

## فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای

سال ۱۰، شماره پیاپی ۳۹، پاییز ۱۳۹۹

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

مقاله پژوهشی

# برآورد آسیب‌پذیری لرزه‌ای مسکن شهری و روستایی در مناطق سکونتگاهی کشور ایران با تأکید بر نوع اسکلت و مصالح مورد استفاده

اکبر محمدی؛ استادیار گروه معماری و شهرسازی، مرکز آموزش عالی فنی مهندسی بوئین زهرا، بوئین زهرا، قزوین، ایران

پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۵

صص ۳۷-۴۸

دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۵

### چکیده

آسیب به ساختمان‌های مسکونی یکی از مهم‌ترین آسیب‌های کالبدی زلزله می‌باشد که می‌تواند آسیب‌های دیگری را بدنبال داشته‌باشد. در این تحقیق سوال اصلی این است که واحدهای مسکونی واقع در مناطق کشور (شهرستانها) با توجه به نوع مصالح و اسکلت و همچنین خطر زلزله، چقدر آسیب‌پذیر هستند؟ هدف اصلی تحقیق بررسی درجه آسیب‌پذیری لرزه‌ای واحدهای مسکونی در مناطق ایران (شهرستانها) می‌باشد. روش‌های مورد استفاده در تحقیق *AHP-fuzzy*، *DIMETEL-fuzzy* و تحلیل‌های فضایی است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت‌های زیادی به تفکیک مناطق و همچنین به تفکیک بخش شهری و روستایی در خصوص آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی در مقابل زلزله وجود دارد. میانگین امتیاز آسیب‌پذیری در بخش شهری ۰/۲۷ و در بخش روستایی ۰/۳۱ بدست آمد که نشانگر آسیب‌پذیری بالای بخش روستایی در مقایسه با بخش شهری است. از نظر منطقه‌ای نیز شهرهای واقع در استان‌های مرکزی، همدان، اصفهان، تهران، کردستان، گیلان و زنجان از نظر آسیب‌پذیری مسکن شهری در وضعیت مناسبی قرار دارند در صورتی که شهرهای واقع در استان‌های شرقی، جنوبی، جنوب غربی و شمال غربی کشور از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند. در خصوص بخش روستایی نیز، وضعیت استان‌های مرکزی، اصفهان، تهران، کردستان و گیلان در مقایسه با سایر استان‌ها مناسب‌تر می‌باشد و استان‌های شرقی، مرکزی، جنوبی و غربی نیز از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند.

**واژه‌های کلیدی:** آسیب‌پذیری، مسکن، منطقه، ایران.

۱. نویسنده مسئول: [a.mohammadi@bzte.ac.ir](mailto:a.mohammadi@bzte.ac.ir) ۰۹۳۹۱۰۷۷۴۵۱

## مقدمه:

خطر زلزله یکی از مهم ترین خطرات طبیعی است که سالیانه در دنیا خسارات فراوانی در زمینه های مختلف به کشورها وارد می نماید. آسیب پذیری در مقابل زلزله جنبه های مختلفی را شامل می گردد که از آسیب های سازه ها و کالبد سکونتگاه ها تا آسیب های روانی و اجتماعی را شامل می گردد. آندرسون و وودرو آسیب های زلزله را در سه طبقه تقسیم بندی نموده اند که عبارتند از:

۱- آسیب های فیزیکی / منابع (غذایی و پزشکی و ...) : ضعف ذاتی محیط ساخته شده و عدم دسترسی به منابع بخصوص برای قشر فقیر جمعیت، ۲- آسیب های اجتماعی / سازمانی: ضعف ذاتی در مکانیسم مقابله، عدم انعطاف پذیری، عدم تعهد، ۳- آسیب های نگرشی / انگیزشی: سرخوردگی، بی خبری و عدم آگاهی (Anderson and Woodrow, 1989:499). - علاوه بر طبقه بندی فوق بیرکمن انواع آسیب های ناشی از زلزله را در چهار دسته آسیب های فیزیکی، آسیب های اجتماعی، آسیب های اقتصادی و آسیب های محیطی دسته بندی نموده است (Birkmann, 2006:56). شناسایی میزان آسیب پذیری فیزیکی و کالبدی (بعنوان یکی از جنبه های مهم و اساسی آسیب پذیری) سکونتگاه های انسانی قبل از وقوع خطر زلزله می تواند سهم بسزایی در پیشگیری و مدیریت آنها و کاهش هزینه ها داشته باشد. کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن بر روی کمربند جهانی زلزله در طول تاریخ همواره زمین لرزه های بزرگ و خسارت باری را شاهد بوده است (Tabibian and Mozafari, 2018:94). از سوی دیگر اطلاعات تاریخی نشانگر وقوع ۱۷/۶ درصد از زلزله های مخرب در پهنه سرزمینی ایران می باشد. وقوع زمین لرزه های مخربی همچون زلزله بویین زهرا در سال ۱۳۴۱، زلزله رودبار در سال ۱۳۶۹، زلزله بم ۱۳۸۲، و زلزله ۱۳۹۱، کرمانشاه ۱۳۹۶ تنها نمونه هایی از زلزله های مخربی بوده اند که در طی ۶۰ سال اخیر در ایران رخ داده اند و شاهدی بر این ادعا هستند. بیشترین تحقیقاتی که در زمینه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای در ایران و کشورهای دیگر در سطوح فضایی شهر و روستا بوده و سطوح فراتر مثل منطقه ای و ملی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. انجام مطالعات در سطوح منطقه ای و ملی می تواند به عنوان راهنمای مدیران سطوح کلان در زمینه اختصاص بودجه ها و اولویت بندی آنها قرار گیرد و نقش بسزایی در مدیریت بحران لرزه ای داشته باشد. با توجه به مواردی که عنوان گردید در این تحقیق سوال اساسی این است که وضعیت مسکن در مناطق کشور با توجه به مصالح بکار رفته و نوع اسکلت و همچنین خطر لرزه ای به چه صورتی است؟ و کدام مناطق وضعیت بهتر و کدام مناطق وضعیت بدتری دارند؟

## پیشینه و مبانی نظری تحقیق:

آسیب پذیری واژه ای است که امروزه در ادبیات پدافند غیرعامل کاربرد وسیعی پیدا کرده است. بر اساس تعریف سازمان بهداشت جهانی آسیب پذیری درجه ای است که نشان می دهد مردم، اشخاص یا سازمانها قادر نیستند اثرات فاجعه را پیش بینی نمایند، از عهده آن برآیند و در مقابل آن مقاومت کنند و دوباره ترمیم یابند (WHO). این واژه چارچوب مناسبی برای درک ماهیت بحران، وقایع بحرانی، آثار و پیامدهای ناشی از وقوع بحران و واکنش در مقابل بحران در سطوح مختلف فراهم می کند (Sabokbar et al, 2014:121). بنابراین شناسایی آسیب ها در سطوح مختلف فضایی (شهری-روستایی، منطقه ای، ملی و جهانی) می تواند کمک شایانی در جهت پیشگیری از اثرات حوادث و فجایع طبیعی و غیر طبیعی باشد. در خصوص دیدگاه های مربوط به آسیب پذیری سه دیدگاه مختلف وجود دارد که عبارتند از:

دیدگاه زیستی-فیزیکی، دیدگاه اجتماعی-اقتصادی و دیدگاه ترکیبی (Shakoore et al, 2017:82). در دیدگاه زیستی-فیزیکی بیشتر بر روی مخاطرات طبیعی، زوال محیط زیستی-فیزیکی و آثار و جلوه های جغرافیایی زبان های مالی و جانی حاصل از آنها بر ساکنان توجه می کند. (Smith, 2000:10). بر اساس دیدگاه اجتماعی-اقتصادی جمعیت های مختلفی که در شرایط متفاوت اجتماعی-اقتصادی و نهادی زندگی می کنند از سطوح متفاوتی از آسیب پذیری برخوردارند و شرایط اجتماعی-اقتصادی منجر به آسیب پذیری به عنوان نقطه آغاز تحلیل در نظر گرفته می شود (Monard, 2006:6). بر اساس دیدگاه ترکیبی، آسیب پذیری مفهوم صرفاً فنی و زیستی-فیزیکی نیست بلکه بطور همزمان پدیده ای چند بعدی و فرآیندی اجتماعی-اکولوژیک می باشد (Menoni, 2006:12). یکی از مهم ترین و اولین آسیب های زلزله آسیب به ساختمان های یک سکونتگاه می باشد. عوامل و متغیرهای مهمی در میزان آسیب پذیری ساختمانها در سکونتگاه های انسانی مطرح هستند که در جدول شماره ۱ این متغیرها نشان داده شده اند:

1. Anderson and Woodrow
2. Birkmann

جدول ۱- عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری ساختمان‌ها

معیار آسیب‌پذیری	زیرمعیارها
کیفیت بنا	نوساز، قابل‌نگهداری، مرمتی، تخریبی
قدمت بنا	بر اساس عمر بنا
اسکلت بنا	فلزی، بتنی، آجر و آهن، آجر و سیمان، خشت و گل
مساحت قطعات	بر اساس مساحت قطعات
تعداد طبقات	تعداد طبقات ساختمان
شکل و فرم ساختمان	شکل ساختمان در طبقه همکف و شکل ساختمان در طبقات

منبع: فاضل و همکاران ۱۳۹۶: ۱۲۴.

از بین عوامل فوق بر اساس مطالعات صورت گرفته، اسکلت‌بنا یکی از مهم‌ترین عوامل می‌باشد که نقش مهمی در میزان آسیب‌های وارد شده بر ساختمان‌های شهری از جمله واحدهای مسکونی دارد. در اکثر زلزله‌های مخربی که در ایران بوقوع پیوسته است اسکلت ساختمان‌ها نقش مهمی در میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها داشته است بگونه‌ای که سازه‌های بنایی بیشترین آسیب را داشته‌اند و اکثر تلفات انسانی مربوط به این ساختمان‌ها می‌باشد. مطالعات صورت گرفته در زمینه آسیب‌پذیری لرزه ای را می‌توان با توجه به دو معیار سطوح فضایی مورد مطالعه و موضوع مورد بررسی بصورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

در خصوص سطوح فضایی مطالعات بیشتر در مقیاس شهری متمرکز بوده و حوزه‌های منطقه ای و ناحیه ای کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به معیار موضوع مورد بررسی نیز مطالعات آسیب‌پذیری در حوزه‌های آسیب‌پذیری شبکه‌های دسترسی شهری، ساختمان‌های شهری، زیرساخت‌شهری، حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی بوده‌است. از جمله مطالعات صورت گرفته در خصوص بررسی آسیب‌پذیری می‌توان به موارد زیر اشاره داشت: شکور و همکاران سال ۱۳۹۶ در تحقیقی به بررسی و تحلیل ریسک آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان لامرد در برابر زلزله با استفاده از ۲۲ شاخص و روش *TOPSIS* پرداختند. نتایج تحقیق نشانگر آسیب‌پذیری بالای دهستان کال (امتیاز ۰/۵۲۸۴) در مقایسه با سایر دهستان‌ها می‌باشد.

طیبیان و مظفری سال ۱۳۹۷ در تحقیقی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های مسکونی منطقه ۶ تهران در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری، با استفاده از روش *AHP* و در سطح محلات به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای پرداختند و در ادامه با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق به ارائه راهکارهایی در زمینه شکل بافت مسکونی، شبکه دسترسی و... در جهت کاهش آسیب‌پذیری پرداختند. امان پور و همکاران در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری کوه‌دشت با رویکرد پدافند غیرعامل به بررسی میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی و مهم شهر در مقابل حوادث طبیعی و با منشا انسانی پرداختند و در پایان نقشه رستری میزان آسیب‌پذیری شهر را ارائه نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که ۶۸ درصد از زیرساخت‌ها با رعایت همجواری ۰/۵۵ - ۰/۲۹ و میزان آسیب‌پذیری ۰/۷۱ - ۰/۴۵ در پهنه آسیب‌پذیری زیادی قرار دارند. در تحقیقی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری مکانی زیرساخت‌های استان یزد در رویکرد پدافند غیر-عامل، رضویان و همکاران در سال ۱۳۹۷ به بررسی میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی استان (انرژی، شبکه ارتباطی، مراکز پشتیبان و سایر زیرساخت‌ها) در مقابل حوادث با منشا انسانی و طبیعی با استفاده از روش *ANP* پرداختند. نتایج تحقیق نشانگر این است که ۵۱ درصد پهنه استان در پهنه خطر زیاد و بسیار زیاد قرار دارد. سادین و همکاران با استفاده از روش *AHP* در دهستان ابرشویه دماوند به تحلیل خطر و میزان خسارت زمین لرزه در مناطق روستایی پرداختند و میزان خسارات جانی و مالی در صورت وقوع زمین لرزه در این دهستان را ارائه نمودند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که ۵۱/۶ درصد از نقاط مسکونی روستایی دهستان در فاصله ۵ کیلومتری از گسل‌ها واقع شده‌اند و از شرایط مناسبی برای وقوع زلزله برخوردارند و در صورت وقوع زلزله هزینه ای نزدیک به ۳۰ میلیارد تومان به اقتصاد کشور تحمیل خواهند کرد. فاضل و همکاران به پهنه بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری در شهر نجف آباد اصفهان با استفاده از روش *ANP* نمودند و میزان آسیب‌پذیری پهنه-های شهری را با استفاده از معیارهای کالبدی، دسترسی، اجتماعی، همجواری و ظرفیت مقابله، مشخص کردند و تعداد افراد در معرض آسیب نیز شناسایی گردید. بر اساس نتایج بدست آمده حدود ۳۰ درصد مساحت توسعه یافته شهر از آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا و ۳۷ درصد از آسیب‌پذیری متوسط برخوردار است.

در تحقیق دیگری که کامل باسمنج و همکاران انجام دادند، میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه یک شهر تبریز با استفاده از روش *AHP* تعیین گردید. در این تحقیق از معیارهایی مثل دسترسی به فضاهای باز، تراکم جمعیتی، وضعیت سازه‌ای، قدمت ساختمان‌ها، مساحت-

قطعات، تعداد طبقات، دسترسی به شبکه معابر، شیب، لیتولوژی و نزدیکی به گسل استفاده گردید و در انتها نقشه نهایی آسیب پذیری منطقه ارائه گردید. بر اساس نتایج بدست آمده بخش های شمالی و شرقی منطقه به عنوان محدوده های بحرانی از نظر میزان آسیب پذیری در مقابل زلزله شناخته شدند. در همه تحقیقات داخلی مورد بررسی نقش قدرت لرزه ای و وضعیت سازه ها یکی از مهمترین معیارها بوده است که در میزان آسیب پذیری نقش بسیار مهم و پررنگی داشته است.

چابیدرا و همکاران سال ۲۰۱۸ در تحقیقی به بررسی میزان آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر مستغانم در الجزایر با استفاده از نرم افزار HAZUS پرداختند. در این تحقیق از معیارهایی مثل کاربری ساختمان ها، عمر بنا، تعداد طبقات، نوع سازه، نوع ساختمان (ویلا، آپارتمانی) و وضعیت نگهداری استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که تعداد ساختمان های ضعیف که انتظار می رود کاملا تخریب شود، می تواند بیش از ۲۸ ساختمان باشد و تعداد تلفات ممکن است به چند صد نفر برسد. در تحقیقی با عنوان آسیب پذیری لرزه ای و ارزیابی ریسک کلکته هند، ناث و همکاران در سال ۲۰۱۵ بر اساس متغیرهایی مثل کاربری / پوشش اراضی، تراکم جمعیت، گونه شناسی ساختمان، عمر بنا و ارتفاع بنا به بررسی میزان آسیب پذیری این شهر در مقابل زلزله پرداخته اند. در این تحقیق نیز گونه شناسی ساختمان که نشان دهنده نوع مصالح بکار رفته در ساختمان و نوع اسکلت آن می باشد در بحث مربوط به آسیب پذیری امتیاز زیادی را به خود اختصاص داده است. نتایج این تحقیق نیز نشانگر آسیب پذیری بالای ساختمان ها در قسمت های شمال شرقی شهر می باشد. لومانترانا و همکاران سال ۲۰۱۴ در تحقیقی به بررسی روش ها و متدهای ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها در استرالیا پرداخته اند و مقایسه ای بین روش های رایج و مرسوم انجام دادند. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق در کشور استرالیا ساختمان های با اسکلت بتون آرمه آسیب پذیرترین ساختمان ها در برابر زلزله می باشند. در تحقیقات آسیب پذیری لرزه ای صورت گرفته که در پیشینه تحقیق ارائه گردیده است، همانطور که در ابتدا نیز عنوان گردید، سطح فضایی مورد بررسی بیشتر متمرکز بر سطوح خرد فضایی (شهر و روستا) بوده و سطوح کلان تر فضایی مثل منطقه ای و ملی کمتر مورد توجه بوده است. این تحقیق با توجه به کمبود تحقیقات در سطوح فضایی کلان و بخصوص سطح ملی، در پی ارائه روشی برای برآورد آسیب پذیری لرزه ای مسکن در سطح ملی به تفکیک مناطق بوده است که با توجه به بررسی های صورت گرفته در پیشینه تحقیق جزء اولین تحقیقات در این حوزه می باشد.

### مواد و روش تحقیق:

روش مورد استفاده در این تحقیق روش توصیفی - تحلیلی است و مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری آمار و اسناد و همچنین استفاده از ابزار پرسشنامه کارشناسان می باشد. روش های مورد استفاده جهت ارزیابی میزان آسیب پذیری مسکن در مناطق ایران روش AHP-fuzzy و دیمتل فازی DEMATEL-fuzzy است. جامعه آماری در این تحقیق تمام شهرستان های ایران در سال ۱۳۹۵ می باشد. داده های مورد استفاده در این تحقیق داده های مربوط به نوع مصالح و اسکلت ساختمانهای مسکونی شهرستان ها در سرشماری ۱۳۹۵ و همچنین نقشه خطر لرزه ای ایران که توسط پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله تهیه گردیده است، می باشد. جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق (۴۲۹ شهرستان) کشور در سال ۱۳۹۵ است.

### بحث و ارائه یافته ها:

در مرحله اول برای برآورد میزان آسیب پذیری ساختمان های واقع در محدوده هر شهرستان تعداد ۳۰ پرسشنامه تهیه و در اختیار کارشناسان قرار گرفت تا میزان امتیازات نهایی برای آسیب پذیری بر اساس عامل مصالح و اسکلت ساختمان ها بدست آید. در این مرحله برای تعیین ضریب اهمیت معیارها، کارشناسان متغیرهای مربوط به ساختمان را بصورت مقایسه دودویی و بر اساس جدول شماره ۲ انجام دادند:

جدول ۲- جدول مقایسه دودویی عوامل

امتیازات	۱	۳	۵	۷	۹
نقش در آسیب پذیری	خیلی کم	کم	تاحدودی	زیاد	خیلی زیاد

منبع: زبردست، ۱۳۸۰.

سپس ضریب اهمیت عوامل با استفاده از روش میانگین هندسی بدست آمد که در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳- جدول ضرایب اهمیت عوامل

نوع اسکلت	ضریب اهمیت	نوع مصالح	ضریب اهمیت
فلزی	۰/۱	آجر و آهن یا سنگ و آهن	۰/۰۶
بتن آرمه	۰/۰۸	آجر و بتن	۰/۰۴
بنایی	۰/۸۲	آجر و چوب یا سنگ و چوب	۰/۱۱
		بلوک سیمانی	۰/۰۷
		تمام آجر یا سنگ و آجر	۰/۰۸
		تمام چوب	۰/۰۵
		خشت و چوب	۰/۲۱
		خشت و گل	۰/۳۸

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸.

همانطور که در جدول شماره ۳ نیز مشاهده می‌گردد، میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های با اسکلت بنایی (امتیاز ۰,۸۲) و ساختمان‌های با مصالح خشت و گل (امتیاز ۰,۳۸)، در مقایسه با سایر ساختمان‌ها بیشتر بوده‌است. برای محاسبه امتیاز نهایی هر معیار، ضریب اهمیت نوع اسکلت در درصد نوع اسکلت‌های ساختمان هر شهرستان ضرب گردیده و در مرحله بعد ضریب اهمیت نوع مصالح در درصد مصالح ساختمان‌های هر شهرستان ضرب می‌گردد و در پایان این اعداد با هم جمع می‌گردد تا امتیاز نهایی میزان آسیب‌پذیری هر شهرستان بر اساس معیار اسکلت ساختمان و نوع مصالح مورد استفاده بدست‌آید.

$$S_f = W_S P1 + W_M P2$$

در فرمول فوق:

$$S_f = \text{امتیاز نهایی آسیب‌پذیری}$$

$$W_S = \text{ضریب اهمیت نوع اسکلت}$$

$$W_M = \text{ضریب اهمیت نوع مصالح}$$

$$P1 = \text{درصد ساختمان‌ها با نوع اسکلت خاص}$$

$$P2 = \text{درصد ساختمان‌ها با نوع مصالح خاص}$$

امتیازات آسیب‌پذیری نقاط شهری و روستایی ارائه گردیده‌است.

پس از محاسبه میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی در مقابل زلزله در مرحله دوم با استفاده از مقایسه زوجی، امتیازات پهنه‌های خطر لرزه‌ای در ایران محاسبه گردید (با روش میانگین هندسی) که در جدول زیر نتایج این محاسبات نشان داده شده‌است.

جدول ۴- امتیازات نهایی محاسبه شده برای پهنه‌های خطر لرزه‌ای در ایران بر اساس میزان تاثیر بر آسیب‌پذیری ساختمان‌ها

امتیاز نهایی	پهنه‌های خطر
۰/۰۰۰	خطر کم
۰/۰۴	خطر متوسط
۰/۱	خطر زیاد
۰/۸۶	خطر خیلی زیاد

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸.

با ضرب امتیاز نهایی در مساحت پهنه‌های خطر، خطر لرزه‌ای برای هر شهرستان بدست‌آمد.

$$S_h = S_f \times Z_p$$

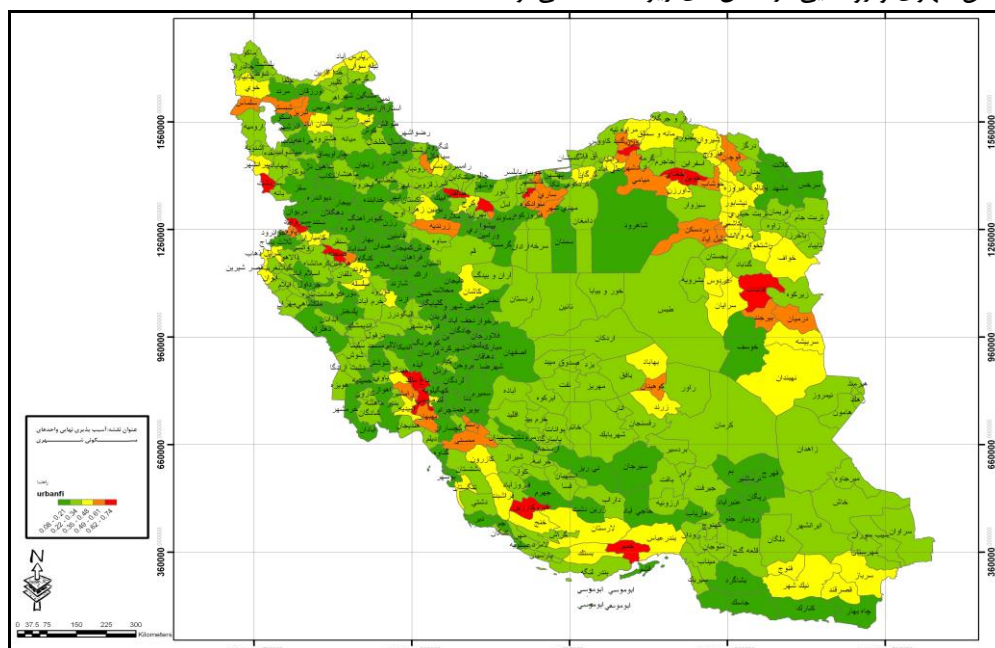
در فرمول بالا

$$S_h = \text{میزان خطر لرزه‌ای شهرستان}$$

$S_f$  امتیاز محاسبه شده برای پهنه‌ها در نقشه خطر لرزه‌ای ایران

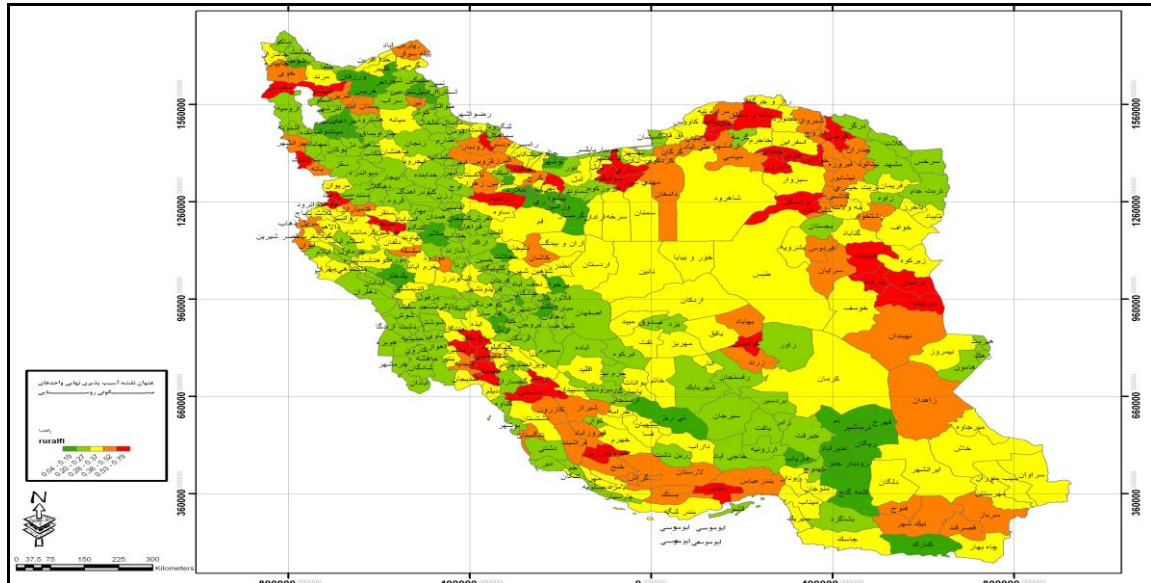
## Zp درصد پهنه‌های خطر در شهرستان

در پایان با استفاده از رویه‌م گذاری نقشه‌های بدست‌آمده در مراحل قبلی آسیب‌پذیری شهرستان‌های کشور با توجه به اسکلت، مصالح‌سازه‌ها و همچنین میزان خطر لرزه‌ای، بصورت ترکیبی بدست‌آمد. به همین منظور برای تولید نقشه نهایی از مدل دیمتل فازی از تکنیک دیمتل بدست آمد (بالاترین امتیاز به خطر لرزه‌ای با ۰.۶۵ و سپس اسکلت‌سازه با ۰.۲۸ و در آخر نوع‌مصالح با ۰.۰۷ اختصاص یافته است). در پایان وزن هر عامل در امتیازات بدست‌آمده در مراحل قبلی ضرب‌گردید تا نقشه نهایی آسیب‌پذیری بدست بیاید که نتایج آن به تفکیک مناطق شهری و روستایی در شکل‌های زیر مشاهده می‌گردد.



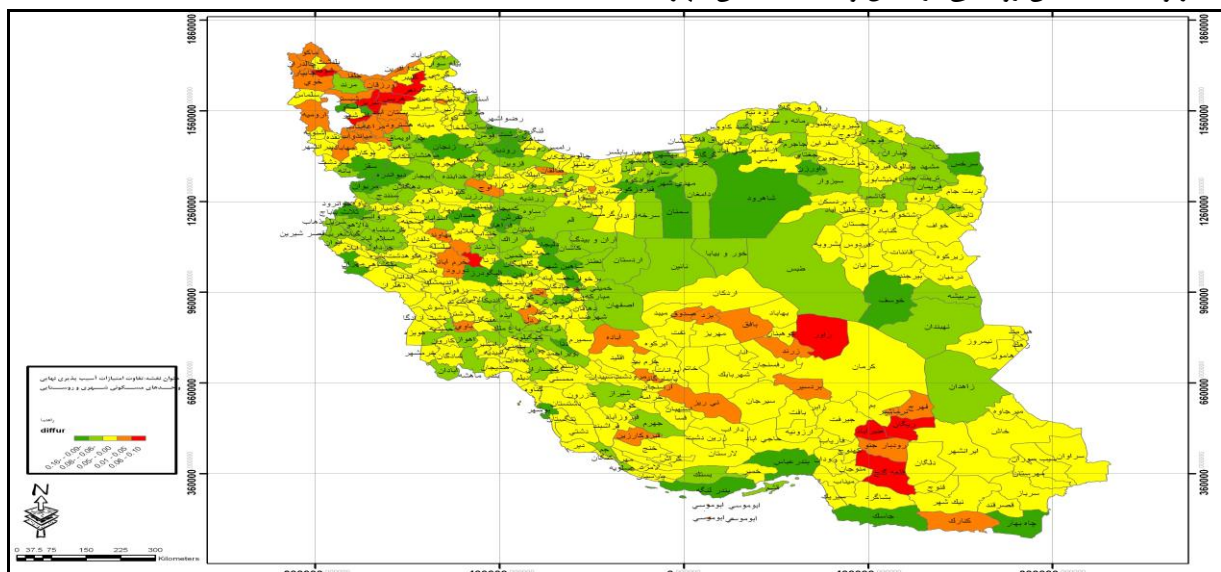
شکل ۲- آسیب‌پذیری نهایی واحدهای مسکونی در مناطق شهری ایران به تفکیک شهرستان

در شکل شماره ۲ برآورد آسیب‌پذیری نهایی واحدهای مسکونی کشور در مناطق شهری به تفکیک شهرستان‌ها (سال ۱۳۹۵) نشان داده شده است. همانطور که در نقشه نیز مشاهده می‌گردد بیشتر شهرستان‌های کشور از نظر آسیب‌پذیری در محدوده آسیب‌پذیری خیلی کم (امتیاز ۰ تا ۰/۲۱) قراردارند. تعداد شهرستان‌های واقع در این طبقه در حدود ۱۷۴ شهرستان (۴۱ درصد) است. در طبقه آسیب‌پذیری کم (امتیاز ۰/۲۲ تا ۰/۳۴) در حدود ۱۷۲ شهرستان (۴۰ درصد)، در طبقه آسیب‌پذیری متوسط (امتیاز ۰/۳۵ تا ۰/۴۸) ۴۶ شهرستان (۱۱ درصد)، در طبقه آسیب‌پذیری زیاد (امتیاز ۰/۴۹ تا ۰/۶۱) ۲۳ شهرستان (۵ درصد) و در طبقه آسیب‌پذیری خیلی زیاد (۰/۶۲ تا ۰/۷۴) ۱۴ شهرستان (۳ درصد) قراردارند. کم آسیب‌پذیرترین شهرستان، شهرستان ابوموسی با امتیاز ۰/۰۸ و آسیب‌پذیرترین شهرستان، شهرستان گالیکش با امتیاز ۰/۷۴ می‌باشد. از نظر توزیع فضایی نیز می‌توان گفت که شهرستان‌های واقع در استان‌های مرکزی، همدان، اصفهان، تهران، کردستان، گیلان و زنجان از نظر آسیب‌پذیری مسکن شهری در وضعیت مناسبی قرار دارند در صورتی که شهرستان‌های واقع در مناطق شرقی، جنوبی، جنوب‌غربی و شمال‌غربی وضعیت مناسبی در این خصوص ندارند. البته الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی به تفکیک شهرستان‌ها در سال ۱۳۹۵ دارای الگوی منظمی نیست.



شکل ۳- آسیب‌پذیری نهایی واحدهای مسکونی در مناطق روستایی ایران به تفکیک شهرستان

در شکل شماره ۳ میزان آسیب‌پذیری نهایی واحدهای مسکونی کشور در مناطق روستایی به تفکیک شهرستان‌ها (سال ۱۳۹۵) نشان داده شده‌است. در این شکل درجه آسیب‌پذیری در ۴ طبقه خیلی کم (۰ تا ۰/۱۹)، کم (۰/۲۰ تا ۰/۲۷)، متوسط (۰/۲۸ تا ۰/۳۷) و زیاد (۰/۳۸ تا ۰/۵۲) و خیلی زیاد (بالا) دسته‌بندی شده‌است. بر اساس اطلاعات نقشه، تعداد شهرستان‌های واقع در طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم ۴۳ شهرستان (۱۰ درصد)، طبقه آسیب‌پذیری کم ۱۶۶ شهرستان (۳۹ درصد)، طبقه آسیب‌پذیری متوسط ۱۲۴ شهرستان (۲۹ درصد)، طبقه آسیب‌پذیری زیاد ۵۵ شهرستان (۱۳ درصد) و طبقه خیلی زیاد ۴۱ شهرستان (۹ درصد) می‌باشد. شهرستان ابوموسی با امتیاز ۰/۰۴ به عنوان کم آسیب‌پذیرترین و شهرستان بهمئی با امتیاز ۰/۷۹ به عنوان آسیب‌پذیرترین شهرستان شناخته شده‌اند. توزیع فضایی آسیب‌پذیری مسکن روستایی ایران در سال ۱۳۹۵ نیز نشانگر این است که شهرستان‌های واقع در استان‌های مرکزی، اصفهان، تهران، کردستان و گیلان در مقایسه با سایر شهرستان‌ها مناسب‌تر می‌باشد و شهرستان‌های واقع در مناطق شرقی، مرکزی، جنوبی و غربی نیز از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند. اولین چیزی که در خصوص تحلیل نقشه‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری و روستایی در شهرستان‌های ایران مشهود می‌باشد مساله تفاوت میان شهرها و روستاها می‌باشد که امتیازات کسب شده شهرستان‌ها این امر را به خوبی نشان می‌دهد، میانگین امتیازات بدست آمده در بخش مسکن روستایی ۰/۳۱ و در بخش مسکن شهری ۰/۲۷ می‌باشد که نشانگر میزان آسیب‌پذیری بالاتر واحدهای مسکن روستایی در مقابل واحدهای مسکن شهری است.



شکل ۴- تفاضل آسیب‌پذیری نهایی واحدهای مسکونی در مناطق شهری و روستایی ایران به تفکیک شهرستان

برای تحلیل بهتر تفاوت میان آسیب پذیری مسکن شهری و روستایی، تفاضل امتیازات بدست آمده در دو بخش محاسبه گردیده که در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نیز مشاهده می گردد دامنه اعداد بین ۰/۱۶- تا ۰/۱۱+ می باشد. اعداد منفی نشانگر بالا بودن امتیاز آسیب پذیری بخش مسکن روستایی در مقایسه با بخش شهری است و اعداد مثبت نشانگر بالا بودن امتیاز آسیب پذیری بخش مسکن شهری در مقایسه با بخش مسکن روستایی است.

بر اساس اطلاعات بدست آمده از شکل ۴ بیشتر شهرستان های کشور اعداد منفی به خود اختصاص داده اند که نشانگر آسیب پذیری بالای واحدهای مسکونی روستایی در مقایسه با واحدهای مسکونی شهری می باشد که این وضعیت در شهرستان های واقع در استان های اصفهان، سمنان، زنجان، گیلان، کرمانشاه، کردستان و چهارمحال و بختیاری نسبت به سایر شهرستان ها شدت بیشتری دارد و این امر نشانگر توجه بیشتر در این استان ها به مسکن شهری و توجه کمتر به مسکن روستایی است. شهرستان هایی هم که اعداد مثبت به خود اختصاص داده اند در استان های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کرمان، یزد و لرستان قرار دارند که این امر نشانگر توجه این استان ها به بحث مصالح و اسکلت واحدهای مسکونی در این مناطق می باشد که البته دلیل این امر را می توان به باسازی واحدهای مسکونی بعد از زلزله نیز مرتبط دانست. زیرا این شهرستان ها در سال های قبل تجربه زلزله های مخرب و باسازی های بعد از آن را داشته اند.

### نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها:

در این تحقیق سعی گردید با استفاده از اطلاعات موجود در زمینه واحدهای مسکونی و خطر زمین لرزه میزان آسیب پذیری واحدهای مسکونی در سطح ملی و به تفکیک شهرستان ها سنجیده و ارزیابی گردد. نتایج تحقیق نشانگر این است که تفاوت های زیادی در بین شهرستان ها و همچنین بخش های شهری و روستایی در خصوص آسیب پذیری واحدهای مسکونی وجود دارد. تفاوت بین بخش های شهری و روستایی را می توان در نتیجه سیاست ها و اقدامات ضعیف ارگان های مسئول در زمینه مسکن روستایی دانست که باعث گردیده میزان آسیب پذیری این بخش بالاتر از بخش شهری باشد. در خصوص تفاوت های منطقه ای آسیب پذیری مسکن هم برخی مناطق مثل استان های اصفهان، همدان، مرکزی، کردستان، گیلان و چهارمحال و بختیاری در زمینه مسکن شهری و مناطقی مثل استان های مرکزی، اصفهان، تهران، کردستان و گیلان در زمینه مسکن روستایی عملکرد موفق را داشته اند که نتیجه فعالیت های موفق نهادها و ارگان های مسئول در این مناطق است. بطور کلی با توجه به بخشی بودن ساختار بودجه ریزی و عدم سیاست گذاری مناسب در زمینه مقاوم سازی واحدهای مسکونی در ایران بیشتر مناطق کشور بویژه در بخش روستایی دارای ضعف های عمده است که باعث گردیده تا میزان آسیب پذیری واحدهای مسکونی در این مناطق بالا باشد.

همانطور که در پیشینه تحقیقات اشاره گردید تحقیقات صورت گرفته در سطح کشور و تحقیقات کشورهای دیگر در خصوص آسیب پذیری واحدهای مسکونی عمدتاً در سطوح محلی (یک شهر یا روستا) و یا در سطوح دهستان و شهرستان انجام گرفته است و در سطح ملی بویژه در ایران تحقیق مشابه ای انجام نشده است و این تحقیق به عنوان اولین تحقیق برآورد آسیب پذیری واحدهای مسکونی در سطح ملی و به تفکیک شهرستان می باشد که نتایج بدست آمده از آن می تواند بعنوان یک سند در خصوص شناسایی آسیب پذیری واحدهای مسکونی واقع در مناطق کشور مورد استفاده قرار گیرد و روند تخصیص بودجه های مربوط به مقاوم سازی واحدهای مسکونی را تسریع و بهبود ببخشد. در پایان پیشنهاداتی که ارائه می گردد در دو بخش قابل ارائه است. ۱. پیشنهادات مربوط به تحقیقات آینده و ۲. پیشنهادات کاربردی برای بهبود وضعیت مسکن و جلوگیری از وارد شدن خسارات جانی و مالی ناشی از زمین لرزه به واحدهای مسکونی. در بخش اول با توجه به اینکه سطح مورد مطالعه در این تحقیق شهرستان بوده و ممکن است با توجه به گستردگی سطح شهرستان برخی از واقعیت ها بدرستی نشان داده نشود (به عنوان مثال: نقاط شهری و روستایی در و به تبع آن جمعیت در سطح شهرستان بصورت یکنواخت توزیع نشده اند و همچنین خطر زمین لرزه در پهنه شهرستان بصورت یکنواخت توزیع نشده است) مطالعات در سطوح خردتر مثل شهر و روستا انجام گردد که البته نیاز به داده ها در سطح وسیع و هزینه بالا دارد. در بخش دوم هم با توجه به یافته های تحقیق به سازمان های مسئول در این امر مثل بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، وزارت راه و شهرسازی، وزارت کشور و سازمان برنامه و بودجه پیشنهاد می گردد که در پهنه های با آسیب پذیری بالا اقدام به تهیه بانک اطلاعاتی از واحدهای مسکونی با جزئیات دقیق تر نموده و اعتبارات بیشتری را به این شهرستان ها اختصاص دهند تا از وارد آمدن خسارات جانی، مالی و ... جلوگیری بعمل آید.

### References:

1. Bidokhori, Alireza, Hosseinzadeh, Seyed Reza (2016) GIS (Software Basics and Training), Jahhad Publications (Ferdowsi University of Mashhad) (In persian)



- 2- Razavian, Mohammad Taghi, Alian, Mehdi and Rostami, Hossein (1979): "Assessing the Spatial Vulnerability of Yazd Province Infrastructures with Passive Defense Approach", *Town and Country Planning Journal*, Volume 10, Number 1, Qom, pp. 31-63. (In persian)
- 3- Shakoore, Ali, Karimi Ghotbabadi, Fazlollah & Maleki, Mohammad (1396): "Risk Analysis of Human settlement Vulnerability to Earthquake (Case Study: Villages of Lamerd County)", *Journal of Regional Planning*, Volume 7 No. 26, Marvdasht, pp. 92-81. (In persian)
- 4- Tabibian, Manouchehr, Mozaffari, Negin. (1979): "Assessment of Residential Vulnerability to Earthquake and Vulnerability Reduction Strategies (Case Study: District 6 of Tehran Municipality)", *Journal of Urban Studies*, Volume 7, Number 27, Sanandaj, pp. 93-112. (In persian)
- 5- Fazel, Sogol, Tawahi, Massoud and Mahmoudzadeh, Amir. (2016): "Urban Seismic Vulnerability Zoning Using ANP Model Case Study: Najaf Abad City", *Journal of Crisis Management*, Volume 6, Number 1, Tehran, pp. 132-121 (In persian)
- 6- Amanpour, Saeed, Mohammadi Deh Cheshme, Mostafa & Alizadeh, Mehdi (2016): "Assessment of Urban Infrastructure Vulnerability of Kouhdasht with Passive Defense Approach", *Journal of Town and Country Planning*, Volume 8, Number 1, Qom, pp. 133-154. (In persian)
- 7- Institute of Natural Disasters (2016): "Preliminary Report of November 21, 2016- Azgaleh-Sarpol Zahab Kermanshah earthquake with magnitude 3.7", Institute of Natural Disasters, Tehran (In persian)
- 8- Zebardast, Esfandiar. (2001): "Application of Analytical Hierarchy Process in Urban and Regional Planning", *Journal of Honarhaye Ziba*, No. 10, Tehran, pp. 21-13 (In persian)
- 9- Sadin, Hossein, Mirzaali, Mohammad, and Kowsari Safa, Masoumeh (2017): "Risk Analysis and Seismic Damage in Rural Areas Using AHP and GIS Methods Case Study: Abarshiveh Damavand Village », *Journal of Crisis Management Research*, Volume 6, Number 1, Tehran, pp. 93-104. (In persian)
- 10- Anderson, B. Mary, Woodrow, J. Peter (1989): *A FRAMEWORK FOR ANALYZING CAPACITIES AND VULNERABILITIES*, Harvard University Graduate School of Education, Longfellow Hall, Appian Way, Cambridge, Massachusetts 02138-3704 (617): 495-9815
- 11- Birkmann, J. (2006): *Indicators and criteria for measuring vulnerability: theoretical basis and requirements. In measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies Tokyo: UNU-Press: 55-77.*
- 12- Chaibedra, B., Benanane, A., & Boutaraa, Z. (2018): *Seismic vulnerability assessment to earthquake at urban scale: A case of Mostaganem city in Algeria*, *Journal of Disaster Risk Studies*, Vol 10, No 1:1-8.
- 13- Askari, Ali (2011): "Spatial Statistics Analysis with Arc Gis", *Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization Publications* (In persian)
- 14- Faraji Sabokbar, Hassanali, Omidipour, Morteza, Modiri, Mehdi and Bastamnia, Amir. (2014): "Presentation of Ahwaz Vulnerability Zoning Model Using Profile-Based Options Sorting Model (SSP)", *Journal of Crisis Management*, Volume 3, Number 2, Tehran, pp. 56-45 (In persian)
- 15- Lumantarna, E. Lam, N. Tsang, H.H. Wilson, J. Gad, E. Goldsworthy H. (2014): *Review of Methodologies for Seismic Vulnerability Assessment of Buildings*, Australian Earthquake Engineering Society 2014 Conference, Nov. 21–23, Lorne, Victoria
- 16- Nath, S. K., Adhikari, M. D., Devaraj, N., & Maiti, S. K. (2015): *Seismic vulnerability and risk assessment of Kolkata City, India*, *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)* journal, volume 15 issue 6: 1103–1121.
- 17- WHO (2016). [https://www.who.int/environmental\\_health\\_emergencies/vulnerable\\_groups/en](https://www.who.int/environmental_health_emergencies/vulnerable_groups/en)
- 18- Kamel Basmonge, Batol, Mirjafari, Babak & Alavi, Seyed Ali (2012): "Seismic Vulnerability Assessment in a Tabriz City Area Using Spatial Multi Criteria Analysis Model", *Journal of Space Planning*, Volume 16, Issue 2, Tehran, pp. 121-140 (In persian)
- 19- Iran Statistics Center (2016). *Country Division 1395 information*, available at <https://www.amar.org.ir>

- 20- Iran Statistics Center (2016). *Population and Housing Census 2016*, available at <https://www.amar.org.ir>
- 21- Ministry of Interior (2016). *Map of Shahrestan divisions 2016*

Research Paper

## ***Estimation of Seismic Vulnerability of Urban and Rural Housing in Iran regions by Using Skeletal and Materials Used***

**Akbar Mohammadi<sup>1</sup>**: Assistant Professor, Department of Architecture and Urban Planning of Buein Zahra Technical University, Buein Zahra, Qazvin, Iran

Received: 2019/4/14

PP 47- 48

Accepted: 2019/10/27

### **Abstract**

Damage to residential buildings is one of the most important physical damages of an earthquake that can cause further damages. The main question in this study is "How much is the vulnerability of residential units in country regions base of materials and skeleton as well as earthquake risk?" The main purpose of this study is to investigate the level of seismic vulnerability of residential units in Iran regions. The methods used in the research are AHP-fuzzy, DIMETEL-fuzzy and spatial analysis. The findings of the study show that there are many differences between the regions and the urban and rural areas regarding the vulnerability of residential units to earthquakes. The mean score of vulnerability in urban areas were 0.27 and in rural areas were 0.31, which indicates high vulnerability of rural areas in comparison with urban areas. Regionally, cities in Markazi, Hamedan, Isfahan, Tehran, Kurdistan, Gilan and Zanjan provinces are in good condition in terms of urban housing vulnerability while cities in eastern, southern, southwest and northwestern regions of the country are highly vulnerable. In rural areas, Markazi, Isfahan, Tehran, Kurdistan and Gilan provinces are more appropriate than other provinces and the eastern, central, southern and western provinces are also highly vulnerable.

**Key words:** Vulnerability, housing, Region, Iran.

### **Extended abstract**

#### **Introduction:**

Earthquake hazard is one of the most important natural hazards that annually cause a lot of damage to countries in the world. Identifying physical and structural vulnerability levels (one of the important aspects of vulnerability) of human settlements before of earthquake play a significant role in preventing and managing hazard and reducing costs. . Due to the geographical location of Iran and locating on the earthquake belt, there have always been major earthquakes throughout history. Destructive earthquakes such as Bojin Zahra earthquake in 1962, Roodbar earthquake in 1990, Bam earthquake in 2003, Varzaqan 2012, Kermanshah 2017 were the examples of destructive earthquakes in Iran during the last 60 years. The main purpose of this study is to evaluate the seismic vulnerability of housing in Iranian cities with regard to materials and skeleton type as well as seismic hazard.

#### **Methodology:**

<sup>1</sup> - Corresponding Author's Email: a.mohammadi@bzte.ac.ir , Tel: +989391077451

*AHP-fuzzy and DEMATEL-fuzzy are the methods that used in this research to assess the housing vulnerability in Iran regions. The study area in this study was the Shahrestans(one of the administrative regional division) of Iran in 2016 and the data used in this study were the type of materials and skeletons of residential buildings in 2016 and the seismic hazard map of Iran.*

**Results and discussion:**

*For analyze urban and rural housing physical data after the formation of GIS data bank, in the first stage, estimate the vulnerability of urban and rural housing building in Iranian regions regardless of seismic risk base on type of materials and The skeleton using the expert opinions. In the second stage, seismic hazard estimation in Iranian regions was done using seismic hazard map and seismic hazard rate was calculated for each region. Finally, with integration of housing physical vulnerability and seismic hazard rate final vulnerability of housing in Iranian regions was obtained. Research findings are analyzed in two sections: rural and urban housing. According to the findings, urban housing sector in the Markazi, Hamadan, Isfahan, Tehran, Kurdistan, Gilan and Zanjan provinces are in good condition but in the in the eastern, South, Southwest and Northwest regions are not in a good condition. In the urban housing sector, most of the regions (41 percent) in terms of vulnerability are very vulnerable (0 to 0.21). In the rural housing sector, the regions located in the central provinces of Isfahan, Tehran, Kurdistan and Gilan are more suitable than other regions, and those in the eastern, central, southern and western regions are high vulnerable. In the rural sector, the low vulnerability class (score of 0.20 to 0.27) with 39% of the regions had the highest percentage. The average score obtained in rural housing sector is 0.31 and in urban housing sector is 0.27, indicating higher vulnerability of rural housing to urban housing units. This situation is more severe in Isfahan, Semnan, Zanjan, Gilan, Kermanshah, Kordestan and Chaharmahal -Bakhtiari provinces than other provinces and this indicates more attention to urban housing Strengthening and less attention to rural housing Strengthening. Other regions with positive numbers are located in the provinces of West Azerbaijan, East Azerbaijan, Kerman, Yazd and Lorestan, which shows the attention of these provinces to Strengthening of rural housing units.*

**Conclusion:**

*The results show that there is a great differences in the vulnerability of residential units between cities and rural in Iran regions. The difference between urban and rural sectors are the result of the weak policies and actions of the responsible organizations in rural housing. In general, due to the lack of proper budgeting structure and lack of proper policymaking in the housing consolidation of Iran, most of the regions, especially in the rural sector, have major weaknesses which have led to the vulnerability of residential units. Research proposals are also presented in two sections: Future Research and Practical Suggestions. In the first part, considering that the area under study in this study is a region and some facts may not be properly represented due to the extent of the region level, the studies should be done at a smaller level such as the city and rural and in the second part It has also proposed the creation of a database for housing agencies.*