نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢

صفحات ١٩ – ٤٠

مرور نظام‌مند رویکردها و روش‌های ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری

مجید رمضانی مهریان[1]؛ استادیار گروه مطالعات محیطی، پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی (سمت)، تهران، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۲/۰۸/۰۳ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۹/۲۵

چکیده

رشد جمعیت و شهرسازی دو عامل اولیه در افزایش خطر سیل در مناطق شهری به شمار می‌روند. هم‌زمان با گسترش روزافزون شهرنشینی در بسیاری از شهرها تغییرات کاربری زمین منجر به افزایش حجم رواناب‌های سطحی و تغییر رژیم‌های سیلابی رودخانه‌ها شده است. از این رو سیل شهری یکی از مخاطراتی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم آثار زیان‌بار خود را بر شهرهای مختلف ایران وارد ساخته است. از آنجا که تاب‌آوری با ترکیب مؤلفه‌های مختلف درک جامعی از شرایط فراهم می‌سازد می‌تواند در ایجاد ابزارهای مدیریت ریسک سیل شهری مثمر ثمر باشد. برای این‌که بتوان از مفهوم تاب‌آوری به‌طور مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت سیلاب‌های شهری استفاده کرد، لازم است تاب‌آوری شهر در برابر مخاطره سیل موردسنجش و ارزیابی قرار گیرد. با وجود این، سنجش تاب‌آوری در محیط‌های شهری در برابر سیل به‌دلیل عدم شفافیت لازم در زمینه رویکردهای روش‌شناختی با چالش جدی مواجه است. بر این اساس در این مطالعه با مرور نظام‌مند و فراتحلیل مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل رویکردها و روش‌ها در این زمینه مورد واکاوی قرار گرفته است. مطابق یافته‌های تحقیق روش‌های ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل، به سه دسته کمی، نیمه‌کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. روش‌های کیفی از تنوع کمتری نسبت به روش‌های کمی برخوردارند و غالباً شامل روش مصاحبه‌گیری و چارچوب‌های مفهومی نظری می‌شوند. غالب روش‌های ارزیابی در این زمینه روش‌های کمی و نیمه‌کمی هستند که می‌توان آن‌ها را در دو دسته پرکاربرد یعنی روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی و روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی جای داد. در رویکرد مبتنی بر شبیه‌سازی به‌طورکلی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی و شبیه‌سازی سیلاب استفاده می‌شود. روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی در شکل‌های متفاوت توسعه‌یافته‌اند اما به‌طورکلی از اصول یکسانی پیروی می‌کنند و می‌توان از آن‌ها برای تحلیل تاب‌آوری دیگر انواع مخاطرات در عرصه‌های جغرافیایی نیز استفاده کرد.

واژه های کلیدی: تاب‌آوری، سیل شهری، ارزیابی.

[1]. نویسنده مسئول: Email: mehrian@samt.ac.ir

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

مقدمه

رشد روزافزون شهرنشینی در کنار پدیده تغییر اقلیم، مدیریت و برنامه‌ریزی شهرها را با چالش جدی مواجه ساخته است. تحقیقات جدید نشان می‌دهد که تغییر اقلیم در بسیاری از مناطق منجر به تغییر چرخه هیدرولوژیکی و در نتیجه وقوع بیشتر پدیده‌های سیل و خشک‌سالی خواهد شد (Bates, Kundzewicz, Wu, & Palutikof, ۲۰۰۸). رشد سریع شهرنشینی به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه، در کنار ناکارآمدی زیرساخت‌های شهری، افزایش نسبت سطوح غیرقابل‌نفوذ و تعرض به حریم آبراهه‌ها عامل تشدید تخریب محیط‌زیست و بروز سیل‌های مخرب شده است (Bertilsson et al., ۲۰۱۹). هم‌زمان با گسترش روزافزون شهرنشینی در بسیاری از شهرهای آسیایی، تغییرات کاربری زمین ناشی از توسعه نواحی شهری به طرق مختلف منجر به افزایش حجم رواناب‌های سطحی و تغییر رژیم‌های سیلابی رودخانه‌ها شده است (Huang, Shen, & Mardin, ۲۰۱۹). رشد شهرها را می‌توان تابعی از افزایش نسبت جمعیت ساکنان مناطق شهری دانست که به دو صورت بازتاب می‌شود: تغییر در الگوی زندگی و تبدیل پوشش طبیعی اراضی به منظر شهری (Mills et al., ۲۰۱۰). شهرسازی شامل تغییر کاربری زمین و تبدیل سطوح قابل‌نفوذ به غیرقابل‌نفوذ می‌شود. این روند منجر به افزایش ریسک سیلاب‌های شهری و در نتیجه تخریب زیرساخت‌ها و محیط‌زیست می‌شود.

سیل یک پدیده طبیعی است اما زمانی که در یک آبخیز شهری رخ می‌دهد پیامدهای مضر فراوان در پی خواهد داشت (Bertilsson et al., ۲۰۱۹). سیلاب‌های شهری ممکن است در مقیاس محلی و یا بزرگ‌تر رخ دهند و اجتماعات مختلف بسته به میزان در معرض بودن از آن تأثیر می‌پذیرند (Gaitan & van de Giesen, ۲۰۱۵). در گزارش اخیر سازمان ملل درباره بلایای طبیعی (UNISDR, ۲۰۱۵) به این مهم اشاره شده است که در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، ۴۳ درصد از کشورها با پدیده سیل درگیر بوده‌اند. سیل شهری یکی از مخاطراتی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم آثار زیان‌بار خود را بر شهرهای مختلف ایران وارد ساخته و در آینده نیز شاهد استمرار این شرایط و آثار نامطلوب آن خواهیم بود. در بسیاری از شهرهای ایران نیز وقوع سیل به یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیستی تبدیل شده است. از این رو در سال‌های اخیر بروز سیلاب‌های شهری در ایران منجر به توجه بیشتر به مبحث تغییر اقلیم و اثر آن بر رژیم‌های بارندگی و پیامدهای آن شده است.

در چنین شرایطی مفهوم تاب‌آوری در برابر سیل به یکی از موضوعات مهم در مدیریت ریسک سیل‌های شهری تبدیل شده است. در ادبیات تاب‌آوری مرتبط با شهر و شهرسازی، شهر تاب‌آور به شهری گفته می‌شود که بتواند عملکرد اصلی خود را قبل، حین و بعد از قرار گرفتن در معرض آشفتگی حفظ کرده و به‌طور بالقوه بهبود بخشد (de Boer, Muggah, & Patel, ۲۰۱۶). بر این اساس، تاب‌آوری شهر در برابر سیل به قابلیت رویارویی شهرها با مخاطره سیل و ظرفیت‌های پاسخگویی، سازگاری و حفظ عملکردهای شهری در شرایط وقوع مخاطره سیل اشاره دارد. تاب‌آوری از جدیدترین رویکردها برای کاهش اثرات سیل بر محیط‌های شهری است و در فرایند ارزیابی پایداری سیستم‌های شهری کاربرد دارد. رویکرد تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل برخلاف رویکردهای سنتی مقابله با سیل به اقدامات غیرسازه‌ای که منجر به افزایش سازگاری با سیل منجر شود تأکید دارد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

از آنجا که تاب‌آوری با ترکیب مؤلفه‌های مختلف درک جامعی از شرایط فراهم می‌سازد می‌تواند در ایجاد ابزارهای مدیریتی در آینده مثمر ثمر باشد. همچنین این تفکر امکان رشد در ظرفیت‌های سازگاری را فراهم می‌آورد. مسلماً برای این‌که بتوان از مفهوم تاب‌آوری به‌طور مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت سیلاب‌های شهری استفاده کرد، لازم است تاب‌آوری شهر در برابر مخاطره سیل موردسنجش و ارزیابی قرار گیرد. با وجود این، سنجش تاب‌آوری در محیط‌های شهری در برابر سیل به‌دلیل عدم شفافیت لازم در زمینه رویکردهای روش‌شناختی با چالش جدی مواجه است این در حالی است که روش‌های سنجش آسیب‌پذیری و ریسک سیل به‌خوبی توسعه‌یافته و مورداستفاده قرار می‌گیرند (Cariolet, Vuillet, & Diab, ۲۰۱۹). در بسیاری از موارد نیز نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری به اشتباه با عنوان وضعیت تاب‌آوری شهر مورداستفاده و تفسیر قرار می‌گیرد.

بررسی اولیه پژوهش‌های صورت پذیرفته در زمینه ارزیابی و سنجش تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر مخاطره سیل، نشان‌دهنده پراکندگی و ناهم‌سویی آن‌ها است. در واقع کاربرد مفهوم تاب‌آوری در مدیریت ریسک سیلاب‌های شهری مبهم است. شاهد این ادعا وجود تعاریف متعدد از تاب‌آوری در متون علمی است. برای مثال فیشر[۱] (۲۰۱۵) با جستجو در متون علمی ۷۰ تعریف مختلف از تاب‌آوری ارائه داده است. بنابراین مسئله اساسی این است که در شرایطی که رویکردهای مدیریت ریسک برای محافظت از شهرها در برابر تغییر اقلیم لازم است، ناسازگاری‌ها و ابهامات موجود در تعریف مفهوم تاب‌آوری و رویکردها و روش‌های ارزیابی آن می‌تواند عامل ناکارآمدی مدیریت ریسک سیلاب در محیط‌های شهری باشد. بر این اساس نوآوری این مطالعه در این است که با مرور نظام‌مند مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل به بررسی، تحلیل و دسته‌بندی رویکردها و روش‌های بکار رفته در آن‌ها می‌پردازد و پرکاربردترین آن‌ها را معرفی می‌کند.

مفهوم علمی تاب‌آوری از علم مکانیک سرچشمه گرفته است و به مقاومت یا انعطاف‌پذیری در برابر تنش اشاره دارد (Alexander, ۲۰۱۳). این مفهوم از علم مکانیک به علم بوم‌شناسی راه یافت تا این‌که هالینگ[۲] در مقاله خود در سال ۱۹۷۳ تاب‌آوری را این‌گونه تعریف کرد، «میزانی از پایداری سیستم‌ها و توانایی آن‌ها در سازگاری با تغییر و آشفتگی و حفظ روابط میان جمعیت‌ها یا متغیرهای وضع موجود». هالینگ(۱۹۷۳) تاب‌آوری یک سیستم را به دو طریق تعریف می‌کند: تاب‌آوری مهندسی، که بر ثبات در نزدیکی یک حالت پایدار تأکید دارد و مطابق آن مقاومت در برابر آشفتگی و سرعت بازگشت به تعادل از مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری هستند؛ و تاب‌آوری بوم‌شناختی، که با انعطاف‌پذیری بیشتر و پذیرش حالت‌های تعادل متفاوت، توجه دارد و مطابق آن ظرفیت جذب آشفتگی قبل از تغییر ساختار از مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری است. هالینگ بر این باور است که تاب‌آوری مهندسی بر کارآیی، ثبات و پیش‌بینی‌پذیری تمرکز دارد، درحالی‌که تاب‌آوری بوم‌شناختی به پایداری، تغییر و عدم قطعیت توجه دارد. با تکیه‌بر تعریف بوم‌شناختی، در ادبیات سیستم‌های اجتماعی-محیط‌زیستی تاب‌آوری به‌عنوان میزانی از تغییر در یک سیستم تعریف می‌شود که برای آن سیستم قابل‌تحمل باشد و بتواند سازمان درونی و عملکرد خود را حفظ کند (Folke, ۲۰۰۶).

[۱] Fisher
[۲] Holling

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

تیمرمن[۱] (۱۹۸۱) از اولین کسانی بود که مفهوم تاب‌آوری را در مباحث تغییر اقلیم مطرح کرد، او تاب‌آوری را توانایی جذب و جبران وقایع مخاطره‌آمیز می‌داند. اخیراً در ادبیات مخاطرات محیطی، تعریف تاب‌آوری بر ظرفیت‌های موجود برای سازگاری و احیا در مقابله با حوادث نامطلوب متمرکز شده است (Burton, ۲۰۱۵; Cutter, ۲۰۱۶; Cutter et al., ۲۰۱۳). از این رو تاب‌آوری به‌طورکلی یک مفهوم مثبت تلقی می‌شود درحالی‌که لزوماً در سیستم‌های اجتماعی-محیط‌زیستی این‌گونه نیست به بیانی دیگر ممکن است یک سیستم در یک حالت نامطلوب از تاب‌آوری بالایی برخوردار باشد.

به‌دنبال وقوع حوادثی از قبیل طوفان کاترینا (۲۰۰۵) و سندی (۲۰۱۲) در ایالات متحده، مفهوم تاب‌آوری در سطح جهانی به‌عنوان یک پارادایم جدید در زمینه مدیریت ریسک مخاطرات نمود یافت (Landau, ۲۰۱۶). ایده شهر تاب‌آور نیز که توسط وونگ و برون (Wong & Brown, ۲۰۰۹) پیشنهاد شد، شهر را به‌عنوان یک سیستم یکپارچه در نظر می‌گیرد که باید به‌گونه‌ای طراحی شود که قابلیت رویارویی با رخدادهای مخرب و کاهش خسارت ناشی از آن را داشته باشد. تاب‌آوری شهر به قابلیت یک سیستم شهری و کلیه شبکه‌های اجتماعی-بوم‌شناختی و فنی-اجتماعی آن (در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف) در زمینه حفظ عملکرد یا بازگشت سریع به عملکرد مطلوب در رویارویی با آشفتگی و سازگاری با تغییر گفته می‌شود (Meerow, Newell, & Stults, ۲۰۱۶). این تعریف به دو نکته اساسی اشاره دارد، این‌که تاب‌آوری خاصیت سیستمی دارد و متغیر زمان در تاب‌آوری از اهمیت بلایی برخوردار است (Cariolet et al., ۲۰۱۹).

اغلب تلاش‌های صورت پذیرفته در راستای ورود مبحث تاب‌آوری به حوزه مدیریت سیل به افزایش استحکام سیستم‌های زهکشی محدود شده است (O. Rezende, ۲۰۱۸). لیائو[۲] (۲۰۱۲) به‌خوبی با این نکته اشاره می‌کند که تاب‌آوری مهندسی در تعاریف موجود تاب‌آوری غلبه دارد. به عقیده لیائو دشت‌های سیلابی که محل توسعه شهرها شده‌اند، سیستم‌های طبیعی-انسانی هستند که در آن اقلیم، روندهای اقتصادی اجتماعی، فضاهای ساختمانی و فرایندهای رودخانه‌ای بر رخداد مخاطرات و بحران‌های ناشی از آن مؤثرند. این دشت‌های سیلابی تبدیل شده به شهر با این‌چنین سیستم پویا و رفتارهای پیچیده در یک حالت ثابت باقی نمی‌مانند و یا به‌راحتی بعد از تغییر به حالت قبل باز نمی‌گردند.
مطابق تعریف بریکلند و واترمن[۳] (۲۰۱۶) تاب‌آوری جامعه از سه وجه اساسی برخوردار است: پیشگیری از خسارت، بهبودی سریع و حفظ عملکرد جامعه. همچنین میگوئز و ورول[۴] (۲۰۱۷) معیارهای تاب‌آوری شهری در برابر سیل را ظرفیت بهبودی و جبران خسارت، ظرفیت بازیابی سریع عملکردها و تدوام ارائه خدمات می‌دانند.

برخی از محققان حوزه تاب‌آوری شهری مانند لیائو (۲۰۱۲) بر این باورند که مفهوم تاب‌آوری بوم‌شناختی ممکن است برای مدیریت ریسک سیل مناسب‌تر باشد اما باید به این نکته هم باید توجه کرد که شهرها سیستم‌های بوم‌شناختی-فن‌مدارانه-اجتماعی هستند و هر دو مفهوم تاب‌آوری مهندسی و تاب‌آوری بوم‌شناختی در مطالعات تاب‌آوری شهر کاربرد دارد.

[۱] Timmermann
[۲] Liao
[۳] Birkland & Waterman
[۴] Miguez & Veról

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

محققان تاکنون سنجه‌های مختلف دربرگیرنده مؤلفه‌های اجتماعی، اقتصادی، نهادی، ارتباطی/اطلاعاتی، زیرساختی و بوم‌شناختی (در برگیرنده جامعه و محیط پیرامون آن) را برای ارزیابی تاب‌آوری شهر در برابر مخاطرات به‌کار گرفته‌اند (Cai et al., ۲۰۱۸; Cutter, Ash, & Emrich, ۲۰۱٤; Peacock et al., ۲۰۱۰). در این چارچوب، این مؤلفه‌ها ویژگی سیستم‌های اجتماعی-اقتصادی را در زمان قبل از وقوع بلایا توصیف می‌کنند و برآوردی از تاب‌آوری آن ارائه می‌دهند. بر این اساس تاب‌آوری مستقل از خطر بالقوه از ویژگی‌های ذاتی هر مکان است (Cutter et al., ۲۰۰۸).

تاکنون در زمینه سنجش و پایش تاب‌آوری در طی زمان و در عرصه‌های مکانی گام‌های مهمی برداشته شده است (Burton, ۲۰۱۵; Cutter et al., ۲۰۱٤; Cutter et al., ۲۰۰۸; Linkov et al., ۲۰۱٤). در این راستا مجموعه‌ای از معیارها برای سنجش و ارزیابی تاب‌آوری توسعه‌یافته است. برخی از این معیارها بر کیفیت‌هایی مؤثر بر تاب‌آوری در سطح یک جامعه خاص به‌صورت مطالعه موردی تمرکز دارند (Cutter, ۲۰۱٦; Kwok, Paton, Becker, Hudson-Doyle, & Johnston, ۲۰۱۸; Pfefferbaum, Pfefferbaum, & Van Horn, ۲۰۱۵). برخی دیگر نیز با استفاده از سنجه‌های کمی تاب‌آوری در مقیاس ملی و منطقه‌ای به مقایسه میزان تاب‌آوری و تغییرات نسبی آن در عرصه‌های مکانی و در طی زمان می‌پردازند (Cutter, Burton, & Emrich, ۲۰۱۰; Kwok et al., ۲۰۱۸; Parsons et al., ۲۰۱٦; Peacock et al., ۲۰۱۰; Weir, Pindus, Wial, & Wolman, ۲۰۱۲). شاخص ظرفیت تاب‌آوری(RCI) (Foster, ۲۰۱۲)، شاخص تاب‌آوری مخاطرات جامعه (CDRI) (Peacock et al., ۲۰۱۰) و نشانگرهای تاب‌آوری پایه جامعه (BRIC) (Cutter et al., ۲۰۱۰) از سنجه‌های کمی تاب‌آوری موجود هستند. این سنجه‌ها اگرچه در مقیاس و پوشش جغرافیایی متمایز هستند اما همه آن‌ها بر مبنای شناخت نظری از تاب‌آوری جامعه، ارزش نسبی تاب‌آوری را در یک استان، منطقه و یا کشور مشخص می‌کنند.

با مرور مبانی نظری موجود در زمینه تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر مخاطرات می‌توان به این نکته پی برد که روش‌های ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل تحت تأثیر دو گروه عمده از تعاریف تاب‌آوری شهر یعنی تاب‌آوری مهندسی و تاب‌آوری بوم‌شناختی قرار گرفته‌اند. این دوگانگی در تعریف تاب‌آوری منجر به اخذ رویکردهای متمایز و تا حدودی ناهم‌سو در فرایند مدیریت ریسک سیلاب شده است. با تکیه‌بر دو دیدگاه مذکور روش‌های متفاوتی برای ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل شکل گرفته است، به‌نحوی‌که به نظر می‌رسد تعدد تعاریف و روش‌های ارزیابی عامل ابهام و ناکارآمدی کاربرد مفهوم تاب‌آوری در مدیریت ریسک سیل شده است. از این رو تشخیص تفاوت‌های این دو دیدگاه و آشکارسازی رویکردها و روش‌های به‌کارگیری مفهوم تاب‌آوری در فرایند مدیریت ریسک سیل در محیط‌های شهری حائز اهمیت است.

داده ها و روش کار

در این پژوهش به‌منظور شناسایی و آشکارسازی رویکردها و روش‌های سنجش و ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری مراحل تحقیق به شرح زیر انجام می‌شود:

الف- جستجوی نظام‌مند مقالات معتبر علمی با موضوع تاب‌آوری و سیل؛

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

ب- پالایش مقالات گردآوری‌شده در مرحله اول و تعیین نهایی مقالات مرتبط با موضوع موردبررسی بر اساس معیارها مشخص؛

ج- مرور جزءبه‌جزء مقالات مرتبط با موضوع تحقیق و خلاصه‌سازی متن مقالات بر اساس جدول اطلاعات مقاله؛

د- بررسی اطلاعات استخراج شده از مقالات و تحلیل تطبیقی روش‌ها و رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری.

به‌منظور تحلیل مقالات تجمیع و پالایش شده در زمینه ارزیابی تاب‌آوری سیل، چک لیست اطلاعات مقالات (جدول ۲) طراحی شد. در این جدول به هر مقاله یک کد ویژه اختصاص یافت است. ستون‌های اطلاعاتی در این جدول دربرگیرنده اطلاعات کلی مقاله (نام نویسنده یا نویسندگان، سال انتشار، عنوان مقاله، کلمات کلیدی، تعداد ارجاعات به مقاله، هدف تحقیق، محدوده موردمطالعه) و چارچوب روش‌شناختی مورداستفاده برای ارزیابی تاب‌آوری سیل (شامل مقیاس جغرافیایی، تعریف مفهوم تاب‌آوری، نوع روش ارزیابی به‌طور عام -کمی یا کیفی- نوع روش ارزیابی به‌طور خاص-جزئیات مربوط به روش‌شناسی ارزیابی تاب‌آوری سیل و متغیرهای مورداستفاده) می‌شود.

جدول ۱: فهرست اطلاعات موردنیاز در جدول مرور نظام‌مند مقالات

عنوان طبقه اطلاعات	اطلاعات
اطلاعات کلی مقاله	کد مقاله
	نام نویسنده یا نویسندگان
	سال انتشار
	زبان
	عنوان مقاله
	کلمات کلیدی
	تعداد ارجاعات به مقاله
	هدف تحقیق
	محدوده موردمطالعه
چارچوب روش‌شناختی ارزیابی تاب‌آوری	مقیاس جغرافیایی
	تعریف تاب‌آوری
	نوع روش ارزیابی به‌طور عام -کمی یا کیفی-
	نوع روش ارزیابی به‌طور خاص-جزئیات مربوط به روش‌شناسی
	متغیرهای مورداستفاده

بعد از طراحی و تکمیل جدول توصیف شده در بالا، روش‌های مختلف تحلیل تم مانند آمار توصیفی، ابر کلمات و جدول متقاطع برای تعیین تم‌های غالب و تولید دانش جدید در زمینه تعریف تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری، شاخص‌های و نشانگرهای تاب‌آوری در برابر سیل و شناسایی و دسته‌بندی روش‌ها و رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری سیل مورداستفاده قرار می‌گیرد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

یک مرور نظام‌اند منابع علمی به‌واسطه تکرارپذیری و کامل بودن و دقت بالا از یک مرور معمولی متمایز می‌شود. به‌منظور برآورده ساختن این معیارها، در این پژوهش با پیروی از اهداف تحقیق ابتدا با یک جستجوی جامع در معتبرترین پایگاه اطلاعات علمی به شناسایی همه مقالات بالقوه مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته شد. برای اطمینان از جامع بودن نتایج جستجو تنها دو عبارت «تاب‌آوری» و «سیل» به‌صورت اشتراکی در «شبکه دانش » به‌عنوان دستور جستجو انتخاب شد. نتیجه جستجو شامل ۴۲۹ مقاله بود.

در مرحله اولیه تحقیق چکیده تمامی مقالات ذکر شده در جدول موردبررسی قرار گرفت و مقالات مورد غربالگری اولیه قرار گرفت. در غربالگری اولیه که بر اساس چکیده مقالات صورت پذیرفت، مقالاتی که احتمال ارتباطشان با موضوع پژوهش رد می‌شد از فهرست مقالات موردبررسی حذف شدند. در نتیجه غربالگری اولیه تعداد ۳۶۵ مقاله از فهرست مقالات حذف شد و ۶۵ مقاله باقی ماند. متن کامل ۶۵ مقاله منتخب جمع‌آوری و به این صورت پایگاه داده اولیه برای انجام پژوهش شکل گرفت.

غربالگری ثانویه مقالات منتخب از مرحله اول غربالگری بر اساس معیارها توصیف شده در جدول ۲ و مرور متن کامل مقالات صورت پذیرفت. در این مرحله مقالاتی که تأکید و تمرکز اصلی آن‌ها ارزیابی تاب‌آوری سیل بود و همچنین در آن‌ها از روش مشخصی برای ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری استفاده شده بود به‌عنوان مقاله نهایی برای تحلیل انتخاب شد. در نتیجه این بررسی ۳۱ مقاله (Abdrabo & Hassaan, ۲۰۱۵; Allen et al., ۲۰۱۹; Batica & Gourbesville, ۲۰۱۶; Bertilsson et al., ۲۰۱۹; Birgani & Yazdandoost, ۲۰۱۶; Campbell et al., ۲۰۱۹; Chen, Chen, & Huang, ۲۰۲۱; Fox-Lent, Bates, & Linkov, ۲۰۱۵; Karamouz & Zahmatkesh, ۲۰۱۷; Keating et al., ۲۰۱۷; Kotzee & Reyers, ۲۰۱۶; Leandro, Chen, Wood, & Ludwig, ۲۰۲۰; Lhomme, Serre, Diab, & Laganier, ۲۰۱۳; Miguez & Veról, ۲۰۱۷; Moghadas, Asadzadeh, Vafeidis, Fekete, & Kötter, ۲۰۱۹; Mugume, Gomez, Fu, Farmani, & Butler, ۲۰۱۵; Qiao & Pei, ۲۰۲۱; Restemeyer, Woltjer, & van den Brink, ۲۰۱۵; Osvaldo Moura Rezende, Cruz de Franco, Oliveira, Jacob, & Miguez, ۲۰۱۸; Osvaldo M Rezende, Miranda, Haddad, & Miguez, ۲۰۱۹; Russo et al., ۲۰۲۰; Serre & Heinzlef, ۲۰۱۸; Sudradjat, Nastiti, Barlian, & Angga, ۲۰۲۰; Szewranski, Swiader, Kazak, Tokarczyk-Dorociak, & van Hoof, ۲۰۱۸; Tayyab et al., ۲۰۲۱; Waghwala & Agnihotri, ۲۰۱۹; P. Wang, Li, & Zhang, ۲۰۲۱; Y. Wang, Meng, Liu, Zhang, & Fu, ۲۰۱۹; Xu, Cong, Proverbs, & Zhang, ۲۰۲۱; Xu, Xiang, & Proverbs, ۲۰۲۰; Zhang et al., ۲۰۲۱) در فهرست مقالات کاملاً مرتبط با موضوع پژوهش قرار گرفت.

جدول ۲: معیارهای انتخاب و یا حذف مقاله بعد از بررسی جامع متن مقالات منتخب از غربالگری اولیه

معیارهای انتخاب مقاله	معیارهای حذف مقاله
• تأکید و تمرکز اصلی مقاله به ارزیابی تاب‌آوری سیل باشد. • در مقاله برای ارزیابی سیل از روش مشخصی استفاده شده باشد. • مقیاس ارزیابی تاب‌آوری سیل، شهر باشد.	• در مقاله ارزیابی تاب‌آوری صورت نپذیرفته باشد. • ارزیابی تاب‌آوری سیل تنها جزئی از ارزیابی تاب‌آوری مخاطرات در نظر گرفته شده باشد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

شرح و تفسیر نتایج

- **تعریف تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل**

با توجه به وجود طیف وسیعی از تعاریف تاب‌آوری، و تأثیرپذیری رویکردها و روش‌ها ارزیابی تاب‌آوری سیل از نوع و چگونگی تعریف آن، در این بخش به بررسی تعاریف مقالات منتخب از تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل می‌پردازیم. در جدول ۳ تعاریف مختلف تاب‌آوری در هر کدام از مقالات و نوع رویکرد آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۳: تعریف تاب‌آوری در مقالات موردبررسی

کد مقاله	سال انتشار	تعریف تاب‌آوری شهری	رویکرد
۱	۲۰۱۹	تاب‌آوری شهری به قابلیت شهر در رویارویی با رخدادهای مخاطره‌آمیز گفته می‌شود و شامل ظرفیت‌های تطبیقی و ذاتی شهر در پاسخگویی، سازگاری و رشد می‌شود.	بوم‌شناختی
۲	۲۰۱۹	توانایی یک فرد، جامعه، شهر یا ملت برای مقاومت، جذب و یا بهبودی در رویارویی با آشفتگی (مانند سیل شدید)، و یا سازگاری موفقیت‌آمیز در مقابله با مخاطرات	بوم‌شناختی-مهندسی
۳	۲۰۱۵	استحکام (مقاومت) ، سازش‌پذیری (فیزیکی و اجتماعی) و تغییرپذیری (ظرفیت تغییر بر اساس یافته‌های جدید، برای مثال تغییر از رویکرد مقابله با سیل به رویکرد زندگی با سیل)	بوم‌شناختی
۴	۲۰۱۶	ظرفیت یک سیستم اجتماعی-اکولوژیکی برای مقابله و سازگاری با آشفتگی‌ها	بوم‌شناختی
۵	۲۰۲۰	تاب‌آوری خانوار در برابر تغییر اقلیم به‌عنوان «ظرفیت یک خانواده برای مقاومت در برابر اثرات سیل و توانایی آن در بازیابی شرایط اولیه».	مهندسی
۶	۲۰۱۹	تاب‌آوری سیل تجمیعی است از عملکرد سیستم	مهندسی
۷	۲۰۱۹	ظرفیت حفظ مقاومت در یک دوره زمانی؛ -ظرفیت جوامع آسیب‌دیده برای جبران خسارات مادی؛ -ظرفیت سیستم زهکشی برای بازیابی عملکرد پس از وقوع سیل و ایجاد شرایط اولیه برای بازگشت خدمات شهری به روال عادی	مهندسی
۸	۲۰۱۸	نگهداشت عملکردهای شهری در زمان وقوع آشفتگی و بازیابی (ظرفیت مقاومت، ظرفیت جذب و ظرفیت بازیابی در رویارویی با آشفتگی)	مهندسی
۹	۲۰۱۵	ظرفیت سیستم مدیریت ریسک زه‌کشی شهری در پاسخ به رخداد بارش‌های شدید و بازگشت به شرایط پیش از آشفتگی	مهندسی
۱۰	۲۰۲۱	حدی از آشفتگی که سیستم قادر به تحمل آن است و همچنان می‌تواند در صورت ضربه خوردن سریع به حالت اولیه خود بازگردد و عملکردهای اصلی، ویژگی‌های ساختاری و توانایی خودتنظیمی خود را حفظ کند.	مهندسی
۱۱	۲۰۲۰	تاب‌آوری شهری به عملکرد درست خدمات شهری و اثرات زنجیره‌ای ناشی از شکست یک یا چند زیرساخت حیاتی در زمان رخداد ارتباط تنگاتنگ دارد.	مهندسی
۱۲	۲۰۱۵	ظرفیت‌های موجود در شهر برای دستیابی به سطح قابل‌قبولی از کارآمدی در زمان وقوع سیل و بعدازآن	مهندسی
۱۳	۲۰۱۶	تاب‌آوری سیل در شهر بیانگر میزان شدتی از سیل است که سیستم شهری می‌تواند بپذیرد و عملکردهای خود را در حین وقوع و بعدازآن ادامه دهد. یک شهر تاب آور در برابر سیل شهری است که ظرفیت پذیرش سیل ، مقاومت در برابر سیل، بازیابی و یادگیری از سیل در آن بالا باشد.	مهندسی-بوم‌شناختی
۱۴	۲۰۲۲	تاب‌آوری در برابر سیل دارای سه وجه اساسی است (مقاومت، بازیابی و سازگاری). مقاومت به توانایی شهر در تحمل اثرات و خسارات سیل اشاره دارد. بازیابی به معنی توانایی شهر در تغییر از فاز آشفتگی به فاز تعادل است. و منظور از سازگاری، توانایی شهر در خودتنظیمی نسبت به شدت‌های مختلف سیل است.	بوم‌شناختی-مهندسی
۱۵	۲۰۲۰	توانایی سیستم اجتماعی، محیط بوم‌شناختی و زیرساخت‌ها در رویارویی با اثرات ناشی از بلایا	بوم‌شناختی
۱۶	۲۰۲۱	تاب‌آوری شهر در برابر سیل از دو عامل اصلی شکل می‌گیرد یکی میزان حساسیت شهر و دیگری ظرفیت‌های رویارویی با سیل شهری	بوم‌شناختی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

۱۷	۲۰۲۰	ظرفیت سازگاری، مقاومت، بازیابی، پاسخگویی و تناسب در مواجهه با سیل شهری	مهندسی-بوم‌شناختی
۱۸	۲۰۱۷	ظرفیت شهر برای انطباق خود با مخاطره سیل، کاهش خسارات و افزایش ظرفیت بازیابی.	بوم‌شناختی-مهندسی
۱۹	۲۰۱۹	ظرفیت مقاومت؛ توانایی بازیابی؛ و توانایی حفظ عملکردها.	مهندسی
۲۰	۲۰۱۵	تاب‌آوری، یک سیستم شهری یا یک جامعه، باید به‌عنوان یک سیستم متشکل از دارایی‌های کلیدی فیزیکی و نامشهود (مؤلفه‌ها) در نظر گرفته شود که می‌تواند عملکرد مناسب و ارائه خروجی‌ها را برای تضمین رفاه ساکنانش حفظ کند. بنابراین تاب‌آوری یک منطقه شهری و ظرفیت آن برای مقابله و سازگاری با تهدیدها یا فشارهای خارجی، با آسیب‌پذیری اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و همچنین دارایی‌های فیزیکی آن مرتبط است.	مهندسی-بوم‌شناختی
۲۱	۲۰۱۷	توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع برای پیگیری توسعه اجتماعی، محیط‌زیستی و اقتصادی خود، درحالی‌که ریسک مخاطرات خود را در طول زمان به روشی مؤثر مدیریت کند.	بوم‌شناختی
۲۲	۲۰۱۹	توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع برای پیگیری توسعه اجتماعی، محیط‌زیستی و اقتصادی خود، درحالی‌که ریسک مخاطرات خود را در طول زمان به روشی مؤثر مدیریت کند.	بوم‌شناختی
۲۳	۲۰۱۳	ظرفیت جذب، ظرفیت بازیابی و ظرفیت مقاومت	مهندسی
۲۴	۲۰۲۱	تاب‌آوری شهری به توانایی سیستم شهری در جذب آسیب برای کاهش تغییرات، اثرات یا آشفتگی‌های ناشی از اختلال و در نهایت سازگاری با این تغییرات اشاره دارد.	مهندسی-بوم‌شناختی
۲۵	۲۰۲۱	ظرفیت یک سیستم مهندسی برای مقاومت، و بازیابی از یک رخداد نامطلوب و بازگشت به شرایط اولیه	مهندسی
۲۶	۲۰۱۵	حفظ سطوح عملکردی قابل‌قبول (با مقاومت در برابر شکست سیستم) و بهبود سریع پس از وقوع شکست	مهندسی
۲۷	۲۰۱۹	ظرفیت منطقه آسیب‌دیده برای سازگاری یا مقابله با اثرات ریسک سیل	بوم‌شناختی
۲۸	۲۰۱۵	توانایی آماده‌سازی و برنامه‌ریزی برای، جذب، بازیابی و سازگاری بیشتر با رویدادهای نامطلوب	مهندسی-بوم‌شناختی
۲۹	۲۰۱۸	توانایی پیش‌بینی مخاطره و پاسخ به آن و بازیابی سریع با حداقل آسیب به رفاه اجتماعی، اقتصاد و محیط‌زیستی	مهندسی
۳۰	۲۰۱۸	توانایی یک سیستم اجتماعی-بوم‌شناختی برای جذب آشفتگی‌ها، مقاومت در برابر خطرات طبیعی و انسانی، و پیکربندی مجدد پس از یک اختلال مخرب	مهندسی
۳۱	۲۰۲۱	ظرفیت شهر برای سازگاری با مخاطرات	بوم‌شناختی

مطابق جدول ۳، نحوه تعریف تاب‌آوری در مطالعات موردبررسی در ۱۴ مورد با رویکرد تاب‌آوری مهندسی، ۹ مورد با رویکرد بوم‌شناختی و ۸ مورد با رویکرد مهندسی-بوم‌شناختی صورت پذیرفته است. همچنین در ابر کلمات به‌کار رفته در تعریف تاب‌آوری در مطالعات انجام شده، واژه‌های مقاومت، بازیابی، سازگاری، بازگشت، ظرفیت و توانایی بیشترین تکرار را داشته‌اند. بر اساس می‌توان گفت در مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل رویکرد تاب‌آوری مهندسی رویکرد غالب است.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

شکل ۱: ابر کلمات به‌کار رفته در تعاریف تاب‌آوری

- **رویکردهای ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل**

در مطالعات موردبررسی سه نوع کلی روش ارزیابی تاب‌آوری (کمی، نیمه‌کمی و کیفی) شناسایی شد. مطابق جدول ۴، از ۳۱ مطالعه موردبررسی در ۱۹ مورد ارزیابی کمی، ۹ مورد ارزیابی نیمه‌کمی و تنها در دو مورد ارزیابی کیفی صورت پذیرفته است.

جدول ۴: انواع روش‌های ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل

کد مقاله	محدوده موردمطالعه	واحد مطالعاتی	مقیاس جغرافیایی	نوع روش ارزیابی
۱	شهر تهران	مناطق شهرداری	شهر	کمی
۲	حوضه آبریز کانالدومانگو (Canal do Mangue)، این حوضه آبریز	واحدهای مربعی، پیکسل مبنا	حوزه آبخیز شهری	کمی
۳	شهر هامبورگ	تقسیم شهر به دو بخش مجزا بر	شهر	کیفی
۴	منطقه ساحلی در جنوب شهر کیپ در آفریقای جنوبی (بخش ادن)	شهر،شهرک، روستا	منطقه شهری	کمی
۵	بخشی از شهر مونیخ	خانوار	ساختمان‌های شهری،	کمی
۶	ناحیه شهری سیرگو (شهر دالیان، چین)	زیر حوزه‌های آبخیز در سطح شهر	آبخیز شهری	کمی
۷	حوضه آبخیز رودخانه دونا یوجینیا (ریو دو ژانیرو)	بلوک‌های شهری	حوضه آبخیز شهری	کمی
۸	شهر آوینیون (فرانسه)	محله	شهر	کمی
۹	بخشی از منطقه ۲۲ شهر تهران	بخشی از منطقه ۲۲ شهر تهران	بلوک شهری	کمی
۱۰	شهرهای ووهان، نانجینگ و هفئی (چین)	شهر	شهر	نیمه‌کمی
۱۱	شهر بارسلونا	محله های شهری	شهر	کمی
۱۲	شهر نیویورک	نواحی شهری	شهر	نیمه‌کمی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

۱۳	بارسلونا (اسپانیا) ؛ پکن (چین) ؛ جنوا (ایتالیا) ؛ هامبورگ (آلمان) ؛	کل شهر	شهری	نیمه‌کمی
۱۴	شهر پکن	شهر پکن	شهری	نیمه‌کمی
۱۵	سه ناحیه مختلف (اجتماعات مختلف) ساکن در شهر ووهان چین	محدوده های شهری	شهر	نیمه‌کمی
۱۶	شهر پیشاور، ایالت خیبر پختونخوا، پاکستان	شبکه ی از سلول های مربعی با ابعاد	شهری	کمی
۱۷	روستاشهر اندیر، اندونزی	نواحی شهری	شهر	کمی
۱۸	برزیل، ایالت ریو دو ژانیرو، شهر مسکویتا	بلوک های شهری	حوضه آبخیز	کمی
۱۹	بخش شمالی شهر ریو دو ژانیرو، برزیل	بلوک های شهری	حوضه آبخیز شهری	کمی
۲۰	منطقه ی شهری دلتای ساحلی رود نیل (مصر)	شهر	منطقه‌ی شهری	کمی
۲۱	ندارد	جامعه	جامعه	روش
۲۲	۱۱۸ جامعه از ۹ کشور مختلف	شهر	۱۱۸ جامعه از ۹ کشور	روش
۲۳	شهر اورلئان فرانسه	شبکه های شهری	شهر	کمی
۲۴	شهر نانجینگ، چین		شهر	کمی
۲۵	بخشی از شهر ژوهای (چین)	شبکه ای از سلول های مربعی	شهر	کمی
۲۶	شهر کامپالا، اوگاندا	اجزای شبکه زه‌کشی در شهر	شهر	کمی
۲۷	شهر سورات هند	شهر	شهر	کیفی
۲۸	شبه جزیره راکوی پنسیلوانیا، ایالت نیویورک، آمریکا	محدوده شهری	شهر	نیمه‌کمی
۲۹	شهر مورهد (کارولینای شمالی) و شهر کارلستون (کارولینای	شهر	شهر	نیمه‌کمی
۳۰	شهر وروکلاو، لهستان	نواحی شهری	شهر	کمی
۳۱	مجموعه ای از شهرهای کشور چین	شهر	شهر	کمی

- **نشانگرهای مورداستفاده برای ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل**

فهرست متغیرهای مورداستفاده در ارزیابی تاب‌آوری سیل در جدول ۵ ارائه شده است. مهم‌ترین نشانگرهای تاب‌آوری شهر نسبت به سیل، نشانگرهای مرتبط با ریسک سیل است. در بیش از نیمی از مطالعات انجام شده در این زمینه (۱۸ مورد) ویژگی‌های سیل احتمالی (مانند شدت سیل، عمق سیل، ریسک سیل و خطر سیل) به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در کمی‌سازی و ارزیابی تاب‌آوری دخیل بوده است. دسته دیگر از نشانگرهای پرکاربرد نشانگرهای مربوط به ویژگی‌های جمعیتی ساکنان شهرها (مانند تراکم جمعیت، جمعیت گروه‌های حساس، جمعیت در معرض خطر سیل، نسبت سنی جمعیت، جمعیت مهاجران، ترکیب سنی جمعیت و غیره) است.

نکته حائز اهمیت در خصوص فهرست متغیرها و نشانگرهای مورداستفاده برای ارزیابی تاب‌آوری سیل در شهر این است که در ادبیات موضوع یک لیست واحد و موردتوافق از نشانگرها برای ارزیابی تاب‌آوری سیل وجود ندارد و هر محقق بنا به تعریف منتخب خود از تاب‌آوری، ویژگی‌های محدوده موردمطالعه و دسترسی به داده‌های کمی و کیفی، فهرستی از متغیرها و نشانگرهای تاب‌آوری را به‌کار گرفته است.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

جدول ۵: نشانگرهای مورداستفاده در ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل

کد مقاله	سال انتشار	متغیرهای مورداستفاده
۱	۲۰۱۹	تاب‌آوری اجتماعی (نسبت جنسی جمعیت، جمعیت مستقل، جمعیت کم‌توان، دسترسی به حمل‌ونقل، امکانات تفریحی- عمومی، ظرفیت ارتباطات، دسترسی برابر به امکانات آموزشی)، تاب‌آوری اقتصادی (مالکیت خانه، نرخ بیکاری، اشتغال زنان، فروشگاه‌های بزرگ، تأسیسات تجاری، زیرساخت‌های تجاری در معرض مخاطرات، وابستگی به حوزه‌های اقتصادی حساس)، تاب‌آوری نهادی (ثبات جمعیتی، رشد فضای ساختمانی، تاب‌آوری زیرساخت‌ها، نوع بنای ساختمان‌ها، سن ساختمان‌ها، بافت فرسوده، قابلیت تخلیه اضطراری، قابلیت مرمت مدارس، ظرفیت مراقبت‌های پزشکی، زیرساخت‌های اینترنت، دسترسی به پناهگاه، هم‌پوشانی خدمات اورژانسی)، تاب‌آوری سرمایه اجتماعی (جمعیت مهاجران، مراکز مذهبی، خدمات فرهنگی و میراث باستانی، سازمان‌های طرفدار حقوق اجتماعی و شهروندی)، تاب‌آوری محیط‌زیستی (رود دره‌ها، نمودار شکل زمین، پارک‌ها و فضای سبز شهری، رشد شهری)
۲	۲۰۱۹	چارچوب معرفی شده در این مقاله با ارزیابی حوضه آبخیز شهری شروع می‌شود. داده‌های فیزیکی و اقتصادی اجتماعی مورداستفاده قرار می‌گیرد. داده‌های فیزیکی از قبیل شکل زمین، هیدروگرافی، بارندگی، کاربری زمین شهری برای ساخت پایه‌های مدل‌سازی ریاضی کاربرد دارد. نتایج مربوط به مدل‌سازی هیدرولوژیکی برای بررسی نشانگرهای مربوط به خطر سیل کاربرد دارد. مدل هیدرودینامیکی نمایانگر نشانگرهای عمق سیلاب، سرعت سیل، و فاکتور عملکرد است. در هر سناریو این نشانگرها از طریق مدل‌سازی هیدرودینامیکی برآورد می‌شود. در این مرحله هر نتیجه‌ای به یکی از نقشه‌های فرعی مرتبط با شاخص تاب‌آوری سیل شهری منتهی می‌شود. دومین دسته از داده‌ها (اطلاعات اقتصادی-اجتماعی) برای تعیین نشانگرهای دسترسی به امداد، خدمات حمل‌ونقل، میزان در معرض بودن، سلسله‌مراتب راه، آسیب‌پذیری شهروندان، حساسیت ساختمان‌ها و آسیب‌پذیری اجتماعی به کار می‌رود. نهایتاً نقشه نهایی تاب‌آوری سیل شهری از طریق تابع مربوط به شاخص تاب‌آوری سیل شهری و احتمال وقوع آن در هر سلول به دست می‌آید.
۳	۲۰۱۵	آب و اقلیم: آب به‌عنوان عامل تهدید؛ مسئولیت عمومی قوی برای مدیریت آب؛ همکاری میان مدیریت آب و برنامه‌ریزی فضایی در پروژه‌های خاص؛ تغییرات اقتصادی-اجتماعی و کاربری زمین: نیاز به ایجاد هم‌افزایی؛ مسئولیت قانونی مشترک (خصوصی – عمومی)؛ همکاری مطلوب در زمینه مدیریت آب، برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت بلایا در تمام پروژه‌ها؛ تغییرات ویژه: نیاز به شناخت آب به‌عنوان یک دارایی؛ شبکه‌های غیررسمی برای پرورش فرهنگ جدید آب؛ شبکه‌های میان‌رشته‌ای جدید (برای مثال اتاق‌های فکر) و سازمان‌های آموزشی؛ دانش کارشناسی در برنامه‌ریزی و مهندسی؛ ارتباط مطلوب میان مدیران آب و برنامه‌ریزان فضایی؛ حمایت مالی و سیاسی قوی؛ دانش کارشناسی و دانش محلی (کاهش آسیب‌پذیری و گزینه‌های سازگاری؛ ارتباط مطلوب میان مدیران آب ، برنامه‌ریزان فضایی و مدیران مخاطرات، آگاهی عموم و تمایل در سرمایه‌گذاری در مدیریت ریسک سیل؛ حمایت مالی و سیاسی قوی برای سازگاری و رویکرد ریسک محور؛ خلاقیت، یادگیری، پذیریش دانش جدید؛ اعتماد متقابل میان ذی‌نفعان خصوصی و عمومی و پذیریش اجتماعی شبکه‌های نوین میان‌رشته‌ای؛ عوامل تغییر، رهبری: حمایت مالی برای شبکه‌های میان‌رشته‌ای و غیررسمی
۴	۲۰۱۶	ظرفیت تخلیه اضطراری، نسبت جمعیت گروه‌های حساس، مشارکت شهروندی،،ظرفیت ارتباطات، جمعیت کودکان کمتر از ۵ سال، بافر بوم‌شناختی، تحصیلات، سالمندان، وضعیت اشتغال، عدالت استخدامی، تنوع بخش اشتغال، سرمایه مسکن، نوع مسکن، اختلاف درآمد، تنوع کاربری، تعلق مکان، مشارکت سیاسی، دسترسی به مدارس، ماندگاری خاک، نیازهای خاص، دسترسی به حمل‌ونقل، زیرساخت‌های آب، تنوع تالاب، ابعاد اجتماعی تاب‌آوری در تدوین شاخص تاب‌آوری از بالاترین درجه اهمیت برخوردار است.
۵	۲۰۲۰	شاخص تاب‌آوری سیل در سطح خانوار (متغیر در زمان) در برگیرنده نشانگرهایی از سه بعد (فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی) است. در فرمول این شاخص زمان رخداد حادثه و زمان بازیابی مورد توجه قرار گرفته است. سنجه‌های مورداستفاده در این شاخص شامل: عمق سیلاب، عمق تجمعی آب، مدت سیل، نرخ تجمع آب، کودکان، بزرگ‌سالان و درآمد خانوار می‌شود.
۶	۲۰۱۹	عمق سیلاب
۷	۲۰۱۹	بازیابی مواد (سرانه درآمد)، طول دوره اثرات (ظرفیت سیستم زهکشی)، خطر سیل، میزان در معرض بودن (تراکم جمعیت)، حساسیت (جمعیت آسیب‌پذیر)،
۸	۲۰۱۸	اجتماعی (میانگین سنی جمعیت، میانگین درآمد، درصد افراد فعال، درصد جمعیت زنان، درصد افراد آسیب‌پذیر، سطح سواد، سطح دانش شهروندان درباره ریسک سیل و غیره)، شهری (ساختمان شهر، پویایی اقتصادی، وضعیت زیرساخت‌ها، زیرساخت‌های حیاتی، تراکم شهری،

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

		سن بنای ساختمان‌ها و غیره) و فنی (شبکه‌های شهری، فرسودگی شبکه‌ها و غیره)
۹	۲۰۱۵	سیستم مدیریت ریسک سیل شهری (محدوده تحت تأثیر سیل)، پاسخ به سیل (تراکم جمعیت، تراکم ترافیک، کاربری زمین-شامل تراکم مسکونی، فضای سبز، اداری، تجاری و فاصله کانون سیل تا نقاط حساس) و بازیابی (دسترسی به امکانات (فاصله تا مراکز امداد)، تخصیص بودجه، فرونشست سیلاب)
۱۰	۲۰۲۱	سیستم‌های اقتصادی (میزان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، ظرفیت‌های امداد و نجات)، محیط‌زیست طبیعی (نواحی حساس، حفاظت منابع آب، پراکنش منابع آب)، مدیریت و سازمان‌دهی (برنامه کنترل سیل، ظرفیت تخصیص منابع، برنامه‌ریزی فضایی منطقی)، توانمندی‌های فنی و علمی (ظرفیت پیش‌بینی آب‌وهوا، ظرفیت بازیابی) و محیط ساختمانی (ساختار فضایی کاربری زمین، سطح منابع عمومی)
۱۱	۲۰۲۰	داده‌های بارندگی، داده‌های شکل زمین، زیرساخت‌های شهر، اثرات اجتماعی (اثر بر شبکه عابر و شبکه حمل‌ونقل)، اثرات اقتصادی (خسارات وارده بر دارایی‌ها)، اثر بر ترافیک، اثر بر حوزه انرژی و اثر بر سیستم مدیریت پسماند
۱۲	۲۰۱۵	استحکام (سازه‌های کنترل سیل، طول سیستم زه‌کشی، سرانه درآمد، میزان سرمایه‌گذاری در نواحی ساحلی، وجود سیستم پایش و ثبت داده، طرح‌های مدیریت ریسک)، هم‌پوشانی (تعداد پناهگاه در واحد سطح، وجود کانال‌های انحرافی هدایت سیل)، چابکی (وجود سیستم‌های ارتباطی و هشدار دهنده، سطح سواد، درصد پوشش بیمه سیل) و توانمندی (آگاهی و آمادگی، دوره بازیابی بعد از وقوع سیل، وجود نهاده‌ای سازمانی رسیدگی به سیل، تعداد تجهیزات حیاتی مانند ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پلیس و... وجود نقشه خطر سیل، سیستم هشدار پیش از وقوع سیل)
۱۳	۲۰۱۶	بعد اجتماعی (منابع در دسترس، وضعیت سلامت، دانش و انعطاف‌پذیری و ارتباطات درون جامعه)، بعد اقتصادی (نرخ رشد جمعیت، وضعیت). بعد نهادی (وجود برنامه‌های مدیریت سیل، سیاست‌ها، مقررات، طرح‌های تخلیه اضطراری)، بعد فیزیکی (اقدامات ساختاری حفاظت، شبکه ارتباطی (تلفن، اینترنت، حمل‌ونقل، و غیره)، ایمنی انسان (به‌عنوان‌مثال پناهگاه اضطراری) و غیره). بعد طبیعی (محل قرارگیری شهر، منابع آن موجود در محدوده شهر، شیب اراضی شهری، قابلیت‌های زهکشی و غیره).
۱۴	۲۰۲۲	مقاومت (درصد جمعیت بالای ۶۰ و زیر ۱۸ سال، طول آب‌بندها، طول لوله‌های زه‌کش، ظرفیت پمپاژ در مرکز شهر؛ سرانه مساحت راه، متوسط تعداد دانشجویان تحصیلات تکمیلی در هر ۱۰ هزار نفر)؛ ارزیابی (سرانه تولید ناخالصی داخلی، نرخ استخدام، پوشش بیمه سلامت، تعداد تخت‌های بیمارستان در هر هزار نفر، تعداد کارمندان حوزه سلامت در هر هزار نفر)؛ سازگاری (سرانه فضای سبز عمومی، نرخ پوشش سبز در محیط انسان‌ساخت، مساحت دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، مساحت شالیزارها، ظرفیت ذخیره آب، ظرفیت تصفیه آب و فاضلاب)
۱۵	۲۰۲۰	فضای ساختمانی (کیفیت ساخت، ظرفیت تخلیه اضطراری، پناهگاه، پیشگیری از وقوع مخاطرات) توسعه اقتصادی (بیمه، وضعیت اشتغال، سطح تجاری، سیستم تأمین مواد) سیستم مدیریت جامعه (سطح تعهد مدیران، شبکه ارتباطی جامعه، مدیریت شرایط اورژانسی، اطلاع‌رسانی و آموزش عمومی) سرمایه اجتماعی (دانش عمومی مخاطرات، شبکه‌های اجتماعی، حس تعلق مکان)
۱۶	۲۰۲۱	شیب زمین؛ مدل رقومی ارتفاع؛ پوشش/کاربری اراضی؛ خاکشناسی؛ بارندگی؛ ساختمان‌های تجاری؛ ساختمان‌های مسکونی؛ خدمات بهداشتی؛ سرانه درآمد؛ تراکم جمعیت؛ ظرفیت نهادی؛ ظرفیت اقتصادی؛ سطح سواد
۱۷	۲۰۲۰	طبیعی (خصوصیات سیل، فضای سبز و باز، شرایط طبیعی آبراهه‌ها) فیزیکی (دسترسی به آب شرب در زمان وقوع سیل، سیستم جمع‌آوری فاضلاب مقاوم در برابر سیلاب)، اجتماعی (توزیع امکانات امداد و نجات سیل‌زدگان، سیستم هشدار، آگاهی عمومی درباره سیل) اقتصادی (شدت خسارت ناشی از سیل)، نهادی (آمادگی و تجهیز برای تخلیه اضطراری، عملکرد حفاظت و مدیریت آبراهه‌ها)
۱۸	۲۰۱۷	عمق سیل و فاکتور مدت‌زمان سیل، تراکم جمعیت، سرانه درآمد، وضعیت بهداشت عمومی
۱۹	۲۰۱۹	ظرفیت مقاومت (در معرض بودن ساختمان‌ها، در معرض بودن زیرساخت‌های شهری، عمق سیل)؛ ظرفیت بازیابی (آسیب‌پذیری ساختمان‌ها، آسیب‌پذیری شهروندان، فاکتور سرعت سیل)؛ ظرفیت حفظ عملکردهای شهری (سلسله‌مراتب راه، خدمات حمل‌ونقل غیر ریلی، فاکتور ماندگاری)

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

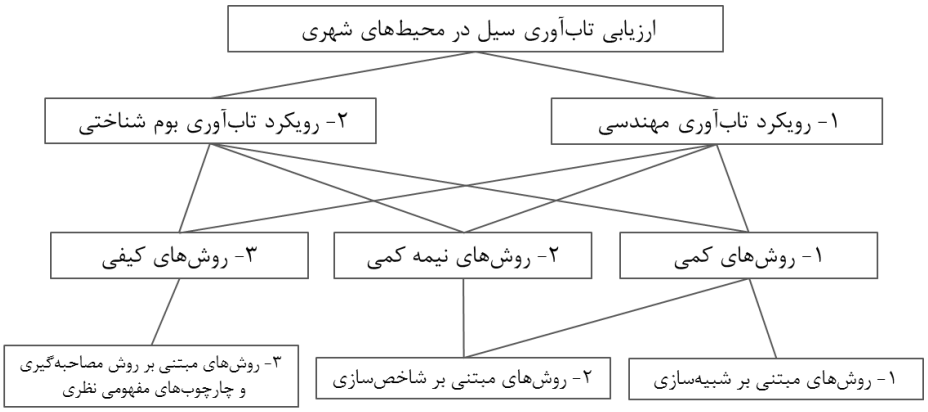
۲۰	۲۰۱۵	اجتماعی-اقتصادی؛ شرایط جمعیتی مرتبط با ظرفیت سازگاری (تراکم خانوار، نرخ رشد جمعیت و نسبت وابستگی جمعیتی)؛ شرایط اجتماعی و اقتصادی مربوط به ظرفیت سازگاری (وضعیت سلامتی، سطح تحصیلات و درآمد جامعه و نرخ بیکاری)؛ زمینه فیزیکی؛ تأمین و کیفیت زیرساخت‌ها و خدمات (نرخ ارائه زیرساخت و خدمات)؛ زمینه محیط‌زیستی؛ کیفیت محیط‌زیست و بهره‌برداری از منابع طبیعی (کیفیت هوا، کیفیت آب، کیفیت خاک ،بهره‌برداری از منابع طبیعی)؛ زمینه نهادی؛ تشکیلات و حاکمیت نهادی (تنظیمات رسمی و غیررسمی نهادی، قابلیت بسیج منابع مختلف برای مقابله با مخاطرات)؛ مخاطره تغییر اقلیم؛ آسیب‌پذیری در برابر سیل ناشی از افزایش سطح دریا (مناطق مسکونی آسیب‌پذیر، جمعیت ساکنان در معرض سیل)
۲۱	۲۰۱۷	در واقع این چارچوب روش‌شناختی، از ترکیب دو مدل مختلف (C۵ و R۴) شکل گرفته و بر همین اساس عنوان « چارچوب جامعه‌محور C-۵ R۴ برای سنجش تاب‌آوری سیل» برای آن انتخاب شده است. (C۵) به پنج دسته از سرمایه‌های تشکیل دهنده یک جامعه اشاره دارد که اگر به‌درستی از آن‌ها بهره‌برداری شود می‌توان رفاه، امنیت و آسایش فردی و جمعی را تضمین کرد. این پنج دسته سرمایه عبارت‌اند از: سرمایه انسانی (آموزش، مهارت‌ها، سلامت)؛ سرمایه اجتماعی (شبکه‌ها و روابط اجتماعی، عوامل بهبود همکاری، ارتباطات)؛ سرمایه فیزیکی (زیرساخت‌ها، تجهیزات)؛ سرمایه طبیعی (سرمایه‌های مبتنی بر منابع طبیعی، مانند زمین حاصلخیز، منابع آب، تنوع زیستی و غیره) و سرمایه مالی (تنوع، سطح و تغییرپذیری منابع درآمدی). منظور از (R۴) نیز چهار وجه اساسی تاب‌آوری است: استحکام (قابلیت تحمل آشفتگی، برای مثال استحکام بنا در ساختمان‌ها و پل‌ها)؛ هم‌پوشانی (تنوع عملکردها، برای مثال وجود مسیرهای مختلف برای تخلیه اضطراری)؛ توانمندی (ابتکار عمل در زمان رخداد بلایا، برای مثل توانای تبدیل مرکز یک شهر به پناهگاه سیل‌زدگان) و چابکی (توانایی پوشش خسارات و بازیابی سریع عملکردها).
۲۲	۲۰۱۹	همانند مقاله ۲۱
۲۳	۲۰۱۳	ظرفیت مقاومت (ارزیابی خسارت)، ظرفیت جذب (ارزیابی هم‌پوشانی)، ظرفیت بازیابی (ارزیابی دسترسی)
۲۴	۲۰۲۱	تاب‌آوری اقتصادی (تولید ناخالص داخلی، نرخ بیکاری، سرانه درآمد)- تاب‌آوری اجتماعی (نسبت نیروی کار زن، جمعیت با تحصیلات عالی، جمعیت مهاجر، نرخ رشد سالمندی) - تاب‌آوری طبیعی (نرخ رشد مناطق ساخته‌شده شهری، نسبت فضای سبز در مناطق مسکونی، سرانه فضای سبز در مناطق شهری، ظرفیت افزایش بارندگی تابستانه) - تاب‌آوری فیزیکی (ظرفیت تصفیه سالانه فاضلاب، تعداد وسایل نقلیه حمل‌ونقل عمومی شهری، طول لوله در شبکه‌های زهکشی آب در مناطق مسکونی، تعداد تخت بیمارستانی به ازای هر ده هزار نفر، سرمایه‌گذاری دارایی‌های ثابت)-تاب‌آوری سیاسی (هزینه‌های بودجه عمومی، هزینه‌های امداد در بلایای طبیعی، تعداد افراد با حداقل امنیت زندگی)- تاب‌آوری انسانی (تعداد تلویزیون‌های رنگی در هر ده هزار خانوار، دسترسی به اینترنت)- تاب‌آوری سازمانی (تعداد جامعه ملی کاهش بلایا، تعداد واحد ایستگاه‌های مدیریت نجات، تعداد فعالیت‌های آمادگی ملی)
۲۵	۲۰۲۱	بارندگی، عمق سیل، نوع کاربری اراضی
۲۶	۲۰۱۵	شدت سیل، طول دوره سیل، شبکه زه‌کشی
۲۷	۲۰۱۹	طبیعی (بارندگی، ظرفیت زه‌کشی، توپوگرافی، جزرومد)- فیزیکی و زیرساختی (کاربری اراضی، زیرساخت‌های کنترل سیل، حاشیه‌نشینی، سیستم هشدار سیل) -اجتماعی (سازمان‌های مردم نهاد و داوطلبانه، جمعیت مهاجر، جمعیت و نرخ رشد آن)-اقتصادی (تولید ناخالص ملی، عملکرد اقتصادی شهر، سرانه درآمد) -نهادی (سازمان‌ها) -ظرفیت حمل‌ونقل و پیوستگی شبکه -کارآمدی نهاد قانونی شهر
۲۸	۲۰۱۵	- درصدی از خط ساحلی که دارای سازه‌های حفاظت سیل است. - بیش بینی آب‌وهوا و اطلاع‌رسانی - استاندارد طراحی بر اساس شناخت طوفان و سیل- آموزش ریسک سیل- درصدی از زیرساخت‌های کنترل سیل که در مقابل فرسایش حفاظت می‌شوند. - تعداد کاربران سیستم هشدار - نسبت ظرفیت پناهگاه‌های اسکان اضطراری به‌کل جمعیت ساکن -درصدی از ساکنان که قبل از وقوع طوفان از وقوع آن مطلع و از محدوده طوفان خارج می‌شوند - زمان موردنیاز برای بازسازی- طریقه انتقال دستورالعمل‌های بازسازی- درصد اختصاص بودجه برای بازسازی در طول یک سال- درصد تقریبی جمعیت سرگردان در سال اول- سازگاری زیرساخت‌های حفاظتی- مشارکت اجتماعی در جلسات برنامه‌ریزی برای بازسازی شهر- مدت‌زمان انجام مطالعات برای بهبود شرایط و انتشار دستورالعمل سازگاری با تغییر اقلیم - متوسط درآمد خانوار
۲۹	۲۰۱۸	آسیب‌پذیری اجتماعی و جمعیت، مدیریت بحران و خدمات شهرداری، زیرساخت‌های و خدمات در حوزه منابع آب، خدمات درمانی و بهداشتی
۳۰	۲۰۱۸	ترکیب سنی جمعیت، فقر، و احتمال وقوع سیل

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

۳۱	۲۰۲۱	اقتصادی (سرانه تولید ناخالص ملی، ظرفیت سرانه مخارج مالی از جانب دولت، سرانه ذخایر مالی دولت برای نگهداشت زیرساخت‌های شهری و روستایی، نسبت بودجه حفاظت سیل به بودجه عمومی) -اجتماعی (تراکم جمعیت، سرانه تعداد تخت بیمار در مراکز بهداشتی و بیمارستان‌ها، درصد کادر درمانی متخصص، درصد افراد تحت آموزش اجباری) -محیط‌زیستی (بارندگی سالانه، رواناب سطحی سالانه، تراکم فضای سبز در محیط انسان‌ساخت، ظرفیت مخازن سدهای بزرگ، تراکم زه‌کشی به نسبت وسعت راه آسفالته) -مدیریتی (تعداد ادارات ملی کاهش بلایا، کیفیت ساخت و مدیریت سازه‌های حفاظتی، درصد شاغلان فعال در حوزه مدیریت آب، تعداد اطلاعات برخط منتشر شده توسط ادارات فعال در زمینه حفاظت و مدیریت آب)

نتیجه‌گیری

مطابق یافته‌های تحقیق روش‌های ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل، به سه دسته کمی و نیمه‌کمی و کیفی تقسیم می‌شوند (شکل ۲). روش‌های کیفی از تنوع کمتری نسبت به روش‌های کمی برخوردارند و غالباً شامل روش مصاحبه‌گیری و چارچوب‌های مفهومی نظری می‌شوند. غالب روش‌های ارزیابی در این زمینه روش‌های کمی و نیمه‌کمی هستند که می‌توان آن‌ها را در دو دسته پرکاربرد یعنی روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی و روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی جای داد. در رویکرد مبتنی بر شبیه‌سازی به‌طورکلی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی و شبیه‌سازی سیلاب استفاده می‌شود. روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی در شکل‌های متفاوت توسعه‌یافته‌اند اما به‌طورکلی از اصول یکسانی پیروی می‌کنند و می‌توان از آن‌ها برای تحلیل تاب‌آوری دیگر انواع مخاطرات در عرصه‌های جغرافیایی نیز استفاده کرد.



شکل ۲. ارتباط میان رویکردها و روش‌های ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری

رویکرد مبتنی بر مدل‌سازی هیدرولوژیکی و شبیه‌سازی سیلاب برای ارزیابی تاب‌آوری سیل که در درصد بالایی از مطالعات انجام شده در این زمینه، کاربرد دارد بر این مفهوم استوار است که تاب‌آوری شهر در برابر سیل به ریسک فضایی سیل وابستگی مستقیم دارد. به بیانی دیگر، این رویکرد ارزیابی تاب‌آوری سیل را بدون برآورد احتمال وقوع و یا شدت و عمق سیل به‌صورت مکانی کار بیهوده‌ای می‌داند. در واقع، سؤال اساسی که ارزیابان تاب‌آوری سیل با آن روبه‌رو هستند این است که برای مثال، در یک ناحیه شهری که به دلیل شرایط اقلیمی و توپوگرافی احتمال وقوع سیل صفر است، آیا سنجش ظرفیت‌های رویارویی با سیل و ارزیابی تاب‌آوری سیل منطقی است؟ بنابراین در این رویکرد ابتدا با بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی و با استفاده از داده‌های بارش، کاربری و پوشش اراضی، شکل زمین و غیره، دبی حداکثر آبراهه‌ها در دوره‌های

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

بازگشت مختلف مورد برآورد قرار می‌گیرد تا با استفاده از آن شبیه‌سازی سیلاب صورت پذیرد. در فرایند شبیه‌سازی سیلاب، بر اساس داده‌های هیدرولوژیکی برآورد شده در محدوده شهری و خصوصیات دشت سیلابی و محیط انسان‌ساخت نقشه‌های از عمق و شدت سیلاب در محدوده موردمطالعه حاصل می‌شود که در ارزیابی تاب‌آوری سیل مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی در این رویکرد، ریسک سیل و معیار ظرفیت رویارویی با سیل دو معیار اصلی ارزیابی تاب‌آوری سیل به‌شمار می‌روند. معیار ریسک سیل از طریق سه زیر معیار خطر سیل، میزان در معرض بودن و آسیب‌پذیری و سنجه‌های از قبیل احتمال وقوع سیل، شدت و عمق سیل، تراکم جمعیت و سرانه درآمد موردسنجش قرار می‌گیرد. ظرفیت‌های رویارویی نیز با استفاده از نشانگرهایی مانند ظرفیت‌های اقتصادی، خدمات درمانی، بیمه، ظرفیت‌های مدیریتی، میزان تحصیلات، درصد اشتغال و ظرفیت‌های نهادی ارزیابی می‌شود.

روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی در شکل‌های متفاوت توسعه‌یافته‌اند اما به‌طورکلی از اصول یکسانی پیروی می‌کنند و می‌توان از آن‌ها برای تحلیل تاب‌آوری انواع مختلف مخاطرات در عرصه‌های جغرافیایی استفاده کرد. در میان روش‌های مورداستفاده برای ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل، توجه قابل‌توجهی به تدوین شاخص ترکیبی برای سنجش نسبی تاب‌آوری شده است. شاخص ترکیبی تاب‌آوری از تلفیق مشخصه‌های متعدد شهر به دست می‌آید و برای رتبه‌بندی محدوده‌های موردمطالعه مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌دلیل تنوع مبانی نظری، یافتن روشی استاندارد برای تدوین شاخص ترکیبی دشوار است. با وجود این، در اکثر متون مرتبط با موضوع شاخص‌سازی تاب‌آوری، بر وجود یک فرآیند انعطاف‌پذیر و شفاف تأکید می‌شود. این فرایند باید در برگیرنده مراحل زیر باشد:

الف. توسعه یا به‌کارگیری مبانی نظری مناسب به‌عنوان مبنایی برای انتخاب نشانگرهای اولیه

ب. شناسایی و انتخاب نشانگرهای مناسب و مرتبط

ج. استفاده از ارزیابی‌های چند متغیره برای کاهش داده‌ها و حفظ عوامل

د. وزن‌دهی و تجمیع نشانگرها

ه. ارائه و نمایش نتایج

و. اعتبارسنجی نتایج

در مطالعات، روش‌های مختلفی برای تدوین شاخص ترکیبی ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری به‌کار گرفته شده است. ساخت شاخص ترکیبی معتبر با استناد به یک پایه نظری مناسب به‌عنوان مبنایی برای تشکیل نشانگرهای اولیه شروع می‌شود. در واقع ارزیابی تاب‌آوری شهری باید به این سؤال پاسخ دهد که چرا ارزیابی تاب‌آوری انجام می‌شود و ارزیابی به‌طور ایده‌آل باید به چه چیزی برسد. در ادبیات موضوع دو نوع ارزیابی شامل ارزیابی فرآیندمحور (اندازه‌گیری مجموعه‌ای از ظرفیت‌ها و فرآیندها) و ارزیابی نتیجه‌محور (اندازه‌گیری مجموعه‌ای از ویژگی‌ها یا دارایی‌ها) قابل‌تمییز است، همچنین استدلال می‌شود که تاب‌آوری یک مفهوم پویا است و چارچوب‌های ارزیابی باید به‌صورت مفهومی هم ویژگی‌های ایستا و هم فرآیندهای پویا را در نظر داشته باشند. درحالی‌که رویکردهای متفاوتی برای چیدمان نشانگرهای اولیه در مؤلفه‌های فرعی تاب‌آوری وجود دارد، رویکردهای قیاسی (تئوری محور) و استقرایی (داده محور) به‌طور گسترده در ادبیات

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

موضوع استفاده می‌شوند. استدلال قیاسی پتانسیل شناسایی بهترین نشانگرهای ممکن و توضیح روابط میان مجموعه خاصی از مفاهیم و نظریه‌ها را دارد.

وزن‌دهی مؤلفه‌ها و نشانگرهای تاب‌آوری یکی دیگر از مسائل چالش‌برانگیز در روش‌های ارزیابی مبتنی بر شاخص‌سازی است. اگر چه روش وزن‌دهی یکسان نشانگرها رایج‌ترین روش مورداستفاده در تدوین شاخص‌های ترکیبی است، اما در خصوص شاخص تاب‌آوری با وجود پیچیدگی و تعداد زیاد نشانگرها ممکن است این روش ناکارآمد باشد. بر این اساس، زمانی که دانش کافی در مورد اهمیت نسبی نشانگرها وجود دارد، استفاده از روش وزن دهی نابرابر می‌تواند صحت ارزیابی را بهبود بخشد. ازآنجایی‌که تاب‌آوری محیط‌های شهری یک مفهوم چندوجهی است، اهمیت معیارها ممکن است در زمینه‌ها و مقیاس‌های مختلف متفاوت باشد، با اعمال روش وزن دهی نابرابر، می‌توان دانش متخصصان رشته‌های مختلف (ارزیابی کیفی) را در یک تحلیل نظری و کمی ادغام کرد.

در اغلب مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری (مبتنی بر رویکرد شاخص‌سازی) از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای وزن‌دهی و تلفیق نشانگرها (تدوین شاخص ترکیبی) استفاده شده است. از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) را نام برد. معمولاً نشانگرهای مورداستفاده برای تدوین شاخص ترکیبی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل با توجه به شرایط محدوده موردمطالعه و همچنین دسترسی به داده‌ها انتخاب می‌شود و نمی‌توان یک مجموعه کامل و همه‌شمول را برای ارزیابی معرفی کرد. با وجود این در جدول زیر فهرستی از مهم‌ترین این نشانگرها به تفکیک مؤلفه‌های مختلف تاب‌آوری ارائه شده است.

جدول ۶: نشانگرهای تاب‌آوری در فرایند تدوین شاخص تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل

مؤلفه تاب‌آوری	نشانگر	توضیحات	تأثیر بر تاب‌آوری
تاب‌آوری اجتماعی	نسبت جنسی جمعیت	نسبت جمعیت مردان به زنان	مثبت
	جمعیت مستقل	درصد جمعیت ۱۵ تا ۵۹ ساله	مثبت
	جمعیت کم‌توان	درصد جمعیت معلولان	
	دسترسی به حمل‌ونقل	درصد خانوار دارای حداقل یک خودرو	مثبت
	امکانات تفریحی- عمومی	پارک، سینما، باشگاه‌های ورزشی- در هر ۱۰ هزار نفر از جمعیت	مثبت
	ظرفیت ارتباطات	درصد جمعیت حائز خدمات مخابراتی	مثبت
	دسترسی برابر به امکانات آموزشی	(۱۰۰منهای (درصد جمعیت با تحصیلات کمتر از دبیرستان منهای درصد جمعیت با تحصیلات آکادمیک)) تقسیم‌بر (درصد جمعیت با تحصیلات کمتر از دبیرستان، به‌علاوه ، درصد جمعیت با تحصیلات آکادمیک)	مثبت
تاب‌آوری اقتصادی	مالکیت خانه	درصد خانوار صاحب‌خانه	مثبت
	نرخ بیکاری	درصد بیکاران	منفی
	اشتغال زنان	درصد اشتغال زنان	مثبت
	فروشگاه‌های بزرگ	تعداد فروشگاه‌های بزرگ در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	تأسیسات تجاری	وسعت تأسیسات تجاری در هر ۱۰هزار نفر	مثبت
	زیرساخت‌های تجاری در معرض مخاطرات	تراکم زیرساخت‌های تجاری	منفی

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

	وابستگی به حوزه‌های اقتصادی حساس	درصد اشتغال در کشاورزی، شیلات، جنگل‌داری و یا گردشگری	منفی
تاب‌آوری نهادی	ثبات جمعیتی	تغییرات جمعیتی در ۵ سال گذشته	منفی
	رشد فضای ساختمانی	تعداد واحدهای ساختمانی ساخته شده در ۱۰ سال گذشته	منفی
تاب‌آوری زیرساخت‌ها	نوع بنای ساختمان	درصد ساختمان با بنای مقاوم	مثبت
	سن ساختمان	درصد ساختمان‌های ساخته شده قبل از ۱۹۸۹	منفی
	بافت فرسوده	درصد مساحت بافت فرسوده	منفی
	قابلیت تخلیه اضطراری	طول شریانی اصلی (در شبکه دسترسی) در هر کیلومترمربع	مثبت
	قابلیت مرمت مدارس	تعداد مدارس در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	ظرفیت مراقبت‌های پزشکی	تعداد تخت‌های بیمارستانی در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	زیرساخت‌های اینترنت	درصد جمعیت متصل به اینترنت	مثبت
	دسترسی به پناهگاه	تعداد هتل، مسافرخانه‌ها و مراکز اسکان موقت در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	هم‌پوشانی خدمات اورژانسی	تعداد ایستگاه آتش‌نشانی، پلیس و مراکز امدادونجات در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
تاب‌آوری سرمایه اجتماعی	جمعیت مهاجران	درصدی از جمعیت که مهاجران ملی یا بین‌المللی هستند	منفی
	مراکز مذهبی	تعداد مرکز مذهبی در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	خدمات فرهنگی و میراث باستانی	تعداد موزه‌ها، نمایشگاه‌های هنری، کتابخانه‌ها و مکان‌های باستانی در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
	سازمان‌های طرفدار حقوق اجتماعی و شهروندی	تعداد سازمان‌های طرفدار حقوق اجتماعی و شهروندی در هر ۱۰ هزار نفر	مثبت
تاب‌آوری محیط‌زیستی	رود دره‌ها	طول رودخانه‌ها در کیلومترمربع	منفی
	شکل زمین	نسبت فضای ساخته‌شده به فضای باز	منفی
	پارک‌ها و فضای سبز شهری	مساحت پارک‌ها و فضای سبز شهری به مساحت کل	مثبت
	رشد شهری	نسبت پوشش کاربری که در طول ۱۰ سال گذشته به فضای شهری تغییریافته است	منفی

روش‌های نیمه‌کمی مورداستفاده برای ارزیابی تاب‌آوری محیط‌های شهری در برابر سیل، در واقع از همان رویکرد حاکم بر روش‌های مبتنی بر شاخص‌سازی تبعیت می‌کنند با این تفاوت که در این نوع از روش‌ها، امتیازدهی به معیارها و نشانگرهای تاب‌آوری غالباً مبتنی بر داده‌های قضاوت‌های کارشناسانه و داده‌های کیفی است. در میان این روش‌های چارچوب جامعه‌محور ۵C-۴R و را می‌توان به‌عنوان نمونه موردبررسی قرار داد. در واقع این چارچوب روش‌شناختی، از ترکیب دو مدل مختلف (۵C و ۴R) شکل گرفته و بر همین اساس عنوان « چارچوب جامعه‌محور ۵C-۴R برای سنجش تاب‌آوری سیل» برای آن انتخاب شده است. (۵C) به پنج دسته از سرمایه‌های تشکیل دهنده یک جامعه اشاره دارد که اگر به‌درستی از آن‌ها بهره‌برداری شود می‌توان رفاه، امنیت و آسایش فردی و جمعی را تضمین کرد. این پنج دسته سرمایه عبارت‌اند از: سرمایه انسانی (آموزش، مهارت‌ها، سلامت)؛ سرمایه اجتماعی (شبکه‌ها و روابط اجتماعی، عوامل بهبود همکاری، ارتباطات)؛ سرمایه فیزیکی (زیرساخت‌ها، تجهیزات)؛ سرمایه طبیعی (سرمایه‌های مبتنی بر منابع طبیعی، مانند زمین حاصلخیز، منابع آب، تنوع زیستی و غیره) و سرمایه مالی (تنوع، سطح و تغییرپذیری منابع درآمدی). منظور از (۴R) نیز چهار وجه اساسی تاب‌آوری است: استحکام (قابلیت تحمل آشفتگی، برای مثال استحکام بنا در ساختمان‌ها و پل‌ها)؛

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

هم‌پوشانی (تنوع عملکردها، برای مثال وجود مسیرهای مختلف برای تخلیه اضطراری)؛ توانمندی (ابتکار عمل در زمان رخداد بلایا، برای مثل توانای تبدیل مرکز یک شهر به پناهگاه سیل‌زدگان) و چابکی (توانایی پوشش خسارات و بازیابی سریع عملکردها). تاب‌آوری می‌تواند از منابع مختلفی سرچشمه گیرد. در این چارچوب هر عاملی از دسته‌های مختلف سرمایه در یک جامعه (۵C) که منجر به بهبود یکی از چهار وجه اساسی تاب‌آوری (۴R) شود، منبع تاب‌آوری است. بر این اساس برای ارزیابی تاب‌آوری سیل، باید مجموعه‌ای از این «منابع تاب‌آوری» تعریف شوند. این منابع می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای سنجش نحوه عملکرد یک جامعه و تاب‌آوری آن مورداستفاده قرار گیرند. روش‌های کیفی ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری نیز شامل روش مصاحبه‌گیری و چارچوب‌های مفهومی نظری می‌شوند. برای مثال روش ماتریس ارزیابی، یک روش کیفی است که در ارزیابی تاب‌آوری سیل در محیط‌های شهری در مطالعات مورداستفاده قرار گرفته است.

منابع

Abdrabo, M., & Hassaan, M. A. ۲۰۱۵. An integrated framework for urban resilience to climate change–Case study: Sea level rise impacts on the Nile Delta coastal urban areas. *Urban Climate*, **۱٤**: ٥٥٤-٥٦٥.

Alexander, D. E. ۲۰۱۳. Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, **۱۳(۱۱).**

Allen, T. R., Crawford, T., Montz, B., Whitehead, J., Lovelace, S., Hanks, A. D., . . . Kearney, G. D. ۲۰۱۹. Linking water infrastructure, public health, and sea level rise: Integrated assessment of flood resilience in coastal cities. *Public Works Management & Policy*, **۲٤(۱)**: ۱۱۰-۱۳۹.

Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., & Palutikof, J. ۲۰۰۸. Climate change and water technical paper of the intergovernmental panel on climate change (Geneva: IPCC Secretariat). *Climate Change*, **۹٥**, **۹٦**.

Batica, J., & Gourbesville, P. ۲۰۱٦. Resilience in flood risk management–a new communication tool. *Procedia engineering*, **۱٥٤**: ۸۱۱-۸۱۷.

Bertilsson, L., Wiklund, K., de Moura Tebaldi, I., Rezende, O. M., Veról, A. P., & Miguez, M. G. ۲۰۱۹. Urban flood resilience–A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of hydrology*, **٥۷۳**: ۹۷۰-۹۸۲.

Birgani, Y. T., & Yazdandoost, F. ۲۰۱٦. *Resilience in urban drainage risk management systems*. Paper presented at the Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management.

Birkland, T. A., & Waterman, S. ۲۰۱٦. The politics and policy challenges of disaster resilience. *In Resilience Engineering Perspectives*, **۲ (۳۷-٦۰)**: CRC Press.

Burton, C. G. ۲۰۱٥. A validation of metrics for community resilience to natural hazards and disasters using the recovery from Hurricane Katrina as a case study. *Annals of the Association of American Geographers*, ***105(1)***: ٦۷-۸٦.

Cai, H., Lam, N. S., Qiang, Y., Zou, L., Correll, R. M., & Mihunov, V. ۲۰۱۸. A synthesis of disaster resilience measurement methods and indices. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **۳۱**: ۸٤٤-۸٥٥.

Campbell, K. A., Laurien, F., Czajkowski, J., Keating, A., Hochrainer-Stigler, S., & Montgomery, M. ۲۰۱۹. First insights from the Flood Resilience Measurement Tool: A large-scale community flood resilience analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **٤۰**: ۱۰۱۲٥۷.

Cariolet, J.-M., Vuillet, M., & Diab, Y. ۲۰۱۹. Mapping urban resilience to disasters–A review. Sustainable Cities and Society, **٥۱**: ۱۰۱۷٤٦.

Chen, J., Chen, W., & Huang, G. ۲۰۲۱. Assessing urban pluvial flood resilience based on a novel grid-based quantification method that considers human risk perceptions. *Journal of hydrology*, **٦۰۱**:۱۲٦٦۰۱.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

Cutter, S. L. ۲۰۱٦. The landscape of disaster resilience indicators in the USA. *Natural hazards*, **۸۰(۲)**: ۷٤۱-۷۵۸.

Cutter, S. L., Ahearn, J. A., Amadei, B., Crawford, P., Eide, E. A., Galloway, G. E., . . . Schoch-Spana, M. ۲۰۱۳. Disaster resilience: A national imperative. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, **۵۵(۲)**: ۲۵-۲۹.

Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. ۲۰۱٤. The geographies of community disaster resilience. Global Environmental Change, **۲۹**: ٦۵-۷۷.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. ۲۰۰۸. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, **۱۸(٤)**: ۵۹۸-٦۰٦.

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. ۲۰۱۰. Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of homeland security and emergency management*, **۷(۱)**.

de Boer, J., Muggah, R., & Patel, R. ۲۰۱٦. *Conceptualizing city fragility and resilience*.

Fisher, L. ۲۰۱۵. More than ۷۰ ways to show resilience. *Nature*, **۵۱۸(۷۵۳۷)**: ۳۵-۳۵.

Folke, C. ۲۰۰٦. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, **۱٦(۳)**: ۲۵۳-۲٦۷.

Foster, K. A. ۲۰۱۲. In search of regional resilience. Urban and regional policy and its effects: Building resilient regions, **٤**: ۲٤-۵۹.

Fox-Lent, C., Bates, M. E., & Linkov, I. ۲۰۱۵. A matrix approach to community resilience assessment: an illustrative case at Rockaway Peninsula. Environment Systems and Decisions, **۳۵(۲)**: ۲۰۹-۲۱۸.

Gaitan, S., & van de Giesen, N. ۲۰۱۵. Spatial distribution of flood incidents along urban overland flow-paths. *Water Resources Management*, **۲۹(۹)**: ۳۳۸۷-۳۳۹۹.

Holling, C. S. ۱۹۷۳. Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, **٤(۱)**: ۱-۲۳.

Huang, G., Shen, Z., & Mardin, R. ۲۰۱۹. Overview of urban planning and water-related disaster management. In Urban Planning and Water-related Disaster Management, ۱-۱۰: Springer.

Karamouz, M., & Zahmatkesh, Z. ۲۰۱۷. Quantifying resilience and uncertainty in coastal flooding events: Framework for assessing urban vulnerability. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **۱٤۳(۱)**: ۰٤۰۱٦۰۷۱.

Keating, A., Campbell, K., Szoenyi, M., McQuistan, C., Nash, D., & Burer, M. ۲۰۱۷. Development and testing of a community flood resilience measurement tool. *Natural hazards and earth system sciences*, **۱۷(۱)**: ۷۷-۱۰۱.

Kotzee, I., & Reyers, B. ۲۰۱٦. Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators*, ٦۰: ٤۵-۵۳.

Kwok, A. H., Paton, D., Becker, J., Hudson-Doyle, E. E., & Johnston, D. ۲۰۱۸. A bottom-up approach to developing a neighbourhood-based resilience measurement framework. Disaster Prevention and Management: *An International Journal*.

Landau, B. (۲۰۱٦). Résilience, vulnérabilité des territoires et génie urbain: Ponts et Chaussées.

Leandro, J., Chen, K.-F., Wood, R. R., & Ludwig, R. ۲۰۲۰. A scalable flood-resilience-index for measuring climate change adaptation: Munich city. Water Research, **۱۷۳**: ۱۱۵۵۰۲.

Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., & Laganier, R. (۲۰۱۳). Analyzing resilience of urban networks: a preliminary step towards more flood resilient cities. *Natural hazards and earth system sciences*, **۱۳(۲)**: ۲۲۱-۲۳۰.

Liao, K.-H. ۲۰۱۲. A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices. *Ecology and society*, *17(4)*.

Linkov, I., Bridges, T., Creutzig, F., Decker, J., Fox-Lent, C., Kröger, W., . . . Nathwani, J. ۲۰۱٤. Changing the resilience paradigm. *Nature Climate Change*, **٤(٦)**: ٤۰۷-٤۰۹.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. ۲۰۱٦. Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning, ۱٤۷: ۳۸-٤۹.

Miguez, M. G., & Veról, A. P. ۲۰۱۷. A catchment scale Integrated Flood Resilience Index to support decision making in urban flood control design. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, **٤٤(٥)**: ۹۲٥-۹٤٦.

Mills, G., Cleugh, H., Emmanuel, R., Endlicher, W., Erell, E., McGranahan, G., . . . Steemer, K. ۲۰۱۰. Climate information for improved planning and management of mega cities (needs perspective). Procedia Environmental Sciences, ۱: ۲۲۸-۲٤٦.

Moghadas, M., Asadzadeh, A., Vafeidis, A., Fekete, A., & Kötter, T. ۲۰۱۹. A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **۳٥**: ۱۰۱۰٦۹.

Mugume, S. N., Gomez, D. E., Fu, G., Farmani, R., & Butler, D. ۲۰۱٥. A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. *Water Research*, ۸۱: ۱٥-۲٦.

Parsons, M., Glavac, S., Hastings, P., Marshall, G., McGregor, J., McNeill, J., . . . Stayner, R. ۲۰۱٦. Top-down assessment of disaster resilience: A conceptual framework using coping and adaptive capacities. International Journal of Disaster Risk Reduction, **۱۹**: ۱-۱۱.

Peacock, W. G., Brody, S. D., Seitz, W. A., Merrell, W. J., Vedlitz, A., Zahran, S., . . . Stickney, R. ۲۰۱۰. Advancing resilience of coastal localities: Developing, implementing, and sustaining the use of coastal resilience indicators: A final report. Hazard Reduction and Recovery Center, ۱-۱٤۸.

Pfefferbaum, B., Pfefferbaum, R. L., & Van Horn, R. L. ۲۰۱٥. Community resilience interventions: Participatory, assessment-based, action-oriented processes. *American Behavioral Scientist*, **٥۹(۲)**: ۲۳۸-۲٥۳.

Qiao, H., & Pei, J. ۲۰۲۱. Urban Stormwater Resilience Assessment Method Based on Cloud Model and TOPSIS. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **۱۹(۱)**: ۳۸.

Restemeyer, B., Woltjer, J., & van den Brink, M. ۲۰۱٥. A strategy-based framework for assessing the flood resilience of cities–A Hamburg case study. *Planning Theory & Practice*, **۱٦(۱)**: ٤٥-٦۲.

Rezende, O. ۲۰۱۸. Quantitative analysis of flood resilience for urban planning: case of the canal do Mangue in-Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, Brazil.

Rezende, O. M., Cruz de Franco, A. B. R. d., Oliveira, A. K. B. d., Jacob, A. C. P., & Miguez, M. G. ۲۰۱۸. A Framework to Assess Urban Floods Resilience. Paper presented at the International Conference on Urban Drainage Modelling.

Rezende, O. M., Miranda, F. M., Haddad, A. N., & Miguez, M. G. ۲۰۱۹. A framework to evaluate urban flood resilience of design alternatives for flood defence considering future adverse scenarios. Water, **۱۱(۷)**: ۱٤۸٥.

Russo, B., Velasco, M., Locatelli, L., Sunyer, D., Yubero, D., Monjo, R., . . . Evans, B. ۲۰۲۰. Assessment of urban flood resilience in barcelona for current and future Scenarios. The RESCCUE project. *Sustainability*, **۱۲(۱٤)**: ٥٦۳۸.

Serre, D., & Heinzlef, C. ۲۰۱۸. Assessing and mapping urban resilience to floods with respect to cascading effects through critical infrastructure networks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, ۳۰:۲۳٥-۲٤۳.

Sudradjat, A., Nastiti, A., Barlian, K., & Angga, M. S. ۲۰۲۰. Flood and Drought Resilience Measurement at Andir Urban Village, Indonesia. Paper presented at the E۳S Web of Conferences.

Szewranski, S., Swiader, M., Kazak, J. K., Tokarczyk-Dorociak, K., & van Hoof, J. ۲۰۱۸. Socio-Environmental Vulnerability Mapping for Environmental and Flood Resilience Assessment: The Case of Ageing and Poverty in the City of Wrocaw, Poland. *Integrated Environmental Assessment and Management*, ۱٤(٥): ٥۹۲-٥۹۷. doi:۱۰,۱۰۰۲/ieam.٤۰۷۷

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]

Tayyab, M., Zhang, J., Hussain, M., Ullah, S., Liu, X., Khan, S. N., . . . Al-Shaibah, B. ۲۰۲۱. GIS-Based Urban Flood Resilience Assessment Using Urban Flood Resilience Model: A Case Study of Peshawar City, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Remote Sensing, **۱۳(۱۰)**: ۱۸٦٤.

Timmermann, P. ۱۹۸۱. Vulnerability, resilience and the collapse of society. Environmental Monograph, **۱**: ۱-٤۲.

UNISDR, C. ۲۰۱٥. The human cost of natural disasters: A global perspective.

Waghwala, R. K., & Agnihotri, P. ۲۰۱۹. Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **٤۰**: ۱۰۱۱٥٥.

Wang, P., Li, Y., & Zhang, Y. ۲۰۲۱. An urban system perspective on urban flood resilience using SEM: evidence from Nanjing city, China. *Natural hazards*, **۱۰۹(۳)**: ۲٥۷٥-۲٥۹۹.

Wang, Y., Meng, F., Liu, H., Zhang, C., & Fu, G. ۲۰۱۹. Assessing catchment scale flood resilience of urban areas using a grid cell based metric. *Water Research*, **۱٦۳**: ۱۱٤۸٥۲.

Weir, M., Pindus, N., Wial, H., & Wolman, H. ۲۰۱۲. Urban and regional policy and its effects: building resilient regions (Vol. ٤): Brookings Institution Press.

Wong, T. H., & Brown, R. R. ۲۰۰۹. The water sensitive city: principles for practice. *Water Science and Technology*, **٦۰(۳)**: ٦۷۳-٦۸۲.

Xu, W., Cong, J., Proverbs, D., & Zhang, L. ۲۰۲۱. An Evaluation of Urban Resilience to Flooding. Water, **۱۳(۱٥)**: ۲۰۲۲.

Xu, W., Xiang, L., & Proverbs, D. ۲۰۲۰. Assessing community resilience to urban flooding in multiple types of the transient population in China. Water, **۱۲(۱۰)**: ۲۷۸٤.

Zhang, H., Yang, J., Li, L., Shen, D., Wei, G., & Dong, S. ۲۰۲۱. Measuring the resilience to floods: A comparative analysis of key flood control cities in China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **٥۹**: ۱۰۲۲٤۸.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-04-23]