فصلنامه علمی اقتصاد و مدیریت شهری، ۹(۴(پیاپی ۳۶))، ۱۵-۱
www.iueam.ir
نمایه در ISC، EconLit، Econbiz، EBZ، GateWay-Bayern، SID، Google Scholar، Noormags، Magiran، Civilica، RICeST، Ensani
شاپا: ۲۳۴۵-۲۸۷۰

فصلنامه علمی
اقتصاد و مدیریت شهری

ارزیابی تاب‌آوری شبکه‌های حمل‌ونقل ریلی شهری با استفاده از روش Hazid (موردمطالعه: مترو امام خمینی (ره) شهر تهران)

آسیه اقدسی دانشجوی دکتری مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مجید عباسپور* استاد گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

آیدا احمدی استادیار گروه مدیریت HSE، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی
دریافت: ۹۹/۰۸/۰۵ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۵

چکیده: بخش حمل‌ونقل ریلی زیرزمینی به سبب مزایای بالا در حمل‌ونقل مسافر، کاهش ترافیک، انتقال سریع، مصرف انرژی کم و سازگار با محیط‌زیست، نداشتن آلودگی‌های عمده زیست‌محیطی و استهلاک پایین در ناوگان، جایگاه بسیار مهمی در بخش حمل‌ونقل شهری دارد و یکی از ارکان اساسی توسعه و تاب‌آوری شهرها به‌حساب می‌آید؛ از این رو زیرساخت‌های ریلی کشور باید از عملکرد مناسب آن در زمان بحران اطمینان یابند. در این تحقیق به بررسی تاب‌آوری خطوط مترو تهران با استفاده از روش HAZID پرداخته شده است. روش HAZID، روشی سیستماتیک برای شناسایی خطرات ایمنی، تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های آنها در مراحل مختلف می‌باشد. در این روش، خطرات و تهدیدات موجود و بالقوه به دو روش کلی و جزئی بررسی می‌شوند. خط مترو امام خمینی (ره) به‌صورت موردی ارزیابی شد. وضعیت سیستم برق، کانال تهویه، اطفاء حریق و مرکز کنترل براساس استانداردهای ایمنی، مطالعه و شکاف‌های موجود بررسی گردید. در نهایت مخاطرات شناسایی‌شده در نرم‌افزار Expert Choice، اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد بیشترین مخاطره مربوط به سیل، نشتی و آب‌گرفتگی می‌باشد و پس از آن زلزله و ازدحام در رتبه‌های بعدی قرار دارد. در نهایت امتیاز نهایی مترو تهران در سطح ۳ قرار گرفت؛ بدین معنی که بخشی از بدنه ساختار سازمانی به‌صورت خاص در موضوعات مربوط به سیستم‌های ایمنی فعالیت می‌کند در دسترس نیست اما ضروری است که دستورالعمل‌های ایمنی جدیدتری تدوین گردد.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری شهری، سیستم حمل‌ونقل، مترو امام خمینی (ره)، روش HAZID
طبقه‌بندی JEL: R41, R40, H12

* نویسنده مسئول: abbpor@sharif.edu

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

۱- مقدمه

سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری (که سیستم‌های مترو نام‌گذاری می‌شوند) با افزایش چشمگیر ظرفیت‌های حمل‌ونقل عمومی، راه‌حل مؤثری برای رفع مشکلات حمل‌ونقل در شهرها ارائه می‌دهند. این مزیت موجب پیشرفت چشمگیر در ساخت و بهره‌برداری از سیستم‌های مترو در بسیاری از کلان‌شهرها شده است. با افزایش تعداد خطوط مترو، سیستم‌های مترو اغلب در مقیاس شبکه بزرگ و پیچیده رشد می‌کنند. ایمنی شبکه‌های مترو، نگرانی اساسی است که نیاز به درک بهتر این شبکه‌ها از طریق تحقیقات گسترده دارد (Zhang et al., 2018).

مفهوم تاب‌آوری را اولین‌بار هولینگ[1] در سال ۱۹۷۳ مطرح کرد. طبق تعریف هولینگ، تاب‌آوری عبارت است از: معیاری از توانایی سیستم برای جذب تغییرات، در حالی که هنوز مقاومت قبلی را دارد. شهر تاب‌آور، شهری است که در اثر مواجه با مخاطرات، متحمل برخی از سختی‌ها می‌گردد اما به دلیل مدیریت جامع بحران و افزایش توان و مقاومت و سازگاری، به‌سرعت از وضعیت اضطراری خارج می‌شود (Harrison et al., 2014). دستورالعمل‌های مدیریت تاب‌آوری و بهره‌برداری مصوب از حمل‌ونقل شهری به عناصر مهم سیستم‌های حمل‌ونقل شهری با توجه به نیازهای ایمنی و امنیتی می‌پردازد. تاب‌آوری، توانایی سیستم حمل‌ونقل شهری را برای انجام چهار کارکرد با توجه به اختلالات دربرمی‌گیرد: ۱- برنامه‌ریزی و تهیه ۲- جذب ۳- بازیابی ۴- یادگیری و سازگاری. همچنین تاب‌آوری را توانایی سیستم حمل‌ونقل شهری در برابر تحمل یک اختلال بزرگ در پارامترهای تخریب قابل‌قبول و بازیابی در یک زمان قابل‌قبول تعریف کرده‌اند (Deloukas & Apostolopoulou, 2017).

در حال حاضر، بسیاری از سازمان‌های دولتی و غیردولتی، تقویت تاب‌آوری جوامع را در اولویت قرار داده و از طریق سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها و همچنین اقدامات آموزشی، به مدیریت سوانح پرداخته‌اند (Coghlan & Norman, 2004).

آسیب‌شناسی تهدیدات در ساختار مدیریت بحران سامانه مترو، یکی از مقدمه‌های جلوگیری از بروز بحران‌های احتمالی یا مقابله کارآمد با آنها محسوب می‌شود. این آسیب‌شناسی در حوزه‌های مختلف قابل تعریف و دسته‌بندی می‌باشد. این دسته‌بندی می‌تواند شامل آسیب‌شناسی در حوزه‌های فنی، مدیریتی، اجتماعی، فرهنگی و ایمنی باشد. آسیب‌شناسی تهدیدات در ساختار فنی، حوزه گسترده‌ای از موضوعات را دربرمی‌گیرد (تورانپور، ۱۳۸۵). شناسایی علل و ریشه‌های بروز حوادث، نقش مهمی در آسیب‌شناسی خطرات مطرح دارد. بروز اتصالی در سیستم‌های الکتریکی، یکی از شایع‌ترین تهدیدات محسوب می‌شود؛ به‌نحوی که نه‌تنها به تجهیزات صدمه می‌رساند بلکه گاهی باعث آتش‌سوزی و خسارات جبران‌ناپذیر می‌گردد (Davoudi et al., 2012). با توجه به رشد روزافزون شبکه‌های توزیع نیروی برق هوایی در بخش‌های فشار متوسط و فشار ضعیف میزان تاب‌آوری آنها در بحران‌هایی نظیر: باد و طوفان شدید، سرما و یخبندان، سیل و زلزله از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. آسیب‌شناسی در ساختار مدیریتی مترو، از آسیب‌شناسی در ساختار فنی، اهمیت بیشتری دارد. این آسیب‌شناسی از ابعاد مرتبط با حوزه مدیریت، قابل بررسی می‌باشد. از نظر عرضه و تقاضای انرژی، آسیب‌شناسی ساختار مدیریت می‌تواند کمک شایانی به رفع تنگناها و بهبود عملکرد سیستم کند (Delgado & Aktas, 2016).

مسیرهای ترابری و حمل‌ونقل مانند سامانه‌های ریلی - چه راه‌آهن و چه خطوط ریلی زیرزمینی- یکی از زیرساخت‌های مهم برای برقراری ارتباط میان نقاط مختلف در یک شهر یا یک کشور و حتی بین دو یا چند کشور می‌باشد و در مبادلات داخلی و خارجی، نقش اساسی داشته و دارد (Jha et al., 2013). در این بین،

1- Holling

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

زیرساخت‌های مزبور، به دلیل اهمیتی که دارند، هنگام بحران و شرایط اضطراری هم می‌توانند ابعاد آن بحران را بیشتر کنند و هم می‌توانند در صورت برنامه‌ریزی دقیق مکانی امن برای اسکان، جابه‌جایی، تخلیه و امدادرسانی به سایر نقاط باشند؛ ازاین‌رو شناسایی تهدیدات و آسیب‌های این سازمان‌ها برای برنامه‌ریزی دقیق و اقدامات کاهشی در سازمان، اولویتی انکارناشدنی است که باید به آن پرداخت (Persia et al., 2016). مترو به‌عنوان گروه اصلی در سامانه حمل‌ونقل مسافری شهری از نظر اقتصادی، اجتماعی، دفاعی و ... بسیار حائزاهمیت است و تخریب و از بین رفتن این زیرساخت مهم شهری چه در بلاهای طبیعی و چه در اعمال خرابکارانه و تروریستی، آسیب‌های مهمی به تاب‌آوری شهری وارد خواهد کرد (رمضان‌زاده و بدری، ۱۳۹۴). بخش حمل‌ونقل ریلی زیرزمینی به سبب مزایای بالا در حمل‌ونقل مسافر، کاهش ترافیک، انتقال سریع، مصرف انرژی کم و سازگار با محیط‌زیست، نداشتن آلودگی‌های عمده زیست‌محیطی و استهلاک پایین در ناوگان، جایگاه بسیار مهمی در بخش حمل‌ونقل شهری دارد و در توسعه و تاب‌آوری شهرها یکی از ارکان اساسی به‌حساب می‌آید. هرگونه مخاطره و بحران در این بخش از زیرساخت‌های شهری باعث کاهش تاب‌آوری و پایین آمدن سطح اطمینان مردم از امنیت در شهرها محسوب می‌گردد؛ ازاین‌رو باید زیرساخت‌های ریلی کشور از عملکرد مناسب آن در زمان بحران اطمینان حاصل کنند تا علاوه‌بر پیشگیری از صرف وقت و هزینه برای بازسازی آن در بعد از بحران، ادامه روند حرکت در سازمان متوقف نمی‌شود یا با توقف کوتاه مجدداً به چرخه فعالیت و خدمت‌رسانی برسد. بی‌توجهی به این مهم موجب تشدید بحران می‌شود و زمینه‌های کاهش راندمان و اطمینان را در سیستم بالا می‌برد (بصیرت و همکاران، ۱۳۹۱)؛ بنابراین ضرورت دارد که خطرپذیری‌های موجود در کلیه بخش‌های بحرانی و حیاتی، حساس و مهم این صنعت در برابر تهدیدات طبیعی، حملات تروریستی یا هرگونه مخاطره مهم با اولویت‌بندی و متناسب بودن هر یک از خطرپذیری‌ها، راهکارهای مقابله و کاهشی را طراحی و اجرا کند. با توجه به مطالب بیان شده، در این پژوهش به بررسی تاب‌آوری خطوط مترو تهران با استفاده از روش HAZID پرداخته شده است.

۲- پیشینه تحقیق

الف) پژوهش‌های خارجی

یوماگولوا[1] (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای با عنوان «از بین بردن خطرات نابرابری‌ها: مطالعه موردی برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری در منطقه مترو ونکوور کانادا»، به مطالعه توزیع نابرابر مخاطرات پرداخته است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که برنامه‌ریزی به‌منظور تاب‌آور کردن منطقه مطالعاتی در مورد پیامدهای آن به‌عنوان یک مسئله حاکمیت چندمقیاس که در مکان و زمان باید باشد، سیل را به‌عنوان مهم‌ترین مخاطره مدنظر قرار داده است.

یاماگاتا و شریفی[2] (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «برنامه‌ریزی شهری براساس تاب‌آوری: بینش تجربی و علمی»، به تبیین چارچوب برنامه‌ریزی شهری با توجه به تفکر تاب‌آوری که برای افزایش ظرفیت مقابله با تحولات موجود و آینده شهرها می‌تواند کارآمد باشد پرداختند. در این کتاب، تاب‌آوری به‌عنوان فرایندی مؤثر در برنامه‌ریزی شهری از یک‌سو و حوادث فاجعه‌بار به‌عنوان فرصت‌هایی برای بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در شرایط موجود و برای بهبود شرایط از طریق انطباق و تغییر ساختار شهر از سوی دیگر، در نظر گرفته شد. همچنین، به ارائه مفاهیم اصلی تاب‌آوری به‌منظور برنامه‌ریزی شهری براساس آن پرداخته شده است که شامل مسائل مربوط به افزایش توانایی شهرهای برای برنامه‌ریزی و آماده‌سازی آن‌ها، جذب اثرات ناشی از

1- Yumagulova
2- Sharifi & Yamagata

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

بحران، بازیابی پس از بحران و انطباق با عواقب احتمالی ناشی از تغییرات اقلیمی و سایر تهدیدات می‌باشد.

کابیش[1] و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «تحولات شهری: توسعه پایدار شهری از طریق بهره‌وری منابع، کیفیت زندگی و تاب‌آوری»، چارچوبی میان‌رشته‌ای برای درک تحولات شهری به‌عنوان مرجع کاملی نه‌تنها برای متخصصان بسیاری از رشته‌های درگیر با این مبحث، بلکه برای کسانی که در سیاست‌گذاری نقش دارند، ارائه دادند. با بررسی تمامی ابعاد مسائل شهری که شامل بعد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی می‌باشد، مدل و فرایندی که براساس سازوکار مشارکتی برای ایجاد سیاست‌های جامع می‌باشد را در این کتاب ارائه دادند. همچنین براساس ابعاد مطالعاتی برای دست‌یابی به تاب‌آوری شهرها، کیفیت زندگی و توسعه پایدار زمینه‌ای را برای تمامی علوم اعم از علوم زیست‌محیطی، علوم اجتماعی و ... معرفی کردند که بر اساس مفاهیم مشترک بنیان نهاده شدند.

دویل[2] (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان «تاب‌آوری شهری: بازآفرینی دوبلین داک لندز[3]»، قابلیت تاب‌آوری را توانایی شهرها برای تغییر، سازگاری و در پاسخ به تنش‌ها و بحران‌ها تعریف کرده و براساس معیارهای آن به ارائه پیشنهادها و راهکارهایی در زمینه بازآفرینی ناحیه داک لندز در شهر دوبلین ایرلند پرداخته است. شرایط بحرانی که در این مقاله مدنظر محقق قرار گرفته است بحران اقتصادی ایرلند در دهه ۱۹۸۰ میلادی تا اواخر دهه ۲۰۰۰ میلادی می‌باشد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که بعد مدیریتی- نهادی تاب‌آوری در بازآفرینی محدوده مطالعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و همچنین برنامه‌ریزی تحت نظارت و اجرای سازمان‌های خصوصی با همکاری سازمان‌های دولتی می‌تواند نقش به‌سزایی را در بازآفرینی ایفا کند.

ستیادی و نالاو[4] (۲۰۱۵)، در مقاله‌ای تحت عنوان «آیا بازآفرینی شهری می‌تواند سبب ارتقای تاب‌آوری شهرها در مقابل تغییر شرایط آب‌وهوایی شود؟» با بررسی میزان اثرگذاری و سازگاری رویکرد بازآفرینی شهری در سه شهر اندونزی، به تحلیل معضلات و نتایج استفاده از این رهیافت به‌عنوان یک استراتژی قابل انطباق به‌منظور ارتقای تاب‌آوری شهرها در زمینه‌های مختلف ازجمله مسکن و بهداشت پرداخته‌اند. نتایج و یافته‌های پژوهش نیز حاکی از کارآمدی و مزایای رهیافت بازآفرینی شهری و ساخت‌وساز مسکن عمودی برنامه‌ریزی‌شده از قبیل افزایش حفاظت از حوادث شدید آب‌وهوایی، کاهش مسائل مربوط به حقوق زمین، کاهش شیوع حشرات موذی مانند موش و موش صحرایی در راستای ارتقای تاب‌آوری محدوده‌های مطالعاتی پژوهش می‌باشد.

ب) پژوهش‌های داخلی

اسدی عزیزآبادی و همکاران (۱۳۹۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان «اولویت‌بخشی به ابعاد تاب‌آوری بافت فرسوده شهری براساس مدل مکانی تاب‌آوری سوانح (نمونه موردی: بافت فرسوده شهر کرج)»، به بررسی اولویت‌بخشی ابعاد تاب‌آوری در بافت فرسوده شهر کرج با مدل تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. نتایج پژوهش نیز حاکی از آن است که در سه کلان پهنه کرج کهن، حصارک و مهرشهر، بعد تاب‌آوری کالبدی- محیطی براساس سرمایه کالبدی و زیرساختی دارای بیشترین وزن می‌باشد و تاب‌آوری سازمانی- نهادی دارای کمترین وزن است.

پوراحمد و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی بافت‌های فرسوده شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)»، به بررسی میران تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ شهرداری تهران پرداختند. براساس یافته‌های پژوهش بر پایه شاخص‌های اسکلت ساختمان،

1- Kabisch
2- Doyle
3- Dublin Docklands
4- Setiadi and Nalau

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

جنس مصالح، قدمت ساختمان و کیفیت ابنیه، تاب‌آوری کالبدی محدوده‌های بافت مرکزی، غربی و جنوب‌شرقی نسبت به شمال منطقه ۱۰، در وضعیت تاب‌آوری کم تا بسیار کم قرار دارد و اولویت برنامه‌ریزی برای تاب‌آورکردن بافت کالبدی منطقه ۱۰ شهرداری تهران به‌ترتیب محدوده غربی، مرکزی و جنوب‌شرقی است.

نامجویان و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه‌ای با عنوان «تاب‌آوری شهری چارچوبی الزام‌آور برای مدیریت آینده شهرها» انجام دادند. این پژوهش با هدف بررسی و تبیین دیدگاه‌ها و مدل‌های تاب‌آوری شهری به دنبال تدوین چارچوبی مناسب برای مدیریت آینده شهرها صورت گرفته است. نتایج حاکی از آن است که به دلیل گستردگی مفهوم تاب‌آوری در همه ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی- برنامه‌ریزی و نیز کالبدی-زیرساختی، مدیران شهری باید به تحلیل لایه‌های شهری در ابعاد مختلف، بهبود سطح خدمات در زمان بحران، شناخت اماکن آسیب‌پذیر در زمان بحران، کاهش میزان خطر با افزایش استحکام و برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها و بهره‌گیری از مدل‌های بازیابی در کوتاه‌ترین زمان ممکن پرداخته و با توجه به این متغیرها و مؤلفه‌ها می‌توان شهرهای آینده را تاب‌آور نمود.

ساسان‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله‌ای به ارزیابی ابعاد تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی در منطقه ۱۲ شهر تهران که یکی از مناطق با بافت فرسوده در شهر تهران می‌باشد، پرداختند. نتایج نشان داد مؤلفه پایداری زیست‌محیطی مربوط به بعد اکولوژی تاب‌آوری شهری در رتبه اول اهمیت قرار گرفته و مؤلفه قابلیت تطبیق سیستم مرتبط به بعد نهادی (سازمانی) به عنوان کم‌اهمیت‌ترین مؤلفه تعیین شده است. همچنین وضعیت بعد اقتصادی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی از مطلوبیت کمی (ضعیف) و وضعیت ابعاد اجتماعی، اکولوژی و نهادی (سازمانی) با مطلوبیت خیلی ضعیف همراه است. در نهایت می‌توان بیان کرد که مطلوبیت تاب‌آوری شهری در منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی با توجه به کلیه ابعاد و مؤلفه‌ها خیلی ضعیف بوده است و این منطقه در برابر مخاطرات طبیعی تاب‌آور و پایدار نیست.

شکری فیروزجاه (۱۳۹۶) نیز در مقاله‌ای با بیان این موضوع که تاب‌آوری راهی مهم برای تقویت جوامع و شهر با استفاده از ظرفیت‌های آن‌هاست، به بررسی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در بین ابعاد مختلف تاب‌آوری شهری در مناطق ۱۲گانه شهر بابل، ابعاد کالبدی و سپس اجتماعی وضعیت مناسب‌تری را دارند ولی به طور کلی حدود ۵۰ درصد از مناطق موردبررسی در شهر بابل نبود تاب‌آوری و تاب‌آوری پایین می‌باشند و تنها ۲۵ درصد از مناطق از لحاظ شاخص‌ها کاملاً تاب‌آور هستند.

۳- مبانی نظری

واژه تاب‌آوری اغلب در منابع به مفهوم «بازگشت به گذشته[1]» به‌کاررفته است که از ریشه لاتین resilio به معنای «برگشت به عقب[2]» گرفته شده و در برخی منابع ریشه این واژه، واژه لاتین resalire مطرح شده است که به معنای جهش یا خیزش به عقب می‌باشد (Gunderson, 2010). برای واژه resilience در فرهنگ لغات، معانی متعددی همچون توانایی بازیابی یا بهبود سریع، تغییر، شناوری و کشسانی و همچنین خاصیت فنری و ارتجاعی ترجمه شده است. البته در میان ترجمه‌های انجام‌شده واژه تاب‌آوری به دلیل گویایی و رسایی، بهترین انتخاب برای انتقال مفهوم این واژه است (رضایی، ۱۳۸۹). در فرهنگ لغت وبستر[3] (۱۹۸۶) واژه تاب‌آوری به معنای توانایی ایستادگی در برابر ضربات بدون اختلال یا نقص دائمی، تمایل به بازیابی قدرت یا سرزدگی بعد از ناتوانی یا بحران مطرح

1- Bouncing Back
2- To Jump Back
3- Webster

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

شده است. همچنین، تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت یک سیستم در جذب اختلالات ناشی از شرایط بحرانی و سازمان‌دهی مجدد بعد از وقوع سوانح و حوادث می‌باشد که با دارا بودن ویژگی انطباق‌پذیری، سازگاری و تکامل سیستم در معرض شرایط بحرانی، حالتی پایدارتر و مقاوم‌تر با عملکردی بهتر نسبت به حالت اولیه پیدا می‌کند. همچنین تاب‌آوری یکی از واژه‌هایی است که در علوم مختلف دارای معانی و مفاهیم متفاوت و پرکاربردی می‌باشد. تاب‌آوری از نظر برنامه‌ریزی بهداشتی، علوم مهندسی و محیط‌زیست، توسعه اقتصادی و علوم اجتماعی دارای زمینه‌های متفاوت است (Drennan et al., 2016).

همان‌طور که در تعریف واژه تاب‌آوری مطرح شد تاب‌آوری را می‌توان به‌عنوان توانایی یک سیستم برای مقاومت در برابر تغییر یا یک رویداد متضاد خارجی با کاهش اثرات منفی اولیه (قابلیت جذب)، با انطباق شرایط سیستم با رویداد خارجی (قابلیت انطباق) و سپس بهبودی شرایط سیستم که ناشی از رویداد متضاد خارجی می‌باشد (قابلیت ترمیمی)، تفسیر کرد (Sansavini, 2017). در گزارش شهرهای تاب‌آور که با همکاری اتحادیه اروپا تهیه شده، تاب‌آوری شهری را مبتنی بر ظرفیت سیستم‌های شهری، جوامع، افراد، سازمان‌ها و شرکت‌های خصوصی و دولتی تعریف کرده است که در شرایط بحرانی و اختلالات ناشی از آن نیاز به بهبودی دارند و همچنین حفظ عملکرد شهر و توسعه آن در نتیجه شوک یا فشار ناشی از اختلال، صرف‌نظر از تأثیر بحران، میزان و شدت آن نیز حائز اهمیت می‌باشد (Frantzeskaki, 2016). تاب‌آوری دارای چهار بعد کالبدی- محیطی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی- سازمانی می‌باشد و می‌توان گفت شهر تاب‌آور شهری آماده برای مواجهه و مقابله با هرگونه بحران منتظره و غیرمنتظره می‌باشد که از نظر کالبدی- محیطی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی- سازمانی دارای انعطاف عملکردی بالا و آسیب‌پذیری پایین می‌باشد. در ادامه انواع تاب‌آوری بیان شده است:

تاب‌آوری کالبدی- محیطی: با هدف ارتقای کیفیت محیط، ارتقای نظام‌های کاربری زمین (قدمت ابنیه، مالکیت، نوع ساخت‌وساز، تراکم ساخت و تکنولوژی ساخت)، نظام دسترسی و حرکت (نفوذپذیری، تخلیه، شدت و تکرار مخاطرات) صورت می‌گیرد و با شناسایی مکان‌های امن، شناسایی گسل‌ها، دور شدن از مناطق آسیب‌پذیر و نواحی مخاطره‌آمیز، بافت شهری ایمن و مقاوم در برابر سوانح شکل می‌گیرد (Mitchell, 2003).

تاب‌آوری اجتماعی: چارچوب این بعد از تاب‌آوری در شهر براساس، تضمین دسترسی به خدمات اساسی برای همه، تأمین خدمات حمایتی بعد از بلایا، تخصیص زمین‌های ایمن برای تمام فعالیت‌های استراتژیک و مسکن‌سازی، تشویق ذی‌نفعان مختلف برای شرکت در تمام مراحل و تقویت همبستگی و شبکه‌های اجتماعی می‌باشد (Meerow et al., 2016).

تاب‌آوری اقتصادی: تاب‌آوری اقتصادی نه‌تنها پاسخ به ضربه (مانند فاجعه یا فساد اقتصادی) می‌باشد بلکه تاب‌آوری را می‌توان مربوط به ظرفیت جامعه و ساختار اقتصاد آن تعریف کرد که انعطاف‌پذیر، سازگار و قادر به تنظیم در مواجهه با شرایط بحرانی می‌باشد (Marius & Venkatasubramanian, 2017).

تاب‌آوری نهادی- سازمانی: در تاب‌آوری نهادی- سازمانی شهر، مفاهیمی چون آگاهی از محیط سازمان، سطح آمادگی، پشتیبانی اختلالات، ظرفیت استقرار منابع، درجه انطباق و انعطاف‌پذیری، ظرفیت برای بازیابی و غیره مطرح می‌باشد (McManus et al., 2008).

به‌طور کلی می‌توان گفت تاب‌آوری شهری، اصطلاحی است که برای اندازه‌گیری توانایی یک شهر در بهبود از بلا به‌کار می‌رود و در حقیقت شهرهای تاب‌آور از پیش برای پیش‌بینی، پشت سر گذاشتن و بهبود تأثیرات خطرات طبیعی یا فنی طراحی شده‌اند و

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

سیستم‌های فیزیکی و اجتماعی در چنین شهری توان بقا و عملکرد در شرایط فشار و بحرانی را دارند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). تاب‌آوری شهری نیز چارچوبی برای ایجاد ظرفیت انطباق کلی ساختار شهر برای سازگاری با تهدیدات خاص است ولیکن زمینه‌های اولویت تاب‌آوری بخش‌ها و خطرات، بدون‌شک از شهر به شهر متفاوت است (Meerow et al., 2016).

۴- روش تحقیق

روش HAZID، روشی نظام‌مند برای شناسایی خطرات ایمنی، تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های آنها در مراحل مختلف است. در این تحقیق، خطرات و تهدیدات موجود و بالقوه به دو روش کلی و جزئی بررسی شد. در واقع خطراتی که از محیط بر فرایند (مانند سیل، زلزله، حملات تروریستی، مخاطرات ایمنی) یا از فرایند بر محیط (مانند نشت گاز، تماس با سطوح داغ، شرایط کاری نامناسب) تحمیل می‌شود، بررسی گردید. هدف اصلی از اجرای این تکنیک، اثربخشی اقدامات حذف یا کنترل مخاطرات بالقوه در مراحل نگهداری، آزمون و بازرسی تجهیزات، راهبری و نهایتاً کاهش هزینه‌های خسارات ناشی از حوادث احتمالی است. تیم تکنیک شناسایی خطر، نسبتاً کوچک و در عین حال متشکل از افراد متخصص و مجرب انتخاب گردید؛ به نحوی که از دانش کافی برای شناسایی کلیه موضوعات (مخاطرات، آسیب‌ها و تهدیدات، علل وقوع آنها، پیامدهای مربوطه، اقدامات پیشگیرانه و کاهشی در فاز بهره‌برداری در ایستگاه) برخوردار هستند. توجه به این امر مهم است که لیست مخاطرات به‌صورت روشی خلاقانه و نه به صورت چک‌لیستی غیرقابل‌انعطاف مورد استفاده قرار گیرد. تنها از این طریق است که خطرات جدید یا غیرمعمول یا عوامل ترکیبی خاص به‌عنوان علل مرتبط شناسایی خواهند شد. این تیم پس از تهیه چک‌لیست‌ها، خطرات را شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی کردند.

تکنیک HAZID برای هر نوع سیستم در مراحل اولیه و ایده توسعه سیستم قابل کاربرد است و می‌تواند بر روی زیرسیستم‌ها، یک سیستم تنها یا دسته‌ای از سیستم‌ها (سیستم‌های پیچیده) انجام شود. قابلیت استفاده در مراحل بهره‌برداری و مراحل عملیاتی نیز از جمله خصوصیات این روش است. برای تجزیه‌وتحلیل HAZID، موارد موردنیاز عبارتند از: دانش طراحی، موارد عملیاتی و فرایندی و دانش خطر. دانش طراحی بدین معنی است که کارشناسان باید دارای فهم اساسی از طراحی سیستم و فرایندهای عملیاتی بوده و شناخت خطرات بدین معنی است که نیاز به یک دانش اساسی و پایه‌ای درباره خطر، منابع خطر، اجزای خطر و خطر در سیستم‌های مشابه است. اعضای تیم شامل: رئیس واحد ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست شرکت عضو اصلی و ثابت این تیم می‌باشد و سایر اعضای این تیم از متصدیان سمت‌های زیر است: مدیر عملیات/مدیر مهندسی، مهندس پروژه/رئیس مهندسی پروژه، مهندس بهره‌برداری خطوط، مهندس تأسیسات و مشاور/ مشاورین HSE. روش HAZID، آنالیز طوفان ذهنی در یک محیط عملیاتی است که برای شناسایی خطرات بالقوه استفاده می‌گردد. قبل از برگزاری جلسات HAZID با توجه به مستندات مرتبط با پروژه، بازدیدهای میدانی و چک‌لیست‌های فنی، گره‌هایی (سیستم‌هایی) برای سهولت در تجزیه‌وتحلیل مخاطرات شناسایی شدند. همچنین براساس ماتریس ریسک سازمان موردمطالعه یا در صورت نبود و در دسترس نبودن ماتریس سازمان مربوطه، از ماتریس‌های سازمان‌هایی با فعالیت مشابه استفاده می‌شود. سپس خطرات شناسایی شده به‌صورت نیمه کمی و کمی رتبه‌بندی می‌شوند.

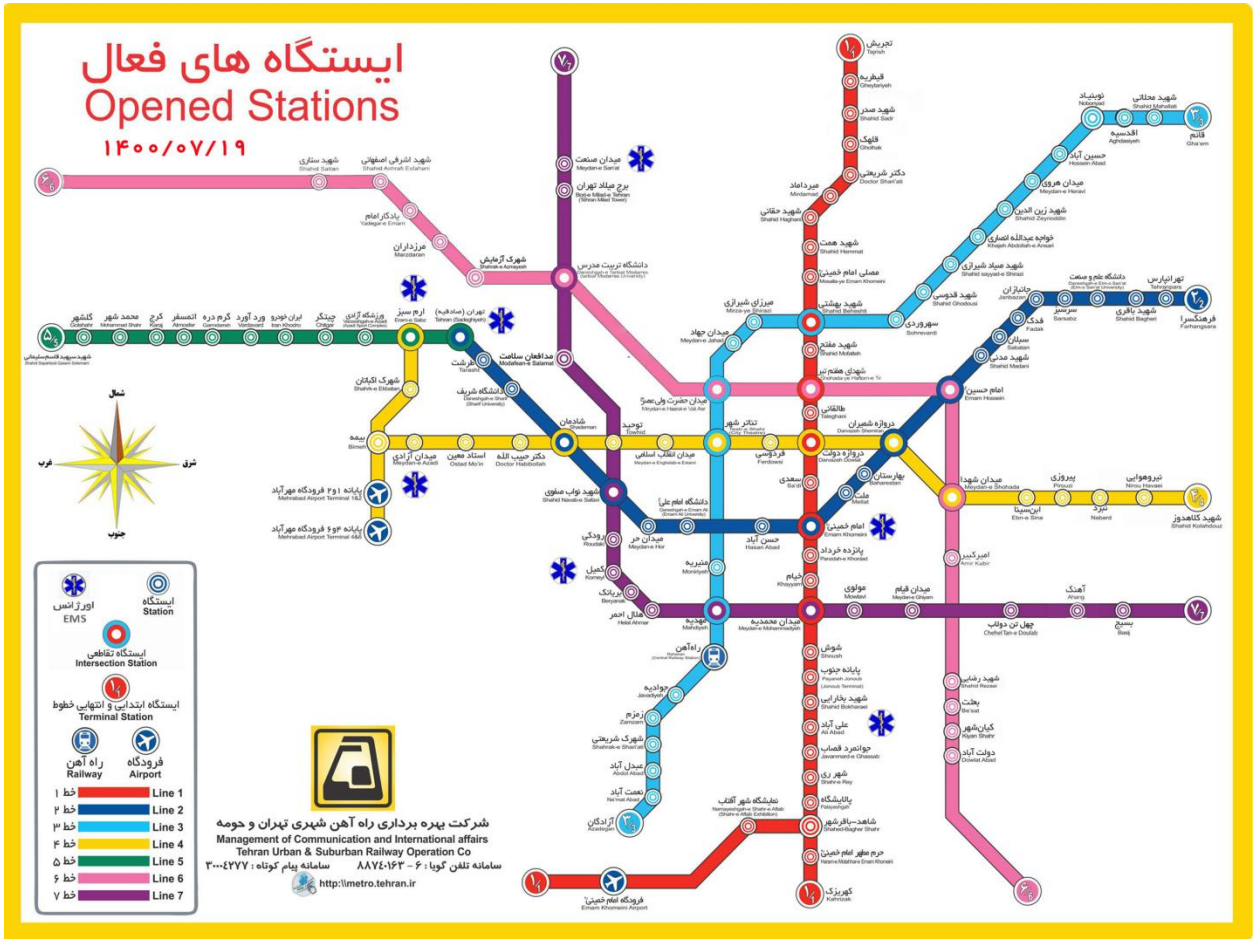
جامعه آماری تحقیق شامل کلیه کارکنان ایستگاه مترو امام خمینی (ره) کلان‌شهر تهران می‌باشد. در این مقاله حجم نمونه به‌صورت سیستماتیک و هدفمند انتخاب شده است که شامل ۲۴ نفر از کارکنان ایستگاه

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

امام خمینی براساس سمت در ستاد مدیریت بحران (رئیس ستاد مدیریت بحران، جانشین‌های رئیس ستاد، فرمانده حادثه، دبیر ستاد و ...) می‌باشد.

منطقه موردمطالعه

احداث قطار شهری در تهران به ۱۱۰ سال قبل بازمی‌گردد. تأسیس تاراموای شهری از جمله موارد پیش‌بینی شده در امتیازنامه‌ای بود که بارون ژولیوس دو رویتر در عهد ناصرالدین شاه روی کاغذ آمد. در همین سال‌ها یک خط آهن روزمینی بین دروازه شهر ری (حضرت عبدالعظیم) و میدان باغ شاه، با نام معروف ماشین دودی ساخته شد. شرکت سوفرتو و شرکت متروی فرانسه در سال ۱۳۵۰، مطالعات اجتماعی، اقتصادی و ترافیکی شهر تهران و پیش‌بینی تغییرات آن را برای سال ۱۳۷۰ آغاز کردند. در سال ۱۳۵۳ گزارش نهایی و انتخاب سامانه‌ای شامل یک شبکه خیابانی با یک کمربندی در پیرامون منطقه مرکزی و دو بزرگراه برای نواحی در حال ساخت شهری و یک شبکه مترو با ۷ خط که به‌وسیله شبکه اتوبوس‌رانی و تاکسی‌رانی تکمیل می‌شد ارائه گردید (https://metro.tehran.ir). این شبکه براساس طراحی اولیه، متشکل از هفت خط می‌باشد که شش خط آن درون‌شهری و یک خط برون‌شهری (تهران- کرج) می‌باشد. در شکل ۱ آخرین نقشه مترو ارائه شده است.



نقشه ۱- خطوط ریلی مترو تهران

منبع: (https://metro.tehran.ir)

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

۵- یافته تحقیق

به‌منظور ارزیابی نیازهای فنی و تأسیساتی مترو در راستای ایجاد و افزایش تاب‌آوری سامانه، براساس استانداردهای موجود در این زمینه، وضعیت موجود در متروی تهران بررسی گردید. برای این منظور، مطابق جلسات برگزار شده با مسئولین شرکت بهره‌برداری مترو تهران، ایستگاه امام خمینی (ره) برای نمونه به‌منظور تطابق الزامات تعیین و اطلاعات موردنیاز توسط انجام بازدیدها میدانی از تأسیسات و تجهیزات ایستگاه مذکور، جمع‌آوری گردید. با توجه به بازدیدهای به‌عمل آمده، شناسایی خطرهای احتمالی در بخش‌های مختلف و پیامدهای آن در جداول ۱ تا ۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- شناسایی خطرات سیستم فضاهای عمومی، سکوها و حریم ریلی ایستگاه

نام سیستم: فضاهای عمومی، سکوها و حریم ریلی ایستگاه			
کد شناسایی خطر	خطر	علت	پیامد
۱-۱	حرارت و وجود مواد قابل اشتعال	افزایش دما، ایجاد جرقه در کابل‌کشی‌های برق و اتصال کوتاه یا جریان‌کشی، مصالح کاربردی در بنای ایستگاه، انشعابات ناایمن برق، غرفه‌های تجاری، خرابی تأسیسات الکتریکی، عوامل خارجی مؤثر بر ایستگاه (مثل انفجار پمپ بنزین مجاور ایستگاه و ...)، خرابی تهویه و فن‌های انتقال هوا، تبادل حرارتی از طریق تأسیسات و تونل سکو به اماکن عمومی، تغییر کاربری	آتش‌سوزی، دودگرفتگی، نارضایتی مشتریان، ایجاد رعب و وحشت بین مشتریان و ازدحام جمعیت در خروجی‌های ایستگاه، آسیب و مرگ پرسنل و مشتریان، تعلل در فرایند کاری، آسیب به تجهیزات و تأسیسات زیربنایی، خدشه وارد شدن به اعتبار
۱-۲	وجود مواد قابل انفجار	بمب‌گذاری، حمل مواد قابل انفجار توسط افراد، استفاده از مواد قابل انفجار در غرفه‌ها، نشت گاز، بخارات بنزین و گازهای قابل انفجار در اثر عوامل بیرونی، تغییر کاربری، ورود گازها و بخارات از داکت‌های هواکش به داخل ایستگاه، سایر تهدیدهای بیرونی مثل وقوع انفجار در مناطق مجاور، سیلندرهای گاز اطفای تحت فشار، طراحی نامناسب فضاهای عمومی و مصالح	انفجار، آتش‌سوزی، دودگرفتگی، نارضایتی مشتریان، تعلل در فرایند کاری، ایجاد رعب و وحشت در بین مشتریان و ازدحام جمعیت در خروجی‌های ایستگاه، آسیب و مرگ پرسنل و مشتریان، آسیب به تجهیزات و تأسیسات زیربنایی، خدشه به اعتبار سازمان
۱-۳	ازدحام	اختلال ترافیکی (ناشی از نقص تجهیزات یا کمبود تجهیزات)، ساعت شلوغی ایستگاه یا ایام خاص و مناسبت‌ها، بروز حوادث در ایستگاه، نزاع و درگیری، نبود تجهیزات هشداردهنده، عوامل محیطی مثل شرایط جوی و ترافیکی خاص، نبود تجهیزات و خروجی اضطراری، تغییر کاربری نبود یا طراحی نامناسب درب خروج اضطراری و تجمع	نارضایتی مشتریان، ایجاد رعب و وحشت بین مشتریان، آسیب به تجهیزات و تأسیسات ناوگان، سقوط افراد در حریم ریلی، آسیب و مرگ پرسنل و مشتریان، تعلل در فرایند کاری، خدشه‌دار شدن اعتبار سازمان، نقص در عملیات روتین و بهره‌برداری، بروز مشکلات امنیتی، بروز مشکلات ترافیکی خارج از مترو
۱-۴	زلزله	رویدادهای طبیعی، انفجار	تخریب سازه ایستگاه، آسیب به تجهیزات، بالا آمدن حیوانات موذی در محیط، قطع ارتباطات (بی‌سیم و باسیم)، محبوس شدن مسافران، اختلال ترافیکی و عملیات بهره‌برداری، آسیب و مرگ پرسنل و مسافران، آتش‌سوزی، آب‌گرفتگی به دلیل شکست منابع آب زیرزمینی (لوله‌ها، قنوات) قطع برق، از ریل خارج شدن قطار، ازدحام، رعب و وحشت، تعلل در فرایند کاری
۱-۵	سیل، نشتی و آب‌گرفتگی	رویدادهای طبیعی، تخریب زهکش‌ها، ترکیدن لوله‌های آب و فاضلاب، گرفتگی جوی‌ها و مسیل آب، بالا رفتن سطح آب قنوات، مسدود شدن مسیرهای آب‌رو در داخل ایستگاه، نبود ایزولاسیون مناسب سازه نشتی آب از تجهیزات و تأسیسات ایستگاه به دلیل خوردگی، فرسودگی، ضربه و ...	تخریب سازه ایستگاه، آسیب به تجهیزات، تعلل در فرایند کاری، قطع ارتباطات (بی‌سیم و با سیم)، اختلال ترافیکی و عملیات بهره‌برداری، آسیب و مرگ پرسنل و مسافران، قطع برق، ازدحام، رعب و وحشت، محبوس شدن افراد، برق‌گرفتگی، آب‌گرفتگی در زیرسازه‌های مجاور و سستی سازه‌های مجاور، نشست زمین
۱-۶	بارش برف و باران، برودت و یخبندان	رویدادهای طبیعی	سر خوردن و لرزش، آسیب به افراد در ورودی‌ها، سقوط از پله‌ها در اثر لیز خوردن
۱-۷	تجاوز به حریم ریلی	عملیات‌های خرابکارانه، خطاهای انسانی، ناآگاهی مسافر، بیماری‌های فردی، تخلف مسافر، منع از خودکشی، شوخی‌های نابه‌جا، هل دادن، خطاهای پرسنلی، ازدحام	مرگ، برق‌گرفتگی، قطع عضو، شکستگی، اختلال در عملیات بهره‌برداری، تعلل در فرایند کاری، آسیب جسمی و روحی به منابع انسانی، آسیب به اموال و تجهیزات، ایجاد هزینه‌های غیرمستقیم
۱-۸	پله‌های برقی	توقف و حرکت ناگهانی، حرکت معکوس ناگهانی، خطای انسانی به دلیل ترس، ناآگاهی و عدم‌آموزش مسافران، پوشش مسافرین و گیر کردن لباس و اعضای بدن مسافران کم‌توان، ناتوان، کودکان و افراد مسن، کیفیت نامناسب پله‌های برقی و تجهیزات مربوط به تعمیرات و نگهداری نامناسب	سقوط تراوما، نقص عضو، شکستگی، مشکلات آرگونومی، اعتبار سازمان، آسیب به اموال و تجهیزات سازمان و مسافران، ازدحام، درگیری و نزاع به علت نارضایتی مسافران، افزایش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم، جرقه و آتش‌سوزی، مرگ افراد
۱-۹	آسانسور	سقوط آسانسور، محبوس شدن افراد، سقوط به داخل چاه آسانسور، خطای انسانی در حین تعمیرات، عملیات خرابکارانه و ضدامنیتی مثل حمل مواد منفجره، گیر کردن لباس و اعضای بدن، کیفیت نامناسب آسانسور و تجهیزات مربوطه، تعمیرات و نگهداری نامناسب و ضعف نظارتی، قطع برق، چیدمان نامناسب مبلمان ایستگاه و گیت‌ها، تغییر کاربری، طراحی نامناسب فضاهای عمومی و مصالح، مستهلک بودن تجهیزات	مرگ، نقص عضو، شکستگی، محبوس شدن، خدشه‌دار شدن اعتبارات سازمان، آسیب به اموال و تجهیزات سازمان و مسافران، درگیری و نزاع به علت نارضایتی مسافران، افزایش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم، جرقه، آتش‌سوزی، خفگی
۱-۱۰	فعالیت‌های تروریستی	ممکن نبودن نظارت کامل نیروهای امنیتی و پلیس مترو، وجود نقاط کور	انفجار، آتش‌سوزی، ایجاد رعب و وحشت و ...

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

جدول ۱ نشان می‌دهد که خطرهای شناسایی شده سیستم فضاهای عمومی، سکوها و حریم ریلی ایستگاه امام خمینی شامل حرارت و وجود مواد قابل اشتعال و قابل انفجار، زلزله، سیل، نشتی و آب‌گرفتگی، بارش برف و باران، برودت و یخبندان، تجاوز به حریم ریلی، پله‌های برقی، آسانسور و فعالیت‌های تروریستی می‌باشد.

خطر سیستم اتاق کنترل ناشی از فعالیت‌های انسانی است که مواردی همچون آموزش ناکافی، تجربه و مهارت ناکافی، عوامل درونی مانند عوامل ذهنی و عوامل بیرونی از علت آن به شمار می‌آید (جدول ۲).

جدول ۲- شناسایی خطرات سیستم اتاق کنترل

نام سیستم: اتاق کنترل			
کد شناسایی خطر	خطر	علت	پیامد
۲-۱	فعالیت‌های انسانی	آموزش ناکافی، تجربه و مهارت ناکافی، عوامل درونی مانند عوامل ذهنی مثل نقص در حافظه، عوامل بیرونی مثل تصمیم نادرست، عوامل مؤثر بر عملکرد مثل عجله، تخلف	تأثیر مخرب بر عملکرد سیستم و مالیات بهره‌برداری، ازدحام جمعیت، آسیب‌های مالی و جانی، پرسنل و مسافران، آسیب به تجهیزات

جدول ۳- شناسایی خطرات سیستم تونل و حریم ریلی مربوطه

نام سیستم: تونل و حریم ریلی مربوطه			
کد شناسایی خطر	خطر	علت	پیامد
۳-۱	حرکت و وسایل نقلیه ریلی	خطای انسانی راهبر قطار یا راهبر مرکز فرمان یا پرسنل تعمیر و نگهداری قطار، شکستگی ریل، سرعت نامناسب	برخورد دو وسیله نقلیه، مرگ و آسیب جسمی و روانی به پرسنل و مسافران، نارضایتی مسافران، ایجاد رعب و وحشت
۳ -۲	فعالیت‌های انسانی راهبر مرکز فرمان و راهبر قطار	آموزش ناکافی، تجربه و مهارت ناکافی، ورود غیرضروری افراد، شرایط محیطی نامناسب	برخورد وسیله نقلیه ریلی با هم یا با افراد یا جسم خارجی، آسیب به اموال و تجهیزات، مرگ و آسیب پرسنل و مسافران
۳-۳	ورود افراد به تونل	وجود نقاط کور روی سکو، ورود از طریق هواکش‌های میان تونل، تداخل کاری بین بهره‌بردای و تعمیرات و نگهداری، اعمال خرابکاری و تروریستی	آسیب به پرسنل و افراد، آسیب به تجهیزات و اموال، آسیب‌های روحی و روانی پرسنل، برخورد افراد به قطار و مرگ افراد، اختلال در روند بهره‌برداری
۳-۴	فعالیت‌های تروریستی	ممکن نبودن نظارت کامل نیروهای امنیتی و پلیس مترو، وجود نقاط کور	انفجار، آتش‌سوزی، ایجاد رعب و وحشت و ...

در جدول ۳ خطرات سیستم تونل و حریم ریلی مطرح شده است که شامل حرکت وسایل نقلیه ریلی، فعالیت‌های انسانی راهبر مرکز فرمان و راهبر قطار، ورود افراد به تونل و فعالیت‌های تروریستی می‌باشد که هریک از موارد پیامدهایی از قبیل برخورد دو وسیله نقلیه، مرگ و آسیب جسمی و روانی به پرسنل و مسافران، ایجاد رعب و وحشت و ... را سبب می‌شود. همچنین در جدول ۴، خطرات سیستم اتاق فنی، علت و پیامدهای آنها شناسایی شده است.

جدول ۴- شناسایی خطرات سیستم اتاق فنی

نام سیستم: اتاق فنی			
کد شناسایی خطر	خطر	علت	پیامد
۴-۱	تجمع هیدروژن در باتری‌خانه	خروجی هیدروژن از باتری‌ها، خوردگی	حرکت گاز به محل‌های مجاور، انفجار، آسیب به پرسنل و تجهیزات
۴-۲	حرارت	نقص در سیستم تهویه، بالا رفتن دمای تجهیزات، عوامل بیرونی ناشی از آتش‌سوزی، نقص در سیستم برق	آتش‌سوزی، آسیب به تجهیزات و افراد، نارضایتی کارکنان
۴-۳	فعالیت‌های انسانی	آموزش ناکافی، عدم تعادل ذهنی در برخی موارد، نقص در سیستم	تأثیر مخرب بر عملکرد سیستم و عملیات بهره‌برداری

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

جدول ۵- شناسایی خطرات سیستم پست‌های برق

نام سیستم: پست‌های برق			
کد شناسایی خطر	خطر	علت	پیامد
۵-۱	خطاهای انسانی	آموزش ناکافی، ورود غیرضروری افراد، عدم تعادل ذهنی در برخی موارد، نقص در سیستم	تأثیر مخرب بر عملکرد سیستم و عملیات بهره‌برداری، برق‌گرفتگی
۵-۲	حرارت	نقص در سیستم تهویه، بالا رفتن دمای تجهیزات، عوامل بیرونی ناشی از آتش‌سوزی، نقص در سیستم برق	آتش‌سوزی، آسیب به تجهیزات و افراد، نارضایتی کارکنان
۵-۳	تجهیزات و فضای کاری پست‌ها	فرسودگی تجهیزات، آب‌گرفتگی، وجود حیوانات موذی	تأثیر مخرب بر عملکرد سیستم و عملیات بهره‌برداری

در جدول ۵ خطاهای انسانی، حرارت و تجهیزات و فضای کاری پست‌ها به عنوان خطرات سیستم پست‌های برق بیان شده است که علتی همچون آموزش ناکافی، ورود غیرضروری افراد، نقص در سیستم انسانی، نقص در سیستم تهویه، افزایش دمای تجهیزات و فرسودگی تجهیزات دارد.

جدول ۶ نتایج اولویت‌بندی مخاطرات را نشان می‌دهد که براساس آن می‌توان گفت سیل، نشتی و آب‌گرفتگی دارای اولویت می‌باشد و حرارت در پست‌های برق، سیستم فاضلاب ایستگاه و وجود گازهای شیمیایی و نامطبوع دارای کمترین خطر هستند.

جدول۶- اولویت‌بندی مخاطرات شناسایی شده

ردیف	کد شناسایی خطر (براساس HAZID)	خطر	سطح ریسک (براساس HAZID)	اولویت‌بندی (براساس AHP)
۱	۵-۱	سیل، نشتی و آب‌گرفتگی	5E	۱
۲	۴-۱	زلزله	2E	۲
۳	۱-۱۰ و ۳-۴	فعالیت‌های خرابکارانه و تروریستی	2E	۲
۴	۱-۳	حرکت وسایل‌نقلیه ریلی (شامل پیامدهای مربوط به برخورد، از ریل خارج شدن، توقف‌های طولانی‌مدت)	2E	۲
۵	۳-۱	ازدحام	5D	۲
۶	۲-۱	وجود مواد قابل انفجار	1E	۳
۷	۳-۳	ورود افراد به تونل	2D	۴
۸	۱-۴	تجمع هیدروژن در باتری‌خانه	2D	۴
۹	۲-۳	فعالیت‌های انسانی (راهبر اتاق فرمان و راهبر قطار)	3C	۵
۱۰	۷-۱	تجاوز به حریم ریلی	3C	۵
۱۱	۱-۵	فعالیت‌های انسانی در پست‌های برق	2C	۶
۱۲	۱-۱	حرارت و وجود مواد قابل اشتعال	3B	۷
۱۳	۳-۴	فعالیت‌های انسانی در باتری‌خانه	2B	۸
۱۴	۶-۱	بارش باران، برف، برودت و یخبندان	2B	۸
۱۵	۸-۱	پله برقی	4A	۹
۱۶	۱-۲	فعالیت‌های انسانی اتاق کنترل	4A	۹
۱۷	۹-۱	آسانسور	3A	۱۰
۱۸	۳-۵	تجهیزات و فضای کاری پست‌ها	2A	۱۱
۱۹	۲-۴	حرارت در باتری‌خانه	3B	۱۲
۲۰	۲-۵	حرارت در پست‌های برق	1A	۱۳
۲۱	۱-۶	سیستم فاضلاب ایستگاه	1A	۱۳
۲۲	۲-۶	وجود گازهای شیمیایی و نامطبوع	1A	۱۳

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

با توجه به جدول معیار تعیین سطوح و امتیازات (جدول۷) و استفاده از الگوی امتیازدهی، امتیاز نهایی ایستگاه مترو تهران در حدود ۵۰ درصد می‌باشد و سطح ۳ قرار دارد که مطلوب نیست.

جدول ۷- معیار تعیین سطوح و امتیازات در هر زیرشاخص

سطوح امتیازدهی	وضعیت عملکردی وضعیت در زیرشاخص	درصد تخصیص‌یافته
سطح ۵	کل ساختار سازمانی در سیستم‌های مربوط به ایمنی فعالیت می‌کند و روش اجرایی مدونی درخصوص اجرای این شاخص وجود دارد و روش اجرایی موجود منطبق با الزامات استاندارد است و کلیه استانداردهای ایمنی را دربردارد و انطباق کامل دیده می‌شود.	۱۰۰
سطح ۴	بخشی از بدنه ساختار سازمانی در سیستم‌های مربوط به ایمنی فعالیت می‌کند و روش اجرایی مدونی درخصوص اجرای این شاخص وجود دارد و برخی از روش اجرایی موجود منطبق با الزامات استاندارد است و سیستم در برخی از استانداردها نقص دارد.	۷۵
سطح ۳	بخشی از بدنه ساختار سازمانی به‌صورت خاص در موضوعات مربوط به سیستم‌های ایمنی فعالیت می‌کند اما روش اجرای مدونی در این خصوص موارد ایمنی موجود نمی‌باشد و دستورالعمل‌های کاری ایمنی در دسترس نبود.	۵۰
سطح ۲	بخش‌هایی از بدنه سازمان به‌صورت پراکنده در این زمینه فعالیت می‌کند اما یکپارچگی خاصی مشاهده نشده و هیچ‌گونه روش اجرایی مدونی برای اجرای این بخش از سیستم جاری نشده است.	۲۵
سطح ۱	هیچ‌گونه ساختار سازمانی برای انجام فعالیت‌های مربوط به سیستم ایمنی وجود نداشته و همچنین هیچ‌گونه روش اجرایی مدونی برای اجرای این بخش از سیستم جاری نشده است.	٪۰

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

مخاطرات طبیعی بر اثر فرایندهای مختلف و رابطه بین انسان با محیط قابل توصیف و تعریف می‌باشد وگرنه پدیده‌هایی که خطر حساب می‌شود که در شهرها جاری می‌باشد. فرایندهای مختلف از زمان چیرگی فشار محیطی بر انسان و حاکمیت انسان بوده است و مجموعه‌ای از عوامل مانند زیرساختی- بهداشتی، پروژه‌های صنعتی، تسهیلات حکومتی و ... بر روند تاب‌آوری شهرها تأثیرگذار است. با روند افزایش جمعیت، مخاطرات روزبه‌روز افزایش پیدا می‌کند و رفاه حال شهروندان با مشکلات عدیده‌ای مواجه می‌شود. چنانچه تغییر طبیعیت اطراف شهرها و تغییر کاربری‌های گسترده همه و همه و زیرساخت‌های عمومی برای مقابله با تاب‌آوری شهرها لازم و ضروری است. براساس مطالعات صورت گرفته، تاب‌آوری و مخاطرات طبیعی نیز به دلایل مختلفی همچون شدت و میزان تأثیرگذاری بر محلات شهری قابل اهمیت می‌باشد و یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری است و پژوهشگران و محققان، تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام داده‌اند. هم‌چنین، در حال حاضر، سیستم مترو برای نیل به اهدافی طراحی شده و با توجه به ساختارش نیازمند نوعی مدیریت شهری است. آسیب‌پذیری ایستگاه‌های مترو در مقابل اتفاقات و حوادث در مقابل بسیاری از تناقضات و تمایلات قابل سنجش می‌باشد و سنجش این آسیب‌پذیری توسط تاب‌آوری قابل انجام است. با مدیریت و سازماندهی لازم برای آمادگی و مقابله با خطرات ناشی از تاب‌آوری و ایجاد فرماندهی مداوم، می‌توان میزان خطرات را کاهش داد. از سوی دیگر، ایستگاه‌های مترو به دلایل مختلفی چون جمعیت‌پذیری بالا از اهمیت بالایی برخوردارند و همواره در معرض تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت قرار دارند. کاهش آسیب‌پذیری ناشی از این تهدیدها در ایستگاه‌های مترو همانند هر فضای عمومی دیگری در سایه اقدامات پدافند غیرعامل، مدیریت ریسک و مدیریت بحران میسر است. با توجه به بررسی‌های انجام شده ضروری است که در کل زمینه‌های سیستم ایمنی مترو بازنگری گردد و نیازهای ایستگاه امام خمینی (ره) در خطوط جدید، اضافه شود. با توجه به اینکه بیشتر بخش‌ها در رده ۳

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

قرار گرفته است این موارد در خطوط جدید رعایت گردد؛ از این رو با اعمال قوانین در راستای مقاوم‌سازی خطوط قطار درون‌شهری، میزان امنیت شهروندان را افزایش داد. با وجود گذشت دهه‌های متوالی از تاب‌آوری هنوز درک کامل و اصلی از این مفهوم بین جوامع نیست و حوزه‌های مختلف علمی و مدیریت سوانح به یک توافق کلی و بین‌المللی نرسیده‌اند. یکی از معضلات پیش رو در تاب‌آوری شهرها که مورد پذیرش همگان است تعریف و توصیف روش‌های مختلف تاب‌آوری برای بهبود جوامع شهری است؛ گرچه با حرکت جوامع به سمت پایداری می‌توان به اهداف مذکور رسید؛ به‌گونه‌ای که پویایی جوامع و تغییر در برابر هرگونه تغییرات نیازمند بهره‌گیری از نظریات و رویکردهای مختلف است که سازماندهی مجدد، حفظ عملکردهای شهری، هویت شهری و کاهش اختلالات به‌عنوان یکی از جنبه‌های اصلی باید در دستورکار قرار بگیرد. بدین ترتیب تاب‌آوری و ظرفیت‌سازی برای آن با اهداف پایداری و سازگاری بین جوامع برای حفظ ساختارها و عملکردهای اساسی آن در زمان سوانح یک اصل اساسی در نظر گرفته می‌شود. چنانچه توانایی ایستادگی در مقابل واکنش‌ها و مسائل به فشار و مقاومت نیاز اساسی دارد و درک قطعی از تاب‌آوری را می‌توان با برگشت به پایداری حل کرد و جامعه را از تغییرات دوسویه که برای رسیدن به یک جامعه پایدار نیاز است نجات داد. هم‌چنین، براساس اطلاعات گردآوری شده و تحلیل داده‌ها، اصلی‌ترین مخاطرات در محدوده مطالعاتی شامل سیل، نشتی و آب‌گرفتگی، زلزله، فعالیت‌های خرابکارانه و تروریستی، حرکت وسایل نقلیه ریلی (شامل پیامدهای مربوط به برخورد، از ریل خارج شدن، توقف‌های طولانی‌مدت) و ازدحام می‌باشد. قابل ذکر است که این خطرات براساس مواردی از قبیل رویدادهای طبیعی، تخریب زهکش‌ها، ترکیدن لوله‌های آب و فاضلاب، گرفتگی جوی‌ها و مسیل آب‌ها، بالا رفتن سطح آب قنات‌ها، مسدود شدن مسیرهای آب‌رو در داخل ایستگاه، نبود ایزولاسیون مناسب سازه، نشتی آب از تجهیزات و تأسیسات ایستگاه به دلیل خوردگی و فرسودگی، اختلال ترافیکی ناشی از نقص تجهیزات یا کمبود تجهیزات، ساعت شلوغی ایستگاه یا ایام خاص و مناسبت‌ها، بروز حوادث در ایستگاه، نزاع و درگیری، نبود تجهیزات هشداردهنده عوامل محیطی مثل شرایط جوی و ترافیکی خاص، نبود تجهیزات و خروجی اضطراری، تغییر کاربری، نبود یا طراحی نامناسب درب خروج اضطرای و تجمع و .. رخ می‌دهند. با توجه به یافته‌های تحقیق، پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

۱- پایش وضعیت رفتار سازه تونل و خطوط ریلی و داده‌کاوی اطلاعات

۲- استفاده از تجهیزات اطفای حریق

۳- تکمیل سامانه هشدار سریع (در تعامل با سازمان بحران شهری)

۴- تدوین دستورالعمل تاب‌آوری در برابر شرایط اضطراری

۵- بررسی استفاده از پمپ‌های تخلیه با جذب دبی بالا در خط‌القعر خطوط

۶- بررسی استفاده از حوضچه‌های جمع‌آوری آب

۷- بررسی ایجاد سیل‌بند یا مسیرهای فرعی در ورودی‌های تونل و مسیرهای شیب‌دار

۸- بررسی ایجاد ورودی‌ها با سطح بالاتر نسبت به مسیر تونل

۹- بررسی استفاده از بالشتک‌های اسفنجی در ورودی‌های مسیر

۱۰- مطالعات زمین‌شناسی پس از وقوع رویدادهای طبیعی

۱۱- بررسی خطاهای انسانی با استفاده از ابزارهای علمی از قبیل شرپا، هرث و ...

۱۲- مشخص کردن متولی برای پیگیری و پایش در خصوص عملکرد شهرداری‌ها و سازمان‌های ذی‌ربط (آب و فاضلاب) برای لایروبی مسیرها.

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

۷- منابع

اسدی عزیزآبادی، مهسا؛ زیاری، کرامت‌اله، وطن‌خواهی، محسن. (۱۳۹۹). اولویت‌بخشی به ابعاد تاب‌آوری بافت فرسوده شهری بر اساس مدل مکانی تاب‌آوری سوانح (نمونه موردی: بافت فرسوده شهر کرج). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰(۵۶)، ۳۱۱-۳۲۸.

بصیرت، میثم؛ طاهرخانی، حبیب‌الله؛ هاشمی، سیدمناف. (۱۳۹۱). *نظام مدیریت شهری در برنامه پنجم توسعه کشور*. تهران: مهر.

پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌اله؛ صادقی، علیرضا. (۱۳۹۷). تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی بافت‌های فرسوده شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ شهرداری تهران). *نشریه برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، ۸(۲۸)، ۱۱۱-۱۳۰.

تورانپور، علیرضا. (۱۳۸۵). *سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و تأثیر آنها بر ایمنی راه‌های برون‌شهری نمونه موردی محور اندیمشک- پل زال*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران.

رضایی، محمدرضا. (۱۳۸۹). *تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله) مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران*. پایان‌نامه دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

رمضان‌زاده لسبویی، مهدی؛ بدری، سیدعلی. (۱۳۹۴). تبیین ساختارهای اجتماعی- اقتصادی تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب مطالعه موردی: حوضه‌های گردشگری چشمه کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت. *فصلنامه جغرافیا*، ۱۲(۴۰)، ۱۰۹-۱۳۱.

ساسان‌پور، فرزانه؛ آهنگری، نوید؛ حاجی‌نژاد، صادق. (۱۳۹۶). ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۴(۳)، ۸۵-۹۸.

شکری فیروزجاه، پری. (۱۳۹۶). تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی. *فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، ۴(۲)، ۲۷-۴۴.

نامجویان، فرخ؛ رضویان، محمدتقی؛ سرور، رحیم. (۱۳۹۶). تاب‌آوری شهری چارچوبی الزام‌آور برای مدیریت آینده شهرها. *نشریه جغرافیایی سرزمین*، ۱۴(۵۵)، ۸۱-۹۵.

Coghlan, A., & Norman, S. (2004). Trans-Tasman collaboration setting the new recovery agenda. *Australian Journal of Emergency Management, The*, *19*(4), 3-5.

Davoudi, S., Shaw, K., Haider, L. J., Quinlan, A. E., Peterson, G. D., Wilkinson, C., ... & Davoudi, S. (2012). Resilience: a bridging concept or a dead end? "Reframing" resilience: challenges for planning theory and practice interacting traps: resilience assessment of a pasture management system in Northern Afghanistan urban resilience: what does it mean in planning practice? Resilience as a useful concept for climate change adaptation? The politics of resilience for planning: a cautionary note: edited by Simin Davoudi and Libby Porter. *Planning theory & practice*, *13*(2), 299-333.

Delgado, D., & Aktas, C. B. (2016). Resilience of rail infrastructure in the US Northeast corridor. *Procedia Engineering*, *145*, 356-363.

Deloukas, A., & Apostolopoulou, E. (2017). Static and dynamic resilience of transport infrastructure and demand: the case of the Athens metro. *Transportation research procedia*, *24*, 459-466.

Doyle, A. (2016). Urban resilience: the regeneration of the Dublin Docklands. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning*, *169*(4), 175-184.

Drennan, L., McGowan, J., & Tiernan, A. (2016). Integrating recovery within a resilience framework: Empirical insights and policy implications from regional Australia. *Politics and Governance*, *4*(4), 74-86.

Frantzeskaki, N. (2016). Urban resilience: a concept for co-creating cities of the future.

Gunderson, L. (2010). Ecological and human community resilience in response to

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

natural disasters. *Ecology and society*, *15*(2).

Harrison, P., Bobbins, K., Culwick, C., Humby, T. L., La Mantia, C., Todes, A., & Weakley, D. (2014). Urban resilience thinking for municipalities.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, *4*(1), 1-23.

Jha, A. K., Miner, T. W., & Stanton-Geddes, Z. (Eds.). (2013). *Building urban resilience: principles, tools, and practice*. World Bank Publications.

Kabisch, S., Koch, F., Gawel, E., Haase, A., Knapp, S., Krellenberg, K., ... & Zehnsdorf, A. (Eds.). (2018). *Urban Transformations: Sustainable Urban Development Through Resource Efficiency, Quality of Life and Resilience* (Vol. 10). Springer.

Marius, K., & Venkatasubramanian, G. (2017). Exploring Urban Economic Resilience: The Case of A Leather Industrial Cluster in Tamil Nadu. *Savoirs et Mondes Indiens Working Papers Series*.

McManus, S., Seville, E., Vargo, J., & Brunsdon, D. (2008). Facilitated process for improving organizational resilience. *Natural hazards review*, *9*(2), 81-90.

Meerow, S. Newell, J.P. Stults, M. Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning .2016.147, 38–49.

Mitchell, T. (2003). *An operational framework for mainstreaming disaster risk reduction*. University College of London.

Persia, L., Usami, D. S., De Simone, F., De La Beaumelle, V. F., Yannis, G., Laiou, A., ... & Salathè, M. (2016). Management of road infrastructure safety. *Transportation research procedia*, *14*, 3436-3445.

Sansavini, G. (2017). Engineering resilience in critical infrastructures. In *Resilience and Risk* (pp. 189-203). Springer, Dordrecht.

Setiadi, R. Nalau, J. (2015). *Can urban regeneration improve health resilience in a changing climate*? Asian Cities Climate Resilience Working paper.

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2018). Resilience-oriented urban planning. In *Resilience-oriented urban planning* (pp. 3-27). Springer, Cham.

Yumagulova, L. (2020). Disrupting the riskscapes of inequities: a case study of planning for resilience in Canada's Metro Vancouver region. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, *13*(2), 293-318.

Zhang, D. M., Du, F., Huang, H., Zhang, F., Ayyub, B. M., & Beer, M. (2018). Resiliency assessment of urban rail transit networks: Shanghai metro as an example. *Safety Science*, *106*, 230-243.

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]

[Downloaded from iueam.ir on 2026-11-05]