مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره دوم، شماره ۵، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۷۸-۶۶
شاپا الکترونیکی: ۰۹۳۰-۲۹۸۱

شناسایی و اولویت‌بندی مولفه‌های موثر بر بهره‌گیری از فضاهای زیرزمینی به منظور توسعه پایدار فضاهای عمومی شهری با استفاده از روش تاپسیس (مطالعه موردی: شهر تهران)

محمدمهدی صفایی * دانشجوی دکتری معماری، واحد بین‌الملل کیش، پردیس دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران
محمد سعید ایزدی عضو هیئت علمی دانشکده هنر و معماری دانشگاه بوعلی سینا
علی افشار موسسه آموزش عالی اقبال لاهوری، مشهد
حمیدرضا عامری سیاهویی دانشیار گروه هنر و معماری دانشگاه پیام‌نور

چکیده مبسوط

مقدمه: یکی از مشکلات عمده شهرهای امروز، افزایش جمعیت و رشد سریع آن‌ها و کاهش سرانه کاربری‌های شهری است که به طور نامحسوسی تعاملات اجتماعی را کاهش داده است. شهرسازی زیرزمینی می‌تواند به ارتقای پایداری و تاب‌آوری شهری کمک کند. این فضاها می‌توانند به ایجاد شهرهای فشرده، افزایش تراکم و جلوگیری از گسترش بی‌رویه شهر کمک کنند. هدف تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی مولفه‌های موثر بر توسعه پایدار فضاهای زیرزمینی به عنوان بخشی از فضاهای عمومی شهری در تهران و ۶ منطقه منتخب بود.

مواد و روش‌ها: تحقیق از نوع کاربردی بود که به روش ترکیبی و در ۴ گام انجام شد. ابتدا با مطالعه عمیق فهرستی از مولفه‌ها و عوامل موثر تهیه شد و سپس از ۲۳ نفر خبره به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل و گزینه ها استفاده شد. روش نمونه‌گیری از نوع هدفمند بود که تا رسیدن به نقطه اشباع نظری ادامه یافت. روش تحلیل عاملی تاییدی برای برازش مدل استفاده شد. بدین شکل که از مدل معادلات ساختاری به روش حداقل مربعات جزئی (PLS) بر اساس نرم‌افزار SmartPLS نسخه ۲ استفاده گردید. همچنین، تکنیک تاپسیس برای نرمالیزه کردن، بی‌مقیاس‌سازی و در نهایت رتبه‌بندی بکار گرفته شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که مولفه‌های موثر شامل ۴ عامل اصلی و ۲۰ عامل فرعی بودند و تمام مولفه در بخش شرایط علی (عوامل اصلی و فرعی) از ضریب آلفای کرونباخ و مقدار پایایی ترکیبی مورد تایید برخوردار بودند. میانگین مقادیر ضرایب R^2 (۰/۰۸۸) و مقدار میانگین مقادیر اشتراکی (۰/۹۳) آن بدست آمد. مقدار GOF معادل (۰/۳۸۲) بدست آمد که نشان از برازش قوی مدل نهایی پژوهش است. در نهایت، گزینه برتر مجموعه فرهنگی آزادی (۰/۸۶۱) و پس از آن زیگذر چهارراه ولیعصر (۰/۷۷۴) انتخاب شدند. همچنین مجموعه تفریحی بام‌لند و موزه قرآن نیز به ترتیب با ۰/۶۶۱ و ۰/۵۷۳ رتبه‌های آخر را اخذ کردند.

نتیجه‌گیری: استفاده و توسعه فضاهای زیرزمینی به عنوان فضاهای عمومی شهری با چالش‌هایی مواجه است. این مشکلات شامل عدم کارایی و رونق، افزایش جرم‌خیزی و عدم امنیت، دسترسی محدود در حوادث، و هزینه های اضافی برای تهویه و روشنایی است. همچنین، نگرش منفی جامعه نسبت به فضاهای زیرزمینی و مشکلاتی در برقراری ارتباط و مکان‌یابی از دیگر محدودیت‌ها هستند. با بهبود طراحی این فضاها و پذیرش افکار عمومی، استفاده از معماری زیرزمینی می‌تواند به حل مشکل کمبود فضاهای عمومی در تهران کمک کند و استقبال بیشتری را به دنبال داشته باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

واژه‌های کلیدی: فضای عمومی شهری، توسعه پایدار، فضای زیرزمینی، روش تاپسیس- شهر تهران

نویسنده مسئول: محمدمهدی صفایی
نشانی: ، واحد بین‌الملل کیش، پردیس دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران. **تلفن:** ۰۹۱۲۱۲۱۱۵۴۱ **پست الکترونیکی:** mm_safaee@azad.ac.ir

استناد: صفایی محمدمهدی، ایزدی محمد سعید، افشار علی، عامری سیاهویی حمیدرضا. شناسایی و اولویت‌بندی مولفه‌های موثر بر بهره‌گیری از فضاهای زیرزمینی به منظور توسعه پایدار فضاهای عمومی شهری با استفاده از روش تاپسیس (مطالعه موردی: شهر تهران). پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۵): ۶۶-۷۸.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

فضاهای عمومی در محیط شهری، به عنوان امری ضروری برای شهروندان، روابط اجتماعی و سلامت روان جامعه محسوب می شوند. فضاهای شهری بخشی از فضاهای باز و عمومی شهرها هستند که به نوعی تبلور ماهیت زندگی جمعی می‌باشند، یعنی جایی که شهروندان در آن حضور دارند (نیک‌پور و یاراحمدی ۱۳۹۹). این فضاها، ابزاری برای ارتباطات، مکانِ فرصت‌سازی برای رویارویی مستقیم شهروندان و محلی برای مدیریت و هماهنگ کردن شهروندان محسوب می‌گردند (کاستا و همکاران ۲۰۱۸). این قبیل فضاها، در صورتی که دارای طراحی و مدیریت مناسبی باشند، می‌توانند نقش تعیین کننده‌ای در ارتقای رفاه فردی و ایجاد ارزش‌های مثبت اجتماعی ایفا کنند (لاولر و نیکولز[1] ۲۰۰۸). امروزه کیفیت فضایی در فضاهای عمومی به طور فزاینده‌ای به صورت یک عنوان پژوهشی مهم در رشته‌های گوناگون توسعه شهری مطرح می‌شود. مفهوم کیفیت فضایی خود زیرمجموعه‌ای از مقوله کیفیت فضاهای شهری است. فضاهای عمومی از لحاظ تاریخی نقش پویای اجتماعی و بسیار تأثیرگذار در ساختار شهر ایفا می‌کنند. در بافت‌های شهری، انتظارات اولیه هر فرد با شاخص‌های کیفی فضایی، زیبایی‌شناختی و نیز دسترسی به بخش‌های اطراف شکل می‌گیرد. امروزه، فضاهای عمومی با چالش‌های زندگی شهری دست‌به‌گریبان هستند (مولر و همکاران ۲۰۱۸). یکی از مشکلات عمدهٔ شهرهای امروز، افزایش جمعیت و رشد شتابان شهرها و کاهش سرانه کاربری‌های شهری است که حضور شهروندان در فضاهای شهری و همچنین تعاملات اجتماعی آن‌ها را به طور نامحسوسی کاهش داده و عمدتاً خیابان‌ها را به فضایی برای عبور و مرور سواره تبدیل کرده است (محتشم‌نیا ۱۴۰۲؛ منزه و همکاران ۲۰۱۹). کمبود فضاهای عمومی شهری می‌تواند زمینه‌ساز بروز آسیب‌های روانی و جسمی برای شهروندان و مشکلات اجتماعی فراوان باشد. کوچ بسیاری از افراد به شهر تهران باعث توسعه سریع بی‌رویه این شهر گردیده است که طی دهه‌های اخیر باعث افزایش تراکم شهر، جمعیت و ساخت سرپناههای بیشتر بوده است. در نتیجه شهر تهران با کمبود فضاهای خدمات شهری و مخصوصاً فضاهای عمومی مواجه گردیده است. از یک طرف اشغال زمین‌های شهری و ساخت خانه‌های مسکونی و از طرف دیگر محدودیت‌های پیرامون شهر باعث کمبود زمین‌هایی می‌شود که قابلیت تبدیل به فضاهای عمومی را دارند. بنابراین در حال حاضر احداث و یا توسعه فضاهای عمومی در تهران، با هزینه‌های بسیار زیاد همراه است (بهادری و همکاران ۱۴۰۰). استفاده از فضاهای زیرزمینی سابقه کهن در اغلب نقاط کره زمین دارد. بسیاری از معماران بومی باتوجه به شرایط اقلیم و دفاع شهرها و روستاها و پاسخ به نیازها به استفاده از معماری زیرزمینی پرداخته‌اند (روانشاد و همکاران ۱۴۰۱). استفاده از معماری زیرزمینی با اهداف متناسب با شرایط مکانی و موضوعی در حال انجام است و معماران و مدیران شهری در مناطق مختلف جهان از این روش برای حل مشکلات شهری بهره می‌برند (نصراصفهانی و همکاران ۱۳۹۷). امروزه تجارب جهانی در استفاده از فضاهای زیرزمینی در گوشه و کنار کره زمین و با فرهنگ‌ها و معماری‌های مختلف از گذشته تا کنون به چشم می‌خورد. اگرچه این تجارب با توجه به منطقه جغرافیایی، مسایل فرهنگی، اجتماعی و نیازهای آن منطقه متفاوت می‌باشد. بطور کلی، یک فضای زیرزمینی برای آنکه بتواند موانع پیش روی خود را بردارد و به عنوان یک فضای شهری موفق عمل نماید باید از ابعاد مختلف انتظارات استفاده‌کنندگان خود را تامین نماید. در غیر این صورت به عنوان فضایی متروک، پس از گذشت زمان هویت خود را به طور کامل از دست می‌دهند. این ابعاد مختلف را می توان در گروههای اجتماعی، روان‌شناسی، فرهنگی، کالبدی، عملکردی، ترافیک و دسترسی، زیست محیطی، فنی و اجرایی، اقتصادی و حقوقی قلمداد نمود که هریک از این موارد انتظاراتی را برای بهره‌برداران به وجود می‌آوردند.

بنابراین، هدف از این تحقیق شناسایی و معرفی الگویی برای طرح ریزی و استفاده از فضاهای زیرزمینی به عنوان گزینه‌ای برای توسعه پایدار فضاهای عمومی شهری در تهران می‌باشد.

براساس گزارش سازمان ملل متحد، امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند (پایول و سن[2] ۲۰۱۸). فضاهای عمومی از دیدگاههای مختلف قابل تعریف می‌باشند؛ از دیدگاه اجتماعی؛ فضای عمومی فضایی است که در آن روابط بین انسان‌ها شکل می‌گیرد، فعالیت‌های اجتماعی در آن صورت می پذیرد و باعث پیوند بین اقشار متفاوت جامعه می‌شود. از دیدگاه سیاسی؛ فضای عمومی مکانی است برای بیان مطالبات سیاسی و اعتراضات مردمی. از دیدگاه روان‌شناسی؛ فضای عمومی محیطی جهت ارتقا کیفیت زندگی است که در سلامت روانی جامعه و سرزندگی اجتماعی نقش مهمی ایفا می‌کند.

در مفاهیم معماری، فضای عمومی مکانی باز و قابل دسترس برای همه شهروندان است که مقابل فضای خصوصی قرار می گیرد، یعنی جایی که دسترسی به آن محدود و کنترل شده

1.Lawlor & Nicholls
2.Paul & Sen

است(لیو[1] و همکاران ۲۰۱۱). در بیان دیگر فضاهای عمومی به تمام بخش‌هایی از محیط طبیعی و ساخته شده اطلاق می‌شود، جایی که عموم به آن‌ها دسترسی آزاد دارند (ساکیر و همکاران ۲۰۱۸). شرط اصلی فضاهای عمومی این است که در آن‌ها تعامل و مراودهٔ اجتماعی صورت گیرد و عموم مردم به آن دسترسی فیزیکی و بصری داشته باشند.

فرانسیس تیبالز[2] از مهم‌ترین شاخصه‌های فضاهای عمومی شهری را تماس و تعامل انسان‌ها با یکدیگر می‌داند. جان لنگ[3] معتقد است چگونگی تصمیم‌گیری‌های جمعی در یک شهر وابسته به فضاهای عمومی آن شهر است. کرمونا[4] عرصه‌های کالبدی و عرصه‌های عمومی، فرهنگی و اجتماعی را مورد بررسی قرار داده است. نانسی فریزر[5] فضاهای عمومی را تامین کننده منافع عمومی شهروندان تلقی می‌کند. سعید ایزی[6] استفاده مداوم از فضاهای عمومی را باعث امنیت شهر می‌داند و توسعه این فضاها را عامل زندگی با کیفیت‌تر شهروندان و مرغوبیت یک شهر قلمداد می‌کند (پوو و همکاران ۲۰۲۱).

برای ایجاد فضاهای عمومی چندین هدف را می‌توان مورد نظر و بررسی قرار داد و آنها را می‌توان چنین بیان کرد: اولین و در عین حال مهم‌ترین هدف فضاهای عمومی این است که مردم را از خانه خارج کند و به اجتماع بازگرداند. دعوت مردم به حضور در اجتماع در دورانی که انسان هر روز بیشتر از روز قبل به سمت انزوا کشیده می‌شود، هدف بزرگی است که اگر محیطی بتواند تنها همین وظیفه اجتماعی را به انجام برساند، به جرات می‌توان گفت که در رسالت خود به عنوان یک فضای عمومی کاملاً موفق عمل کرده است (دارابی و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین فضاهای عمومی شهری با داشتن فاکتورهای یک فضای جمعی مناسب، می‌توانند در ارتقای تعاملات اجتماعی تاثیرگذار باشند. در واقع حضور در چنین فضاهایی برای شهروندان می‌تواند نوعی تمرین جهت تجمع و گردهمایی باشد. این موضوع کاربرد فضاهای عمومی را از محلی صرفاً برای تفریح و وقت‌گذرانی خارج کرده و می‌تواند موجب افزایش همبستگی اجتماعی و تقویت یکپارچگی جامعه شود که خود عاملی جهت ایجاد سرمایه‌های اجتماعی در جامعه، کاهش فشارهای اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی شهری می‌شود (دینسر و همکاران ۲۰۱۶). امروزه رهیافت‌های گوناگونی برای برون رفت و مواجهه با مشکلات شهرنشینی مطرح شده است؛ یکی از جدیدترین این موارد پیشنهادی، استفاده از قابلیت های توسعه زیرزمینی در شهرها و به ویژه کلان‌شهرها است (کی هو ۲۰۱۶). توسعه فضاهای زیرزمینی شهری با هدف تامین زیرساخت‌های مورد نیاز شهرها در حوزه حمل‌ونقل و تاسیسات و شریان‌های حیاتی، حل مسائل شهری، ایجاد فضاهای امن و پناهگاههای چندمنظوره به ویژه در مکان‌های عمومی از جمله رویکردهای مورد توجه شهرسازی زیرزمینی می‌باشد (گورر و همکاران ۲۰۱۷).

شهرسازی زیرزمینی می‌تواند نقش مهمی در ارتقای پایداری و تاب‌آوری شهری ایفا نماید. فضاهای زیرزمینی می‌تواند به ایجاد شهر فشرده و افزایش تراکم در شهر کمک نموده و از گسترش بی‌رویه شهر جلوگیری نماید. همچنین فضاهای زیرزمینی را می توان در راستای شهر قابل زندگی بکار گرفت، بطوری که با رویکرد شهرسازی زیرزمینی، کیفیت فضاهای عمومی، میزان فضاهای سبز و تفریحی و زیرساخت‌های لازم را افزایش داد (بروار، ۲۰۱۶). شهرسازی زیرزمینی قابلیت‌های زیادی در حل مسائل شهری داراست. حل مشکلات ترافیکی مانند ازدحام و شلوغی ترافیک سواره، کاهش آلودگی‌های هوا و صدا، حفاظت در برابر بلایای طبیعی، حل مشکل کمبود فضا و حفاظت از میراث فرهنگی و محیطزیست از جمله قابلیت‌های مثبت شهرسازی زیرزمینی است. شهرسازی زیرزمینی تفکری است که با بهره گیری از فضاهای زیرزمینی سعی دارد مسائل و مشکلات شهری را حل نموده و شهری زیست‌پذیر و ایمن را ایجاد نماید (هانت و همکاران ۲۰۱۶).

در مجموع می‌توان گفت این فضاها به عنوان بخش مهمی از منابع فضایی شهری، اهمیت زیادی برای بهبود بهره‌وری استفاده از زمین و کاهش تراکم ترافیکی در مناطق مرکزی شهر دارند. توسعه استفاده از این فضاها، به بهبود محیطزیست محیطی شهری کمک خواهد کرد. با سرعت بخشیدن به شهرنشینی، گستردگی و عمق استفاده از فضای زیرزمینی به اندازه بی‌سابقه ای رسیده است و بسیاری از مشکلات در رونق توسعه فضای زیرزمینی از قبیل: عدم برنامه‌ریزی، طرح غیرمنطقی و استفاده بی رویه، ناشی می‌شود. فضای زیرزمینی، منبع ارزشمند غیرقابل تجدید است و بسیاری از حفره‌هایی که در زیرزمین ایجاد شده‌اند، عواقب برگشت‌ناپذیری دارند (مارگریتا و همکاران ۲۰۱۸؛ مولایی ۱۳۹۷).

بنابراین، توسعه فضای زیرزمینی باید با دقت و حرفه‌ای انجام شود. برای اطمینان از بهره‌برداری پایدار از فضای زیرزمینی، قبل از حفاری و ساخت‌وساز باید عوامل موثر بر پتانسیل توسعه فضای زیرزمینی شهر را مورد بررسی قرار داد. تونگ (۲۰۰۶) در مطالعات خود رشد اقتصادی را به عنوان عامل اصلی توسعه فضایی زیرزمینی پیشنهاد کرد. چن و وانگ (۲۰۰۵) در تحقیقی رابطه مثبت بین استفاده از فضای زیرزمینی شهری با درآمد سرانه

سالانه شهروندان را تایید کردند. وانگ[3] و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی عوامل موثر بر توسعه بالقوه فضای شهری زیرزمینی در بخشهایی از شهر نانینگ[4] چین پرداختند. عوامل متعددی از قبیل :زمین‌شناسی، قیمت زمین، شرایط مکانی، سطح توسعه اقتصادی، مزایای توسعه فضای شهری زیرزمینی و سازگاری با برنامه‌ریزی شهری برای بررسی انتخاب شدند. نتایج نشان دادند هر چه قیمت متوسط مناطق بالاتر باشد، ارتباط مثبت و معناداری با توسعه بالقوه فضای شهری زیرزمینی وجود دارد؛ لذا مناطق با قیمت بالاتر زمین و شرایط مطلوب مکانی، دارای اولویت توسعه هستند. بابیلف[5] (۲۰۱۱) مشکلات زیرساختاری فضای شهری زیرزمینی در مسکو را بررسی کرد.

نگاهی به تاریخ کهن تهران نشان می‌دهد که تهران در ابتدا آبادی در نزدیکی ری بوده که دارای محلاتی در زیرزمین بوده است و اهالی آن در زیرزمین زندگی می‌کرده‌اند. با توجه به توصیفات تاریخ‌نگاران از تهران، ساختن خانه‌ها در زیر زمین به دو دلیل توجیه‌پذیر است: گرمای شدید منطقه در فصل تابستان و دفاع در برابر دشمن خارجی. همچنین فضاهای زیرزمینی در تهران قدیم بیشتر به صورت قنات و یا آب انبار مورد استفاده قرار می‌گرفتند و با گذشت زمان بسیاری از این فضاها جهت استفاده مجدد، تغییر کاربری داده‌اند.

مواد و روش‌ها

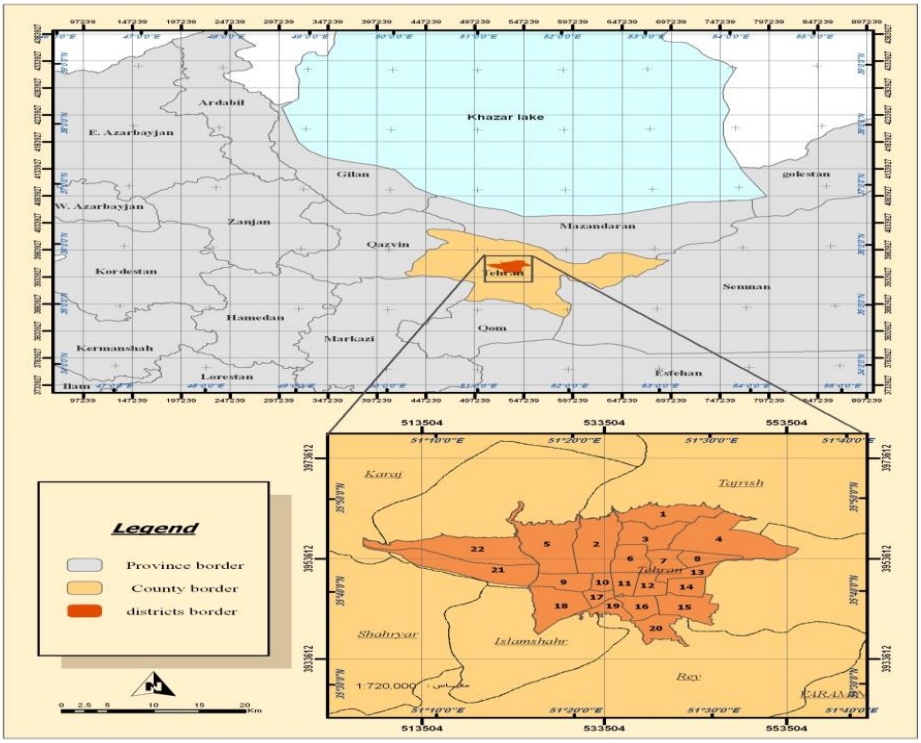
منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در این پژوهش، شهر تهران است که در دامنه های جنوبی رشته کوه البرز قرار دارد. تهران با مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع، عنوان بیست و هفتمین شهر بزرگ جهان را به خود اختصاص داده است. جمعیت تهران طبق سرشماری ملی اخیر (۱۳۹۵) معادل با ۸۴۲۹۸۰۷ نفر اعلام شده است (دارابی و همکاران، ۲۰۱۹). ارتفاع تهران بین ۱۰۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا است. متوسط دمای سالانه و رطوبت نسبی در تهران به ترتیب حدود ۱۵ درجه‌سانتیگراد و ۴۰٪. و متوسط بارندگی سالانه تهران حدود ۲۴۲ میلیمتر است. ناهمواری‌های تهران شامل: رشته کوه‌های البرز در شمال، بخش‌های مرکزی و کوهپایه‌های جنوبی البرز و دشت‌های آن است و اقلیمی نیمه خشک دارد. آب و هوای استان تهران تحت تاثیر رشته کوه البرز در شمال، دشت کویر در جنوب و بادهای باران‌زا غربی قرار دارد که باعث شده تا در مناطق مختلف تهران آب و هوای مختلفی شکل بگیرد. این استان دارای ۱۶ شهرستان، ۴۵ شهر و ۷۸ دهستان است و به ۲۲ منطقه و ۱۲۲ ناحیه شهری تقسیم شده است. بررسی‌های زمین‌شناسی صورت گرفته بیانگر آن است که شهر تهران روی چندین گسل، از جمله گسل‌های شمال تهران، مشا، نیاوران، شیان و کوثر، شمال ری، جنوب ری، کهریزک، پارچین، دارآباد، عباس‌آباد، نارمک، قصر فیروزه و جز آن‌ها قرار دارد (رودباری ۱۴۰۱).

از جمله مهمترین دلایل انتخاب شهر تهران به عنوان نمونه موردی پژوهش، به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

شهر تهران به لحاظ تاریخی و باستان‌شناسی دارای سوابقی از سکونتگاههای زیرزمینی بوده است؛ توسعه خطوط مترو در تهران توام با مطالعات و طراحی‌های اولیه در این خصوص بوده است؛ با توجه به گسترش فیزیکی شهر و افزایش جمعیت، نیاز و ضرورت استفاده بهینه از فضاهای زیرزمینی احساس می‌گردد؛ در طرح جامع شهری تهران (سال ۱۳۸۵) بر لزوم استفاده از فضاهای زیرزمینی تاکید شده است؛ تهران می‌تواند به عنوان الگویی برای سایر شهرهای کشور مطرح باشد. شکل (۱) نقشه سیستم زهکشی شهر تهران را نشان می‌دهد.

3.Wang
4.Nanning
5.Bobylev



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مطالعاتی

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر مبنای روش ترکیبی (آمیخته) انجام پذیرفته است. پژوهش‌های ترکیبی، مجموعه اقداماتی است که برای جمع‌آوری، تحلیل و ترکیب اطلاعات کمی و کیفی در یک مطالعه واحد و به منظور شناخت مسئله تحقیق انجام می‌شوند. گام‌ها و مراحل تحقیق به شرح ذیل می‌باشند:

گام اول: در ابتدا با روش مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی نمونه های موجود داخلی و خارجی، پیشینه تحقیق و مبانی نظری داده های مورد نیاز گردآوری شد. سپس از طریق کدگذاری چندمرحله ای، نسبت به تدوین مولفه‌های اثرگذار بر طراحی مدل اقدام گردید. در پایان این مرحله، فهرست اولیه از عوامل موثر تهیه شد.

گام دوم: در این مرحله اقدام به منظور بازشناسایی و تایید فهرست استخراج‌شده از مرحله پیشین، اقدام به طراحی پرسشنامه محقق ساخته گردید. روایی صوری و محتوایی آن توسط ۳ نفر از اساتید دانشگاهی ارزیابی شد. سپس، از میان متخصصان و خبرگان حوزه های دانشی مرتبط با رشته‌های معماری، شهرسازی، طراحی شهری و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، نمونه آماری انتخاب شد. نمونه گیری در این پژوهش با استفاده از روش غیراحتمالی به صورت هدفمند انجام شد و تا اشباع نظری ادامه پیدا کرد. تعداد نمونه‌ها ۲۳ نفر به دست آمد. در این بخش از روش تحلیل عاملی تاییدی استفاده شد.

با توجه به اینکه مقدار میانگین واریانس استخراجی (AVE) در تمامی متغیرها بزرگ‌تر از ۰/۴ بوده است، مناسب بودن میزان روایی همگرا نیز مورد تأیید و تصدیق قرار گرفت. برای سنجش روایی همگرا از رابطه ۱ استفاده شد.

$$AVE = \frac{\sum \lambda_i^2}{\sum \lambda_i^2 + \sum_i \mathrm{var}(\varepsilon_i)} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این فرمول، λ مقدار بار عاملی و واریانس خطا (ε) در محاسبات در نظر گرفته شده است.

همچنین، در این تحقیق پایایی ابزار تحقیق بر اساس ضریب آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی مورد بررسی قرار گرفت. پایایی ترکیبی (مرکب) باید مقداری بیش از ۰/۷ را به دست آورد تا بیانگر ثبات درونی سازه باشد (کامیابی و همکاران، ۱۳۹۴). ضریب پایایی مرکب به صورت رابطه (۲) محاسبه شده است:

$$CR = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} \delta_i\right)} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن λ مقدار بار عاملی و δ واریانس خطا است. نتایج ضریب

همبستگی درونی گویه‌ها و مولفه‌های پرسشنامه با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ و ضریب پایایی ترکیبی نشان داد که ضرایب تمامی آنان بالاتر از ۰/۷ می‌باشد و بیانگر آن است که پرسشنامه و مولفه‌ها از قابلیت پایایی و اعتبار مناسبی برخوردار است.

گام سوم: پس از جمع‌بندی مراحل اول و دوم و تدوین الگوی کلی، با استفاده از روش به منظور بررسی روایی همگرا و واگرا ابزار تحقیق از ضرایب میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده (AVE) بر اساس تحلیل عاملی استفاده شده است. همچنین از مدل معادلات ساختاری به روش حداقل مربعات جزئی (PLS) بر اساس نرم‌افزار SmartPLS نسخه ۲ استفاده گردید.

گام چهارم: پس از شناسایی مهمترین معیارها با تکمیل ماتریس تصمیم‌گیری و بهره‌گیری از روش تاپسیس (TOPSIS) نسبت به اولویت‌بندی و تعیین گزینه ایده‌آل توسط گروه خبره، اقدام شد. در روش TOPSIS، m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می گردد. بر این اساس گزینه‌ها بر اساس حداقل فاصله از راه‌حل ایده آل (راه‌حل ایده‌آل مثبت یا بهترین حالت ممکن A_i^+) و حداکثر فاصله از راه‌حل ایده‌آل (راه‌حل ایده‌آل منفی یا بدترین حالت ممکن) دارند، انتخاب می‌شوند (یو و همکاران، ۲۰۲۱).

به منظور مقایسه و اولویت‌بندی گزینه‌ها، شش فضای منتخب توسط تیم تحقیق شناسایی و به گروه خبرگان معرفی شدند. این فضاهای منتخب زیرزمینی شامل: ۱. زیرگذر چهارراه ولیعصر، ۲. ایستگاه مترو امام خمینی، ۳. کتابخانه دانشگاه علم و صنعت، ۴. مجموعه تفریحی و تجاری بام‌لند، ۵. موزه قرآن، ۶. مجموعه فرهنگی آزادی؛ می‌باشند.

برای امتیازدهی به آمارهای بدست آمده از پرسشنامه‌ها از روش وزن‌دهی به آنها استفاده شده است. در ابتدا پاسخ‌های "بدون نظر" از مجموع پاسخ‌ها حذف شده تا به بررسی پاسخ‌های روشن پرداخته شود. سپس برای هر یک از گزینه‌های پرسشنامه ضریبی در نظر گرفته شده است تا درجه اهمیت هریک از دیگری متمایز باشد. برای "کاملاً موافق" و "کاملاً مخالف" ضریب ۳ و برای "موافق" و "مخالف" ضریب ۲ در نظر گرفته شده است. امتیاز بدست آمده از تمامی "موافق"ها، عددی مثبت و "مخالف"ها، عددی منفی در نظر گرفته شده‌اند و سپس امتیازات منفی از امتیازات مثبت کم شده است تا برای هر مورد از پرسشنامه در هر فضا یک امتیاز بدست آید.

نتایج و بحث

مدل پارادایمی براساس یافته‌های تحقیق مشتمل بر ۴ عامل اصلی و ۲۰ عامل فرعی به شرح ذیل بوده است:

الف) عوامل بهداشتی و محیط زیستی

رعایت زیبایی بصری، ملاحظات کنترل آلودگی‌های محیطی، رعایت نظافت و پاکیزگی، تهویه و تصفیه هوا به شکل مناسب

ب) عوامل ایمنی و امنیتی

احساس امنیت توسط شهروندان هنگام وقت‌گذرانی در فضا، احساس راحتی شهروندان هنگام وقت‌گذرانی در فضا، رعایت مسائل ایمنی، فاصله از گسل‌های فعال، کنترل آب‌های زیرزمینی، در نظر گرفتن خطر رانش و نشست زمین

پ) عوامل کالبدی، دسترسی به فضا، سازمان‌یافتگی فضایی، خوانایی فضایی و ایجاد حس دعوت‌کنندگی، استفاده از مبلمان شهری مناسب،قابلیت استفاده برای کاربری‌های مختلف،دارا بودن وجه تمایز فضا با سایر فضاهای عمومی زیرزمینی،القا کردن حس تعلق به فضا

ت) عوامل اجتماعی و فرهنگی

دارا بودن ویژگی سرزندگی، دارا بودن ویژگی جامعیت و قابل استفاده بودن برای اقشار مختلف، وجود فعالیت‌های متنوع جهت جذب کاربران

پیش از اجرای معادلات ساختاری، شاخص کفایت نمونه‌گیری (KMO) جدول (۱) محاسبه گردید. این شاخص برابر با ۰/۸۹ محاسبه شد. بنابراین، نتایج بیانگر آن است که انجام مدل معادلات ساختاری تحقیق مجاز و دارای اعتبار لازم است.

جدول ۱- نتایج آزمون KMO برای کفایت نمونه‌ها

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy	۰/۸۹
Chi-square	۱۴۴۰/۳۳۱۱
Df	۲۲۳۱
Sig.	۰/۰۰۰

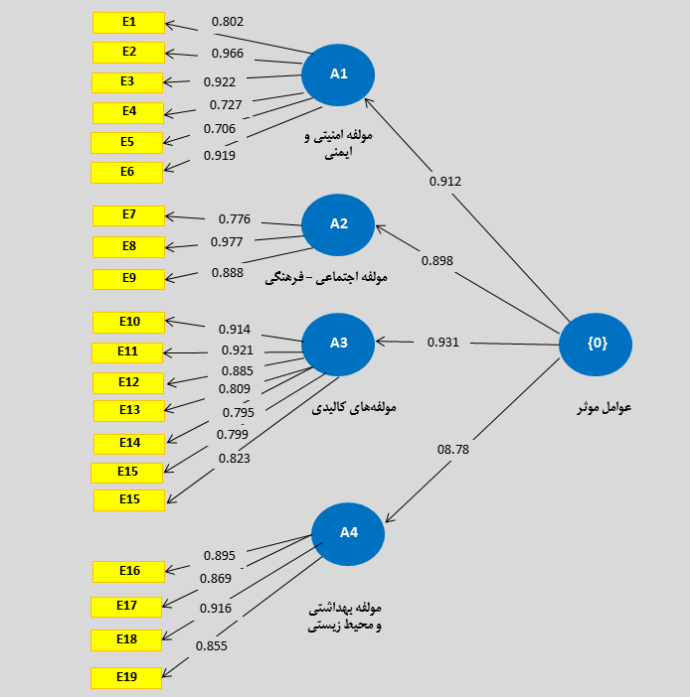
7. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

برای برازش مدل اندازه‌گیری در روش حداقل مربعات جزئی (PLS) ابتدا باید سه معیار مورد سنجش قرار گیرد، ۱) آلفای کرونباخ ۲) پایایی ترکیبی، ۳) ضرایب بارهای عاملی. پس از آن، روایی همگرا و واگرا مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷ باشد، قابل قبول است. همچنین اگر مقدار پایایی ترکیبی برای هر مولفه بیشتر از ۰/۷ تعیین شود، نشان از پایداری درونی مناسب برای مدل اندازه‌گیری دارد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تمام مولفه در بخش شرایط علی (عوامل اصلی و فرعی) از ضریب آلفای کرونباخ و مقدار پایایی ترکیبی مورد تایید برخوردار هستند. همچنین مقدار AVE باید بالاتر از ۰/۴ باشد. که بر این اساس، در این بخش مقدار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) بزرگتر از ۰/۴ است، بنابراین روایی همگرا نیز تایید می‌شود (جدول ۲).

معیار دیگری که برای بررسی پایایی ابزار استفاده می‌شود، مقدار بارهای عاملی است که از طریق محاسبه مقدار همبستگی شاخص‌های یک سازه با آن سازه محاسبه می‌شوند. هالند (۱۹۹۹) معتقد است که اگر این مقدار (بارعاملی) برابر یا بیش از ۰/۴ شود، پایایی آن عامل در مدل قابل قبول است. نتایج نشان می‌دهد که، تمامی گویه‌ها دارای بار عاملی قابل قبولی بوده‌اند، و مقادیر ضرایب معناداری (T) برای تمام موارد بزرگتر از ۱/۹۶ است، بنابراین در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنادار هستند (شکل ۲).

جدول ۲- بررسی ضرایب پایایی عوامل موثر

عوامل اصلی	عوامل فرعی	ضریب آلفای کرونباخ (α)	پایایی ترکیبی (CR)	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
بهداشتی و محیط زیستی	رعایت زیبایی بصری	۰/۸۲۳	۰/۷۸۲	۰/۵۵۵
	ملاحظات کنترل آلودگی‌های محیطی	۰/۹۲۲	۰/۹۳۵	۰/۹۴۴
	رعایت نظافت و پاکیزگی	۰/۷۳۱	۰/۸۰۱	۰/۷۱۳
	تهویه و تصفیه هوا به شکل مناسب	۰/۸۱۹	۰/۸۶۰	۰/۷۱۴
امنیتی و ایمنی	احساس امنیت توسط شهروندان	۰/۸۲۲	۰/۷۹۹	۰/۷۱۱
	احساس راحتی شهروندان هنگام وقت‌گذرانی در فضا	۰/۷۶۶	۰/۷۰۹	۰/۷۱۵
	رعایت مسائل ایمنی	۰/۸۶۷	۰/۹۱۵	۰/۷۷۵
	فاصله از گسل‌های فعال	۰/۷۴۴	۰/۷۹۸	۰/۶۶۶
	کنترل آب‌های زیرزمینی	۰/۸۱۱	۰/۸۰۱	۰/۶۰۹
	در نظر گرفتن خطر رانش و نشست زمین	۰/۷۲۶	۰/۸۱۴	۰/۶۵۵
کالبدی	دسترسی به فضا	۰/۷۵۴	۰/۷۳۵	۰/۷۱۶
	سازمان‌یافتگی فضایی	۰/۸۱۷	۰/۷۶۵	۰/۷۰۳
	خوانایی فضایی و ایجاد حس دعوت‌کنندگی	۰/۸۶۶	۰/۷۳۵	۰/۶۱۹
	استفاده از مبلمان شهری مناسب	۰/۷۸۷	۰/۷۵۰	۰/۷۶۲
	قابلیت استفاده برای کاربری‌های مختلف	۰/۸۱۸	۰/۷۴۴	۰/۶۹۸
	دارا بودن وجه تمایز فضا با سایر فضاهای عمومی	۰/۸۳۲	۰/۷۴۵	۰/۶۹۳
	القا کردن حس تعلق به فضا	۰/۷۷۷	۰/۷۵۲	۰/۶۹۹
اجتماعی و فرهنگی	دارا بودن ویژگی سرزندگی	۰/۸۱۷	۰/۷۰۳	۰/۶۱۱
	ویژگی جامعیت برای اقشار مختلف	۰/۷۹۵	۰/۷۱۴	۰/۶۸۴
	وجود فعالیت‌های متنوع جهت جذب کاربران	۰/۸۱۶	۰/۹۱۲	۰/۸۷۲



شکل ۲- مقادیر بار عاملی عوامل موثر و مولفه‌های اصلی و فرعی

میانگین مقادیر ضرایب R^2 (۰/۰۸۸) و مقدار میانگین مقادیر اشتراکی (۰/۹۳) آن بدست آمد. باتوجه به فرمول زیر مقدار GOF معادل (۰/۳۸۲) بدست آمد که با توجه به دسته بدنی وتزلس و همکاران (۲۰۰۹) نشان از برازش قوی مدل نهایی پژوهش است.

$$GOF = \sqrt{\overline{Communality} \times \overline{R^2}} =$$

در گام بعدی با کمک روش TOPSIS اقدام به ا ستاندارد سازی معیار ها برای اولو یت‌بندی نهایی این معیار ها شـــد. در روش تاپ سیس ابتدا باید ماهیت شاخص‌ها م شخص گردد که در این مورد ماهیت همه شـــاخص ها مثبت بود. همچنین وزن های شـــاخص‌ها و امتیازهای هر یک از معیارها با توجه به نظرات کار شنا سان تعیین شد. در این روش پس از شنا سائی و د سته بندی معیارها، ماتریس داده‌های اولیه (A_{ij}) تشـکیل یافت. پس از آن به جهت این که مقادیر مربوط به هر کدام از عوامل، دارای واحدی متفاوت هسـتند،لازم اسـت تا آنها به ارقام بی‌بعد تبدیل شـــوند. لذا داده‌ها اســـتاندارد و ماتریس نرمالیزه (R_{ij}) به کمک رابطه ۳ تهیه گردید.

$$\boldsymbol{R_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a^2{}_{ij}}}$$ رابطه (۳)

به منظور هم‌ارزش نمودن درایه‌های ماتریس نرمالیزه، باید اوزان مقیاس‌های عوامل مورد نظر را نسبت به یکدیگر محاسبه نمود. اما به دلیل اینکه وزن معیارها در این مطالعه با کمک نظر کارشناسان یکسان در نظر گرفته شده است، ماتریس بی‌مقیاس موزون (R_i) با ماتریس نرمالیزه موزون (V_{ji}) برابر می‌شود. بنابراین نیازی به محاسبه ماتریس V_{ij} و نمایش آن در جدول نیست. مقادیر ایده‌آل‌های مثبت A^+ و منفی A^- هر کدام از عوامل موثر، به ترتیب از طریق رابطه‌های (۴ و ۵) در جدول (۳) تعیین گردید.

$$A^+ = \{(Max\ vij|j^+), (minvij\ |j^-)\}$$ رابطه (۴)

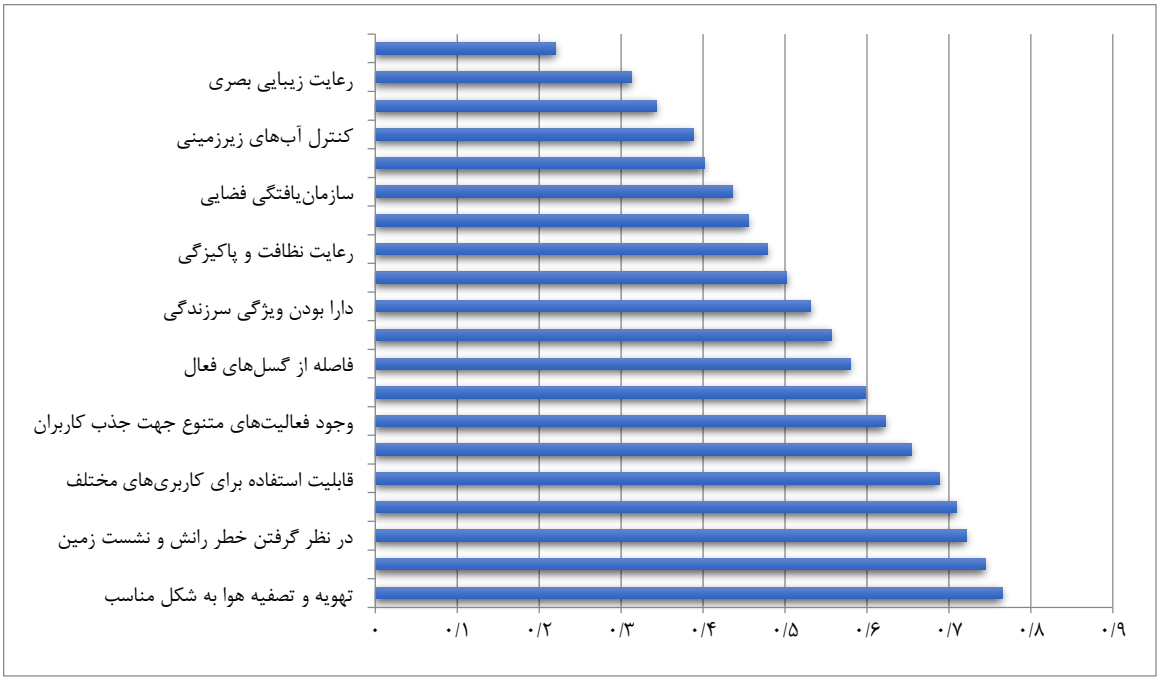
$$A^- = \{(Min_{i=1}^{m}\ vij|j^+), (max\ vij\ |j^-)\}$$ رابطه (۵)

جدول ۳- مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی عوامل موثر در توسعه فضاهای زیرزمینی در شهر تهران

عامل / آل‌ایده	عامل اجتماعی و فرهنگی	عامل کالبدی	عامل بهداشتی و محیط زیستی	عامل ایمنی و امنیت
A^+	۰/۲۸	۰/۲۷۶	۰/۳۶۹	۰/۴۷۵

A^-	۰/۰۵۶	۰/۰۲۷	۰/۰۰۵	۰/۰۳

براین اساس، اولویت‌بندی مولفه‌ها (عوامل اصلی و فرعی) تعیین شد که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- رتبه‌بندی عوامل موثر بر توسعه زیرزمینی فضاهای عمومی در شهر تهران

همچنین ضریب نزدیکی نسبی عوامل موثر مورد مطالعه نیز از رابطه (۶) تعیین گردید و در جدول (۴) نمایش داده شده است.

$$Cl_i^- = {d_i^+}/{d_i^- + d_i^+} \; or \; Cl_i^+ = {d_i^-}/{d_i^- + d_i^+} \quad \text{رابطه (۶)}$$

رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس میزان Cl_i. مقدار Cl_i بین صفر و یک در نوسان است. ۱= Cl_i نشان‌دهنده بالاترین رتبه و ۰= Cl_i نیز نشان‌دهنده کم‌ترین رتبه است.

جدول ۴- رتبه‌بندی گزینه‌های منتخب به منظور توسعه فضاهای عمومی زیرزمینی در شهر تهران

عوامل موثر	(Cl_i)	رتبه‌بندی نهایی
مجموعه فرهنگی آزادی	۰/۸۶۱	۱
زیرگذر چهارراه ولیعصر	۰/۷۷۴	۲
ایستگاه مترو امام خمینی	۰/۷۷۱	۳
کتابخانه دانشگاه علم و صنعت	۰/۷۰۲	۴
مجموعه تفریحی و تجاری بام‌لند	۰/۶۶۱	۵
موزه قران	۰/۵۷۳	۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع و پس از پایان ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی نمونه های مورد مطالعه، نتایج به شرح ذیل حاصل گردید. عامل "تصفیه و تهویه هوا" به عنوان مهمترین عامل موثر و نیز عامل "القا کردن حس تعلق به فضا" به عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل شناسایی شدند. فضاهایی که از لحاظ طراحی معماری کیفیت بالاتری دارند، از مقبولیت و جذابیت بیشتری برخوردارند. به همین دلیل گزینه "مجموعه فرهنگی آزادی تهران" که از پیشینه تاریخی و سبک معماری بهتری برخوردار است، به عنوان گزینه برتر انتخاب شده است. احتمالاً یکی دیگر از دلایل انتخاب مجموعه فرهنگی آزادی تهران به عنوان گزینه برتر در این تحقیق آن بوده است که با توجه به جاذب جمعیت بودن مناطق مرکزی شهر تهران، پیش‌بینی فضاهای عمومی چه در روی زمین و چه در زیر زمین می‌تواند نسبت به مناطق دیگر شهر، مخاطبان بیشتری داشته باشد. همچنین تنوع و تعدد دسترسی به فضا نیز عامل مهم دیگری است. از سوی دیگر، جنبه‌های ایمنی و امنیت نظیر فاصله از گسل‌ها، احتمال رانش و نشست زمین و نیز خطر آب‌های زیرزمینی در این میان نقش مهمی داشته‌اند. به علاوه، به نظر میرسد ورود نور طبیعی به فضاهای زیرزمینی با میزان سرزندگی در آن فضا رابطه مستقیم دارد. وجود هوای تازه با میزان سرزندگی در آن فضا رابطه مستقیم دارد. میزان نور و اکسیژن در فضاهای زیرزمینی با میزان سلامت جسمی و روانی بهره‌برداران بلندمدت رابطه مستقیم دارد. همچنین، رعایت مسائل ایمنی و استانداردهای مربوطه باعث افزایش تمایل به استفاده از فضاهای زیرزمینی می‌گردد.

رشد روزافزون جمعیت، نیاز و محدودیت زمین همواره یکی از مشکلات مطرح در شهر تهران بوده است. از دیگر مشکلات شهر تهران می‌توان به تراکم ترافیکی، شرایط بد زیست محیطی با توجه به آلودگی‌های هوا و صوتی، ازدحام و کمبود فضا برای کار و تفریح و سرگرمی، مشکلات در حفظ میراث فرهنگی محیط شهری اشاره کرد. تجربه جهانی استفاده از فضاهای زیرزمینی نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد از جمله، سازگاری با اقلیم های نامساعد در سرما و گرمای بسیار شدید، توسعه حمل و نقل عمومی در شهرهای پرتراکم و پر ترافیک، تامین فضا در مناطقی که با کمبود زمین مواجه هستند، حفاظت از محیط زیست و افزایش فضای سبز و همچنین ساخت پناهگاه برای مقابله با بلایای طبیعی (در شهرهایی که در معرض آن قرار دارند) نه تنها جوابگوی مشکلات و نیازهای شهری بوده‌اند، بلکه در بسیاری موارد به عنوان تنها راه‌حل موجود توانسته‌اند به ارتقای سطح کیفی شهرها و افزایش رضایت شهروندان کمک بسزایی کنند.

بنابراین استفاده از این الگوها و تطبیق آن با نیازها و شرایط هر شهر، می‌تواند همواره راه‌حلی مناسب برای بسیاری از مشکلات شهر به خصوص در تامین فضاهای عمومی شهری باشد.

بر اساس تحقیقات و مطالعات انجام شده، کاربردهای متعدد و متنوعی را می‌توان برای فضاهای زیرزمینی شهری در نظر گرفت. از جمله آنکه طبق نظر پژوهنده و همکاران (۱۴۰۱) از این گونه فضاها می‌توان به عنوان ابزاری برای تحقق اهداف پدافند غیرعامل استفاده کرد. همچنین، این موضوع به حل مشکل ترافیک تا حدود زیادی موثر است (برمایه‌ور و کوکبی، ۱۳۹۸). برخی از زیرساخت‌ها و تاسیسات شهری نیز می‌تواند در زیرزمین مستقر شوند. نظیر کانال‌های عبور فاضلاب و قنات و ... (سالیس و همکاران، ۲۰۱۸). برخی از انواع کاربری‌های مورد نظر را نیز می‌توان در فضاهای زیرزمینی توسعه داد. همانند فضاهای تجاری (تانو و همکاران، ۲۰۱۶).

اگرچه توسعه فضاهای زیرزمینی به عنوان راه‌حلی مناسب، چندین دهه است که در بسیاری از کلان شهرهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای نقاط مثبت بسیاری می‌باشد، ولیکن این نکته را نیز نباید از یاد برد که همواره محدودیت‌هایی نیز برای توسعه فضاهای زیرزمینی وجود خواهد داشت که شناسایی و بررسی آن‌ها به ارتقای کیفیت این فضاها و کاهش مشکلات در طراحی، اجرا و استفاده از آن‌ها کمک بسزایی خواهد کرد.

با توجه به آنچه تاکنون در این پژوهش ارائه شده است، از مهمترین محدودیت‌ها و مشکلات استفاده و توسعه فضاهای زیرزمینی به عنوان فضاهای عمومی شهری می‌توان به عدم کارایی و رونق فضا، عدم امنیت و افزایش جرم‌خیزی، دسترسی محدودتر به فضاهای باز در حوادث ناگهانی و همچنین ایجاد هزینه‌های بیشتر جهت تهویه، روشنایی، امنیت و غیره، نگرش منفی جامعه در مقایسه با فضاهای روی زمین، مشکل در برقراری ارتباط با مکان و کاهش قدرت مکان‌یابی در زیرزمین اشاره کرد. علاوه بر آن، احتمال بروز مشکلات جسمی ناشی از کمبود نور و ارزش اقتصادی کمتر نسبت به روی زمین، از دیگر موانع و مشکلات توسعه فضاهای زیرزمینی هستند. این مسائل همواره به عنوان موانعی در توسعه فضاهای زیرزمینی و عدم توجه به پتانسیل‌های آن مطرح بوده است. شهر تهران همانند بسیاری از شهرهای بزرگ جهان، از فضاهای متنوع و مختلف در گوشه و کنار شهر بهره‌مند است. بسیاری از این فضاها محل تجمع شهروندان و مراودات اجتماعی ایشان است. این فضاها از جنبه های مختلف قابل بررسی می‌باشند. نقش این فضاها بر تعامل بین شهروندان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به عبارتی، هرگاه فضاهای عمومی دارای تناسب با موقعیت مکانی، استقرار و ارتباط با محیط پیرامون و جذب مخاطب و شهروندان باشد، آنگاه باعث

افزایش کیفیت زندگی و رفاه شهری می‌گردد. از اینرو به نظر می رسد در شهر تهران نیز همانند بسیاری از شهرهای دیگر، کمبود یا ناکارآمدی فضاهای عمومی متناسب با شرایط زمانی، مکانی، موضوعی و جمعیتی وجود داشته باشد و بررسی فضاهای عمومی شهر تهران از جنبه‌های مختلف و تحلیل نتایج آن می‌تواند راهکارهای درستی پیش روی مدیران و طراحان شهری در راستای ارتقا کیفیت زندگی شهری قرار دهد. به نظر می‌رسد با انجام موارد فوق در طراحی فضاهای زیرزمینی تحولات چشم گیری در این حوزه به وقوع خواهد پیوست که متاثر از آن، با پذیرش افکار عمومی، استفاده از معماری زیرزمینی در توسعه فضاهای عمومی با استقبال بیشتری مواجه خواهد گردید و بدین شکل، مشکل کمبود فضاهای عمومی شهر تهران قابل برطرف شدن خواهد گردید.

References

1. Bahadori A, Pourjafar M, Ranjbar E. The relationship between natural factors of urban public spaces and psychological well-being in Tehran. *Armanshahr architecture and urban planning*, 2022, 14(36), 132-146 pp. SID. https://sid.ir/paper/956426/fa (In Persian).
2. Barmayeh B, Kokbi L. Analyzing the formation of cyberparks as smart urban public open spaces (case study: pioneering cyberpark projects). *Urban Planning Geography Research*, 2018, 7(4), 855-877. SID. https://sid.ir/paper/379628/fa (In Persian).
3. Bobylev N. Underground space as an urban indicator: Measuring use of subsurface. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2016, 55 (2016) 40–51
4. Broere W. Urban underground space: Solving the problems of today's cities. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2016, 55 (2016) 245-248.
5. Cakir O, Evren S, Tören E, Kozak N. Utilizing the sustainable livelihoods approach to evaluate tourism development from the rural host communities' point of view: The case of Cappadocia (Turkey). *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 2018, 21(1), 7-25.
6. Chen Z, Wang Y. The urban underground space planning. *Southeast University Press*, Nanjing, 2015
7. Costa CS, Bovelet J, Dolata K, Menezes M. Building a theory on co-creating a Cyberpark Lessons learnt from the COST Action CyberParks and the Flussbad Project, Berlin. *Beyond Mirrors: research pathways*, 2018. PP. 165-174.
8. Darabi H, Choubin, B, Rahmati O, Torabi Haghighi A, Biswajeet P, Urban Flood Risk Mapping Using the GARP and QUEST Models: A Comparative Study of Machine Learning Techniques. *Journal of Hydrology*, 2019, 569:142–54.
9. Dincer I, Orhan A, Frattini P, Crosta, GB. Rockfall at the heritage site of the Tatlarin Underground City (Cappadocia, Turkey). *Natural Hazards*, 2016, 82(2), 1075-1098.
10. Gurer N, Imran Guzel B, Kavak I. Evaluation on Living Public Space and their Qualities, Case Study from Anlara Konur, karanful & Yuksel Streets. *Iop Conference. Series, materials, Science & Engineering*, 2017, 245(7), 1-14. https://ur.booksc.eu/book/68379308/0bf4b9
11. Hunt DVL, Makana LO, Jefferson I, Rogers, CDF. Liveable cities and urban underground space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2016, 55, 8-20.
12. Kamyabi S, Alipour S, Miremadi E. Evaluation of urban space safety with emphasis on passive defense indicators using AHP and TOPSIS method (case study: Semnan city), *the first national conference of urban management of Iran*, Tehran. 2014. (In Persian).
13. Lawlor E, Nicholls J. Hitting the Target, Missing the Point: How Government Regeneration Targets Fail Deprived Areas.London: *New Economics Foundation*. 2008.
14. Li X, Hung Y, Ma X. Evaluation of the accessible urban public green space at the community-scale with the consideration of temporal accessibility and quality. *Ecological Indicators.* 2021, 131, 108-231. journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind
15. Margherita Z, Claudio C, Laura E, Alessandra N. A risk assessment proposal for underground cavities in Hard Soils-Soft Rocks. *International journal of rock mechanics and mining sciences*, 2018, 103, 43-54.
16. Menezes, M, Arvanitidis P, Kenna T, Ivanova-Radovanova P. People - Space –Technology: An Ethnographic Approach, In CyberParks–The Interface between People, *Places and Technology*, 2019. (pp. 76-86). Springer, Cham.
17. Mohtashamnia S. Investigating environmental sustainability using ecological footprint index (Case study:Abadan city, in Khouzestan province), *Journal of New Researches in Environmental Engineering*, 1(1), 2022, 55-66 (In Persian).
18. Moulai A. Studying the capabilities of underground urban development in improving city safety with a passive defense approach. *Safe*

City, 2017. 1(4), 0-0. SID. https://sid.ir/paper/516123/fa (In Persian).

19. Mueller J, Lu H, Chirkin A, Klein B, Schmitt G. Citizen design science: A strategy for crowd-creative urban design. *Cities*, 2018, 72, 181-188.
20. Nasrasafhani R, Safari B, Bashiri M. Determining the optimal use of urban underground space (selected streets of Isfahan city). *Economics and Urban Management*, 2017. 6(2), (consecutive 22), 95-110. SID. https://sid.ir/paper/240358/fa. (In Persian).
21. Nikpour A, Yarahamdi M.Re-identification of street life-forming components as improving the quality of social life in small urban spaces, *Shahr Padayar Quarterly*, 3(1), pp. 2019, 41-54. (In Persian).
22. Pajohande N, Shia I, Moinifar M. Clarifying the key criteria of the formation process of integrated spatial quality in urban public spaces (case study: Panj District of Tehran Municipality). *City Identity*, 2023, 16(49), 17-34 SID. https://sid.ir/paper/985016/fa (In Persian).
23. Paul A, Sen J. Livability assessment within a metropolis based on the impact of integrated urban geographic factors (IUGFs) on clustering urban centers of Kolkata. Cities. 2018, 74, 142-150.
24. Qihu Q. Present state, problems and development trends of urban underground space in China. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2016, 55, 280-289.
25. Ravanshad A, Sidi F, Yarmohamedtoski M. General model and indexing of women's social security in urban spaces. *Cultural Studies and Communication*, 2023, 18(66), 269-296. SID. https://sid.ir/paper/1033464/fa (In Persian).
26. Rudbari AA. Determining the requirements for the management of construction waste and household waste in Tehran under crisis conditions, *Tehran City Planning and Studies Center*, first edition, Tehran Municipality, 2023, 31 p. (In Persian).
27. Sulis P, Manley E, Zhong C, Batty M. Using Mobility Data as Proxy for Measuring Urban Vitality. *Journal of Spatial Information Science*, 2018, 16(16), 137-162.
28. Tano H, Aydan O, Ulusay R, Tanaka T. Geomechanical investigations and pioneering monitoring attempts in Cappadocia, Turkey. In ISRM International Symposium-EUROCK. 2016. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.
29. Tong L. Underground space and urban modernization. *China Building Industry Press*, Beijing. 2016.
30. Yue W, Chen Y, Thy PTM, Fan P, Liu Y, Zhang W. Identifying Urban Vitality in Metropolitan Areas of Developing Countries from a Comparative Perspective: HoChi Minh City versus Shanghai. Sustainable Cities and Society, 2021, 65, 102609.
31. Wang X, Zhen F, Huang X, Zhang M, Liu Z. Factors influencing the development potential of urban underground space: Structural equation model approach. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2023, 38, 235-243.
32. Zhou R, Liu G, Zhang Y. Sus trainability evaluation and spatial heterogeneity of urban agglomerations: a China case s tudy. 2021, 2(1). https://doi.org/10.1007/s43621-021-00012-3

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering

Volume 2, Issue 5, Spring 2024, Pages 66-78

ISSN (Online): 2981-0930

Identifying and Prioritizing the Factors Affecting the use of Underground Spaces for the Sustainable Development of Urban Public Spaces using the TOPSIS Method (case study: Tehran)

Mohammad Mahdi Safaee* Ph.D. student in Architecture, Islamic Azad University campus, Kish International Branch, Iran

Mohammad Saeid Izadi Member of academic board, School of Art and Architecture, Buali Sina University

Ali Afshar Institute of Higher Education of Eqbal Lahoori, Mashhad

Hamid Reza Ameri Siyahouei Associate Professor, Department of Art and Architecture, Payame Noor University

Received: 28 April 2024

Accepted: 29 June 2024

Keywords: *Urban public space , sustainable development , underground space , TOPSIS method , Tehran city.*

Extended Abstract

Introduction: One of the major issues facing today's cities is the rapid population growth and the decline in per capita urban spaces, which subtly reduces social interactions. Underground urbanism can enhance urban sustainability and resilience. These spaces can contribute to the creation of compact cities, increased density, and prevention of unchecked urban sprawl. The goal of this research was to identify and prioritize the factors influencing the sustainable development of underground spaces as part of urban public areas in Tehran and six selected districts.

Materials and Methods: The research was of applied type, which was done in a combined method and in 4 steps. First, a list of effective components and factors was prepared with in-depth study, and then 23 experts were used to evaluate and rank the factors and options. The sampling method was a targeted type that continued until reaching the theoretical saturation point. Confirmatory factor analysis method was used to fit the model. In this way, structural equation model was used by partial least square (PLS) method based on SmartPLS software. Also, TOPSIS technique was used for normalization, de-scaling and finally ranking.

Results and Discussion: The results showed that the effective components included 4 main factors and 20 sub-factors, and all components in the causal conditions section (main and sub-factors) had Cronbach's alpha coefficient and composite reliability. The average value of R2 coefficients (0.088) and the average value of its shared values (0.93) were obtained. The value of GOF equal to (0.382) was obtained, which shows the strong fit of the final research model. Finally, the best choice of Azadi Cultural Complex (0.861) was chosen, followed by Valiasr Crossroads (0.774). Also, the Bamland entertainment complex and the Qur'an museum were ranked last with 0.661 and 0.573, respectively.

Conclusion: The use and development of underground spaces as urban public areas face several challenges. These include inefficiency and lack of vibrancy, increased crime rates and insecurity, limited access during emergencies, and additional costs for ventilation and lighting. Furthermore, there are negative public perceptions of underground spaces and issues with communication and location identification. Improving the design of these spaces and gaining public acceptance could enhance the use of underground architecture, potentially addressing the shortage of public spaces in Tehran and leading to greater acceptance.

Corresponding author: Mohammad Mahdi Safaee

Address: Islamic Azad University campus, Kish International Branch, Iran **Tel:** +989121211541 **Email:** mm_safaee@azad.ac.ir

Citation: Safaee M M, Izadi M S, Afshar A, Ameri Siyahouei H M. Identifying and Prioritizing the Factors Affecting the use of Underground Spaces for the Sustainable Development of Urban Public Spaces using the TOPSIS Method (case study: Tehran). Journal of New Researches in Environmental Engineering.2024; 2(5): 66-78.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.