

## طیف‌بندی کمی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر یزد)

ندا ناصری - کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران  
الیاس مودت\* - استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران  
پرستو گرمسیری - کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان  
کوروش مؤمنی - دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران  
سعید ملکی - استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

تأیید مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۱

### چکیده

یکی از موضوعات مدنظر برنامه‌ریزان شهری «برنامه‌ریزی ایمنی» شهرهاست که یکی از اساسی‌ترین پیش‌فرض‌های جامعه جهانی برای برنامه‌ریزی انسان‌محور محسوب می‌شود. تحلیل و کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی به حوزه مهم و گسترده‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران تبدیل شده است. براساس ضرورت موضوع پژوهش حاضر با استفاده از آمار فضایی COPRAS، مدل‌سازی معادلات ساختاری و شبیه‌سازی بوت‌استرپ آسیب‌پذیری شهری در شهر یزد بررسی شد. پژوهش حاضر رویکرد توسعه‌ای-کاربردی دارد و ترکیبی از روش‌های پژوهش (کتابخانه‌ای، میدانی و توصیفی-تحلیلی) است. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه‌های GIS، Excel، Grafer، PLS، EQS استفاده شد. براساس نتایج پژوهش، در مجموعه متغیرهای ساختمانی از نظر مساحت در آسیب‌پذیری فیزیکی-کالبدی متغیر ساختمان‌هایی با مساحت زیر ۱۰۰ تا ۲۰۰ مترمربع هیچ‌گونه توزیع و پراکندگی ندارند. میانگین آن‌ها نیز بیانگر وضعیت آسیب‌پذیری این شاخص در شهر یزد است. در مجموعه متغیرهای نوع سکونت در آسیب‌پذیری اجتماعی، کمترین ضریب پراکندگی به متغیرهای سکونت‌گاه‌های گروهی مربوط است. همچنین نتایج وزن داده‌ها درباره مناطق با استفاده از شبیه‌سازی ضریب اطمینان ۹۵ درصد است. همچنین نتایج تکنیک کوپراس در مناطق سه‌گانه شهر یزد به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۰ و ۰/۸۷ درصد است که به ترتیب در رتبه دو، سه و یک آسیب‌پذیری قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، مدل‌سازی، یزد.

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، مدیران و برنامه‌ریزان شهری با تغییرات شگرف جهانی در حیطه علوم خود با پیشرفت فناوری و جهانی‌شدن شهری مواجه هستند. یکی از موضوعاتی که در این حیطه توجه برنامه‌ریزان شهری را به خود جلب کرده ایمنی شهری است که یکی از اساسی‌ترین پیش‌فرض‌های جامعه جهانی برای برنامه‌ریزی انسان‌محور به‌شمار می‌آید. مفهوم آسیب‌پذیری شهر در برابر مخاطرات، واحدی بین چارچوب «مکان و خطر» را دربرمی‌گیرد (Azar and Rain, 2007; Cutter, 2012) که نشان‌دهنده خطرات انسانی و فضاهای شامل جمعیت‌های انسانی (فیزیکی - کالبدی) است (Chakraborty et al., 2005; Cutter et al., 2003). به بیان دیگر، در غالب نقشه و نقشه‌خوانی به‌عنوان ابزار جغرافیا در این پژوهش، ارتباط فضایی میان آسیب‌پذیری اجتماعی، آسیب‌پذیری بیوفیزیکی و خطرات زیست‌محیطی مانند زلزله نمایان است.

مفهوم آسیب‌پذیری اجتماعی در مقابل خطرات محیطی به این دلیل مدنظر است که در هر مطالعه‌ای برای مقایسه و تحلیل آسیب‌پذیری نسبت به دیگر عوامل «تمام فضا و عناصر» را شامل می‌شود (Katherine et al., 2015; Chakraborty, 2011; Cutter et al., 2003; Krishnamurthy and Krishnamurthy, 2012; Shepard et al., 2012).

در میان بحران‌های شهری، زلزله از دیرباز جزء خطرناک‌ترین مخاطرات طبیعی بوده و است (ملکی و مودت، ۱۳۹۲: ۸۵)؛ بنابراین امروزه تحلیل و کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی به حوزه مهم و گسترده‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران تبدیل شده است (قدیری و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۸)، اما این موضوع به‌حدی گسترده و پیچیده است که نیازمند توجه به تمام متغیرها و عوامل تأثیرگذاری است. در مقابل، دستیابی به تمام متغیرها، مکان‌ها و عوامل به دلایلی تأثیرگذار نیست و از سوی دیگر هدف برنامه‌ریزی مدیریت بحران، کاهش و جلوگیری از اثرات سوء این آسیب‌هاست.

محاسبه کارایی زمانی مورد نیاز است که بخواهیم از بیشترین خروجی قابل تولید از یک ورودی اطلاع داشته باشیم (پیشگیری آسیب‌پذیری و بحران). به عبارت دیگر، به تابعی با عنوان تابع تولید نیاز است که مقدار آن به ازای هر ورودی، نشان‌دهنده بیشترین میزان قابل تولید از آن ورودی باشد. متأسفانه در دنیای واقعی نمی‌توان بیشترین میزان تولید شده از یک ورودی را محاسبه کرد و مرز کارایی واقعی نامشخص است.

برای رفع این مشکل و ارائه مقدار کارایی هر واحد (منطقه شهری) می‌توان تابعی را به‌عنوان تابع تولید مشخص کرد و به عبارت دیگر، تخمین از مرز واقعی را به‌جای آن‌ها قرار داد که این کار به دو روش پارامتری و ناپارامتری انجام می‌شود. براین اساس از اطلاعات حاصل از تجربه‌های زندگی خود و دیگران استفاده می‌کند و از توانایی‌های ذهنی خویش برای نظم‌بخشیدن و اولویت‌بندی این اطلاعات بهره می‌برد. انسان در زندگی روزمره این اطلاعات را برای درک بیشتر محیط پیرامون خود، یادگیری مطالب جدید و برنامه‌ریزی برای آینده به‌کار می‌برد و از این‌رو از توانایی استدلال، براساس مشاهدات برای نیل به اهداف خود استفاده می‌کند. البته به‌دلیل محدودیت قدرت ادراک از جهان خارج و نیز محدودیت قدرت استدلال جامع و عمیق، وی با عدم قطعیت مواجه است.

فعل‌و‌انفعال و اثر متقابل اطلاعات و عدم قطعیت، معیاری برای میزان پیچیدگی است که در این پژوهش در موضوع

زلزله، نمونه‌ای از تجربه عملی روزمره از مسئله بحران شهری است که هدف آن افزایش متغیر برای کاهش آسیب بحران شهری است؛ بنابراین به دلیل نیاز به اطلاعات بیشتر برای کاهش بحران، عدم قطعیت در وقوع بسیاری از حوادث و امور غیرقابل پیش‌بینی را نیز دربرمی‌گیرد؛ بنابراین هر اندازه درجه و میزان عدم قطعیت افزایش یابد، پیچیدگی اهداف نیز بیشتر می‌شود؛ از این‌رو ادراکات ما از پیچیدگی درباره دانسته‌ها و ندانسته‌ها به‌مرور افزایش می‌یابد. در این پژوهش، مهم‌ترین مقوله پیش‌رو، نخست کاهش ضریب خطا برای مدیریت بحران با به‌کارگیری روش مدل‌سازی و موضوع دوم چگونگی کنترل پیچیدگی امور و مسائل و آسیب‌هاست. بدین‌منظور با روش COPRAS به بررسی موضوع پرداخته شده است. چنین موضوعاتی را می‌توان ابزار برنامه‌ریزی، معیاری برای سیاست‌های توسعه و تلاش‌های آموزشی و مالی به مدیران و برنامه‌ریزان شهری در شناسایی جمعیت در معرض خطر در سه حیطة تخلیه، شناسایی و عدالت زیست‌محیطی بالقوه و موجود دانست.

### اهداف پژوهش

استان یزد به دلیل قرارداشتن در ناحیه تکتونیکی ایران مرکزی، وارث بیشتر ویژگی‌های زمین‌ساختی سایر نواحی تکتونیکی ایران است. در مقیاس کلی از روند تکتونیکی منطقه می‌توان مسیر دو گسل بزرگ ایران مرکزی در شرق و غرب منطقه را مشاهده کرد. گسل دهشیر با قرارگرفتن در امتداد شیرکوه، فرورفتگی ابرقو-سیرجان را در غرب خود جای داده و در گرانس جانبی نیز از قسمت شمالی به نائین و از بخش جنوبی به گسل مروست-ندوشن مربوط می‌شود. همچنین گسل چابدونی که امتداد گسل پشت‌بام است، شرق منطقه را تا انار و رفسنجان دربرمی‌گیرد. در محدوده شهر یزد تنها یک گسل شناخته‌شده وجود دارد. در ۳ کیلومتری شمال شرق یزد، رسوبات مارنی، ماسه‌ای و کنگلومرانی گچ‌دار و نمک‌دار نئوژن با جهت شمال غربی-جنوب شرقی بیرون‌زدگی دارند. طول این گسل ۴۷ کیلومتر و از نوع فشاری است (کلانتری خلیل‌آبادی، ۱۳۷۸: ۱۱۴). شهر یزد با توجه به اینکه تقریباً در موقعیت مرکزی ناحیه تکتونیکی ایران قرار دارد، وارث بیشترین ویژگی‌های زمین‌ساختی سایر نواحی تکتونیکی ایران است.

به‌طورکلی موقعیت جغرافیایی محدوده سبب شده است که این منطقه در طول دوره‌های زمین‌شناسی، کانون انواع فعالیت‌های تکتونیکی و محل برخورد انواع گسل‌ها، با روندها و سنین مختلف و انواع لرزه‌ای تکتونیکی با روندها و شدت‌های فرسایش و رسوب‌گذاری متفاوت باشد (مهرشاهی و مهرنهاد، ۱۳۸۳: ۲۲).

هدف کلی پژوهش حاضر بررسی چگونگی به‌کارگیری رویکرد آمار فضایی به‌منظور تحلیل موضوع آسیب‌پذیری شهری ناشی زلزله در شهر یزد است تا بتوان ضریب اطمینان رتبه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق را افزایش داد. به عبارت دیگر، از نظر آمار فضایی به کاهش ضریب خطا و ارائه فواصل اطمینان با بزرگ‌کردن حجم متغیرها اشاره دارد. اهداف دیگر پژوهش عبارت است از:

- روش به‌کارگیری آمار فضایی در تحلیل‌های موضوع جغرافیای شهری (در این پژوهش موضوع آسیب‌پذیری اجتماعی- فیزیکی شهرها در برابر زلزله)؛
- رتبه‌بندی آسیب‌پذیری بحران زلزله در مناطق شهری با روش COPRAS؛

- شناسایی مناطق حساس در زمان بحران در شهر یزد؛
- شناسایی متغیرهای تأثیرگذاری در سنجش بحران زلزله.

### تعاریف و مبانی نظری پژوهش

❖ شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی (SoVI) و شاخص آسیب‌پذیری کالبدی-فیزیکی (SBVI)

یکی از روش‌های گسترده و پیشرفته تجزیه و تحلیل پذیرفته‌شده در حیطه آسیب‌پذیری، VI و زیرمجموعه آن SoVI و SBVI است که در آن مؤلفه‌های اصلی برای بررسی در نظر گرفته شده است. همچنین برای کاهش آسیب‌پذیری، آن‌ها نیز به زیرمجموعه‌هایی تقسیم شده‌اند (Katherine et al., 2015: 90)؛ بنابراین SoVI بیانگر شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی است که محصول دو مفهوم مخاطرات و آسیب‌پذیری محسوب می‌شود. این شاخص در مؤسسه تحقیقات با علامتی تجاری از دانشگاه کارولینای جنوبی ثبت شده است.<sup>۱</sup>

باید توجه داشت که در روش‌شناسی تعیین شاخص‌های آسیب‌پذیری کوتر و همکاران، سه شاخص اصلی موضوع (اجتماعی-اقتصادی، کالبدی-فیزیکی و فضای قابل‌دسترس) در نظر گرفته شده (Christopher, 2000: 190) که به‌عنوان SoVI تعریف شده است. به‌منظور تعیین آسیب‌پذیری براساس روش‌ها می‌توان متغیرها را بدون وزن یا با استفاده از آن سنجید که در این پژوهش علاوه بر دخالت‌داشتن وزن‌ها، معادله آسیب‌پذیری (VI) به شرح زیر تعریف شده است:

$$VI = BVI + SoVI$$

در معادله فوق، VI بیانگر شاخص آسیب‌پذیری SoVI، بیانگر شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی و BVI بیان‌کننده شاخص آسیب‌پذیری ساختمانی (فیزیکی-کالبدی) تعریف شده است. همچنین شاخص‌های اجتماعی و ساختمانی استفاده‌شده در این پژوهش در قسمت تجزیه و تحلیل یافته‌ها ارائه شده است.

### • آسیب‌پذیری

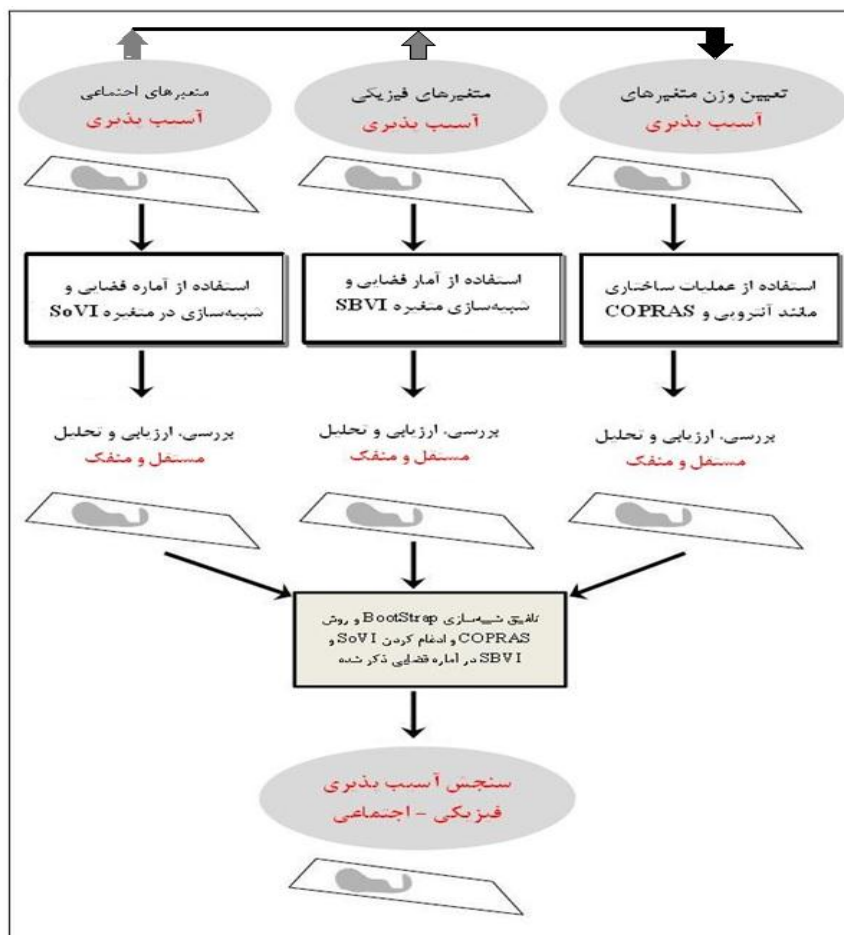
مفاهیم و تعاریف آسیب‌پذیری از نظر تعداد بیشمار و از نظر لغوی متفاوت‌اند، اما در ساده‌ترین و پرکاربردترین حالت به معنای درجه‌ی زیان حاصل‌شده از پدیده بالقوه آسیب‌رسان (ECHO, 1999: 16) است. امروزه این توصیف از آسیب‌پذیری، مفهومی محدود، فنی و به‌طور عمده فیزیکی از آن است (Smith, 2000: 16)؛ زیرا در مطالعه آن خصیصه‌ای از سیستم زوجی انسانی-محیطی ایجاد شده است (Cutter, 2000: 737; Weichselgartner, 2001: 94).

### روش پژوهش

به‌طور کلی پژوهش حاضر توسعه‌ای-کاربردی با روش پژوهش ترکیبی (کتابخانه‌ای، میدانی، توصیفی و تحلیلی) است. در این پژوهش، برای شبیه‌سازی از الگوی Bootstarp موجود در دو نرم‌افزار VPLS و AMOS-SPSS و برای مدل‌سازی

۱. درباره مفهوم VI و زیرشاخه‌های آن، علاوه بر مؤسسه تحقیقاتی دانشگاه کارولینای جنوبی، کوتر و همکاران پژوهشی با عنوان آسیب‌پذیری اجتماعی و مخاطرات محیطی انجام داده‌اند که در آن به تشریح بیشتر این مفاهیم پرداخته شده است:  
Cutter, Susan; Bryan, Boruff and Shirley, Lynn, SOCIAL SCIENCE QUARTERLY, Volume 84, Number 2, June 2003.

معادلات ساختاری در عناصر اجتماعی-کالبدی از نرم‌افزار SmartPLS استفاده شد. سنجش و طیف‌بندی آسیب‌پذیری (VI) به کمک آماره COPRAS صورت گرفت. به‌منظور تکمیل تجزیه و تحلیل یافته‌ها نیز از نرم‌افزارهای GRAFER، EXCEL، EQS و ArcGIS استفاده شد.<sup>۱</sup>



شکل ۱. ساختار عملیاتی پژوهش در مدل‌سازی

براساس قاعده تخمین رفتار یک‌سازمانه یا سیستم موجود در جهان واقعی با ایجاد محیطی ساختگی و استفاده از مدل نظری و برنامه‌ریزی و مدیریت بحران پیش از واقع‌شدن آسیب، در این پژوهش ژ با شبیه‌سازی Bootstrap ۲۶ متغیر از عوامل تأثیرگذار در کاهش آسیب زلزله به‌کار گرفته شد.

در شبیه‌سازی، برخی جنبه‌های رفتاری یک سیستم فیزیکی یا انتزاعی به‌کمک رفتار سیستمی دیگر نمایش داده می‌شود. شبیه‌سازی در بسیاری از متون شامل مدل‌سازی سیستم‌های طبیعی و سیستم‌های انسانی است. برای دستیابی به بیش‌کارکرد این سیستم‌ها در فناوری و مهندسی ایمنی که هدف آن آزمودن بعضی سناریوهای عملی در دنیای واقعی است از شبیه‌سازی استفاده می‌شود. در شبیه‌سازی با استفاده از شبیه‌ساز یا وسیله‌ای دیگر در یک موقعیت

۱. برای تشریح بیشتر شبیه‌سازی بوت‌استرپ ر. ک به ایران‌پناه و اصلانی، ۱۳۹۱؛ بنی‌اسدی و همکاران، ۱۳۸۴؛ ایران‌پناه و محمدزاده، ۱۳۸۴.

ساختگی می‌توان آثار واقعی برخی شرایط احتمالی را بازسازی کرد؛ بنابراین شبیه‌سازی علم و هنر ساختن نمایشی (مدلی) از پروسه یا سیستم به‌منظور ارزیابی و آزمایش راهبردهاست. به عبارت دیگر، شبیه‌سازی یا سیمولاسیون، تقلید چیزی واقعی یا وضعیت اجتماعی یا یک فرایند است و معمولاً متضمن وانمایاندن شماری از ویژگی‌ها یا رفتارهای کلیدی در سامانه‌ای فیزیکی یا انتزاعی است.

در سال‌های اخیر، به‌همراه پیشرفت‌های فناوری در زمینه جمع‌آوری و پردازش داده‌های جغرافیایی و درک خلأهای موجود در زمینه داده‌های فضایی و جغرافیایی، توجه بسیاری از پژوهشگران به آمار فضایی جلب شده و پیشرفت‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته است. آمار فضایی به ما کمک می‌کند تا رفتار پدیده‌های جغرافیایی را بهتر درک کنیم، الگوها و روندهای موجود در پدیده‌ها را بشناسیم و دلایل آن‌ها را کشف کنیم. تا مدت‌ها عدم امکان تحلیل‌های آمار فضایی در نرم‌افزارهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نوعی خلأ محسوب می‌شد، اما در سال‌های اخیر افزوده‌شدن مجموعه ابزارهای تحلیلی آمار فضایی به ArcGis توانمندی‌های بسیار خوبی را در این زمینه ایجاد کرده است (عسگری، ۱۳۹۰: ۱۵).

به‌منظور تجزیه و تحلیل آمار فضایی لازم است مدلی آماری در نظر گرفته شود. معمولاً میدان تصادفی به‌عنوان مدل آماری برای داده‌های فضایی در نظر گرفته می‌شود. این میدان مجموعه‌ای از متغیرهای تصادفی

$$[Z(S): S \in D \subseteq R^d; d \geq 1]$$

است که در آن  $D$  مجموعه اندیس گذار است. هر میدان تصادفی را می‌توان به‌صورت زیر تجزیه کرد:

$$Z(S) = \mu(S) + \delta(S)$$

که در آن  $\mu(S)$  تغییرات مقیاس بزرگ یا روند و  $\delta(S)$  تغییرات مقیاس کوچک یا فرایند خطای میدان تصادف است.

اگر میانگین میدان تصادفی ثابت و به موقعیت بستگی نداشته باشد؛ یعنی  $E\{Z(S)\}$  و واریانس عبارت

$$[Z(S) - Z(s+h)]$$

فقط تابعی از فاصله موقعیت است؛ یعنی

$$\text{var}\langle Z(S) - Z(s+h) \rangle = 2\gamma(h)$$

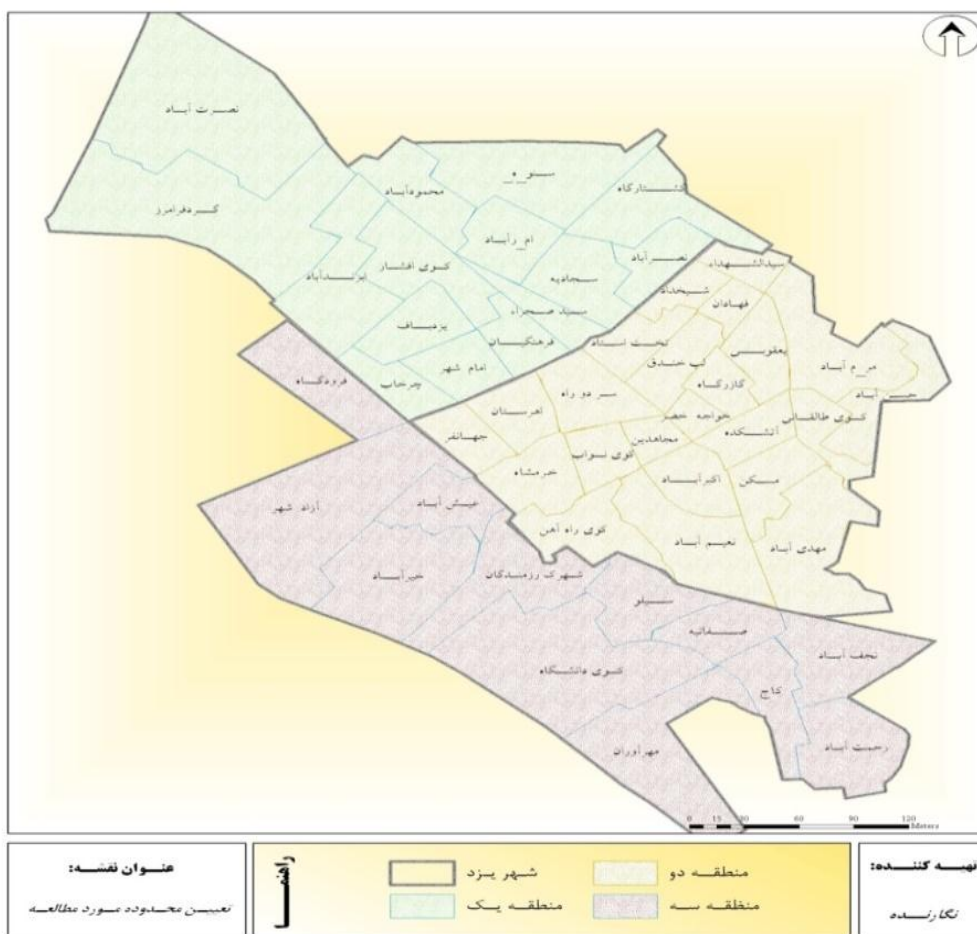
همچنین توابع تغییرنگار به‌ترتیب همیشه منفی شرطی و همیشه مثبت هستند؛ بنابراین در این پژوهش ابتدا نمونه بوت‌استرپ  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$  با استفاده از مراجع آماری بوت‌استرپ با نرم‌افزار EQS و PLS ۱۰۰۰ بار تکرار با روش  $T^* = T(x_1^*, K, x_n^*)$  محاسبه شد. باید توجه داشت که ۲۶ متغیر مورد نظر با  $B$  بار تکرار به تفکیک هر سه منطقه شهری یزد انجام شده است.

### تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این قسمت از پژوهش، ضمن معرفی کلی منطقه مورد مطالعه، ابتدا شاخص‌های اجتماعی-کالبدی و سپس نتایج ارائه شده است.

### ❖ شناخت منطقه مورد مطالعه

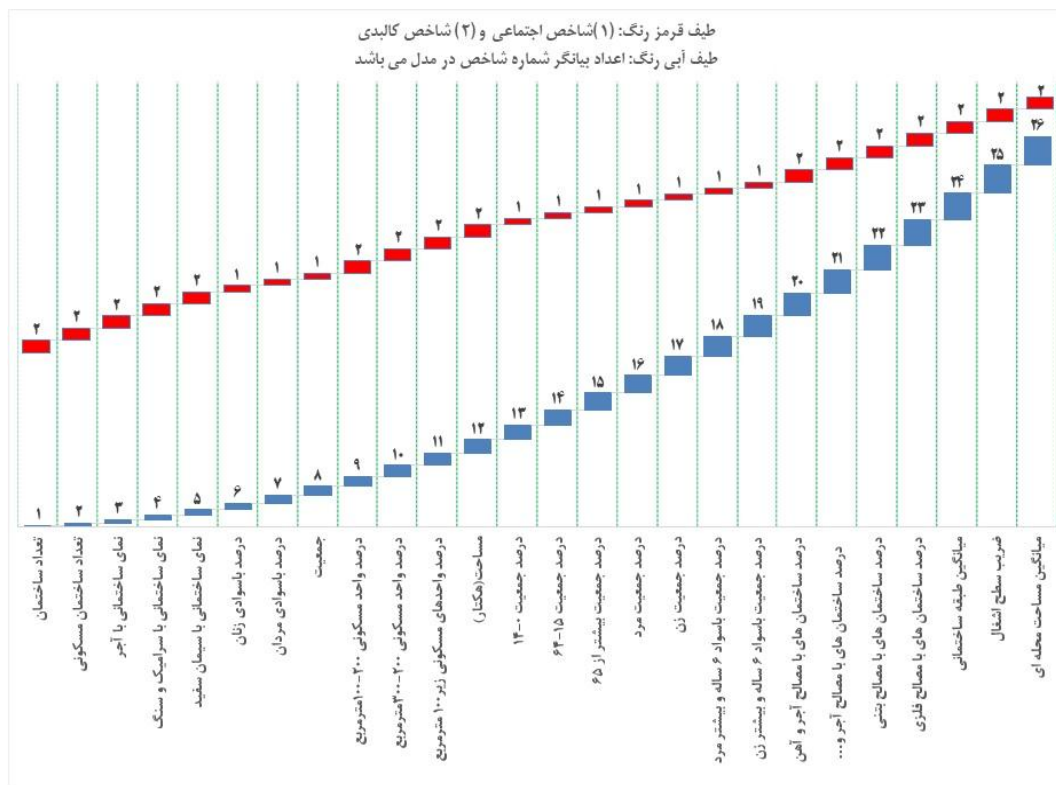
شهر یزد با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه، ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی بزرگ‌ترین واحد تاریخی استان یزد و مرکز اداری آن است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا نیز ۱۲۳۰ متر است (مودت، ۱۳۹۳: ۴۳). سیر تحول جمعیت شهر یزد در گذر زمان همواره سریع‌تر از سایر نقاط شهری استان بوده است. این روند سبب شده تا سهم جمعیتی این شهر از کل جمعیت شهری شهرستان و حتی استان فزونی یابد و طی یک دوره ۱۳۳۵-۱۳۸۵ جمعیت شهر یزد تقریباً ۷ برابر شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰).



شکل ۲. محدوده محله‌ها و مناطق شهری یزد

### ❖ معرفی شاخص‌های مورد مطالعه

به‌منظور تعیین میزان آسیب‌پذیری مناطق، از آخرین اطلاعات منتشرشده استفاده شد. برخی شاخص‌ها از حالت خام خارج و به‌صورت ضریب یا نسبت آن‌ها استفاده شدند. به‌منظور خلاصه‌تر کردن مقاله، اعداد در محاسبات تا ۱۰ رقم اعشار، ولی در نمایش ۱ تا ۴ رقم اعشار نمایش داده شد.



شکل ۳. متغیر و شاخص‌های استفاده شده برای ارزیابی آسیب‌پذیری

جدول ۱. فاکتورهای بارگذاری شده، باقی مانده و وزن آن‌ها

Factor Loading, Residual and Weig				
Construct	Mean	Stddev	Residual	Weight
R1	۷۴۹۳/۷۷۰۳۸۵	۲۷۲۱۹/۵۱۱۲۳۴	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
R2	۱۱۱۱۶/۶۴۶۱۵۴	۳۱۶۹۴/۱۶۳۷۶۸	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
R3	۱۲۳۲۵/۵۷۵۷۶۹	۳۷۱۵۴/۰۴۴۴۶	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
Wj	۰/۰۲۷۹۱۷	۰/۰۴۴۲۶۳	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰

R: بیانگر منطقه شهری یزد؛ W: بیانگر وزن نهایی  
منبع: نگارندگان

به منظور روایی سازه‌های انعکاسی در آسیب‌پذیری (SoVI) می‌توان از دو روش همگرا و افتراقی سنجیده استفاده کرد. در این پژوهش در روش روایی همگرا از معیار AVE استفاده شد که براساس نتایج فوق حد مطلوب آن بالاتر از ۰/۵ انعکاسی است؛ یعنی متغیر مکنون می‌تواند به‌طور میانگین بیش از نیمی از پراکندگی آسیب‌پذیری معرف‌هایش را تبیین کند؛ بنابر روایی تأییدی مدل براساس عقیده Rivard and Huff (۱۹۸۸) چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۷ اما تعداد مشاهده‌پذیرها کم باشد و AVE متغیر مربوط بالای ۰/۵ باشد، می‌توان متغیر مشاهده‌پذیر را در مدل اندازه‌گیری انعکاسی حفظ کرد؛ زیرا برای این شاخص حداقل مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شده است و براساس نتایج از ۲۶ متغیر بالاتر از عدد مورد نظر است.




جدول ۲. آزمون بار عرضی مدل

Factor Structure Matrix of Loadings and Cross-Loadings				
Scale Items	R3	R2	R1	Wj
R1	۱/۰۴۰۰	۰/۹۵۹۰	۰/۹۲۲۶	-۰/۰۶۵۱
R2	۰/۹۵۹۰	۱/۰۴۰۰	۰/۹۹۹۶	۰/۰۷۲۴
R3	۰/۹۲۲۶	۰/۹۹۹۶	۱/۰۴۰۰	۰/۰۷۳۷
Wj	-۰/۰۶۵۱	۰/۰۷۲۴	۰/۰۷۳۷	۱/۰۴۰۰

R: بیانگر منطقه شهری یزد؛ W: بیانگر وزن نهایی  
منبع: نگارندگان

به عقیده Gefen and Straub (۲۰۰۵) (به نقل از تقوی و همکاران، ۱۳۹۶) براساس این آزمون ممکن است بارهای عاملی هر یک از متغیرهای مشاهده‌پذیر موردنظر در یک مدل اندازه‌گیری انعکاسی بیشتر از بارهای عاملی مشاهده‌پذیرهای دیگر مدل‌های اندازه‌گیری موجود در مدل ساختاری باشد. بار عاملی هر متغیر مشاهده‌پذیر بر متغیر پنهان متناظرش باید حداقل ۰/۱ و بیشتر از بارهای عاملی همان متغیر مشاهده‌پذیر بر متغیرهای پنهان دیگر باشد. به عبارت دیگر آزمون بارهای عرضی، ارزیابی روایی افتراقی را در سطح معرف ارائه می‌دهد. به نظر می‌رسد در این آزمون بار هر معرف برای هر متغیر مکنون بیشتر از بارهای عرضی یا بار آن معرف برای سایر متغیرها باشد. این امر، براساس جدول ۲ برای متغیرهای این پژوهش تأیید می‌شود و می‌توان دارابودن روایی افتراقی در سطح معرف را نتیجه گرفت.

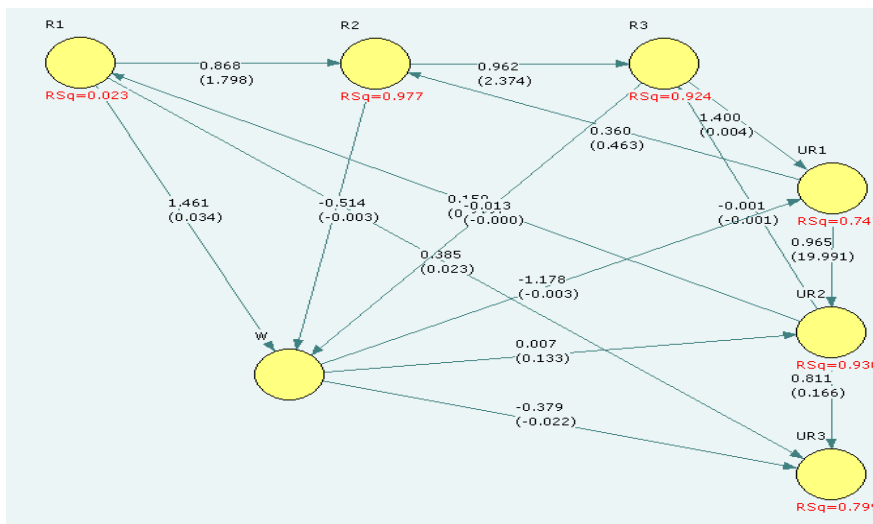
جدول ۳. نتایج شبیه‌سازی Bootstrap\*

Structural Model-Bootstrap				
	Entire Sample estimate	Mean of Subsamples	Standard error	T-Statistic
R1->R2	۰/۸۶۸۰	۱/۲۲۴۴	۰/۴۸۲۸	۱/۷۹۷۸
R2->R3	۰/۹۶۲۰	۱/۲۴۳۹	۰/۴۰۲۵	۲/۳۷۴۰
R3->R1	۱/۴۰۰۰	۴۱/۰۴۲۵	۳۶۵/۷۱۵۴	۰/۰۰۳۸
R2->W	-۰/۵۱۴۰	-۳۳/۹۴۳۰	۱۸۷/۴۱۲۷	۰/۰۰۲۷
R1->W	۱/۴۶۱۰	۱۲/۸۹۰۹	۴۲/۹۴۲۴	۰/۰۳۴۰
R3->W	-۰/۰۱۳۰	-۲۵/۷۹۲۷	۱۵۱/۷۸۱۳	۰/۰۰۰۱

\* با توجه به نتایج شبیه‌سازی بوت‌استرپ از ۱۰۰ بار تکرار تنها نتایج کلی آن در جدول آمده است.

همچنین اگرچه شبیه‌سازی جک نایف نیز می‌تواند الگویی در نتایج بحث باشد، از نتایج آن تنها شبیه‌سازی بوت‌استرپ به کار گرفته شده است؛ بنابراین براساس توضیحات و کارایی مدل شبیه‌سازی بوت‌استرپ، با استفاده از شبیه‌سازی داده‌های مورد نظر امکان تعیین آسیب‌پذیری در هر دو شاخص (اجتماعی و کالبدی) سبب کاهش خطا می‌شود و به عبارتی ضریب اطمینان را افزایش می‌دهد. همچنین یکی از فواید شبیه‌سازی بوت‌استرپ روش مناسبی برای کنترل و بررسی پایداری نتایج است که در پژوهش وزن داده‌ها درباره مناطق با استفاده از شبیه‌سازی، ضریب اطمینان بالاتری به دست آمده است؛ به طوری که منطقه شهر یزد با استفاده از Bootstrap ضریب اطمینان ۰/۹۵ را به دست آورده است. براساس نتایج شبیه‌سازی در قسمت تقریب توزیع آسیب‌پذیری (SoVI) نتایج زیر به دست آمده است:

- ❖ بیشترین نزدیکی شاخص آسیب‌پذیری (VI) به ترتیب معکوس در منطقه ۱ در رابطه با معکوس منطقه ۲، منطقه ۲ در برابر منطقه ۳ و در نهایت منطقه ۱ در برابر منطقه ۲ شهر یزد وجود دارد.
- ❖ کمترین نزدیکی و به عبارتی بیشترین شباهت شاخص آسیب‌پذیری (VI) را معکوس منطقه ۲ در برابر منطقه ۳ شهر یزد دارد.



شکل ۴. ساختار شبکه‌ای معادلات ساختاری و شبیه‌سازی Bootstrap

### • تعیین نرمال و غیرنرمال بودن آسیب‌پذیری

در این قسمت از پژوهش، ابتدا وضعیت نرمال بودن و غیرنرمال بودن آسیب‌پذیری در شهر یزد بررسی شد که سبب شناسایی کلی وضعیت آسیب‌پذیری در مناطق شهر یزد شده است. همچنین در قسمت شبیه‌سازی آسیب‌پذیری فیزیکی-اجتماعی می‌توان مشخص کرد که متغیرهایی در این مجموعه تأثیرگذار بوده و به عبارتی غیرنرمال است تا در دقت محاسبات شبیه‌سازی دخالت داده شود؛ بنابراین براساس نتیجه این قسمت تمام متغیرها در شبیه‌سازی دخالت دارند، اما بعضی متغیرها باید تنها در مجموعه خود بررسی شوند. بعضی از آن‌ها متغیرهایی هستند که برعکس در کل مجموعه کمترین ضریب پراکندگی را دارند (مساحت ساختمان‌ها) که جزئیات آن در جدول ۴ آمده است.

براساس محاسبات:

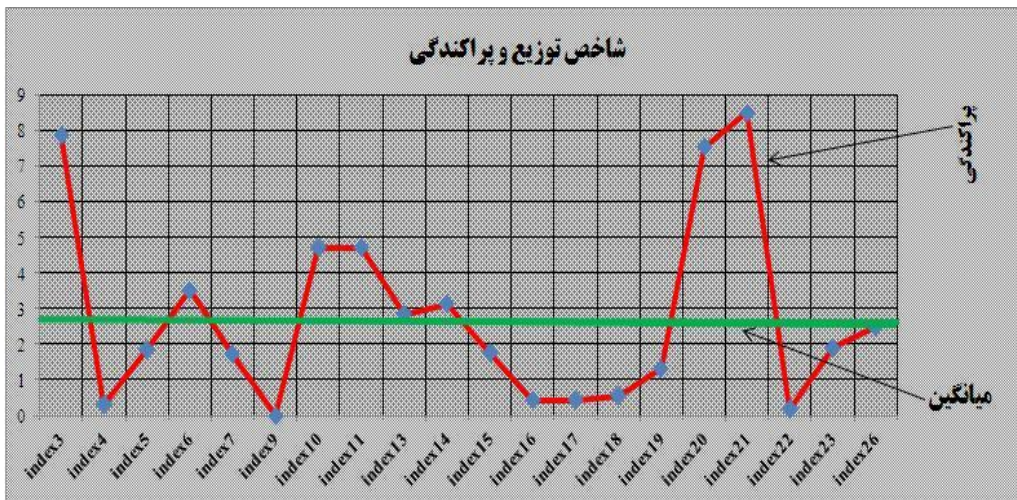
- در مجموعه متغیرهای ساختمانی و نمای آن‌ها کمترین پراکندگی وجود دارد. به عبارت دیگر شاخص‌هایی که در این مجموعه فاصله زیادی با یکدیگر ندارد، متغیرهای ساختمان‌های با نماد آجر و سنگ است.
- در مجموعه متغیرهای سواد در آسیب‌پذیری اجتماعی کمترین ضریب پراکندگی را متغیرهای باسوادی مردان در برمی‌گیرد که به زبان پژوهش با افزایش میزان سواد مردان، آسیب‌پذیری کاهش می‌باید؛ بنابراین این متغیر به‌عنوان عاملی که در میان تمام مناطق نقش یکسانی دارد مهم است.

- در مجموعه متغیرهای ساختمانی از نظر مساحت در آسیب‌پذیری فیزیکی - کالبدی محاسبات نشان می‌دهد متغیر ساختمان‌هایی با مساحت زیر ۱۰۰ تا ۲۰۰ مترمربع هیچ‌گونه توزیع و پراکندگی‌ای ندارد. به عبارت دیگر، میانگین آن‌ها بیانگر وضعیت آسیب‌پذیری این شاخص در شهر یزد است.
- در مجموعه متغیرهای ترکیب جنس و سواد در آسیب‌پذیری اجتماعی این مجموعه مانند متغیر سواد، در جمعیت مردان باسواد نیز مهم است.
- در مجموعه متغیرهای مصالح ساختمانی، کمترین پراکندگی و به عبارتی شاخصی که در این مجموعه فاصله زیادی با یکدیگر ندارد، متغیرهای ساختمان‌هایی با مصالح بتن است.
- در مجموعه متغیرهای نوع سکونت در آسیب‌پذیری اجتماعی، کمترین ضریب پراکندگی را متغیرهای سکونت‌گاه‌های گروهی دربرمی‌گیرند که به زبان پژوهش با افزایش آن آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۴. تعیین نرمال و غیرنرمال بودن متغیر براساس «ضریب پراکندگی آسیب‌پذیری» شهر یزد

توضیحات*	متوسط انحراف معیار	انحراف معیار	میانگین	متغیر	آسیب‌پذیری
	۳۱۷۵۵/۵	۳۷۴۱۳/۹	۷۰۷۳۳/۳		SBVI
	۱۶۱۷۷/۷۸	۱۷۳۲۱/۷۳	۳۴۰۳۳/۳۳		SBVI
نمای ساختمان	۷/۲۶۷	۷/۸۸۷	۶۸/۲۰۰	۱ تا ۵	SBVI
	۰/۲۶۷	۰/۲۹۴	۳/۷۰۰		SBVI
	۱/۷۵۶	۱/۸۶۲	۳/۷۳۳		SBVI
	۲/۹۵۶	۳/۵۱۶	۸۶/۰۳۳		SoVI
	۱/۴۰۰	۱/۷۱۵	۹۱/۶۰۰		SoVI
سواد اجتماعی	۷۹۷۶/۸۹	۸۴۶۹/۲۵	۱۴۴۰۶۴/۶۷	۸ تا ۶	SoVI
	۰/۰	۰/۰	۵۰/۰۰۰		SBVI
	۴/۴۴۴	۴/۷۱۴	۱۳/۳۳۳		SBVI
مساحت ساختمانی	۴/۴۴۴	۴/۷۱۴	۲۶/۶۶۷	۱۲	SBVI
	۹۳۰/۳۱	۹۹۷/۰۳	۳۳۷۸/۱۰		SobVI
	۲/۶۶۷	۲/۸۳۳	۲۵/۰۰۰		SoVI
	۲/۸۲۲	۳/۱۳۷	۷۳/۷۶۷		SoVI
اجتماعی-فیزیکی	۱/۴۶۷	۱/۷۵۷	۴/۲۰۰	۱۳ تا ۱۹	SoVI
	۰/۴۰۰	۰/۴۲۶	۵۱/۸۰۰		SoVI
	۰/۴۰۰	۰/۴۲۶	۴۸/۲۰۰		SoVI
	۰/۵۱۱	۰/۵۵۶	۹۳/۲۳۳		SoVI
	۱/۲۴۴	۱/۳۳۰	۸۸/۳۶۷		SoVI
	۷/۱۱۱	۷/۵۴۳	۷۱/۷۶۷	۲۰ تا ۲۳	SBVI
ساختار جنسی	۷/۸۲۲	۸/۵۰۷	۱۰/۴۶۷		SBVI
	۰/۱۷۸	۰/۱۸۹	۱۱/۲۳۳		SBVI
	۱/۷۷۸	۱/۹۱۴	۶/۵۳۳		SBVI
	۳۲۰۰/۲۲	۳۳۹۴/۸۸	۱۴۵۲۵/۶۷	۲۴ تا ۲۶	SobVI
۳۴۰/۴۴۴	۳۶۲/۴۹۷	۵۲۲/۳۳۳		SobVI	
نوع سکونت	۲/۲۲۲	۲/۲۹۴	۲۶/۶۶۷		SobVI

منبع: نگارندگان



شکل ۵. توزیع و پراکندگی یافته‌ها در مجموعه‌ای از متغیرها براساس میانگین

• **سنجش نهایی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری با روش COPRAS**

در سال‌های اخیر، استفاده از روش کوپراس به‌عنوان روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌دلیل سادگی، زمان اندک، رتبه‌بندی کامل، بهره‌گیری از معیارهای کمی و کیفی، محاسبه تأثیر مثبت و منفی متغیرها، تخمین درجه اهمیت گزینه‌ها و تطبیق با شرایط واقعی، محلی و تجربی (Mulliner et al, 2013: 5) استفاده شده است. این روش نیازمند پیروی از مراحل زیر است (پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۹؛ علوی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۳۰؛ حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵۰)؛ بنابراین مدل مورد نظر مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی، مسائل با معیارهای نامناسب و ناسازگار را ارزیابی می‌کند (مودت و ملکی، ۱۳۹۳: ۹۰). براین‌اساس برای شناسایی بهترین و بدترین گزینه‌ها با استفاده از مدل COPRAS نیازمند مراحل زیر است: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، نرمالیزه کردن ماتریس، وزن‌دهی متغیرها، محاسبه مجموع وزن آلترناتیوها، رتبه‌بندی براساس معیارهای مثبت و منفی و اولویت‌بندی تعیین درجه اهمیت و به عبارتی اولویت‌بندی نهایی.

- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

$$X = \begin{matrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{matrix}$$

- نرمالیزه کردن ماتریس در وضع موجود: در این فرایند ابتدا باید وزن‌دهی معیارها صورت بگیرد که در این پژوهش از روش آنتروپی شانون استفاده شده است.

$$D_{ij} = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^n X_{ij}} X_{ij}$$

- محاسبه وزن متغیرها

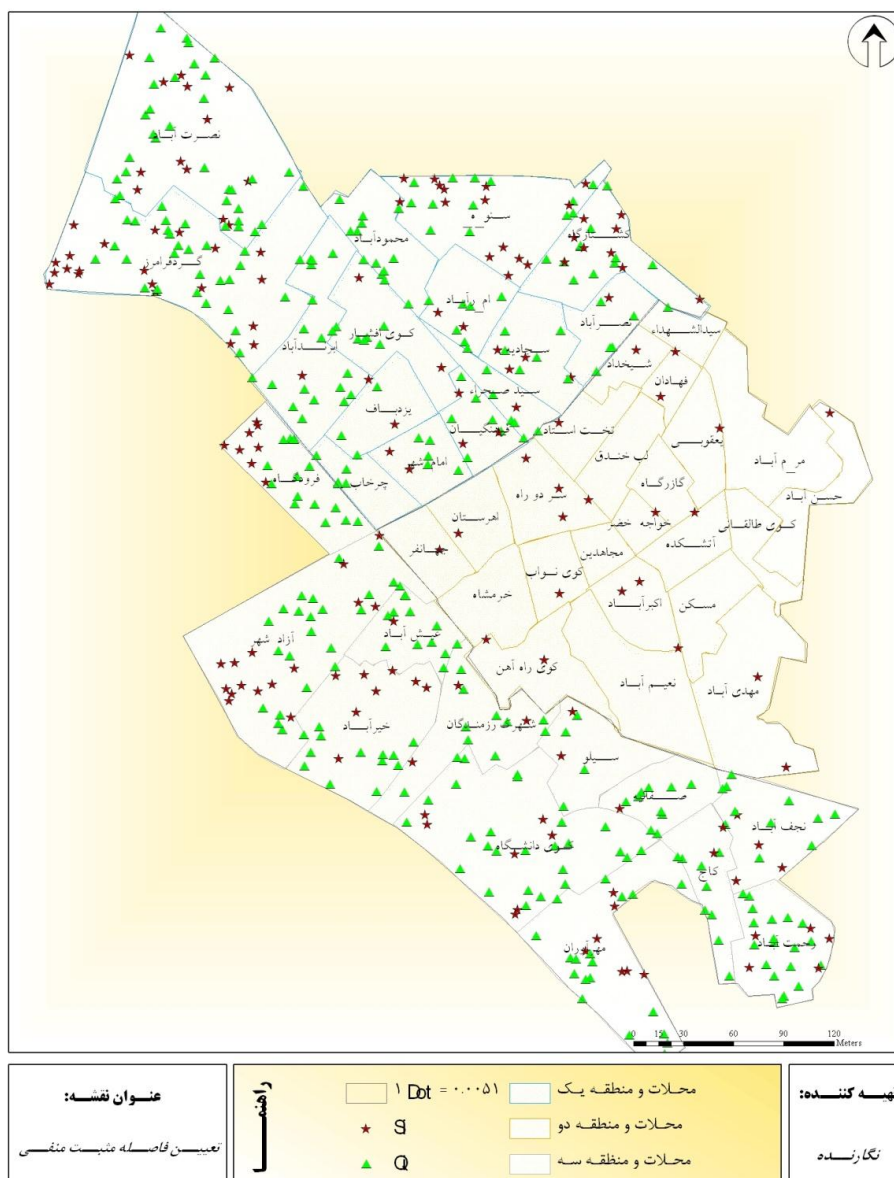
$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}] ; \forall j$$

- محاسبه مجموع وزن‌ها که توصیف‌کننده آترناتیوهاست

$$S_j^+ \gg \sum s_j^+, S_j^- \gg \sum s_j^-$$

- رتبه‌بندی معیارهای مثبت و منفی

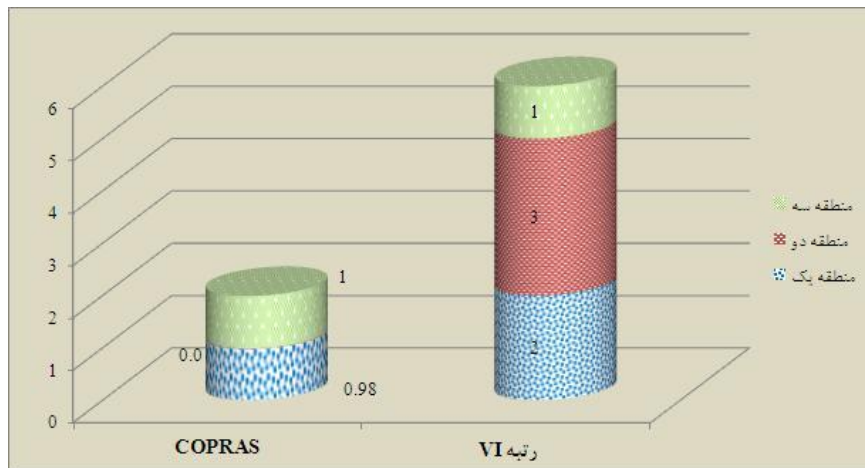
$$Q_i = S_j^+ + \left[ \frac{S_{min} \sum_j^n S_j}{S_j^- \sum_j^n 1 \frac{S_{min}}{s}} \right] = S_j^+ + \left[ \frac{\sum_j^n S_j^-}{S_j^- \sum_j^n \frac{1}{S_j}} \right]$$



شکل ۶. تعیین فاصله مناطق براساس نتایج مدل COPRAS

- اولویت‌بندی آلترناتیوها براساس مقدار  $Q_j$  که بیانگر بالاترین و پایین‌ترین رتبه براساس اعداد حاصل‌هاست.  
- تعیین درجه اهمیت و به عبارتی آلترناتیوهایی که بهترین وضعیت را در میان معیارها دارند.

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \times 100$$



شکل ۷. رتبه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهر یزد براساس رویکرد COPRAS

### نتیجه‌گیری

هدف غالب برنامه‌ها و طرح‌های زمین‌لرزه‌ای، نجات‌دادن جان افراد است. در جهان متحول کنونی بلایای طبیعی برحسب ویژگی اجتماعی-کالبدی پیامدهای متفاوتی در جوامع انسانی دارد. البته علی‌رغم پیشرفت‌های شگرف در فناوری و دستیابی به ناممکن‌های قرون گذشته، هنوز انسان در برابر حوادث غیرمترقبه طبیعی مانند زلزله، سیل و... درمانده است و گاه‌وبیگاه در معرض تلفات و خسارت‌های جانی و مالی آن‌ها قرار می‌گیرد، اما مشکل این است که با توجه به پیچیده‌بودن علل بروز آسیب‌های اجتماعی شهری، تاکنون مدل مشخصی به‌منظور پیش‌نگری آسیب‌های اجتماعی شهرها در برابر زلزله تدوین نشده و در اختیار مسئولان قرار نگرفته است. این پیش‌بینی‌نکردن شرایط می‌تواند به تصمیم‌گیری‌هایی منجر شود که علاوه بر افزایش شدید هزینه‌های سازمانی (منابع انسانی، بودجه، امکانات و...) به وخامت اوضاع، چه در زمان حال و چه آینده بینجامد.

در نتیجه واضح است که عوامل و نیروهای گوناگون می‌توانند در گسترش آسیب‌های شهری مؤثر باشند؛ بنابراین با توجه به توسعه اجتناب‌ناپذیر شهرنشینی و روند جهانی شدن شهرها، همچنین آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی از جمله زلزله در شهرها به‌عنوان نقطه تمرکز انسانی ضرورت توجه بیشتر موضوع را ایجاد می‌کند؛ از این‌رو برای مدیریت شهرنشینی شتابان و آسیب‌های ناشی از مخاطرات باید با این پدیده برخوردی سامانمند داشت؛ زیرا آسیب فیزیکی اجتماعی شهرها با دیگر عناصر و آسیب‌های شهری رابطه‌ای مستقیم دارد.

## منابع

- ایران‌پناه، نصرالله و هدی توسلی، ۱۳۹۱، «فاصله پیش‌بینی بوت‌استرپ برای احتمال مرگ‌ومیر ایران»، نشریه علوم دانشگاه خوارزمی، دوره دوازدهم، شماره ۱، صص ۲۸۱-۲۹۴.
- پورطاهری، مهدی و همکاران، ۱۳۹۳، «ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی زلزله با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس»، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره هجدهم، شماره ۳، صص ۲۷-۴۵.
- حاتمی‌نژاد، حسین و همکاران، ۱۳۹۳، «بررسی و ارزیابی سایت‌های گردشگری شهری؛ مطالعه موردی شهر ارومیه»، مجله برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری، سال سوم، شماره ۹، صص ۱۵۱-۱۶۸.
- سپهر، عادل، ۱۳۹۱، «بررسی شاخص‌های جذب اعضای هیئت‌علمی دانشگاه با استفاده از الگوریتم الکترا (ELECTRE)»، مجله برنامه‌ریزی رفاه و توسعه اجتماعی، شماره ۱۰، صص ۲۲۷-۲۴۹.
- سلامی، امیر، ۱۳۸۲، «مروری بر شبیه‌سازی مونت کارلو»، مجله پژوهشنامه اقتصادی، دوره سوم، صص ۱۱۷-۱۳۸.
- عسگری، علی، ۱۳۹۰، تحلیل‌های آمار فضایی با GIS، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، چاپ اول، تهران.
- علوی، سید علی و همکاران، ۱۳۹۴، «رتبه‌بندی نواحی روستایی براساس میزان رضایت از کیفیت زندگی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره چهل‌وهفتم، شماره ۳، صص ۱۲۹-۱۴۴.
- کلاتنری خلیل‌آبادی، حسین، حاتمی‌نژاد، حسین و عارف آقاصفری، ۱۳۸۷، «آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهر یزد در برابر زلزله»، مجله سپهر، شماره ۱۶، صص ۷۱-۸۷.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵، سالنامه آماری استان یزد.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰، گزیده نتایج آماری.
- ملکی، سعید و الیاس مودت، ۱۳۹۲، «ارزیابی طیف آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهرها براساس سناریوهای شدت مختلف با استفاده از مدل‌های GIS و TOPSIS, MD (مطالعه موردی: شهر یزد)»، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، صص ۱۲۷-۱۴۳.
- مودت، الیاس و سعید ملکی، ۱۳۹۳، «طیف‌بندی و سنجش فضایی آسیب فیزیکی اجتماعی شهرها در برابر زلزله با به‌کارگیری تکنیک VIKOR و GIS»، مجله جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، شماره ۱۱، صص ۸۵-۱۰۳.
- الیاس مودت، ۱۳۹۳، بهینه‌بندی و سنجش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- مهرشاهی، داریوش و حمید مهرنهاد، ۱۳۸۳، «مورفوتکتونیک و منطق عمده گسلی استان یزد»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲، صص ۷-۲۴.
- Alawi, S. A. et al., 2016, *Ranking of Rural Areas Based on Satisfaction with Quality of Life Using Coopers Decision Model*, Journal of Human Geographic Research, Vol. 47, No 3, PP. 129-144. (In Persian)
- Asgari, A., 2011, *Space Exploration Analysis with GIS, Publication, Processing and Urban Planning*, Tehran, Iran. (In Persian)
- Azar, D., and Rain, D., 2007, *Identifying Population Vulnerable to Hydrological Hazards In San Juan, Puerto Rico*, Geojournal, 69 (1e2).

- Bani Assadi, M. et al., 2005, *Retrofitting of Bootstrap Sampling Method in Logistic Regression*, Journal of Faculty of Medicine and Institute of Public Health Research, Vol. 4, No. 1, PP. 9-18. (In Persian)
- Birkmann, J., 2005, *Danger Need Not Spell Disaster*, United Na University, Institute for Environment and Human Security.
- Cannon, T., 2000, *Vulnerability Analysis and Disasters*, Floods.
- Cannon, T., 2003, *Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters*, London: Department for International Development, Government of the United Kingdom.
- Cannon, T., Twig J., and Rowell, J., 2003, *Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters*, London: Department for International Development DFID; Government of the United Kingdom.
- Center for Statistics of Iran, 2006, *Statistical Yearbook of Yazd Province*. (In Persian)
- Chakraborty, J., Maantay, J. A., and Brender, J. D., 2011, *Disproportionate Proximity to Environmental Health Hazards: Methods, Models, and Measurement*, American Journal of Public Health, 101(S1).
- Chakraborty, J., Tobin, G. A., and Montz, B. E., 2005, *Population Evacuation Assessing Spatial Variability in Geophysical Risk and Social Vulnerability to Natural Hazards*, Natural Hazards Review, Vol. 6, No. 1, PP. 23-33.
- Christopher, T., 2000, *Social Vulnerability in US Metropolitan Areas: Improvements in Hazard Vulnerability Assessment*, University of South Florida.
- Cutter, S. L., 2012, *Hazards Vulnerability and Environmental Justice*., Routledge.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., and Lynn Shirley, W., 2003, *Social Vulnerability To Environmental Hazards*, Social Science Quarterly, Vol. 84, No. 2, PP. 242-261.
- Cutter, S., Mitchell, M., and Scott S., 2002, *Revealing the Vulnerability of People and Places: Case of Georgetown County*, South Carolina, Annals of the Association of American Geographers, No. 90, PP. 713-737.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., and Shirley, W. L., 2003, *Social Vulnerability to Environmental Hazard*, SOCIAL SCIENCE QUARTERLY, Vol. 84, No. 2, PP. 242-261.
- ECHO, 1999, *The Geography of Disasters, Geography in Humanitarian Assistance*, European Community Humanitarian Office.
- Gefen, D., and Straub, D., 1997, *Gender Differences in the Perception and Use of Email: An Extension to the Technology Acceptance Model*, MIS Quarterly, Vol. 2, No. 4, PP. 389-400.
- Hatami Nezhad, H. et al., 2015, *Evaluation and Evaluation of Urban Tourism Sites Case Study of Urmia*, Journal of Tourism Planning and Development, Third Year, No. 9, PP. 151-168. (In Persian)
- Iran Panah, N., and Aslani, T., 2012, *Bootstrap Method in GARCH Models, Proceedings of Third Conference of Financial Mathematics*, Semnan University. (In Persian)
- Iran Panah, N., and Mohammadzadeh, M., 2005, *Bootstrap Method of Separate Block in Spatial Statistics*, Tarbiat Moallem University Science Journal, Vol. 5, No. 4, PP. 281-294. (In Persian)
- Iran Panah, N., and Tavassoli, H., 2012, *Bootstrap Prediction for the Probability of Mortality in Iran*, Journal of Science, Kharazmi University, Vol. 12, No. 1, PP. 155-169. (In Persian)
- Kalantari Khalil Abadi, H., Hatami Nejad, H., and Agha Safari, A., 2008, *The Vulnerability of Historical City of Yazd to Earthquake*, Sepehr Magazine, No. 16. PP. 71-87. (In Persian)



- Katherine, S. et al., 2015, *A Method for Creating High Resolution Maps of Social Vulnerability in the Context of Environmental Hazards*, Applied Geography, Vol. 63, PP. 89-100.
- Krishnamurthy, P. K., and Krishnamurthy, L., 2012, *Social Vulnerability Assessment Through GIS Techniques: A Case Study of Flood Risk Mapping in Mexico*, Springer Netherlands Geospatial Techniques for Managing Environmental Resources.
- Maleki, S., and Mavedat, E., 2013, *Seismic Vulnerability Spectrum Evaluation in Cities Based on Severe Severity Scenarios Using TOPSIS, MD and GIS Models (Case Study: Yazd City)*, Journal Geography and Environmental Hazards, No. 5, PP. 127-143. (In Persian)
- Mavedat, E., 2015, *Zoning and Measuring the Impact of Towns Against Earthquakes*, Master's Thesis, Assistant Professor Saeed Maleki, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian)
- Mavedat, E., and Maleki, S., 2015, *Spectrum and Spatial Evolution of Physical and Social Damage of Cities Against Earthquake Using VIKOR and GIS Techniques*, Geography and Urban-Regional Journal, No. 11, PP. 85-103. (In Persian)
- Mehrshahi, D., and Mehrnehad, H., 2004, *Morphotectonic and Major Logic of Fault in Yazd Province*, Quarterly Journal of Geographic Research, No. 72, PP. 7-24. (In Persian)
- Mulliner, E., Smallbone K., and Vida M., 2013, *An Assessment of Sustainable Housing Affordability Using Multiple Criteria Decision Making Method*, Omega the International Journal of Management Science, Vol. 41, No. 2, PP. 2-11.
- Pourtaheri, M. et al., 2015, *Evaluation of Physical Vulnerability of Rural Settlements Against Earthquake Natural Hazards Using The Cooper Decision Making Model*, Journal of Planning and Space Design, Vol. 18, No. 3, PP. ??? (In Persian)
- Rivard, S., and Huff, L., 1988, *An Empirical Study of Users as Application Developers*, Information and Management, Vol .8, No. 2, PP. 89-102.
- Salami, A., 2003, *A Review of the Monte Carlo Simulation*, Journal of Economic Research, Vol. 3, PP. 117-138. (In Persian)
- Sepehr, A., 2012, *Investigating University Acceptance Indicators by Electro Algorithm (ELECTRE)*, Journal of Welfare and Social Development Planning, No. 10, PP. 227-249. (In Persian)
- Shepard, C. C. et al., 2012, *Assessing Future Risk: Quantifying the Effects of Sea Level Rise on Storm Surge Risk for the Southern Shores of Long Island*, New York, Natural Hazards, No. 2, PP. 724-745.
- Smith, K., 2000, *Environmental Hazards, Assessing Risk and Reducing Disaster*, 3rd Ed
- Statistics Center of Iran, 2011, *Selection of Statistical Results*. (In Persian)
- Susan, L., Bryan J., and Lynn Shirley W., 2003, *Social Vulnerability to Environmental Hazards*, Social Science Quarterly, Vol. 84, No. 2, PP. 242-261.
- Susan, L. et al., 2001, *A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters*, Global Environmental Change 18.
- Weichselgartner, J., 2001, *Disaster Mitigation: The Concept of Vulnerability Revisited*, Disaster Prevention and Management, Vol. 10, No. 2, PP. 85-95.