

دکتر محمدحسین پاپلی یزدی

فاطمه وثوقی

دانشگاه فردوسی مشهد

شماره مقاله: ۳۱۸

منطقه بندی استان خراسان از نظر بهسازی واحدهای مسکونی با توجه به وضعیت زلزله*

Dr.M.H. Papoli Yazdi

Fatemeh Vossoghei

Ferdowsi University of Mashhad

Khorassan Regional Differentiation: Improving Residential Buildings to Withstand Earthquake Forces.

Regarding the repeated earthquakes experienced previously, Khorassan Province is one of the hazardous areas in Iran. Severe damage and high death toll resulting from these earthquakes have made it necessary to identify the high risk areas in this region. The present article has tried to identify the areas which have witnessed repeated earthquakes over the last one hundred years in Khorassan. The consideration of the residential buildings has been used as a criterion to differentiate between various parts of the province. This differentiation can be a great help in determining the priorities in improving and/or reconstructing the residential buildings in this province before any likely earthquake in the future.

* این مقاله با همکاری گروه مطالعات دنیای ایرانی در C.N.R.S. (U.M.R. 155) و I.F.R.I. تهیه شده است. ضمناً از آقای مهندس محمود صانعی که در تهیه نقشه‌های این مقاله همکاری داشته‌اند و نیز آقای دکتر شجاع طاهری استاد دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد که اطلاعات لازم را در ارتباط با زلزله در اختیار گذاشتند سپاسگزار می‌شود.

مقدمه

مقابله با حوادث طبیعی در کشور ما تاکنون، بیشتر به صورت موردی و مقطعی انجام می‌گرفته و عمده شامل اقدامات تسکین بخشی که پس از رخداد حادثه به انجام می‌رسیده بوده است. افزایش سریع جمعیت، رشد شهرنشینی و به کارگیری تکنیکها و تکنولوژی صحیح در ابعاد محدود برای مقابله با سوانح طبیعی، باعث شده تا پس از وقوع هر زلزله شدید تلفات و خسارات فراوانی بر جای بماند.

بدیهی است واحدهای مسکونی در سکونتگاههای انسانی گسترده‌ترین سطح کاربریها را دارند. مسکن به علت تداوم بهره‌برداری، در زمره حساسترین و آسیب پذیرترین کاربریها قرار دارد، لذا بایستی برای مقابله با آسیب پذیری آن در برابر خطرات طبیعی برنامه ریزی صحیح و به موقع صورت گیرد. شاید اولین قدم برای این منظور شناخت مناطق آسیب پذیر باشد.

هدف

هدف از ارائه این مقاله، منطقه بندی استان خراسان با توجه به وضعیت زلزله خیزی این مناطق، بادر نظر گرفتن کیفیت واحدهای مسکونی به منظور تعیین اولویتها برای بهسازی و بازسازی این واحدها می‌باشد.

روش کار

آمارهای مربوطه توسط بسته نرم افزار آماری EXCEL 5 پردازش و با استفاده از نرم افزارهای GIS به صورت نقشه تهیه شده است. به منظور طبقه بندی مناطق مختلف از روش آماری «استاندارد بر اساس انحراف از معیار» استفاده شده است.

اهمیت مسأله

در گزارش کار سازمان ملل متحد که از سوی دبیر کل ارائه شده در قسمت مربوط به سوانح طبیعی پیشنهادات سازنده ای برای همگانی کردن مطالعات و برنامه ریزیها برای مقابله با این سوانح ارائه شده است. در این جا برخی از موارد عنوان شده در قطعنامه شماره ۴۲ مجمع عمومی سازمان ملل به اختصار بازگو می‌شود^۱:

«۱- مجمع عمومی اهمیت کاهش یافتن اثرات مخرب سوانح طبیعی بر زندگی آحاد مردم جهان، بویژه مردمان کشورهای در حال توسعه را به رسمیت می‌شناسد.

۱- «مدیریت مقابله با سوانح طبیعی»، ترجمه غلامرضا خیر اندیش و مهرداد وفا، مجموعه مقالات اقتصادی و اجتماعی، نشریه شماره ۲-۷۱، سازمان برنامه و بودجه فارس، بهار ۱۳۷۱، ص ۱۳-۲۳.

۲- مجمع عمومی تصدیق می‌کند که دانش فنی و علمی شناخت علل و اثرات سوانح طبیعی و راههای کاهش صدمات جانی و مالی ناشی از آن، به حدی پیشرفت کرده که یک تلاش همه جانبه برای گردآوری، یکپارچه‌سازی و به کارگیری این دانش از طریق اجرای برنامه‌های ملی و منطقه‌ای، می‌تواند اثرات بسیار مثبتی برای تمامی کشورها، بویژه کشورهای در حال توسعه به همراه داشته باشد و...».

در سال ۱۹۸۶ سمینار بین‌المللی برنامه ریزی توسعه منطقه‌ای برای مقابله با سوانح طبیعی، به وسیله مرکز توسعه منطقه‌ای سازمان ملل، در شهر ناگویای ژاپن تشکیل شد. دومین سمینار بین‌المللی آموزشی - تحقیقات برای مقابله با سوانح طبیعی، در جولای ۱۹۸۸ در شهر شیموزوی ژاپن برگزار شد. یکی از مباحث عمده و مورد تأکید این سمینار به شرح زیر است:

« - تشخیص مناطق مستعد آسیب‌پذیر، بر اساس حوزه بندی مناطق و استفاده از آن در برنامه‌ریزی شهری - منطقه‌ای. برای مقابله با سوانح، کنترل فعالیت‌های انسانی بویژه در مناطقی که شدیداً در مقابل حوادث آسیب‌پذیر هستند بطور آشکاری مؤثر است. آسیب‌پذیری شدید مناطق، یا به علت شرایط طبیعی منطقه (آسیب‌پذیری جغرافیایی) و یا به علت تمرکز فعالیت‌های انسانی (آسیب‌پذیری جمعیتی) در آنها می‌باشد، در این زمینه برای مناطق یاد شده سیستم‌های ارزیابی می‌تواند توسعه یافته و اقداماتی برای به کارگیری معیارهای ارزیابی در برنامه ریزی شهری - منطقه‌ای انجام شود. این اقدامات عبارتند از:

- نقشه برداری از مناطق مستعد آسیب‌پذیر، با توجه به نحوه حوزه بندی هر منطقه؛

- بررسی‌های فنی برای کاهش خطرات جغرافیایی؛

- مراجعه به نقشه منطقه مستعد آسیب‌پذیر، طی مراحل برنامه ریزی

کلید این مباحث تأیید و تأکیدی بر ضرورت منطقه بندی و تعیین مناطق مستعد آسیب‌پذیر به منظور مقابله با سوانح طبیعی در کلیه مناطق دنیا می‌باشد. بدیهی است وجود برنامه ریزی صحیح و اصولی در مورد مقابله با زلزله، سیل و ... ضروری می‌نماید. اجرای برنامه‌ای مؤثر برای کاهش اثرات مخرب سوانح طبیعی نیازمند همکاری‌های مشترک بین مؤسسات دولتی و سازمانهای غیر دولتی مانند مراکز علمی و فنی می‌باشد.

عموماً دیده شده که در کشورهای در حال توسعه، سیاستهای سرمایه‌گذاری در توسعه منطقه‌ای به پروژه‌هایی که بیشترین صرفه اقتصادی را دارند، اختصاص داده می‌شود و در این میان پروژه‌های مقابله با سوانح که ظاهراً ارتباطی با رشد اقتصادی ندارند کمتر مورد اعتنا قرار می‌گیرند. در حالی که وقتی حادثه‌ای روی می‌دهد، نه تنها اقتصاد منطقه‌ای بلکه اقتصاد ملی نیز متحمل

خسارات فراوان می‌شود. بنابراین، لازم است که برنامه ریزی توسعه منطقه‌ای در این کشورها مورد بازنگری کامل قرار گیرد تا در بلند مدت برای مقابله با سوانح طبیعی اقدام شود؛ زیرا برنامه‌ریزیهای سریع و بدون مطالعه پس از بروز هر حادثه طبیعی و بازسازی مناطق آسیب دیده سرمایه‌های کلان و نیروهای فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد و در نهایت نیز نتیجه مطلوبی به دنبال ندارند. بازسازیهای پس از زلزله معمولاً شامل اقدامات عجولانه‌ای است که پس از بروز هر سانحه روی می‌دهد. این وضع در کشور ما ایران نیز در طی تاریخ بارها اتفاق افتاده و خراسان نیز از این رهگذر پرکنار نبوده است. در این جا مختصری از موارد و مشکلات پیش آمده در هنگام بازسازیها و پس از آن را در شهرستانهای مختلف این استان بررسی می‌کنیم. با مقایسه وضعیت این مناطق در هنگام زلزله (دشت بیاض سال ۱۳۴۷، طبس سال ۱۳۵۷ و زلزله‌های گناباد و خواف)^۲ می‌توان به موارد مشابهی دست یافت.

الف) وضعیت مناطق قبل از بازسازی:

- ۱- به علت عدم وجود پیش بینیهایی لازم، «پس از وقوع زلزله مکان مناسبی برای اسکان موقت آسیب دیدگان وجود نداشته، برخی در چادرها و برخی در فضاها سرپوشیده و محصور (به نام سوله) و برخی در هوای آزاد زندگی می‌کردند. فضای درون چادرها و یا سوله‌ها توسط تیغه‌های آجری به قسمتهای مجزا تقسیم شده بود. آسیب دیدگان زاغه‌هایی در زمین احداث و روی آن را با تخته، چوب، گل و پوشال پوشانده بودند تا پناهگاهی برای فرار از سرما و گرما باشد»^۳.
- ۲- ناهماهنگی در اجرای عملیات نوسازی و حضور چندین سازمان دولتی مانند وزارت اصلاحات ارضی (در هنگام زلزله فردوس)، تعاون روستایی، سازمان مسکن، وزارت کشور، اداره مهندسی ارتش، سازمان بهزیستی و... باعث عدم موفقیت در بازسازی مناطق زلزله زده بوده است.
- ۳- وضعیت واحدهای مسکونی: اکثر واحدهای مسکونی موجود در این مناطق مقاومت بسیار کمی در مقابل زلزله از خود نشان داده‌اند و با وقوع زلزله بکلی تخریب شده‌اند. علاوه بر آن

۲- روستاهای زوزن و فاسم‌آباد در شهرستان خواف و کاخک در گناباد بطور موردی و با مراجعه محلی مطالعه شده‌اند.

۳- زاله شادی طلب، «بازسازی و توسعه، اولین قدم از یک تجربه»، مجموعه مقالات سمینار سیاستهای توسعه مسکن در ایران، جلد نخست، وزارت مسکن و شهرسازی، بهمن ۱۳۷۳، ص ۷۵-۴۶۹.

واحدهای مسکونی کم دوام درصد بالایی را در کلیه این مناطق نشان می‌دهند. بطور مثال ۹۹/۵٪ مسکن شهرستان فردوس در قیل از زلزله از واحدهای کم دوام بوده‌اند. این رقم در شهرستان طبس به ۹۶/۵٪ (در سال ۱۳۵۵) می‌رسد (جداول شماره ۱ و ۲).

۴- آمار تلفات و خسارات مالی به علت تخریب زیاد ابنیه بسیار بالاست.

۵- واحدهای مسکونی در این مناطق بخصوص در نقاط روستایی تطابق قراوانی با اقلیم و شرایط طبیعی منطقه داشته‌اند. سقف گنبدی و دیوارهای ضخیم منازل، کوچه‌های باریک و تودرتو و سایر مسائل مربوطه باعث خنک بودن درون واحدهای مسکونی در هنگام گرما بدون استفاده از وسایل سردکننده مصنوعی بوده است.

جدول شماره ۱: وضعیت شهرستان فردوس از نظر دوام واحدهای مسکونی، سالهای ۵۵-۱۳۴۵

مناطق	قبل از زلزله (۱۳۴۵)		بعد از زلزله (۱۳۵۵)	
	درصد	مسکن کم دوام	درصد	مسکن کم دوام
شهری	۰/۷۲	۳۵۰۵	۴۱	۱۳۶۶
روستایی	۰/۴	۷۱۹۹	۳/۵	۳۱۰
کل	۰/۵	۱۰۷۰۴	۱۳/۶	۱۶۷۶

جدول شماره ۲: وضعیت شهرستان طبس از نظر دوام واحدهای مسکونی، سالهای ۶۵-۱۳۵۵

مناطق	قبل از زلزله (۱۳۵۵)		بعد از زلزله (۱۳۶۵)	
	درصد	مسکن کم دوام	درصد	مسکن کم دوام
شهری	۴	۲۱۶۳	۹۹	۳۰۰۳
روستایی	۳/۳	۵۲۳۸	۵۹/۲	۳۷۷۵
کل	۳/۵	۷۴۰۱	۷۲/۲	۶۷۷۸

ب) وضعیت پس از بازسازی:

۱- پس از بروز سانحه به علت فقدان اطلاعات لازم و کافی در موارد متعدد از جمله زمین شناسی

منطقه، کاربری اراضی، پهنه‌بندی خطر، ساختار جمعیتی، ویژگیهای طبیعی، اقتصادی، فرهنگی و ...

امکان به کارگیری یک دید سیستماتیک در برنامه ریزی بازسازی و اسکان مجدد وجود نداشته است. اغلب هدف عمده، نوسازی و مقاوم سازی ابنیه توسط بهبود کیفی مصالح ساختمانی بوده است. ۲- پس از تخریب تقریباً کامل این مناطق، بازسازی، با مصالح با دوامتر صورت گرفته است. بطور مثال تعداد مساکن با دوام در شهر فردوس، پس از وقوع زلزله به ۱۰۷۷ واحد (۷۲٪ مساکن) رسیده است. یعنی نسبت به قبل از زلزله حدود ۵۱ برابر افزایش نشان می دهد. در شهر طبس درصد مساکن با دوام از ۴٪ به ۹۹٪ می رسد؛ تا آنجا که در سرشماری سال ۱۳۶۵ از نظر دوام مساکن وضعیتی برجسته را (در نقاط شهری و روستایی) در مقایسه با کل استان خراسان نشان می دهد.

۳- فضای داخلی خانه ها برای کشاورزان و دامداران فقیر که معاش خود را از تولیدات چند گاو و گوسفند یا مختصر کشاورزی و یا یافت قالی تأمین می کرده اند، نامناسب بوده است. واکنش مردم در قبال چنین خانه هایی یا ترک عادات و مبانی زندگانی قبلی خویش بوده است^۴ و یا تحمل هزینه های مجدد برای بازسازی فضای درونی خانه متناسب با نیازهای خود آنهم اغلب به شیوه قدیمی و با مصالح کم دوام و ارزانتر.^۵

البته نمونه های ذکر شده تنها گوشه ای از موارد متعدد زلزله، خسارات ناشی از آن و نیز عدم وجود مطالعات کافی در روشهای صحیح بازسازی و یا بهسازی مناطق آسیب دیده می باشد. با توجه به نکات مشترک در موارد عنوان شده نیز می توان به ضرورت مطالعات و اقدامات لازم قبل از وقوع فاجعه پی برد. در این مبحث سه مرحله عمده دنبال شده است.

۱- سعی شده با کمک آمار و ارقام، نواحی مختلف استان خراسان که بطور مکرر، در طولانی مدت، در معرض خطر زلزله بوده اند، مشخص و سپس از لحاظ تعداد دفعات زلزله و میزان انرژیهای آزاد شده طی یک دوره نسبتاً طولانی (۹۰ ساله) منطقه بندی شوند.

۲- وضعیت واحدهای مسکونی هر شهرستان از لحاظ دوام و عمر مفید بررسی و استان از نظر درصد واحدهای مسکونی کم دوام و بالای ۲۰ سال منطقه بندی شده است.

۳- در نهایت با توجه به وضعیت واحدهای مسکونی و قرارگیری مناطق در پهنه های زلزله خیز، شهرستانهای استان برای بهسازی واحدهای مسکونی اولویت بندی شده اند تا در واقع

۴- ژاله شادی طلب، همان منبع، ص ۴۷۰.

۵- مطالعات میدانی در روستاهای زوزن جدید و قاسم آباد.

علاج واقعه قبل از وقوع صورت گیرد. بدین منظور ابتدا وضعیت مناطق مختلف خراسان از نظر خطر نسبی زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرد. طبق نظر وزارت مسکن و شهرسازی درجه بندی مناطق مختلف خراسان از نظر زلزله در جدول شماره ۳ مندرج است:

جدول شماره ۳: درجه بندی مناطق مختلف خراسان از نظر خطر نسبی زلزله^۶

منطقه	خطر نسبی زلزله			منطقه	خطر نسبی زلزله		
	بالا	متوسط	پایین		بالا	متوسط	پایین
قوچان	+	-	-	اسفراین	-	-	+
بجستان	+	-	-	بجنورد	-	-	+
بشرویه	+	-	-	بیرجند	-	-	+
تربت جام	+	-	-	تربت حیدریه	-	-	+
تایباد	-	+	-	چناران	-	+	-
خواف	+	-	-	درگز	-	-	+
درونه	+	-	-	دشت بیاض	-	-	+
دیهوک	+	-	-	رباط	-	-	+
سده	+	-	+	سرخس	-	-	+
طبس	+	-	-	فاروج	-	-	+
فردوس	+	-	+	فریمان	-	-	+
قائن	+	-	-	کاشمر	-	-	+
کاخک	+	-	+	گیفان	-	-	+
گناباد	+	-	-	نیشابور	-	-	+
مشهد	+	-	-		-	-	+

چنانچه ملاحظه می‌شود وضعیت بیشتر مناطق خراسان از نظر خطر نسبی وقوع زلزله در حد بالا و موارد محدودی متوسط می‌باشد و هیچ یک از این مناطق در معرض خطر نسبی وقوع زلزله در حد پایین قرار نمی‌گیرند.

به منظور دقیقتر مشخص شدن مناطق زلزله‌خیز، تمامی زلزله‌های مهم ثبت شده که طی سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۰ در استان خراسان به وقوع پیوسته با تعیین مختصات جغرافیایی کانون

۶- آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله، مجموعه آئین نامه‌های ساختمان ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و

زلزله، روی نقشه پیاده شده‌اند.

به دلیل آن که میزان انرژیهای آزاد شده با درصد تخریب ارتباط مستقیم دارد، انرژی آزاد شده در هر یک از زلزله‌ها محاسبه شده تا مناطقی که طی این مدت بیشتر با خطر مواجه بوده‌اند و میانگین انرژی آزاد شده طی دفعات مختلف در آن مناطق بیشتر بوده، تعیین شود.

فرمول محاسبه انرژی آزاد شده به شرح زیر می‌باشد:^۷

$$\text{LogE} = \text{mb} = \text{بزرگای تنه‌ای} = \text{E} = \text{انرژی محاسبه شده برحسب ارگ} = 5/8 + 2/4 \text{mb}$$

براساس آمار موجود در استان خراسان طی حدود یک قرن تعداد ۴۱۰ زلزله رخ داده است که کمترین و بیشترین «بزرگای تنه‌ای»^۸ آن به ترتیب ۴ و ۶/۹۹ بوده است.

بدیهی است میزان انرژی آزاد شده ارتباط مستقیمی با تخریب دارد. در واقع میزان تخریب هر زلزله با توجه به «شدت» آن سنجیده می‌شود. مقیاس‌های مختلفی برای شدت زلزله پیشنهاد شده است که از آن میان، مقیاس مرکالی بیشتر مورد استفاده و رایج می‌باشد. در این مقیاس شدت تخریبی زلزله‌ها در ۱۲ درجه تعریف شده است. شدت تخریب یک زلزله افزون بر انرژی آزاد شده و فاصله کانونی با پارامترهای مشخص دیگری نظیر وضعیت زمین‌شناسی، کیفیت بناها و غیره مرتبط است.^۹

۷- آمار مربوط به سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۷۵ از کتاب:

ن. ن. امبرسز، ج. پ. ملویل، تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه ابوالحسن رده، انتشارات آگاه، تهران ۱۳۷۰، ص ۴۳۴.

۸- بزرگای تنه‌ای (body- Wave magnitude) بزرگای یک زمین لرزه نمایانگر مقدار انرژی است که در اثر آن لرزه رها شده است. برای اطلاع بیشتر رجوع کنید به تاریخ زمین لرزه‌های ایران، ص ۳۱۹.

۹- زمین شناسی سال چهارم تجربی، وزارت آموزش و پرورش، (کتاب درسی)، سال ۱۳۷۳، ص ۷.

I. غیر قابل احساس توسط انسان؛

II. قابل احساس در طبقات بالای ساختمانها بطور مبهم؛

III. قابل احساس در داخل ساختمانها بطور وضوح؛

IV. قابل احساس در خارج ساختمان به وسیله تعداد محدود؛

V. حرکت محسوس در ساختمانها، نوسان و افتادن اشیاء، بروز ناراحتی در حیوانات؛

VI. حرکت شدید در ساختمانها، فرار افراد و حیوانات، شکستن شیشه‌ها، ترک خوردن ساختمانها؛ ←

باید در نظر داشت میزان و شدت تخریب در نقاط مختلف بنا به تراکم جمعیت، وضعیت ساختمانها، نوع زمین، ساخت منطقه و ... متفاوت خواهد بود.

امیرسز و ملویل معتقدند: «برای بررسی زمین‌لرزه‌های خاورمیانه بویژه ایران، مقیاسهای متداول شدت، بیش از اندازه محدودیت دارد و در اغلب موارد گمراه کننده است. بویژه آن که این مقیاسها به منظور توصیف وضعیت در دیگر نقاط جهان مطرح شده است.»^{۱۰} به خصوص آن که تفاوتی در گزارشهای رسیده برای هر زلزله وجود دارد.

«برای رفع این دشواریها مقیاس بسیار ساده‌ای برای «شدت» طرح شد که اثرات کلی یک زمین‌لرزه را در این بخش از جهان [ایران] توصیف می‌کند. این مقیاس تنها پنج درجه دارد که با بیشتر توصیفهایی که در منابع به آن برمی‌خوریم و نیز با مشاهدات انجام شده در محل قابل تطبیق است. این پنج درجه عبارتند از:

۱=i ویرانی کامل همه سازه‌های ساخته‌آدمی، از جمله منزل‌های بتنی و آب‌انبارها، به همراه کشته شدن شمار زیادی از مردم، از جمله شهروندان برجسته و تلفات کلی دامها؛

۲=i همه خانه‌ها و بسیاری از ساختمانهای همگانی ویران می‌شود، با تلفات انسانی بسیار و از میان رفتن شمار زیاد دام؛

۳=i بسیاری خانه‌ها ویران می‌شود و شمار اندکی از مردم کشته می‌شوند؛

۴=i شمار اندکی از خانه‌ها ویران می‌شود، ساختمانهای همگانی شکاف بر می‌دارد، بدون تلفات انسانی؛

۵=i لرزه درگستره بزرگی حس می‌شود و مایه نگرانی و در برخی جاها سبب هراس همگانی

→ VII- آسیب کلی به ساختمانهای معمولی، بروز تلفات جانی و خسارات مالی فراوان؛

VIII- خرابی کلی در ساختمانهای خوب، ویرانی در ساختمانهای معمولی؛

IX- بالا بودن درصد خرابی در ساختمانهای خوب، ظاهر شدن شکستگی در زمین؛

X- از بین رفتن کلیه ساختمانهای خوب، تلفات جانی و خسارات مالی فراوان، کج شدن جزئی خط آهن؛

XII- خراب شدن پلها، پیدا شدن شکافهای عمیق در زمین، از کار افتادن لوله‌کشیهای زیر زمین؛

XIII- فاجعه به تمام معنی برای ساکنان منطقه

می‌شود»^{۱۱}

این اثرات در مقیاس مرکالی (MM) بین شدت‌های $\pm IV$ و XI تغییر می‌کند. پس این بدان معنی است که به عنوان نخستین تقریب می‌توانیم مقدار ضریب مقیاس بندی را $1/5$ در نظر بگیریم، یا به عبارت بهتر $IV=1.5$ ، $V=1.4$ ، $VII=1.3$ ، $VIII=1.2$ و $X=1.1$ است.^{۱۲}

به دلیل آن که رابطه‌ای بین شدت زلزله برحسب درجات پنج گانه فوق الذکر و بزرگای زلزله وجود ندارد، لذا به جای آن از شدت زلزله برحسب مرکالی استفاده می‌شود و در انتها درجات پنج‌گانه به مرکالی تبدیل می‌شوند.

رابطه زیر بیانگر ارتباط بین بزرگای زلزله و شدت زلزله بر حسب مرکالی می‌باشد:

$$M = 0.7 \log(I_0) - 0.7 \quad \text{رابطه شماره ۱: }^{13}$$

از رابطه شماره ۱ می‌توان رابطه شماره ۲ را به دست آورد:

$$I_0 = (M + 0.7) \cdot 10^{0.7} \quad \text{رابطه شماره ۲:}$$

$$I_0 = \text{شدت مرکالی (MM)} = M = \text{بزرگای موج رویه‌ای (Surface - Wave Magnitude)}$$

مقیاس M نیز برای اندازه‌گیری انرژی آزاد شده در هر زمین‌لرزه به کار می‌رود. محاسبه بزرگی زلزله و انرژیهای آزاد شده در این مبحث بر حسب بزرگای تنه‌ای (mb) می‌باشد. اما می‌توان در رابطه‌های فوق به جای (mb) از (M) استفاده نمود.^{۱۴} بطور مثال اگر $mb=6$ باشد باید به طریق زیر عمل کرد:

$$I_0 = (6 + 0.7) \cdot 10^{0.7} \Rightarrow I_0 = 7/8$$

در واقع اگر زلزله‌ای با بزرگای تنه‌ای ۶ اتفاق بیافتد، شدت تخریب برحسب مرکالی حدود ۸

(VIII) می‌باشد. یا تبدیل مرکالی به درجات پنج گانه شدت تخریب $i=2$ می‌باشد.

جدول شماره ۴ میزان انرژی آزاد شده در هر بزرگای تنه‌ای^{۱۵} بر حسب میلیون ارگ^{۱۶} و شدت

۱۱- همان، ص ۱۱۶.

۱۲- همان، ص ۳۵۹.

۱۳- همان، ص ۳۵۵.

۱۴- معمولاً برای زلزله‌های بزرگتر از ۶ هر دو بزرگی mb و M گزارش می‌شوند. برای زلزله‌های کوچکتر به جای mb می‌توان M را قرار داد (دکتر شجاع طاهری).

۱۵- تفاوت درجات بزرگی، حساسی نیست بلکه لگاریتمی است. یعنی افزایش یک واحد ده برابر برداشته امواج و سی



تخریب آن را برحسب مرکالی بطور تقریب نشان می‌دهد.

با این حساب بیشتر زلزله‌های خراسان شدت زیادی ندارند و با «بزرگای تنه‌ای» بین ۴ تا ۴/۵ می‌باشند. طی صد سال گذشته بزرگترین زلزله‌ای که اتفاق افتاده مربوط به ماه مه ۱۹۲۹ در شیروان بوده‌است. پس از آن زلزله‌های دشت بیاض، فردوس، طبس و... را می‌توان نام برد.

جدول شماره ۴: میزان انرژی آزاد شده در هر بزرگای تنه‌ای، شدت تخریب و تعداد دفعات زلزله در استان خراسان، سالهای ۱۹۹۰-۱۹۰۰

تعداد دفعات	شدت (مرکالی)	انرژی آزاد شده (میلیون ارگ)	بزرگای تنه‌ای
۲۳۲	۳-۴	۴/۹-۱۶/۲	۴-۴/۵
۱۱۳	۴-۵	۳۰/۵-۵۳/۸	۴/۶-۵
۴۰	۵-۶	۶۸/۳-۱۷۸	۵/۱-۵/۵
۱۰	۶-۷	۲۲۶/۸-۵۹۳	۵/۶-۶
۱۵	۷-۸	۷۵۳-۱۹۷۰	۶/۱-۶/۵
۱	۸-۱۰	۲۵۰۱-۶۳۴۶	۶/۶-۶/۹۹

جدول شماره ۵ بیانگر تعداد دفعات زلزله در «بزرگای تنه‌ای» متفاوت برای شهرستانهای استان خراسان (بر اساس تقسیمات سال ۷۲) می‌باشد.

نقشه شماره ۱ نشان دهنده تعداد دفعات زلزله و میزان انرژیهای آزاد شده در هر یک از دهستانهای استان خراسان است. چنانچه مشهود است بیشترین تعداد زلزله در دهستانهای دیهوک (۴۰ بار، ۳۶ مورد بین بزرگای تنه‌ای ۴-۵) و حومه قاین (۲۹ بار، ۲۲ مورد بین بزرگای تنه‌ای ۴-۵) در طی سالهای مذکور به ثبت رسیده است. می‌توان گفت بیشترین مناطق زلزله خیز در مجاورت گسلهای عمده خراسان قرار دارند (نقشه شماره ۲).

نقشه شماره ۴ تعداد دفعات زلزله در هر بزرگای تنه‌ای طی سالهای مذکور در شهرستانهای

→ بار و یک بار بر مقدار انرژی امواج می‌افزاید.

۱۶- ارگ واحد انرژی و توان است. یک زول = ۱۰ ارگ = $۰/۲۳۹$ کالری = $۰/۷۳۸$ (فوت×پوند).

(رک: سروی، ریموند، فیزیک عمومی - جلد اول، ترجمه عزیز بسطامی و نعمت... گلستانیان، از سری کتابهای آموزشی و انتشاراتی علوی، پاییز ۷۳، ص ۴۲۳).

استان (بر اساس تقسیمات سال ۱۳۷۲) را نشان می‌دهد. به منظور مقایسه و بررسی وضعیت زلزله و واحدهای مسکونی در استان خراسان، آمار مربوط به زلزله در قالب تقسیمات سیاسی سال ۱۳۶۵ در نقشه‌های شماره ۵ و ۶ نشان داده شده است. این امر به دلیل آن که آمار مربوط به شاخصهای مسکن متعلق به سال ۱۳۶۵ می‌باشد، صورت گرفته است.

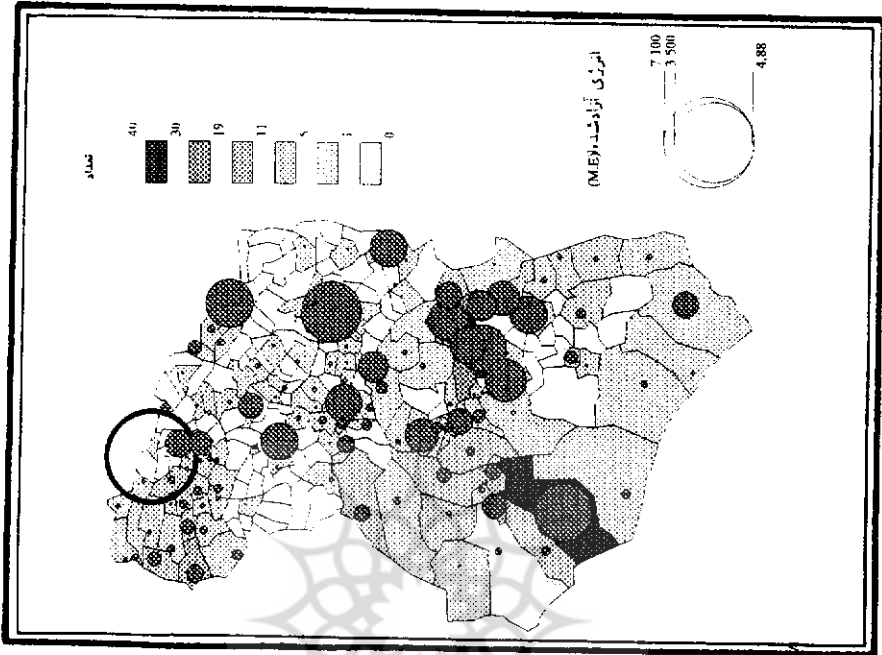
چنانچه در نقشه شماره ۵ نیز مشهود است بیشترین تعداد زلزله مربوط به سه شهرستان طبس (۷۶ مرتبه)، قاین (۷۳ مرتبه) و بجنورد (۶۲ مرتبه) و بیشترین انرژی آزاد شده متعلق به شیروان (۷۸۱۰ میلیون ارگ) و قاین (۶۵۳۰ میلیون ارگ) می‌باشد (جدول شماره ۶).

جدول شماره ۵: تعداد دفعات زلزله در هر بزرگای تنه‌ای

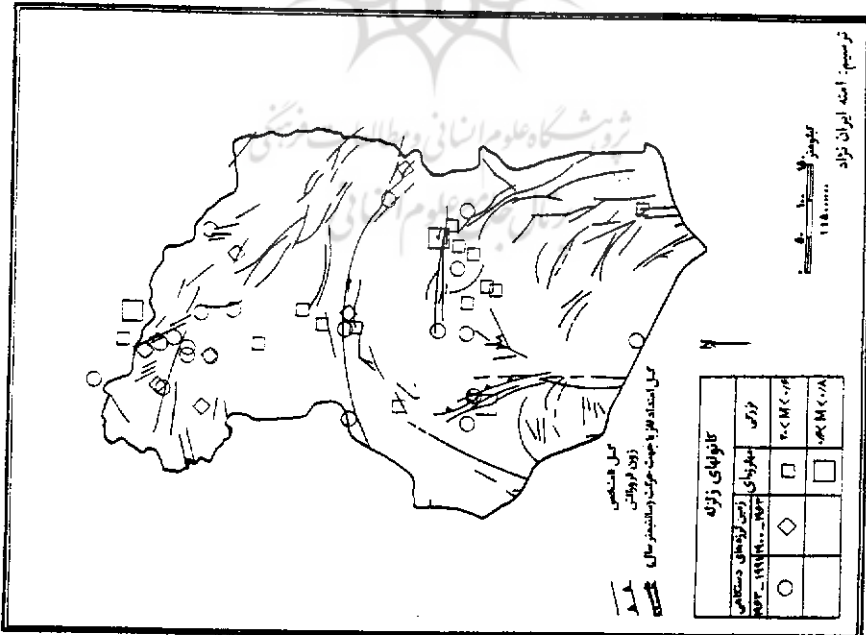
طی سالهای ۱۹۹۰ - ۱۹۰۰

شهرستان	تعداد زلزله	بزرگای تنه‌ای			
		۴-۳/۵	۵-۴/۵	۵-۵/۵	۵/۵-۶
اسفراین	۱۵	۱۱	۴	۰	۰
بجنورد	۶۲	۴۶	۱۱	۴	۰
بیرجند	۱۴	۷	۴	۲	۰
تایباد	۲	۱	۰	۰	۰
تربت جام	۲	۲	۰	۰	۰
تربت حیدریه	۱۶	۱۱	۲	۲	۰
درگز	۵	۲	۱	۲	۰
سبزوار	۸	۶	۱	۰	۰
شیروان	۷	۳	۰	۰	۱
طبس	۷۶	۴۱	۲۹	۶	۰
فردوس	۳۶	۲۰	۱۱	۴	۱
قاینات	۷۳	۳۴	۲۲	۱۰	۵
قوچان	۷	۶	۰	۰	۰
کاشمر	۲۱	۸	۶	۶	۰
گناباد	۹	۲	۵	۱	۰
مشهد	۹	۶	۲	۰	۰
نیشابور	۱۲	۸	۳	۰	۱
چناران	۲	۱	۱	۰	۰
خواف	۲۸	۱۴	۹	۳	۱
سرخس	۰	۰	۰	۰	۰
نهبندان	۵	۲	۲	۰	۱
فریمان	۱	۱	۰	۰	۰
جمع	۴۱۰	۲۳۲	۱۱۳	۴۰	۱۰

نقشه شماره ۱: تعداد دفعات زلزله و میزان انرژیهای آزاد شده در دهستانهای استان خراسان سالهای ۱۹۰۰-۱۹۹۰

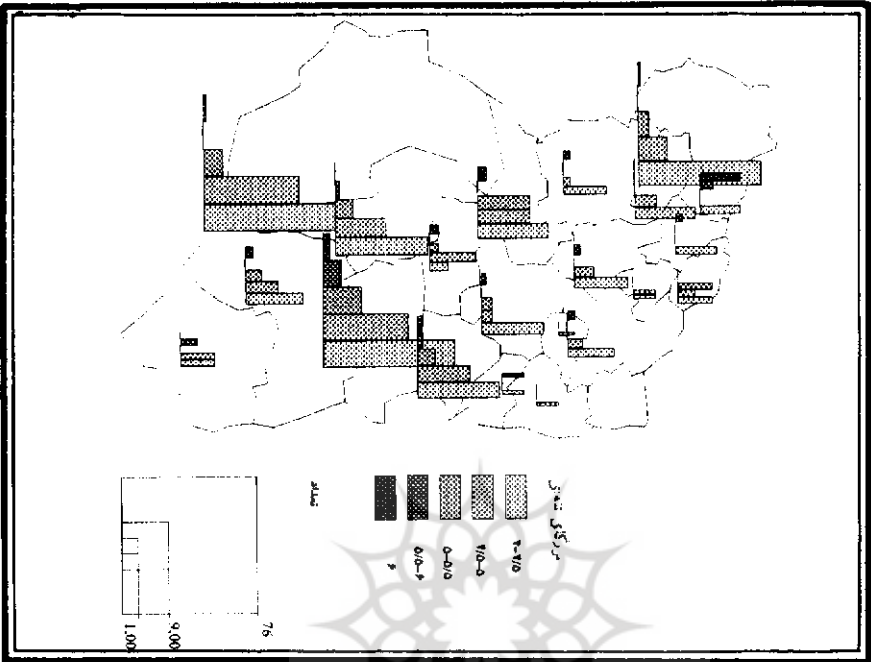


نقشه شماره ۲: پراکندگی نقاط زلزله و گسلهای عمده استان خراسان

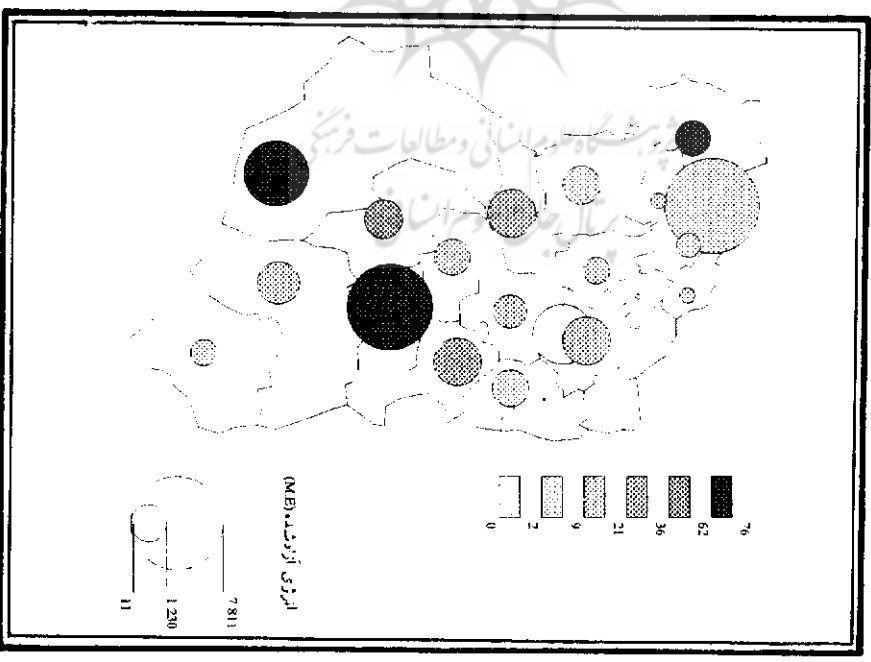


ساخته: اطلس ملی ایران، جلد سوم، سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۳۳

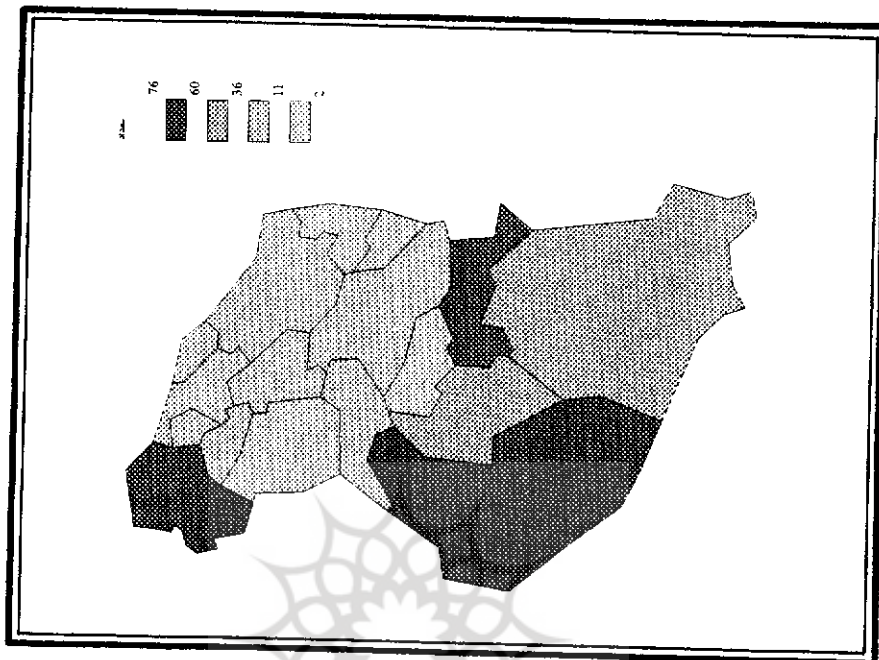
نقشه شماره ۳: تعداد دفعات زلزله و بزرگای تنه‌ای در استان خراسان به تفکیک شهرستان، سالهای ۱۹۰۰-۱۹۹۰



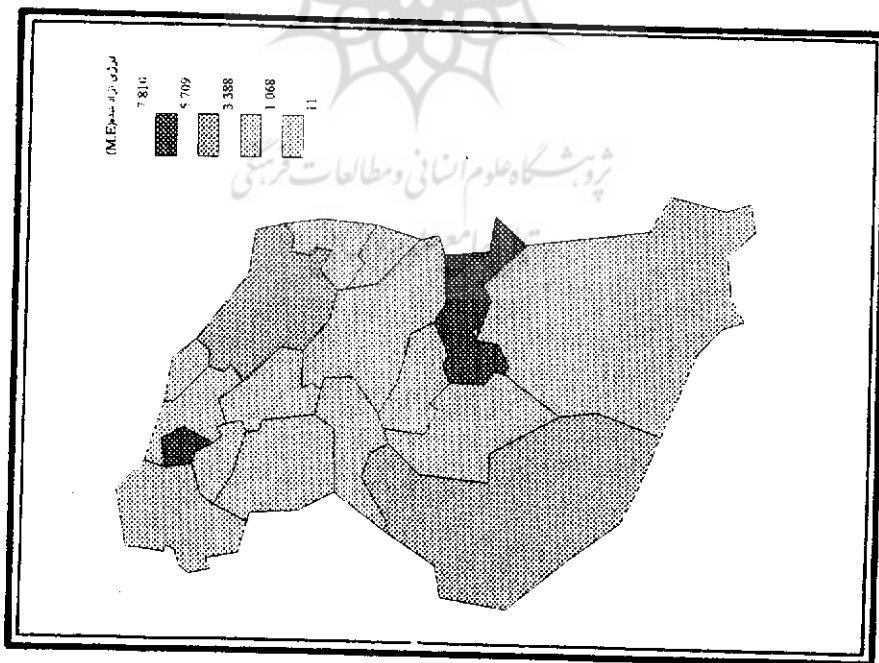
نقشه شماره ۴: تعداد دفعات زلزله و میزان انرژی آزاد شده در تفکیک شهرستان سالهای ۱۹۰۰-۱۹۹۰



نقشه شماره ۵: منطقه‌بندی استان خراسان از نظر تعداد دفعات زلزله سالهای ۱۹۰۰-۱۹۹۰



نقشه شماره ۶: منطقه‌بندی استان خراسان از نظر میزان انرژی آزاد شده طی زلزله‌های سال ۱۹۰۰-۱۹۹۰



نتیجه

آمار ارائه شده نشان می‌دهد که اغلب مناطق استان خراسان از نظر زلزله خیزی فعال می‌باشد. متأسفانه هر چند سال یک بار زلزله‌های مخرب بخشهای وسیعی از این استان را تخریب کرده و خسارات جانی و مالی فراوانی به بار آورده است. همان طور که گفته شد یکی از دلایل بالا بودن خسارات، عدم توجه به مسأله پیشگیری فاجعه از طریق ساخت و سازهای صحیح و مطابق با قوانین، ضوابط و استانداردهای ساخت مسکن در مناطق زلزله خیز است. یکی از نیازهای اولیه برای اجرای مقررات و اعمال سیاستهای لازم منطقه بندی و پهنه بندی کشور و نیز استانها از نظر شاخصهای مسکن است. با توجه به این مطالب به منظور اولویت بندی نهایی بررسی وضعیت مساکن در شهرستانهای استان از لحاظ دوام مساکن و عمر مفید آنها ضروری است.

جدول شماره ۶: منطقه بندی استان خراسان از نظر وضعیت زلزله،

سالهای ۱۹۹۰ - ۱۹۰۰

شهرستان	تعداد زلزله	اولویت	انرژی آزاد شده میلیون ارگ	اولویت
اسفراین	۱۵	۴	۲۲۹	۵
بجنورد	۶۲	۱	۱۰۹۰	۳
بیرجند	۳۷	۳	۲۲۳۰	۳
تایباد	۲	۵	۱۲۳۰	۳
تربت حیدریه	۱۶	۴	۳۰۶۰	۳
تربت جام	۲	۵	۱/۱۱	۵
درگز	۵	۵	۲۴۰	۵
سبزوار	۸	۵	۱۲۹۰	۳۰
شیروان	۷	۵	۷۸۱۰	۱
طبس	۷۶	۱	۳۷۱۰	۲
فردوس	۳۶	۳	۱۳۴۰	۳
قاین	۷۳	۱	۶۵۳۰	۱
قوچان	۷	۵	۵۱۹	۵
کاشمر	۲۱	۴	۲۰۴۰	۳
گناباد	۹	۵	۱۱۶۰	۳
مشهد	۱۲	۴	۵۳۶۰	۲
نیشابور	۱۲	۴	۶۶۴	۵

آمار موجود بیانگر وضعیت نامناسب مساکن در بیشتر شهرستانهای استان خراسان می‌باشد. چنانچه در جدول شماره ۷ نیز مشهود است به غیر از مشهد (۱/۱۷٪) و طبس (۲/۲۷٪) سایر شهرستانها در سال ۱۳۶۵ دارای درصد بالایی از واحدهای مسکونی کم دوام بوده‌اند. شهرستان مشهد به علت وجود شهر مشهد و طبس نیز به علت بازسازی مساکن پس از زلزله سال ۱۳۵۷ نسبت به سایر مناطق وضعیت مطلوبتری دارند. در این میان شهرستانهای درگز با ۷/۷۷٪ و اسفراین با ۲/۷۷٪ مساکن کم دوام دارای نامناسبترین وضع می‌باشند. چنانچه برای بازسازی این مناطق، استان خراسان را منطقه بندی کنیم، بیشتر شهرستانها در اولویت اول و دوم قرار می‌گیرند. به دلیل آن که شهرستانهای طبس و مشهد شهرستانهایی هستند که نسبت به سایر مناطق درصد بسیار کمتری از واحدهای مسکونی کم دوام را دارند، در حد میانگین استان تأثیر می‌گذارند در نتیجه بیشتر شهرستانها، پایینتر از میانگین استان جای می‌گیرند.

از نظر مساکن با عمر بالای ۲۰ سال (که تقریباً عمر مفید آنها به پایان رسیده است) بازهم شهرستان درگز بیشترین درصد را داراست.

جدول شماره ۷: وضعیت واحدهای مسکونی استان خراسان از نظر درصد مساکن

کم دوام و بالای ۲۰ سال، ۱۳۶۵

شهرستان	درصد مساکن کم دوام	اولویت	درصد مساکن بالای ۲۰ سال	اولویت
اسفراین	۷۷/۲	۱	۵۰/۶	۳
بجنورد	۷۵/۶	۱	۴۹/۱	۳
بیرجند	۷۴/۷	۱	۵۹	۲
تایباد	۷۱/۹	۱	۳۶/۲	۴
ترت حیدریه	۶۵/۴	۲	۵۷/۲	۲
ترت جام	۶۸/۴	۲	۴۰	۴
درگز	۷۷/۷	۱	۷۳	۱
سبزوار	۵۹/۲	۲	۵۷/۴	۲
شیروان	۶۰/۲	۲	۴۳/۳	۳
طبس	۲۷/۲	۵	۱۴/۱	۵
فردوس	۶۹	۲	۵۲/۹	۳
قاین	۶۷/۹	۲	۴۴/۳	۳
قوچان	۵۹/۹	۲	۵۰/۷	۳
کاشمر	۶۶/۷	۲	۵۹/۷	۲
گناباد	۵۸/۶	۲	۶۴/۵	۲
مشهد	۱۷/۱	۵	۳۳/۴	۴
نیشابور	۵۹	۲	۵۴/۲	۳

شهرستان طبس با ۱۷/۳٪ کمترین میزان مساکن بالای ۲۰ سال را در سال ۱۳۶۵ نشان می‌دهد که علت آن تازه ساز بودن واحدهای مسکونی در هنگام سرشماری به علت بازسازی پس از زلزله سال ۱۳۵۷ بوده است.

به منظور اولویت بندی نهایی از لحاظ بهسازی و نوسازی واحدهای مسکونی شهرستانها از لحاظ وضعیت مساکن و میزان انرژیهای آزاد شده در زلزله‌ها (طی دوره مطالعه) بررسی شده‌اند. در تعیین اولویتها میزان انرژی آزاد شده بیش از دفعات زلزله تأثیر داشته است، زیرا ممکن است در منطقه‌ای تعداد زلزله‌های رخ داده زیاد باشد اما به دلیل پایین بودن «بزرگای تنه‌ای» کم تلفات بوده و خسارات سنگینی به دنبال نداشته است. اما به عکس در منطقه‌ای علی‌رغم وجود رخداد کم زلزله شدت آنها زیاد و در نتیجه دامنه تخریب بالا باشد. بطور مثال در شیروان با وجود آن که تعداد زلزله نسبت به سایر مناطق استان کم (۷ بار) می‌باشد، اما میزان انرژی آزاد شده در این منطقه از سایر نقاطی که شاهد زلزله‌های مکرر بوده‌اند، بسیار بیشتر است.

نکته قابل ذکر دیگر، اهمیت مطالعات بلندمدت در این مواقع است. بازم در مورد نمونه شیروان باید گفت در سال ۱۹۲۹ یعنی حدود ۶۷ سال پیش زلزله‌ای با «بزرگای تنه‌ای» حدود ۷ درجه اتفاق افتاده است. زلزله‌ای که طی قرن اخیر در خراسان بی سابقه بوده ولی به دست فراموشی سپرده شده است.

جدول شماره ۸: اولویت بندی استان خراسان از نظر بهسازی و نوسازی واحدهای مسکونی با توجه به وضعیت زلزله

شهرستان	انرژی آزاد شده	وضعیت مساکن ۱۷	شهرستان	انرژی آزاد شده	وضعیت مساکن
اسفراین	۵	۲	طبس	۲	۵
بجنورد	۳	۲	فردوس	۳	۲
بیرجند	۳	۱	قاین	۱	۲
تایباد	۳	۲	قوچان	۵	۲
تربت حیدریه	۳	۲	کاشمر	۳	۲
تربت جام	۵	۳	گناباد	۳	۲
درگز	۵	۱	مشهد	۲	۴
سبزوار	۳	۲	نیشابور	۵	۲
شیروان	۱	۲			

۱۷- اولویت مساکن از میانگین اولویت درصد مساکن کم‌دوام و بالای ۲۰ سال به دست آمده است.

با توجه به جدول شماره ۸ می‌توان اولویتها را به شرح زیر بیان کرد:

اولویت اول:

اولویت اول در مورد بازسازی و بهسازی واحدهای مسکونی مربوط به شهرستانهای شیروان و قاین است. این شهرستانها از نظر دوام مسکن و عمر مفید آنها^{۱۸} در وضعیت نامناسبی می‌باشند. بعلاوه این شهرستانها تنها مناطقی از استان هستند که از لحاظ میزان انرژی آزاد شده در بالاترین حد می‌باشند. در مورد قاین بایستی متذکر شد، تعداد دفعات زلزله نیز در این شهرستان زیاد است. لذا در حساسترین منطقه قرار دارد و هر چه سریعتر باید مورد توجه واقع شود.

اولویت دوم:

اولویت دوم در درجه اول متعلق به شهرستان بجنورد و تربت حیدریه است (با توجه به جدول شماره ۵ می‌توان دریافت که بیشترین تعداد زلزله در این منطقه در قسمت خواف روی می‌دهد). پس از آن به ترتیب شهرستانهای بیرجند، کاشمر، فردوس، سبزوار، تایباد و گناباد در اولویت دوم جای می‌گیرند.

شهرستان درگز به علت موقعیت ویژه از نظر وضعیت مسکن (بالاترین درصد مسکن کم دوام در استان خراسان) گرچه از لحاظ زلزله در اولویت اول قرار ندارد. اما بایستی مورد توجه بیشتر قرار گیرد. زیرا با در نظر داشتن وضعیت بد مسکن این شهرستان باید گفت با یک زلزله نه چندان بزرگ خسارات فراوانی را متحمل خواهد شد.

اولویت سوم:

شهرستان مشهد در درجه اول این اولویت واقع می‌شود نکته‌ای که در این مورد باید متذکر شد این است که اگر وضع مسکن این شهرستان نسبت به سایر مناطق بهتر است به علت وجود شهر مشهد می‌باشد. در واقع اگر وضعیت مسکن این شهرستان بدون این شهر در نظر گرفته شود، در موقعیت چندان مطلوبی قرار ندارد. پس از شهرستان مشهد، شهرستانهای طبس، نیشابور، قوچان و اسفراین باید در اولویت سوم جای گیرند.

۱۸- عمر مفید مسکن بستگی به نوع مقاومت مصالح و نحوه ساخت آنها دارد که در هر مورد بنا به شرایط طبیعی و... متفاوت خواهد بود. در این مبحث بطور متوسط مسکن بالای ۲۰ سال مسکنی تلقی شده‌اند که به علت تمام شدن عمر مفیدشان بایستی بازسازی شوند.

اولویت چهارم:

شهرستان تربت جام تنها شهرستانی است که کمترین تعداد زلزله و انرژی آزاد شده را طی این مدت داشته است، بدین لحاظ در اولویت چهارم قرار می‌گیرد.

کلیه شهرستانهایی که نسبت به سایر مناطق در اولویتهای آخر جای می‌گیرند ممکن است به علت درصد کم مساکن کم دوام یا بالای ۲۰ سال و یا پایین بودن خطر نسبی زلزله باشد که در این رابطه ذکر نکاتی لازم است:

۱- گرچه مساکن این مناطق نسبت به سایر مناطق از مصالح بادوامتری ساخته شده‌اند، اما این امر دلیلی بر استحکام این واحدها در برابر خطرات طبیعی از جمله زلزله یا سیل و... نمی‌باشد، زیرا بیشترین مساکن بدون توجه به استانداردهای زلزله (کد ۲۸۰۰) ۱۹ ساخته شده‌اند. «حتی خانه‌هایی نیز که در چند دهه اخیر با مصالح غیر سنتی مانند بتن مسلح ساخته شده‌اند مقاومت چندان زیادی ندارند. واقعیت این است که به کارگیری مصالح جدید در حالی که آیین‌نامه‌های ساختمانی مناسب و مقررات قابل اجرایی، وجود نداشته است، گروه تازه‌ای از سازه‌های بسیار آسیب پذیر پدید آورده است. اما آنچه که به واقع این سازه‌ها را، چه کهنه و چه نو، در برابر نیروهای طبیعی چنین بی‌دفاع می‌سازد سرچشمه و خاستگاه همه بدیها یعنی «سهل‌انگاری» است ۲۰.

۲- اولویت بندی مناطق فقط در مقایسه شهرستانهای استان خراسان یا یکدیگر است. بدیهی است اگر این اولویت بندی در مقایسه با سایر مناطق ایران و یا در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی باشد، حتماً وضعیت متفاوت خواهد بود. چه بسا در مقایسه با استانداردهای موجود کلیه مناطق در اولویت قرار گیرند.

چند پیشنهاد:

الف - وضعیت موجود:

- ۱- صورت برداری از ساختمانهای فرسوده، کم دوام و...؛
- ۲- تقویت سیستمهای حساس شهری (لوله‌های آب، گازرسانی، خطوط برق...)
- ۳- تعیین مناطق آسیب پذیر در مقابله با سوانح طبیعی و اولویت دادن به این مناطق برای بهسازی و بازسازی؛

۱۹- آیین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله.

۲۰- امیرسزو ملویل، همان منبع، ص ۹۹.

۵- آموزش و بازآموزی مهندسان و معماران در به کارگیری مصالح ساختمانی و رعایت مقررات و استانداردها؛

۶- آموزش مردم این مناطق در مبارزه با خطرات احتمالی زلزله؛

ب- وضعیت آتی:

- ۱- گردآوری اطلاعات مورد نیاز زمین شناسی، خاک شناسی و تکتونیک مناطق؛
- ۲- گردآوری اطلاعات لازم در زمینه اوضاع اجتماع، اقتصادی، فرهنگی و... مناطق که بیشتر در معرض آسیب پذیری هستند، به منظور داشتن دیدگاهی سیستماتیک و همه جانبه در هنگام اسکان مجدد یا بازسازی این مناطق؛
- ۳- نظارت بر ساخت و ساز مساکن به منظور بهبود کیفی و کمی آن؛
- ۴- در اختیار گذاشتن وام و تسهیلات بانکی به افراد به منظور بهسازی و یا بازسازی واحدهای مسکونی خود؛
- ۵- ایجاد محدودیت برای ساخت واحدهای مسکونی یا سایر ابنیه در نواحی خطرناک؛

منابع و مأخذ:

- ۱- ... «مدیریت مقابله با سوانح طبیعی»، ترجمه غلامرضا خیراندیش و مهرداد وفا، مجموعه مقالات اقتصادی و اجتماعی، نشریه شماره ۲-۷۱، سازمان برنامه و بودجه فارس، بهار ۱۳۷۱، ص ۱۳-۲۳.
- ۲- شادی طلب، زاله، «بازسازی و توسعه، اولین قدم از یک تجربه»، مجموعه مقالات سینار سیاستهای توسعه مسکن در ایران، جلد نخست، وزارت مسکن و شهرسازی، بهمن ۱۳۷۳.
- ۳- آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله، مجموعه آئین نامه‌های ساختمان ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (وزارت مسکن و شهرسازی)، بهمن ۱۳۶۶.
- ۴- زمین شناسی سال چهارم تجربی، وزارت آموزش و پرورش، (کتاب درسی)، سال ۱۳۷۳.
- ۵- ن.ن. امبرسز و ج. پ. ملویل، تاریخ زمین لرزه‌های ایران، ترجمه ابوالحسن رده، انتشارات آگاه، تهران ۱۳۷۰.
- ۶- سروی، ریموند، فیزیک ایران (جلد اول)، ترجمه عزیز بسطامی و نعمت‌الله گلستانیان، از سری کتابهای آموزشی و انتشاراتی علوی، پاییز ۷۳.