

A Comparative Analysis of International Experiences and The Development of a Conceptual Model for Urban Subsurface Development Using SWOT Approach

Abstract

Introduction: A comparative analysis of international experiences in subsurface development can help identify the key factors contributing to the success or failure of underground urban projects. The present study aims to conduct a comparative analysis of global experiences and propose a conceptual model for urban subsurface development.

Methodology: This qualitative research was conducted in 2024 using a systematic review approach and content analysis. Out of 609 articles identified from reputable databases, 25 articles were selected for final analysis after applying inclusion and exclusion criteria. The data were analyzed using the SWOT method, examining strengths, weaknesses, opportunities, and threats, and were used to formulate strategies for subsurface urban development.

Findings: This study examined subsurface development experiences in 10 cities across 8 countries: Canada, Singapore, Finland, France, Australia, Russia, the United States, and Spain. These cities have adopted diverse approaches to address urban challenges through the utilization of underground spaces. The main opportunities identified include reduction in traffic and pollution, improved quality of urban life, enhanced public transportation, commercial development, and increased tourism. Most projects were implemented with gradual, technology-driven, and multifunctional approaches. Conversely, key challenges included institutional coordination, spatial limitations, geological issues, high costs, and ownership complexities. Ultimately, a conceptual model based on five main components was developed to localize and implement similar projects in other cities.

Conclusion: The comparative analysis reveals that countries adopting data-driven strategies, continuous feedback mechanisms, and participatory policymaking have achieved greater success in sustainable subsurface development.

Keywords: Subsurface development, Urban development, Comparative analysis, International experiences, SWOT approach.

خوانشی از مفاهیم و فرآیند طراحی فضاهای زیرسطحی با بهره‌گیری از تجارب بین‌المللی با استفاده از روش SWOT

چکیده

مقدمه: تحلیل تطبیقی تجارب بین‌المللی در زمینه توسعه زیرسطحی می‌تواند به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت و شکست طرح‌های زیرسطحی کمک کند. هدف تحقیق حاضر تحلیل تطبیقی تجارب بین‌المللی و ارائه مدل مفهومی توسعه زیرسطحی شهری بوده است.

روش‌شناسی: این پژوهش کیفی در سال ۱۴۰۳ با رویکرد مرور سیستماتیک و تحلیل محتوا انجام شد. از میان ۶۰۹ مقاله شناسایی‌شده در پایگاه‌های معتبر، پس از غربال‌گری و اعمال معیارهای ورود، ۲۵ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شد. داده‌ها با روش SWOT در چهار بخش قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها تحلیل و برای تدوین استراتژی‌های توسعه زیرسطحی استفاده شدند.

یافته‌ها: در این مطالعه، تجارب توسعه زیرسطحی در ۱۰ شهر از ۸ کشور کانادا، سنگاپور، فنلاند، فرانسه، استرالیا، روسیه، آمریکا و اسپانیا بررسی شد. این شهرها از رویکردهای متنوعی برای حل چالش‌های شهری با استفاده از فضاهای زیرسطحی بهره‌گرفته‌اند. فرصت‌های اصلی شامل کاهش ترافیک و آلودگی، بهبود کیفیت زندگی، تقویت حمل‌ونقل عمومی، توسعه تجاری و جذب گردشگر بوده و اغلب طرح‌ها با رویکرد تدریجی، فناوری‌محور و چندمنظوره اجرا شده‌اند. در مقابل، چالش‌های مهم شامل هماهنگی نهادی، محدودیت فضا، مسائل زمین‌شناسی، هزینه‌های بالا و پیچیدگی مالکیت بوده است. در پایان، یک مدل مفهومی در پنج محور اصلی برای بومی‌سازی و اجرای طرح‌های مشابه در سایر شهرها ارائه شد.

نتیجه‌گیری: تحلیل تطبیقی نشان می‌دهد کشورهایی که از رویکردهای داده‌محور، نظام‌های بازخورد مستمر، و سیاست‌گذاری مشارکتی بهره‌برده‌اند، موفقیت چشمگیرتری در توسعه پایدار زیرسطحی داشته‌اند.

واژگان کلیدی: توسعه زیرسطحی، توسعه شهری، تحلیل تطبیقی، تجارب بین‌المللی، رویکرد SWOT.

مقدمه

با افزایش مداوم سطح شهرنشینی و رشد بی‌وقفه جمعیت، منابع اراضی شهری به طور فزاینده‌ای محدودتر می‌شوند که این امر باعث بروز مشکلات مختلفی چون ترافیک، آلودگی محیط زیست، کمبود منابع طبیعی و سایر مشکلات جدی موسوم به "بیماری‌های شهری" می‌شود. این چالش‌ها نه تنها کیفیت زندگی شهری را کاهش می‌دهند، بلکه به شدت روند توسعه پایدار و برنامه‌ریزی شهری را تحت فشار قرار می‌دهند و فرآیندهای مدیریتی و ساختاری شهرها را با موانع جدی مواجه می‌سازند [Zhang et al., 2025; Wang et al., 2024]. با توجه به محدودیت‌های روزافزون زمین و ظرفیت‌های موجود برای توسعه فیزیکی، توسعه بی‌وقفه و بدون توجه به ظرفیت‌های جغرافیایی افقی نمی‌تواند به‌طور مؤثر مشکلات ساختاری و زیست‌محیطی ناشی از "بیماری شهری" را کاهش دهد؛ بنابراین، برای تحقق توسعه پایدار و کاهش فشارها بر زمین‌های شهری، ساخت و سازهای شهری باید از گسترش افقی به توسعه سه‌بعدی تغییر یابد. این توسعه سه‌بعدی شامل ترکیب هوشمندانه ساختمان‌های سطحی و زیرزمینی است و در پی آن، ایجاد یک ساختار شهری ارگانیک، هماهنگ و یکپارچه که به بهره‌برداری بهینه از زمین‌های شهری منجر می‌شود، ضروری است [Wang et al., 2023]. توسعه فضای زیرزمینی شهری به‌عنوان یک راهکار کارآمد و پایدار برای تقویت ظرفیت جامع تحمل شهر و دستیابی به توسعه پایدار و سالم، به اجماع گسترده‌ای در بین متخصصان و نهادهای مرتبط تبدیل شده است [Sterling et al., 2012; Guohua & Zhili, 2022].

فضای زیرزمینی مدلی ایده آل از محیطی کاملاً تکنولوژیکی است. نبود اثری از طبیعت یکی از عناصر اصلی فضای زیرزمینی است [Ronka et al., 2009]. یک فضای زیرزمینی از دیده‌ها پنهان است و توانایی پنهان کردن پدیده‌ها را دارد. همیشه بخشی از فضای زیرزمینی برای افراد قابل مشاهده و دسترسی بوده است. فضای زیرزمینی اغلب فضایی نامطلوب تصور می‌شود، حتی هنگامی که مشکلات اساسی در آن وجود ندارد [Sterling & Carmody, 1993]. نقش فضای زیرزمینی به عنوان سرپناه، یادآور ذهنیات مثبتی همچون ایمنی، امنیت و حفاظت است [Bobylyev & Sterling, 2019]. هر چند فضای زیرزمینی تحت تاثیر ذهنیت منفی قرار دارد، اما با فضای روی سطح زمین در موارد نیز قابل مقایسه است: نیاز این گونه فضاها به انرژی بیشتر برای نورپردازی و هزینه ساخت بالا، به علاوه درک منفی که در ارتباط با فضاهای زیرزمینی وجود دارد، ارتباط نامشخص میان فضاهای زیرزمینی، دشواری جهت یابی در زیر زمین، سختی ارتباط فضاهای زیرزمینی با یکدیگر و ارتباط آن‌ها با روی سطح زمین و در نهایت پتانسیل آب سفره‌های زیرزمینی. همچنین فضاهای زیرزمینی می‌تواند به عنوان یک راه حل پایدار برای تاسیسات و زیرساخت شهری در نظر گرفته شود [Zongchao et al., 2019].

فضاهای زیرزمینی دارای پتانسیل فراوانی برای آینده‌اند [Kishii, 2015]. طراحان شبکه‌های فضایی زیرزمینی را که ایده‌هایی خیال‌پردازانه هستند، برای مقابله همه‌جانبه با مشکلات ناشی از تراکم و مشکلات زیست محیطی در شهرهای بزرگ پیشنهاد کرده‌اند [Sterling et al., 2012]. فضای زیرزمینی طی هزاران سال برای اهداف استراتژیک و نظامی و همچنین برای ساختمان‌های مذهبی، آب و فاضلاب و انتقال آن و مسکن استفاده می‌شده است. چندی بعد این گونه فضاها به دلایل حمل و نقلی و به طور خاص حمل و نقل ریلی (مترو) با صدها تونل ساخته شده‌اند [Kishii, 2015]. برخی از کیفیت‌ها مانند نور برای فضاهای زیرزمینی بر خلاف فضاهای روی سطح زمین فراهم نیست. بنابراین طبیعی است که کلمه کیفیت برای فضاهای زیرزمینی نسبتاً محسوس شده است [Besner, 2016].

فضای زیرزمینی می‌تواند به عنوان فضای محافظ، امن، پایدار و مناسب برای نمایشگاه‌ها و حفظ آثار تاریخی مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه با فضای روی سطح زمین‌های زیرزمینی کاملاً محصور است و یا با خاک پوشیده شده است. به همین جهت شاید تا حدودی برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای روی سطح زمین به صورت دو بعدی امکان پذیر باشد، اما برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای زیرزمینی و توسعه آن‌ها به طور حتم نیازمند آگاهی و دانش سه بعدی است. فضای زیرزمینی در برابر سایر سوانح طبیعی بهتر حفظ می‌شوند. این گونه فضاها نسبت به فضاهای روی سطح زمین در برابر اثرات مخرب زلزله‌ها بسیار کمتر آسیب پذیرند. یک فضای زیرزمینی بزرگ در برابر زلزله یک یا دو درجه مناسب‌تر از فضای روی زمین مشابه است. جدا از موضوع زمین، سازه‌های زیرزمینی قدرت ضد حریق فراوانی دارند.

فواید مکانیایی برخی از آثار ارزشمند زیر زمین این است که بسیاری از قسمت‌های آن در دیدرس فضاهای روی زمین نیست [Nishi et al., 2010]. این دست از فضاها دارای محدودیت ورودی‌ها و خروجی‌ها و رویت و بررسی آثار و بنابراین می‌تواند ضد سرقت باشد. به طور کلی این گونه بیان می‌شود که استفاده فضای زیرزمینی همچون سیستم مترو، حمل و نقل زیرزمینی

جاده های تونلی شهری با فضای پارکینگ و ... به راه حل بخشی از مشکلات شهری در قالب ضرورت و تحت زمان ساخت و ساز خود و اهداف اجتماعی کمک کرده است [Kishii, 2015].

منابع فضای زیرزمینی شهری جزو منابع غیرقابل تجدید هستند و فرایند توسعه آنها عموماً با ویژگی‌های غیرقابل بازگشت همراه است. در این زمینه، توسعه کورکورانه و بی‌هدف این منابع نه تنها منجر به استفاده ناکارآمد از آنها می‌شود، بلکه در طول فرآیندهای مختلف ساخت و ساز و اجرای طرح‌ها زیرزمینی، می‌تواند خطرات جدی ایمنی و آسیب به زیرساخت‌های موجود را به دنبال داشته باشد. این خطرات می‌تواند بر امنیت جانی شهروندان و همچنین کیفیت ساخت و ساز تأثیر منفی بگذارد [Admiraal & Cornaro, 2016]. به همین دلیل، ارزیابی دقیق و علمی مناسب بودن توسعه فضای زیرزمینی شهری نه تنها برای بهره‌برداری بهینه از این منابع، بلکه برای اطمینان از ایمنی و پایداری ساختارهای شهری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدون یک ارزیابی همه‌جانبه و علمی از وضعیت زیرزمینی، توسعه شهری می‌تواند به یک معضل زیست‌محیطی و اجتماعی تبدیل شود که نه تنها به کاهش کیفیت زندگی منجر می‌شود، بلکه برای آینده پایدار شهرها تهدیداتی جدی ایجاد می‌کند [Xu et al., 2023; Xiaobo et al., 2023].

در این راستا، نیاز به رویکردی جامع و هماهنگ برای مدیریت و توسعه فضای زیرزمینی به شدت احساس می‌شود که در آن هم‌راستایی بین مسائل مهندسی، زیست‌محیطی و اجتماعی لحاظ گردد. این رویکرد باید از یک سیستم ارزیابی جامع، علمی و چندجانبه برای بررسی شرایط و ویژگی‌های مختلف زیرسطحی بهره‌گیرد که نه تنها به تحلیل وضعیت فعلی فضای زیرزمینی، بلکه به شبیه‌سازی و پیش‌بینی آثار احتمالی تغییرات در این فضا نیز پرداخته شود. در این صورت می‌توان از ظرفیت‌های فضای زیرزمینی به‌طور مؤثر و پایدار استفاده کرد و زمینه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به‌طور همزمان فراهم ساخت [Li et al., 2021].

این رویکرد باید امکان بهره‌برداری از ظرفیت‌های زیرسطحی را به‌گونه‌ای فراهم کند که همگام با ملاحظات زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و حقوقی باشد. از این منظر، پایداری توسعه زیرسطحی نه تنها به عوامل فنی و مهندسی وابسته است، بلکه نیازمند درک عمیق از سازوکارهای حاکم بر مدیریت شهری و برنامه‌ریزی است. در این میان، بررسی وضعیت زمین‌شناختی و مخاطرات مرتبط با توسعه زیرزمینی از یک سو و تحلیل کارکردهای اقتصادی، از جمله هزینه‌های اجرا و تأثیرات آن بر ارزش زمین، از سوی دیگر، از جمله مؤلفه‌های کلیدی در ساخت این مدل به‌شمار می‌رود.

همچنین، الزامات حقوقی و سیاست‌گذاری‌های مرتبط با مالکیت، بهره‌برداری و نظارت بر فضاهای زیرسطحی از چالش‌های اساسی در این زمینه است که می‌تواند بر شیوه‌های برنامه‌ریزی و اجرای این نوع طرح‌ها تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، بُعد زیست‌محیطی در توسعه زیرسطحی، از نظر تأثیر بر منابع طبیعی، کیفیت هوا و مدیریت انرژی، اهمیت ویژه‌ای دارد و باید به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی در مدل‌سازی توسعه پایدار این فضاها مدنظر قرار گیرد. از سوی دیگر، پذیرش اجتماعی و سازگاری توسعه زیرسطحی با الگوهای زندگی شهری، در کنار کاربری‌های چندمنظوره‌ای که می‌تواند این فضاها را به بخشی از زیست شهری تبدیل کند، در موفقیت طرح‌های توسعه زیرسطحی نقش کلیدی دارد. در این راستا، یکپارچه‌سازی این عوامل در یک مدل مفهومی، نیازمند نگرشی جامع است که بتواند میان الزامات فنی، اقتصادی و اجتماعی پیوندی منطقی برقرار کرده و توسعه زیرسطحی را نه صرفاً به‌عنوان یک پاسخ به محدودیت‌های فیزیکی شهر، بلکه به‌عنوان محرکی برای ارتقای کیفیت زندگی شهری تبیین کند [Cui et al., 2021].

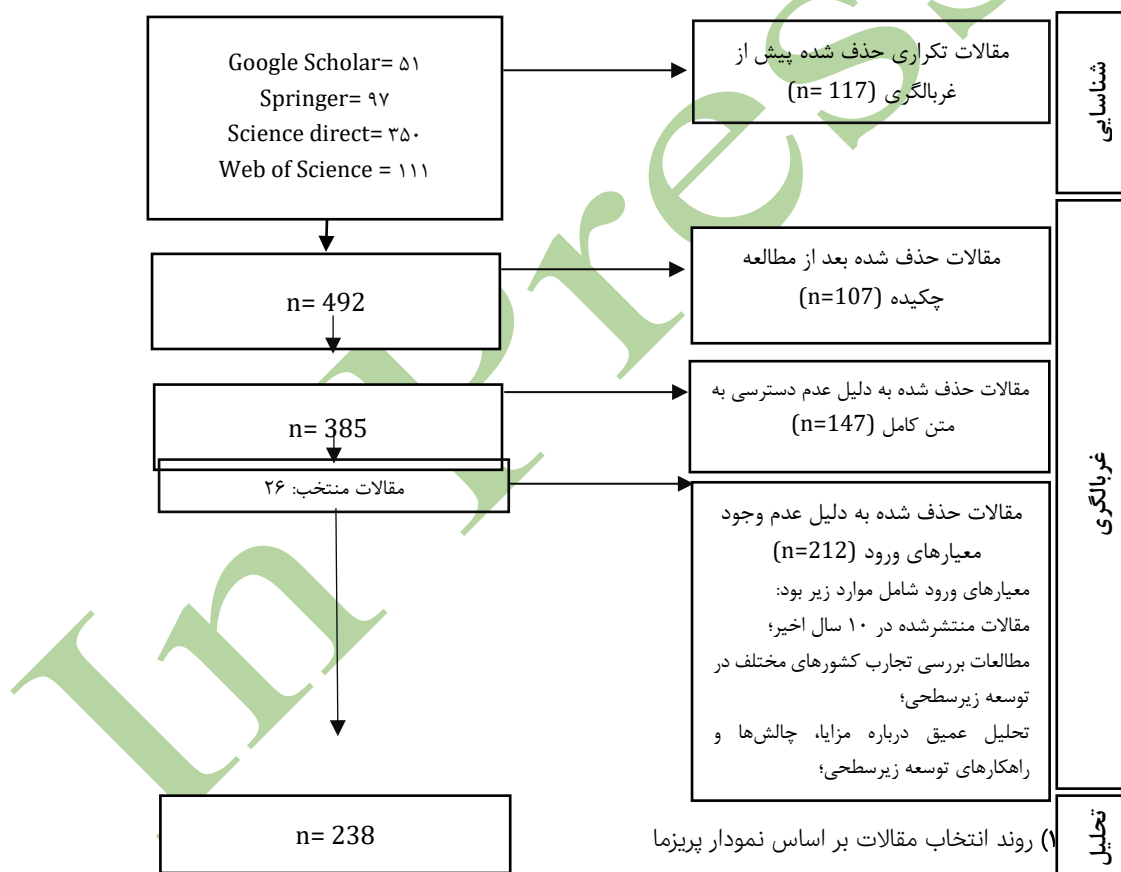
در این راستا، تحلیل تطبیقی تجارب بین‌المللی می‌تواند به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت و شکست طرح‌ها زیرسطحی کمک کند و با استفاده از رویکرد SWOT، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای این تجارب به‌صورت نظام‌مند ارزیابی می‌شود. این تحلیل بستری فراهم می‌کند تا از دستاوردها و اشتباهات دیگر کشورها درس گرفته شود و الگوی مناسبی متناسب با شرایط بومی طراحی گردد.

در نهایت، این تحقیق با هدف ارائه یک مدل مفهومی، به مدیران شهری، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا با دیدی جامع‌تر و استراتژیک، طرح‌های توسعه زیرسطحی را با کمترین ریسک و بیشترین کارایی به اجرا درآورند. اهمیت این مدل در آن است که ضمن استفاده از تجارب موفق جهانی، با شرایط فرهنگی، اقتصادی و کالبدی شهرهای ایرانی نیز همخوانی دارد و می‌تواند به تحقق توسعه پایدار شهری کمک کند. بدین ترتیب، هدف تحقیق حاضر تحلیل تطبیقی تجارب بین‌المللی و ارائه مدل مفهومی توسعه زیرسطحی شهری بوده است.

روش‌شناسی

این پژوهش کیفی با رویکرد مرور سیستماتیک و تحلیل محتوا در سال ۱۴۰۳ به انجام رسید. فرآیند پژوهش در چندین مرحله انجام شد که شامل جستجوی اولیه، غربالگری، ارزیابی نهایی و تحلیل داده‌ها بود. ابتدا جستجوی جامعی در پایگاه‌های داده معتبر علمی از جمله ScienceDirect، Web of Science، Springer و Google Scholar انجام شد. کلیدواژه‌های جستجو شامل "Underground Development"، "Subsurface Urban Planning"، "Benefits of Underground Construction"، "Challenges of Subsurface Development" و "Urban Infrastructure" و ترکیب‌های مختلف این عبارات بودند. در مرحله نخست، ۶۰۹ مقاله مرتبط بر اساس عنوان و چکیده استخراج شدند.

در مرحله غربالگری، مقالات تکراری حذف شده و سپس مقالاتی که دسترسی کامل به متن آنها امکان‌پذیر نبود حذف شدند ($n=147$). سپس مقالات بر اساس معیارهای ورود بررسی شدند. پس از حذف مقالات تکراری و فاقد دسترسی به متن کامل، ۲۳۸ مقاله باقی ماندند. از میان ۲۳۸ مقاله باقی‌مانده، ۲۱۲ مقاله به دلیل عدم وجود معیارهای ورود حذف شدند. در نهایت، ۲۵ مقاله واجد شرایط برای تحلیل نهایی شدند. در این تحقیق از روش SWOT برای تحلیل یافته‌ها استفاده شد. بر این اساس، اطلاعات در چهار بخش قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها دسته‌بندی شد. از این تحلیل برای تدوین استراتژی‌های مناسب استفاده شد.



یافته‌ها

تجربیات توسعه فضاهای شهری زیرسطحی ده شهر از کشورهای کانادا، سنگاپور، فنلاند، فرانسه، استرالیا، روسیه، آمریکا و اسپانیا از مقالات منتخب مطالعه و تحلیل شد. ویژگی‌های کلیدی، اهداف، چالش‌ها، راه‌حل‌ها و دستاوردهای توسعه زیرسطحی این شهرها در جدول ۱ قید شد.

جدول ۱) مشخصات تجربه توسعه شهری زیرسطحی در کشورهای مختلف

کشور/شهر	ویژگی‌های کلیدی	اهداف اصلی	چالش‌ها	راه‌حل‌ها	نتایج و دستاوردها
----------	-----------------	------------	---------	-----------	-------------------

مونترال، کانادا	بزرگ‌ترین مجموعه زیرسطحی جهان با ۱۲ کیلومتر مربع مساحت، ۳۲ کیلومتر راهرو، اتصال ۶۰ مجموعه مسکونی و تجاری، ۷ خط مترو، ۲ ایستگاه قطار، و پایانه اتوبوسرانی.	کاهش ترافیک سطحی، محافظت از سرمای زمستان، ایجاد فضای تجاری و اداری یکپارچه.	مدیریت پیچیدگی اتصال ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها.	توسعه تدریجی و برنامه‌ریزی بلندمدت، استفاده از مترو به عنوان هسته مرکزی.	اتصال ۸۰٪ فضای اداری و ۳۵٪ فضای تجاری مرکز شهر، جذب ۵۰۰ هزار کاربر روزانه.
تورنتو، کانادا	مجموعه پث با ۱۷ کیلومتر تونل پیاده‌رو، ۳۷۱۶۰۰ مترمربع فضای تجاری، و اتصال ۱۲۰۰ مغازه و ایستگاه مترو.	ایجاد شبکه پیاده‌روی زیرسطحی برای کاهش ترافیک و بهبود دسترسی.	همه‌پایه بین مالکین مختلف و مدیریت فضای زیرسطحی.	توسعه تدریجی و اتصال ساختمان‌ها به بزرگ‌ترین مرکز خرید زیرسطحی جهان.	درب ۱۰۰ هزار کاربر روزانه، ایجاد بزرگ‌ترین مرکز خرید زیرسطحی جهان.
ونکوور، کانادا	دو مرکز تجاری زیرسطحی (پس‌فیک و مونترال) با بیش از ۲۰۰ مغازه و اتصال به ایستگاه‌های مترو.	بهبود دسترسی و رفاه شهری در شرایط آب‌وهوایی نامساعد.	محدودیت فضای زیرسطحی و نیاز به همه‌پایه با توسعه‌های آینده.	برنامه‌ریزی برای اتصال به یکپارچه و بهبود دسترسی به حمل‌ونقل عمومی.	ایجاد فضای تجاری یکپارچه و بهبود دسترسی به حمل‌ونقل عمومی.
هل‌سینکی، فنلاند	بیش از ۲۰۰ کیلومتر تونل و ۴۰۰ طرح زیرسطحی، شامل فضاهای عمومی، پارکینگ، و تأسیسات شهری.	مدیریت تراکم شهری و ایجاد فضاهای چندمنظوره زیرسطحی.	همه‌پایه بین طرح‌های مختلف و مدیریت منابع.	ارائه طرح جامع توسعه زیرسطحی با رویکرد دانش‌بنیان.	ایجاد شهر زیرسطحی یکپارچه و بهبود کیفیت زندگی شهری.
پاریس، فرانسه	مجموعه‌های زیرسطحی مانند فورم دزال و لوور، اتصال به مترو، و ایجاد فضاهای تجاری و فرهنگی.	بهبود دسترسی به مراکز فرهنگی و کاهش ترافیک سطحی.	حفظ معماری تاریخی و همه‌پایه با بافت شهری.	طراحی فضاهای زیرسطحی با و بهبود دسترسی به مراکز فرهنگی مانند موزه لوور.	افزایش جذب توریست با و بهبود دسترسی به مراکز فرهنگی مانند موزه لوور.
سیدنی، استرالیا	مراکز خرید زیرسطحی پیرامون ایستگاه تاون هال، اتصال به شبکه حمل‌ونقل عمومی.	بهبود دسترسی به مراکز تجاری و کاهش ترافیک.	محدودیت‌های ناشی از ساختار تاریخی شهر.	استفاده از فضاهای زیرسطحی برای توسعه تجاری.	ایجاد مراکز خرید پررونق و بهبود دسترسی به حمل‌ونقل عمومی.
سنگاپور	شبکه‌های زیرسطحی گسترده پیرامون ایستگاه‌های مترو مانند رافلز پلیس، اتصال به مراکز تجاری و اداری.	ایجاد شبکه‌های پیاده‌روی زیرسطحی برای کاهش ترافیک و بهبود دسترسی.	مدیریت پیچیدگی اتصال ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها.	توسعه تدریجی و برنامه‌ریزی بلندمدت.	بهبود دسترسی به مراکز تجاری و اداری، کاهش ترافیک سطحی.
مسکو، روسیه	مجموعه تجاری چهارطبقه اخذنیارایاد با ۲۹۰۰۰ مترمربع فضای تجاری، اتصال به ایستگاه مترو.	ایجاد فضای تجاری یکپارچه و بهبود دسترسی به حمل‌ونقل عمومی.	چالش‌های ناشی از شرایط خاک و ساختار شهری.	استفاده از فناوری‌های پیشرفته مهندسی ساخت زیرساخت‌ها.	ایجاد مرکز تجاری پررونق و بهبود دسترسی به مترو.
شیکاگو، آمریکا	مجموعه زیرسطحی شامل تونل‌ها، پل‌های هوایی، و اتصال به ایستگاه‌های مترو و مراکز تجاری.	محافظت از کاربران در برابر آب‌وهوای نامساعد و بهبود دسترسی.	عدم برنامه‌ریزی یکپارچه و توسعه نامنظم.	توسعه مشترک توسط بخش‌های دولتی و خصوصی.	ایجاد شبکه‌های زیرسطحی پرکاربرد، اگرچه فاقد یکپارچگی کامل.

مادرید، اسپانیا	انتقال ۵۶ کیلومتر بزرگراه به زیر زمین، احیای ۱ میلیون مترمربع فضای سبز.	کاهش آلودگی صوتی و بهبود کیفیت شهری.	چالش‌های فنی و مالی ناشی از انتقال بزرگراه.	استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای ساخت تونل‌ها.	کاهش آلودگی صوتی، احیای فضای سبز، و بهبود کیفیت زندگی شهری.
-----------------	---	--------------------------------------	---	--	---

پس از استخراج تجربیات کشورهای مختلف، با استفاده از روش swot به تحلیل این تجربیات و استخراج نقاط مشترک ضعف، قوت، فرصت‌ها و تهدیدها پرداخته شد.

نقاط قوت تجربیات کشورهای مختلف به شرح زیر بود:

(۱) اتصال گسترده به شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی:

- در مونترال، تورنتو، سنگاپور و مسکو، اتصال به مترو و ایستگاه‌های قطار زیرسطحی باعث تسهیل دسترسی به مراکز تجاری و اداری شد.

- در تورنتو، با اتصال به بیش از ۱۲۰۰ مغازه و ۵ ایستگاه مترو، یک مرکز تجاری و اداری یکپارچه ایجاد شد.

- در سنگاپور، شبکه‌های زیرسطحی گسترده موجب کاهش ترافیک سطحی و بهبود دسترسی به مراکز تجاری و اداری شد.

(۲) کاهش ترافیک و آلودگی سطحی:

- مونترال با توسعه یک مجموعه زیرسطحی گسترده، ترافیک سطحی را کاهش داد و در شرایط زمستانی از سرمای زیاد جلوگیری کرد.

- مادرید با انتقال بزرگراه به زیر زمین و احیای فضای سبز، آلودگی صوتی را کاهش داد.

(۳) ایجاد فضاهای تجاری یکپارچه و بهره‌وری اقتصادی:

- در ونکوور و تورنتو، مجموعه‌های تجاری و اداری زیرسطحی موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی و جلب کاربران روزانه شدند.

(۴) ارتقای کیفیت زندگی شهری:

- طرح‌هایی مانند هلسینکی و مادرید فضاهای عمومی زیرسطحی با چن‌دمنظوره بودن، به ارتقای کیفیت زندگی شهری کمک کردند.

(۵) جذب توریست و گردشگری:

- پاریس با طراحی مجموعه‌های زیرسطحی برای دسترسی به موزه‌ها و مراکز فرهنگی، توانست تعداد بازدیدکنندگان را افزایش دهد.

نقاط ضعف تجربیات کشورهای مورد مطالعه استخراج و به شرح زیر عنوان شد:

(۱) پیچیدگی و چالش‌های هماهنگی بین بخش‌های مختلف:

- در سنگاپور، مسکو و تورنتو، هماهنگی بین مالکین مختلف، طراحان و مسئولان مختلف برای اتصال ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها مشکلاتی ایجاد کرد.

- در شیکاگو، فقدان برنامه‌ریزی یکپارچه باعث توسعه نامنظم شبکه‌های زیرسطحی شد.

(۲) محدودیت فضای زیرسطحی:

- در ونکوور و سنگاپور، محدودیت در فضای زیرسطحی باعث شد که برخی طرح‌ها با مشکلات توسعه روبه‌رو شوند.

(۳) چالش‌های فنی و مالی:

- مادرید با چالش‌های فنی و هزینه‌بر ناشی از انتقال بزرگراه‌ها به زیرزمین مواجه شد.

- در مسکو، مشکلات فنی و شرایط خاص خاک و ساختار شهری مانع از توسعه موفق طراحی فضاهای زیرسطحی شد.

(۴) نیاز به هماهنگی با توسعه‌های آینده:

- در ونکوور و هلسینکی، نیاز به هماهنگی با توسعه‌های شهری آینده و اتصال به طرح‌های جدید یکی از نقاط ضعف محسوب می‌شود.

پس از بررسی نقاط ضعف و قوت تجربیات کشورهای ورد مطالعه در زمینه توسعه زیرسطحی به بررسی فرصت‌ها و تهدیدها پرداخته شد. فرصت‌های این تجربیات به شرح زیر بود:

- (۱) توسعه تدریجی و بهبود دسترسی:
- در طرح‌های مونترال، تورنتو و سنگاپور، توسعه تدریجی زیرساخت‌ها فرصت‌هایی برای بهبود دسترسی به مراکز تجاری و مسکونی ایجاد کرد.
- (۲) افزایش ظرفیت جذب کاربران و توریست‌ها:
- در پاریس، تورنتو و شیکاگو، با ایجاد فضاهای تجاری و فرهنگی زیرسطحی، ظرفیت جذب توریست و کاربران روزانه افزایش یافت.
- (۳) پتانسیل بهبود کیفیت زندگی شهری و فضاهای سبز:
- در مادرید و هلسینکی، امکان بهبود کیفیت زندگی شهری با استفاده از فضای زیرسطحی برای احیای فضای سبز و کاهش آلودگی‌ها ایجاد شد.
- (۴) پایداری و کاهش مصرف انرژی:
- طرح‌های توسعه زیرسطحی مانند هلسینکی و پاریس با طراحی فضاهای زیرسطحی برای کاهش مصرف انرژی و استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار، به تحقق اهداف پایداری شهری کمک کردند.

تهدیدهای تجربیات کشورهای مختلف در زمینه توسعه زیرسطحی با استفاده از تحلیل سوات در ۴ مورد خلاصه شد:

- (۱) مشکلات ساختاری و زمین‌شناسی:
 - در طرح‌هایی مانند مسکو، مشکلات زمین‌شناسی و شرایط خاص خاک باعث بروز مشکلات فنی و افزایش هزینه‌ها شد.
 - (۲) عدم هماهنگی و هماهنگی نادرست بین بخش‌های مختلف:
 - در شیکاگو و تورنتو، عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف شهری و فنی می‌تواند توسعه فضاهای زیرسطحی را با مشکلات اجرایی مواجه کند.
 - (۳) محدودیت منابع مالی و فنی:
 - در طرح‌هایی مانند مادرید و مسکو، محدودیت‌های مالی و فنی می‌تواند مانع از تکمیل فضاهای زیرسطحی و بهره‌برداری کامل از امکانات زیرسطحی شود.
 - (۴) رقابت و توسعه‌های شهری دیگر:
 - طرح‌های ونکوور و سیدنی ممکن است با توسعه‌های جدید دیگر در سطح شهر مواجه شوند که باعث کاهش تأثیرگذاری یا ظرفیت بهره‌برداری از زیرساخت‌های زیرسطحی شود.
- پس از ارائه نقاط ضعف و قوت تجربیات توسعه زیرسطحی، بر اساس اشتراکات این تجربیات، فرایند مفهومی مرحله‌ای طراحی فضاهای زیرسطحی شهری ارائه شد. این فرایند از ۵ بخش پیش‌نیازهای طرح‌ریزی، عناصر اصلی، فرایند اجرایی، ارزیابی و بازخورد و استراتژی‌های اجرایی تشکیل شده است.

الف- پیش‌نیازهای طرح‌ریزی و طراحی فضاهای زیرسطحی

- تحلیل محیطی و زمین‌شناسی: قبل از هر چیز، باید محیط زمین‌شناسی و زیرساخت‌های موجود شهر به دقت تحلیل شوند. این تحلیل باید شامل ارزیابی خاک، ساختارهای موجود و میزان مقاومت ساختاری باشد.
- شناسایی نیازهای جامعه و فضاهای تجاری: تحلیل دقیق نیازهای شهری و تجاری باید انجام شود تا فضایی طراحی شود که علاوه بر بهره‌برداری تجاری، نیازهای حمل‌ونقل و رفاه اجتماعی را نیز تأمین کند.
- هماهنگی با برنامه‌ریزی شهری بلندمدت: برنامه‌ریزی برای اتصال به توسعه‌های آینده شهری و هماهنگی با طرح‌های آتی باید در مراحل اولیه مدنظر قرار گیرد.

ب- عناصر اصلی

- شبکه حمل‌ونقل زیرسطحی: طراحی سیستم‌های حمل‌ونقل زیرسطحی مانند مترو و تونل‌های پیاده‌روی برای کاهش ترافیک سطحی و تسهیل دسترسی به مراکز تجاری، مسکونی و فرهنگی.

- فضاهای تجاری و اداری یکپارچه: ایجاد فضای تجاری زیرسطحی یکپارچه که باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی و جذب کاربران روزانه شود.
- پایداری محیطی و اجتماعی: در نظر گرفتن جنبه‌های محیط‌زیستی مانند کاهش آلودگی صوتی، حفظ فضاهای سبز و بهبود کیفیت هوای شهر.
- مدیریت فنی و منابع: طراحی سیستم‌های مدیریت طرح با توجه به محدودیت‌های مالی، فنی و ساختاری، و استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای مقابله با مشکلات ساختاری.

ج- فرآیند اجرایی

- توسعه تدریجی: توسعه فضاهای زیرسطحی باید به‌طور تدریجی و در مراحل مختلف توسعه یابند تا از هرگونه شکست‌های ناگهانی جلوگیری شود.
- ارتباط مؤثر بین بخش‌های مختلف: یکی از ارکان موفقیت این مدل، ارتباط مستمر و هماهنگ بین طراحان، سازندگان، مسئولان شهری و سایر ذی‌نفعان است.
- توسعه مبتنی بر نوآوری‌های تکنولوژیک: استفاده از فناوری‌های جدید برای حل مشکلات فنی و ساختاری از جمله توسعه ابزارهای دیجیتال و مدل‌های شبیه‌سازی زیرساخت‌ها.

د- ارزیابی و بازخورد مستمر

- میزان موفقیت در جذب کاربران و توریست‌ها: ارزیابی تعداد کاربران روزانه و تأثیرات اقتصادی و فرهنگی طرح بر جامعه.
- اندازه‌گیری اثرات محیطی: ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی طرح‌ها بر کاهش آلودگی، بهبود فضای سبز و بهینه‌سازی مصرف انرژی.
- تحلیل بازخورد عمومی و اجتماعی: نظرسنجی و ارزیابی رضایت شهروندان و ذی‌نفعان از کیفیت زندگی و دسترسی به فضاهای عمومی و تجاری.

ه- راه‌حل‌ها و استراتژی‌های اجرایی

- توسعه تدریجی و مرحله‌ای: توسعه فضاهای زیرسطحی باید در مراحل مختلف انجام شود تا مشکلات ساختاری و اجرایی به مرور حل شوند.
- همکاری بخش‌های دولتی و خصوصی: در توسعه فضاهای زیرسطحی باید از مشارکت بین بخش‌های دولتی و خصوصی بهره‌مند شد تا منابع مالی و اجرایی به بهترین نحو استفاده شوند.
- استفاده از مدل‌های اقتصادی پایدار: ایجاد مدل‌های اقتصادی که به تداوم و بهره‌برداری بلندمدت طرح‌ها کمک کنند.

بحث

یافته‌های حاصل از تحلیل تجربیات ده شهر پیشرو در توسعه زیرسطحی شهری، الگوهای مشترکی را نمایان می‌سازد که با مقایسه تطبیقی، می‌توان به درک عمیق‌تری از مؤلفه‌های موفقیت، چالش‌های رایج، و چشم‌اندازهای توسعه چنین فضاهای زیرسطحی دست یافت. این تحلیل‌ها به‌طور کلی نشان می‌دهد که مدل‌های توسعه زیرسطحی در این شهرها اغلب شامل عناصر مشابهی هستند که به‌طور عمده بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی زیرزمینی، هماهنگی نهادی، و تطبیق با شرایط جغرافیایی و زمین‌شناسی تأکید دارند. به‌عنوان مثال، در اکثر شهرهای بررسی‌شده از جمله مونترال [Demers et al., 2016; Beneventi, 2012]، تورنتو [Blenger, 2007; Chow, 2023]، سنگاپور [Zhou & Zhao, 2016; Lee & Zho, 2018] و هلسینکی [Vähäaho, 2016]، ارتباط مستقیم و گسترده با شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر موفقیت طراحی فضاهای زیرسطحی ذکر شده است. این ارتباط مستقیم با شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی به‌ویژه به‌عنوان عاملی برای کاهش ازدحام ترافیکی و ارتقاء دسترسی به خدمات شهری اهمیت دارد. این موضوع با یافته‌های مطالعات داس و همکاران [Das et al., 2021] هم‌راستا است که تأکید دارند اتصال یکپارچه زیرساخت‌های حمل‌ونقل با فضاهای تجاری و خدماتی، نه تنها سبب افزایش بهره‌وری اقتصادی می‌شود، بلکه دسترسی شهروندان به خدمات شهری را نیز به‌طرز چشمگیری بهبود می‌بخشد و کیفیت زندگی را ارتقا می‌دهد.

از منظر بهبود کیفیت زندگی شهری، نتایج تجربی مادرید، هلسینکی و پاریس نشان می‌دهد که توسعه زیرسطحی می‌تواند با احیای فضاهای سبز، کاهش آلودگی صوتی و بهبود زیست‌پذیری محیط شهری همراه شود. توسعه چنین طرح‌هایی در این شهرها

نشان‌دهنده تحول در فضای شهری و ایجاد محیط‌های زیست‌محیطی پایدار است. یافته‌ای که با نتایج تحقیقات ریشر و همکاران [Richter et al., 2024] و وندرتن و همکاران [Van der Tann et al., 2018] به عنوان زیرساخت‌های سبز زیرسطحی در شهرهای اروپایی مطابقت دارد. این نوع زیرساخت‌ها می‌توانند به بهبود شرایط زیست‌محیطی در شهرها کمک کرده و همچنین تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی را کاهش دهند. در مقابل، چالش‌های متعددی نیز در مسیر توسعه این طرح‌ها وجود دارد؛ به‌ویژه پیچیدگی‌های فنی و زمین‌شناسی در شهرهایی نظیر مسکو و مادرید که شرایط خاک و ساختار زمین آن‌ها، نیازمند فناوری‌های پیشرفته و منابع مالی قابل‌توجه بوده است. این چالش‌ها به‌ویژه در مناطقی که زمین‌شناسی پیچیده‌ای دارند، نیازمند توجه ویژه به مطالعات دقیق و برنامه‌ریزی هوشمندانه است. این نکته با نتایج مطالعات شرلاو و همکاران [Shirlaw et al., 2004] در زمینه آسیب‌پذیری ژئوتکنیکی فضاهای زیرسطحی در شهرهای روسیه نیز هماهنگ است.

مقایسه میان دو مدل توسعه زیرسطحی در شیکاگو و هلسینکی، شکاف آشکاری را در نحوه برنامه‌ریزی و یکپارچگی نشان می‌دهد. در حالی که شیکاگو از عدم هماهنگی نهادها و فقدان چشم‌انداز بلندمدت رنج می‌برد و بسیاری از طرح‌های توسعه فضاهای زیرسطحی با چالش‌هایی همچون ضعف در برنامه‌ریزی و انسجام میان بخش‌های مختلف روبه‌رو هستند، شهر هلسینکی با ارائه یک طرح جامع توسعه زیرسطحی مبتنی بر داده‌ها و پژوهش‌های محیطی، موفق به طراحی شبکه‌ای چندمنظوره شده است که از لحاظ کاربری، زیرساختی و زیست‌محیطی به‌طور همزمان توانسته پاسخگوی نیازهای مختلف شهری باشد. این تفاوت نشان می‌دهد که موفقیت طرح‌های زیرسطحی نه‌تنها در گرو منابع مالی یا توان فنی، بلکه به‌طور جدی وابسته به هماهنگی نهادی، شفافیت تصمیم‌گیری و رویکرد برنامه‌ریزی یکپارچه است؛ موضوعی که در پژوهش راپوسو و کارلوس [Raposo & Carlos, 2021] نیز مطرح شده است. در واقع، این تجارب نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی دقیق و همکاری میان نهادهای مختلف، از جمله دولت، بخش خصوصی و جوامع محلی، می‌تواند به‌طور چشمگیری بر موفقیت این طرح‌ها تأثیر بگذارد.

مدلی که در این مطالعه ارائه شده، با ادغام یافته‌های تجربی و تحلیل SWOT، تلاش کرده است تا یک چارچوب مفهومی واقع‌بینانه و کاربردی برای توسعه زیرسطحی شهری طراحی کند. این مدل نه‌تنها به دنبال حل مسائل موجود در توسعه زیرسطحی است بلکه با بهره‌گیری از تجربه‌های جهانی، یک رویکرد نوآورانه برای ایجاد زیرساخت‌های شهری پایدار ارائه می‌دهد. این چارچوب از پیش‌نیازهای زیربنایی چون تحلیل زمین‌شناسی و نیازسنجی اجتماعی آغاز می‌شود و به‌طور پیوسته با تحلیل داده‌های محیطی و استفاده از فناوری‌های نوین در طراحی و اجرا، به بهبود مستمر طرح‌های زیرسطحی می‌پردازد. پس از این مرحله، با تعریف عناصر کلیدی مانند شبکه‌های حمل‌ونقل زیرسطحی و فضاهای تجاری یکپارچه، وارد فاز اجرایی توسعه تدریجی، ارزیابی مستمر، و استراتژی‌های اجرای بلندمدت می‌شود. این چارچوب به‌ویژه با توجه به تجربیات موفق در شهرهای پیشرو، مزیت‌هایی چون انعطاف‌پذیری در مواجهه با چالش‌های آینده، پاسخ‌گویی به نیازهای متغیر و متنوع شهری، و تلفیق پایداری محیطی و اقتصادی را داراست.

در واقع، تحلیل تطبیقی تجربیات ده شهر پیشرو در توسعه زیرسطحی نشان می‌دهد که موفقیت این طرح‌ها مستلزم توجه همزمان به پنج بعد کلیدی است. این ابعاد شامل پیش‌نیازهای زیرساختی، یکپارچگی عملکردی، ارزیابی و بازیابی مستمر، مدیریت ریسک، و ایجاد هماهنگی نهادی هستند. پیش‌نیازهای طرح‌ریزی در مونترال و هلسینکی ثابت کرده که تحلیل جامع زمین‌شناسی و نیازسنجی اجتماعی پایه‌ای اساسی برای توسعه پایدار است. به‌ویژه مطالعات میدانی در مونترال نشان داده که ارزیابی دقیق لایه‌های خاک و آب‌های زیرزمینی قبل از اجرا، هزینه‌های اجرایی را تا ۳۵٪ کاهش داده است [Canadian Infrastructure Report, 2021]. این نشان‌دهنده اهمیت برنامه‌ریزی دقیق و استفاده از داده‌های علمی در مراحل ابتدایی طرح است که می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی طرح‌های زیرسطحی نقش بسزایی ایفا کند.

عناصر اصلی مدل در شهرهایی مانند سنگاپور و تورنتو بر اهمیت یکپارچگی عملکردی تأکید دارد. در این شهرها، فضاهای تجاری متصل به شبکه‌های حمل‌ونقل زیرزمینی با توجه به دسترسی آسان‌تر به نقاط مختلف شهر و کاهش ترافیک شهری، به‌طور قابل توجهی از بهره‌وری اقتصادی بیشتری برخوردار بوده‌اند. داده‌های سنگاپور نشان می‌دهد فضاهای تجاری متصل به شبکه مترو ۴۰٪ بازدهی اقتصادی بیشتری نسبت به واحدهای مستقل دارند. [Fesselmeyer & Liu, 2018] این یافته‌ها مؤید آن است که طراحی چندعملکردی فضاهای زیرسطحی نه تنها کارایی اقتصادی را افزایش می‌دهد، بلکه موجب کاهش ۲۰٪ تا ۳۰٪ سفرهای درون‌شهری می‌شود. این تغییرات باعث بهبود کارایی سیستم حمل‌ونقل عمومی و کاهش آلودگی درون‌شهری می‌شود که از اهداف کلیدی توسعه پایدار است.

فرآیند اجرایی در طرح‌های موفق از الگوی توسعه تدریجی پیروی کرده‌اند که باعث می‌شود ریسک‌ها و چالش‌های پیش‌بینی نشده، از جمله تغییرات اقلیمی یا کشف آثار باستانی، به‌طور موثری مدیریت شوند. تجربه مادرید در انتقال بزرگراه به زیرزمین نشان می‌دهد که تقسیم طرح به فازهای پنج‌ساله و ارزیابی مستمر بین هر فاز، ریسک‌های فنی را تا ۵۰٪ کاهش داده است. این رویکرد به‌ویژه در مواجهه با چالش‌های پیش‌بینی نشده مانند تغییرات آب‌وهوایی یا کشف آثار باستانی کارایی خود را ثابت کرده است [Von Winterfeldt et al., 2010].

اصلاحات لازم را در فازهای بعدی اعمال کنند و از این طریق، بازدهی طرح را افزایش دهند.

این یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهد که توسعه زیرسطحی موفق نیازمند رویکردی سیستماتیک است که پیوند ارگانیک بین الزامات فنی، اقتصادی و اجتماعی برقرار کند. تجربه شهرهای مورد مطالعه ثابت کرده که غفلت از هر یک از این ابعاد می‌تواند به شکست طرح یا کاهش شدید بازدهی سرمایه‌گذاری‌ها منجر شود. به‌طور خاص، چالش‌های اجتماعی و فرهنگی در برخی از طرح‌ها ممکن است به‌ویژه در شهرهای بزرگ و متنوع، ایجاد موانعی برای پذیرش این طرح‌ها توسط ساکنان محلی کند.

برای تحقیقات آینده، سه حوزه نیاز به بررسی عمیق‌تر دارد: اولاً مطالعه تأثیر فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در بهینه‌سازی طراحی فضاهای زیرسطحی؛ ثانیاً تحلیل اقتصادی بلندمدت طرح‌های توسعه زیرسطحی با در نظر گرفتن هزینه‌های عمرانی و منافع اجتماعی؛ و ثالثاً بررسی راهکارهای کاهش مقاومت اجتماعی در برابر طرح‌های توسعه زیرسطحی. از منظر کاربردی، پیشنهاد می‌شود شهرها با ایجاد بانک اطلاعاتی یکپارچه از تجربیات جهانی، از تکرار اشتباهات گذشته اجتناب کنند. همچنین تشکیل تیم‌های چندرشته‌ای متشکل از مهندسان، برنامه‌ریزان شهری و جامعه‌شناسان می‌تواند به طراحی فضاهای زیرسطحی کمک کند که هم از نظر فنی قابل اجرا و هم از نظر اجتماعی پذیرفتنی باشند.

این مدل با ارائه چارچوبی نظام‌مند و آزموده‌شده در شهرهای پیشرو، می‌تواند راهنمای عملی برای شهرهایی باشد که قصد توسعه فضای زیرسطحی را دارند. تجربیات نشان می‌دهد که موفقیت چنین طرح‌هایی در گرو توجه همزمان به ابعاد فنی، اقتصادی و اجتماعی است. غفلت از هر یک از این جنبه‌ها می‌تواند به شکست طرح یا کاهش شدید بازدهی سرمایه‌گذاری منجر شود. همچنین، نیاز به یک استراتژی جامع برای مدیریت ریسک‌ها، ارزیابی مداوم و استفاده از داده‌های علمی به‌طور مستمر، از عوامل کلیدی در موفقیت طرح‌های توسعه زیرسطحی است.

نتیجه‌گیری

توسعه زیرسطحی در شهرهای جهان به‌عنوان رویکردی چنبدبُعدی، هم‌زمان ظرفیت‌های کلان در بهینه‌سازی فضا، پایداری زیست‌محیطی و تاب‌آوری زیرساختی را آشکار کرده و هم چالش‌هایی مانند هزینه‌های بالا، ملاحظات حقوقی و پیچیدگی‌های فنی را نمایان ساخته است. تحلیل تطبیقی نشان می‌دهد کشورهای که از رویکردهای داده‌محور، نظام‌های بازخورد مستمر، و سیاست‌گذاری مشارکتی بهره برده‌اند، موفقیت چشمگیرتری در توسعه پایدار زیرسطحی داشته‌اند. بنابراین، طراحی سیاست‌های بومی با الهام از این تجربیات جهانی، مستلزم درک دقیق شرایط محلی، تقویت ابزارهای نظارتی و ادغام نهادهای متولی در یک ساختار هماهنگ و منعطف است.