تاریخ دریافت : ۹۶/۰۵/۱۰
تاریخ پذیرش : ۹۶/۱۰/۲۰

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز تحت عنوان :
Urban Local-Spatial Resilience: Developing the Key Indicators and Measures, a Brief Review of Literature
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

بسط شاخص‌های کلیدی سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری؛ مرور فشرده ادبیات نظری*

فریبا قرایی**
محمدرضا مثنوی***
مونا حاجی بنده****

چکیده
شهرها تأثیرات قابل‌توجهی بر محیط‌زیست دارند و ارتقاء پایداری و تاب‌آوری در آنها حایز اهمیت است.
بیان مسئله و هدف تحقیق : بررسی شاخص‌های سنجش تاب‌آوری به عنوان ابزار مفید برای طراحی سیاست‌های عمومی و پشتیبانی تصمیم‌گیری‌های امور شهری یک ضرورت است. این در حالی است که با وجود پیشرفت‌های مهم در سال‌های اخیر در این زمینه و شناسایی شاخص‌های تاب‌آوری، پاسخ روشنی برای این پرسش که چگونه تاب‌آوری «مکانی-فضایی» در شهر قابل اندازه‌گیری است یافت نشد و همچنان نیاز به ارایه روش‌های مشخص برای سنجش بعد مکانی-فضایی تاب‌آوری شهری و کمی‌سازی آن وجود دارد.
پرسش‌های کلیدی : لذا پرسش‌های این تحقیق عبارتند از :
۱. شاخص‌های سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی کدامند؟
۲. چه رابطه‌ای بین تاب‌آوری و سازمان فضایی شهر وجود دارد؟
۳. نقش عناصر سازمان فضایی شهر در تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری چیست؟
نتایج پژوهش : براساس یافته‌های تحقیق، سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری شامل چهار شاخص تنوع، ارتباط یا اتصال، افزونگی و استحکام است که براساس مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر (شامل بلوک‌های شهری، فضاهای سبز و باز، خیابان‌ها و محورها-پهنه‌های عملکردی) در دو الگوی ساختاری و عملکردی پیشنهاد می‌شود. یافته‌های این پژوهش، سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی در شهر را با ارایه تعریف عملیاتی شاخص‌ها و داده‌های قابل اندازه‌گیری هر شاخص میسر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی
تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری ، شاخص‌های کلیدی، سنجش تاب‌آوری، شهرسازی.

*. این مقاله مستخرج از رساله دکتری مونا حاجی بنده، با عنوان «گسترش چارچوب نظری و مفهومی تاب‌آوری و کاربست شاخص‌های آن با تأکید بر عناصر سازمان فضایی شهر» است که به راهنمایی سرکارخانم دکتر فریبا قرایی و مشاوره جناب آقای دکتر محمدرضا مثنوی در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر تهران به انجام رسیده است (مشارکت اساتید راهنما و مشاور به صورت مساوی است).

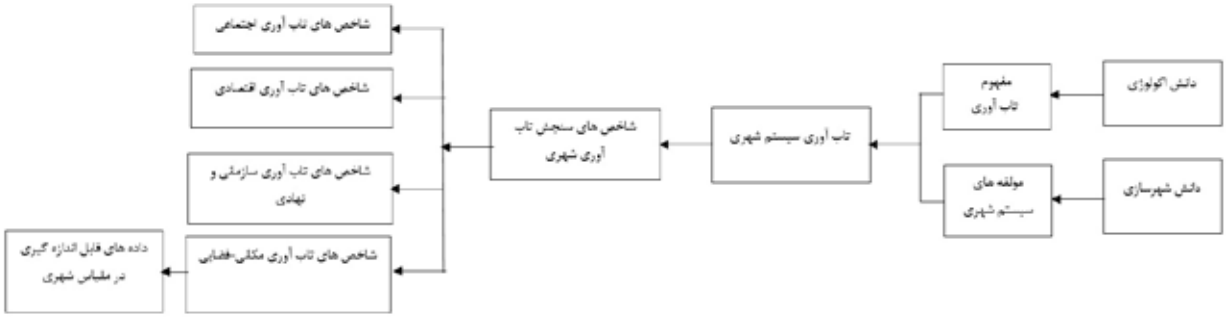
**. دکتری معماری، دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران Gharai@ art.ac.ir
***. دکتری معماری، استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران masnavim@ut.ac .ir
****. پژوهشگر دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران monahaji@gmail.com

مقدمه

مشکلات زیست‌محیطی قرین با موضوع شهرنشینی، ریشه در هر دو زمینه اکولوژیکی و شهرسازی دارند (چپمن، ۱۳۸۶)؛ (Masnavi, 2013) که این امر به شکل‌گیری زمینه‌های تحقیقی مشترک در این دو دانش منجر شده است. یکی از این زمینه‌های تحقیقی، تاب‌آوری سیستم شهری است. شهرها باعث تأثیرات قابل توجهی بر محیط زیست هستند و ارتقای پایداری و تاب‌آوری در شهرها و سکونتگاه‌های انسانی یک اولویت است (Masnavi, 2011; Chelleri & Olazabal, 2012). لذا مطالعات تاب‌آوری شهری و نحوه سنجش آن در شهرها اهمیت می‌یابد. این در حالی است که با وجود پیشرفت‌های مهم در سال‌های اخیر در این زمینه، روش‌های موجود برای اندازه‌گیری تاب‌آوری شهری، تنها به تحلیل آن برای اختلالات خاص، یا از منظر تاب‌آوری مهندسی یا تاب‌آوری اکولوژیکی و از دیدگاه زیست محیطی بوده است (Suárez, et al, 2016). بنابراین، با وجود ارایه برخی شاخص‌های سنجش تاب‌آوری شهری براساس مرور ادبیات نظری، لازم است تا تحقیقات بیشتری این امر را از زوایای گوناگون به ویژه براساس ابعاد تاب‌آوری شهری مورد بررسی قرار دهند که شامل چهار بعد تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی، سازمانی و نهادی و تاب‌آوری مکانی-فضایی است که در این میان به ویژه مطالعه بعد مکانی-فضایی تاب‌آوری امری بدیع و تازه است که مطالعات بر روی آن همچنان ادامه دارد (Suárez et al, 2016; Sharifi & Yamagata, 2016; Meerow, Newell, & Stults, 2016 ; Feliciotti, Romice, & Porta, 2016). اگرچه تحقیقات درباره شاخص‌های تاب‌آوری به طور عام از پیش‌تر آغاز شده بود ولی ارایه مجموعه شاخص‌های مرتبط با «تاب‌آوری شهری» در رابطه با بعد مکانی-فضایی شهر، به تازگی مورد توجه محققان شهری قرار گرفته است. این امر همچنان با چالش‌های متعددی روبه روست که این تحقیق سعی دارد تا با بازشکافی موضوع گامی در جهت روشن‌تر شدن آن بر دارد. لذا سؤال‌های این تحقیق بدین ترتیب طرح می‌شوند: ۱- شاخص‌های سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی کدامند؟ ۲- چه رابطه‌ای بین تاب‌آوری و سازمان فضایی شهر وجود دارد؟ ۳-نقش عناصر سازمان فضایی شهر در تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری چیست؟ برای تعیین تاب‌آوری به طور عام در منابع مختلف، شاخص‌های متفاوتی ارایه شده‌اند که عمومی و کلی بوده و بیشتر از منظر تاب‌آوری مهندسی و یا تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی-اکولوژی هستند و به ندرت در ارتباط با سیستم شهری و «تاب‌آوری شهری» تدوین شده‌اند. مثلاً شاخص ۱)دانش و یادگیری[۱] ، ۲)تغییر در برابر اختلال[۲] ، ۳)خود دوباره سازماندهی[۳] و ۴)تنوع[۴] از جمله شاخص‌های مهم یک سیستم تاب آور به طور عام هستند (Barthel, et al., 2013). همچنین برخی دیگر از شاخص‌ها نیز تاب‌آوری خاص را مدنظر قرار داده‌اند که برای اختلال‌های خاص طرح شده‌اند یا تاب‌آوری بخشی از یک سیستم را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق، ضمن درنظر گرفتن کلیت یک سیستم شهری، با ارجاع به آخرین تحقیقات انجام شده، شاخص‌های «تاب‌آوری شهری» در بعد مکانی-فضایی بسط داده شده و استدلال می‌شود که این شاخص‌ها برای کمک به برنامه‌ریزان به منظور درک چگونگی افزایش توانایی برنامه‌ریزی و آماده شدن برای جذب اختلال، بهبود و سازگاری با حوادث مخرب باید به کار گرفته شوند. بنا بر مرور ادبیات نظری و تحقیقات انجام شده، مطالعات در زمینه بسط شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری شهری افزایش یافته است که آن را به یک موضوع قابل توجه در محافل علمی و سیاسی تبدیل کرده است که توسعه شهری آینده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sharifi & Yamagata, 2016). تصویر ۱ دیاگرام مدل مفهومی تحقیق را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

در مرحله اول، مرور ادبیات نظری موضوع انجام شده است که منجر به تدوین چارچوب نظری تاب‌آوری سیستم شهری شد و آن بخش از ادبیات موضوع که تفکر تاب‌آوری را در ارتباط با شهر و سیستم شهری بررسی کرده است تحت عنوان شهرهای تاب آور و تاب‌آوری سیستم شهری، مورد توجه قرار گرفت. به منظور گردآوری اطلاعات و مرور ادبیات نظری سیستماتیک، هر دو روش کتابخانه‌ای و جستجوی پایگاه‌های معتبر علمی-پژوهشی، به ویژه پایگاه‌های ۱)اسکوپوس[۵] ؛ ۲)شبکه دانش[۶] و ؛ (۳) ساینس دیرکت[۷] انجام شده و در قدم بعدی، مطالعه، بررسی و تحلیل محتوایی شامل مؤلفه‌های سیستم شهری و سازمان فضایی شهر، تفکر تاب‌آوری و شاخص‌های تاب‌آوری سیستم شهری صورت پذیرفته است. سپس برای سنجش تاب‌آوری سیستم شهری با تمرکز بر بعد مکانی-فضایی، شاخص‌ها استخراج شده و بسط داده شده‌اند. به این منظور ضمن استفاده از ابزار توسعه ظرفیت[۸] RAP و براساس تحقیقات اخیر در زمینه دسته بندی شاخص‌های تاب‌آوری، شاخص‌های سنجش تاب‌آوری در ارتباط با مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر شامل ؛ ۱- مراکز، محورها و پهنه‌های عملکردی اصلی و عمده شهری، ۲- شبکه محورهای ارتباطی اصلی و ۳- پهنه شهری که تشکیل شده از بلوک‌های شهری و ۴- فضاهای سبز و باز طبیعی، پیشنهاد شده و تعریف عملیاتی شاخص‌ها و داده‌های قابل اندازه‌گیری هر شاخص



تصویر ۱. دیاگرام مدل مفهومی تحقیق. ماخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

به تفکیک تعریف شده و تحلیل می‌شوند.

تفکر تاب‌آوری شهری و دسته بندی شاخص‌های سنجش آن

تفکر تاب‌آوری به اشکال گوناگونی تعریف شده و حلقه‌های مفهومی متعددی از آن نیز شکل گرفته است. با این‌حال توافق جامعی به لحاظ مفهومی روی این موضوع وجود دارد. به نظر آلبرتی و همکاران که به تعریفشان از تاب‌آوری در تحقیقات علمی بسیار ارجاع شده است، تاب‌آوری عبارت است از: «درجه‌ای که سیستم قادر است خطرات را جذب کرده و خودش را دوباره سازماندهی کند». بر این مبنا، تاب‌آوری ترکیبی از «جذب اختلالات و رسیدن به وضعیت تعادل»، «خود سازماندهی دوباره» و «افزایش ظرفیت یادگیری و سازگاری» است (Alberti, et al, 2003) در جدیدترین تعریفی که از تاب‌آوری شهری در تحقیقات اخیر ارایه شده است، به توانایی یک سیستم شهری و کلیه شبکه اکولوژیکی-اجتماعی و تکنیکی-اجتماعی سازنده‌اش در مقیاس‌های زمانی و مکانی اطلاق می‌شود که در مواجهه با اختلال، اقدام به نگهداری عملکردهای مطلوب یا بازگشت سریع به آنها می‌کند ؛ سیستمی که سازگاری با تغییر دارد و چنانچه سیستم ظرفیت انطباق با تغییرات کنونی یا آتی را محدود می‌کند به واسطه ویژگی تاب‌آوری سریعا تغییر داده شده و دگرگون می‌شود (Meerow, Newell, & Stults, 2016). آنچه در مورد تفکر تاب‌آوری در همه تعاریف مشترک است و باید مد نظر قرار گیرد توانایی یا ظرفیت جذب اختلال و خطر، توانایی سازگاری با تغییر و بهبود، همچنین حفظ ویژگی‌ها و ساختارهای ذاتی سیستم است و اینکه تاب‌آوری بیشتر به منزله یک توانایی یا جریان دیده شده است تا یک نتیجه. دسته بندی شاخص‌های سنجش تاب‌آوری شهری به تفکیک ابعاد تاب‌آوری در جدول ۱ ارایه می‌شود.

همانطور که در جدول مشخص است شاخص‌های فوق کلی بوده و ارزیاب را قادر به اندازه‌گیری برای قضاوت در مورد آنها نمی‌کند. این در حالی است که ارزیابی، زمانی نتیجه موفق خواهد داشت که مبتنی بر تحلیل‌های مکانی بوده و قابلیت کمی‌سازی و عینی‌سازی داشته باشد. در مرحله بعدی شاخص‌های تاب‌آوری شهری با تمرکز بر تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری، بسط داده شده و ارایه می‌شوند که براساس تعریف اسپالیویر (Spaliviero, 2015) عبارتست از «طراحی و سازماندهی فضاهای شهری و فعالیت‌ها از راهی که موجب ارتقای نگهداری و ترمیم کیفیت محیط زیست طبیعی شود». به این بعد تاب‌آوری شهری که بر فعالیت‌ها و فضاهای شهری متکی است و تا حدودی مستقل از دیگر ابعاد تاب‌آوری شهری است، در این تحقیق تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری اطلاق شده است. این بعد تاب‌آوری شهری با تأکید بر فعالیت و فضا، هر دو زمینه محیط زیست طبیعی و محیط انسان ساخت شهری را در بر می‌گیرد.

تبیین شاخص‌های سنجش تاب‌آوری «مکانی-فضایی» شهری

شاخص‌های سنجش تاب‌آوری «مکانی-فضایی» شهری، مستقیماً مربوط به ابعاد فیزیکی و زیست محیطی سیستم شهری بوده و در ارتباط با مؤلفه‌های اصلی سازمان فضایی شهر قرار می‌گیرند. سازمان فضایی شهر تبلور بعد مکانی-فضایی شهری است که به روابط مختلف و متقابل تمامی نیروها و عوامل موجود در شهر بستگی دارد. این عوامل می‌تواند دربرگیرنده نیروی بازار، فعالیت‌ها، زیرساخت‌های شهری و خدمات گوناگون باشد که همواره ارتباطی پیچیده و متقابل داشته‌اند (زیاری و همکاران, ۱۳۹۲). مقصود از سازمان فضایی، شبکه‌ای است که عناصر آن را مراکز شهری (مراکز مختلط تجاری، اداری، فرهنگی و غیره در مقیاس کل

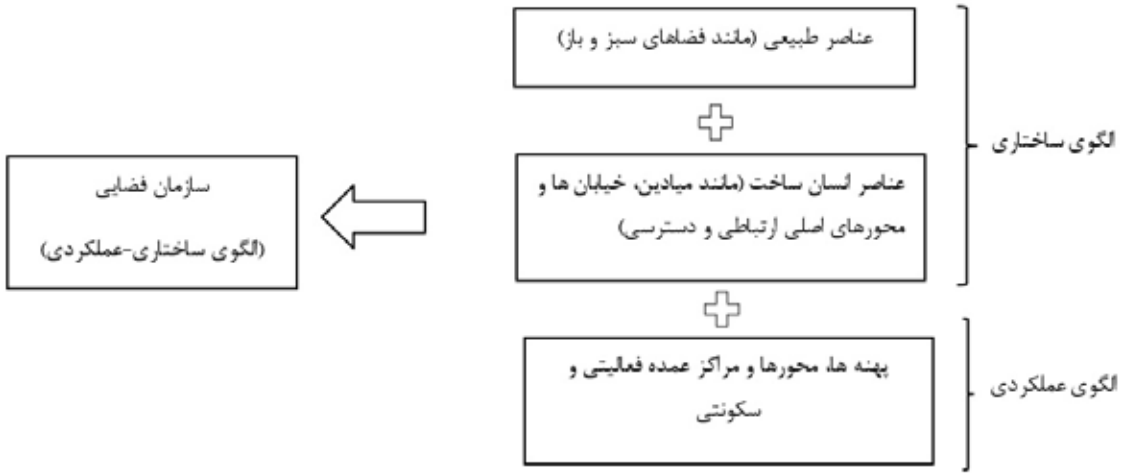
جدول۱. دسته بندی شاخص‌های سنجش تاب‌آوری سیستم شهری به تفکیک ابعاد تاب‌آوری. مأخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

ابعاد تاب آوری	شاخص های تاب آوری
تاب آوری اجتماعی (Hassler & Kohler, Santos Cruz et al, 2012) 2014;Godschalk, 2003 ;Walker & Salt, 2006; Suárez, Gómez-Baggethun, Benayas, & Tilbury, 2016)	ظرفیت سازگاری یا انطباق، شاخص ارتباط یا اتصال(بخش های مختلف سیستم اجتماعی)، آسیب پذیری، سلامت خانوار و جمعیت، خدمات فرهنگ، کاهش خشونت و ناامنی و جرم و جنایت شهری، ظرفیت یادگیری و آگاهی، تنوع طبقات اجتماعی، خلاقیت و نوآوری، کاردانی و توانایی منابع انسانی، سرعت پاسخگویی به موقع، سرمایه اجتماعی
تاب آوری اقتصادی (Eraydin & Tasan-Kok, 2012; Ernstson, et al 2010)	معیشت و زیست پذیری، استراتژی ها و سیاست های اقتصاد شهری، شاخص ارتباط یا اتصال(بخش های مختلف سیستم اقتصادی)، ثروت و اشتغال، تنوع اقتصادی
تاب آوری زیست محیطی/زیرساخت شهری Olazabal, (Walker & Salt, 2006; Godschalk, 2003 2012;The Rockefeller Foundation, 2014; Alberti Chelliri & Colding; 2007 & Marzluff, 2004; ;Eraydin & Tasan-Kok, 2012; Feliciotti et al, 2016; Sharifi & Yamagata, 2016)	تنوع، شاخص ارتباط یا اتصال(بخش های مختلف سیستم زیست محیطی)، سلامت آب و هوا و خاک، طراحی تطبیقی(شاخص کیفیت محیط شهری از طریق نقش طراحی و سازماندهی فضا)، زیرساخت شهری، خدمات اکوسیستمی، (مدولار) پیمانه ای بودن و قابلیت اندازه گیری، استحکام(مقاومت عناصر و مولفه های فیزیکی شهر مثل راه ها و ساختمان ها)، ظرفیت سازگاری یا انطباق، افزونگی، پایداری، سرمایه طبیعی
تاب آوری سازمانی و نهادی (Ernstson, et al 2010 ;Barthel, et al., 2013; Suárez et al, 2016)	مهارت ها و ساختارهای نهادی، سیاست های تصمیم سازی و تصمیم گیری، مدیریت یکپارچه، تنوع سطوح سازمانی و ارتباطات میان سازمانی/ شاخص ارتباط یا اتصال(بخش های مختلف سیستم سازمانی و نهادها)، ظرفیت سازگاری یا انطباق، سرعت پاسخگویی به موقع

شهر و مناطق و نواحی آن، محورهای مهم ارتباطی (معابر اصلی و خطوط مترو)، محورهای مهم عملکردی و کاربری‌های عمده (در مقیاس شهر و مناطق و نواحی آن) تشکیل می‌دهند (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۸۵). بنابراین سازمان فضایی شهر شامل عناصر اصلی ساخت شهر می‌شود که عبارتند از: راه‌های اصلی، ساختمان‌های اصلی شهر با کاربری خدماتی اصلی در مقیاس عملکردی شهر و فضاهای عمومی و سبز و باز شهری است (Godschalk, 2003).

سازمان فضایی شهر براساس تعاریف و توضیحات ارایه شده و مؤلفه‌های اصلی سازنده سازمان فضایی در مقیاس شهری در تصویر۲، نشان داده شده است.

براساس مرور ادبیات نظری، دسته بندی شاخص‌های تاب‌آوری شهری از منظر اکولوژیست منظر؛ جک آهرن در سال ۲۰۱۲ میلادی با عنوان پنج شاخص طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای ایجاد تاب‌آوری شهری مطرح می‌شود که عبارتند از: افزونگی[۹]، تنوع (زیستی)، چندعملکردی بودن سیستم شهری،



تصویر ۲. مؤلفه‌های اصلی سازنده سازمان فضایی در مقیاس شهری. ماخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

شبکه‌های اکولوژیکی شهری و ارتباط یا اتصالات، طراحی تطبیقی[۱۰] یا سازگار با تغییرات، وی همچنان بر ترکیب اصول اکولوژیکی و شهرسازی برای دستیابی به تاب‌آوری شهری تأکید می‌کند (Ahren, 2012). استخراج شاخص‌های دیگر در همین زمینه، از میان شاخص‌های ارایه شده توسط واکر و سالت که از پیشگامان ارایه و بسط شاخص‌های سنجش تاب‌آوری هستند (Walker & Salt, 2006). این شاخص‌ها توسط محققان برای کاربرد در زمینه شهری مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Ahren, 2011; Eraydin & Tasan-Kok, 2012; Allan and Bryant, 2011) شاخص‌های مورد توافق قرار گرفته برای کاربردشان در شهرها عبارتند از: افزونگی، تنوع، کارایی و بهره‌وری، خودمختاری، ارتباط یا اتصال، ظرفیت سازگاری یا انطباق، استحکام و انعطاف پذیری (Sharifi & Yamagata, 2016, Feliciotti, Romice, & Porta, 2016). از این میان، چهار شاخص که در رابطه با برنامه‌ریزی فضایی-مکانی شهری برای اختلالات شهری شناسایی شدند انتخاب شده که عبارتند از شاخص‌های ۱-تنوع، ۲-ارتباط یا اتصال، ۳-افزونگی و ۴-استحکام. دلیل انتخاب این چهار شاخص به واسطه آن است که برای بررسی تاب‌آوری سیستم شهری تحلیل تعداد ۳ تا ۵ شاخص کلیدی در مقیاس زمانی و مکانی پیشنهاد شده است (Garcia, 2013;Resilience Alliance, 2007) و این شاخص‌ها بیشترین ارجاعات را در تحقیقات تاب‌آوری شهری، به خود اختصاص داده‌اند (Barthel, et al., 2013; Chelleri & Olazabal, 2012 Eraydin & Tasan-Kok, 2012; Grafakos, et al, 2016; Feliciotti, et al, 2016; Hassler & Kohler, 2014; Marcus & Colding, 2014; Lu & Stead, 2013; Sharifi & Yamagata, 2016; Meerow, et al, 2016) و همچنین بیشترین تطبیق را با مؤلفه‌های سازمان فضایی شهری دارند که می‌توانند توسط محققان شهرسازی و طراحی شهری برای کاربرد در زمینه شهری به کار گرفته شوند. تعریف این چهار شاخص در جدول ۲ ارایه شده است.

بسط مدل مفهومی سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری براساس مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر

به منظور کاربرد این شاخص‌ها در سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری، براساس مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر با ارایه دو الگوی ساختار و عملکرد سیستم شهری پیشنهاد شده‌اند. در همین راستا تعریف عملیاتی شاخص‌ها، داده‌های قابل اندازه‌گیری هر شاخص و به ویژه چالش‌های مطرح شده بازشکافی می‌شوند.

شاخص تنوع و داده‌های قابل اندازه‌گیری آن : این شاخص، اغلب در ادبیات نظری به عنوان یک ویژگی کلیدی تاب‌آوری شهری ذکر شده است (Suárez, et al, 2016). تنوع اساساً یکی از ویژگی‌های اساسی در ادبیات طراحی شهری است چرا که انواع گوناگون کاربری زمین و همچنین هندسه فرم شهری منجر به سرزندگی، سبک زندگی سالم‌تر و حتی جذابیت اقتصادی در شهر می‌شود (بنتلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ جیکوبز، ۱۳۸۶؛کرمونا و تیزدل، ۱۳۹۰). محورهای اصلی عملکردی در سازمان فضایی شهری شامل انواع عملکردهای شهری به صورت عمودی و افقی در لبه‌های خیابان‌های

جدول۲. شاخص‌های سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری. مأخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

شاخص‌های تاب آوری مکانی- فضایی شهری	تعریف شاخص در ارتباط با سیستم شهری	محققان
تنوع	تنوع در عناصر ساختاری و سازنده ساخت شهری، زمینه تقویت خاصیت چندعملکردی بودن سیستم شهری را فراهم می آورد و موجب ترویج تعامل بیشتر بین اجزای آن می شود. ویژگی تنوع به سیستم اجازه می دهد تا برای نوآوری فضا ایجاد شود در حالی که موجب حفظ ثبات نسبی در شرایط گوناگون اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی می شود.	(Hassler & Kohler, 2014) (Sharifi & Yamagata, 2016) (Suárez et al, 2016)
اتصال یا ارتباط	پهنه یکپارچه و پیوسته شهری، چه در یک منطقه و چه در ارتباط با زمینه اش ، حرکت مردم و کالاها را تسهیل میکند. ساختار اتصالات نقاط تماس بین عناصر پهنه شهری و در نتیجه محل و شدت فعالیت ها را تعیین می کند.	(Sharifi & Yamagata, 2016) (Eraydin & Tasan-Kok, 2012) (Ahren, 2012) (Allan & Bryant, 2011)
افزونگی	افزونگی در سیستم ویژگی است که یک نوعی از بیمه در مقابل آسیب و یا عدم موفقیت از طریق وجود اجزا یا مسیرهای متعددی که در حال انجام عملکردهای مشابه و یا پشتیبان هستند فراهم می کند که این درجه ای از تنوع داخلی را نشان میدهد.	(Hassler & Kohler, 2014) (Sharifi & Yamagata, 2016) (Suárez et al, 2016)
استحکام	استحکام میزان مقاومت ساختمان ها و راه ها و عناصر و مؤلفه های فیزیکی شهری است. استحکام یا توانایی عناصر و واحدهای سیستم برای مقاومت در برابر سطحی از آشوب بدون تخریب سیستم یا از دست دادن عملکرد آن که به نوعی شاخص پایداری نیز خوانده می شود.	(Sharifi & Yamagata, 2016) (Eraydin & Tasan-Kok, 2012) (Bruneau, et al., 2003)

اصلی است (wood & Dovey, 2015). فضاهای شهری چندعملکردی، ویژگی تنوع را که برای جذب اختلال و مدت زمان بهبودی ضروری است، ارتقا می‌دهد (Sharifi & Yamagata, 2016). تنوع در موضوع تاب‌آوری شهری در دو زمینه قابل بررسی است. یکی تنوع فضایی[11] که مربوط به توزیع فضایی عناصر ساختاری شهری می‌شود به معنای دسترسی برابر مردم به خدمات پایه در سطح شهر و برای کاهش احتمال این که کل سیستم توسط یک اختلال واحد تحت تأثیر قرار گیرد و دیگری تنوع عملکردی[12]که مراد از آن کاربری‌های مختلط شهری است و همچنین تنوع فضاهای سبز و باز شامل انواع مقیاس‌های فضاهای سبز شامل باغ‌ها و پارک‌های خطی یا محله‌ای در شهرها که منجر به سرزندگی شهر و موجب افزایش تاب‌آوری شهری می‌شود (Suáreze, et al, 2016). این در حالی است که این

شاخص در ارتباط با دیگر مؤلفه‌های مکانی-فضایی شهر همچون راه‌های ارتباطی اصلی و پهنه شهری موضوعی بحث انگیز است. بدین معنی که تنوع راه‌های ارتباطی به معنای انواع راه‌ها در پهنه شهری است که منجر به شکل‌گیری شبکه‌ای از راه‌های فرعی تا اصلی می‌شود. این شبکه سلسله مراتبی راه، خود در کاهش تاب‌آوری شهری اثر گذار است (Chelleri & Olazabal, 2012). در همین ارتباط، در مورد سلسله مراتب راه‌ها در شهر که اغلب از سوی طراحان شهری مورد انتقاد بوده است ایجاد شبکه یکپارچه و متصل خیابان‌ها در مقابل شبکه سلسله مراتبی راه‌ها ارایه شده است (Marshall, 2005). از سوی دیگر، مطلوبیت انواع بلوک بندی ریز و درشت شهری، همچنان قابل بحث برای تاب‌آوری شهری است چراکه با طرح شبکه راه‌های شهری ارتباط مستقیم پیدا می‌کند. ریزدانگی پهنه شهر منجر به افزایش ارتباطات شده که در صورت ایجاد شبکه یکپارچه و متصل خیابان‌های شهری، موجبات افزایش تاب‌آوری شهری را فراهم می آورد. بلوک‌های شهری در ابعاد بزرگ با تشکیل تعداد کمتر راه‌های ارتباطی، مانع نفوذپذیری به پهنه شهری هستند که این امر در کاهش تاب‌آوری بی‌تأثیر نیست. داده‌های قابل اندازه‌گیری این شاخص با ابزار تحلیلی اطلاعات جغرافیایی[۱۳]قابل آزمون و سنجش است.

- **شاخص ارتباط و اتصال و متغیرهای قابل اندازه‌گیری آن:** این شاخص، سهولت جریان درون یک سیستم و سراسر آن را از زاویه دید مورفولوژی و تحلیل مکانی شهری، در قالب پهنه متصل شهری از طریق شبکه ارتباطی و راه‌های شهری توصیف می‌کند . ساختار اتصالات در شبکه شطرنجی راه‌ها، نقاط تماس بین عناصر پهنه شهری و در نتیجه محل و شدت فعالیت‌ها را تعیین می‌کند (Feliciotti et al, 2016). این امر موجب افزایش سطح دسترسی هم در کوتاه مدت و هم در یک فاصله مسافتی کوتاه می‌شود که به معنی در دسترس بودن مقاصد شهری متفاوت و افزایش اتصال‌های داخلی در سطح شهر است (Marcus & Colding, 2014). نتایج تحقیقات مبتنی بر بررسی میزان پیوستگی مسیرهای ارتباطی با نرم افزار چیدمان فضا نیز ارجحیت شبکه ارتباطی شطرنجی به ارگانیک را نشان می‌دهند (تراشی &قرایی, ۱۳۹۴). مطالعات اخیر نشان داده است که فاصله مناسب بین تقاطع خیابان‌های اصلی از ۴۰۰ متر تجاوز نمی‌کند (Mehaffy,2015). ارتباط و اتصال که با موضوع نفوذپذیری پهنه شهری در ادبیات طراحی شهری مورد توجه بوده است به صورت بلوک‌های شهری (تا حد مناسب) کوچکتر (با توجه به شرایط هر شهر و منطقه) مورد توافق قرار گرفته است چراکه اتصالات بیشتر موجب افزایش نقاط تماس و تبادل بین عناصر پهنه شهری و تسهیل حرکت مردم و کالاها می‌شود (بنتلی و همکاران, ۱۳۸۹؛ جیکوبز, ۱۳۸۶). برخی محققان معتقدند که در موضوع تاب‌آوری شهری، هر دو عامل اتصال زیاد و کم می‌تواند مطلوب باشد از این نظر که در واقع اتصال زیاد، انتشار اطلاعات و تجهیزات و لذا بهبود پس از اختلال را تسهیل می‌کند و در عین حال اتصال کم، گسترش اختلال را کاهش می‌دهد (Chelleri & Olazabal, 2012; Marcus & Colding, 2014). بحث‌های مذکور پیچیدگی موضوع را آشکار می کنند. با توصیه فشرگی و ریزدانگی، در مورد اینکه این فشردگی تا چه حدی قابل قبول است می‌توان به تحقیقات مشابه که صرفا به موضوع حد بهینه بلوک‌های شهری پرداخته اند استناد کرد (بنتلی و همکاران, ۱۳۸۹) ولی همچنان تحقیقات بیشتر در این زمینه مورد نیاز است. داده‌های قابل اندازه‌گیری این شاخص با ابزار تحلیلی چیدمان فضایی[۱۴]که ارزش هم‌پیوندی[۱۵]، پیوستگی و ارتباط راه‌ها[۱۶]و عمق فضایی[۱۷] محورهای ارتباطی را اندازه‌گیری می‌کند ، قابل آزمون و سنجش است[۱۸].

- **شاخص افزونگی و متغیرهای قابل اندازه‌گیری آن:** این شاخص در سیستم، ویژگی است که یک نوعی از بیمه در مقابل آسیب را از طریق وجود مسیرهای متعددی که در حال انجام عملکردهای مشابه و یا پشتیبان هستند فراهم می‌کند (Ahren, 2011:342) که این درجه‌ای از فراوانی تعداد اجزای داخلی سیستم را نشان میدهد. تفاوت این شاخص با شاخص تنوع در آنست که شاخص تنوع، انواع مختلف از عناصر شهری مثلاً انواع کاربری‌های اراضی را شامل می‌شود حال آنکه شاخص افزونگی تعدد عناصر شهری از یک نوع مانند تعدد راه‌های اصلی شهری را شامل می‌شود. بحث افزونگی و فراوانی در مورد مؤلفه پهنه شهری در سیستم شامل موضوع تراکم و توسعه شهری می‌شود و در چارچوب این مقاله قابل بحث نیست و مجالی دیگر می طلبد. تعدد خدمات اصلی شهری پشتیبان و استراتژیک که در مواقع ضرورت، می‌توانند به راحتی با یکدیگر جایگزین شوند و این امر امکان خود دوباره سازماندهی را فراهم می آورد. بنابراین ارتقای افزونگی عملکردی[۱۹]موجب افزایش تاب‌آوری شهری می‌شود (Meerow & Stults, 2016; Marcus & Colding, 2014).

متغیر و داده قابل اندازه گیری برای شاخص افزونگی عبارتند از؛ تعدد راه‌های اصلی ارتباطی جایگزین، تعدد خدمات اصلی شهری پشتیبان و همچنین افزایش سرانه فضاهای سبز و اراضی باز عمومی که باعث افزایش تاب‌آوری شهری می‌شوند. تحقیقات در مورد اینکه حد مناسب شاخص افزونگی به چه میزان است همچنان در حال بررسی است (Chelleri & Olazabal, 2012)

اما آنچه واضح است آنست که لزوم حداقل تعداد پشتیبان برای عناصر سازنده شهری در تاب‌آوری شهری ضرورت دارد. نکته دیگر در مورد رابطه همسوی افزایش تاب‌آوری شهری به دنبال افزایش فضای سبز شهری است که در راستای فشردگی بیشتر عناصر شهری و دستیابی به شکل شهرهای فشرده است که در جهت اهداف پایداری است (Masnavi, 2011).

- **شاخص استحکام و داده‌های قابل اندازه‌گیری آن:**

این شاخص، میزان مقاومت ساختمان‌ها، راه‌ها و عناصر و مؤلفه‌های فیزیکی شهری است و به معنی توانایی یک سیستم برای مقاومت در برابر تغییر و اختلال بوده بدون تخریب سیستم یا از دست دادن عملکرد آن است که به نوعی شاخص پایداری نیز خوانده می‌شود. (Bruneau, et al., 2003; Lu & Stead, 2013). استحکام، از یک سو شبیه به مفهوم سنتی تاب‌آوری مهندسی است با مفهوم «برگشت به عقب[۲۰]» و نشان دهنده یک روند برای حفظ وضع موجود است. از سوی دیگر، به مفهوم «حرکت رو به جلو[۲۱]» اشاره دارد که برگرفته از مفهوم تاب‌آوری اکولوژی است (Meerow & Stults, 2016) . در این حالت، منظور از استحکام بررسی مقاومت و پایداری پهنه شهری پیش از رخداد واقعه یا اختلال است که با ابزار «نظارت مداوم و مستمر[۲۲]» قابلیت پیش‌بینی مقاومت عناصر اصلی شهری را امکان پذیر می‌سازد (Sharifi & Yamagata, 2016). پهنه شهری پایدار و مقاوم براساس شاخص‌های مصوب شورای عالی معماری و شهرسازی ایران در وزارت راه و شهرسازی شناسایی می‌شوند که عبارتند از وجود سه شاخص نفوذپذیری، پایداری و عدم قطعات تفکیکی با مساحت زیر دویست متر مربع در ۵۰ درصد بناهای یک پهنه شهری (وزارت راه و شهرسازی, ۱۳۹۵). مطالب مذکور در جدول ۳ و ۴ خلاصه شده است.

تعریف داده‌های قابل اندازه‌گیری هر شاخص در مقیاس فضایی و زمانی

معین کردن مقیاس فضایی و زمانی یکی از مهم‌ترین امور برای مشخص‌کردن تعریف عملیاتی شاخص و همچنین شناسایی داده‌های قابل اندازه‌گیری است. با انتخاب سازمان

جدول۳. مشخصه شاخص‌های سنجش تاب‌آوری در ارتباط با سازمان فضایی شهری. مأخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

شاخص‌های تاب آوری مکانی-فضایی شهری	مشخصه شاخص در ارتباط با سازمان فضایی شهری
تنوع	تنوع محورهای اصلی و پهنه های عملکردی شهری(تنوع عملکردی)، تنوع پهنه های عملکردی شهری انواع گونه ها و مقیاس های فضاهای سبز و باز شهری و توزیع فضایی مناسب عناصر ساختاری در مقیاس شهری(تنوع فضایی) به معنای دسترسی برابر مردم به خدمات پایه در سطح شهر و برای کاهش احتمال این که کل سیستم توسط یک اختلال واحد تحت تاثیر قرار گیرد
اتصال یا ارتباط	ارتباط یکپارچه شبکه شریان های اصلی و نفوذپذیری پهنه شهری(ترجیح پهنه شطرنجی به ارگانیک و سیستم سلسله مراتبی)، تقویت ارتباطات فضایی شامل ارزش هم پیوندی، پیوستگی و ارتباط راه ها و کاهش عمق فضایی محورهای ارتباطی
افزونگی	تهیه پشتیبان و عناصر تکراری اصلی، تعدد شریان های اصلی شهری به منظور دستیابی پذیری به خدمات اصلی ، فراوانی و تعدد فضاهای سبز و باز شهری و تعدد شمار محورها و مراکز عمده عملکردی شهری
استحکام	پایداری پهنه شهری به لحاظ مقاومت عناصر و مولفه های فیزیکی شهر مثل راه ها و پل های ارتباطی و ساختمان ها در نواحی شهری

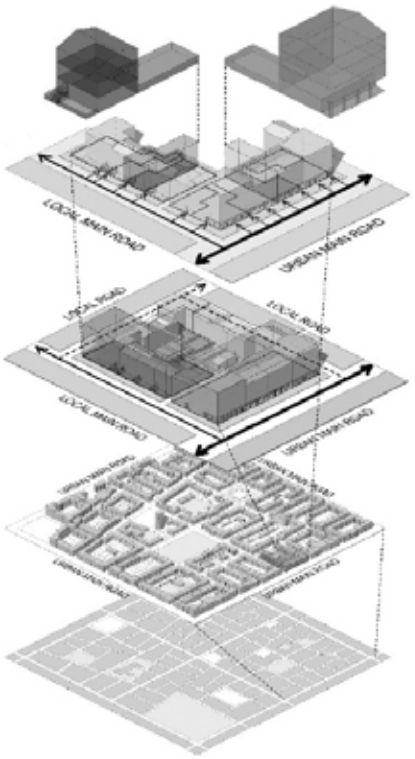
جدول ۴. داده‌های قابل اندازه‌گیری شاخص‌های سنجش تاب‌آوری براساس جهت‌گیری تاب‌آوری شهری. مأخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

شاخص سنجش	داده های قابل اندازه گیری بر اساس مولفه های مکانی- فضایی شهری	جهت گیری تاب آوری شهری	ماخذ
تنوع	۱-تنوع محورها و مراکز عمده عملکردی شهری، ۲-تنوع فضایی مولفه های اصلی شهری، ۳-تنوع فضاهای سبز و باز شهری، ۴-تنوع پهنه های عملکرد شهری	افزایش تاب آوری	(wood & Dovey, 2015; Sharifi & Yamagata, 2016; ; Feliciotti et al, 2016 Meerow et al, 2016)
ارتباط یا اتصال	۱-ریزدانگی و نفوذپذیری پهنه شهری، ۲-پیوستگی راه های اصلی ارتباطی(شبکه شطرنجی راه)، ۳-تقویت ارتباطات فضایی شامل ارزش هم پیوندی، پیوستگی و ارتباط راه ها و ۴-کاهش عمق فضایی محورهای ارتباطی	افزایش تاب آوری	(Suárez et al, 2016; Marcus & Colding, 2014; Feliciotti et al, 2016)
افزونگی	۱-تعدد راه های اصلی، ۲-تعدد خدمات اصلی شهری پشتیبان، ۳-تعدد لکه های سبز و فضاهای باز عمومی	افزایش تاب آوری	(Meerow et al, 2016; Marcus & Colding, 2014; Feliciotti et al, 2016)
استحکام	۱- راه ها به لحاظ معیارهای مرتبط با مقاومت سیستم ساخت راه، عرض معابر و یا مقاومت پلهای ارتباطی، همچنین استحکام پل های پیاده و سیستم های ساخت آنها یا حتی عناصر شهری مخاطره آمیز برای راه ها مثل بناهای بلند یا شیب و ریزش زمین و غیره، ۲- ابنیه ساختمانی به لحاظ معیارهای مرتبط با مقاومت سازه و عمربنا	افزایش تاب آوری	(Lu & Stead, 2013; Meerow & Stults, 2016; Sharifi & Yamagata, 2016)

فضایی شهری، اساساً مقیاس فضایی شهر است و همانطور که در تصویر قابل مشاهده است لایه ناحیه شهری که حاصل ترکیب محلات و شریان‌های اصلی شهر است مقیاس پیشنهادی است (تصویر۳). چون شاخص‌ها هنوز قابل تبدیل به ضابطه نیستند که از طریق عدد و رقم و با دقت بالاتری ارایه شوند، توصیه می‌شود میزان تاب‌آوری به لحاظ جهت‌گیری آن مورد بررسی قرار گیرد که می‌تواند در یک بازه زمانی یا در مقاطع زمانی مشخص انجام پذیرد.

یافته‌های تحقیق و بحث

تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری، ضمن اثرپذیری از پویایی‌های اجتماعی و اقتصادی در دو مجموعه ۱) الگوی ساختار و ۲) الگوی عملکرد و پویایی شهری قابل بررسی است. ساختار و عملکرد سیستم شهری مبتنی بر سازمان فضایی شهر شامل مؤلفه‌های محیط طبیعی و انسان ساخت است. مؤلفه‌های طبیعی همچون پارک‌ها و فضای سبز شهری، در الگوی ساختاری از نظر شکل و اندازه فضاهای سبز و در الگوی عملکرد و پویایی‌های شهری، از نظر عملکرد فضاهای سبز به عنوان فضاهای تفریحی شهری و زداینده آلودگی‌های هوای شهر، بررسی می‌شوند. مؤلفه‌های انسان ساخت سازمان فضایی شهری همچون راه‌ها، در الگوی ساختاری از نظر ارتباطات فضایی خیابان‌ها و در الگوی عملکرد و پویایی‌های شهری از نظر عملکرد خیابان‌ها به عنوان کریدورهای فضایی ارتباط دهنده دو منطقه شهری (مثلاً بزرگراه‌ها و شریان‌های درجه یک) قابل بررسی و تحلیل خواهد بود. با این روش، تک تک مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر



تصویر ۳. سلسه مراتب مقیاس‌های گوناگون واحدهای مورفوژیک شهری. مأخذ : Feliciotti, Romice, & Porta, 2016.

در مقیاس فضایی شهری و در مقیاس زمانی مشخص در سیستم شهری قابل بررسی و تحلیل هستند (جدول ۵ و ۶). مسیر این تحقیق برای یافتن پاسخ سؤال‌های تحقیق طراحی شد و مرحله به مرحله پیش رفت. رابطه تاب‌آوری شهری با سازمان فضایی شهر آن است که شهرهای تاب‌آور در شرایط غیرمنتظره، به سرعت پاسخ داده و با وجود شرایط سخت به عملکرد خود ادامه می‌دهند. شهر تاب‌آور در بلندمدت نیازمند توانایی برای برگشت به حالت قبل از بحران و تغییرات ظریف و انعطاف‌پذیر در طول زمان و توسعه شهر است. بعد کالبدی-محیطی تاب‌آوری شهری شامل امکانات و تأسیسات زیربنایی، روبنایی و ویژگی‌های محیط‌زیستی می‌شود که در سازمان فضایی شهری متبلور می‌شود که شامل عملکرد و ساخت اصلی شهر در قالب مؤلفه‌های سازمان فضایی است. مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر عبارتند از شبکه ارتباطی راه‌ها، ترکیب قطعه بندی زمین و بلوک‌های شهری، فضاهای سبز و باز و کاربری اراضی و ارتباطات فضایی بین این مؤلفه‌های شهری که در مجموع در دو الگوی ساختار و عملکرد قبل از بحران به منظور پیشگیری و بعد از بحران برای بهبود وضعیت، مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرند. لازم به یادآوری است که اگرچه پروژه‌های تحلیل و ارزیابی وضعیت سازمان فضایی شهری برای رویارویی با بحران به ویژه بسته به مقیاس هر شهر و کلانشهر از نظر صرف بودجه و هزینه‌های کارشناسی و زمان لازم برای تحقق چنین پروژه‌های شهری میتواند بسیار سنگین باشد ولی ارزش افزوده ایجاد امنیت و آمادگی لازم شهر برای رویارویی با تغییرات بسیار حائز اهمیت خواهد بود. در پاسخ به پرسش تحقیق مبنی بر نقش عناصر سازمان فضایی شهر در تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری، دیاگرام زیر مؤلفه‌های سازمان فضایی شهری مؤثر در جهت‌گیری تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری را نشان می‌دهد (تصویر ۴). برای حرکت در جهت تاب‌آوری مکانی-فضایی در شهر، سنجش میزان تاب‌آوری سیستم شهری از طریق نظارت بر وضعیت موجود مؤلفه‌های سیستم شهری صورت می‌پذیرد تا تصمیمات لازم برای آماده سازی سیستم شهری در رویارویی با تغییرات اتخاذ شود.

جدول ۵. داده‌های قابل اندازه‌گیری تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری براساس الگوی ساختار. مأخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

تاب آوری مکانی-فضایی شهری		داده های قابل اندازه گیری		سنجه های اندازه گیری	تعریف عملیاتی شاخص
الگوی ساختار سیستمی	مولفه های محیط طبیعی	فضاهای سبز، پارک های جنگلی، رود دره ها، باغ ها و اراضی کشاورزی		اندازه لکه های سبز	اندازه بزرگتر فضاهای سبز ، تاب آوری بیشتر
	مولفه های محیط انسان ساخت	فضاهای باز مصنوع	میادین و میدانچه ها	سایز و اندازه فضاهای عمومی و تعداد میادین	اندازه بزرگتر فضاهای عمومی و تعدد میادین، تاب آوری بیشتر
			خیابانها	پیوستگی کریدورهای اصلی و تعدد محورهای اصلی ارتباطی	تعدد راه های اصلی و اتصال محورهای ارتباطی اصلی، تاب آوری بیشتر
		بلوک های ساخته شده در قالب پهنه شهری (مقیاس ناحیه شهری)		بلوک بندی کوچکتر و نفوذپذیری بیشتر	فشردگی و ریزدانگی بلوک ها، تاب آوری بیشتر

تصویر ۴. دیاگرام مؤلفه‌های سازمان فضایی شهری مؤثر در جهت‌گیری تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری.
ماخذ : نگارندگان،۱۳۹۶.

جدول ۶. داده‌های قابل اندازه‌گیری تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری براساس الگوی عملکرد . ماخذ: نگارندگان،۱۳۹۶.

تاب آوری مکانی-فضایی شهری		داده های قابل اندازه گیری		سنجه های اندازه گیری	تعریف عملیاتی شاخص
الگوی عملکرد سیستمی و پویایی شهری	مولفه های محیط طبیعی	فضاهای سبز، پارک های جنگلی، رود دره ها، باغ ها و اراضی کشاورزی		عملکرد فضاهای سبز و مبتنی بر عملکرد تفریحی و/یا تنفسگاه های شهری برای هوای سالم	-
	مولفه های محیط انسان ساخت	فضاهای باز مصنوع	میادین و میدانچه ها	عملکرد متنوع میادین به شکل پلازاها یا کانون های فعالیتی	تنوع بیشتر عملکرد میادین در نقش گره گاه های ارتباطی و یا مراکز فعالیتی، تاب آوری بیشتر
			خیابان ها	عملکرد لبه های خیابان ها بعنوان محورهای فعالیتی و نقش خیابان به عنوان محور ارتباطی	افزایش تنوع عملکرد محور های ارتباطی شهری، تاب آوری بیشتر
		بلوک های ساخته شده در قالب پهنه شهری(مقیاس ناحیه شهری)		عملکرد پهنه های شهری	تنوع پهنه های عملکردی شهری، تاب آوری بیشتر

نتیجه گیری

سنجش تاب‌آوری شهری به ویژه از بعد مکانی-فضایی امری بدیع و تازه است که این مقاله تلاش کرد تا با بسط مدل مفهومی این سنجش در ارتباط با مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر، تعریف عملیاتی شاخص‌ها و داده‌های قابل اندازه‌گیری هر شاخص، آغازی برای تحقیقات بیشتر در این زمینه باشد. لذا تحقیقات بیشتری لازم است تا این موضوع را به طور جامع مورد بررسی قرار دهند. براساس یافته‌های تحقیق، سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری شامل چهار شاخص تنوع، ارتباط یا اتصال، افزونگی و استحکام، براساس مؤلفه‌های سازمان فضایی شهر (شامل راه‌ها، بلوک‌های شهری، فضاهای سبز و باز و محورها-پهنه‌های عملکردی) در دو الگوی ساختاری و عملکردی پیشنهاد می‌شود. داده‌های قابل اندازه‌گیری برای شاخص‌های تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری و تعریف عملیاتی شاخص‌ها، از طریق ترکیب شاخص‌ها با مؤلفه‌های سازمان فضایی شهری انجام پذیرفته است که به تفکیک عبارت است از الف) شاخص تنوع که شامل بررسی ۱-تنوع محورها و مراکز عمده عملکردی شهری، ۲-تنوع فضایی مؤلفه‌های اصلی شهری، ۳-تنوع گونه‌ها و مقیاس‌های فضاهای سبز و باز شهری، و ۴-تنوع پهنه‌های عملکرد شهری است. ب)شاخص ارتباط یا اتصال که شامل بررسی ۱-ریزدانگی و نفوذپذیری پهنه شهری، ۲-پیوستگی راه‌های اصلی ارتباطی (شبکه شطرنجی راه)، و ۳-تقویت ارتباطات فضایی شامل ارزش هم‌پیوندی، پیوستگی و ارتباط راه‌ها و ۴-کاهش عمق فضایی محورهای ارتباطی است. ج)شاخص افزونگی که شامل بررسی ۱-تعدد راه‌های اصلی، ۲-تعدد خدمات اصلی شهری پشتیبان، و ۳-تعدد لکه‌های سبز و فضاهای باز عمومی است. در آخر، د) شاخص استحکام شامل بررسی مقاومت (پایداری) راه‌ها و ابنیه ساختمانی در پهنه شهری است که شامل سه زیر شاخص ۱- عرض معابر، ۲- مقاومت سازه و ۳- میزان

ریزدانگی است. در این تحقیق مقیاس فضایی، مقیاس شهری است که می‌تواند در مقاطع زمانی مشخص به لحاظ تغییرات عناصر ساختاری شهری در مقیاس سازمان فضایی شهری براساس شاخص‌های تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری که پیشتر توضیح داده شد، مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه این تحقیق با تعریف عملیاتی هر یک از شاخص‌ها سعی در تبیین هرچه بهتر ارتباط آنها با مؤلفه‌های شهری دارد ولی برای تدقیق حد مشخص مطلوبیت تاب‌آوری در نسبت با هر یک از مؤلفه‌های شهری اعم از راه‌ها، بلوک‌های شهری، محورها و پهنه‌های عملکردی و سبز و باز، همچنان نیاز به انجام تحقیقات بیشتری است.

پی‌نوشت‌ها

۱. /Knowledge and Learning ۲. /Change against Disturbance ۳. /Self-Organization ۴. / iversity/ ۵. /Scopus ۶. /Web of Science ۷. /Science Direct ۸. /Resilience Action Plan(RAP ۹. /Redundancy ۱۰. /Multifunctionality ۱۱. / daptive Design/ ۱۲. / patial Diversity/ ۱۳. /Functional Diversity ۱۴. GIS ۱۵. /Space Syntax ۱۶. /Integration ۱۷. /Connectivity ۱۸. /Depth ۱۹. مقاله‌ای بر همین اساس در دست تهیه است که به طور خاص به اندازه‌گیری شاخص ارتباط و اتصال با استفاده از ابزار تحلیلی چیدمان فضایی در یک نمونه موردی می‌پردازد./ ۲۰. /Functional Redundancy ۲۱. /Bouncing Back ۲۲. Bouncing Forward/ ۲۳. Continuous Monitoring

فهرست منابع

- بنتلی و همکاران. ۱۳۸۹. *محیط‌های پاسخده؛* کتاب راهنمای طراحان. ت : مصطفی بهزادفر. چاپ پنجم. تهران : دانشگاه علم و صنعت.
- تراشی، منا و قرایی, فریبا. ۱۳۹۴. طراحی واحد همسایگی با شیوه طراحی پارامتریک. *نامه معماری و شهرسازی*، (۱۵) : ۱۱۱-۹۷.
- جیکوبز، جین. ۱۳۸۶. *مرگ و زندگی شهرهای بزرگ امریکایی*. ت : حمیدرضا پارسی و آرزو افلاطونی. تهران : دانشگاه تهران.
- چپمن، د. ۱۳۸۶. *آفرینش محلات و مکان‌ها در محیط انسان ساخت*. ت: شهرزاد فریادی و منوچهر طبیبیان. چاپ دوم. تهران : دانشگاه تهران.
- زیاری و همکاران. ۱۳۹۲. ارزیابی ساختار فضایی و تدوین راهبردهای توسعه شهری شهر جدید پردیس. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۴۵ (۴): ۲۸-۱.
- کرمونا، متیو. ۱۳۹۰. *خوانش مفاهیم طراحی شهری*. ت : کامران ذکاوت و فرناز فرشاد. تهران : دانشگاه شهید بهشتی، قطب علمی طراحی شهری، انتشارات آذرخش.
- مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. ۱۳۸۵. *گزارش طرح جامع شهر تهران*. تهران : وزارت راه و شهرسازی استان تهران.
- وزارت راه و شهرسازی. ۱۳۹۵. بازیابی از پایگاه خبری وزارت راه و شهرسازی. قابل دسترس در: http://news.mrud.ir/news/481: 4/%D8%AF%D9%84%D8%A7%DB%8C%D9%84-

- Ahren, J. (2011). 'From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world'. *Landscape and Urban Planning,* 100 (4): 341-43.
- Ahren, J. (2012). Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology.* 28(6): 3-12.
- Alberti, M. & Marzluff, J. M. (2004). Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions*. Urban Ecosystems,* 7(3): 241–265.
- Alberti, M. Marzluff, J. Shulenberger, G. Bradley, C. & Zumbrunnen. (2003). Integration Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems*. BioSience*, 169-179.
- Allan, P. & Bryant, M. (2011). Resilience as a framework for urbanism and recovery. *Journal of Landscape Architecture,* 6 (2): 34-45.
- Bangalore Outcome Document. (2015). *Second Urban Sustainable Development Goal Campaign Consultation on Targets and Indicators*. Available from: http://media.wix.com/ugd/bfe783_5f3512ca01df49c3b9d3c4e5a781926c.pdf (accessed on 12 February 2016).
- Barthel, S., Colding, S., Grahn, H., Erixon, H., Ernstson, C., Kärsten, L Torsvall, J. (2013). *Principles of Socialecological Urbanism*. KTH, Stockholm: TRITA-ARK.
- Bruneau, M. Chang, R. Eguchi, G. Lee, T. O'Rourke, A. & Reinhorn, M. . . . Winterfeldt, W. a. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra,* 19(4): 733-52.
- Chelleri, L. & Olazabal, M. (2012). *Multidisciplinary Perspectives on Urban Resilience*. Spain: Basque Centerfor Climate Change.
- Colding, J. (2007). Ecological land-use complementation' for building resilience in urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning,* 81(1–2): 46–55.
- Eraydin, A. & Tasan-Kok, T. (2012). *Resilience Thinking in Urban Planning*. Science and Business Media: Vol 106, Springer.

- Ernstson, H., Barthel, S., Andersson, E. & Borgström, S. (2010). Scale-crossing brokers and network governance of urban ecosystem services: the case of Stockholm. *Ecology and Societ*y, 15(4): 28. Available from: http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art28/.
- Ernstson, H., Van der Leeuw, S., Redman, C., Meffert, D., Davis, G., Alfsen, C. & Elmqvist, T. (2010). Urban transitions: on urban resilience and human dominated ecosystems. *A Journal of the Human Environment,* 39(8): 531–545.
- Feliciotti, A. Romice, O. & Porta, S. (2016). Design for change: five proxies for resilience in the urban form. *Open House International,* 41(4): 23-30.
- Garcia. (2013). *The Application of Ecological Resilience to Urban Landscapes.* A thesis submitted to the victoria University of Wellington in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy: Victoria University of Wellington.
- Godschalk, D. (2003). *Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities.* Natural Hazard. *ASCE*, 4(3): 136-143.
- Grafakos, S. Gianoli, A. & Tsatsou, A. (2016). Towards the Development of an Integrated Sustainability and Resilience Benefits Assessment Framework of Urban Green Growth Interventions. *Sustainability,* 8(5): 461; doi:10.3390/su8050461.
- Hassler, U. & Kohler, N. (2014). Resilience in the built environment. *Building Research and Information,* 42(2): 119-129, DOI: 10.1080/09613218.2014.873593 To link to this article: http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2014.873593.
- Hodson, M. & Marvin, S. (2012). Mediating Low-Carbon Urban Transitions? Forms of Organization, Knowledge and Action. *European Planning Studies,* 20(3): 421–439.
- Lu, P. & Stead, D. (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case studyof Rotterdam, The Netherlands. *Cities,* (35): 200-212.
- Marcus, L. & Colding, J. (2014). Toward an integrated theory of spatial morphology and resilient urban systems. *Ecology and Societ*y, 19(4): 55-67.
- Masnavi, M. R. (2011). *Sustainable Urban Forms Planning and Design Strategies; The Compact City, Urban Sprawl, and Mixed Use development in theory and practice.* Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing.
- Masnavi, M. R. (2013). Environmental Sustainability and Ecological Complexity: Developing an Integrated Approach to Analyse the Environment and Landscape Potentials to Promote Sustainable Development. *International Journal of Environmental Research,* 7 (4): 995-1006.
- Meerow, S. & Stults, M. (2016). Comparing Conceptualizations of Urban Climate Resilience in Theory and Practice. *Sustainability,* (8): 2-16.
- Meerow, S., Newell, J. & Stults, M. (2016). *Defining urban resilience: A review.* Landscape and Urban Planning, (147): 38-49.
- Mehaffy, M. (2015). Urban Form and Greenhouse Gas Emissions. A+BE. *Architecture and the Built,* (14): 1-192.
- Resilience Alliance. (2007). *Assessing and managing resilience in social-ecological systems: A practitioners workbook.* Retrieved from http://www.resalliance.org/3871.php: Volume 1, version 1.0.
- Santos Cruz, S., Costa, J., de Sousa, S., & Pinho, P. (2012). Urban Resilience and Spatial Dynamics. In *A. Eraydin, & T. Tasan-Kok, Resilience Thinking in Urban Planning*. Dorthrekht: Part of the GeoJournal Library book series (GEJL, volume 106), Springer Available on https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5476-8_4.
- Sharifi, A. & Yamagata, Y. (2016). *Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators.* Onogawa, Japan: Available from: https://www.researchgate.net/publication/306016491_Urban_Resilience_Assessment_Multiple_Dimensions_Criteria_and_Indicators [accessed Aug 13, 2016].
- Suárez, M. Gómez-Baggethun, M. Benayas, J. & Tilbury, D. (2016). Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities. *Sustainability* , 8(8): 774, 1-19.
- Spaliviero, M. (2015). *City Resilience Action Planning Tool.* Mozambique, Maputo: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).
- The Rockefeller Foundation. (2014). *City Resilience Framework.* NewYork City: Ove Arup & Partners International Limited.
- Walker, B., C. Holling, S. R. Carpenter and A. P. Kinzig 2004. Resilience ... Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. Available from: Available at: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/inline.html.
- Walker, B. & Salt, D. (2006). *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World.* Washington D.C, USA: Island Press.
- Wood, S., & Dovey, K. (2015). Creative Multiplicities: Urban Morphologies of Creative Clustering. *Journal of Urban Design,* 20(1): 52–74.