	12.88	L	8.34	L	21.22	L
224	17.91	L	9.32	L	27.23	L
225	22.35	L	10.79	L	33.14	L
226	20.78	L	10.75	L	31.53	L
227	2.54	L	1.10	L	3.64	L
228	15.49	L	4.54	L	20.03	L
229	15.49	L	8.08	L	23.57	L
230	9.90	L	5.28	L	15.18	L
231	20.76	L	10.77	L	31.53	L
232	12.18	L	7.89	L	20.07	L
233	17.91	L	9.32	L	27.23	L
234	0.83	L	0.83	L	1.66	L
235	22.22	L	9.42	L	31.64	L
236	22.22	L	10.77	L	32.99	L
237	15.49	L	7.41	L	22.90	L
238	9.47	L	5.11	L	14.58	L

ادامه جدول (۵-۲)

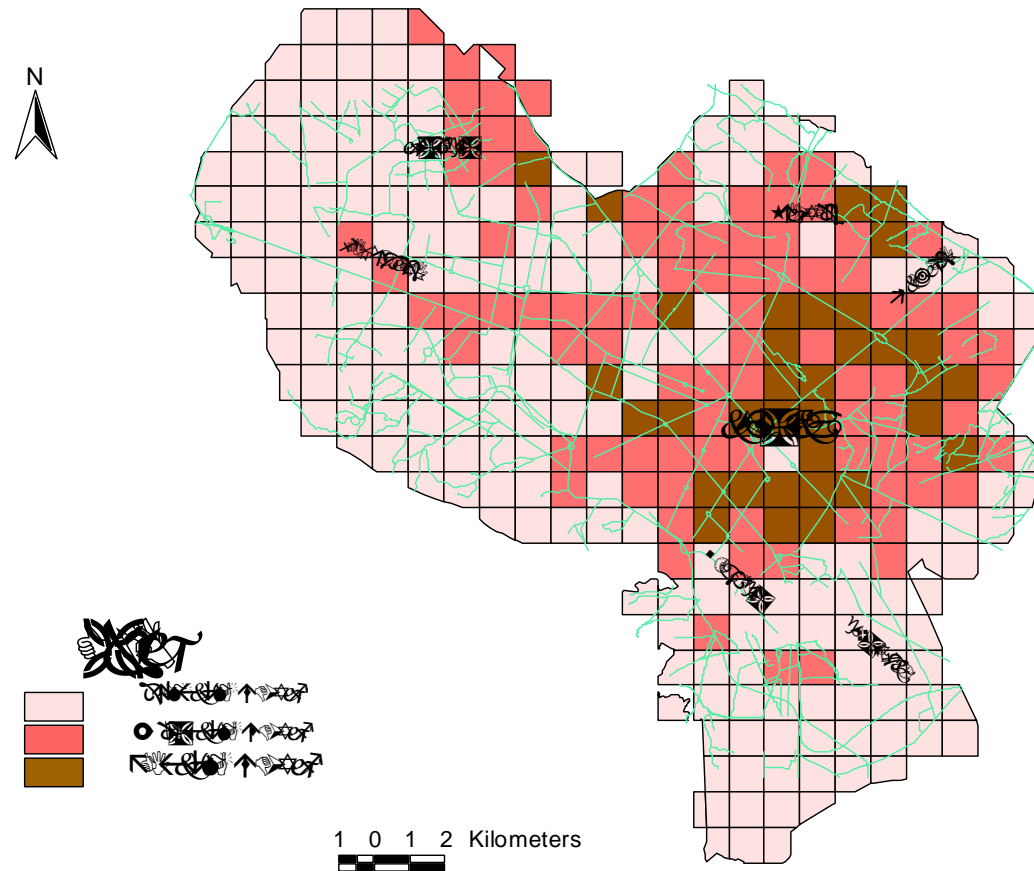
شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
239	13.61	L	10.74	L	24.35	L
240	21.14	L	13.86	L	35.00	L
241	19.93	L	10.36	L	30.29	L
242	16.48	L	7.89	L	24.37	L
243	4.09	L	4.09	L	8.18	L
244	12.12	L	12.12	L	24.24	L
245	4.72	L	4.72	L	9.44	L
246	10.10	L	6.07	L	16.17	L
247	17.91	L	13.61	L	31.52	L
248	12.18	L	6.45	L	18.63	L
249	16.46	L	7.06	L	23.52	L
250	0.88	L	0.88	L	1.76	L
251	1.54	L	2.70	L	4.24	L
252	1.93	L	3.37	L	5.30	L
253	11.45	L	10.77	L	22.22	L
254	18.19	L	7.41	L	25.60	L
255	19.70	L	8.02	L	27.72	L
256	19.69	L	10.61	L	30.30	L
257	0.88	L	2.31	L	3.19	L
258	0.88	L	0.88	L	1.76	L
259	8.08	L	4.04	L	12.12	L
260	3.37	L	3.37	L	6.74	L
261	10.10	L	10.10	L	20.20	L
262	12.40	L	11.67	L	24.07	L
263	18.24	L	8.02	L	26.26	L
264	18.24	L	7.29	L	25.53	L
265	4.38	L	3.39	L	7.77	L
266	0.88	L	2.70	L	3.58	L
267	0.88	L	1.16	L	2.04	L
268	5.38	L	9.42	L	14.80	L
269	3.37	L	3.37	L	6.74	L
270	17.72	L	8.48	L	26.20	L
271	2.54	L	3.37	L	5.91	L
272	10.94	L	10.94	L	21.88	L
273	3.65	L	3.65	L	7.30	L
274	13.13	L	13.13	L	26.26	L
275	21.16	L	12.09	L	33.25	L
276	19.27	L	10.02	L	29.29	L
277	2.82	L	0.89	L	3.71	L
278	0.88	L	0.88	L	1.76	L
279	20.43	L	11.67	L	32.10	L
280	22.02	L	12.39	L	34.41	L
281	22.31	L	11.16	L	33.47	L
282	22.31	L	12.75	L	35.06	L
283	22.31	L	11.16	L	33.47	L
284	12.09	L	7.56	L	19.65	L
285	5.02	L	1.44	L	6.46	L
286	16.78	L	8.02	L	24.80	L

ادامه جدول (۵-۲)

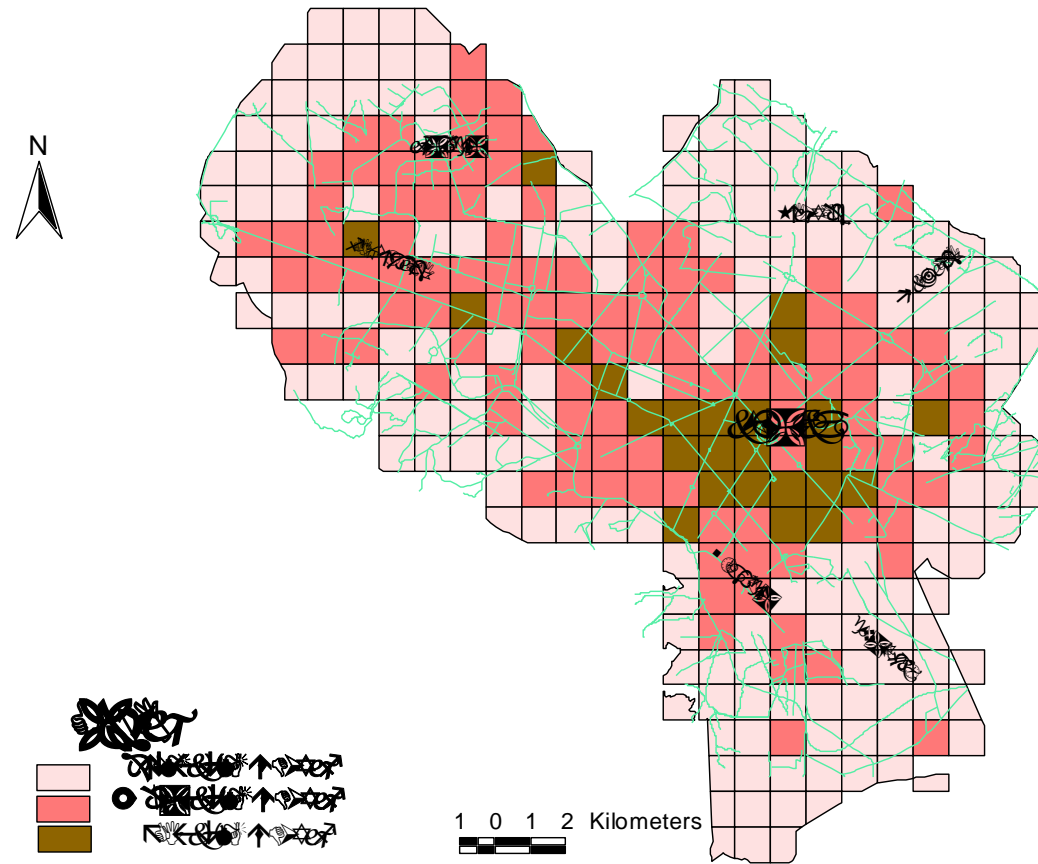
شماره شبکه	مقادیر آسیب پذیر (روز)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (روز)	مقادیر آسیب پذیر (شب)	ارزیابی درجه آسیب پذیر (شب)	مقادیر آسیب پذیر نهایی	ارزیابی درجه آسیب پذیر نهایی
287	17.38	L	12.84	L	30.22	L
288	11.33	L	11.33	L	22.66	L
289	3.02	L	2.03	L	5.05	L
290	0.88	L	0.88	L	1.76	L
291	0.88	L	1.76	L	2.64	L
292	0.88	L	0.88	L	1.76	L
293	12.40	L	12.40	L	24.80	L
294	20.06	L	11.46	L	31.52	L
295	3.71	L	3.71	L	7.42	L
296	10.51	L	10.51	L	21.02	L
297	3.02	L	3.02	L	6.04	L
298	1.10	L	1.10	L	2.20	L
299	4.08	L	4.08	L	8.16	L
300	13.13	L	13.13	L	26.26	L
301	9.30	L	5.01	L	14.31	L
302	12.40	L	12.40	L	24.80	L
303	3.65	L	3.65	L	7.30	L
304	11.14	L	11.14	L	22.28	L
305	1.65	L	1.65	L	3.30	L
306	5.84	L	5.84	L	11.68	L
307	5.84	L	5.84	L	11.68	L
308	3.65	L	3.65	L	7.30	L
309	6.57	L	5.84	L	12.41	L
310	14.65	L	6.94	L	21.59	L
311	11.75	L	11.75	L	23.50	L
312	3.92	L	3.92	L	7.84	L
313	13.32	L	13.32	L	26.64	L
314	4.79	L	4.79	L	9.58	L
315	3.06	L	3.06	L	6.12	L
316	5.11	L	5.11	L	10.22	L
317	7.16	L	7.16	L	14.32	L
318	13.32	L	13.32	L	26.64	L
319	4.70	L	4.70	L	9.40	L
320	0.88	L	0.88	L	1.76	L
321	0.88	L	0.88	L	1.76	L
322	9.47	L	5.11	L	14.58	L
323	3.05	L	3.05	L	6.10	L
324	1.32	L	1.32	L	2.64	L
325	3.37	L	0.66	L	4.03	L
326	3.37	L	3.37	L	6.74	L
327	3.65	L	3.65	L	7.30	L



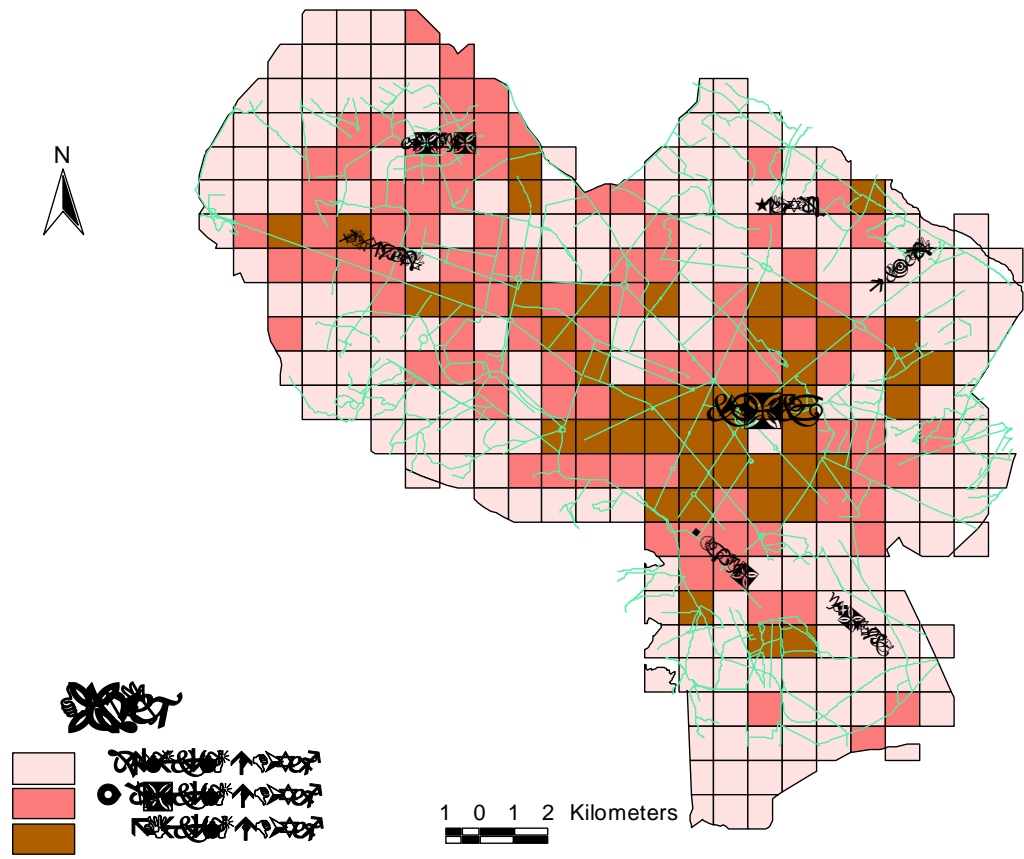
شکل ۵-۱- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز(بر اساس مدل زلزله گسل طوس(شمال مشهد))



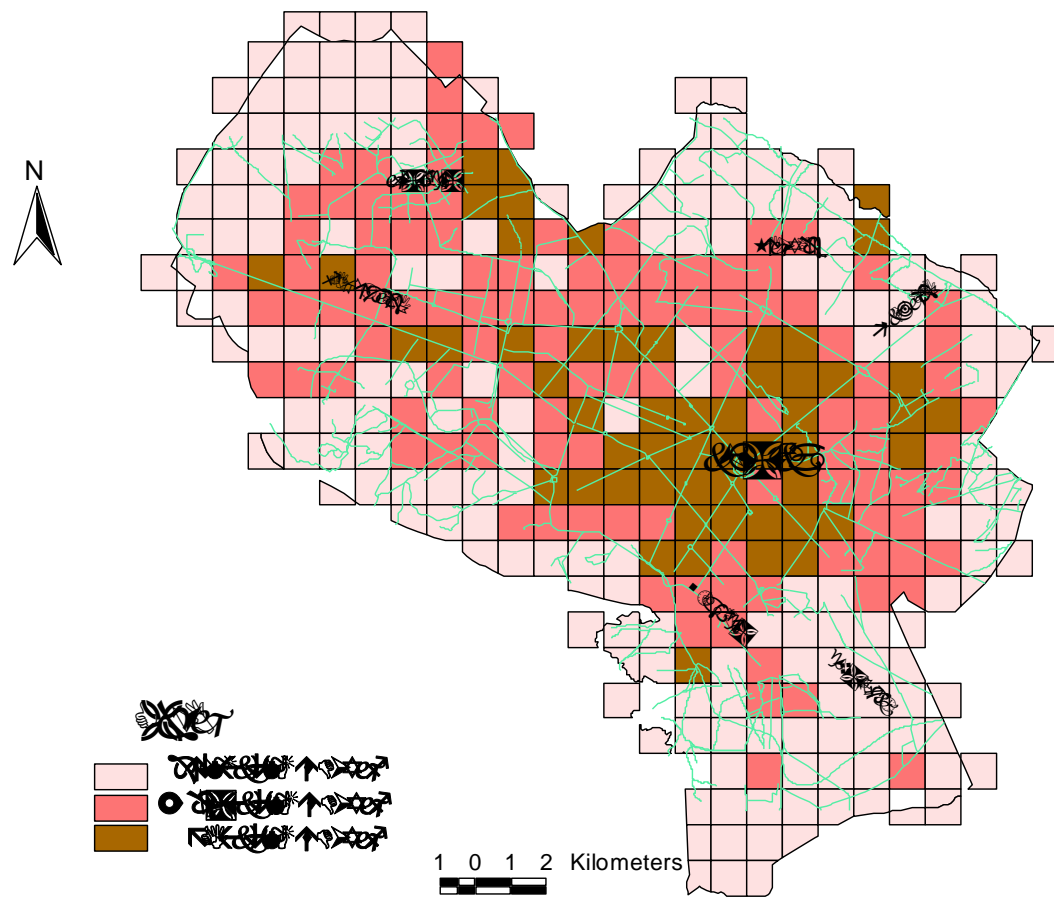
شکل ۵-۲- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل زلزله گسل طوس(شمال مشهد))



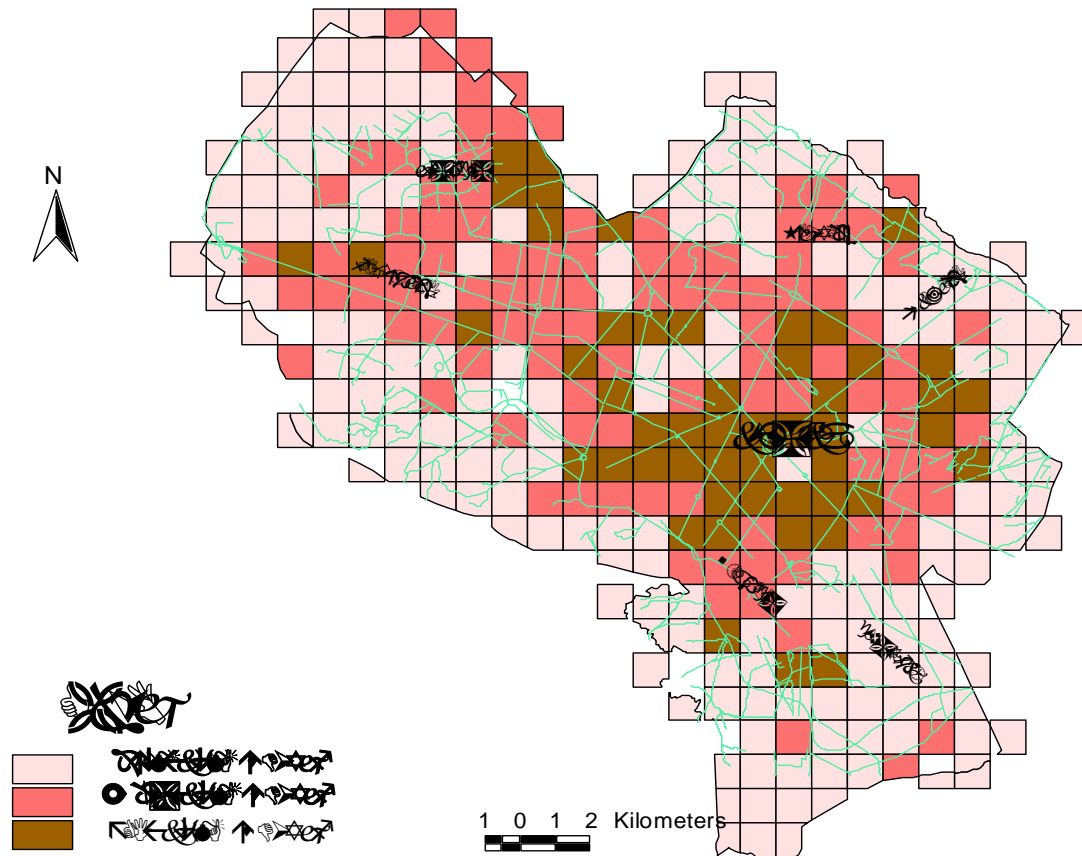
شکل ۵-۳- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس مدل زلزله گسل جنوب مشهد)



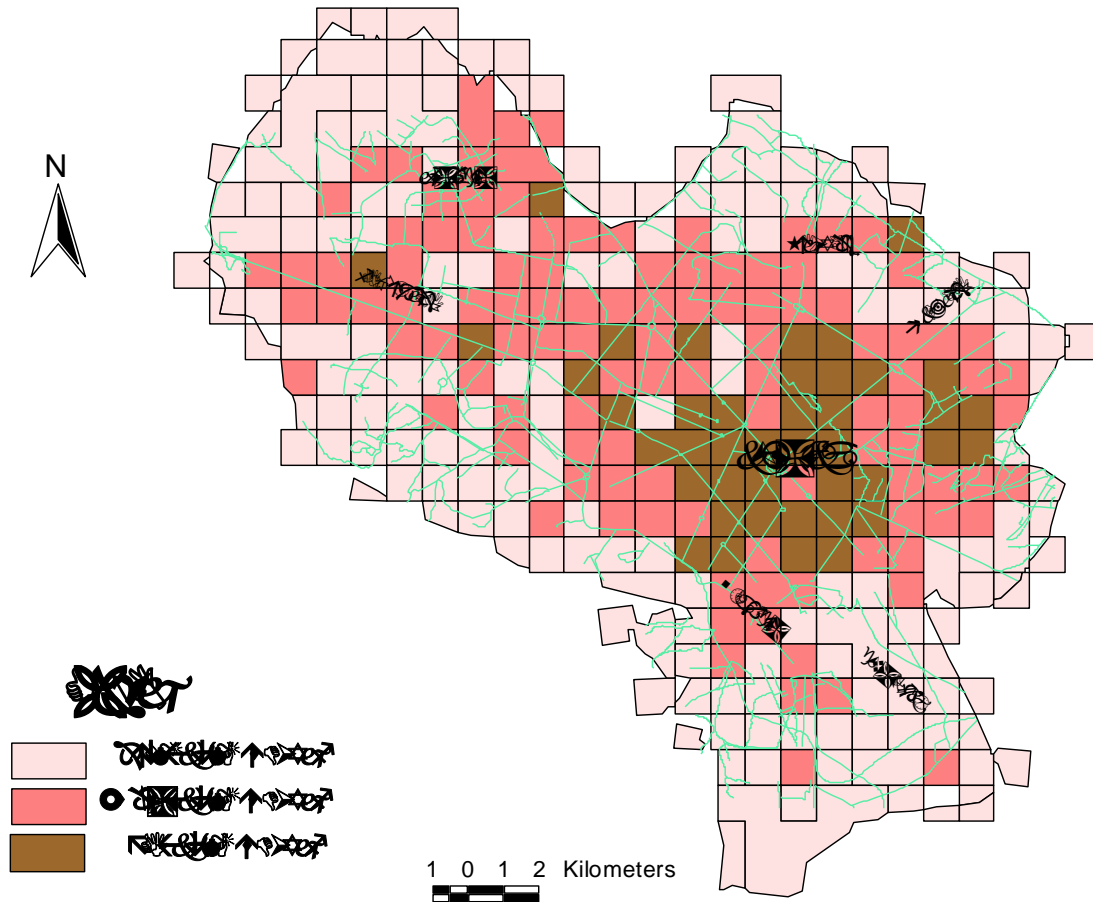
شکل ۵-۴- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل زلزله گسل جنوب مشهد)



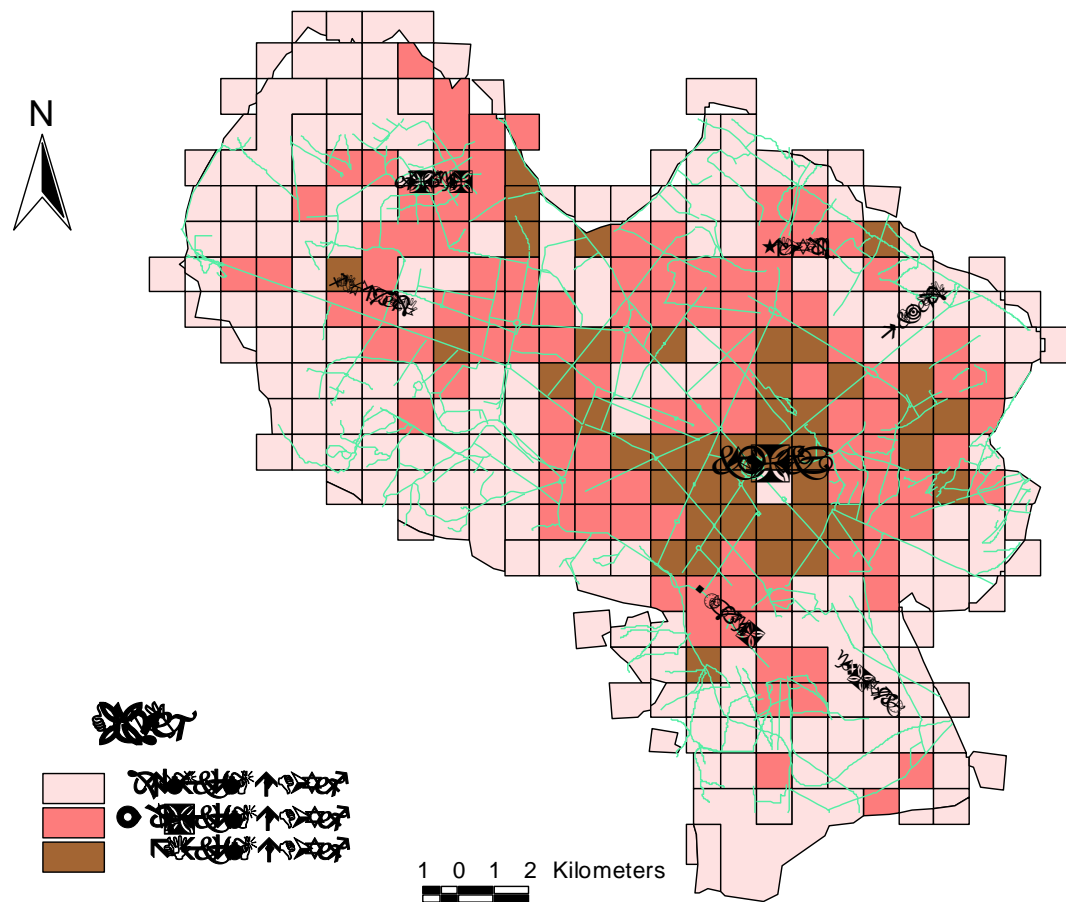
شکل ۵-۵- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس مدل شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)



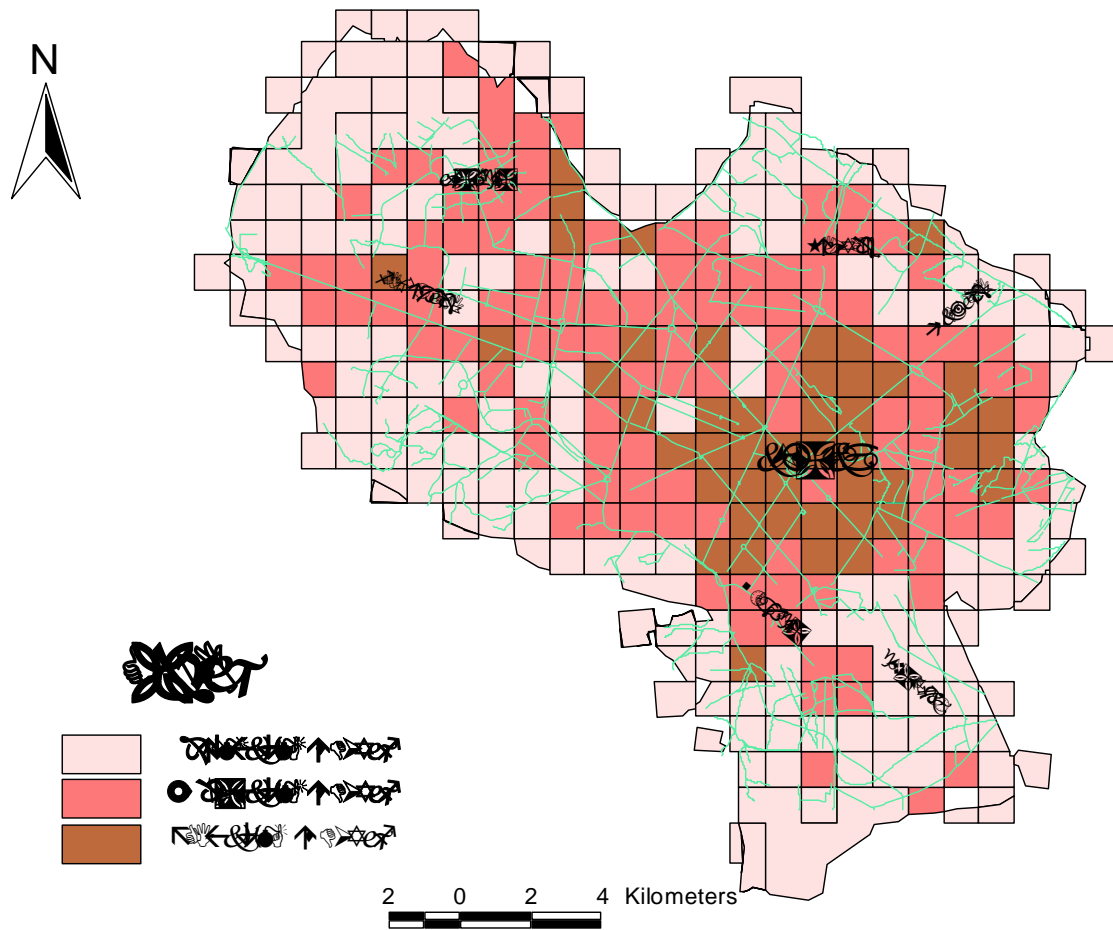
شکل ۵-۶- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس مدل شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)



شکل ۵-۷- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در روز (بر اساس ترکیب سه مدل زلزله، گسل طوس-جنوب مشهد-شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)



شکل ۵-۸- نقشه آسیب پذیری خطر زلزله در شهر مشهد در شب (بر اساس ترکیب سه مدل زلزله، گسل طوس-جنوب مشهد-شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال)



شکل ۵-۹- نقشه آسیب پذیری نهایی خطر زلزله در شهر مشهد

۵-۳-ارزیابی نتایج حاصله

نقشه های درجه آسیب پذیری بدست آمده بر اساس سناریو های مختلف نشان می دهد که در مقایسه بین بخش های مختلف شهر مشهد، بخش مرکزی، شمال و شرق شهر از آسیب پذیری بیشتری برخوردار است که دلیل اصلی آن بالا بودن شتاب زلزله و نیز وجود مراکز تجمع جمعیت نظیر هتل ها، مراکز مذهبی، بافت فرسوده، مراکز تجاری مهم و معابر کم عرض می باشد. برای محدوده اطراف حرم مطهر تغییرات درجه آسیب پذیری در شب و در روز تغییر چندانی ندارد در حالی که برای سایر مناطق تغییرات جزئی مشاهده می شود و بطور کلی طبق نقشه نهایی آسیب پذیری، در مرکز شهر و تا حدودی قسمت شرقی شهر درجه آسیب پذیری در روز بیشتر است و در حاشیه شهر مشهد عموماً آسیب پذیری زلزله کم است و همچنین در شب هم نواحی مرکزی، شمال و شرق شهر از درجه آسیب پذیری بالاتری برخوردار می باشند و نیز نواحی با درجه آسیب پذیری کم در حاشیه شهر وجود دارد.

در جداول ۵-۳، ۵-۴، ۵-۵، ۵-۶ درصد واحدهای با آسیب پذیری بالا، متوسط و کم مربوط به هر یک از پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی نشان داده شده است.

لازم به توضیح است که در این مطالعه استحکام سازه ها مورد بررسی قرار نگرفته است لذا بالا بودن درجه آسیب پذیری لزوماً به معنای تخریب سازه ها در اثر وقوع زلزله نمی باشد. همانطور که در جدول ۱-۵ آمده است پارامتر های مختلفی نظیر عدم دسترسی به سازه بعد از وقوع زلزله، بالا بودن تبعات اقتصادی و جانی وقوع یک زلزله احتمالی، اهمیت سیاسی سازه و غیره در برآورد ریسک مد نظر قرار گرفته است.

در جداول ۵-۳ و ۵-۴ ملاحظه می گردد که بیش از ۸۰ درصد مراکز اقامتی و نیز حدود ۴۱ درصد ادارات دولتی شهر مشهد به خاطر اینکه عموماً در مرکز شهر و بافت فرسوده قرار دارند در پهنه با درجه آسیب پذیری بالا قرار گرفته اند، همچنین بخش مهمی از مراکز آموزشی که توزیع یکنواختی در سطح شهر دارند در آسیب پذیری متوسط قرار می گیرند.

جدول ۵-۳- ارزیابی درصد خطر در عوامل مؤثر در آسیب پذیری زلزله در شهر مشهد (روز)

درجه آسیب پذیری کم		درجه آسیب پذیری متوسط		درجه آسیب پذیری بالا		تعداد کل	عوامل مؤثر در آسیب پذیری
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
۲۳/۱۲	۳۱۷	۴۹/۹۶	۶۸۵	۲۶/۹۱	۳۶۹	۱۳۷۱	مراکز آموزشی
۱/۰۳	۱	۱۴/۴۳	۱۴	۸۴/۵۳	۸۲	۹۷	مراکز اقامتی
۱۷/۴۳	۹۸	۳۹/۵۰	۲۲۲	۴۳/۰۶	۲۴۲	۵۶۲	مراکز مذهبی
۶/۰۶	۶	۴۳/۴۳	۴۳	۵۰/۵۰	۵۰	۹۹	مراکز بهداشتی
۱۰/۰۵	۱۹	۴۸/۶۷	۹۲	۴۱/۲۶	۷۸	۱۸۹	ادارات
۹/۳۷	۳	۶۸/۷۵	۲۲	۲۱/۸۷	۷	۳۲	مراکز تفریحی- ورزشی
۱۸/۱۸	۸	۳۸/۶۳	۱۷	۴۳/۱۸	۱۹	۴۴	مراکز صنعتی و تجاری
۲۶/۵۳	۲۶	۵۰	۴۹	۲۳/۴۶	۲۳	۹۸	سازه های خاص

جدول ۵-۴- ارزیابی درصد خطر در عوامل مؤثر در آسیب پذیری زلزله در شهر مشهد (شب)

درجه آسیب پذیری کم		درجه آسیب پذیری متوسط		درجه آسیب پذیری بالا		تعداد کل	عوامل مؤثر در آسیب پذیری
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
۲۹/۰۲	۳۹۸	۴۶/۰۲	۶۳۱	۲۴/۹۴	۳۴۲	۱۳۷۱	مراکز آموزشی
۳/۰۹	۳	۱۱/۳۴	۱۱	۸۵/۵۶	۸۳	۹۷	مراکز اقامتی
۲۱/۸۸	۱۲۳	۴۰/۷۴	۲۲۹	۳۷/۳۶	۲۱۰	۵۶۲	مراکز مذهبی
۱۲/۱۲	۱۲	۴۰/۴۰	۴۰	۴۷/۴۷	۴۷	۹۹	مراکز بهداشتی
۱۹/۵۷	۳۷	۴۴/۴۴	۸۴	۳۵/۹۷	۶۸	۱۸۹	ادارات
۱۲/۵۰	۴	۶۸/۷۵	۲۲	۱۸/۷۵	۶	۳۲	مراکز تفریحی- ورزشی
۱۱/۳۶	۵	۳۴/۰۹	۱۵	۵۴/۵۴	۲۴	۴۴	مراکز صنعتی و تجاری
۲۵/۵۱	۲۵	۵۰	۴۹	۲۴/۴۸	۲۴	۹۸	سازه های خاص

در بررسی نتایج فوق حدود نیمی از مراکز بهداشتی و درمانی که در زمان وقوع یک حادثه احتمالی از ارکان اصلی امداد و نجات می باشند در پهنه با آسیب پذیری بالا قرار دارند. بخش مهمی از مراکز صنعتی و تجاری در پهنه با درجه آسیب پذیری بالا قرار دارند همچنین در جدول ۵-۵ و ۵-۶ درصد محدوده های صنعتی دارای درجه آسیب پذیری بالا، متوسط و پایین آمده است و مشاهده می گردد که بخشی از محدوده های صنعتی شهر مشهد در پهنه با آسیب پذیری بالا قرار دارند.

جدول ۵-۵- ارزیابی درصد خطر در محدوده های صنعتی در شهر مشهد (روز)

درجه آسیب پذیری کم		درجه آسیب پذیری متوسط		درجه آسیب پذیری بالا		مساحت کل
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۵۷/۰۵	۷۱۱۵۱۲۰/۲۶	۳۳/۶۵	۴۱۹۶۱۶۱/۰۲	۹/۲۹	۱۱۵۸۳۹۷/۹۸	۱۲۴۶۹۶۷۹

جدول ۵-۶- ارزیابی درصد خطر در محدوده های صنعتی در شهر مشهد (شب)

درجه آسیب پذیری کم		درجه آسیب پذیری متوسط		درجه آسیب پذیری بالا		مساحت کل
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۴۲/۵۰	۴۳۵۹۳۴۷/۵۵	۳۹/۳۹	۴۰۳۹۴۰۴/۹۲	۱۸/۱۰	۱۸۵۶۲۷۰/۵۹	۱۰۲۵۵۰۲۳

جدول ۵-۷- ارزیابی وضعیت آسیب پذیری مناطق مختلف شهرداری مشهد(درصد)

مناطق شهرداری	وسعت کل m ²	آسیب پذیری بالا	آسیب پذیری متوسط	آسیب پذیری کم
۱	۱۵۱۶۲۰۲۱/۴۸	۴۱/۱۷	۴۹/۲۶	۹/۵۷
۲	۴۱۰۹۷۴۲۳/۳۹	۱۰	۴۹/۸۵	۳۴/۱۳
۳	۲۸۳۹۸۰۹۰	۲۸/۰۳	۳۸/۴۰	۳۱/۴۵
۴	۱۴۱۲۵۷۷۰	۱۸/۵۴	۵۰/۷۵	۲۶/۶۱
۵	۱۶۸۰۱۰۲۰	۴۲/۹۳	۳۸/۹۹	۱۷/۱۵
۶	۱۷۹۱۳۰۹۰	۱۹/۹۲	۳۱/۶۳	۴۴/۳۶
۷	۵۷۴۵۶۷۲۰	۸/۳۳	۲۱/۵۸	۶۷/۰۳
۸	۲۰۰۴۱۱۱۸/۶۴	۳۱/۵۹	۳۳/۰۶	۳۲/۳۹
۹	۴۷۸۹۷۲۴۰	۱/۲۵	۲۹/۰۳	۶۷/۹۲
۱۰	۳۶۸۳۵۳۱۰	۱/۷۱	۳۱/۱۲	۶۵/۵
۱۱	۱۹۳۶۳۹۵۰	۸/۴۶	۵۳/۸۱	۳۷/۴۱
۱۲	۶۰۶۳۲۲/۸۰	۹۱/۱۲	۸/۸۷	۰

در جدول ۵-۹ وضعیت آسیب پذیری مناطق مختلف شهری مشهد آمده است. ملاحظه می گردد که منطقه ۱۲ شهری یا شهرداری ثامن که محدوده اطراف حرم مطهر می باشد، بالاترین درصد آسیب پذیری را دارا می باشد و بعد از آن شهرداری منطقه یک و پنج که بخش مهمی از آنها دارای بافت فرسوده می باشند با حدود ۴۳ درصد درجه بالای آسیب پذیری بیشترین درصد را دارا می باشند.

۵-۴- مدیریت بحران زلزله در شهر مشهد

با تهیه نقشه های درجه آسیب پذیری و مشخص شدن وضعیت خطر در نقاط مختلف شهر مشهد می توان تمهیداتی در جهت مقابله با خطر زلزله و عوارض ناشی از آن در نواحی با درجه آسیب پذیری بالا از جمله مقاوم سازی ساختمان های موجود، بهبود ساختار شهری موجود، مقاوم سازی تأسیسات زیر بنایی و شریان های حیاتی، ارائه اطلاعات و آموزش های مرتبط با بحران زلزله و در نهایت بهبود سیستم مدیریت بحران انجام گیرد تا اثرات ناشی از آن تا حدود زیادی کاهش یابد. همچنین برای بهبود اوضاع در هنگام وقوع زلزله و سازماندهی آن در جهت کاهش تلفات و خسارات، برنامه هایی از پیش تنظیم شده، قبل از وقوع زلزله از جمله شناسایی محل های تخلیه امن، بررسی موقعیت بیمارستان ها و مراکز مدیریت بحران برای آگاهی از در معرض خطر بودن آنها می تواند کمک مؤثری در این مورد باشد.

۵-۴-۱- مراکز مدیریت بحران زلزله

این مراکز در هنگام وقوع زلزله، کنترل، هماهنگی و سازماندهی اوضاع را در جهت بهبود آن بر عهده دارند. عمده ترین مراکزی که در اجرای مسئولیت های مدیریت بحران زلزله سهیم هستند عبارتند از: استانداری، فرمانداری، مراکز نیروی انتظامی، آتش نشانی، شهرداری مرکز و نواحی آن و جمعیت هلال احمر.

مراکز مدیریت بحران با توجه به مسئولیتی که در اجرای مراحل مدیریت بحران زلزله در جهت بهبود اوضاع دارند برنامه ها و وظایف متفاوتی را انجام داده ولی بگونه ای با هماهنگی و در ارتباط با هم صورت می گیرد تا بتواند در هنگام بحران زلزله در کوتاهترین زمان، مفید ترین نتیجه را در بر داشته باشد. از طرفی برای بهترین عملکرد، باید برنامه ریزی های منسجم و از قبل تنظیم شده ای داشته

باشند. بعبارتی ساختار مدیریت بحران زلزله برای این مراکز ایجاد و تعریف شده باشد چرا که در این صورت درانجام وظایف مدیریت بحرانی خود و رسیدگی به امور بحران زلزله و همچنین ایجاد ارتباط با مراکز دیگر مدیریت بحران زلزله توانا تر بوده و هر گونه ناهماهنگی و اتلاف وقت را در امر مدیریتی برای اجرای مراحل بحران زلزله به حداقل رسانیده و می توانند در کاهش تلفات و خسارات نقش مؤثرتری را ایفا کنند.

مراکز مدیریت بحران زلزله اگر در مناطق با آسیب پذیری بالا یا در نواحی که احتمال خطرات قابل پیش بینی در هنگام وقوع زلزله آنها را تهدید کند، قرار داشته باشند مورد آسیب قرار گرفته و نمی توانند دیگر به عنوان مراکز مسئول اجرای مدیریت بحران زلزله نقشی را ایفا کنند.

در این مطالعه مراکز مهم مدیریت بحران زلزله در شهر مشهد، استانداری، فرمانداری، فرماندهی نیروهای مسلح، شهرداری کل و مناطق آن، جمعیت هلال احمر و امداد و نجات از نظر موقعیت قرار گرفتن در معرض پهنه های با آسیب پذیری زیاد بررسی شده است و در نقشه درجه آسیب پذیری شکل ۵-۱۰ ملاحظه می گردد که غالب مراکز مدیریت بحران در معرض خطر بالا بوده و فقط فرماندهی نیروهای مسلح و بعضی از شهرداری های مناطق مانند منطقه یک، سه، پنج، نه و یازده در پهنه با آسیب پذیری متوسط و پایین می باشند.

مراکز مدیریت بحران اگر در حواشی سازه های خاص مثل پمپ بنزین ها و انبار های نفت و شبکه اصلی توزیع گاز قرار بگیرند در هنگام وقوع زلزله در معرض خطرات ناشی از آنها از قبیل آتش سوزی، نشت گازها و غیره می باشند از این رو موقعیت این مراکز با این سازه ها با در نظر گرفتن شعاع تأثیر صد متری برای این سازه ها مورد بررسی قرار گرفت که فرماندهی نیروهای مسلح و بعضی از شهرداری های مناطق در معرض خطر ناشی از آنها قرار دارند و در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است. بنابراین در بررسی نهایی بجز برخی از شهرداری های مناطق مانند منطقه یک، سه، پنج، نه و یازده که در پهنه آسیب پذیری متوسط و پایین قرار گرفته اند بقیه مراکز مدیریت بحران در معرض خطر زلزله و یا پیامد های ناشی از آن می باشند لذا به دلیل آسیب پذیری نمی توانند مجری مسئولیت های مدیریت بحران چه در زمینه امداد و نجات و چه در زمینه هماهنگی و امنیت منطقه باشند. قرار گیری مراکز مدیریت بحران در معرض خطر، پاسخگویی به بحران را دچار مشکل کرده و میزان تلفات و خسارات را افزایش می دهد. بنابراین باید تمهیداتی در جهت مقابله با بحران مانند مقاوم سازی و

ایجاد ساختار مدیریت بحران در هر یک از این مراکز انجام گیرد. مراکز مدیریت بحران اگر از نظر مقاومت سازه ای هم مشکلی نداشته باشند ولی با قرار گرفتن در پهنه با آسیب پذیری بالا از نظر پاسخگویی به بحران در زمینه امداد و نجات و هماهنگی و امنیت منطقه دچار مشکل می باشند .

۵-۴-۲- مراکز بهداشتی - درمانی

این مراکز مخصوصاً بیمارستان ها از جمله اماکن مهمی هستند که بعلت تمرکز جمعیت هنگام وقوع زلزله در معرض خطرات و آسیب های جدی با میزان مجروحین و تلفات بسیار قرار می گیرند. از طرفی در سازماندهی و بهبود اوضاع در هنگام وقوع زلزله با ارائه خدمات بهداشتی - درمانی می توانند در کاهش تلفات انسانی نقش مؤثری را ایفا نمایند. بنابراین از نظر نوع ساختار و مقاومت سازه ای و مشکلات غیر سازه ای نظیر عدم وجود خروجیهای اضطراری، عدم دستیابی به راههای اضطراری و عدم وجود پناهگاههای ایمن باید مورد توجه قرار گیرند. همچنین توجه و بررسی موقعیت این مراکز که در مناطق با درجه آسیب پذیری بالا یا در حواشی سازه های خاص (پمپ بنزین ها، انبار های نفت و خطوط اصلی شبکه توزیع گاز) و در معرض خطرات قابل پیش بینی در هنگام وقوع زلزله قرار دارند، بسیار مهم می باشد. در این مطالعه به علت نبود اطلاعات سازه های و غیر سازه ای، بیمارستان ها فقط از نظر موقعیتی و قرار گرفتن در معرض خطر مورد بررسی قرار گرفت و مراکزی که در هنگام وقوع زلزله آمادگی سرویس دهی برای بهبود اوضاع را دارند معرفی شده اند. از مجموع ۳۵ بیمارستانی که در شهر مشهد قرار دارند ۲۴ مورد در پهنه با درجه آسیب پذیری بالا و ۳ مورد در محدوده های خطر سازه های خاصی مثل پمپ بنزین ها، انبار های نفت و شبکه اصلی توزیع گاز با شعاع تأثیر ۱۰۰ متری قرار گرفته اند و در نهایت فقط ۸ بیمارستان در پهنه با آسیب پذیری متوسط و پایین قرار دارند و قادر به ارائه خدمات در صورت وقوع زلزله را دارا می باشند. در شکل های (۵-۱۲ و ۵-۱۳) وضعیت بیمارستان ها در نقشه پهنه بندی آسیب پذیری نشان داده شده است.

۵-۴-۳- مراکز تخلیه امن

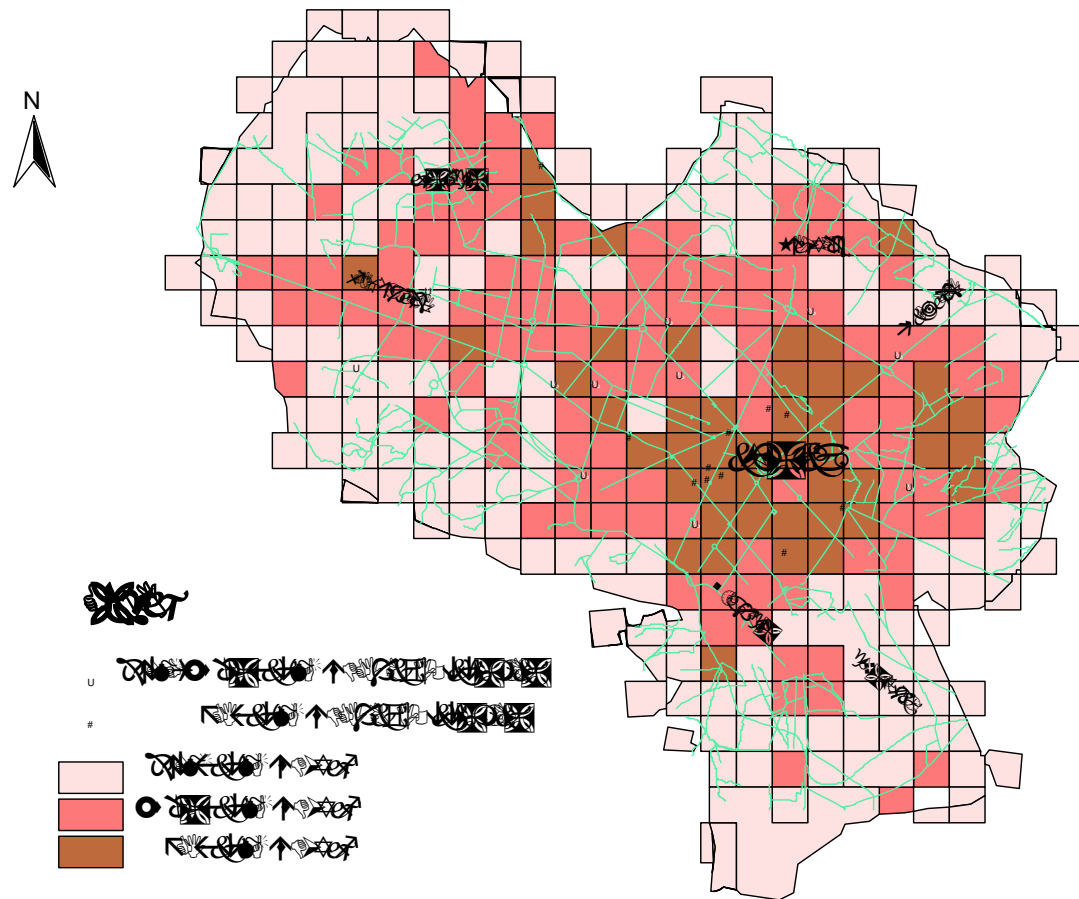
تخلیه جمعیت یکی از مراحل مهم مدیریت بحران زلزله است و هدف از آن عبارتست از انتقال افراد از مکان نسبتاً خطرناک به مکانی نسبتاً امن از طریق مسیری که خطر چشمگیری آنها را تهدید نکند.

مراکز امن به مراکزی گفته می شود که مورد تهدید خطر زلزله و سایر خطرات قابل پیش بینی در هنگام زلزله مثل آتش سوزی و ... نباشند و بتوان به طور موقت تا بهبود اوضاع از امنیت و سلامت جان افراد در آنها اطمینان حاصل کرد. همچنین مجهز به امکانات ضروری (سرویس های بهداشتی و ...)، نزدیک به بزرگراهها و جاده های اصلی و عدم مشکل حمل و نقل برای تخلیه افراد و برآوردن نیاز های ضروری باشند.

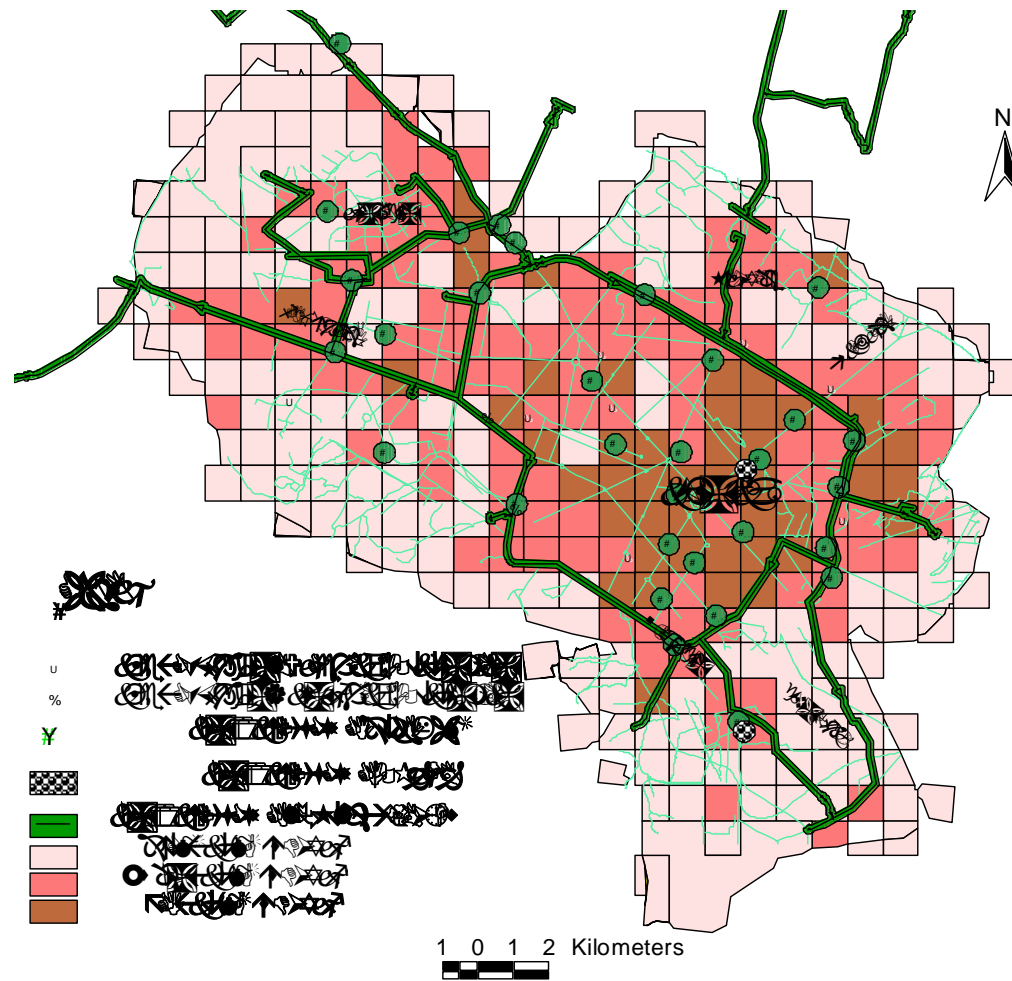
پارک ها، باغات، زمین های خالی بزرگ و سازه های واقع در پهنه با ریسک خطر کم نظیر مدرسه، مساجد یا اماکن مذهبی و زمین های ورزشی می توانند بعنوان مراکز تخلیه امن محسوب شوند. در این مطالعه، پارک ها، باغات و مناطق با ریسک کم مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت محل های امن شناسایی شده است. در شناسایی محل های امن، ابتدا فضاهای بازی که در مناطق با درجه آسیب پذیری بالا قرار دارند شناسایی شدند. این گروه در شکل (۵-۱۴) نشان داده شده است. پمپ بنزین ها، انبار های نفت و خطوط اصلی شبکه توزیع گاز در هنگام وقوع زلزله خطر انفجار، آتش سوزی و نشت و انتشار گاز را دنبال دارند. لذا فضاهای بازی که تا شعاع تقریباً ۱۰۰ متری در ارتباط با این سازه ها قرار دارند جان افراد را بطور جدی در معرض خطر قرار می دهند و نمی توانند به عنوان محل امن شناسایی شوند. شکل (۵-۱۵) فضاهای باز را در ارتباط با این سازه ها نشان می دهد.

فضاهای کوچک محصور بین ساختمان ها که در هنگام بروز زلزله با تخریب ساختمانها بسته شده و همچنین فضاهایی که از طریق بزرگراهها و مسیرهای اصلی اطراف شهر امکان دسترسی به آنها وجود ندارد، جابجایی و انتقال افراد را در هنگام بروز زلزله با مشکل مواجه می کند. بنابراین مکان های مذکور برای افراد، محل امنی محسوب نمی شوند.

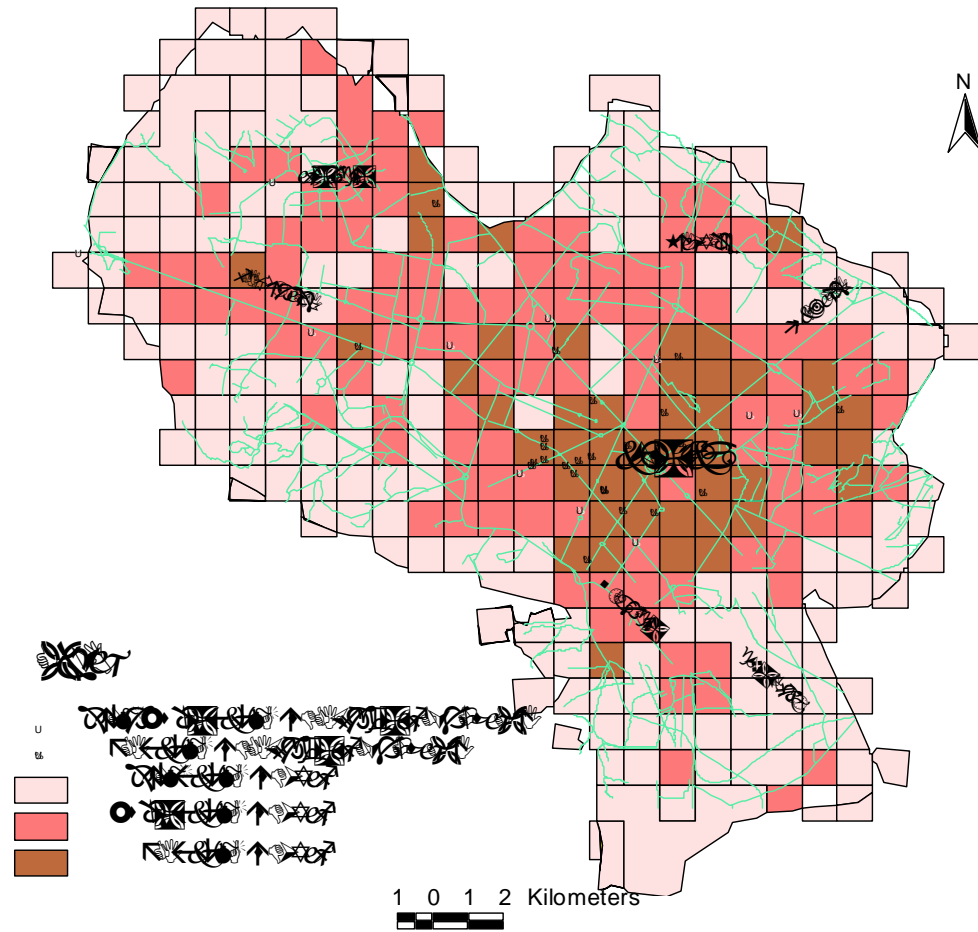
در نهایت پس از بررسی فضاهای باز در منطقه، فضاهای بازی که در معرض خطر نبوده و نیز بهترین شرایط دسترسی و امداد و نجات برای آنها فراهم باشد بعنوان محل های امن شناسایی شد. در شهر مشهد این محل ها در نواحی شمال غرب، غرب و جنوب مشهد وجود دارند. شکل (۵-۱۶) محل های امن شناسایی شده در شهر مشهد را نشان می دهد.



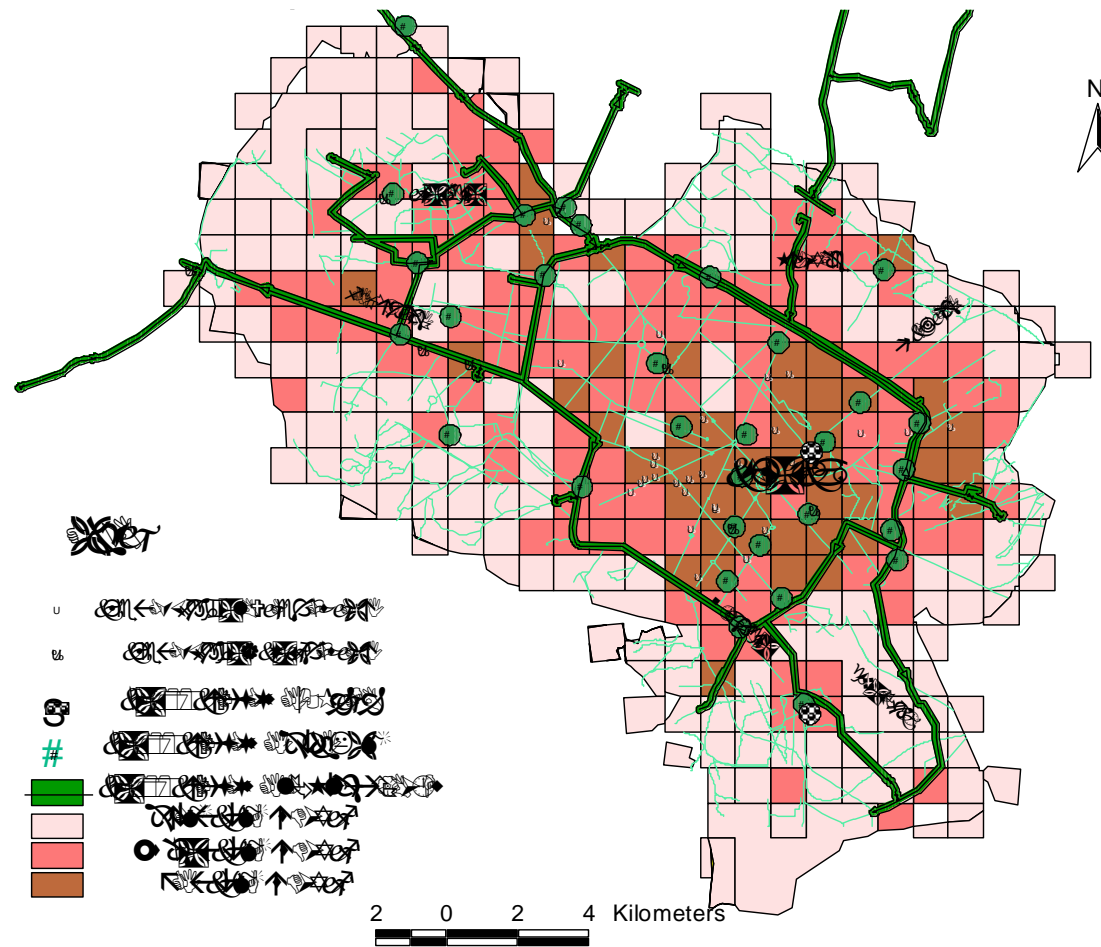
شکل ۵-۱۰- بررسی وضعیت مراکز مدیریت بحران در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد



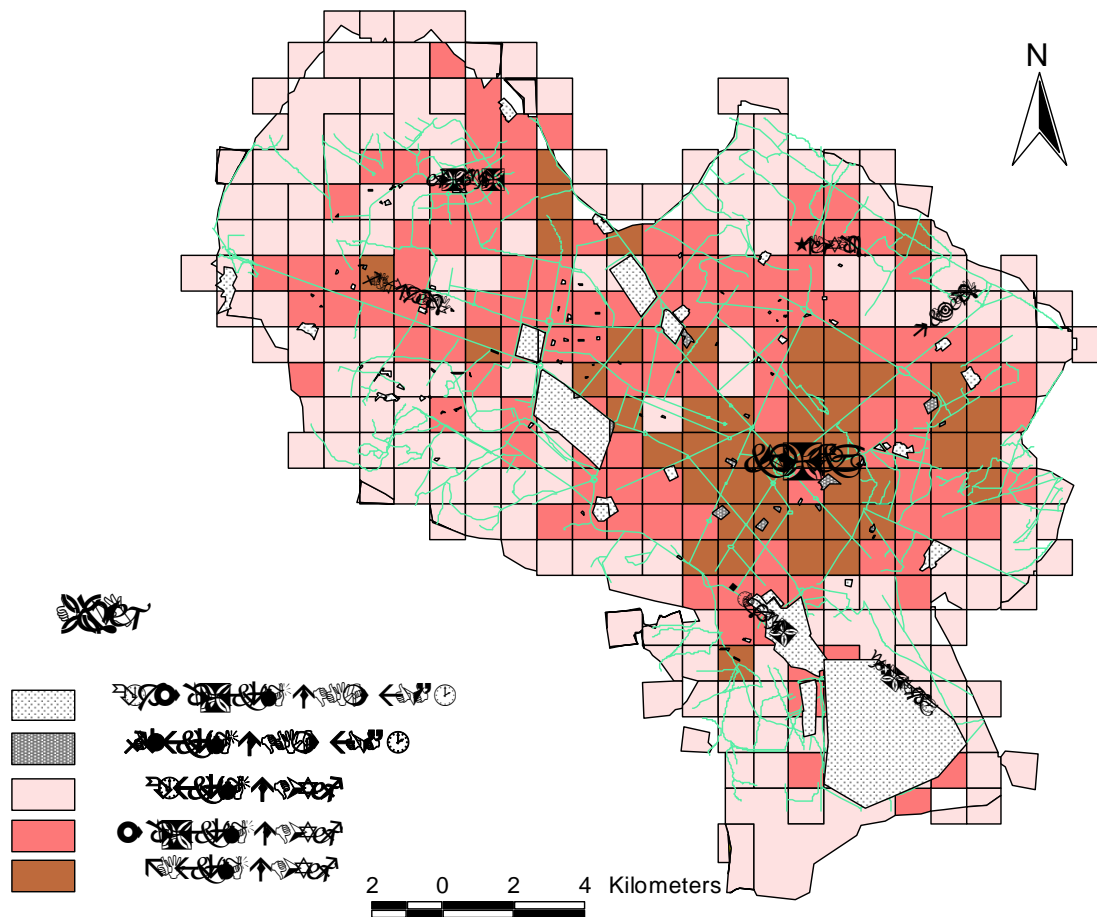
شکل ۵-۱۱- بررسی وضعیت مراکز مدیریت بحران در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد



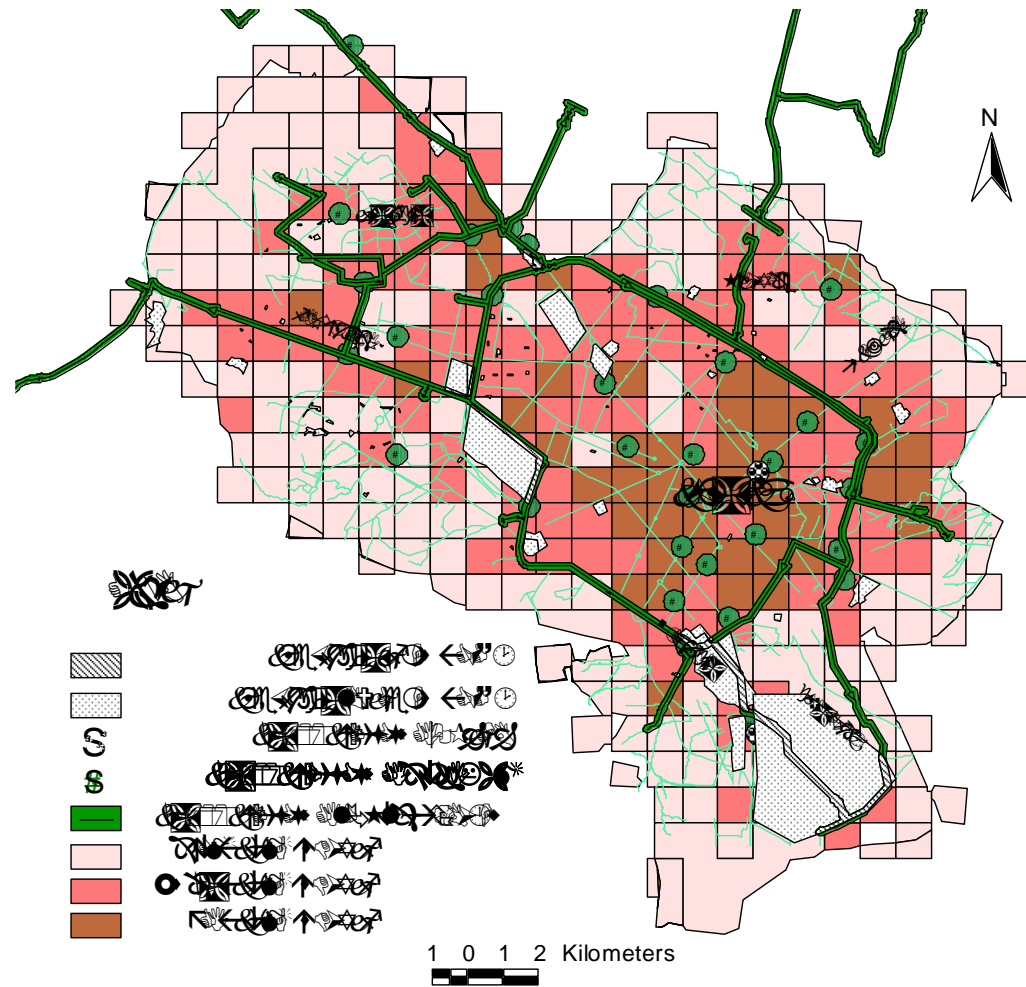
شکل ۵-۱۲- بررسی وضعیت بیمارستان ها در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد



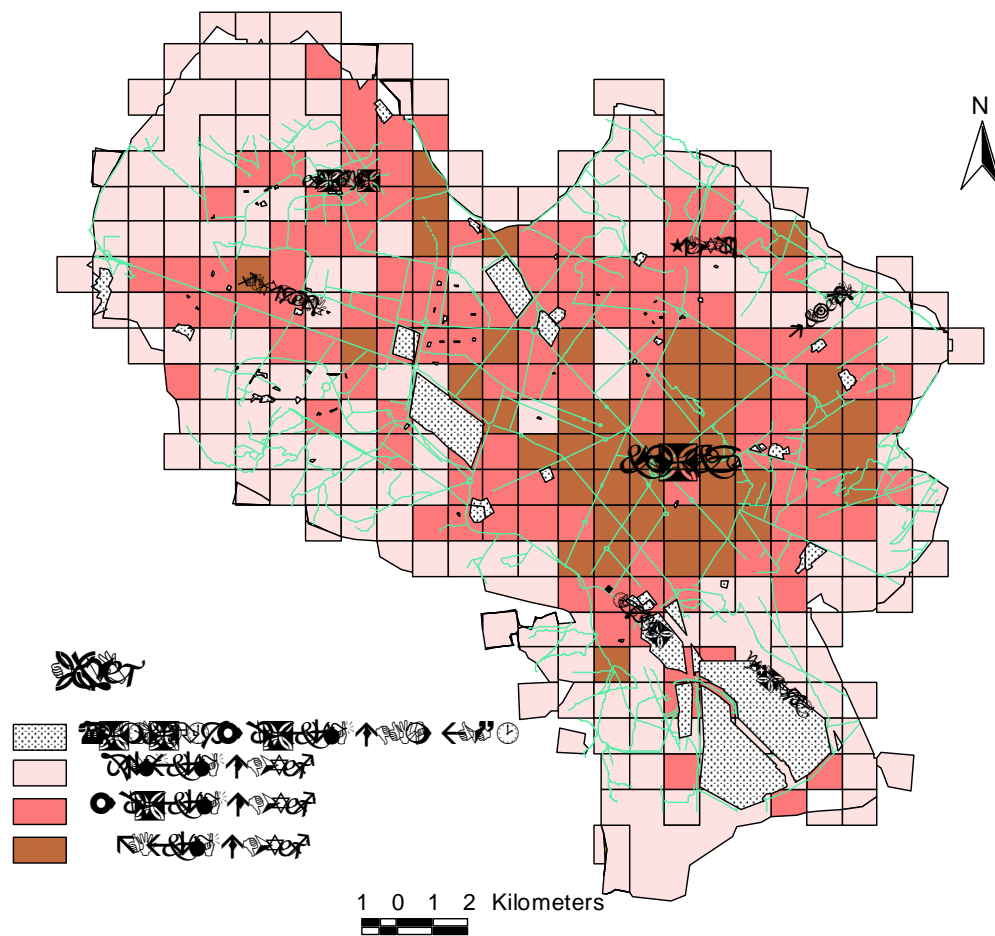
شکل ۵-۱۳- بررسی وضعیت بیمارستان ها در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد



شکل ۵-۱۴- بررسی وضعیت فضاهای سبز در پهنه های آسیب پذیری در شهر مشهد



شکل ۵-۱۵- بررسی وضعیت فضا های سبز در ارتباط با سازه های خاص در شهر مشهد



شکل ۵-۱۶- موقعیت فضاهای سبز با آسیب پذیری متوسط و کم (مراکز امن) در شهر مشهد

فصل ششم - نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری:

بررسی درجه آسیب پذیری کلان شهر مذهبی مشهد با توجه به خطر نسبی زیاد زلزله، جمعیت، وسعت زیاد، اهمیت زیارتی و سیاحتی این شهر از جهت شناخت و آسیب پذیری، برنامه ریزی مدیریت زلزله جهت مقابله با آن و کاهش خسارات ناشی از آن امری بسیار ضروری می باشد. مطابق آمار سال ۱۳۸۵ جمعیت مناطق ۱۲ گانه شهرداری شهر مشهد، بیشترین تراکم جمعیت در ناحیه های ۴، ۳ و ۵ می باشد. بخش های مرکزی و شرق شهر مشهد عمدتاً دارای بافت قدیمی و فرسوده است در حالیکه بخشهای غربی و جنوبی ساختمانها جدید می باشد.

بر اساس مطالعات تحلیل خطر زلزله شهر مشهد نزدیکترین گسل های فعال به شهر مشهد دو گسل جنوب مشهد و طوس می باشد. لذا در مطالعه حاضر فعالیت این دو گسل بعنوان بدترین سناریو در نظر گرفته شده و شتاب احتمالی هر یک از آنها بر اساس رابطه تجربی کمپل و بزرگنیا ۲۰۰۴ در محدوده شهر محاسبه شده است.

۱۱ پارامتر کیفیت ساخت، معابر و خیابانها، مراکز مسکونی، آموزشی، مذهبی و تمرکز جمعیت، تجاری و صنعتی، هتل ها و مراکز اقامتی، ادارات دولتی، مراکز بهداشتی و درمانی، سازه های خاص و مراکز تفریحی-ورزشی بعنوان عوامل مؤثر در خرابی و خسارات زلزله به صورت لایه های اطلاعاتی رقومی در محیط GIS تهیه شده (نقشه مدیریت شهری) و سپس با انطباق لایه های مذکور با منحنی های هم شتاب حاصل از دو مدل سناریوی زلزله و همچنین شتاب افقی سطحی زمین برای دوره بازگشت

۴۷۵ سال حاصل از مطالعات ریز پهنه بندی، نقشه رده بندی درجه آسیب پذیری زلزله به روش نرخ دهی در روز و شب و میانگین آنها بدست آمده است.

نقشه آسیب پذیری خطر زلزله نشان می دهد که آسیب پذیری در نواحی مرکزی، شمال و شرق شهر بالا و در حاشیه شهر پایین می باشد. علت اصلی بالا بودن درجه آسیب پذیری در بخش مرکزی وجود مراکز تجمع جمعیت (آموزشی، اقامتی، مذهبی و ادارات)، تمرکز متوسط تا بالای جمعیت، ساختمانهای با ابعاد کمتر از ۲۰۰ متر، بافت فرسوده و وجود مراکز تجاری و صنعتی می باشد.

وضعیت آسیب پذیری در مناطق شهری بدین گونه است که منطقه ۱۲ شهری یا شهرداری ثامن که محدوده اطراف حرم مطهر می باشد، بالاترین درصد آسیب پذیری زلزله را دارا می باشد. بعد از آن شهرداری منطقه یک و پنج که بخش مهمی از آنها دارای بافت فرسوده می باشند در رتبه دوم از نظر مساحت واقع در پهنه آسیب پذیری را دارا می باشند.

بیش از ۸۰ درصد مراکز اقامتی و نیز حدود ۴۱ درصد ادارات دولتی شهر مشهد در پهنه با درجه آسیب پذیری بالا قرار گرفته اند، همچنین بخش مهمی از مراکز آموزشی در پهنه آسیب پذیری متوسط قرار گرفته اند.

در بررسی نتایج فوق حدود نیمی از مراکز بهداشتی و درمانی که در زمان وقوع یک حادثه احتمالی از ارکان اصلی امداد و نجات می باشند در پهنه با آسیب پذیری بالا قرار دارند. همچنین بخشی از محدوده های صنعتی شهر مشهد در پهنه با خطر بالا قرار گرفته اند.

لازم به توضیح است که در این مطالعه استحکام سازه ها مورد بررسی قرار نگرفته است لذا بالا بودن درجه آسیب پذیری لزوماً به معنای تخریب سازه ها در اثر وقوع زلزله نمی باشد بلکه به معنای بالا بودن تبعات اقتصادی و جانی وقوع یک زلزله احتمالی در اثر تخریب سازه های مورد نظر است.

در این مطالعه بعد از بررسی عوامل مهم و مؤثر در مدیریت بحران زلزله در شهر مشهد مشخص شد که غالب مراکز اجرایی مدیریت بحران در معرض خطر بالا بوده بدین ترتیب به دلیل آسیب پذیری نمی توانند مجری مسئولیت های مدیریت بحران چه در زمینه امداد و نجات و چه در زمینه هماهنگی و امنیت در هنگام وقوع زلزله باشند.

از ۳۵ بیمارستانی که در شهر مشهد قرار دارند، ۲۴ مورد در پهنه با آسیب پذیری بالا و ۳ مورد در شعاع تأثیر سازه های خاصی مثل پمپ بنزین ها، انبار های نفت و شبکه اصلی توزیع گاز قرار دارند و

در نهایت فقط ۸ بیمارستان در محدوده خطر متوسط و پایین قرار گرفته اند و می توانند در صورت وقوع زلزله آمادگی پاسخگویی را داشته باشند.

طبق بررسی انجام شده، مناطق امن موجود در شهر مشهد که دارای ریسک خطر متوسط یا پایین بوده و شرایط دسترسی مناسب داشته و در زمان وقوع زلزله می توان برای عملیات امداد و نجات از آنها استفاده نمود در نواحی شمال غرب، غرب و جنوب مشهد قرار دارند که از جمله آنها به پارک ملت، پارک ربیع و ... میتوان اشاره نمود.

۶-۲- پیشنهادات:

۱- با تهیه نقشه های ریسک و مشخص شدن ریسک خطر در نقاط مختلف شهر مشهد باید تمهیداتی در جهت مقابله با خطر زلزله و عوارض ناشی از آن در نواحی با ریسک بالا انجام گیرد که از آن جمله موارد زیر را می توان ذکر نمود:

۱- ایجاد ساختار مناسب مدیریت بحران در مراکز اجرایی مدیریت بحران در جهت مقابله با بحران زلزله و کاهش تلفات و خسارات ناشی از آن

۲- ایجاد ساختار مناسب مدیریت بحران در بیمارستان ها به منظور سازماندهی و کنترل اوضاع در هنگام بروز بحران زلزله در جهت کاهش عوارض ناشی از زلزله

۳- مقاوم سازی ساختمان های موجود بخصوص بافت فرسوده شهری

۴- مقاوم سازی ادارات مهم دولتی، مدارس، هتل ها و ...

۵- انتخاب مناطق مناسب امن و نصب تابلو های راهنمایی مردم و نیز تجهیز این محدوده ها به وسائل مورد نیاز امداد و اطلاع رسانی

منابع فارسی :

- ابراهیمی ، م ، ۱۳۸۰. *اصول مدیریت بحران* ، مرکز مطالعات و پژوهشهای مقابله با سوانح طبیعی ، تهران ، موسسه علمی - کاربردی
- احمدی ، ح ، ۱۳۷۵. *نقش آموزش در کاهش اثرات زلزله* ، مرکز مطالعات برنامه ریزی و شهری وزارت کشور
- استوار ایزد خواه ، ی، ناطقی الهی ، ف ، ۱۳۸۱ . برنامه کاهش اثرات و ساختار مدیریت بحران زمین لرزه در مراکز بهداشتی - درمانی ، صفحه ۱۲۰-۱۳۰ ، *مجموعه مقالات اولین همایش علمی تحقیقی مدیریت امداد و نجات* ، جمعیت هلال احمر ایران ، انتشارات مؤسسه آموزشی علمی - کاربردی هلال احمر وابسته به جمعیت هلال احمر ایران ، تهران
- آموزش و پرورش کل خراسان رضوی، ۱۳۸۵. *طرح شناسنامه مدارس شهر مشهد*
- اداره کل اوقاف خراسان رضوی، ۱۳۸۵. *طرح شناسنامه مساجد و آرامگاههای شهر مشهد*
- بحرینی ، ح ، ۱۳۷۵ . *طرح ملی آمادگی در برابر بلایای طبیعی* ، تهران ، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۳ . *طرح جامع پیشگیری و مدیریت بحران ناشی از رویداد زلزله در تهران بزرگ (خلاصه اجرایی)*
- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۳ . *گزارش مقدماتی شناسایی زلزله ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم*.
- پور کرمانی ، م ، آرین ، م ، ۱۳۷۶ . *سایزمو تکتونیک لرزه زمین ساخت* ، چاپ اول ، مهندسیین مشاور دزآب ، تهران
- حافظی مقدس ، ن ، ۱۳۸۵ . *مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای در شهر مشهد و حومه آن* ، گزارش اثرات ساختگاهی
- حافظی مقدس ، ن ، ۱۳۸۵ . *معرفی گسل شمال مشهد*، یازدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور

- دبیر خانه طرح جامع مدیریت بحران شهر تهران ، ۱۳۸۰. *آموزش مدیریت بحران* ، مرکز مطالعات و پژوهشهای مقابله با سوانح طبیعی ، تهران
- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان - معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمانی ، وزارت مسکن و شهر سازی ، ۱۳۸۰. *مقررات ملی ساختمان - مبحث ششم بارهای وارد بر ساختمان* ، تهران ، نشر توسعه ایران
- سازمان بسیج جامعه پزشکی ، ۱۳۸۳. *مجموعه سخنرانیهای جامع و میزگرد های علمی (بسج جامعه پزشکی)*، *دومین کنگره بهداشت - درمان و مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه* ، انتشارات شکروی ، تهران
- صالحی، ا، ۱۳۷۷. *راهنمای مدیریت بحران وقایع طبیعی*، تهران، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران
- طرح جامع امداد و نجات کشور - تصویب نامه هیأت وزیران ، ۱۳۸۲
- عشقی، س، ۱۳۸۲. *گزارش نهایی پروژه تحقیقی بررسی خرابی ساختمانها و مدیریت آواربرداری در زلزله های بزرگ*، مؤسسه علمی - کاربردی هلال احمر
- فرمانداری شهر مشهد، ۱۳۸۵. مدارک و اطلاعات موقعیتی و سازه ای سازمان ها و ادارات شهر مشهد
- قریشی، م، مهدویان، ع، ۱۳۸۴. *گزارش سایمو تکتونیک و تحلیل خطر شهر مشهد*، طرح ریز پهنه بندی لرزه ای شهر مشهد، سازمان مسکن و شهر سازی خراسان رضوی
- مدیریت علمی پژوهشی سازمان بسیج جامعه پزشکی ، ۱۳۸۳. *بررسی مدیریت درمان در حوادث غیر مترقبه : مروری بر تجربه زلزله بم* ، ص ۴۶-۶۲ ، *مجموعه سخنرانی های جامع و میزگرد های علمی (بسیج جامعه پزشکی) ، دومین کنگره بهداشت - درمان و مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه* ، سازمان بسیج جامعه پزشکی ، انتشارات شکروی ، تهران
- مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران ، ۱۳۸۳. *مدیریت بحران : اصول و راهنمای عملی برای دولتهای محلی* ، چاپ اول ، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری (وابسته به شهرداری تهران)

- مقیمی ، ا ، گودرزی نژاد، ش، ۱۳۸۲ . *مخاطرات محیطی* ، چاپ اول ، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت) ، تهران .
- مهرابی توانا ، ع ، ۱۳۸۳ . آنچه از بم آموختیم ، صفحه ۱۷۹-۱۶۸ ، *مجموعه سخنرانیهای جامع و میزگرد های علمی (بسیج جامعه پزشکی)-دومین کنگره بهداشت- درمان و مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه* ، سازمان بسیج جامعه پزشکی ، انتشارات شکروی،تهران
- ناطقی الهی ، ف ، ۱۳۷۹ . *مدیریت بحران زمین لرزه ابر شهر ها : با رویکرد به برنامه مدیریت بحران زمین لرزه شهر تهران* ، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، تهران
- ناطقی الهی ، ف ، ۱۳۷۸ . *مدیریت بحران زمین لرزه در ایران* ، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، تهران
- ناطقی الهی ، ف ، ۱۳۷۷ . *اقدامات بلند مدت و عوامل مهم و اساسی جهت دستیابی به سیستم جامع مدیریت بحران زمین لرزه در تهران* ، مرکز مطالعات برنامه ریزی شهر تهران ، تهران
- ناطقی الهی ، ف ، ۱۳۷۶ . *آسیب پذیری شهر تهران در برابر زمین لرزه* ، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران ، گزارش شماره ۹۴-۷۶
- ناطقی الهی ، ۱۳۸۵ . *مصاحبه حضوری در پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله*
- نوائی تورانی ، ا ، عادلای نیا ، م ، ۱۳۸۱ . *مقدمه ای بر GIS و آموزش نرم افزار Arcview* ، مؤسسه فرهنگی و هنری دیباگران تهران
- نوروژی ، لایلا ، ۱۳۸۴ . *مکان یابی پایگاههای مدیریت بحران در شهر با استفاده از GIS و AHP (مورد پژوهشی ، منطقه ۱۸ شهر داری تهران)* ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده معماری و شهر سازی ، دانشگاه هنر اصفهان

- Berberian,M., 1994. "**Natural Hazard and the First Earthquake Catalogue of Iran, Vol. 1, Historical Hazard in Iran Prior to 1900**",A UNESCO/IIIES publication during UN/IDNDR: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology,Tehran,603(in English) + 66 (in Persian).
- Carniel R., Cecotti C., Chiarandini A., Grimaz S., Picco S., Ruscetti M. , 2001, "**A definition of seismic vulnerability on a regional scale: the structural typology as a significant parameter**", Bollettino di Geofisica Teoria ed Applicata, 42, 139-157.
- Cardona O. D. and L. E. Yamín ,1997, "**Seismic Microzonation and Estimation of Earthquake Loss Scenarios: Integrated Risk Mitigation Project for Bogotá, Colombia**", *Earthquake Spectra* 13, 795 – 814.
- CEB-FIB ,2003, "**Seismic Assessment and retrofit of reinforced concrete buildings**", 'State-of-the-art report prepared by Task Group 7.1', CEB-FIB Bulletin No. 24, 306 pp.
- Coburn, A.W, Sspence, R J S, Pomonis, A, 1994. **Vulnerability and Risk Assessment, Disaster Management Training Programme; UNDP**
- Crowley, H., Pinho, R. & Bommer, JJ., 2004. **A probabilistic displacement-based vulnerability assessment procedure for earthquake loss estimation**. Bulletin of Earthquake Engineering; 2(2): 173-219.
- Crowley, H., Pinho, R., Bommer, J.J. & Bird, J.F. 2005. **The impact of epistemic uncertainty on an earthquake loss model**. Accepted for publication in Earthquake Engineering and Structural Dynamics.
- Dowrick D. J. ,2003, **Earthquake Risk Reduction**, John Wiley & Sons, England, 506 pp.
- De Bruycker, M., Greco, D. and Lechar, M.F., 1985. **The 1980 earthquake in southern Italy: mortality and morbidity**. International Journal of Epidemiology 14: 113-117
- Douglas, J.2004. **Ground motion estimation equations 1964–2003** 'A comprehensive worldwide summary of strong-motion attenuation relationships for peak ground acceleration and spectral ordinates. 1969 to 2000'. with corrections and additions. Reissue of ESEE Report No. 01-1.
- Fäh D., Kind F., Lang K., Giardini D. , 2001, "**Earthquake scenarios for the city of Basel**". Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 21, 405-413.
- Faccioli E., Pessina V. (Eds), 2000, "**The Catania Project: earthquake damage scenarios for high risk area in the Mediterranean**", CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

- FEMA-NIBS, 1999, ***“Earthquake Loss Estimation Methodology”***, HAZUS 99, Technical Manual, Federal Emergency Management Agency and National Institute of Building Sciences, Washington, DC.
- Frankel, A., Mueller, C., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E. V., Dickman, N., Hanson, S., and Hopper, M., 1997, ***National 1996 Seismic Hazard Maps***: U.S. Geological Survey, Open-File Report 97-131.
- Frolova N., Larionov V., Sushchev S., Ugarov A., 2003, ***“Extremum System for Earthquake Risk and Loss Assessment”***, Proceedings of the Conference Skopje Earthquake – 40 Years of European Earthquake Engineering, Macedonia, Ohrid
- Gallipoli, M. R and Mucciarelli, M. 2005. ***Assessment of Seismic Site Amplification and Seismic Building Vulnerability in the Former Yugoslav Republic Of Macedonia, Croatia***
- Geomatrix Consultants, Inc., 1995, ***Seismic design mapping, State of Oregon***: Final report to Oregon Department of Transportation, Project no. 2442, var. pag.
- Goldfinger, C., 1990, ***Evolution of the Corvallis Fault and Implications for the Oregon Coast Range***, MS Thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 118p.
- Kates, R.W. and Kasperson, J.X. 1983 ,***Comperative risk analysis of technological hazards*** (a review). Proceedings of National Academy of Science USA 80:7027-7038.
- Marfai, M, A and Njagih J, K. 2002. ***Vulnerability analysis and risk assessment for seismic and flood hazard in Turialba city, Costa Rica***. International Institute for Geo-information science and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- Murao, O, Tanaka H and Yamazaki,F. 2000. ***Risk evaluation method of building collapse from the experience of the kobe earthquake***. Journal of Structural and Construction Engineering, AIJ, 527 (in Japanese)
- Ozcebe, G., Yucemen, M. S., Aydogan, V., and A. Yakut, 2003. ***Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey- Part I: Statistical Model Based on Structural Characteristics***, Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings, NATO Science Series IV/29, 29-42.
- Papadopoulos G.A., Arvanitides A., 1996, ***“Earthquake Risk Assessment in Greece”***, Earthquake Hazard and Risk, Edited by V. Schenk, Kluwer Academic Publisher, 221-229.
- Rad, F.N. Rad, C.S. Hasenberg, 2000, ***Building Inventory Analysis for Benton County, Oregon***, Department of Civil Engineering, Portland State University, 23p
- Reiter L. ,1990, ***Earthquake Hazard Analysis – Issues and Insight***, Columbia University Press, New York, 254 pp.

- Schwarz J., Raschke M., Maiwald H, 2002, **“Seismic risk studies for central Germany on the basis of the European Macroseismic Scale EMS-98”**. Proceedings of the 12th European Conference on Earthquake Engineering.
- Seville, E and Metcalfe, J. 2005. **Developing a hazard risk assessment framework for the New Zealand State Highway network**. Land Transport New Zealand Research Report 276. 80p.
- Smith, K., 1996, **Environmental Hazards**, Routledge:London.
- Steimen,S. 2004. **Uncertainties in Earthquake Scenarios**. A dissertation submitted to the Swiss federal institute of technology Zurich for the degree of Doctor of Natural Sciences.
- Tuladhar, Rabin. 2002. **Seismic microzonation of greater Bangkok using micro tremor observations**. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engineering.
- Tyagunov S, 2002, **“Seismic Risk Assessment for Urban Areas and Building Sites”**, Problems of Destructive Earthquake Disaster Prevention, Proceedings of the First Kazakhstan-Japan Workshop, Almaty, 164-171.
- Tyagunov, S, Stempniewski, L, Grunthal, G, Wahlstrom, R, Zschau Summary,J. 2004. **Vulnerability and risk assessment for earthquake prone cities**. 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada Paper No. 868
- Vaseva E., Kostov M., Koleva N., Kaneva A., Stefanov D., Varbanov G., Darvarova E, 2003, **“Seismic Vulnerability Assessment of Buildings in a Given Region According to EMS-98”**, Proceedings of the Conference Skopje Earthquake – 40 Years of European Earthquake Engineering, Macedonia, Ohrid.
- Vose D. ,2000, **Risk Analysis – A Quantitative Guide** (Second Edition), John Wiley & Sons, LTD,Chichester, New York, Toronto, 418 pp.
- Wang, Z., Madin, I.P., and Street, R.L., 1998, **Shear-wave velocity and soil classifications for communities in Oregon**: Proceedings of the 8th International -IAEG Congress, Vancouver, British Columbia, Canada, September 21-25, 1998,p. 149-154.
- Wang, Z. Madin, I.P, 2001, **Earthquake Hazard and Risk Assessment and Water-Induced Landslide Hazard in Benton County**, (Final Report), Oregon Department of Geology and Mineral Industries.
- Wang, Z., R. L. Street, E. W. Woolery, and I. P. Madin, 2000, **SH-Wave Refraction/Reflection and Site Characterization, Use of Geophysical Methods in Construction** (Getechnical Special Publication No. 108), Proceedings of Sections of GEO-Denver 2000, ed. By S. Nazarian and J. Diehl, ASCE, Reston, Virginia, p. 126-140

- Wenzel, F., and Lungu, D .2002 "***Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation***". *Selected papers of the First International Workshop on Vrancea Earthquakes*, Bucharest, November 1-4, 1997, *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, Netherlands, 374pp., 1998.
- Whittaker, H. Ketchum, J. M, 1982. *Comprehensive Emergency Management Bulletin # 2* (Washington,DC:National Governor's Association)
- Yakut, A., Aydogan, V., Ozcebe, G., and M. S. Yucemen, 2003. ***Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey -Part II: Inclusion of Site Characteristics***, *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, NATO Science Series IV/29, pp. 43-58
- Yeats, R.S., Graven, E.P., Werner, K.S., Goldfinger, C., and Popowski, T.S, 1991, *Tectonics of the Willamette Valley, Oregon*, in Rogers, A.M., Walsh, T.J.,Kockelman, W.J., and Priest, G.R., eds., ***Assessing earthquake hazards and reducing risk in the Pacific Northwest***, volume 1: U.S. Geological Survey Professional Paper 1560, p. 183-222.
- Yong C., Xinglian C., Zhengxiang F., Zhiquian Y., Mandong Y, 1996, "***Estimating Losses from Futur Earthquakes in China***", *Earthquake Hazard and Risk*, Edited by V. Schenk, Kluwer Academic Publisher, 211-220.
- Zonno G., Cella F., Luzi L., Menoni S., Meroni F., Ober G., Pergalani F., Petrini V., Tomasoni R.,Carrara P., Musella D., García-Fernández M., Jiménez M.J., Canas J.A., Alfaro A.J., Barbat A.H., Mena U., Pujades L.G., Soeters R., Terlien M.T.J., Cherubini A., Angeletti P., Di Benedetto A., Caleffi M., Wagner J.J., Rosset P., "***Assessing seismic risk at different geographical scales: concepts, tools and procedures***", *Proceedings of the 11th European Conference on Earthquake Engineering*.
- <http://Portal.Iran.science.net>
- <http://www.Vojoudi.com/earthquake> management
- www.Gogle.com
- www.iiees.ac.ir
- www.irandoc.ac.ir
- www.kho-razavi-tebyan.ir
- www.ngdir.com
- www.mashhad-far.org
- www.sciencedirect.com
- www.toostimes.com
- www.yahoo

Abstract:

In this study the earthquake hazard risk assessment and crisis management for religious Mega city of Mashhad have been discussed. For this, the maximum horizontal acceleration of two faults located in south and north of Mashhad as worst scenarios are calculated based on the attenuation relationships of Campbell and Bozorgnia(2004). Then digital distribution maps of 11 parameters such as structure quality, road and street positions, residential area, educational centers, hotels and tourist centers, religious and public locations, state offices, trade and industrial centers, health care and hospitals, special structures and sport centers as effective factors in destruction and earthquake damages have been prepared.

With overlaying the mentioned parameters(urban management map) in Arc View software and isoacceleration maps obtained from the different earthquake scenario and also surface horizontal acceleration for return period of 475 years obtained from microzonation study of mashhad city, the earthquake hazard risk maps for day, night and their average have been obtained.

The seismic risk maps shown that the earthquake risk in central and northern parts of mashhad is high. The main reasons of this are existence of densely populated center (educational residential, religious and offices) medium to high residential population, buildings with dimensions less than 200 square meters, old and exhausted structure and existing of trade and industrial centers.

Study of layers individually also shown that more than 80 percent of hotels and tourist centers and almost 62 percent of state offices in Mashhad which mainly located in city center and having exhausted structure, occurred in high risk zones. The most of educational centers, which homogenously distributed in city, have medium hazard risk. About half of medical centers which at the time of occurrence of possible events are the major elements of rescue and relief, located in high risk zone. Only 7 hospital from total 35 hospital existing in mashhad are located in medium and low hazard risk and could be serve at the time of probable earthquake.

The indicial investigation of different municipal regions also shows that the region 12 or Samen municipality located around the holy shrine and region 1 located in high risk area. This study show that executive centers of crisis management in mashhad, mainly located in high risk zones and the best safe area in Mashhad which are located in medium and low hazard risk, with best facility access and aid and rescue, occurred in western north, west and south of Mashhad.

Key word: earthquake, risk assessment, crisis management.