

## تاب‌آوری ساختمان‌های مهم شهر همدان در برابر سیلاب با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری لیزرل

بی‌تا روحی

دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

مهناز میرزا ابراهیم طهرانی\*

استادیار مدیریت محیط زیست علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

علیرضا استعلاجی

استاد جغرافیا، علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری

محمد رضا فرزاد بهتاش

استادیار شهرسازی دانشکده فنی مهندسی و علوم و فنون دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۶/۱۰ - تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۷/۱۴)

### چکیده

در این تحقیق، برای دستیابی به مدل تاب‌آوری ساختمان‌های واجد اهمیت در برابر سیل، ابتدا دارایی‌های شهر با استفاده از معیارها و زیرمعیارهای سطح‌بندی شناسایی شده و در بستر GIS مکان‌نمایی شدند. سپس با کمک نرم‌افزار HecRAS جریان رودخانه‌ها، مدل‌سازی شد و بازه‌های فاقد ظرفیت گذردهی سیلاب تعیین و در بستر GIS مشخص شد و با انطباق هر دو لایه مراکز ثقل آسیب‌پذیر، مؤلفه‌های تاب‌آوری ساختمان احصا شد. با استفاده از مدل تحلیل عاملی ساختاری و نرم‌افزار مدل‌سازی لیزرل مشخص شد که مؤلفه‌های سازگاری-انعطاف، اتصال بازخورد ایمن شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری-حافظه-پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزونگی قطعه‌بندی، تدبیر، و استحکام، متغیرهای اثرگذار بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب هستند. پس از مدل‌یابی تاب‌آوری ساختمان‌ها، با استفاده از روش TOPSIS, AHP و تعیین ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی، تاب‌آوری ساختمان‌ها نمره‌دهی شد و مشخص شد که بیشترین مقدار ایده‌آل مثبت مربوط به شاخص افزونگی تعادل با اثرهای بالقوه آبخاری است که مقدار آن برابر ۰/۲۵۷ است و کمترین مقدار ایده‌آل منفی هم مربوط به شاخص مقاومت در برابر سطحی از تنش است که مقدار آن برابر ۰/۰۲ است.

**واژه‌های کلیدی:** تاب‌آوری ساختمان، سیلاب، مراکز کلیدی شهر، نرم‌افزار مدل‌سازی لیزرل، همدان.

## مقدمه

در حال حاضر مخاطرات محیطی از مسائل مهم پیش روی جوامع شهری است [۲۰]. مخاطرات محیطی نیازمند شناسایی، مدیریت و کنترل هستند [۲۲]. سیلاب از زیانبارترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود که هر ساله خسارات جانی و مالی زیادی را موجب می‌شود [۵]. سیلاب‌های شهری بر اثر تغییرات اقلیمی، رشد شهرنشینی و محدودیت در زهکشی زیرساخت‌های شهری تشدید شده‌اند [۳]؛ از این‌رو بررسی آسیب‌پذیری یا تاب‌آوری آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تاب‌آوری‌سازی مراکز مهم، مستلزم شناسایی و بررسی آسیب‌پذیری آنها در مخاطرات و تهدیدهای مختلف است [۲۱]. برای شناسایی این مخاطرات، درک تاب‌آوری در برابر سیلاب شهری بسیار ضروری است. زهکشی حوضه شهری باید در برابر سیل مقاومت کند و توان بازیابی داشته باشد [۴]. در نتیجه، تقاضا برای تاب‌آوری بیشتر در بسیاری از موارد، با موفقیت همراه نبوده و بنابراین تا حد زیادی دشواری پیشبرد تاب‌آوری سیستم‌های پیچیده و سازش‌پذیر نظیر شهرها، نادیده گرفته شده است. توسعه و کاربرد رویکردهایی برای افزایش تاب‌آوری حائز اهمیت است، چراکه فرایندها نشان‌دهنده پیچیدگی بسیار زیاد سیستم‌های شهری‌اند [۱۰]. بر همین اساس، شهر تا وقتی که فاقد توانایی‌های لازم برای کاهش آسیب‌پذیری در مقابل مخاطرات باشد و به تغییرات پاسخ خلاقانه ندهد، نمی‌تواند پایدار باشد بر همین اساس، تاب‌آوری ساختمان‌های شهری از ضروریات تاب‌آوری شهری است [۱۴]. در این زمینه تحقیقات انجام‌گرفته در موضوع تاب‌آوری شهری در مخاطرات از جمله سیل بررسی شد که در ادامه به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود.

وانگ و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با استفاده از روش شبکه سلول پایه متریک، تاب‌آوری حوزه شهری (حوزه شهری دالیان چین شامل ۳۱ زیرحوزه) در مقابله با سیل را ارزیابی کردند و برای شبیه‌سازی سیلاب از مدل CADDIES بهره گرفتند [۵]. باراخاس و همکاران (۲۰۱۹) با تحقیق در زمینه تاب‌آوری ساختمان‌های شهری و دانش تولید جمعی در مواجهه با خطرهای اقلیمی سیل در منطقه متروپولین مکزیک، به بررسی تاب‌آوری ساختمان‌ها در مادرشهر مکزیکوسیتی در برابر سیلاب‌های چند دهه اخیر پرداختند. یافته‌ها نشان‌دهنده این است که تاب‌آوری ساختمان‌ها فرایندی پیچیده و دنباله‌دار است که به شرایط اجتماعی، اقتصادی و نهادی نیز بستگی دارد [۱۱]. هزاره و باخرزی (۱۳۹۷) با انجام دادن تحقیقی در زمینه تهدید طبیعت پایه سیلاب در خط یک قطار شهری مشهد اظهار داشتند که برای مقابله با هر تهدیدی ابتدا باید ابعاد و شدت خسارات محتمل آن را شناسایی کرد و با بررسی مناسب

بخش‌هایی از دارایی‌های باارزش در معرض خطر شدت خطرآفرینی هر تهدید را تشخیص داد [۹].

حاجی‌بیگلو و واحدبردی (۱۳۹۶) بیان داشتند که مدیریت ریسک سیلاب رویکردی جامع است که شامل شاخص‌های متعدد ارزیابی در حوضه آبخیز رودخانه‌ها و روشی مؤثر و پایدار ولی پیچیده است. ارزیابی ریسک سیلاب به‌منظور بررسی شدت آسیب‌پذیری و مواجهه با خطر، اطلاعات ارزشمندی را برای مدیریت ریسک سیلاب فراهم می‌کند [۲].

صفری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی درباره آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل، با استفاده از منطق فازی، شدت آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و واحدهای مسکونی در برابر هر یک از معیارها را ارزیابی کرده و با جمع کردن همه معیارها درصد نهایی آسیب‌پذیری را محاسبه کردند [۶].

بهرامی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با بررسی چهار پروژه موفق جهان، اصول و راهکارهای تاب‌آوری در برابر سیلاب رودخانه‌ای را استخراج کردند و برنامه‌ها و راه‌حلی برای رود کن ارائه دادند. زمان، آزمون، آستانه، یادگیری و تنوع به‌عنوان اصول تاب‌آوری و صافه‌سازی در کران‌رود و تالاب به‌عنوان راهکار برای مواجهه با مسئله رود کن از این چهار پروژه استخراج شد [۱].

با بررسی و جست‌وجو در پایگاه داده‌های مختلف مشخص شد که تحقیقات گسترده‌ای به‌صورت مجزا در زمینه تاب‌آوری شهری و مفاهیم و ابعاد آن، سنجش و ارزیابی ابعاد تاب‌آوری در شهرها و مخاطرات طبیعی مختلف، پهنه‌بندی سیلاب‌های شهری و ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در مخاطرات طبیعی و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها از منظر پدافند غیرعامل صورت پذیرفته است؛ ولی در این تحقیق مخاطرات طبیعی سیلاب، به‌عنوان تهدیدی برای ساختمان‌های مهم، حساس و حیاتی بررسی می‌شود. هدف این تحقیق کاربردی، معرفی راهکار تاب‌آوری ساختمان‌هایی است که در صورت خسارت دیدن و از بین رفتن، تهدید مهمی برای تأمین اطلاعات و ارتباطات، خدمات و منابع شهر همدان ایجاد می‌کنند.

### روش تحقیق

در این تحقیق، برای دستیابی به مدل تاب‌آوری ساختمان‌های واجد اهمیت در برابر سیل، تجزیه و تحلیل داده‌ها، در چند مرحله انجام گرفت:

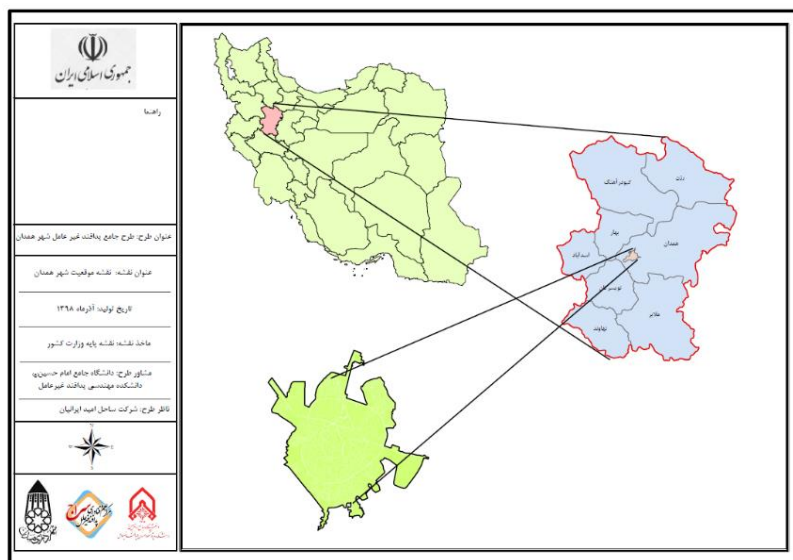
۱. شناسایی دارایی‌های واجد اهمیت از منظر پدافند غیرعامل؛

۲. مدل‌سازی جریان رودخانه‌ها با استفاده از نرم‌افزار HecRAS؛

۳. انطباق دارایی‌ها و نتایج مدل‌سازی صورت گرفته از رودخانه‌ها در دوره‌های بازگشت متفاوت؛
۴. احصای دارایی‌های تحت تأثیر سیلاب؛
۵. تعیین و مدل‌سازی مؤلفه‌های تاب‌آوری ساختمان با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری نرم‌افزار لیزرل؛
۶. احصا و رتبه‌بندی مؤلفه‌های مستخرج از مدل با استفاده از روش ترکیبی AHP-TOPSIS؛
۷. رتبه‌بندی ساختمان‌های مهم متأثر از سیلاب با استفاده از روش ترکیبی AHP-TOPSIS.

### داده‌ها و بحث

محدوده تحقیقات شامل طرح توسعه شهر همدان در طرح تفصیلی است. البته تحقیقات پایه، ناگزیر در وسعتی فراتر انجام گرفته است. برای نمونه، پژوهش‌های هواشناسی و هیدرولوژی در وسعتی در حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع برای بررسی و تعیین سیلاب رودخانه‌ها و مسیل‌های ورودی به شهر همدان انجام گرفته است.



شکل ۱. محدوده پژوهش

### - شناسایی دارایی‌های واجد اهمیت

در شناسایی و طبقه‌بندی دارایی‌های شهر همدان از روش تلفیقی یعنی استفاده از نظر مدیران حوزه‌های مختلف مرتبط با امور شهری و منابع علمی معتبر و تجارب موجود استفاده شده است. بر مبنای روش تلفیقی دارایی‌های شهر همدان به چهار گروه اصلی زیر تقسیم می‌شود:

۱. دارایی‌های فیزیکی یا کالبدی شامل سه زیرمجموعه سرمایه‌ها، تأسیسات و سازه؛
۲. دارایی نیروی انسانی که مهم‌ترین و حیاتی‌ترین دارایی یک مجموعه است؛
۳. دارایی تبادل اطلاعات یا سایبر، شامل مجموعه‌ای از شبکه‌ها (رایانه، نرم‌افزار، اینترنت، ماهواره‌ها، بانک‌های اطلاعاتی) که به منظور انتقال اطلاعات و داده‌ها طراحی شده‌اند؛
۴. دارایی‌های معنوی که عبارت است از نمادهای ماندگار، عزت ملی و استقلال که برای هر کشور ارزش تلقی می‌شود (جلالی، ۱۳۹۱).

### - مدل‌سازی جریان رودخانه‌ها با استفاده از نرم‌افزار HecRAS

در این تحقیق دارایی‌های تحت تأثیر تهدید سیلاب بررسی می‌شوند؛ از این رو در این بخش به مطالعه رودخانه‌ها و مدل‌سازی جریان آنها پرداخته خواهد شد. از آنجا که هدف بررسی‌های هیدرولوژیکی، تعیین سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف هر یک از رودخانه‌هاست، برای ایجاد یکپارچگی و انسجام در سیلاب‌های به دست آمده، مدل‌سازی یکپارچه کل حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها اعم از برون شهری و درون شهری در نظر گرفته شده است. برای تعیین پارامترهای هیدرولیکی در طول رودخانه و در مقاطع مختلف، انتخاب و استفاده از یکی از نرم‌افزارهای معتبر که معادلات جریان‌های متغیر دائمی یا غیردائمی را حل می‌کنند، اجتناب‌ناپذیر است. حجم بسیار زیاد عملیات و اهمیت اطلاعات، دقت در انتخاب را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

نرم‌افزار Hec-2 در حوالی سال ۱۹۹۰ برای مدل‌سازی جریان‌های پایدار به صورت تک‌بعدی با قابلیت مدل‌سازی سازه‌های متقاطع مانند پل، کالورت و ... معرفی شد و آخرین نسخه آن Hec-Ras با قابلیت بسیار گسترده هم‌اکنون در دسترس است. در آخرین نسخه، قابلیت حل جریان‌های ناپایدار (غیردائمی)، محاسبات جریان مختلط، توزیع شبه‌دوبعدی سرعت در مقاطع، خروجی به محیط GIS برای ارائه سیلابدشت و بسیاری از موارد دیگر وجود دارد که آن را به نرم‌افزاری حرفه‌ای و معتبر تبدیل کرده است [۹].

با توجه به ویژگی‌های یادشده، در این تحقیقات از نرم‌افزار Hec-RAS برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی رودخانه‌ها استفاده شده است.

### – انطباق دارایی‌ها و مدل‌سازی هیدرولیکی رودخانه‌ها

برای انطباق دارایی‌ها و مدل‌سازی هیدرولیک رودخانه‌ها در GIS از توابع همپوشانی استفاده می‌شود و توابع، نقشه‌هایی را تولید می‌کند که به سؤالات مورد نظر پاسخ می‌دهند. براساس اینکه از چه نوع داده‌ای استفاده می‌شود و همپوشانی چه هدفی را دنبال می‌کند، روش‌های همپوشانی مختلفی وجود دارد. در این تحقیق از همپوشانی برداری<sup>۱</sup> استفاده شده است. بنابراین در این نوع همپوشانی عوارض جدیدی تولید شده که ضمن دارا بودن ماهیت عوارض قبلی، ویژگی‌های جدیدی را نیز شامل می‌شود.

### – تعیین مؤلفه‌های تاب‌آوری ساختمان

شاخص تاب‌آوری، دیگر روش ارزیابی است که توسط آزمایشگاه ملی آرگون برای مقایسه تاب‌آوری زیرساخت‌های مهم و اولویت‌بندی منابع محدود با هدف بهبود تاب‌آوری ایجاد شده است. این شاخص‌ها به ارزیابی‌های ذهنی متخصصان از سه صفت مهم تاب‌آوری یعنی «استحکام، تدبیر و بازیابی» وابسته است.

استحکام: توانایی حفظ عملیات در قبال مخاطرات و عملکرد در مواجهه با مخاطره؛

تدبیر و کاردانی: توانایی آماده‌سازی، پاسخ و مدیریت یک مخاطره یا آشفتگی؛

بازیابی: توانایی بازگشت یا بازسازی عملیات طبیعی به‌طور سریع و مؤثر [۱۷].

در جدول ۱، گویه‌های اصلی سیستم‌های تاب‌آور که توسط شرکت‌کنندگان در کارگاه رامسس<sup>۲</sup> شناسایی شده، آورده شده که در این تحقیق نیز مبنای پرسشنامه‌ها قرار گرفته و معیارهای رتبه‌بندی تاب‌آوری ساختمان‌ها و مدل تاب‌آوری آنها نیز از آن استخراج شده است.

در بخش تحلیل، ابتدا گویه‌ها و ابعاد تاب‌آوری بررسی شده و با استفاده از کای اسکوتر و تحلیل عاملی اعتبارسنجی شدند و اثرگذاری آنها بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب مشخص شد.

استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی لیزر با هدف معرفی مدل تاب‌آوری ساختمان‌ها

لیزر نرم‌افزاری است که به‌منظور برآورد و آزمون مدل‌های معادلات ساختاری طراحی شده است. این نرم‌افزار با استفاده از همبستگی و کوواریانس اندازه‌گیری شده، می‌تواند مقادیر بارهای عاملی، واریانس‌ها و خطاهای متغیرهای مکنون را برآورد یا استنباط کند. از این نرم‌افزار می‌توان برای تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل عاملی مرتبه دوم، تحلیل عاملی تأییدی و نیز تحلیل مسیر (مدل‌یابی علت و معلولی با متغیرهای مکنون) استفاده کرد.

1. Feature overlay  
2. Ramses

تحلیل ساختاری کوواریانس که به آن روابط خطی ساختاری نیز می‌گویند، یکی از روش‌های تحلیل مدل معادلات ساختاری است.

#### - رتبه‌بندی شاخص‌های تاب‌آوری ساختمان‌های مهم با استفاده از روش ترکیبی AHP-TOPSIS

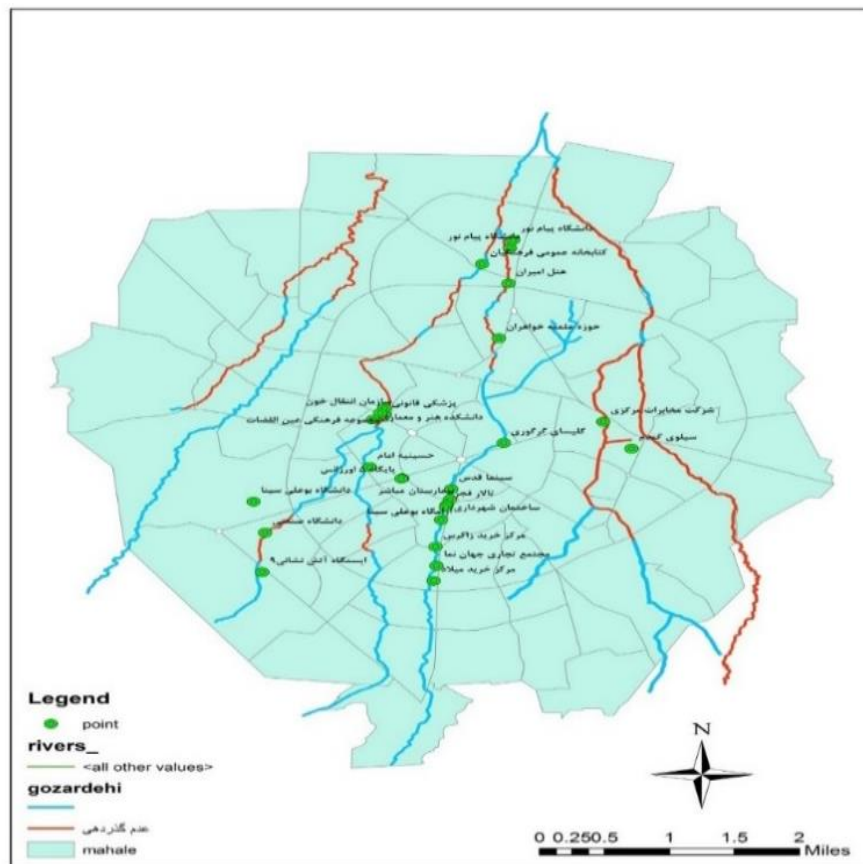
در این تحقیق برای رتبه‌بندی تاب‌آوری ساختمان‌ها در برابر سیل، از روش AHP استفاده شد. از آنجا که رتبه‌بندی تاب‌آوری ساختمان‌ها نیازمند شناسایی و تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های متعددی است، در این پژوهش ابتدا معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار در رتبه‌بندی تاب‌آوری ساختمان‌ها در برابر سیل تعیین و اعتبارسنجی شد و به دلیل تفاوت در شدت تأثیرگذاری شاخص‌ها، با استفاده از تکنیک (AHP)، مقایسه زوجی این مؤلفه‌ها توسط پنجاه کارشناس باتجربه در زمینه مسائل تاب‌آوری و پدافند غیرعامل انجام گرفت و وزن نهایی هر یک از آنها محاسبه شد.

بررسی نیمرخ‌های طولی نشان می‌دهد که در بخش‌هایی از این رودخانه‌ها، شرایط کنونی مناسب نیست و سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف از کانال بیرون می‌ریزد و به تبع آن آب‌گرفتگی معابر حادث می‌شود. کمبود ظرفیت مقاطع و همچنین ابعاد نامناسب پل‌ها و کالورت‌ها، از علل ناتوانی رودخانه‌های شهر همدان در انتقال ایمن سیلاب به خارج از شهر است.



شکل ۲. مدل‌سازی جریان رودخانه‌ها

لایه‌های دارایی‌های شهر همدان و رودخانه‌های شهر در بستر GIS انطباق داده شده و پنج ساختمان دانشگاه صنعتی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، ساختمان انتقال خون و هتل امیران به‌عنوان مراکز آسیب‌پذیر همدان مشخص شد که نقشه خروجی آن شکل ۳ است.



شکل ۳. نقشه انطباق لایه‌های دارایی‌های رودخانه‌های شهر همدان

در بخش تحلیل یافته‌های پژوهش، ابتدا گویه‌ها و ابعاد بررسی شدند (جدول ۱) و سپس تأثیر هر یک از ابعاد و گویه‌ها، بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب با استفاده از کای اسکور سنجیده شد. در ادامه عوامل اثرگذار و حد اثرگذاری ابعاد با استفاده از تحلیل عاملی استخراج شده سنجیده شد.



## جدول ۱. ابعاد و گویه‌های پرسشنامه

ردیف	ابعاد	ابعاد
سازگاری - QM انعطاف-	تغییر ضمن حفظ یا بهبود کارایی تکامل و تغییرات سریع اتخاذ سریع راهبردهای جایگزین	پاسخ به‌موقع به شرایط متغیر طراحی باز و ساختارهای انعطاف‌پذیر
اتصال بازخورد ایمنی شکست- EL	جذب اثرهای تجمعی چالش‌های با شروع آهسته اجتناب از شکست فاجعه‌بار در صورت فراتر رفتن از آستانه	شکست بدون اثرهای آشنایی (اثر دومینو) تجزیه‌وتحلیل به‌صورت جفت سیستم فناوری- انسان شناسایی اثرهای قفل‌کننده و تناقض‌های احتمالی با کاهش شناسایی هم‌افزایی با دیگر خط‌مشی‌های شهر، برآورد ارزش افزوده
وابستگی به اکوسیستم‌های GI محیطی-	کنترل سیلاب	طراحی و مدیریت زیست‌اقلیمی
تنوع JD	تنوع فضایی دارایی‌های مهم و وظایفی که به‌صورت فیزیکی توزیع شده و تمام آن در هر زمانی تحت تأثیر رویداد مشخصی قرار نمی‌گیرد	تنوع عملکردی- روش‌های چندگانه برخورد با نیازی خاص تنوع تعادل با اثرهای بالقوه آشنایی
یادگیری- حافظه- پیش‌بینی GM	یادگیری از تجارب و شکست‌های گذشته استفاده از اطلاعات و تجربه برای ایجاد سازگاری تازه اجتناب از تکرار اشتباه‌های گذشته	جمع‌آوری، ذخیره و به اشتراک گذاشتن تجربه ساخت‌وساز براساس ارزش بلندمدت و پیشینه شهر ادغام تاب‌آوری در سناریوهای توسعه بلندمدت
عملکرد GT	ظرفیت عملکرد کیفیت سیستم	خودکفایی- کاهش وابستگی خارجی نسبت به ساختمان‌های دیگر عملکرد بهتری دارد
سرعت پاسخگویی HF	در برگرفتن تلفات شامل مرگ‌ومیر و بیماری سازماندهی مجدد حفظ عملکرد و برقراری دوباره آن	بازگرداندن ساختار برقراری نظم عمومی جلوگیری از اختلال در آینده
افزونگی قطعه‌بندی DS	جایگزینی سیستم‌ها یا عوامل سیستم‌ها بافر از شوک‌های خارجی یا تغییر در تقاضاها	جایگزین کردن اجزا با قطعات مدولار افزونگی تعادل با اثرهای بالقوه آشنایی
تدبیر OR	شناسایی و پیش‌بینی مشکلات در اولویت قرار دادن	ارزیابی مجدد یکپارچه کردن تاب‌آوری در فرایندهای کاری و اداره
استحکام IP	بسیج منابع، تجسم، برنامه‌ریزی، همکاری و عمل مقاومت در برابر سطحی از تنش بدون تخریب و از دست رفتن عملکرد	همکاری گرفتن از شهروندان ظرفیت‌هایی که حاشیه‌های کافی را تضمین می‌کنند

جدول ۲. نگرش سازگاری - انعطاف

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکو نر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	متوسط	کم	خیلی کم		
۰/۰۰۰	۲۳۵/۹۹۵	۴/۰۷	۴۳/۴	۳۵	۹/۸	۸/۵	۳/۳	تغییر ضمن حفظ یا بهبود کارایی
۰/۰۰۰	۱۶۶/۲۶۸	۳/۸۳	۴۵/۶	۱۶/۹	۱۹/۱	۱۰/۹	۷/۴	تکامل و تغییرات سریع
۰/۰۰۰	۳۷۹/۲۴۶	۴/۳۰	۵۱/۹	۳۶/۹	۳/۸	۴/۶	۳	اتخاذ سریع استراتژی‌های جایگزین
۰/۰۰۰	۴۲۹/۳۸۳	۴/۱۷	۶۳/۸	۱۴/۸	۸/۵	۴/۶	۹/۳	پاسخ به موقع به شرایط متغیر
۰/۰۰۰	۴۶۲/۰۰۵	۴/۳۴	۶۳/۷	۱۸	۱۰/۹	۳/۸	۳/۶	طراحی باز و ساختارهای انعطاف پذیر

جدول ۳. نگرش اتصال، بازخورد، ایمنی، شکست

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکو نر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	متوسط	کم	خیلی کم		
۰/۰۰	۴۶۴/۸۷۴	۴/۲۱	۶۴/۵	۱۵/۳	۶/۶	۴/۴	۹/۳	جذب شوک
۰/۰۰۰	۳۲/۱۱۵	۳/۱۶	۲۲/۵	۲۴/۶	۱۲/۶	۲۷	۱۳/۴	جذب اثرهای تجمعی چالش‌های با شروع آهسته) اجتناب از شکست فاجعه‌بار
۰/۰۰۰	۵۰۲/۴۱۵	۴/۲۱	۶۶/۴	۱۳/۴	۳	۹/۳	۷/۹	در صورت فراتر رفتن از آستانه
۰/۰۰۰	۶۳۸/۶۹۹	۴/۵۴	۷۱/۶	۱۷/۸	۶/۳	۱/۴	۳	شکست تدریجی به جای شکست ناگهانی
۰/۰۰۰	۱۵/۹۱۳	۳/۰۵	۲۰/۲	۱۹/۱	۲۶/۸	۱۳/۷	۲۰/۲	شکست بدون اثرهای آبخاری (اثر دومینو)
۰/۰۰۰	۶۶/۱۵۸	۳/۱۳	۱۱/۷	۳۲/۵	۲۷/۹	۱۳/۱	۱۴/۸	تجزیه و تحلیل به صورت جفت سیستم فناوری-انسان
۰/۰۰۰	۳۱/۶۲۳	۲/۹۵	۲۱/۳	۲۰/۸	۱۸/۳	۱۰/۷	۲۹	شناسایی اثرهای قفل‌کننده و تناقض‌های احتمالی با کاهش
۰/۰۰۰	۸۲/۷۷۰	۳/۶۵	۳۳/۳	۲۷/۹	۱۹/۴	۹/۶	۹/۸	شناسایی هم‌افزایی با دیگر خط‌مشی‌های شهر، برآورد ارزش افزوده

جدول ۴. نگرش وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۵۵/۹۹۵	۳/۲۳	۱۸/۹	۳۵	۱۲/۳	۱۸	۱۵/۸	کنترل سیلاب
۰/۰۰۰	۲۴۷/۵۵۲	۳/۸۱	۴۸/۹	۲۳/۸	۵/۷	۲/۷	۱۸/۹	طراحی و مدیریت زیست‌اقليمی

جدول ۵. نگرش تنوع

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۱۳۴/۱۳۷	۳/۵۸	۲۳/۵	۴۲/۱	۱۴/۵	۹	۱۰/۹	تنوع فضایی
۰/۰۰۰	۱۱۱/۱۰۴	۳/۶۷	۳۷/۴	۲۷/۳	۱۷/۲	۹/۶	۸/۵	دارایی‌های مهم و وظایفی که به‌صورت فیزیکی توزیع شده‌اند و همه آنها در هر زمانی تحت تأثیر رویداد مشخصی قرار نمی‌گیرند
۰/۰۰۰	۲۵/۶۱۲	۳/۲۰	۲۵/۴	۲۴/۳	۱۷/۵	۱۰/۹	۲۱/۹	تنوع عملکردی - روش‌های چندگانه برخورد با نیازی خاص
۰/۰۰۰	۴۰۹/۱۶۴	۴/۲۹	۵۷/۷	۲۹	۴/۹	۱/۶	۶/۸	تنوع تعادل با اثرهای بالقوه آبخاری

جدول ۶. نگرش یادگیری - حافظه - پیش‌بینی

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۲۰۸/۶۹۹	۳/۲۰	۱۵/۶	۱۴/۵	۴۹/۲	۱۵/۶	۵/۲	یادگیری از تجارب و شکست‌های گذشته
۰/۰۰۰	۴۹/۷۱۰	۳/۴۲	۲۴/۹	۲۳/۲	۲۷/۹	۱۶/۹	۷/۱	استفاده از اطلاعات و تجربه برای ایجاد سازگاری تازه
۰/۰۰۰	۳۲۹/۴۶۴	۴/۰۹	۵۷/۴	۱۵/۸	۱۰/۴	۱۰/۹	۵/۵	اجتناب از تکرار اشتباهات گذشته
۰/۰۰۰	۱۰۹/۲۷۳	۳/۵۹	۴۱	۱۵/۶	۱۴/۸	۱۹/۱	۹/۶	جمع‌آوری، ذخیره و به اشتراک گذاشتن تجربه
۰/۰۰۰	۶۲۷/۶۳۴	۴/۵۱	۷۱/۶	۱۵	۷/۷	۴/۴	۱/۴	ساخت‌وساز براساس ارزش بلندمدت و پیشینه شهر
۰/۰۰۰	۳۰۱/۹۲۳	۴/۱۰	۵۵/۲	۱۷/۵	۱۳/۷	۹/۸	۳/۸	ادغام تاب‌آوری در سناریوهای توسعه بلندمدت

جدول ۷. نگرش عملکرد

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۱۰۰/۲۵۷	۳/۶۴	۳۱/۷	۳۲/۸	۱۰/۷	۱۷/۲	۷/۷	ظرفیت عملکرد
۰/۰۰۰	۹۷/۱۶۹	۳/۶۰	۲۷/۶	۳۵/۵	۱۲/۸	۱۷/۲	۶/۸	کیفیت سیستم
۰/۰۰۰	۹۷/۵۲۵	۳/۵۶	۲۷	۳۵/۵	۱۰/۹	۱۹/۱	۷/۴	خودکفایی - کاهش وابستگی خارجی
۰/۰۰۰	۳۰۶/۷۸۷	۴/۱۹	۴۶/۷	۳۷/۴	۷/۱	۵/۷	۳	نسبت به ساختمان‌های دیگر عملکرد بهتری دارد

جدول ۸. نگرش سرعت پاسخگو

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۵۷۹/۱۷۷	۳/۸۰	۴۶/۲	۱۳/۷	۲۱/۹	۱۰/۹	۷/۴	در بر گرفتن تلفات، شامل مرگ‌ومیر و بیماری
۰/۰۰۰	۳۷۹/۲۴۶	۴/۳۰	۵۱/۶	۳۶/۹	۳/۸	۴/۶	۱	سازماندهی مجدد
۰/۰۰۰	۲۸۱/۰۲۲	۴/۰۰	۵۳/۸	۱۳/۴	۱۹/۱	۶/۶	۷/۱	حفظ عملکرد و برقراری دوباره آن
۰/۰۰۰	۴۶۲/۰۰۵	۴/۳۴	۶۳/۷	۱۸	۱۰/۹	۳/۸	۳/۶	بازگردان ساختار
۰/۰۰۰	۴۶۴/۸۷۴	۴/۲۱	۶۴/۵	۱۵/۳	۶/۶	۴/۴	۹/۳	برقراری نظم عمومی
۰/۰۰۰	۴۱۵/۷۲۱	۴/۱۹	۶۲/۳	۱۳/۹	۱۰/۱	۷/۷	۶	جلوگیری از اختلال در آینده

جدول ۹. نگرش افزونگی قطعه‌بندی

سطح معنی‌داری (Sig)	مقدار کای اسکوئر	میانگین	توزیع فراوانی - درصد				گویه	
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم		
۰/۰۰۰	۵۰۲/۴۱۵	۴/۲۱	۶۶/۴	۴/۱۳	۳	۹/۳	۷/۹	جایگزینی سیستم‌ها یا عوامل سیستم‌ها
۰/۰۰۰	۶۳۸/۶۹۹	۴/۵۴	۷۱/۶	۱۷/۸	۶/۳	۱/۱	۳	بافر از شوک‌های خارجی یا تغییر در تقاضاها
۰/۰۰۰	۸۳/۴۸۱	۳/۱۸	۱۴/۸	۲۲/۷	۳۶/۳	۱۸/۶	۷/۷	جایگزین کردن اجزا با قطعات مدولار
۰/۰۰۰	۵۹/۷۶۵	۳/۲۲	۱۵/۸	۲۵/۷	۳۱/۴	۱۹/۱	۷/۹	افزونگی تعادل با اثرهای بالقوه آبخاری

جدول ۱۰. نگرش تدبیر

گویه	خیلی کم	کم	توزیع فراوانی - درصد			میانگین	مقدار کای اسکوتر	معنی‌داری (Sig)
			زیاد	متوسط	خیلی زیاد			
شناسایی و پیش‌بینی مشکلات در اولویت قرار دادن	۵/۷	۱۹/۷	۲۳/۸	۴۰/۲	۱۰/۷	۳/۳۰	۱۳۰/۲۳۰	۰/۰۰۰
بسیج منابع، تجسم، برنامه‌ریزی، همکاری و عمل	۴/۱	۲۸/۴	۱۹/۷	۳۷/۷	۱۰/۱	۲۱/۳	۱۳۴/۵۱۹	۰/۰۰۰
ارزیابی مجدد یکپارچه کردن تاب‌آوری در فرایندهای کاری و اداره همکاری گرفتن از شهروندان	۱/۴	۴/۴	۷/۷	۱۵	۷۱/۶	۴/۵۱	۶۲۷/۶۳۴	۰/۰۰۰
	۳/۸	۹/۸	۱۳/۷	۱۷/۵	۵۵/۲	۴/۱۰	۳۰۱/۹۲۳	۰/۰۰۰
	۸/۵	۹/۶	۱۷/۲	۲۷/۳	۳۷/۴	۳/۷۶	۱۱۱/۱۰۴	۰/۰۰۰
	۲۱/۹	۱۰/۹	۱۷/۵	۲۴/۹	۲۵/۴	۳/۲۰	۲۵/۶۱۲	۰/۰۰۰

جدول ۱۱. نگرش استحکام

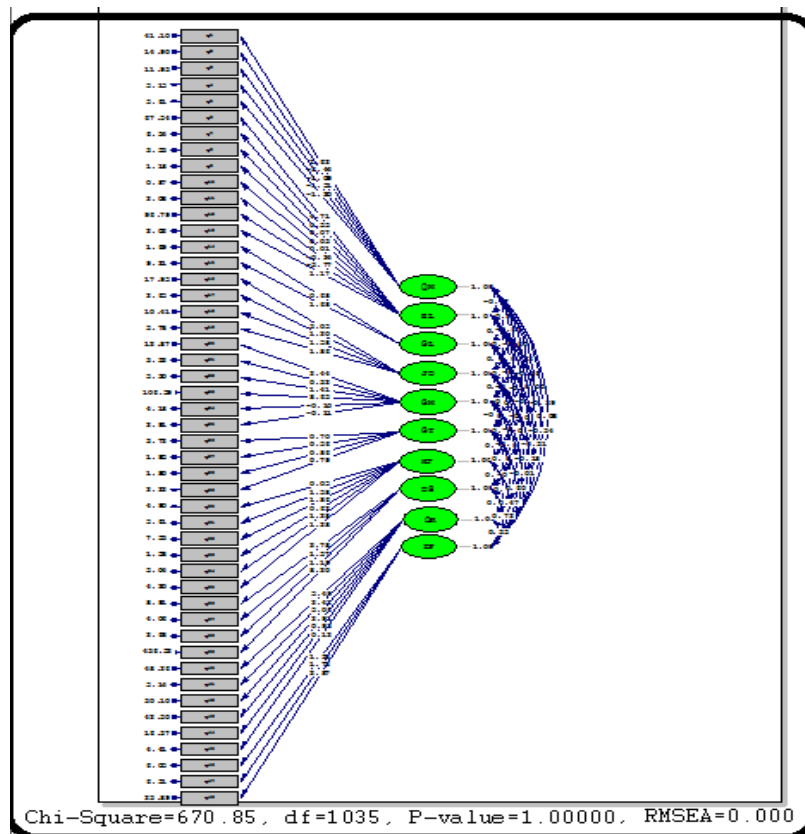
گویه	خیلی کم	کم	توزیع فراوانی - درصد			میانگین	مقدار کای اسکوتر	معنی‌داری (Sig)
			زیاد	متوسط	خیلی زیاد			
مقاومت در برابر سطحی از تنش بدون تخریب و از دست رفتن عملکرد ظرفیت‌هایی که حاشیه‌های کافی را تضمین می‌کنند	۳	۴/۶	۳/۸	۳۶/۹	۵۱/۹	۴/۳۰	۳۷۹/۲۴۶	۰/۰۰۰
	۹/۳	۴/۶	۸/۵	۱۴/۸	۶۲/۸	۴/۱۷	۴۲۹/۳۸۳	۰/۰۰۰
	۶	۷/۷	۱۰/۱	۱۳/۹	۶۲/۳	۴/۱۹	۴۱۵/۷۲۱	۰/۰۰۰

بعد از تعیین تاب‌آوری ساختمان در سیلاب، با استفاده از بررسی هر یک از گویه‌ها، در این بخش وضعیت هر یک از گویه‌های تعریف‌شده با استفاده از آزمون  $\chi^2$  تک‌متغیره به‌دلیل نرمال نبودن داده‌ها تحلیل شد.

همان‌طور که جدول‌ها نشان می‌دهند، با توجه به مقدار  $\chi^2$  تک‌متغیره و سطح معنی‌داری که کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، در همه گویه‌های بررسی‌شده تفاوت معنی‌داری بین فراوانی‌های مشاهده‌شده و فراوانی مورد انتظار از لحاظ آماری وجود دارد.

از آنجا که بیشترین فراوانی‌ها برای همه گویه‌ها در طبقات متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند، می‌توان گفت هر یک از گویه‌های سازگاری، انعطاف، اتصال بازخورد ایمنی شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری - حافظه - پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزودنی قطعه‌بندی، تدبیر و استحکام بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب اثرگذار است.

مدل ساختاری اولیه برای شاخص تاب‌آوری ساختمان در سیلاب در شکل ۴ آمده است. قدرت رابطه بین متغیرهای پنهان و متغیرهای قابل مشاهده، به وسیله بار عاملی نشان داده می‌شود که بار عاملی کمتر از ۰/۳ رابطه ضعیف، بار عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۶ رابطه قابل قبول و بار عاملی بزرگ‌تر از ۰/۶ نیز خیلی مطلوب است. تاب‌آوری ساختمان در سیلاب دارای زیرمعیار (سازگاری- انعطاف، اتصال بازخورد ایمن شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری- حافظه- پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزونگی قطعه‌بندی، تدبیر، استحکام) تشکیل می‌دهد که بار عاملی این ده متغیر بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب به ترتیب ۱/۸۹، ۱/۵۶، ۰/۵۴، ۰/۹۵، ۰/۸۷، ۰/۹۱، ۰/۲۹، ۰/۴۳ و ۰/۶۷ است که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود. همگی مقدار ضرایب قابل قبول است و تأیید می‌شود.



شکل ۴. خروجی ضرایب مدل تحلیلی عاملی مرتبه دوم تاب‌آوری ساختمان در سیلاب

خروجی ضرایب تی در مؤلفه تاب‌آوری ساختمان در سیلاب با توجه به شکل ۴، ۷/۲۳، ۶/۷۳، ۴/۵۵، ۱۱/۷۳، ۴/۱۶، ۳/۲۸، ۳/۷۸، ۵/۹۷، ۶/۳۲ و ۹/۶۵ است. همه ضرایب بیشتر از ۲/۵۹ در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ است (ضرایب تی بین ۱/۹۶ تا ۲/۵۸ در سطح ۰/۰۵ و ضرایب تی بیشتر از ۲/۸۵ در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ است). شاخص‌های کلی مدل آزمون‌شده تاب‌آوری ساختمان در سیلاب در جدول ۱۲ آمده است. معیارهای شاخص نیکویی برازش و شاخص تعدیل‌شده برازش، نشان‌دهنده این نکته است که مدل از برازش متوسطی برخوردار است. همچنین نتایج شکل ۴ نشان‌دهنده مناسب بودن بارهای عاملی نشانگرهای (سؤال‌های) مربوط به هر مؤلفه در سطح به‌نسبت مناسب بوده و بار عاملی هر مؤلفه به‌عنوان نشانگر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب در پیش‌بینی این متغیر وجود دارد.

جدول ۱۲. شاخص‌های برازش کلی مدل آزمون‌شده تاب‌آوری ساختمان در سیلاب

مشخصه	برآورد	ملاک
نسبت مجذور کای دو به درجه آزادی	۰/۰۰۲	$df > 3x^2$
جذر برآورد واریانس خطای تقریب (RMSEA)	۰/۰۰۹	$0 < RMSEA < 0/08$
شاخص نیکویی برازش (GFI)	۰/۷۹	$0.9 < GFI < 1$
شاخص تعدیل‌شده نیکویی برازش (AGFI)	۰/۷۵	$0.9 < AGFI < 1$
شاخص برازندگی تطبیقی (CFI)	۰/۸۷	$0.9 < CFI < 1$
شاخص نرم‌شدگی برازندگی (NFI)	۰/۶۳	$0.9 < NFI < 1$

همان‌طور که در جدول ۱۲ ملاحظه می‌شود شاخص نیکویی برازش در مدل تاب‌آوری ساختمان در سیلاب ۰/۷۹ محاسبه شده است که براساس برآورد انجام‌گرفته برای شاخص نیکویی برازش مدل، هرچه مقادیر به‌دست‌آمده به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، مورد قبول است و برازش مدل خوب است. برای تعدیل وزن از شاخص نیکویی برازش تعدیل‌شده استفاده شد. میزان شاخص نیکویی برازش مدل را رابطه حجم نمونه و درجات آزادی مدل تعدیل می‌کند که این شاخص هم مانند شاخص نیکویی برازش بین صفر و ۱ در نوسان است. هر کدام از سازه‌ها در سطح به‌نسبت مناسبی ارزیابی شده است؛ به‌طوری که شاخص ریشه میانگین توان دوم خطای تقریب برای همه زیرمؤلفه‌های مدل تاب‌آوری ساختمان در سیلاب از ۰/۰۷ است شاخص برازندگی تطبیقی ۰/۸۷، شاخص نرم‌شدگی برازندگی نیز ۰/۶۳ است که هرچه به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد مورد قبول و برازش مدل به‌نسبت خوب است

جدول ۱۳. ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای پژوهش

متغیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سازگاری - انعطاف	۱									
اتصال بازخورد ایمن شکست	۰/۸۶۱**	۱								
وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی	۰/۶۲۴**	۰/۷۳۱**	۱							
تنوع	۰/۶۲۳**	۰/۷۰۳**	۰/۷۱۹**	۱						
یادگیری-حافظه-پیش‌بینی	۰/۵۰۲**	۰/۴۷۱**	۰/۲۵۱**	۰/۳۷۸**	۱					
عملکرد	۰/۶۴۸**	۰/۶۱۷**	۰/۴۲۳**	۰/۴۶۰**	۰/۶۰۴**	۱				
سرعت پاسخگویی	۰/۳۴۵**	۰/۲۳۶**	۰/۱۵۳**	۰/۱۰۰	۰/۲۱۳**	۰/۲۴۲**	۱			
افزونگی قطعه‌بندی	۰/۱۰۳	۰/۱۲۲*	۰/۱۱۴**	۰/۰۸۹	۰/۰۶۵	۰/۱۰۰	۰/۶۱۱	۱		
تدبیر	۰/۳۲۲**	۰/۱۹۸**	۰/۱۸۷**	۰/۱۰۱	۰/۲۲۱**	۰/۳۴۲**	۰/۲۳۱**	۰/۲۴۵**	۱	
استحکام	۰/۳۰۱**	۰/۳۱۲**	۰/۱۶۷**	۰/۲۲۲**	۰/۱۸۷**	۰/۱۹۷**	۰/۳۱۱**	۰/۳۴۱**	۰/۲۲۷**	۱

طبق جدول شماره ۱۳، ضرایب همبستگی معنادار اگر در فاصله ۰/۳ باشد، شدت رابطه ضعیف است، اگر در فاصله ۰/۶ باشد، شدت رابطه متوسط است و اگر در فاصله ۰/۶ تا ۱ باشد، شدت رابطه قوی است. شایان ذکر است که جهت رابطه را علامت ضریب همبستگی تعیین می‌کند، به نحوی که اگر ضریب همبستگی بین دو متغیر مثبت باشد، رابطه بین دو متغیر مستقیم و مثبت، و اگر منفی باشد، رابطه بین دو متغیر منفی و معکوس است. در این بخش، یافته‌های تحقیق براساس سؤالات تحقیق تجزیه و تحلیل می‌شوند و هدف آن نتیجه‌گیری پیرامون ویژگی‌های جامعه‌ای است که نمونه تحت مطالعه از آن استخراج شده است. بر این مبنای برای تجزیه و تحلیل سؤال‌ها و فرضیه‌های پژوهش از تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شده است.

### نتیجه‌گیری

مؤلفه‌های سازگاری - انعطاف، اتصال، بازخورد، ایمنی، شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری - حافظه - پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزونگی قطعه‌بندی، تدبیر و استحکام) متغیری اثرگذار بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب است.

$$H_0: B_i = 0 \quad H_0: B_i \neq 0$$

$H_0$ : مؤلفه‌های سازگاری - انعطاف، اتصال بازخورد ایمن شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری - حافظه - پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزونگی قطعه‌بندی، تدبیر، استحکام، متغیری اثرگذار بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب نیست.



H1: مؤلفه‌های سازگاری - انعطاف، اتصال بازخورد ایمن شکست، وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی، تنوع، یادگیری - حافظه - پیش‌بینی، عملکرد، سرعت پاسخگویی، افزونگی قطعه‌بندی، تدبیر، استحکام، تغییری اثرگذار بر تاب‌آوری ساختمان در سیلاب است. در آزمون فرضیه مورد نظر با استفاده از مدل معادلات ساختاری، خروجی نرم‌افزار نشان‌دهنده مناسب بودن مدل ساختاری برآزش یافته برای آزمون فرضیه‌های پژوهش است.

جدول ۱۴. نتایج تحلیل مدل‌سازی معادلات ساختاری فرضیه‌های پژوهش

نتیجه آزمون	متغیر ملاک	متغیر پیش‌بین	T - Value	ضریب استاندارد
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	سازگاری - انعطاف	۷/۲۳	۰/۹۵
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	اتصال، بازخورد، ایمنی، شکست	۶/۷۳	۰/۹۷
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	وابستگی به اکوسیستم‌های محیطی	۴/۵۵	۰/۸۳
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	تنوع	۱۱/۷۳	۰/۷۴
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	یادگیری - حافظه - پیش‌بینی	۴/۱۶	۰/۷۷
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	عملکرد	۳/۲۸	۰/۵۳
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	سرعت پاسخگویی	۳/۷۸	۰/۲۴
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	افزونگی قطعه‌بندی	۵/۹۷	۰/۱۴
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	تدبیر	۶/۳۲	۰/۶۵
H1	تاب‌آوری ساختمان در سیلاب	استحکام	۹/۶۵	۰/۹۵

در این تحقیق نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 برابر با ۰/۰۶ به دست آمد که سطح قابل قبولی را در مقایسه‌های زوجی معیارها نشان می‌دهد که در جدول ۱۴ نشان داده شده است شاخص‌های افزونگی تعادل با اثرهای بالقوه آبخاری با مقدار ۰/۰۷۷ و ظرفیت عملکرد با وزن ۰/۰۵۶ و شاخص جایگزینی سیستم‌ها یا عوامل سیستم‌ها با وزن ۰/۰۵۴ دارای بیشترین وزن هستند. شاخص‌های یادگیری از تجارب و شکست‌های گذشته و استفاده از اطلاعات و تجربه برای ایجاد سازگاری تازه و مقاومت در برابر سطحی از تنش، با وزن ۰/۰۰۳ دارای کمترین وزن در تعیین تاب‌آوری ساختمان‌ها در برابر سیل است. بدین ترتیب برای ارتقای تاب‌آوری آنها باید افزایش افزونگی تعادل ساختمان و همچنین افزایش ظرفیت عملکرد در اولویت برنامه‌های تاب‌آوری ساختمان قرار گیرد.

## جدول ۱۵. وزن دهی شاخص‌ها

وزن‌ها	زیر مؤلفه‌های تاب‌آوری	مؤلفه‌های تاب‌آوری	ردیف‌ها
۰/۰۴۹	تغییر ضمن حفظ یا بهبود کارایی	سازگاری - انعطاف‌پذیری	۱
۰/۰۴۵	تکامل		
۰/۰۵	اتخاذ سریع راهبردهای جایگزین		
۰/۰۲۷	پاسخ به‌موقع به شرایط متغیر		
۰/۰۴۹	طراحی باز و ساختارهای انعطاف‌پذیر		
۰/۰۰۷	جذب شوک	اتصال - بازخورد - ایمنی-شکست	۲
۰/۰۱۲	جذب اثرهای تجمعی چالش‌های با شروع آهسته		
۰/۰۰۷	اجتناب از شکست فاجعه‌بار در صورت فراتر رفتن از آستانه		
۰/۰۱۳	شکست تدریجی به‌جای ناگهانی		
۰/۰۲۴	شکست بدون اثرهای آبخاری (اثر دومینو)		
۰/۰۰۵	تجزیه‌وتحلیل به‌صورت جفت سیستم فناوری-انسان		
۰/۰۱۴	شناسایی اثرهای قفل‌کننده و تناقض‌های احتمالی با کاهش		
۰/۰۱۵	شناسایی هم‌افزایی با دیگر خط‌مشی‌های شهر، برآورد ارزش افزوده	وابستگی به اکوسیستم‌های محلی	۳
۰/۰۱۲	کنترل سیلاب		
۰/۰۰۶	طراحی و مدیریت زیست‌اقليمی	تنوع	۴
۰/۰۱۴۶	تنوع فضایی - دارایی‌های کلیدی و وظایفی که به‌صورت فیزیکی توزیع شده و تمام آن در هر زمانی تحت تأثیر رویداد مشخصی قرار نمی‌گیرد		
۰/۰۲۱	تنوع عملکردی-روشهای چندگانه برخورد با یک نیاز بخصوص		
۰/۰۱۳	تنوع تعادل با اثرهای بالقوه آبخاری	یادگیری-حافظه - پیش‌بینی	۵
۰/۰۰۳	یادگیری از تجارب و شکست‌های گذشته		
۰/۰۰۳	استفاده از اطلاعات و تجربه برای ایجاد سازگاری تازه		
۰/۰۰۵	اجتناب از تکرار اشتباهات گذشته		
۰/۰۰۹	جمع‌آوری، ذخیره و به اشتراک گذاشتن تجربه		
۰/۰۰۷	ساخت‌وساز بر اساس ارزش بلندمدت و پیشینه شهر	عملکرد	۶
۰/۰۲	ادغام تاب‌آوری در سناریوهای توسعه بلندمدت		
۰/۰۵۶	ظرفیت عملکرد	سرعت پاسخگویی	۷
۰/۰۱۳	کیفیت سیستم به روش مناسب و کارآمد		
۰/۰۱۹	خودکفایی-کاهش وابستگی خارجی		
۰/۰۳۹	نسبت به سایر ساختمان‌ها عملکرد بهتری دارد	سازماندهی مجدد	
۰/۰۰۷	در برگرفتن تلفات، شامل مرگ‌ومیر و بیماری		
۰/۰۱۵	سازماندهی مجدد		
۰/۰۳۲	حفظ عملکرد و برقراری دوباره آن		
۰/۰۱۷	بازگرداندن ساختار		
۰/۰۱۳	برقراری نظم عمومی	جلوگیری از اختلال در آینده	
۰/۰۰۵	جلوگیری از اختلال در آینده		

## ادامه جدول ۱۵. وزن‌دهی شاخص‌ها

وزن‌ها	زیر مؤلفه‌های تاب‌آوری	مؤلفه‌های تاب‌آوری	ردیف‌ها
۰/۰۵۴	جایگزینی سیستم‌ها یا عوامل سیستم‌ها	افزونگی - قطعه‌بندی	۸
۰/۰۱۳	بافر از شوک‌های خارجی یا تغییر در تقاضاها		
۰/۰۲۶	جایگزین کردن اجزا با قطعات مدولار		
۰/۰۷۷	افزونگی تعادل با اثرهای بالقوه آبشاری		
۰/۰۱۳	شناسایی و پیش‌بینی مشکلات	تدبیر	۹
۰/۰۱۱	اولویت قرار دادن		
۰/۰۱۴	بسیج منابع تجسم، برنامه‌ریزی، همکاری و عمل		
۰/۰۰۶	ارزیابی مجدد		
۰/۰۵۲	یکپارچه کردن تاب‌آوری در فرایندهای کاری و اداره		
۰/۰۰۳	همکاری گرفتن از شهروندان	استحکام	۱۰
۰/۰۰۳	مقاومت در برابر سطحی از تنش		
۰/۰۱۵	بدون تخریب و از دست رفتن عملکرد		
۰/۰۰۶	ظرفیت‌هایی که حاشیه‌های کافی را تضمین می‌کنند		

## تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت گروه مدیریت محیط زیست دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی تهیه شده که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

- [۱]. بهرامی، شهرام؛ و ایمنی، سپیده (۱۳۹۸). «ارزیابی چند مدل تجربی در برآورد رواناب سالیانه؛ مطالعه موردی: حوضه حصارک در شمال غرب تهران»، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، دوره ۳۰، شماره ۲، ص ۷۴-۵۵.
- [۲]. حاجی بیگلر، محبوبه؛ و شیخ، واحد (۱۳۹۷). «تحلیل مدیریت ریسک سیلاب براساس مفاهیم خطر، مواجهه و آسیب پذیری با ارائه چارچوب ها و مدل ها»، *نشریه آب و توسعه پایدار*، دوره ۵، شماره ۱، ص ۸۲-۷۳.
- [۳]. حسام، رسول؛ ضرابی، اصغر؛ و تقوایی، مسعود (۱۳۹۸). «پتانسیل سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعه شهری ایمن (مطالعه موردی: شهر گنبد کاووس)»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دوره ۶، شماره ۱، ص ۳۲-۱۷.
- [۴]. رستمی فتح آبادی، محمد؛ جعفر بیگلر، منصور؛ و مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۹). «تحلیل فضایی مناطق سیل زده و سیل خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دوره ۷، شماره ۳، ص ۳۲۹-۳۱۳.
- [۵]. سادات حمصی، ملیحه؛ یاراحمدی، داریوش؛ اونق، مجید؛ و شمسی پور، علی اکبر (۱۳۹۸). «کاهش پهنه خطر سیل در حوضه دشت کاشان از طریق اجرای سناریوی آمایش خطرمدار»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دوره ۶، شماره ۳، ص ۲۸۵-۲۷۱.
- [۶]. صفاری، امیر؛ ساسانپور، فرزانه؛ و موسیوند، علی (۱۳۹۰). «ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی؛ مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)*»، دوره ۱۷، شماره ۲۰، ص ۱۵۰-۱۲۹.
- [۷]. کاظمی، آفاق؛ رضائی مقدم، محمدحسین؛ نیکجو، محمدرضا؛ حجازی، میراسدالله؛ و خضری، سعید (۱۳۹۵). «پهنه بندی و مدیریت مخاطرات سیلاب در رودخانه سیمینه رود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC - RAS»، *مدیریت مخاطرات محیطی*، دوره ۳، شماره ۴، ص ۳۹۳-۳۷۹.
- [۸]. کدخداحسینی، مصطفی؛ شامحمدی، شایان؛ میرعباسی نجف آبادی، رسول؛ و نوذری، حامد (۲۰۱۸). «ارزیابی عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در بازسازی داده های ماهانه و فصلی بارش در ایستگاه های باران سنجی (مطالعه موردی: استان همدان)»، *پژوهش آب/یران*، دوره ۱۱، شماره ۳، ص ۵۰-۴۷.

[۹]. هزاره؛ وحید؛ و باخرزی قزالحصار، سیدمحمد (۲۰۱۸). «تحلیل تهدید طبیعت پایه سیلاب در خط یک قطار شهری مشهد»، *جغرافیا و روابط انسانی*، دوره ۱، شماره ۳، ص ۵۳۸-۵۲۲.

- [10]. Adger, W. Neil; Safra de Campos, Ricardo; Tasneem Siddiqui; & Szaboova, Lucy (2020). "Commentary: Inequality, precarity and sustainable ecosystems as elements of urban resilience", *Urban Studies*, 57(7), pp: 1588-1595.
- [11]. Aguilar-Barajas, Ismael; P.Sisto; Nicholas; I.Ramirez; Aldo (2019). "Building urban resilience and knowledge co-production in the face of weather hazards: flash floods in the Monterrey Metropolitan Area (Mexico)", *Environmental Science & Policy*, 99, 37-47.
- [12]. Asiedu, Joel Bernard. (2020). "Reviewing The argument on floods in urban areas: a look at the causes, *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 15(1), pp: 24-41.
- [13]. Bertilsson, Louise., Wiklund, Karin., de Moura Tebaldi, Isadora., Rezende, Osvaldo Moura., Veról, Aline Pires., Miguez, Marcelo Gomes (2019). "Urban flood resilience—A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning". *Journal of Hydrology*, 573, 970-982.
- [14]. Cobbinah, Patrick Brandfu (2021). "Urban resilience in climate change hotspot", *Land use policy*, 100, 104948.
- [15]. Kotzee, Ilse; & Reyers, Belinda (2016). "Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach", *Ecological Indicators*, 60, pp: 45-53
- [16]. Meerow, Sara; Newell, Joshua P.; & Stults, Melissa (2016). "Defining urban resilience: A review", *Landscape and urban planning*, 147, pp: 38-49.
- [17]. Moloney, Susie; & Doyon, Andreeanne (2021). "The Resilient Melbourne experiment: Analyzing the conditions for transformative urban resilience implementation", *Cities*, 110, 103017.
- [18]. Otto-Zimmermann, Konrad & Balbo; Alice (2012). "The Global Adaptation Community Expands Its Scope", *Resilient Cities 2*, pp: 3-8, Springer, Dordrecht
- [19]. Pant, Raghav; Thacker, Scott; Hall, Jim Walio; & Alderson, Barr (2018). "Critical infrastructure impact assessment due to flood exposure", *Journal of Flood Risk Management*, 11(1)0, pp: 22-33.
- [20]. Pandeya, Bhopal; Uprety; Madhab; Paul, Jonathan D.; Sharma, Rishi Ram.; Dugar, Sumit.; & Buytaert, Wouter (2020). "Mitigating flood risk using low-cost sensors and citizen science: A proof-of-concept study from western Nepal", *Journal of Flood Risk Management*, 34 (3), pp: 311-324.
- [21]. Sen, Mrinal Kanti; Dutta, Subhrajit; & Kabir, Golam (2021). "Development of flood resilience framework for housing infrastructure system: Integration of best-worst method with evidence theory", *Journal of Cleaner Production*, 290, 125197.
- [22]. Song, Shuang; Wang, Shuai; Fu, Bojie; Dong, Yuxiang; Liu, Yanxu; Chen, Haibin.; & Wang, Yaping. (2020). "Improving representation of collective

- memory in socio-hydrological models and new insights into flood risk management”, *Journal of Flood Risk Management*, 34 (3), pp: 324-335
- [23]. Yang, Yuying; Guo, Haixiang.; Wang, Deyun.; Ke, Xiaoling; Li, Shiche; & Huang, Sirui. (2021). “Flood vulnerability and resilience assessment in China based on super-efficiency DEA and SBM-DEA methods”, *Journal of Hydrology*, 600, 126470.