Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹
ص ۱۱۴-۹۹
DOI: 10.22059/jurbangeo.2019.278571.1080

مطالعهٔ اثربخشی راهبردهای «فنی–کالبدی» و «اجتماعی–اقتصادی» در بهبود تاب‌آوری شهری در برابر زلزله

رضا قاسمی– دانشجوی دکتری شهرسازی دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
بابک امیدوار*– دانشیار دانشکدهٔ محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
مصطفی بهزادفر– استاد گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ تأیید مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۳

چکیده

مطالعهٔ تاب‌آوری شهرها در مقابل زلزله از الزامات برنامه‌ریزی کاهش خسارات جانی و مالی زلزله در شهرهاست. تاب‌آوری تعاریف گوناگونی دارد و مدلی جامع به‌منظور محاسبهٔ کمی آن وجود ندارد. در این پژوهش، به مطالعهٔ اثربخشی راهبردهای بهبود تاب‌آوری شهری مرتبط با بخش‌های فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی در برابر زلزله با هدف ایجاد ابزاری برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران پرداخته شده است. بدین‌منظور ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی از خبرگان ابعاد و شاخص‌های مؤثر در تاب‌آوری شهرها در مقابل زلزله استخراج شد. سپس با استفاده از نظر خبرگان و روش مقایسهٔ زوجی، وزن هریک از ابعاد و شاخص‌ها معین و شاخص تاب‌آوری معرفی شد. با استفاده از این شاخص و درنظرگرفتن سه سناریوی لرزه‌ای گسل شمال تهران، گسل ری و گسل شناور، اثربخشی راهبردهای فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی در بهبود تاب‌آوری برای منطقهٔ ۶ شهرداری شهر تهران با یکدیگر مقایسه شد. مقدار شاخص تاب‌آوری در سناریوی گسل شمال تهران ۰/۴۵۸، در سناریوی گسل ری ۰/۴۵۴ و در سناریوی شناور ۰/۴۵۶ است. نسبت هزینه به افزایش شاخص تاب‌آوری در راهبردهای اجتماعی اقتصادی کوتاه‌مدت S_1، میان‌مدت S_2 و بلندمدت S_3 به‌ترتیب ۶/۱۷، ۱۱/۶۹ و ۱۸/۵۲ است. همچنین در راهبردهای فنی کالبدی کوتاه‌مدت T_1، میان‌مدت T_2 و بلندمدت T_3 به‌ترتیب ۳/۹۰، ۴/۶۷ و ۷/۴۱ است. بهترین راهبرد در افزایش شاخص تاب‌آوری در مقایسه با هزینهٔ راهبرد S_3 و ضعیف‌ترین راهبرد T_1 است. با وجود این از نظر زمان مورد نیاز برای اجرا، راهبردی T_1 بهینه‌ترین راهبرد است. انتخاب راهبرد بهینه برای یک شهر با پارامترها و متغیرهای گوناگونی ارتباط دارد. تنها یک راهکار فنی یا اجتماعی نمی‌تواند ضامن موفقیت طرح‌های بهبود تاب‌آوری شهری باشد. در کوتاه‌مدت راهبرد T_1 و در طولانی‌مدت راهبرد S_2 بهینه‌ترین راهبردها هستند.

واژه‌های کلیدی: بعد اجتماعی-اقتصادی، بعد فنی-کالبدی، راهبرد، زلزله، شاخص تاب‌آوری، مدل مفهومی.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۱۶۱۱۱۳۱۶۵
Email: bomidvar@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توسعهٔ شتابان شهرها و افزایش روزافزون جمعیت شهری در دهه‌های اخیر، برنامه‌ریزی، مدیریت و کنترل شهرها را بیش‌ازپیش با مشکل مواجه کرده است. این مشکل در زمان وقوع بحران‌های طبیعی و به‌ویژه زمانی که با ناهنجاری‌های اجتماعی همراه می‌شود، بسیار پیچیده‌تر است. بلایای طبیعی همواره پدیده‌ای تکرارشونده در طول حیات بشر و در آینده است. وقوع حوادثی مانند سیل، زلزله و طوفان در بیشتر موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی گذاشته و تلفات سنگینی بر آن‌ها داشته است. می‌توان گفت با وجود پیشرفت‌های دانش بشری در بسیاری از زمینه‌ها، بلایای طبیعی همچنان پدیده‌ای مهارشدنی تلقی می‌شود (هجرتی، ۱۳۸۵). شهرها سیستم‌هایی پیچیده هستند که در برابر حوادث ناشی از سوانح طبیعی آسیب‌پذیر هستند. بیشتر مناطق آسیب‌دیدهٔ شهری در نزدیکی نواحی خطرناک مانند سیلاب دشت‌ها یا گسل‌ها بنا شده بودند (Godschalk, 2003). با وجود تلاش برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر بلایا، متأسفانه میزان خسارات مالی و جانی همچنان افزایش می‌یابد. پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که میزان خسارات به دلایل زیادی در حال افزایش است (Mileti, 1999).

بخش‌های مختلف شهر و ویژگی‌های جامعهٔ ساکن در شهر بر تاب‌آوری اثرگذار است. در این میان، به‌منظور بهبود تاب‌آوری شهر در مقابل زلزله، محدودیت منابع و امکانات وجود دارد؛ بنابراین برای دستیابی به شهری تاب‌آور به‌نظر می‌رسد که باید حوزه‌های سرمایه‌گذاری برای بهبود تاب‌آوری مشخص و میزان اثرگذاری بخش‌های مختلف تعیین شوند. به‌طور عمده فعالیت‌های بهبود تاب‌آوری را می‌توان به دو دستهٔ سازه‌ای (فعالیت‌های فیزیکی مانند ساخت مقاوم‌تر ساختمان‌ها) و اجتماعی (مرتبط با شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه) تقسیم کرد؛ بنابراین در این پژوهش به مقایسهٔ این دو دسته برای بهبود تاب‌آوری شهری در برابر زلزله پرداخته شده است (امیدوار و سلطانی، ۱۳۹۷). به‌منظور بررسی تأثیرات اقدامات و راهبردهای فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی بر تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله ابتدا مدلی برای کمی‌سازی تاب‌آوری با استفاده از نظر خبرگان توسعه داده شده است. سپس این مدل با توجه به شرایط منطقهٔ ۶ شهرداری شهر تهران، به‌عنوان منطقهٔ مطالعهٔ موردی، اجرا شده است. نتایج نشان‌دهندهٔ شاخص تاب‌آوری در منطقه هستند و روی نقشه ارائه شده‌اند. از ویژگی‌های روش استفاده‌شده سادگی در محاسبات و انعطاف‌پذیری استفاده از آن برای تطبیق با دیگر مناطق است. همچنین در این پژوهش با استفاده از نظر خبرگان مدل مفهومی جدیدی که شامل ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر زلزله است ارائه شده است.

مبانی نظری

رواج لغت تاب‌آوری در مبحث بلایا تولد فرهنگی جدید برای واکنش به بلایاست. خروجی‌های کنفرانس جهانی ۲۰۰۵ دربارهٔ کاهش بلایا (WCDR[1]) تأیید می‌کند که به‌تدریج، در هر دو حالت نظری و تجربی، مفهوم تاب‌آوری در طیف گسترده‌ای از نواحی مورد بحث کاهش امکان خطر بلایا و در برخی مشارکت‌ها فضای بیشتری یافت که برخی آن را به‌عنوان الگوی جدید در نظر گرفته‌اند (McEntire et al., 2002).

1. World Conference on Disaster Reduction

www.SID.ir

Archive of SID

واژهٔ resilience به‌معنای تاب‌آوری از کلمهٔ لاتین resilio به معنای «به‌جای اول برگشتن (jump to back)» آمده است (Batabyal, 1998). تعاریف گوناگونی برای تاب‌آوری در رشته‌های مختلف ارائه شده است. فدراسیون بین‌المللی صلیب سرخ و هلال‌احمر[1] تاب‌آوری را توانایی مردم برای مقاومت و آسیب‌ندیدن در برابر حوادث تعریف می‌کند که به‌دنبال رویه‌های پایدار سبک زندگی صورت می‌گیرد. همچنین آن را برابر ظرفیت پایداری می‌دانند که این ظرفیت شامل ظرفیت طبیعی، ظرفیت اقتصادی، ظرفیت انسانی، ظرفیت جمعی (جامعه) و ظرفیت فیزیکی (مانند زیرساخت‌ها) است (IFRC, 2004). همچنین در تعریف دفتر سازمان ملل متحد برای کاهش خطرات بلایای طبیعی[2] تاب‌آوری ظرفیت یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض آسیب‌هایی برای سازگارشدن، مقاومت‌کردن یا تغییردادن برای رسیدن به سطح قابل‌قبولی از عملیات و ساختار و ادامهٔ آن تعریف شده است. این موضوع به‌کمک درجه‌ای تعیین می‌شود که سیستم اجتماعی قادر به سازمان‌دهی خود به‌منظور افزایش این ظرفیت، آموختن از بلایای گذشته، حفاظت آتی بهتر و بهبود ارزیابی‌های کاهش امکان خطر است (UNISDR, 2009). برخی تعاریف مانند تعریف دوب[3] و پالسه[4] تنها یک جنبه از تاب‌آوری را در نظر گرفته‌اند که برگشت به شرایط قبل از سانحه است. از دیدگاه آنان، تاب‌آوری توانایی یک مجموعه (جامعهٔ انسانی، گروه، منطقه و...) برای بازگشت به حالت اولیه از یک شوک است که ساختار و شکل قبل از بروز شوک یا روند رشد قبل از شوک خود را به‌دست آورد (Dube and Polese, 2016).

روش‌های گوناگونی برای محاسبه و ارزیابی تاب‌آوری وجود دارد که به‌طور عمده به دو دستهٔ کمی و کیفی تقسیم می‌شود. در جدول ۱ برخی مطالعات در زمینهٔ تاب‌آوری ارائه شده که دربرگیرندهٔ برخی روش‌های مدل‌سازی کمی و کیفی تاب‌آوری و همچنین مطالعات مروری است. ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری در این مطالعات ارائه شده‌اند که برای تدوین مدل مفهومی تاب‌آوری کاربرد دارند.

جدول ۱. مطالعات در زمینهٔ تاب‌آوری

مطالعه	ابعاد تاب‌آوری	شرح
TOSE Bruneau et al., 2003	فنی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی	ارائهٔ چارچوبی با توجه به R۴ و کمی‌سازی تاب‌آوری در برابر زلزله
Chang and Shinozuka, 2004	فنی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی	مدل‌سازی تاب‌آوری به‌صورت کمی که برای کل یا بخشی از جامعه کاربرد دارد.
DROP Cutter et al., 2008	اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی، سازمانی، شریانی و کفایت جامعه	بررسی رابطهٔ تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و ظرفیت سازگاری و ارائهٔ مدل ارزیابی تاب‌آوری برای جامعه یا محله
CDRI Show, 2009	کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، سازمانی و طبیعی	ارائهٔ چارچوبی برای تاب‌آوری با تمرکز بر تغییر اقلیم. تعیین اولویت‌ها و سیاست توصیه‌ای براساس سطح تاب‌آوری در هر بعد
URF Tyler et al., 2010	سیستم‌های شهری، نهادهای اجتماعی	ارائهٔ الگوی مشارکتی برای رسیدن به تاب‌آوری با تأکید بر تغییر اقلیم
PEOPLES Renschler et al., 2010	جمعیت و جمعیت‌شناسی محیطی، خدمات دولتی سازمان‌یافته، زیرساخت فیزیکی، شیوهٔ زندگی و صلاحیت جامعه، توسعهٔ اقتصادی، سرمایهٔ اجتماعی و فرهنگی	جمع‌آوری اطلاعات و مقایسهٔ تاب‌آوری مناطق، توانمندسازی مردم (پس از توسعهٔ کامل می‌توان آن را ابزار نرم‌افزار پشتیبانی برای تصمیم‌گیری جغرافیایی و زمانی دانست)

1. International Federation of Red Cross and Red Crescent (IFRC)
2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)
3. Dube
4. Polese

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱. مطالعات در زمینهٔ تاب‌آوری

مطالعه	ابعاد تاب‌آوری	شرح
BRIC Cutter et al., 2010	اجتماعی، اقتصادی، نهادی، زیرساختی و سرمایه‌های اجتماع	سنجش تاب‌آوری در هر منطقه و مقایسهٔ آن‌ها، شناسایی مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری هر منطقه
Ainuddin and Routray, 2012	اجتماعی، فیزیکی، اقتصادی، سازمانی	بر مبنای چارچوب هیگو و مطالعات کتابخانه‌ای چارچوبی کیفی برای تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله ارائه شده است.
CCRAM Cohen et al., 2013	رهبری، تأثیر جمعی، آمادگی، تعلق مکان، اعتماد جمعی و ارتباطات اجتماعی	شاخص‌سازی مؤلفه‌های اجتماعی و امکان سنجش مؤلفه‌های مؤثر بر تاب‌آوری
ESO Woloszyn, 2013	اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیکی	گسترش مفاهیم در حوزهٔ ادبیات تاب‌آوری، ارائهٔ مدل تلفیقی تاب‌آوری و توسعهٔ پایدار و تدوین شاخص‌های نوین برای تاب‌آوری
SERV Frazier et al., 2014	عوامل حساسیت، در معرض خطربودن و ظرفیت تطابقی	تأکید بر روش‌های آمار تحلیلی و ابزارهای تحلیل مکانی در تعیین تاب‌آوری، مقایسهٔ تاب‌آوری مناطق مختلف جغرافیایی و تعیین مؤلفه‌های مؤثر در تاب‌آوری مناطق
Ouyang and Dueñas-Osorio, 2014	فنی، سازمانی، اجتماعی، اقتصادی	کمی‌سازی تاب‌آوری شبکهٔ برق در برابر طوفان و اثربخشی راهبردها برای افزایش تاب‌آوری
WSC Miles, 2015	رفاه اجتماعی، هویت، خدمات و سرمایه‌ها	سنجش تاب‌آوری در سطح اجتماعات با تأکید بر ابعاد اجتماعی تاب‌آوری
Franchin and Cavalieri, 2015	تابعی از جمعیت جابه‌جاشده، آسیب به جاده‌ها و راهبردهای ریکاوری	کمی‌سازی تاب‌آوری در برابر زلزله. استفاده از تحلیل آماری و درنظرگرفتن عدم قطعیت
Zhao et al., 2016	فنی، سازمانی	ارائهٔ مفاهیم جدید تاب‌آوری اضطراری[1] و درجهٔ احیا[2]، کمی‌سازی تفاوت میان عملکرد سیستم در قبل و بعد از سانحه و محاسبهٔ کمی تاب‌آوری برای مقایسهٔ گزینه‌های تصمیم‌گیری و راهبردها
ANDRI Parsons et al., 2016	ظرفیت تحمل[3]: ویژگی‌های اجتماعی، سرمایهٔ اقتصادی، زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی، سرویس‌های اضطراری، سرمایهٔ اجتماعی، اطلاعات، مشارکت ظرفیت سازگاری[4]: تم حکومت، سیاست‌ها و رهبری، مشارکت اجتماعی و جامعه	استفاده از ویژگی‌های رایج تاب‌آوری و رویکرد بالا به پایین با طراحی سلسله‌مراتبی برای تدوین مدل مفهومی تاب‌آوری
Cai et al., 2018	اقتصادی، اجتماعی، سازمانی، زیرساخت و جامعه	بررسی مطالعات سال‌های ۲۰۰۵–۲۰۱۷ به روشی نظام‌مند و استخراج ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری
Saja et al., 2019	سلامت، فرهنگ، شاخص‌های انسانی، اطلاعات و ارتباطات، رقابت و ظرفیت جامعه	استفاده از روش سامانمند و جمع‌بندی اطلاعات برای مرور ادبیات مرتبط با تاب‌آوری اجتماعی

روش‌شناسی پژوهش

روش استفاده‌شده در این مقاله، ترکیب روش مدل مفهومی و شاخص‌های نیمه‌کمی[5] از دستهٔ روش‌های کیفی است (Hosseini, 2016). این روش به‌دلیل سهولت در محاسبات، به‌ویژه در سیستم‌های پیچیده مانند یک شهر که اطلاعات کامل و شناخت کافی از سیستم وجود ندارد، انتخاب شده است تا ابزاری را برای مقایسهٔ راهبردها و کمک به سیاست‌گذاران شهری باشد. الگوریتم پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش، پس از تدوین مدل مفهومی، ابعاد و شاخص‌های مختلف تاب‌آوری براساس نظر خبرگان وزن‌دهی شده‌اند. سپس با توجه به مطالعات

1. Emergency resilience
2. Recovery degree
3. Coping capacity
4. Adaptive capacity
5. Semi-quantitative indices

www.SID.ir

Archive of SID

لرزه‌خیزی منطقهٔ مطالعه، سناریوهای لرزه‌ای و خسارت محتمل انتخاب شده است. در ادامه، با پیشنهاد شاخصی برای محاسبهٔ تاب‌آوری، پس از تدوین راهبردهای گوناگون، اثربخشی آن‌ها بر افزایش تاب‌آوری بررسی شده است.

منطقهٔ مورد مطالعه (منطقهٔ ۶ شهرداری شهر تهران)

در مطالعات برنامه‌ریزی و طراحی شهری شناخت بستر قرارگیری برنامه و طرح بسیار مهم است. با تراکم جمعیت ۱۰۸ نفر در هکتار و با سطحی معادل ۳ درصد مساحت شهر تهران، منطقهٔ ۶ یکی از مهم‌ترین مناطق شهری تهران جایگاهی رفیع در تحولات شهری تهران داشته و دارد. تهران در دهه‌های اخیر همراه با توسعهٔ شهری به عرصه ای برای تحولات کالبدی-سیاسی تأثیرگذار در سطح ملی و حتی بین‌المللی تبدیل شده است. براین‌اساس و در شرایط کنونی از نظر مکانی و عملکردی بخش عمده‌ای از منطقه به‌عنوان استخوان‌بندی شهر تهران، مرکز ثقل جدید حکومتی اداری و تجاری نقش می‌نماید. به‌طور مفهومی اصطلاحاً می‌توان به آن پایتخت کلان‌شهر تهران یا پایتخت-پایتخت ایران اطلاق کرد. مصداق این عنوان در وجود ۱۰ وزارتخانه و ۱۴۲ سازمان تابع آن‌ها، ۴۹ دانشگاه و مؤسسهٔ آموزش عالی، ۶۶ بیمارستان و مرکز درمانی، ۲۶ سفارتخانه و دفاتر سازمان‌های بین‌المللی و صدها عملکرد مهم اداری و بنیادهای مالی اقتصادی دولتی و خصوصی در این منطقه قابل‌مشاهده است.

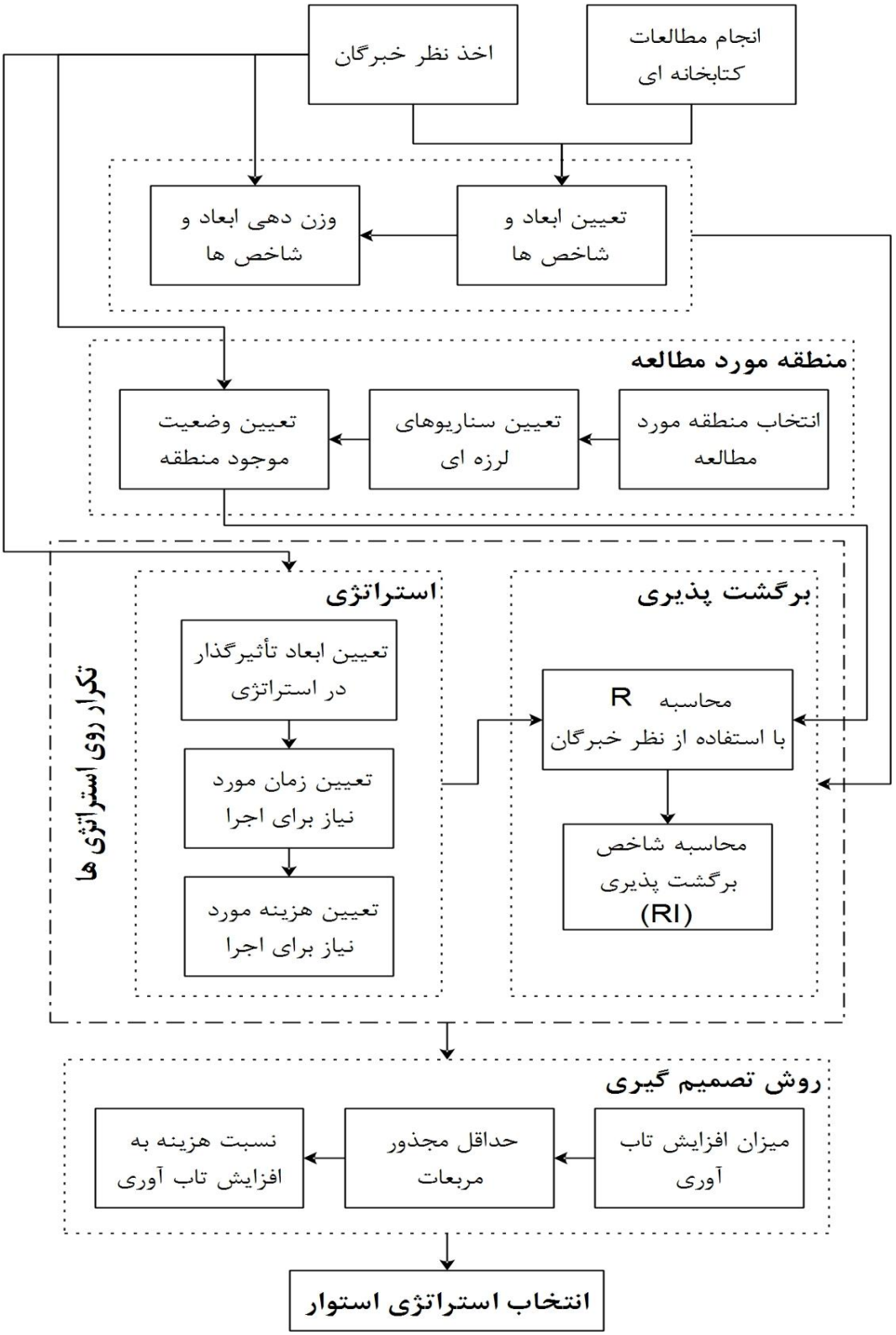
در این پژوهش، با توجه به مطالعات موجود، سناریوی لرزه‌ای گسل ری با طول ۲۶ کیلومتر و بزرگای گشتاوری (Mw) ۶/۷ و سناریوی گسل شمال تهران و گسل شناور برای شبیه‌سازی زلزله درنظر گرفته شده است (جایکا، ۱۳۸۰). همچنین از مطالعات جایکا برای تخمین خسارات (درصد آسیب‌دیدن) منطقه در برابر سناریوهای لرزه‌ای مذکور استفاده شد. مقدار اثرگذاری هر شاخص در منطقهٔ ۶ شهرداری شهر تهران با استفاده از نظر خبرگان به‌دست آمده است.

مدل مفهومی پیشنهادی

با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظر خبرگان، مدل مفهومی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله شامل ابعاد و شاخص‌ها به‌دست آمده است. شکل ۲ این ابعاد و شاخص‌های هریک از آن‌ها را نشان می‌دهد. با استفاده از روش مقایسهٔ زوجی این ابعاد و شاخص‌ها وزن‌دهی شدند. در این پژوهش، از دیدگاه‌های ۲۰ خبرهٔ مرتبط با مدیریت شهری و زلزله استفاده شده است. میزان اثرگذاری نظر هر خبره براساس پارامترهایی تعیین شده که شامل تحصیلات، شغل، رشتهٔ تحصیلی و سنوات کاری است. در این میان، مقدار سنوات شغلی به دلیل تأثیرگذاری بر تجربه‌های افراد از اهمیت بسیاری برخوردار است که ۷۰ درصد خبرگان استفاده‌شده بیشتر از ۱۰ سال سابقه فعالیت داشته‌اند. همچنین مدرک ۱۹ نفر از ۲۰ خبرهٔ تحصیلی دکتری تخصصی در زمینهٔ فعالیت خود آن‌ها بوده است.

www.SID.ir

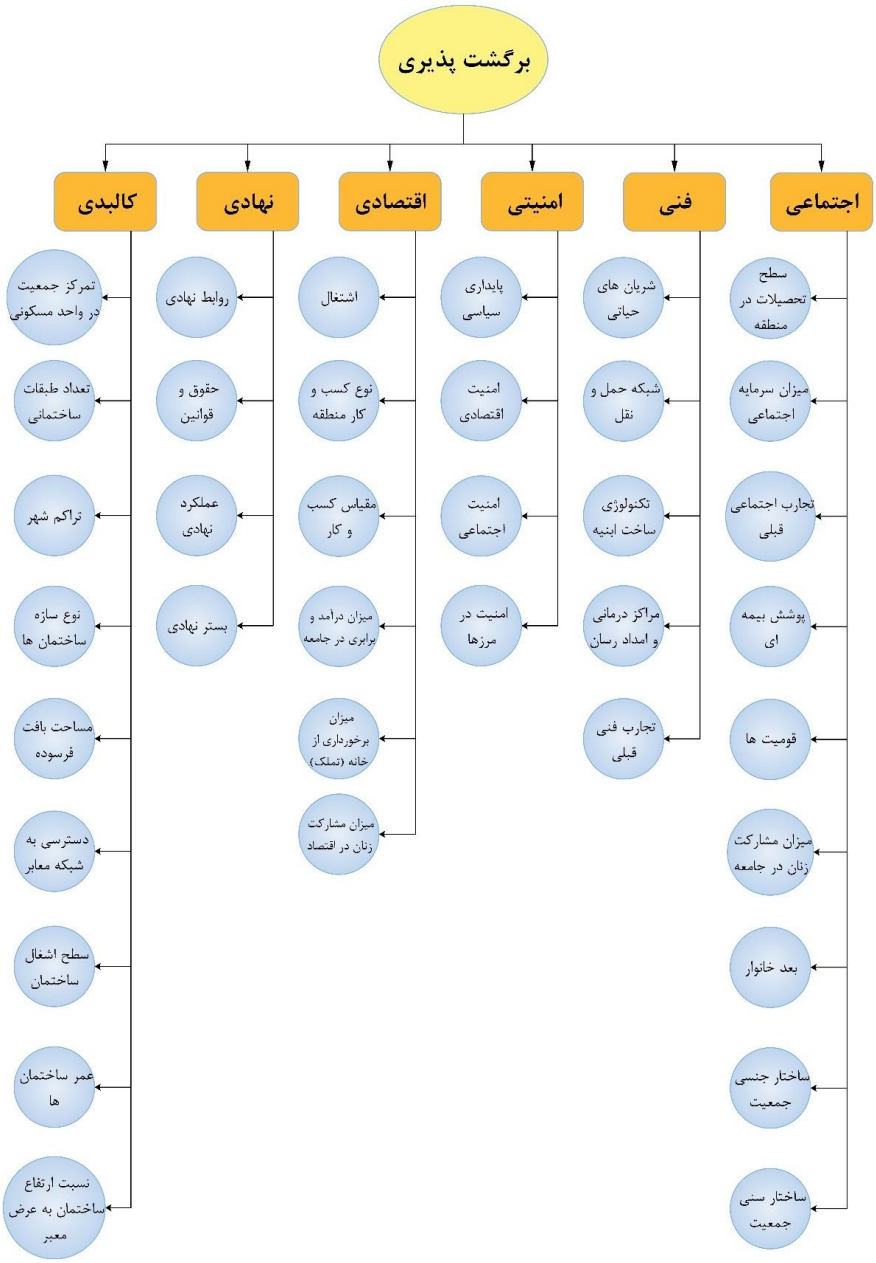
Archive of SID



شکل ۱. الگوریتم انتخاب راهبرد بهینه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. ابعاد و شاخص‌های تاب‌آوری شهری در برابر زلزله

مدل‌سازی شاخص تاب‌آوری (RI)

برای مدل‌سازی تاب‌آوری شاخصی پیشنهاد شده که دربرگیرندهٔ ابعاد مختلف مؤثر در تاب‌آوری سیستم مورد مطالعه (در اینجا تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله) است که میزان تأثیرگذاری هریک با استفاده ازنظر خبرگان سنجیده شده است. این شاخص تاب‌آوری نام دارد که با RI نمایش داده می‌شود (رابطهٔ ۱) (بهزادفر و همکاران، ۱۳۹۷). در این رابطه، D_m وزن بعد اصلی، m، I_i وزن شاخص، i ام بعد مربوط و R_i اثربخشی شاخص i ام است.

$$\mathrm{RI} = D_1 \sum_{i=1}^{n_1} I_i R_i + D_2 \sum_{i=1}^{n_2} I_i R_i + \cdots + D_m \sum_{i=1}^{n_m} I_i R_i \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش تاب‌آوری اثرگذاری هر بخش بر تاب‌آوری مشخص می‌شود؛ بنابراین می‌توان پیشرفت یا کاستی هر بخش در مقاوم‌سازی و افزایش تاب‌آوری را اندازه‌گیری کرد. نکتهٔ مهم دربارهٔ این شاخص این است که این شاخص به‌منظور مقایسهٔ حالات مختلف و راهبردهای افزایش تاب‌آوری توسعه داده شده است. در این مدل، ضریبی به نام R_i وجود دارد که بیانگر میزان تاب‌آوری یا اثربخشی هر بعد در تاب‌آوری است که با استفاده از مطالعات پیشین در همان بخش و نظر خبرگان محاسبه شده است. با استفاده از این ضریب، مسئلهٔ تاب‌آوری به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود و برآورد تاب‌آوری شهری که دربرگیرندهٔ ابعاد و مؤلفه‌های گوناگون در تخصص‌های مختلف است، آسان‌تر و دقیق‌تر می‌شود. تاب‌آوری شش بعد دارد که شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، فنی، نهادی و امنیتی است.

راهبردهای بهبود تاب‌آوری

جزئیات اجرایی مربوط به راهبردهای ارائه‌شده در این بخش با توجه به ظرفیت‌های اجرایی شهر و کشور قابل‌تغییر هستند. در این پژوهش، تنها به‌منظور مقایسهٔ اثربخشی این دسته از راهبردها، تغییرات در هریک از ابعاد به‌صورت پارامتریک درنظر گرفته شده است. راهبردها به دو بخش عمدهٔ مهندسی- سازه‌ای (ابعاد فنی و کالبدی)، انسانی و مردمی (ابعاد اجتماعی و اقتصادی) تقسیم شده‌اند. همچنین حالت وضعیت موجود به‌عنوان حالت پایه درنظر گرفته شده است. هریک از سناریوها با تغییرات ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصدی به‌سوی بهبود نسبت به وضعیت موجود محاسبه می‌شوند. در این راهبردها، به‌صورت پارامتریک بیان می‌شود که در هر راهبرد، وضعیت شاخص‌های هریک از ابعاد موجود به چه میزان (برحسب درصد) نسبت وضعیت موجود بهبود یافته است. هدف این راهبردها، مقایسهٔ کلی راهکارها و سیاست‌های کلان مرتبط با بهبود تاب‌آوری شهری است. به‌منظور مقایسهٔ بهتر راهبردها و هزینه‌های اجرای آن‌ها با توجه به مصاحبه‌های انجام‌شده با متخصصان هر بخش تخمین زده شده است. باید توجه داشت که موارد یادشده تنها به‌منظور مقایسه هستند و دقت بالایی ندارند. زمان اجرای راهبردها به سه دسته تقسیم شده است. دستهٔ اول راهبردهایی که به کمترین زمان برای اجرایی‌شدن و شروع تأثیرگذاری خود نیاز دارند و «کوتاه‌مدت» نامیده می‌شوند. دستهٔ دوم راهبردهایی هستند که معمولاً بیش از چند سال زمان نیاز دارند. این راهبردها در دستهٔ «میان‌مدت» جایی گرفته‌اند. درنهایت راهبردهایی که در بازه‌های زمانی یک دهه اجرا می‌شوند، در دستهٔ «بلندمدت» قرار گرفته‌اند. به‌منظور درنظرگرفتن هزینه‌های اجرای هر راهبرد با توجه به شاخص‌های هر بعد که در راهبرد مربوط وجود دارد، تقریبی از سطح هزینه‌ها در ۹ سطح انجام شده است. این سطوح هزینه‌ای تنها برای مقایسه هستند. سه بخش اصلی «هزینهٔ کم»، «هزینهٔ متوسط» و «هزینهٔ زیاد» هریک به سه سطح تقسیم شده‌اند؛ بنابراین عدد ۱ بیانگر سطح هزینه‌ای کم در دستهٔ هزینهٔ کم و عدد ۹ نشان‌دهندهٔ سطح هزینه‌ای زیاد در دستهٔ هزینهٔ زیاد است. میزان هزینه از عدد ۱ تا ۹ تغییر می‌کند. جدول ۲ راهبردهای بهبود برگشت‌پذیری و نام اختصاری هریک را نشان می‌دهد. در این جدول، ابعاد فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی در ۳ ترکیب مشخص از بهبود بعد مدنظر در مقایسه با وضعیت موجود (۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد بهبود) با توجه به زمان و هزینهٔ اجرا نام‌گذاری شده‌اند. این بهبود ایجادشده در هر راهبرد تغییر در شاخص‌های هریک از ابعاد موجود در راهبرد را در مقایسه با وضعیت موجود بیان می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. راهبردهای تاب‌آوری و زمان و هزینهٔ اجرای هریک

ردیف	راهبرد (بهبود در ابعاد)		بهبود در مقایسه با وضعیت موجود		
			۱۰ درصد	۵۰ درصد	۹۰ درصد
۱	فنی-کالبدی	راهبرد	T_1	T_2	T_3
		زمان اجرا	کوتاه‌مدت	میان‌مدت	بلندمدت
		هزینهٔ اجرا	۳	۶	۹
۲	اجتماعی-اقتصادی	راهبرد	S_1	S_2	S_3
		زمان اجرا	میان‌مدت	بلندمدت	بلندمدت
		هزینهٔ اجرا	۲	۴	۶

بحث و یافته‌ها

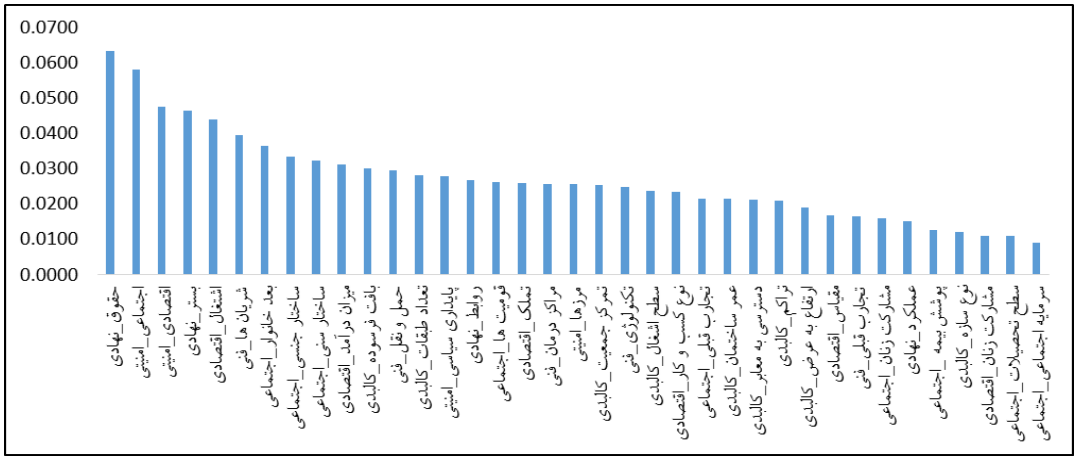
میزان اثرگذاری ابعاد در برگشت‌پذیری به‌ترتیب بعد کالبدی با وزن ۰/۲۰۲، اجتماعی با وزن ۰/۱۹۸، امنیتی با وزن ۰/۱۵۹، اقتصادی با وزن ۰/۱۵۳، نهادی با وزن ۰/۱۵۱ و فنی با وزن ۰/۱۳۶ کاهش یافته است. این وزن‌ها با استفاده از روش مقایسهٔ زوجی که پیش‌تر توضیح داده شد، استخراج شده‌اند. براین‌اساس بعد فنی کمترین اثر را از دیدگاه پاسخ‌دهندگان در برگشت‌پذیری شهر در برابر زلزله و بعد کالبدی بیشترین میزان اثرگذاری را دارد. با وجود این، باید توجه داشت که این دو بعد به یکدیگر مربوط هستند؛ برای مثال فناوری ساخت ابنیه از بعد فنی و نوع سازهٔ ساختمان‌ها از بعد کالبدی به یکدیگر مربوط هستند. نکتهٔ مهم دیگر نزدیکی میزان اثرگذاری هر بعد است.

براساس مدل شاخص برگشت‌پذیری وزن هر شاخص در وزن بعد اصلی مربوط ضرب می‌شود. درواقع سهم مستقل هر شاخص در برگشت‌پذیری شهر در برابر زلزله با ضرب‌کردن سهم شاخص در سهم بعد مربوط به آن شاخص به‌دست می‌آید. شکل ۳ این مقادیر را برای مقایسه نشان می‌دهد. این مقادیر که برگرفته از نظر خبرگان است، نشان می‌دهد شاخص حقوق و قوانین از بعد نهادی بیشترین تأثیر را بر برگشت‌پذیری در برابر زلزله دارد. ابتدا باید توجه داشت که سهم هریک از این شاخص‌ها در جایگاه خود بسیار اهمیت دارد و در اینجا تنها مقایسهٔ با یکدیگر هدف است و پایین‌بودن یک شاخص در مقایسه با دیگر شاخص‌ها نشانهٔ اهمیت‌نداشتن آن نیست. سپس باید توجه کرد که تعداد شاخص‌های هر بعد و وزن کلی بعد در این رتبه‌بندی شاخص‌ها تأثیرگذار است. از نظر منطقی نیز این اختلافات قابل‌بررسی هستند. حقوق و قوانین مهم‌ترین شاخص از نظر خبرگان است (شاخص‌ها و تعداد آن‌ها نیز برگرفته از مطالعات کتابخانه‌ای و درنهایت با تأیید نظر خبرگان بوده است). از دیدگاه منطقی، جامعهٔ مدنی بدون حقوق و قوانین شکل نمی‌گیرد تا بحث برگشت‌پذیری در شهر مطرح شود. منظور از حقوق و قوانین، حقوق و قوانین مربوط به مدیریت بحران و سانحه، چه قبل از وقوع رخداد، هنگام رخداد و چه پس از آن است. با این تعریف نیز در صورت نبود حقوق و قوانین (قوانینی که به‌صورت خاص به حادثه‌ای مثل زلزله مربوط شود) تعاریفی چون بافت فرسوده وجود نخواهند داشت. سه رتبهٔ بعدی در این شکل، به شاخص‌های امنیت اجتماعی و امنیت اقتصادی (هر دو از بعد امنیت) و بستر نهادی از بعد نهادی اختصاص دارند. امنیت اقتصادی و امنیت اجتماعی قبل و بعد از سانحه بسیار مهم است. قبل از رخداد سانحه در صورت نبود امنیت اقتصادی و اجتماعی، جامعه توان ایجاد زیرساخت‌های مرتبط با برگشت‌پذیری را ندارد. مشکلات اجتماعی در شاخص‌های اجتماعی نمایان می‌شود و نبود این‌ها بعد از رخداد سانحه مدیریت بحران را با مشکلات جدی کوتاه‌مدت و بلندمدتی مواجه می‌کند. بستر نهادی از این منظر اهمیت دارد که

www.SID.ir

Archive of SID

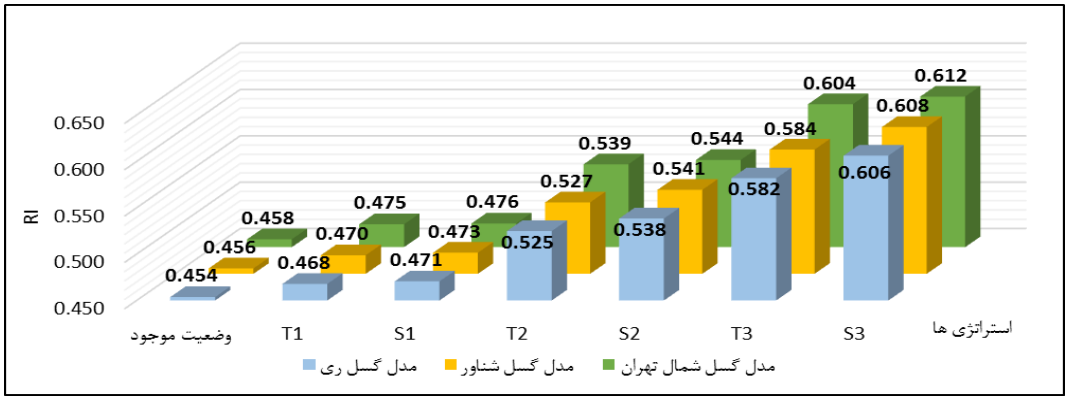
بدون وجود بستری برای اجرای قوانین، تأثیر آن‌ها محدود خواهد بود. همچنین بسترهای نهادی، حکومت و بخشی از مدیریت بحران را تشکیل می‌دهند. قوانین نیز سازندهٔ بسترهای نهادی هستند.



شکل ۳. مقایسهٔ همهٔ شاخص‌ها با یکدیگر

میزان بهبود شاخص تاب‌آوری در راهبردهای مختلف

مقدار شاخص تاب‌آوری با توجه به شرایطی که برای وضعیت موجود فرض شده است، در سناریوی گسل شمال تهران ۰/۴۵۸، در سناریوی گسل ری ۰/۴۵۴ و در سناریوی شناور ۰/۴۵۶ است. مقادیر شاخص تاب‌آوری در شکل ۴ آمده است. شاخص برای سناریوی گسل ری کمتر از دیگر سناریوهاست. با توجه به مقادیر شاخص تاب‌آوری در بهبود ۱۰ درصدی در مقایسه با وضعیت موجود دو دستهٔ راهبردی فنی–کالبدی و اجتماعی–اقتصادی تنها ۰/۶ درصد با یکدیگر فاصله دارند. در بهبود ۵۰ درصدی، راهبرد S_2 ۲/۵ درصد در مقایسه با راهبرد T_2 و در بهبود ۹۰ درصدی، راهبرد S_3 ۴/۱ درصد در مقایسه با راهبرد T_3 شاخص تاب‌آوری را بیشتر بهبود داده‌اند. در بهترین حالت، راهبرد S_3 در مقایسه با وضعیت موجود در هر سه سناریوی لرزه‌ای حدود ۳۳ درصد شاخص تاب‌آوری را بهبود داده است. راهبرد T_3 در سناریوی گسل شمال تهران ۳۱ درصد و در دو سناریوی لرزه‌ای دیگر حدود ۲۸ درصد شاخص تاب‌آوری را بهبود داده است.



شکل ۴. مقادیر شاخص تاب‌آوری برای سناریوهای لرزه‌ای و راهبردهای ذکرشده

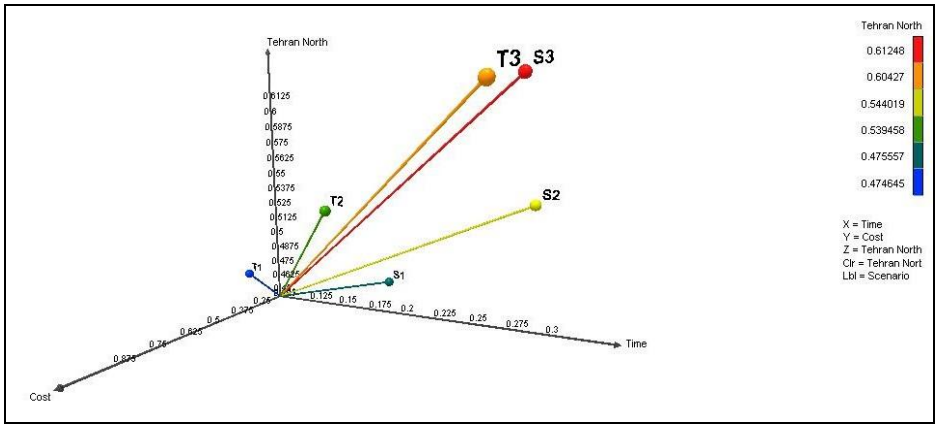
www.SID.ir

Archive of SID

شاخص تاب‌آوری در برابر هزینه و زمان اجرای راهبردها

برای انتخاب راهبرد بهینهٔ پارامترهای زمان اجرا و هزینهٔ راهبرد نیز اهمیت بسیاری دارد. برای نشان‌دادن این پارامترها نسبت هزینهٔ اجرای راهبرد به مقدار افزایش شاخص تاب‌آوری در جدول ۳ آمده است. در شکل ۵ نیز منحنی پارتو شاخص تاب‌آوری در راهبردهای سناریوی لرزه‌ای گسل شمال تهران (محور عمودی) در برابر هزینه و زمان اجرای راهبردها (محور افقی) نشان داده شده است. در اینجا برای مقایسهٔ بهتر، مقادیر هزینه در محدودهٔ صفر تا ۱ قرار داده شده است. براین‌اساس هرچه فاصلهٔ نقاط از مبدأ مختصات کمتر باشد، راهبرد بهینه‌تر است. این روش انتخاب در مواردی که یک جواب یکتا وجود ندارد، استفاده می‌شود. باید توجه کرد که انتخاب راهبرد بهینه به شرایط حاکم در محدودهٔ زمانی خاص وابسته است. با وجود این، با توجه به آنچه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، راهبرد S_1 در شرایط بهبود مختصر پارامترهای دخیل در برگشت‌پذیری (بهبود ۱۰ درصدی)، راهبرد S_2 در شرایط بهبود متوسط پارامترهای دخیل در برگشت‌پذیری (بهبود ۵۰ درصدی) و راهبرد S_3 در شرایط بهبود حداکثری پارامترهای دخیل در برگشت‌پذیری (بهبود ۹۰ درصدی) راهبرد بهینه هستند.

برای مقایسهٔ بهتر در شکل ۶ مقدار شاخص تاب‌آوری در منطقهٔ ۶ شهرداری شهر تهران نمایش داده شده است. در این نقشه، رنگ قرمز کمترین تاب‌آوری و رنگ سبز بیشترین تاب‌آوری را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌ها، روند اثرگذاری راهبردهای T بیشتر از راهبردهای S است؛ یعنی با افزایش بهبود در شاخص‌های فنی-کالبدی، افزایش بیشتری در شاخص تاب‌آوری در مقایسه با بهبود در ابعاد اجتماعی-اقتصادی حاصل می‌شود. با توجه به نمودار بهترین راهبرد، T3 است.



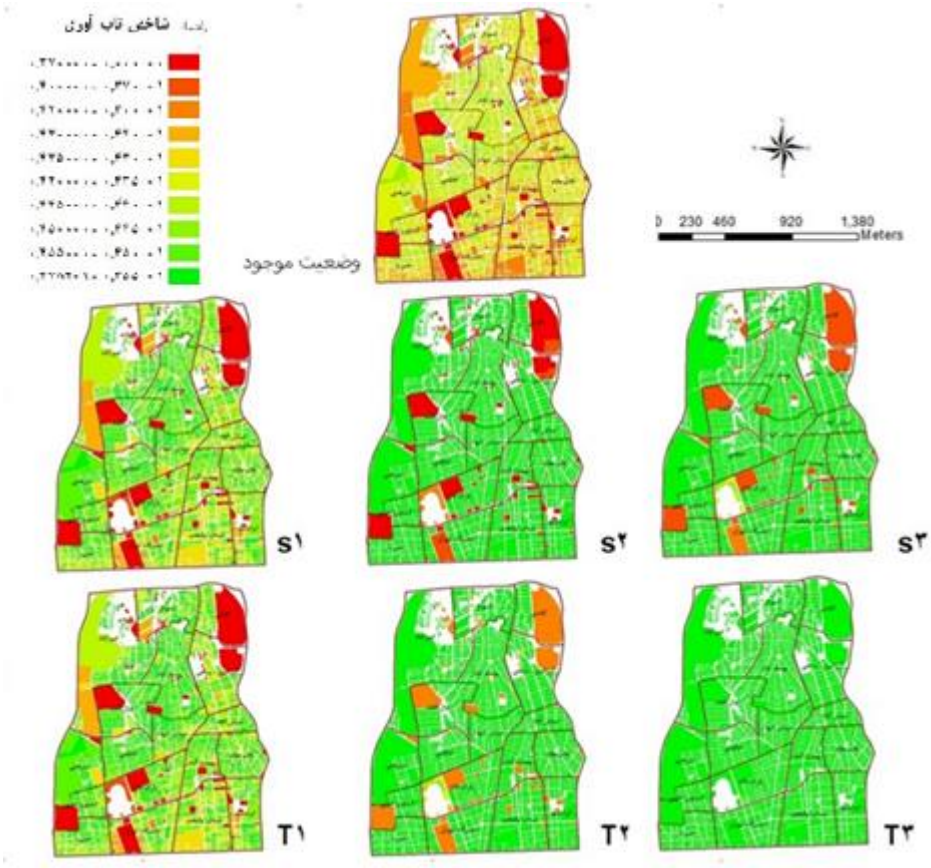
شکل ۵. شاخص تاب‌آوری در مقابل هزینه و زمان اجرا در سناریوی گسل شمال تهران

جدول ۳. مقایسهٔ راهبردها از نظر افزایش تاب‌آوری

سناریو	نسبت هزینه به افزایش شاخص تاب‌آوری			
	رتبه	مدل گسل شمال تهران	مدل گسل ری	مدل گسل شناور
S1	۵	۶/۱۷۱۷	۷/۰۲	۷/۰۲
S2	۲	۱۱/۶۸۵	۱۱/۷۹۵	۱۱/۷۹۵
S3	۱	۱۸/۵۱۵	۲۱/۰۶	۲۱/۰۶
T1	۶	۳/۸۹۵۲	۳/۹۳۱۸	۳/۹۳۱۸
T2	۴	۴/۶۷۴۲	۴/۷۱۸۲	۴/۷۱۸۲
T3	۳	۷/۴۰۶	۸/۴۲۴	۸/۴۲۴

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. مقایسهٔ راهبردها در منطقهٔ ۶

نتیجه‌گیری

اثربخشی راهبردهای بهبود تاب‌آوری شهری مرتبط با بخش‌های فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی در برابر زلزله در منطقه ۶ شهرداری شهر تهران بر اساس مدل مفهومی پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفت. این مدل مفهومی شامل شش بعد مختلف اجتماعی، اقتصادی، فنی، کالبدی، امنیتی و نهادی است که مولفه های هر کدام بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و نظر خبرگان استخراج گردیده است. بر اساس نظر خبرگان ابعاد و شاخص هاا نیز وزن دهی شدند و در وزن نسبی کلیه شاخص ها محاسبه گردید.

در ادامه اثربخشی راهبردهای فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی در بهبود تاب‌آوری برای منطقهٔ مورد مطالعه با یکدیگر مقایسه شد. به این منظور سه سناریوی لرزه‌ای گسل شمال تهران، گسل ری و گسل شناور لحاظ گردید. برای هر کدام از ابعاد فنی-کالبدی و اجتماعی-اقتصادی، سه راهبرد بهبود تاب آوری آن بعد به تنهایی به میزان ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد در نظر گرفته شد و تاب آوری کلی منطقه شهری مورد مطالعه برای شش راهبرد مذکور محاسبه شد. برای هر کدام از راهبرد ها علاوه بر میزان بهبود تاب آوری، هزینه و زمان اجرای راهبردها نیز به صورت نسبی در محاسبات لحاظ گردید. مقدار شاخص تاب‌آوری کل در سناریوی گسل شمال تهران۰/۴۵۸، در سناریوی گسل ری ۰/۴۵۴ و در سناریوی شناور ۰/۴۵۶ است. نسبت هزینه به افزایش شاخص تاب‌آوری منطقه در راهبردهای فنی-کالبدی کوتاه‌مدت T1،

www.SID.ir

Archive of SID

میان‌مدت T2 و بلندمدت T3 به ترتیب ۳/۹۰، ۴/۶۷ و ۷/۴۱ محاسبه شد. نسبت مذکور برای راهبردهای اجتماعی-اقتصادی کوتاه‌مدت S1، میان مدت S2 و بلندمدت S3 به ترتیب ۶/۱۷، ۱۱/۶۹ و ۱۸/۵۲ برآورد گردید.

از آنجایی که در انتخاب راهبردها علاوه بر بهبود تاب آوری، پارامتر های زمان و هزینه اجرا نیز باید لحاظ گردند، منحنی پارتو آنها در شکل ۵ نمایش داده شد. با توجه به این شکل، راهبردهای T_1 و S_1 اختلاف فراوانی در منحنی پارتو ندارند. در راهبردهای بهبود ۵۰ و ۹۰ درصدی، راهبردهای فنی-کالبدی در مقایسه با راهبردهای اجتماعی-اقتصادی بهبود بیشتری در تاب‌آوری دارند. با وجود این نمی‌توان راهبردهای فنی-کالبدی را راهبردهایی بهینه درنظر گرفت. در صورت توجه به هزینهٔ اجرای راهبرد، با توجه به جدول ۳، راهبردهای S_3 و S_2 به‌ترتیب در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند؛ بدین‌معنا که این راهبردها با توجه به هزینهٔ ثابت بیشتر سبب افزایش تاب‌آوری می‌شوند. راهبرد T_3 در رتبهٔ سوم قرار دارد، اما باید زمان اجرا را نیز مدنظر قرار داد. راهبردهای اجتماعی-اقتصادی به زمان بیشتری برای اجراشدن نیاز دارند.

انتخاب راهبرد بهینه برای یک شهر با پارامترها و متغیرهای گوناگونی ارتباط دارد. تنها یک راهکار فنی یا اجتماعی نمی‌تواند ضامن موفقیت طرح‌های بهبود تاب‌آوری شهری باشد. با وجود این باید درنظر گرفت که این راهبردها به چه میزان از نظر اثربخشی، هزینهٔ اجرا و زمان مورد نیاز برای اجرا متفاوت هستند. در پایان باید اشاره کرد که بهینه‌ترین راهبرد ازنظر هزینه راهبرد S_3 و بهینه‌ترین آن از نظر زمان راهبرد T_1 است. انتخاب راهبرد بهینه وابستگی بسیاری به متغیرهای محدودکنندهٔ تصمیم‌گیرنده دارد. با وجود این، راهبرد T_1 در کوتاه‌مدت و راهبرد S_2 در طولانی‌مدت بهینه‌ترین راهبردها هستند. پیشنهاد می‌شود براساس الگوی معرفی‌شده برای انتخاب راهبرد استوار، ترکیبی از راهبردها برای یک شهر لحاظ گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا)، ۱۳۸۵، *ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ*، با همکاری مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ، گزارش نهایی.

امیدوار بابک و آسیه سلطانی، ۱۳۹۷، «کمی‌سازی برگشت‌پذیری زیرساخت‌های شهری و کاربرد آن در انتخاب راهکارهای مقاوم‌سازی لرزه‌ای (مطالعهٔ موردی: ایستگاه ۱۵ خرداد متروی شیراز)»، مهندسی زیرساخت‌های حمل‌ونقل، دورهٔ چهارم، شمارهٔ ۲، صص ۲۹-۴۸.

بهزادفر، مصطفی، امیدوار، بابک، قاسمی، رضا و محمدباقر قالیباف، ۱۳۹۷، «تدوین شاخص تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله»، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی امداد و نجات، دورهٔ نهم، شمارهٔ ۳، صص ۸۰-۸۶.

هجرتی، سید عباس، ۱۳۸۵، *ارزیابی راهبردهای مؤثر بر مدیریت بحران (بلایای طبیعی) در طرح‌های توسعهٔ شهری (مورد مطالعه: مجموعهٔ شهری تهران)*، پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکدهٔ هنر، دانشگاه تربیت مدرس.

Ainuddin, S., and Routray, J. K., 2012, Community Resilience Framework for an Earthquake Prone Area in Baluchistan, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 2, PP. 25-36.

Batabyal, A. A., 1998, The Concept of Resilience: Retrospect and Prospect, Environment and Development Economics, Vol. 3, No. 2, PP. 221-262.

Behzadfar, M., Omidvar, B., Ghasemi, R., and Qalibaf, M. B., 2018, Development of Urban Resilience Index against Earthquake, Journal of Rescue and Rescue Research, Vol. 9, No. 3, PP. 80-86. *(In Persian)*

Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., and Von Winterfeldt, D., 2003, A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities ,Earthquake Spectra, Vol. 19, No. 4, PP. 733-752.

Burton, Christopher G., 2012, The Development of Metrics for Community Resilience to Natural Disasters, Phd Thesis, College of Arts and Sciences, California State University.

Cai, H., Lam, N. S., Qiang, Y., Zou, L., Correll, R. M., ans Mihunov, V., 2018, A Synthesis of Disaster Resilience Measurement Methods and Indices, International Journal of Disaster Risk Reduction.

Chang, S. E., and Shinozuka, M., 2004, Measuring Improvements in the Disaster Resilience of Communities, Earthquake Spectra, Vol. 20, No. 3, PP. 739-755.

Cohen, O., Leykin, D., Lahad, M., Goldberg, A., and Aharonson-Daniel, L., 2013, The Conjoint Community Resiliency Assessment Measure As a Baseline for Profiling and Predicting Community Resilience for Emergencies, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 80, No. 9, PP. 1732-1741.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., and Webb, J., 2008, A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters, Global Environmental Change, Vol. 18, No. 4, PP. 598-606.

Cutter, S. L., Burton, C. G., and Emrich, C. T., 2010, Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions, Journal of Homeland Security and Emergency Management, Vol. 7, No. 1, PP. 1-22.

Dubé, J., and Polèse, M., 2016, Resilience Revisited: Assessing the Impact of the 2007–09 Recession on 83 Canadian Regions with Accompanying Thoughts on An Elusive Concept, Regional Studies, Vol. 50, No. 4, PP. 615-628.

www.SID.ir

Archive of SID

Franchin, P., and Cavalieri, F., 2015, Probabilistic Assessment of Civil Infrastructure Resilience to Earthquakes, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 30, No. 7, PP. 583-600.

Frazier, T. G., Thompson, C. M., and Dezzani, R. J., 2014, A Framework for the Development of the SERV Model :A Spatially Explicit Resilience-Vulnerability Model, Applied Geography, Vol. 51, PP. 158-172.

Godschalk, D. R., 2003, Urban Hazard Mitigation :Creating Resilient Cities, Natural Hazards Review, Vol. 4, No. 3, PP. 136-143.

Hejrati, A., 2006, Evaluation of Effective Strategies for Crisis Management) Natural Disaster (in the Urban Development Plan) Tehran City,(Thesis Master of Urban and Regional Planning, Art Faculty, Tarbiat Modarres University. *(In Persian)*

Hosseini, S., Barker, K., and Ramirez-Marquez, J. E., 2016, A Review of Definitions and Measures of System Resilience, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 145, PP. 47-61.

IFRC (2004) World Disasters Report. Ed. Walter L., Geneva, IFRC. *(In Persian)*

Mcentire, D. A., Fuller, C., Johnston, C. W., and Weber, R., 2002, A Comparison of Disaster Paradigms : The Search for a Holistic Policy Guide, Public Administration Review, Vol. 62, No. 3, PP. 267-281.

Miles, S. B., 2015, Foundations of Community Disaster Resilience :Well-Being, Identity, Services ,and Capitals, Environmental Hazards, Vol. 14, No. 2, PP. 103-121.

Miletti, D.S., 1999, Disasters by Design :A Reassessment of Natural Hazards in the United States, Joseph Henry Press, Washington, DC.

Omidvar, B., and Soltani, A., 2018, Quantification of Resiliency in Infrastructures and Its Application in the Selection of Seismic Retrofitting Strategies (Case Study: 15-Khordad Subway Station in Shiraz), Transport Infrastructure Engineering, Vol. 4, No. 2, PP. 29-48. *(In Persian)*

Ouyang, M., and Duenas-Osorio, L., 2014, Multi-Dimensional Hurricane Resilience Assessment of Electric Power Systems, Structural Safety, Vol. 48, PP. 15-24.

Parsons M, Glavac S, Hastings P, Marshall G, McGregor J, McNeill J, Morley P, Reeve I, Stayner R., 2016 , Top-Down Assessment of Disaster Resilience :A Conceptual Framework Using Coping and Adaptive Capacities, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 19, PP. 1-11.

Renschler, C. S., Frazier, A. E., Arendt, L. A., Cimellaro, G. P., Reinhorn, A. M., and Bruneau, M., 2010, A Framework for Defining and Measuring Resilience at the Community Scale: The PEOPLES Resilience Framework (PP. 10-0006). Buffalo: MCEER.

Saja, A. A., Goonetilleke, A., Teo, M., and Ziyath, A. M., 2019, A Critical Review of Social Resilience Assessment Frameworks in Disaster Management, International Journal of Disaster Risk Reduction, 101096.

Shaw, R., and IEDM Team, 2009, Climate Disaster Resilience: Focus on Coastal Urban Cities in Asia, Asian Journal of Environment and Disaster Management, Vol. 1, PP. 101-116.

The Japan International Cooperation Agency (JICA), 2001, Seismic microzonation of Tehran .In collaboration with the Center for Earthquake and Environmental Studies in Tehran, the final report. *(In Persian)*

Tyler, S., Reed, S. O., Macclune, K., and Chopde, S., 2010, Planning for Urban Climate Resilience: Framework and Examples from the Asian Cities Climate Change Resilience Network) ACCCRN(, Climate Resilience in Concept and Practice: ISET Working Paper, 3, 60.

www.SID.ir

Archive of SID

UNISDR, M., 2009, UNISDR Terminology for Disaster Risk Reduction, United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Geneva, Switzerland.

Woloszyn, P., 2013, Inductive ESO Model Evolution: Towards a Viable Inference Model of Resilience Dynamics, In 12th Annual International Conference of Territo.

Zhao, X., Cai, H., Chen, Z., Gong, H., and Feng, Q., 2016, Assessing Urban Lifeline Systems Immediately After Seismic Disaster Based on Emergency Resilience, Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 12, No. 12, PP. 1634-1649.

www.SID.ir