

شده است. سپس با استفاده از نظر خبرگان و روش مقایسه زوجی وزن هر یک از ابعاد و شاخص‌ها معین گردیده است. در پایان شاخص تاب‌آوری معرفی شده است.

یافته‌ها: در این مقاله ضمن معرفی اجمالی تعاریف بلایا و تاب‌آوری، ابعاد و شاخص‌های به‌دست آمده از مطالعات پیشین و نظرات خبرگان معرفی گردیدند. این ابعاد و شاخص‌ها معرف عوامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری شهری در برابر زلزله هستند. بر این اساس بُعد کالبد که معرف ساختار شهر می‌باشد، بیشترین سهم در تاب‌آوری شهر در مقابل زلزله را دارد. پس از آن بُعد امنیت مهم‌ترین عامل در تاب‌آوری شهر است. در رابطه با شاخص‌ها، در بُعد کالبدی شاخص «نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر» بیشترین تأثیر را از نظر کارشناسان بر تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله داشته است. تعداد طبقات ساختمانی تأثیر اندکی به نسبت دیگر شاخص‌ها دارد. زیرا در صورت ساخت با استفاده از سازه مناسب، وجود فضای کافی در معبر و دسترسی مناسب به معابر تعداد طبقات ساختمانی اهمیت چندانی در بروز آسیب‌پذیری ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری: شاخص معرفی شده برای شهرهای مختلف و همچنین استراتژی‌های مختلف مقاوم‌سازی و افزایش تاب‌آوری قابل محاسبه است. بنابراین این امکان را فراهم می‌کند که استرژژی بهینه از نظر افزایش تاب‌آوری انتخاب گردد. همچنین برنامه ریزان و تصمیم‌سازان این امکان را دارند که اثرات بخش‌های گوناگون را در تاب‌آوری شهر یا منطقه مورد مطالعه مشاهده کنند.

تدوین شاخص تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله

مصطفی بهزادفر^۱، بابک امیدوار^۲، محمدباقر

قالیباف^۳ - رضا قاسمی^۴

۱. استاد گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی،

دانشگاه علم و صنعت

۲. دانشیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط

زیست، دانشگاه تهران

۳. نویسنده مسئول: پژوهشگر دکتری شهرسازی،

دانشگاه علم و صنعت

Email: rghasemi@ut.ac.ir

دریافت: پذیرش:

چکیده

مقدمه: مطالعه تاب‌آوری شهرها در مقابل زلزله از الزامات برنامه ریزی کاهش خسارات جانی و مالی زلزله در شهرهاست. تاب‌آوری دارای تعاریف گوناگونی بوده و مدل جامع به منظور محاسبه کمی آن وجود ندارد. لذا یکی از اهداف این مقاله ارائه شاخصی کمی برای تاب‌آوری است.

روش: بدین منظور ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اخذ نظر خبرگان ابعاد و شاخص‌های مؤثر در تاب‌آوری شهرها در مقابل زلزله استخراج

کلمات کلیدی: تاب‌آوری، زلزله، شاخص، ابعاد**مقدمه**

از ابتدای خلقت تاکنون، بلایا در زندگی انسان‌ها تأثیرات منفی بر جای گذاشته‌اند، و در مقابله با آنها، افراد و جوامع تلاش می‌کنند تا قرار گرفتن در معرض پیامدهای این بلایا را کاهش داده و مقیاس‌هایی را برای بررسی تأثیرات اولیه ایجاد نمایند، همچنین به نیازهای پس از بروز بلایا و بازگشت به شرایط اولیه پاسخ دهند. بلایای طبیعی همواره به عنوان پدیده‌ای تکرار شونده در طول حیات بشر وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت، وقوع حوادثی نظیر سیل، زلزله، طوفان، در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی گذارده و تلفات سنگینی بر آنان وارد ساخته است می‌توان گفت علیرغم پیشرفت‌های دانش بشری در بسیاری از زمینه‌ها بلایای طبیعی کماکان به عنوان پدیده‌ای مهارشدنی تلقی می‌شود. [۱]

هرمن (۱۹۷۲) بلایای طبیعی را اینگونه تعریف کرده است که بحران با سه بُعد تهدید جدی، زمان کوتاه برای تصمیم‌گیری و عنصر غافل‌گیری مشخص می‌شود. [۲]

دارلینگ (۱۹۹۴) بحران در فعالیت تجاری بین المللی را مشخص می‌کند و می‌گوید که بحران به متغیرهایی همچون این موارد بستگی دارد؛ ماهیت حادثه، اهمیت مسئله برای دولت‌های خارجی و دولت امریکا، تأثیر در شرکت‌ها و صنایع دیگر، چند نفر و با چه سرعت افراد داخل و خارج شرکت به کمک یا اطلاعات نیاز دارند، چه کسانی و چند نفر به تفسیر واقعه نیاز دارند، این افراد تا چه حد قابل

دسترسی هستند، چقدر تعامل با رسانه مورد نیاز است، رسانه چه چیزی را مورد تأکید قرار داده، چه کسانی و چند نفر به مراقبت فوری نیاز دارند، چقدر سازمان باید کنترل خود را تضمین نماید و نشان دهد که قادر به پاسخ دهی به شرایط است، شرکت با چه سرعتی باید به شرایط پاسخ دهد. و اینکه یک بحران ممکن است با احساس وحشت، خطر، دلهره یا شوک تعریف شود. [۳]

ویدل‌اوسکی (۱۹۹۱) در تعریفی بیان داشت که بحران‌ها را می‌توان نتیجه‌محتمل اما پیش‌بینی‌نشده ناکامی‌های مدیریتی توصیف کرد که با مسیر آینده مجموعه‌ای از وقایع در حال حرکت با عملی انسانی و یا **عدم** تسریع رویداد، نگران‌کننده است. [۴]

مانسینی و بونانو (۲۰۰۹) در مورد بحران می‌گویند که آن یک مشکل پیش‌بینی‌نشده است که به‌صورت جدی در عملکرد سازمان، بخش یا کشور اختلال ایجاد می‌کند. اصطلاح کلی که برای چنین مشکلاتی به کار می‌رود. [۵]

کلمه تاب‌آوری از لغت لاتین *resilio* به معنای دوباره به جای اول برگشتن (*jump to back*) استخراج شده است، تعاریف مرتبط با تاب‌آوری بسیار متنوع بوده و در علوم مختلف تعابیر متفاوتی از تاب‌آوری وجود دارد.

تعریف UNISDR یکی از تعاریف مورد پذیرش تاب‌آوری در مطالعه سوانح طبیعی است. این تعریف بیان می‌دارد که ظرفیت یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطر برای سازگارشیدن، مقاومت کردن یا تغییر برای رسیدن به سطح قابل قبولی از عملیات و ساختار و ادامه آن است. این

تأثیرگذاری هر یک با استفاده از نظر خبرگان سنجیده می‌شود. رابطه ۱ نشان دهنده نحوه محاسبه این شاخص می‌باشد. در این رابطه D_m وزن بُعد اصلی I_i ، m وزن شاخص I_i ام مربوط به بُعد m و R_i مشخص کننده مقدار تاب‌آوری بخش مربوط به شاخص است.

$$RI = D_1 \sum_{i=1}^{n_1} I_i R_i + D_2 \sum_{i=1}^{n_2} I_i R_i + \dots + D_m \sum_{i=1}^{n_m} I_i R_i \quad (1)$$

در این روش مقدار اثرگذاری هر بخش بر تاب‌آوری مشخص می‌شود لذا می‌توان پیشرفت یا کاستی هر بخش در مقاوم‌سازی و افزایش تاب‌آوری را اندازه‌گیری کرد. نکته قابل ذکر در رابطه با این شاخص این است که، این شاخص به منظور مقایسه حالات مختلف و استراتژی‌های افزایش تاب‌آوری توسعه داده شده است. ضریب R_i که بیانگر میزان تاب‌آوری و یا اثربخشی هر بُعد در تاب‌آوری می‌باشد، با استفاده از مطالعات پیشین صورت گرفته در همان بخش و نظر خبرگان قابل محاسبه است. با استفاده از این ضریب مسأله تاب‌آوری به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود و برآورد تاب‌آوری شهری که دربرگیرنده ابعاد و مؤلفه‌های گوناگون در تخصص‌های مختلف است، آسان‌تر و دقیق‌تر صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های مؤثر در این رابط استفاده از مدل شاخص تاب‌آوری سوانح است که در بالا به طور کامل شرح داده شد. به عنوان مثال شکل شماره ۱ را در نظر بگیرید. فرض می‌شود که تمامی ابعاد تأثیرگذار در تاب‌آوری هستند که در این نمودار به آن‌ها اشاره شده است. در این صورت به دلیل نبود زیر بُعدها یا شاخص مقدار I_i ها ۱ می‌باشد. مقادیر D_m ها با استفاده از نظر

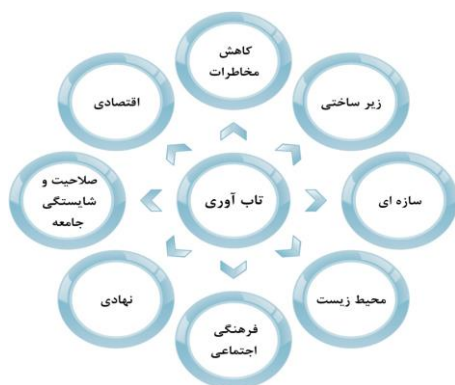
موضوع به نحوی تعیین می‌شود که سیستم اجتماعی قادر به سازمان‌دهی خود برای افزایش این ظرفیت، آموختن از بلایای گذشته، حفاظت آتی بهتر و بهبود ارزیابی‌های کاهش امکان خطر دارد. [۶]

در این مقاله با توجه به لزوم کمی‌سازی تاب‌آوری و ایجاد معیاری برای مقایسه استراتژی‌های مقاوم‌سازی و افزایش تاب‌آوری شهرها، ابتدا ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری با استفاده از مطالعات صورت گرفته در این زمینه و نظر خبرگان استخراج و سپس شاخص کلی تاب‌آوری تعریف شد.

روش تحقیق

به منظور به‌دست آوردن ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری شهر در مقابل زلزله ابتدا مطالعات پیشین صورت گرفته در این زمینه طبقه‌بندی شده و شاخص‌های موجود استخراج شد، سپس با تدوین پرسشنامه ابعاد و شاخص‌های نهایی به‌دست آمدند. برای مشخص کردن اثر هر یک از ابعاد و شاخص‌های آنها از مقایسه زوجی استفاده شده است. بدین منظور پرسشنامه تدوین شده و در اختیار متخصصین قرار گرفت. در فرایند وزن دهی شاخص‌ها عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌شود. که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد. شاخص مورد استفاده و پیشنهادی این تحقیق شاخص تاب‌آوری نامیده می‌شود. این شاخص دربرگیرنده ابعاد مختلف مؤثر در تاب‌آوری سیستم مورد مطالعه (در اینجا تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله) است که میزان

تاب‌آوری هر بُعد بر مبنای نظر خبرگان و وضعیت آنها سنجیده می‌شود. به منظور نشان‌دادن کاربرد شاخص تاب‌آوری دو حالت به عنوان مثال را فرض می‌شوند. در منطقه A برآورد شده است که زیرساخت حمل و نقل به میزان ۴۵ درصد در برابر زلزله تاب‌آور است و تأثیر وجود بیمه ۳۵ درصد است. با صرف هزینه X تاب‌آوری زیرساخت حمل و نقل به ۵۵ درصد و تأثیر وجود بیمه ۸۰ درصد و با صرف هزینه Y تاب‌آوری زیرساخت حمل و نقل به ۸۰ درصد و تأثیر وجود بیمه ۴۵ درصد رسیده است. براین اساس با محاسبه شاخص تاب‌آوری پیشنهاد شده، حالت X به میزان ۱۳ درصد و حالت Y به میزان ۳۰ درصد تاب‌آوری کلی شهر را افزایش می‌دهند. لذا با در نظر گرفتن هزینه اجرای استراتژی‌ها و میزان بهبود تاب‌آوری می‌توان استراتژی بهینه را برای افزایش تاب‌آوری شهری به‌دست آورد.



شکل شماره ۱: ابعاد تاب‌آوری (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Cutter et al. 2008)

خبرگان به‌دست آمده است. برای مقادیر R_i با توجه به هر یک از بُعدها باید محاسبه انجام گیرد. برای مثال در بُعد سازه‌ای، R نشان‌دهنده میزان تاب‌آوری سازه‌ها در مقابل زلزله است که می‌توان آن را با استفاده از آسیب‌پذیری سازه‌ها در مقابل زلزله محاسبه کرد. لازم به ذکر است که محاسبه مقادیر R خارج از اهداف این مقاله است.

جدول شماره ۱: وزن ابعاد اصلی

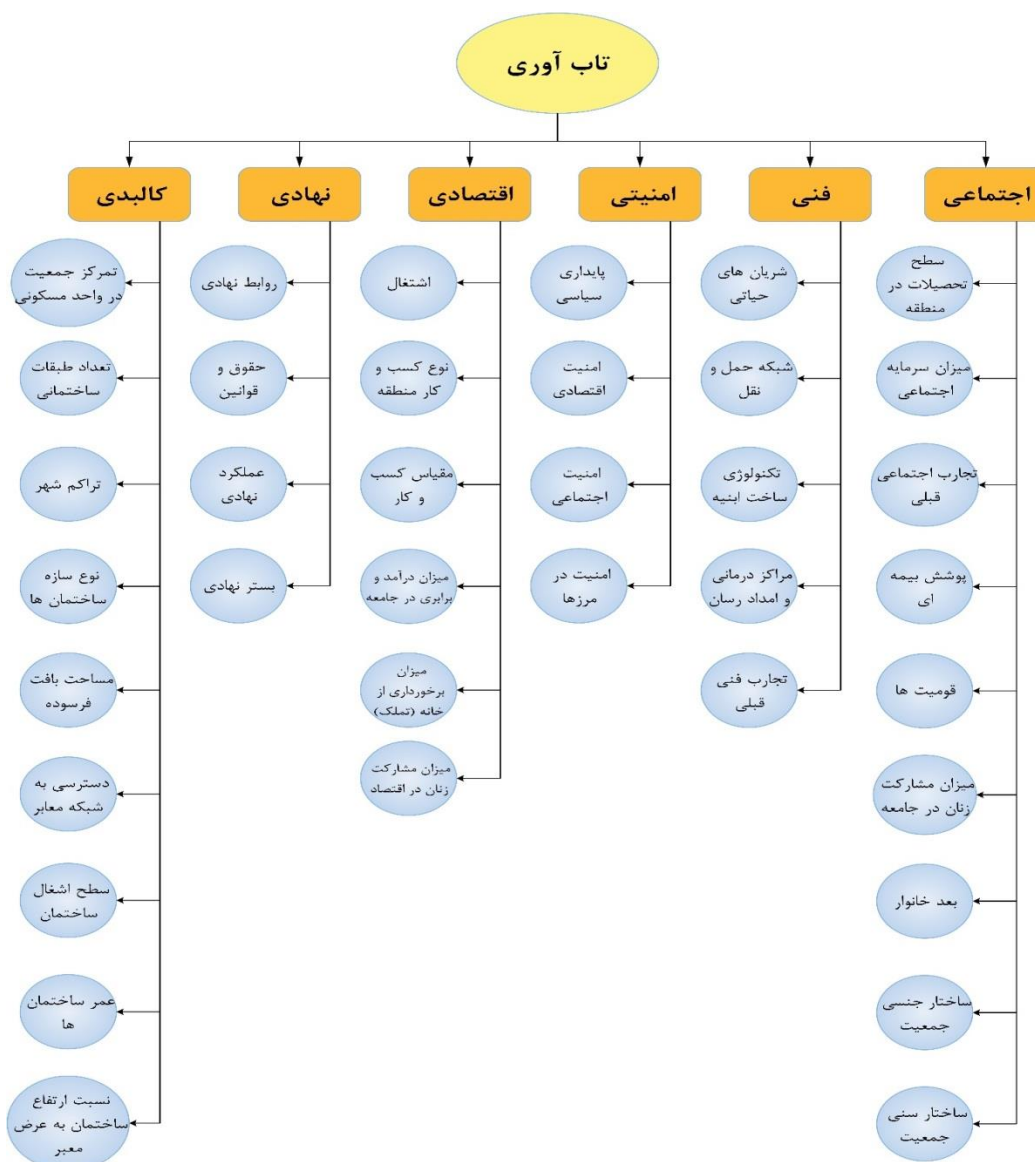
بُعد	وزن
اجتماعی	۰,۰۴۰
اقتصادی	۰,۰۶۸
فنی	۰,۰۷۶
کالبدی	۰,۳۶۲
امنیتی	۰,۳۱۸
نهادی	۰,۱۳۶

شاخص تاب‌آوری

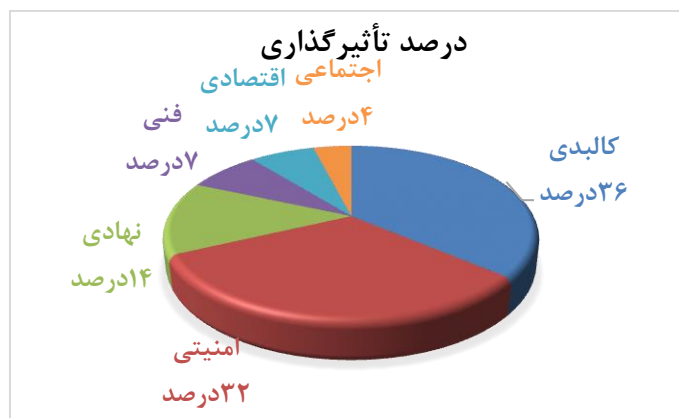
به منظور محاسبه شاخص تاب‌آوری (R_I) ابعاد و شاخص‌های آن با استفاده از مطالعه کتابخانه‌ای و تنظیم پرسشنامه استخراج شدند. ابعاد اصلی تاب‌آوری شامل ابعاد اجتماعی، فنی، امنیتی، اقتصادی، نهادی و کالبدی می‌باشد که هر کدام شاخص‌هایی دارد.

شکل شماره ۲ نشان‌دهنده ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری است که در مرحله بعد، با استفاده از نظر خبرگان و مقایسه زوجی میزان تأثیر هر یک از این ابعاد و شاخص‌ها در تاب‌آوری شهری در برابر زلزله به‌دست آمد. جدول شماره ۱ وزن ابعاد اصلی و جدول شماره ۲ وزن شاخص‌های مربوط به هر بُعد را نشان می‌دهد.

در تعریف شاخص تاب‌آوری پیشنهادی، میزان تاب‌آوری هر یک از بخش‌ها و یا تأثیر آن‌ها در



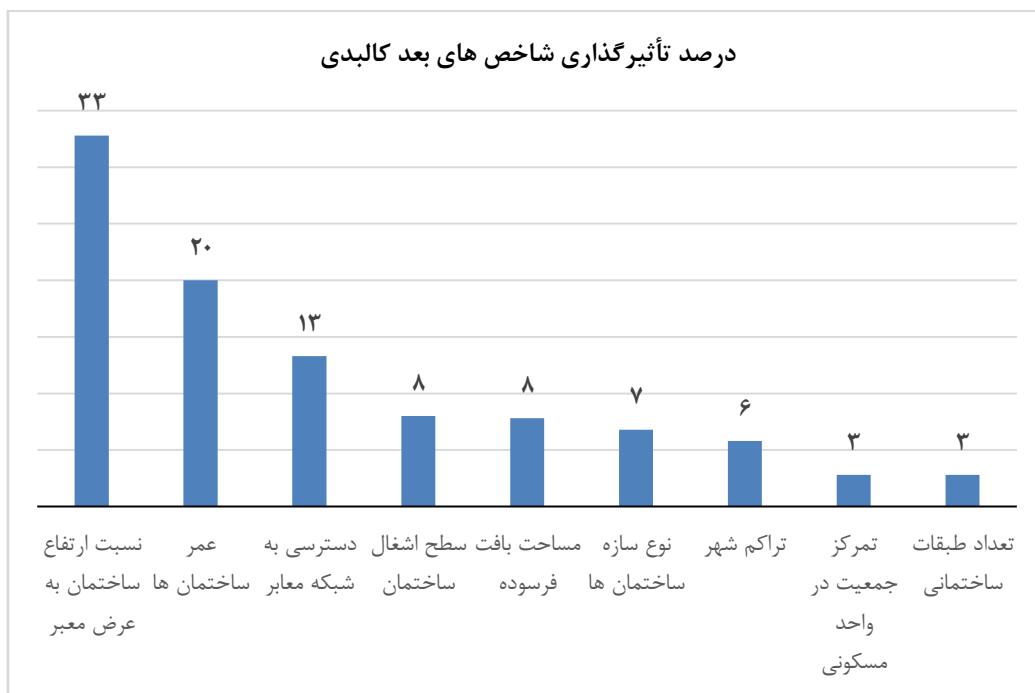
شکل شماره ۲: ابعاد و شاخص های تاب آوری شهری در مقابل زلزله



شکل شماره ۳: درصد تأثیرگذاری ابعاد در تاب آوری شهری

جدول شماره ۲: وزن شاخص‌ها

بُعد اجتماعی		بُعد کالبدی		بُعد اقتصادی		بُعد فنی		بُعد امنیتی		بُعد نهادی	
شاخص	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن
سطح تحصيلات در منطقه	۰,۰۳۲	تمرکز جمعیت در واحد مسکونی	۰,۰۲۸	اشتغال	۰,۰۳۱	شریان‌های حیاتی	۰,۰۴	پایداری سیاسی	۰,۰۹	روابط نهادی	۰,۰۵
میزان سرمایه اجتماعی	۰,۰۳۹	تعداد طبقات ساختمانی	۰,۰۲۸	نوع کسب و کار منطقه	۰,۰۸۲	شبکه حمل و نقل	۰,۱۰	امنیت اقتصادی	۰,۰۸	حقوق و قوانین	۰,۱۵
تجارب اجتماعی قبلی	۰,۰۲۷	تراکم شهر	۰,۰۵۸	مقیاس کسب و کار	۰,۰۹۹	تکنولوژی ساخت ابنیه	۰,۱۹	امنیت اجتماعی	۰,۳۶	عملکرد نهادی	۰,۳۲
پوشش بیمه ای	۰,۰۴۹	نوع سازه ساختمان‌ها	۰,۰۶۸	میزان درآمد و برابری در جامعه	۰,۱۶۳	مراکز درمانی و امداد رسانی	۰,۱۸	امنیت در مرزها	۰,۴۵	بستر نهادی	۰,۴۶
قومیت	۰,۱۰۷	مساحت بافت فرسوده	۰,۰۷۸	تملك	۰,۲۸۳	تجارب فنی قبلی	۰,۴۷				
میزان مشارکت زنان در جامعه	۰,۱۵۷	دسترسی به شبکه معابر	۰,۱۳۳	میزان مشارکت زنان در اقتصاد	۰,۳۴۱						
بُعد خانوار	۰,۱۰۹	سطح اشغال ساختمان	۰,۰۸۰								
ساختار جنسیتی جمعیت	۰,۲۵۳	عمر ساختمان‌ها	۰,۲۰۰								
ساختار سنی جمعیت	۰,۲۲۷	نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر	۰,۳۲۸								



شکل شماره ۴: درصد تأثیرگذاری شاخص‌های بُعد کالبدی در تاب‌آوری

تعداد طبقات ساختمانی تأثیر اندکی به نسبت دیگر شاخص‌ها دارد. زیرا در صورت ساخت با استفاده از سازه مناسب، وجود فضای کافی در معبر و دسترسی مناسب به معابر تعداد طبقات ساختمانی اهمیت چندانی در بروز آسیب‌پذیری ندارد.

شاخص تاب‌آوری ارائه شده ابزاری توانمند به منظور تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی برنامه‌های مربوط به افزایش تاب‌آوری شهری می‌باشد. روش بیان شده در این تحقیق به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری و انتخاب استراتژی‌های مقاوم‌سازی در مدیریت بحران کاربرد دارد. به عنوان مثال با استفاده از این شاخص و برآورد تغییرات در بخش‌های گوناگون می‌توان استراتژی‌های بهبود تاب‌آوری را با یکدیگر مقایسه کرد و راهکاری اقتصادی را برگزید.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بدین وسیله بر خود لازم می‌دانند تا از تمام کسانی که به نحوی در انجام این مقاله یاری رساندند، قدردانی و تشکر کنند.

References

1. Hejrati A. Assessing effective strategies for crisis management (natural disasters) in the urban development plan (case study: Tehran city). MA Thesis, Faculty of Arts, Tarbiat Moddares University. 2005 [In Persian]
2. Hermann, C. F. Some issues in the study of international crisis. *International Crises: Insights from Behavioral Research*, The Free Press, New York; 1972, 3-17.
3. Darling, J. R. Crisis management in international business: Keys to effective decision making. *Leadership & Organization Development Journal*; 1994, 15(8), 3-8.
4. Wildavsky, A. *Searching for Safety*. Transaction, New Brunswick, NJ, 1991
5. Mancini, A. D., & Bonanno, G. A. Predictors and parameters of resilience to loss: toward an individual differences model. *Journal of Personality*; 2009, 77(6), 1805-1832.
6. UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction) *Hyogo Framework for 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters*. [http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo framework](http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo%20framework)

for-action-english.pdf. Accessed on 22
June 2005