

# معرفی روش جدید ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها و کاربرد آن در مدیریت بحران

امیر محمودزاده<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۰۴

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۶

## چکیده

ارزیابی سریع آسیب‌پذیری لرزه‌ای به‌منظور شناسایی سریع و کم هزینه آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود صورت می‌پذیرد و با استفاده از نتایج آن و با بهره‌گیری از تکنیک GIS می‌توان اطلاعات مدیریت بحران یک شهر یا منطقه را تکمیل نمود. در این مقاله روشی جدید، جامع و کارآمد در ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها معرفی می‌گردد، به طوری که در ادامه با استفاده از نتایج این روش و مطالعه موردی منطقه مورد بررسی از کلان شهر اصفهان میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های آن برآورد گردیده و با بهره‌گیری از تکنیک GIS جهت اقدامات پیش از بحران و پس از بحران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی سریع، مدیریت بحران، مدیریت شهری، تکنیک GIS

## ۱- مقدمه

فرآیند ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها با هدف تهیه اطلاعات لازم برای برنامه‌های مدیریت شهری و مدیریت بحران انجام می‌شود. با استفاده از روش‌های ارزیابی سریع می‌توان میزان خسارت وارده به ساختمان‌های مختلف شهر را استخراج و بر اساس میزان آسیب‌پذیری آنها برنامه‌ریزی نمود.

در روش‌های ارزیابی، ابتدا سطح زلزله در نقاط مختلف شهر برآورد شده و سپس براساس فرم‌هایی احتمال تخریب هر نوع ساختمانی محاسبه و با کمک آمارگیری و مشخص نمودن تعداد ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف، تعداد کل ساختمان‌های با احتمال تخریب بالا در نقاط مختلف شهر قابل برآورد هستند. با این اطلاعات می‌توان به برنامه‌ریزی و امور مرتبط با مدیریت بحران اقدام کرد.

استفاده از روش‌های ارزیابی لرزه‌ای بخصوص برای مراحل پیش‌گیری از شرایط بحران‌زا بسیار کاربرد دارد. در این روش ساختمان‌های شهر یا ناحیه از لحاظ آسیب‌پذیری مورد بررسی قرار گرفته و نقاط بحران‌زای منطقه مورد بررسی بر حسب شدت با رنگ‌های مختلف نشان داده می‌شود. پس از تعیین نقاط بحران‌زای منطقه مورد بررسی جهت کاهش مخاطرات پیش‌بینی شده لازم است اقداماتی نظیر بهسازی و مقاوم‌سازی ابنیه‌ای که در ارزیابی آسیب‌پذیر شناخته شده‌اند، پیش‌بینی هزینه و خسارت تحمیل شده حین زلزله و نیز برنامه‌ریزی جهت تخصیص امکانات و هزینه‌ها پس از زلزله انجام پذیرد.

از آنجایی که جهت مدیریت بحران زمین لرزه شهری، انجام مطالعات ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری الزامی است، GIS (Geographic Information Systems) نقش به‌سزایی در تهیه این نقشه‌ها می‌تواند ایفا نماید.

بر مبنای تحقیقات انجام گرفته در سطح جهان روش‌های گوناگونی برای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای صورت پذیرفته است. برخی از این روش‌ها به‌دلیل محدودیت‌های مالی، زمانی و یا مبتنی بودن بر پارامترهای تجربی نادرست، چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند. اولین تحقیقات در زمینه آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها، با استفاده از مدل غیر خطی رفتار ساختمان‌ها در اوایل دهه هفتاد میلادی صورت پذیرفت.

ویتمن در سال ۱۹۷۲، با ارائه روشی برای برآورد خسارت لرزه‌ای ساختمان‌ها اولین قدم‌ها را در راه آسیب‌پذیری

برداشت [۱]. بلوم و همکارانش در سال ۱۹۷۵ روش ماتریس طیفی را برای برآورد پتانسیل خسارت ساختمان‌ها ارائه دادند که در آن، خسارت کلی، با نسبت هزینه تعمیرات به هزینه کل ساخت و جایگزینی ساختمان به‌دست می‌آید [۲].

تحقیقات صورت گرفته در طول این سال‌ها کماکان ادامه داشت و روش‌های مختلفی در این زمینه ارائه شد که هر کدام اشکالات مخصوص به خود را دارا بودند؛ تا این‌که در سال ۱۹۸۴، پارک و انگ با ارائه یک شاخص خسارت، کمبودهای تحقیقات گذشته را پوشش داده و ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای را دستخوش تحولی بزرگ کردند [۳]. در ادامه روند تحقیقات در زمینه ارزیابی لرزه‌ای، (Freeman 1998) نتایج تحقیقات خود را که بر اساس ویژگی‌های طیفی و مقایسه پارامترهای شتاب-تغییر مکان استوار بود، ارائه داد [۴] که این تحقیق توسط HAZUS در سال ۱۹۹۹ تکمیل گردید [۵].

هم‌چنین در سال‌های اخیر، پروفیسور آریا از کشور هند تحقیقات وسیعی بر ارزیابی سریع لرزه‌ای انجام داده است. در روش آریا اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به‌وسیله چک لیست‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرند و بر اساس منطقه لرزه‌خیزی، درجه خرابی ساختمان تخمین زده می‌شود [۶].

امروزه دستورالعمل کانادا در ارزیابی سریع لرزه‌ای یکی از روش‌های کاربردی در ارزیابی سریع دستورالعمل کانادا می‌باشد. در این روش تعیین اولویت‌بندی ساختمان‌ها به‌منظور ارزیابی لرزه‌ای تحت تاثیر پارامترهای مختلفی می‌باشد که با محاسبه این پارامترها شاخص‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای قابل محاسبه می‌باشند که با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان معیاری برای درجه‌بندی ساختمان‌ها از نظر اولویت برای تحقیقات کامل‌تر ارائه داد و هرچه مقدار این شاخص‌ها عدد بالاتری باشد سازه مورد نظر از اولویت بالاتری برای ارزیابی کامل‌تر برخوردار است. پارامترهای مؤثر را می‌توان بر اساس آئین‌نامه کانادا به شش دسته کلی میزان لرزش زمین منطقه (A)، شرایط خاک (B)، نوع سازه (C)، عدم یکنواختی در پلان و نمای ساختمان (D)، اهمیت ساختمان (E) و خطرات غیرسازه‌ای (F) تقسیم‌بندی نمود که از این پارامترها می‌توان شاخص‌های سازه‌ای<sup>۱</sup> (SI) و غیرسازه‌ای<sup>۲</sup> (NSI) را استخراج نمود تا اولویت‌بندی ساختمان به‌دست آید [۷].

شاید بتوان گفت که گسترده‌ترین تحقیقات در زمینه ارزیابی

1- Structural Index

2- Non Structural Index

• گام اول: تعیین شدت عیوب<sup>۱</sup>

از آنجا که هر شکست آثار مختلفی دارد، می‌بایست اثر شکست را درجه‌بندی کرد. اگر برای هر الگوی شکست بالقوه چندین اثر وجود دارد، هر اثر باید دارای درجه شدت خودش باشد. این گام مطابق ضریب  $\alpha$  (شدت معایب) در روش شاخص‌سازان می‌باشد.

• گام دوم: تعیین درجه عیوب<sup>۲</sup>

این گام از ارزیابی بهترین روش برای سنجش درجه وقوع شکست و استفاده از داده‌های فرآیند است که در قالب یک جدول اطلاعاتی، قابلیت فرآیند را نشان می‌دهد. زمانی که داده‌های واقعی در مورد یک شکست وجود ندارد، باید بالاترین درجه وقوع شکست را در نظر گرفت. این ضریب مطابق ضریب  $\beta$ ،  $\gamma$ ،  $\delta$ ،  $\eta$ ،  $\Omega$  در روش شاخص‌سازان مربوط به معایب سازه می‌باشد.

• گام سوم: تعیین مقدار بازیابی<sup>۳</sup>

در این گام، احتمال بازیابی شکست قبل از اثر وقوع آن مشخص می‌شود. این ضریب مشابه ضریب  $\omega$  (معیار درجه اهمیت) می‌باشد.

باتوجه به پارامترهای فوق، ارزیابی سریع لرزه‌ای به روش شاخص‌سازان مطابق جدول (۱) صورت می‌پذیرد. با تعریف ضرایب  $\alpha_1$  تا  $\alpha_5$  به نام ضرایب وزنی مربوط به گروه معایب و  $\Omega_i$ ،  $\eta_i$ ،  $\xi_i$ ،  $\beta$ ،  $\alpha_1$  مربوط به ضرایب اهمیت خطاها و هم‌چنین  $\omega_i$  به‌عنوان معیاری برای درجه اهمیت، تعداد طبقات و عمر مفید ساختمان براساس OSD قابل ارائه می‌باشد.

$$DI = \alpha_1 \cdot \log(\omega_1) \sum_{i=1}^{24} \beta_i + \alpha_2 \cdot \log(\omega_2) \sum_{i=1}^{10} \gamma_i + \alpha_3 \cdot \log(\omega_3) \sum_{i=1}^{10} \xi_i + \alpha_4 \cdot \log(\omega_4) \sum_{i=1}^4 \eta_i + \alpha_5 \cdot \log(\omega_5) \sum_{i=1}^4 \Omega_i$$

مقدار  $\omega_i$  بر اساس فرمول  $\omega_i = AIS$  قابل محاسبه می‌باشد که در آن S بیانگر تعداد طبقات، I اهمیت ساختمان و A سن ساختمان می‌باشد.

سریع لرزه‌ای در سال‌های اخیر که بسیار مورد استقبال گرفته است مربوط به FEMA (Federal Emergency Management Agency) می‌باشد. از این تحقیقات صورت گرفته می‌توان به FEMA154 و FEMA155 اشاره نمود که بحث مربوط به ارزیابی سریع لرزه‌ای را به طور ویژه مورد بررسی قرار می‌دهد. در این روش با استفاده از اطلاعاتی مانند نوع کاربری و میزان افراد ساکن، پتانسیل سقوط اجزای غیرسازه‌ای، مشخصات سازه، نوع خاک و... میزان آسیب‌پذیری تعیین می‌شود و با استفاده از این اطلاعات، ساختمان‌ها به دو گروه ایمن و مشکوک تقسیم‌بندی می‌شوند و ساختمان‌های مشکوک مورد ارزیابی‌های دقیق‌تر قرار می‌گیرند [۸]. در ادامه این تحقیقات، در سال ۲۰۰۰، شن و اکباس با توجه به روش طراحی بر اساس عملکرد، یک شاخص خسارت جدید که در آن انرژی ورودی، انرژی تلف شده و خصوصیات سازه‌ای ساختمان از قبیل جابه‌جایی نسبی طبقات و شکل‌پذیری لحاظ شده بود، معرفی نمودند [۹].

## ۲- روش تحقیق

روش شاخص‌سازان در ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها بر پایه مطالعه و ارزیابی ۲۲۰۰ ساختمان و با الهام‌گیری از بحث آنالیز خطا یا تکنیک FMEA بنا شده است. FMEA روشی سیستماتیک برای شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل در محصول و فرآیند آن می‌باشد. این روش بر جلوگیری از بروز عیب و نقص و افزایش ایمنی تمرکز دارد. بر این اساس با اطلاعات حاصل از فرآیند، الگوی شکست بالقوه و آثار آن بر اساس سه عامل مذکور درجه‌بندی می‌گردد. اگر درجات این سه عامل در یکدیگر ضرب گردند (شدت وقوع (S) \* بازیابی (O) \* (D))، نمره اولویت خطرپذیری (RPN) برای هر الگوی شکست بالقوه و آثار آن به دست می‌آید. نمره اولویت خطرپذیری با ضرب کردن درجه شدت و درجه وقوع و درجه بازیابی، در مجموع اعداد اولویت خطرپذیری یکدیگر (RPN=S\*O\*D) به دست می‌آید. تعیین پارامترهای RPN که در تعیین فرمول ارزیابی سریع شاخص‌سازان به کار رفته است مطابق گام‌های ذیل می‌باشد.

1- Severity  
2- Occurrence  
3- Detect

جدول ۱- ارزیابی لرزه‌ای ساختمان به روش پیشنهادی شاخص‌سازان

نام و محل ساختمان: شماره شناسنامه:	کروکی محل قرارگیری ساختمان:
<p>نوع سیستم سازه‌ای:</p> <p>۱- قاب خمشی فولادی <input type="checkbox"/></p> <p>۲- قاب ساده فولادی با مهاربند <input type="checkbox"/></p> <p>۳- قاب خمشی فولادی با مهاربند <input type="checkbox"/></p> <p>۴- قاب خمشی بتنی <input type="checkbox"/></p> <p>۵- قاب خمشی بتنی با مهاربند <input type="checkbox"/></p>	<p>۶- قاب خمشی بتنی با دیوار برشی <input type="checkbox"/></p> <p>۷- دیوار باربر بنائی <input type="checkbox"/></p> <p>۸- دیوار باربر بتنی <input type="checkbox"/></p> <p>۹- نیمه اسکلت <input type="checkbox"/></p> <p>۱۰- قاب فولادی با اتصالات خورجینی <input type="checkbox"/></p>
<p>تعداد طبقات:</p> <p>فونداسیون:</p> <p>کف‌سازی:</p>	<p>نوع سقف:</p> <p>نوع دیوارها:</p> <p>نمای داخلی:</p>
توضیحات:	
<p><b>الف) معایب اعضای سازه (بجز اتصالات): <math>\alpha_1</math></b></p> <p>۱- ستون کوتاه <math>\beta_1</math></p> <p>۲- حذف عضو سازه‌ای <math>\beta_2</math></p> <p>۳- وجود بارز مهاربند لاغر یا ضعیف <math>\beta_3</math></p> <p>۴- وجود طبقه نرم یا ضعیف <math>\beta_4</math></p> <p>۵- عدم کفایت پوشش بتنی آرماتورها <math>\beta_5</math></p> <p>۶- وجود کنسول‌های بزرگ <math>\beta_6</math></p> <p>۷- ستون ضعیف - تیر قوی <math>\beta_7</math></p> <p>۸- عدم کفایت بارز مهاربندی <math>\beta_8</math></p> <p>۹- نامنظمی زیاد در پلان <math>\beta_9</math></p> <p>۱۰- تغییر مکان عضو سازه‌ای <math>\beta_{10}</math></p> <p>۱۱- نامنظمی در ارتفاع <math>\beta_{11}</math></p> <p>۱۲- کیفیت نامناسب پوشش ضد آتش <math>\beta_{12}</math></p>	<p>۱۳- کیفیت نامناسب اعضای فولادی (خوردگی) <math>\beta_{13}</math></p> <p>۱۴- کیفیت نامناسب اعضای بتنی (ترک، زوال) <math>\beta_{14}</math></p> <p>۱۵- جابه‌جایی دهانه مهاربندی یا دیوار برشی در ارتفاع <math>\beta_{15}</math></p> <p>۱۶- ناپیوستگی در انتقال بارثقلی <math>\beta_{16}</math></p> <p>۱۷- کیفیت نامناسب دیوارها (ترک، زوال) <math>\beta_{17}</math></p> <p>۱۸- استفاده از ملات گل یا گل آهک در دیوارها <math>\beta_{18}</math></p> <p>۱۹- عدم وجود کلاف قائم در فواصل ۵ متری <math>\beta_{19}</math></p> <p>۲۰- عدم وجود کلاف افقی <math>\beta_{20}</math></p> <p>۲۱- کیفیت نامناسب اعضای سقف و کف <math>\beta_{21}</math></p> <p>۲۲- وجود دیوار <math>35\text{cm}</math> بدون پشت‌بند به طول بیش از <math>8\text{m}</math> <math>\beta_{22}</math></p> <p>۲۳- وجود دیوار <math>22\text{cm}</math> بدون پشت‌بند به طول بیش از <math>6.5\text{m}</math> <math>\beta_{23}</math></p> <p>۲۴- دیوار با بیش از سطح بازشوی <math>30\%</math> یا طول <math>50\%</math> <math>\beta_{24}</math></p>
<p><b>ب) معایب اتصالات سازه (بجز کف ستون‌ها): <math>\alpha_2</math></b></p> <p>۱- کیفیت نامناسب اتصال سقف به کلاف افقی <math>\gamma_1</math></p> <p>۲- کیفیت نامناسب اتصال کلاف افقی به کلاف قائم <math>\gamma_2</math></p> <p>۳- عدم کفایت بارز ورق اتصال یا سخت‌کننده <math>\gamma_3</math></p> <p>۴- کیفیت نامناسب پیچ اتصال (شل بودن، خوردگی، کمبود طول رزوه) یا جوش اتصال <math>\gamma_4</math></p> <p>۵- کیفیت نامناسب ورق اتصال یا سخت‌کننده (خوردگی، سوراخ شدگی، اعوجاج) <math>\gamma_5</math></p> <p>۶- عدم وجود پیچ یا مهره اتصال و یا جوش اتصال <math>\gamma_6</math></p> <p>۷- عدم کفایت بارز تعداد پیچ‌ها یا جوش <math>\gamma_7</math></p> <p>۸- کیفیت نامناسب اتصال کلاف به دیوار <math>\gamma_8</math></p> <p>۹- عدم کفایت اتصال مناسب بین دیوارهای باربر و عدم رعایت هشتگیر <math>\gamma_9</math></p> <p>۱۰- عدم کفایت اتصال تیغه‌ها به دیوارهای سازه‌ای و باربر <math>\gamma_{10}</math></p>	

<p>۶- کیفیت صفحه ستون (خوردگی، گروتینگ) ناکافی) <math>\xi_6</math> □</p> <p>۷- کیفیت بتن پی (ترک، زوال، کرمو بودن) <math>\xi_7</math> □</p> <p>۸- کیفیت جوش ستون به صفحه ستون <math>\xi_8</math> □</p> <p>۹- بروز نشست در پی <math>\xi_9</math> □</p> <p>۱۰- عدم وجود عایق رطوبتی روی پی <math>\xi_{10}</math> □</p>	<p><b>ج) معایب مربوط به پی و اتصالات سازه به پی: <math>\alpha_3</math></b></p> <p>۱- عدم وجود بولت یا مهره اتصال <math>\xi_1</math> □</p> <p>۲- عدم بارز بولت یا مهره اتصال <math>\xi_2</math> □</p> <p>۳- عدم کفایت بارز جوش ستون به صفحه ستون <math>\xi_3</math> □</p> <p>۴- عدم کفایت لچگی‌ها و سایر ورق‌های اتصال ستون به صفحه ستون <math>\xi_4</math> □</p> <p>۵- کیفیت بولت و مهره (شل بودن، کمبود طول رزوه) <math>\xi_5</math> □</p>
<p><b>د) دیافراگم بتنی یا آجری: <math>\alpha_4</math></b></p> <p>۱- عدم کفایت بارز دیافراگم موجود از نظر انتقال بار جانبی به قاب <math>\eta_1</math></p> <p>۲- کیفیت نامناسب اجزای بتنی یا فولادی دیافراگم (ترک، زوال، خوردگی، لهیدگی) <math>\eta_2</math> □</p> <p>۳- کیفیت نامناسب دیافراگم آجری <math>\eta_3</math></p> <p>۴- عدم کفایت بارز اتصال دیافراگم به قاب <math>\eta_4</math></p>	
<p><b>ه) اندرکنش سازه با محیط اطراف: <math>\alpha_5</math></b></p> <p>احتمال قابل توجه برای سقوط اجسام یا سازه‌های مجاور روی سازه <math>\Omega_1</math> □</p> <p>احتمال قابل توجه برای وقوع آتش سوزی یا آبرفتگی در پیرامون سازه <math>\Omega_2</math> □</p> <p>احتمال قابل توجه برای برخورد اجسام یا سازه‌های مجاور به سازه <math>\Omega_3</math> □</p> <p>احتمال قابل توجه برای ناپایداری زمین زیر پی (وجود شیروانی، شیب زیاد) <math>\Omega_4</math> □</p>	
<p>توضیحات:</p> <p>تاریخ:</p> <p>امضاء:</p>	

جدول ۳- تعیین پارامتر درجه اهمیت ساختمان (I)

اهمیت ساختمان	اهمیت زیاد	اهمیت متوسط	اهمیت پایین
امتیاز	۲/۱۵	۲/۰۷۵	۲

در جدول (۴) تعیین پارامتر تعداد طبقات ساختمان (S) نشان داده شده است.

جدول ۴- تعیین پارامتر تعداد طبقات ساختمان (S)

تعداد طبقات ساختمان	یک طبقه	دو طبقه	سه طبقه و بیشتر
امتیاز	۲	۲/۰۷۵	۲/۱۵

ضرایب مربوط به سیستم باربر مصالح بنایی در جدول (۵) ارائه گردیده است.

مقادیر مربوط به پارامترهای S, I و A مطابق جداول زیر می‌باشد.

لازم به توضیح است به دلیل اینکه تقریباً ۷۵٪ ساختمان‌های موجود در ایران با سیستم مصالح بنایی می‌باشند، تمرکز اصلی این پژوهش و فرمول ارائه شده، ویژه ساختمان‌های با مصالح بنایی می‌باشد.

در جدول (۲) تعیین ضریب طول عمر ساختمان (A) ارائه گردیده است.

جدول ۲- تعیین ضریب طول عمر ساختمان (A)

عمر ساختمان بر حسب سال	زیر ۱۰ سال	بین ۱۰ تا ۳۰ سال	۳۰ سال و بالاتر
امتیاز	۲	۲/۰۷۵	۲/۱۵

در جدول (۳) تعیین پارامتر درجه اهمیت ساختمان (I) نشان داده شده است.

جدول ۵- ضرایب وزنی سیستم‌های مصالح بنایی

محل کروکی و عکس پروژه		شماره شناسه:		نام و محل ساختمان:		تعداد طبقات:		فونداسیون:	
		نوع سقف:		نوع دیوارها:					
اندرکنش سازه با محیط $\alpha_5 = 5$		معایب دیافراگم آجری $\alpha_4 = 10$		معایب اتصالات سازه به پی $\alpha_3 = 10$		معایب اتصالات سازه‌ای $\alpha_2 = 5$		معایب سازه‌ای $\alpha_1 = 70$	
$\Omega_1 =$	۰/۱	$\eta_1 =$	۰/۲	$\xi_1 =$	۰	$\gamma_1 =$	۰/۳	$\beta_1 =$	۰
$\Omega_2 =$	۰/۱۰	$\eta_2 =$	۰/۱	$\xi_2 =$	۰	$\gamma_2 =$	۰/۲	$\beta_2 =$	۰/۰۹
$\Omega_3 =$	۰/۳	$\eta_3 =$	۰/۶۰	$\xi_3 =$	۰	$\gamma_3 =$	۰	$\beta_3 =$	۰
$\Omega_4 =$	۰/۵	$\eta_4 =$	۰/۱	$\xi_4 =$	۰	$\gamma_4 =$	۰	$\beta_4 =$	۰/۰۴۵
				$\xi_5 =$	۰	$\gamma_5 =$	۰	$\beta_5 =$	۰/۰۱
				$\xi_6 =$	۰	$\gamma_6 =$	۰	$\beta_6 =$	۰
				$\xi_7 =$	۰/۴۵	$\gamma_7 =$	۰	$\beta_7 =$	۰
				$\xi_8 =$	۰	$\gamma_8 =$	۰/۱۵	$\beta_8 =$	۰
				$\xi_9 =$	۰/۴۵	$\gamma_9 =$	۰/۲	$\beta_9 =$	۰/۰۴۵
				$\xi_{10} =$	۰/۱	$\gamma_{10} =$	۰/۱۵	$\beta_{10} =$	۰/۰۴
								$\beta_{11} =$	۰/۰۳
								$\beta_{12} =$	۰/۰۱
								$\beta_{13} =$	۰/۰۴
								$\beta_{14} =$	۰/۰۴
								$\beta_{15} =$	۰
								$\beta_{16} =$	۰/۰۵
								$\beta_{17} =$	۰/۰۹
								$\beta_{18} =$	۰/۱
								$\beta_{19} =$	۰/۱۲
								$\beta_{20} =$	۰/۱۲
								$\beta_{21} =$	۰/۰۵
								$\beta_{22} =$	۰/۰۴
								$\beta_{23} =$	۰/۰۴
								$\beta_{24} =$	۰/۰۴

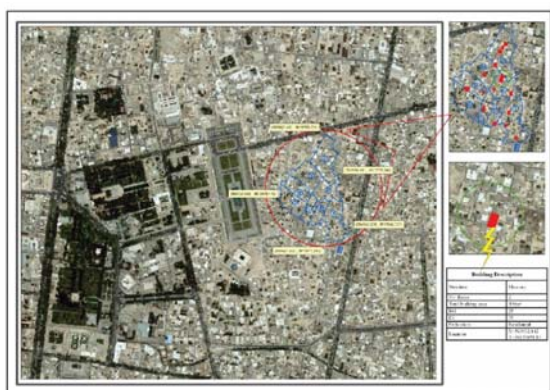
اعداد شاخص آسیب‌پذیری از ۱ تا ۱۰۰ مشخص‌کننده چهار گروه آسیب‌پذیر کم، آسیب‌پذیر متوسط، آسیب‌پذیر زیاد و خیلی زیاد هستند. عدد امتیاز ساختمان (BG) برابر است با:

$$BG = 100 - DI$$

### کاربرد نتایج ارزیابی سریع لرزه‌ای در مدیریت بحران (مطالعه موردی کلان‌شهر اصفهان)

یکی از موارد کاربردهای اصلی ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمان‌ها، در مدیریت بحران می‌باشد که بر اساس آن با بهره‌گیری از تکنیک GIS، نقشه‌های سه بعدی پتانسیل آسیب‌پذیری ساختمان‌های منطقه مورد بررسی تعیین می‌شود. و بر اساس این نقشه‌ها، با توجه به خطرپذیری هر ناحیه و سناریوهای محتمل وقوع بحران به ارتقای برنامه‌های پیشگیری قبل از وقوع بحران پرداخته می‌شود و کمبودهای موجود مانند بیمارستان‌ها، مراکز پلیس، آتش‌نشانی و... را مشخص کرده و نسبت به احداث آنها در محل‌های کم‌خطر و با سطح دسترسی بالا اقدام می‌گردد.

در مطالعه موردی صورت گرفته در کلان‌شهر اصفهان بر اساس میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود، منطقه مورد نظر مطابق شکل (۱) تعیین گردیده و بر همین اساس نقشه آسیب‌پذیری در محیط GIS تهیه گردیده است.



شکل ۱- نمایش منطقه مورد بررسی

همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود ساختمان‌های ناحیه مورد بررسی با چهار رنگ زرشکی، قرمز، صورتی و سفید نشان داده شده‌اند و این تقسیم‌بندی مؤید میزان آسیب‌پذیری

اساس فرمولاسیون ارائه شده در این تحقیق بر پایه سه عامل اساسی دخیل در تعیین شدت آسیب‌پذیری ساختمان‌ها می‌باشد. این عوامل شامل ضریب وزنی گروه معایب، ضریب وزنی اهمیت معایب و ضریب شرایط می‌باشند که در تعیین عدد شاخص خسارت (DI) به کار می‌روند. معیار انتخاب ضریب وزنی مناسب برای گروه معایب، انجام ارزیابی تفصیلی برای تعدادی از ساختمان‌های نمونه بوده است. در واقع برای انتخاب ضریب وزنی گروه معایب و هم‌چنین ضرایب اهمیت معایب مختلف موجود در گروه‌های معایب با استفاده از مهندسی معکوس برای تعدادی از پروژه‌های ارزیابی تفصیلی شده، درصدی برای مناسب انتخاب و استفاده گردیده است. بدین ترتیب که بر مبنای انجام ارزیابی تفصیلی انجام شده برای پروژه‌های خاص، این ساختمان نیاز به بهسازی داشته و نواقص گوناگونی در آن مشاهده گردیده و سپس برای همین ساختمان، فرم‌های ارزیابی سریع نیز تکمیل گردیده است. حدود امتیازات تعریف شده برای شدت‌های مختلف آسیب‌پذیری ساختمان‌ها براساس جدول (۶) می‌باشد.

جدول ۶- آسیب‌پذیری مختلف براساس امتیازات، ساختمان‌های مسکونی به روش شاخص‌سازان

شدت آسیب‌پذیری	BG	DI
احتمال ریزش	۲۵ ~ ۱	۱۰۰ ~ ۷۵
آسیب‌پذیری زیاد	۵۰ ~ ۲۵	۷۵ ~ ۵۰
آسیب‌پذیری متوسط	۷۵ ~ ۵۰	۵۰ ~ ۲۵
آسیب‌پذیری کم	۱۰۰ ~ ۷۵	۲۵ ~ ۱

استفاده از محدوده‌ای برای اعداد برای تعیین درجه آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، به علت تعداد محدود گروه‌های آسیب‌پذیر می‌باشد. به عبارتی می‌توان به تعداد اعداد امتیازات ساختمان‌ها شدت آسیب‌پذیری تعریف نمود و به جای استفاده از محدوده یا بازه، از یک عدد مشخص استفاده کرد ولی نقطه ضعف این کار، عدم استفاده آن در اولویت‌بندی و عدم اطلاع‌رسانی مناسب به مدیریت و هم‌چنین عدم امکان تصمیم‌گیری برای حفظ، تخریب یا مقاوم‌سازی ساختمان مذکور می‌باشد.

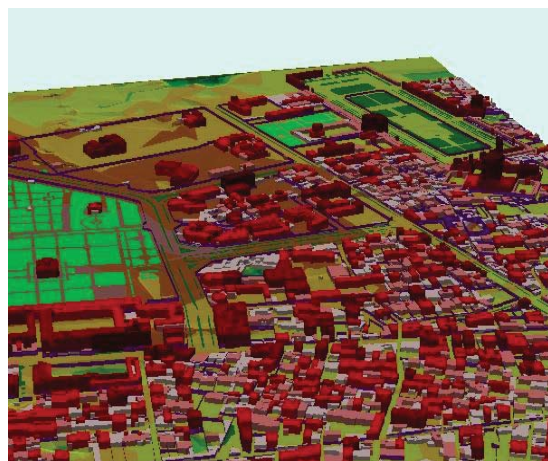
بررسی قرار می‌گیرند و نقاط بحران‌زای منطقه مورد بررسی برحسب شدت با رنگ‌های مختلف نشان داده می‌شود. پس از تعیین نقاط بحران‌زای منطقه مورد بررسی جهت کاهش مخاطرات پیش‌بینی شده باید اقدامات لازم جهت مدیریت و تصمیم‌گیری‌های مناسب صورت پذیرد.

### مراجع

- Whitman, R. V., "Seismic design decision analysis", Report no.10, Methodology and pilot application, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (1972).
- Blume, J. A., Page, R. A., Joyner, W. B., "Earthquake shaking and damage to buildings", URS/John A. Blume & Associates, San Francisco, (1975).
- Park, Y. J., Ang, A., Wen, Y. K., "Seismic damage analysis and damage-limiting design of reinforced concrete building", University of Urbana-Champaign, (1984).
- Freeman S. A. "The Capacity Spectrum Method". Proc. 11th ECEE, Paris, (1998).
- HAZUS 99 "Earthquake Loss Estimation Methodology - Technical and User Manuals" Federal Emergency Management Agency, Washington, D. C., (1999).
- Arya A. S, Design Construction Of Masonry Building In Seismic Areas, Bullotion, Zndiam Society Of Earthquake Technology
- J. H. Rainer, D. E. Allen, A. M. Joblonski & H.Vaidyanathan Seismic screening method for buildings in Canada, NRC Institute for Research in Construction; National Research Council Canada
- FEMA 154 – Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency, Edition 2, March, (2002).
- Shen, J., Akbas, B., "Energy approach in performance based earthquake resistant design (PB-EQRD)" 12<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering.

ساختمان‌ها می‌باشد به‌طوری که مطابق ذیل تقسیم‌بندی می‌گردند:

- ساختمان‌های با رنگ زرشکی، ساختمان‌های با BG بین ۱ تا ۲۵ می‌باشند که در آنها احتمال ریزش وجود دارد.
- ساختمان‌های با رنگ قرمز، ساختمان‌های با BG بین ۲۶ تا ۵۰ می‌باشند که شدت آسیب‌پذیری بالایی دارند.
- ساختمان‌های با رنگ صورتی، ساختمان‌های با BG بین ۵۱ تا ۷۵ می‌باشند که شدت آسیب‌پذیری متوسطی دارند.
- ساختمان‌های با رنگ سفید، ساختمان‌های با BG بین ۷۶ تا ۱۰۰ می‌باشند که شدت آسیب‌پذیری کمی دارند.



شکل ۲- مدل سه بعدی ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری ساختمان‌های ناحیه مورد بررسی بر اساس روش شاخص‌سازان

### ۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در روش‌های ارزیابی سریع لرزه‌ای، محدودیت‌هایی نظیر زمان طولانی ارزیابی، نیاز به اسناد و مدارک محاسباتی و اجرایی دقیق ساختمان و هزینه زیاد، وجود ندارد و همین ویژگی‌ها سبب شده است که با صرف هزینه و زمانی اندک، تعداد بی‌شماری از ساختمان‌ها را مورد ارزیابی قرار داد و تنها ساختمان‌هایی که تقویت آنها هزینه گزافی داشته باشد یا سطح ایمنی پائینی داشته باشند با روش‌های دقیق و تحلیلی مورد ارزیابی قرار گیرند.

استفاده از روش‌های ارزیابی سریع لرزه‌ای بخصوص برای مراحل پیشگیری از شرایط بحران‌زا بسیار کاربرد دارد. در این روش ساختمان‌های شهر یا ناحیه از لحاظ آسیب‌پذیری مورد



---

## Introducing New Method for Rapid Visual Screening of the Buildings and Application in the Crisis Management

Amir Mahmoudzadeh<sup>1</sup>

### Abstract

Rapid screening of seismic vulnerability is conducted for quick and cost-effective identification of existing buildings and the crisis management information of a city or area can be completed using its results and the application of GIS techniques. This paper introduces a new, comprehensive and efficient method in rapid seismic screening of buildings in a manner in which using the results of this method and case study of the desired area of the Metropolitan city of Isfahan, the vulnerability of its buildings have been estimated and with the application of GIS techniques, pre and post crisis measures can be taken.

**Key Words:** *Rapid Visual Screening, Crisis Management, Urban Management, Geographical Information System (GIS)*

---

1- Academic Member of Islamic Azad University, Najafabad, Iran (Email: Amiramj1@yahoo.com)