ارتقاء پایداری شهرهای بزرگ در برابر مخاطرات محیطی با رویکرد توسعه زیرسطحی (نمونه موردی شهر تهران)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۱/۱۲/۱۹

مهران علی‌الحسابی[1] (عضو هیأت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران)
اصغرمولائی* (دانشجوی دکتری شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز)

چکیده:

شهرهای بزرگ معاصر با مسائل و تهدیدهای متعددی در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست محیطی مواجه‌اند. پایدارسازی این شهرها در برابر مخاطرات محیطی با رویکرد توسعه زیرسطحی شهری، نگرشی نوین در شهرسازی می‌باشد. شهرهای بزرگ ایران با قرارگیری روی گسل‌های زلزله، مورد تهدید و آسیب‌پذیری جدی قرار دارند. بکارگیری رویکرد زیرسطحی شهری در توسعه‌ی این شهرها می‌تواند به پایداری آن ها کمک نماید. این مقاله با هدف تبیین اهمیت و جایگاه فضاهای زیرسطحی در ارتقای پایداری شهرهای بزرگ و مراکز آن ها در زلزله می‌باشد. این مقاله با روش تحقیق توصیفی و تحلیلی و مطالعه موردی شهر تهران و با استفاده از تکنیک‌های تحلیلی سوات، مطالعه اسنادی، مطالعات میدانی انجام می‌شود. نتایج این پژوهش عبارتند از: ۱) پایداری و مقاومت بالای فضاهای زیرسطحی در برابر سوانح طبیعی و غیرطبیعی از قبیل زلزله، آتش‌سوزی، ارتعاش، انفجار و ... ۲) تخریب کم تر این فضاها نسبت به فضاهای غیرزیرسطحی در زلزله و سایر بحران های طبیعی و مصنوع ۳) قابلیت فضاهای زیرسطحی در حل مسائل متعدد شهرهای بزرگ و رفع بخشی از نیازهای فضایی

واژه‌های کلیدی:

توسعه زیرسطحی، پایداری، مخاطرات محیطی، تهران، زیرساخت های شهری.

* نویسنده مسئول: molaei.2488@gmail.com

[1] Alalhesabi@iust.ac.ir

۱– مقدمه

شهرهای بزرگ و به ویژه مراکز پر ازدحام آن ها، بدلایل متعدد از حساسیت و آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند. این مراکز، از یک طرف، نیاز حیاتی به زیرساخت های شهری در ابعاد حمل‌ونقلی، خدماتی، انرژی و ... دارند. از طرف دیگر این مراکز از آسیب‌پذیری بالایی (به ویژه از نظر تلفات انسانی و اختلال در زیرساخت های شهری موجود در هنگام وقوع بحران های طبیعی و مصنوعی) برخوردارند. حل این مسائل و رفع نیازهای زیرساختی شهر جهت نیل به پایداری شهرهای بزرگ و مراکز آن ها، مورد پژوهش این مقاله می‌باشد. در جستجوی راه‌حل و مسأله‌گشایی این موضوع، این احتمال مطرح می‌شود که آیا امکان تجمیع این دو منظور به طور یکجا با استفاده از رویکرد توسعه زیرسطحی وجود دارد یا نه؟ به عبارت بهتر آیا با توسعه زیرسطحی شهری می‌توان به توسعه زیرساخت های شهری و تامین اهداف مدیریت بحران بسوی تأمین پایداری شهرها نایل شد؟

اهمیت موضوع از آنجا ناشی می‌شود که در مسیر توسعه‌ی پایدار، تامین زیرساخت های شهری کشورمان به ویژه شهرهای بزرگ و ارتقای کیفیت محیطی آنها اهمیت خاصی را داراست. از طرف دیگر کشورمان به ویژه شهرهای بزرگی همچون تهران با قرارگیری روی گسل های زلزله به همراه عوامل دیگری مورد تهدید و آسیب‌پذیری جدی قرار دارد. با توجه به اینکه فضاهای زیرسطحی در کشور ما اغلب، به ویژه در پروژه‌های حمل‌ونقل شهری در انواع تونل ها و زیرگذرهای سواره مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ضروری است تا با مطالعه جامع این موارد و جستجوی رابط بین آنها و بهره‌گیری از فناوری های نوین و سوابق ارزشمند گذشته و معاصر جهانی و ایرانی به توسعه پایدار بپردازیم. در این پژوهش فرض بر این است که فضاهای زیرسطحی شهری با قابلیت های قابل توجه در مقاومت، حفاظت و نگهداری انسان ها و تأسیسات زیربنایی، در مخاطرات محیطی در راستای اهداف مدیریت بحران و پدافند غیرعامل بکاررفته شوند. بنابراین با استفاده از روش تحقیق تحلیلی و توصیفی و مطالعه موردی شهر تهران، و نیز شیوه‌های تحقیق سوات، مطالعه اسنادی و میدانی در این راستا تلاش می‌شود. هدف پژوهش نیز، ارائه‌ی رویکردی نوین در توسعه شهری پایدار با کندوکاوی در رابطه مابین توسعه زیرسطحی شهری و مدیریت بحران در مخاطرات محیطی می‌باشد.

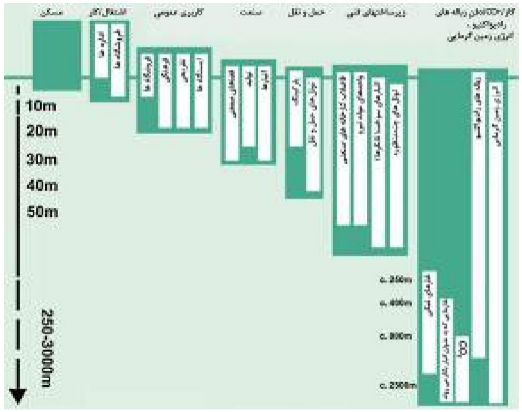
۲- فضاهای زیرسطحی و قابلیت های آن:

فضای زیرسطحی، با توجه به گستردگی مفهوم فضا می‌توان گفت؛ کلیه فضاهایی که در تراز پایین‌تر از همکف قرار می‌گیرند (اعم از عمومی و خصوصی، شهری و غیرشهری، بزرگ و کوچک، سرپوشیده و سرباز، قابل استفاده و غیرقابل استفاده، طبیعی و انسان‌ساخت، صخره‌ای و خاکی، شیبدار و مسطح، و ...).

توسعه زیرسطحی، بهره‌گیری از قابلیت های ترازهای زیرین زمین برای تامین نیازها و پاسخ به تقاضای شهر و مراکز آن، در تمامی ابعاد طراحی شهری"؛ این ابعاد می‌تواند از شامل کارکرد، دسترسی، تأسیسات و تجهیزات شهری، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، منظر و ... باشد. زیرزمین به عنوان منبع "فضا" برای ساختمان و زیرساخت های شهری، منبع "مصالح" که از حفاری‌ها به دست می‌آید، منبع "آب زیرزمینی"، منبع "انرژی‌زیرزمینی" می‌تواند محسوب شود (Parriaux&et al,2007). گذشته از این ها فضای زیرزمینی معمولا از دیده‌ها پنهان است و توانایی پنهان‌کردن پدیده‌ها را نیز دارد. از این نکته چنین می‌توان استنتاج کرد که از فضای زیرزمینی می‌توان برای پنهان کردن و پنهان شدن (با هر هدفی اعم از نظامی، ایمنی، امنیتی، زیبایی و ...) استفاده کرد. به‌عنوان مثال می‌توان بسیاری از تأسیسات زیربنایی شهری به زیرزمین انتقال داد.

بابیلف[۲](۲۰۰۹) فضاهای زیرسطحی شهری را مطابق شکل ۱ شامل: انبار و مخزن (مثل غذا، آب، نفت، کالاهای صنعتی، زباله)؛ صنعت(مثل موتورهای تامین انرژی)؛ حمل و نقل (مثل راه های ریلی، جاده ها، تونل های عابر پیاده)؛ تأسیسات و خطوط ارتباطی مخابراتی (مثل آب و فاضلاب و گاز و کابل های الکتریکی)؛ استفاده عمومی(مثل مراکز خرید، بیمارستان ها؛ ساختمان های دفاع غیر عامل)؛ و استفاده‌های خصوصی و شخصی(مثل توقفگاه اتومبیل) می-داند (Bobilev,2009).

[2]- Bobylev



شکل ۱- طبقه‌بندی فضاهای زیرسطحی از لحاظ کاربری و عمق (Bobilev,2009)

۳- سوابق ایرانی و جهانی استفاده از فضاهای زیرسطحی:

در دوره‌های گذشته این نوع فضاها عمدتا بدلایل اقلیمی، امنیتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. شهرها و روستاهایی که تمام و یا درصدی از آن ها در زیرزمین و یا زیرصخره‌ها قرار دارد مانند نمونه شهرها و روستاهای زیرزمینی کاپادوکیای ترکیه و شهر اویی در نوش‌آباد کاشان نمونه‌ای از این فضاهاست. کلیساها و محل‌های دفن شهدای دوران صدر مسیحیت در اروپا؛ سیلوهای زیرزمینی در چین و تونس نمونه‌های ارزشمند دیگری از سوابق جهانی هستند. و یا فضاهای معماری مانند گودال‌باغچه در شهرهای کویری و شوادان در شهرهای گرم و مرطوب (شوش و دزفول)، قناتها و آب‌انبارها در شهرهای قدیمی ایران مانند یزد، آب انبارهایی که کاملا در زیرزمین قرار دارند، نمونه‌های ارزشمند دیگری ایرانی از این فضاها هستند (مولائی،۱۳۸۹، ۹۹). نمونه های بسیاری از کاربردهای متنوع فضای زیرزمینی در دوره های مختلف تاریخی و زمان حال وجود دارد. مسکونی احتمالا قدیمی ترین نحوه‌ی استفاده از فضاهای زیرزمینی توسط انسان می باشد. غارهای مسکونیِ زیرزمینی و نیمه زیرزمینی کشف شده در کاستنکی روسیه، مساکن نیمه زیرزمینی در روستای بانپو در چین جزء این نمونه ها است. همچنین سکونتگاه های زیرزمینی با فرم آتریوم‌دار در جنوب تونس در شهرهایی نظیر ماتماتا و یا در دامنه تپه ها دیده می شوند(کارمودی و استرلینگ،۱۳۸۸، ۷۷). در دوره معاصر ابتدا آمریکای شمالی در طول جگ جهانی دوم با دلایل نظامی، امنیتی، و ایده‌های آرمان شهری به توسعه‌ی زیرسطحی پرداختند. سپس اروپا با دلایل حفاظتی (از اقلیم نامناسب و ...)، فرهنگی و تجاری به این امر پرداختند. و امروزه آسیا برای تامین کمبود زمین و فضای باز در

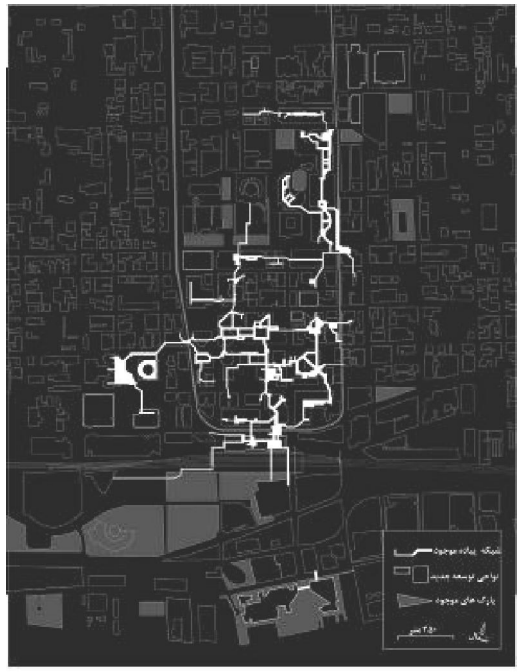
حال توسعه زیرسطحی می‌باشد. امروزه برخی از شهرهای جهان همچون تورنتو، مونترآل، مسکو، هلسینکی، آمستردام و شهرهای بزرگ چین و ژاپن دارای طرح جامع توسعه‌ی زیرسطحی (شکل۲ و ۳) می‌باشند که طیف گسترده‌ای از فضاهای تجاری، حمل‌ونقل، تأسیساتی، امنیتی و ... را شامل می‌شود.

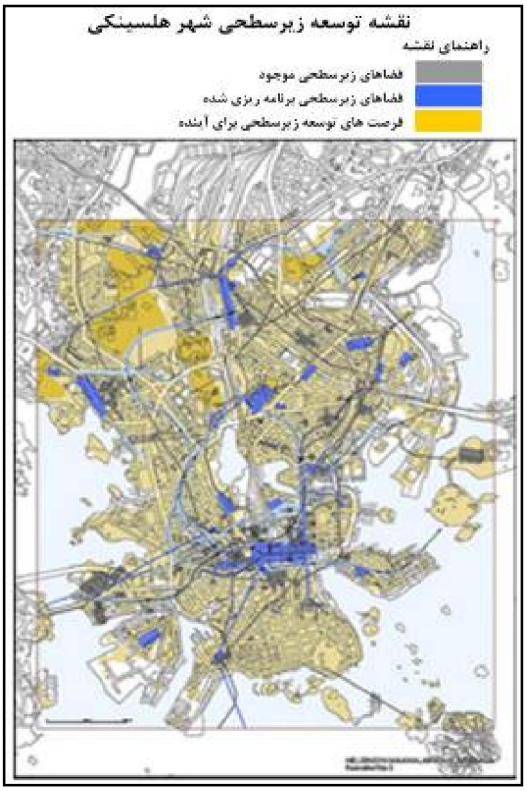
جدول ۱- کاربرد فضاهای زیرزمینی در مناطق مختلف جهان

منطقه	نوع استفاده از فضاهای زیرزمینی	منطقه	نوع استفاده از فضاهای زیرزمینی
آمریکای شمالی	- خانه های بومی که در داخل سنگ و صخره ایجاد شده است. نمونه ها شامل خانه های ایجاد شده توسط سرخپوستان در دیواره های صخره ای است - نمونه های بسیاری از مساکن و بناهای غیر مسکونی زیرزمینی از قبیل کتابخانه ها و موزه ها . - سیستم های حمل و نقل زیرزمینی در شهرهای بزرگ تر که برخی از آنها شامل توسعه مراکز تجاری در جوار خود می باشند (مونترئال و تورنتو در کانادا) - نمونه هایی از استفاده از معادن به صورت پراکنده ، مانند معادن سنگ آهک در کانزاس آمریکا می باشد .	**شرق اروپا و غرب آسیا**	- شرق اروپا و غرب آسیا - قرارگیری برخی از تأسیسات زیرزمینی در زیر سطح زمین .
آمریکای جنوبی	- استفاده محدود از فضای زیرزمینی غیر از معادن حفاری شده . - سیستم حمل و نقل زیرزمینی در برخی از شهرهای بزرگ - طرح نیروگاههای هیدروالکتریک در برخی از مناطق کوهستانی . - تجربیاتی از ذخیره سازی مواد غذایی در زیر سطح زمین .	**جنوب و جنوب شرق آسیا**	- معبد- غارها همانند "آجانتا" و "آلورا" در هند . - تأسیسات اندک زیرزمینی در شهرها شامل گذرگاه های پیاده و تونل های کوتاه جهت ترافیک سواره . - مترو در برخی شهرهای بزرگ همچون کلکته و هنگ کنگ . - تأسیسات بهره برداری از نیروی آب در مناطق کوهستانی .
کشورهای اسکاندیناوی	- استفاده گسترده اکثرا در صخره های سخت . همچون کلیساها ، سالن های کنسرت ، تأسیسات ورزشی و انبارها - بسیاری از کاربریهای دوگانه همچون پناهگاهها و خدمات عمومی. - تعداد بسیار نیروگاه های آبی زیرزمینی . - منبع ذخیره نفت و دیگر تأسیسات ذخیره انرژی . - سیستم حمل و نقل زیرزمینی (مترو)در پایتخت این کشورها .	**شرق آسیا**	- زندگی تقریبا ۳۰ میلیون نفر در مساکن غار مانند در شمال و مرکز چین . - استفاده گسترده از پناهگاه های زیرزمینی در شهرای چین . - معبر و مسیرهای زیرزمینی در مقیاس وسیع . - مترو در برخی شهرها هانند پکن و نووسیبیرسک .

کشورهای غرب اروپا	- تنوع کاربریهای زیرزمینی شامل مراکز خرید چند منظوره ، پارکینگ و غیره - تقاطع های فراوان تونل های مترو و خیابان ها با موانع طبیعی برای مثال تونل واقع در کانال انگلیس ، تونل های نواحی آلپ و شبکه راه آهن سریع السیر آلمان . - خانه های زیرزمینی بومی در فرانسه ، اسپانیا ، ایتالیا و یونان . - قرارگیری بسیاری از اجزای سیستم حمل و نقل در زیر سطح زمین .	**ژاپن**	- سیستم مترو در شهرهای اصلی . - تعداد فراوان مراکز خرید زیرزمینی که به تأسیسات حمل و نقل شهری مرتبط هستند . - استفاده از فضای زیرزمینی برای قرار دادن تأسیسات و تجهیزات شهری . - وجود تونل ها و معابر زیرزمینی به صورت گسترده . - علاقه وافر به استفاده گسترده از زیر سطح زمین در آینده .
آفریقا	- ذخیره سازی غذا بصورت بومی درشمال آفریقا خصوصا در مراکش - فعالیتهای معدنی گسترده و استفاده از نیروی آب . - مساکن بومی شمال آفریقا در "ماتماتا" و "بولارجیا" در تونس	**استرالیا**	- مساکن و ساختمان های زیرزمینی در مناطق قبلا حفاری شده معادن . - ساخت و ساز زیرزمین جهت حفظ محیط زیست در مناطق حساس - تجهیزات تولید برق هیدروالکتریک در ناطق کوهستانی . - استفاده اندک از فضاهای زیرزمینیجهت احداث معابر و مسیرهای راه آهن .

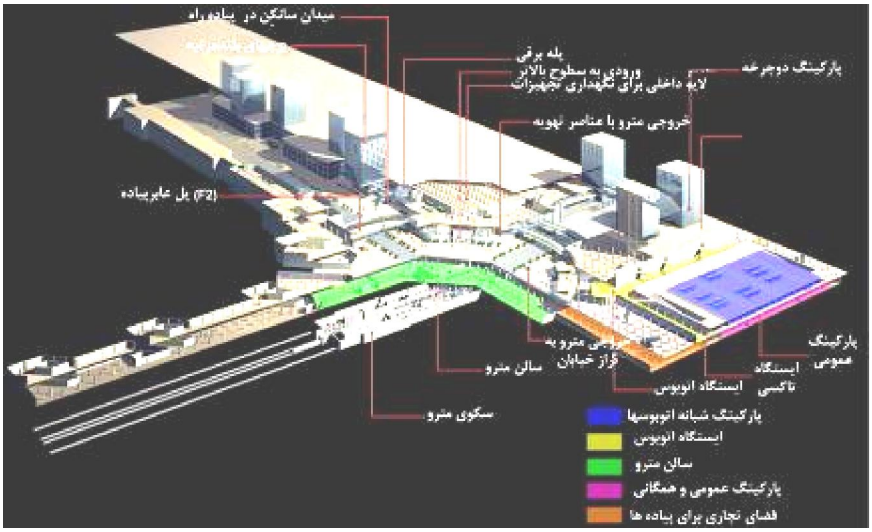
منبع: (کارمودی و استرلینگ، ۱۳۸۸، ۷۲)





شکل ۲– الف) شبکه فضاهای زیرسطحی تورنتو کانادا (Be´langer,2007)

ب) طرح جامع زیرسطحی شهر هلسینکی (منبع: http://www.lewism.org).



شکل۳- توسعه زیرسطحی ایستگاه گوانگ‌ژو متروی خط ۹ پکن چین؛ (Sterling & et al , 2010)

۴– ضرورت ها و محدودیت های توسعه زیرسطحی شهری:

از انقلاب صنعتی به بعد، با ظهور تکنولوژی و پیشرفت های فنی امکان غلبه بر طبیعت روزبه‌روز مهیا تر شد. رشد اندازه شهرها و ازدیاد جمعیت، احداث ساختمان های بلند مرتبه، گسترش شبکه‌های حمل‌ونقلی، نیاز به ارتباطات و حمل‌ونقل سریع‌السیر، و سایر تحولات صنعتی زمینه‌ساز دگرگونی شهرها شدند. افزایش ارتفاع ساختمان ها، اغلب افزایش عمق آن ها را درپی داشته، توسعه حمل‌ونقل به ویژه از نوع ریلی با ساخت ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل ها همراه بوده است. به طور کلی دلایل توسعه زیرسطحی در دوره معاصر به شرح زیر می‌باشد: ایجاد محیطی با آسایش اقلیمی در شرایط نامساعد اقلیمی؛ توسعه و یا حل مسائل حمل‌ونقل شهری؛ کمک به پایداری محیط‌زیست؛ افزایش بهره‌وری از ارزش اقتصادی زمین؛ تامین نیازهای فضایی و عملکردی؛ ایجاد محیطی ایمن در سوانح و مواقع بحرانی. توسعه‌ی زیرسطحی، فضاهای متنوع و متفاوتی را در کارکردهای شهری به ویژه زیرساخت های شهری شامل می‌شود که عبارتنداز: شبکه مترو(تونل ها و ایستگاه های مترو)؛ مراکز تجاری زیرزمینی؛ مراکز خدماتی زیرزمینی مانند انبارهای زیرزمینی؛ مراکز ورزشی زیرزمینی؛ مراکز فرهنگی و اجتماعی زیرزمینی مانند موزه‌ها و آمفی‌تئاترهای زیرزمینی؛ شبکه‌های نگهداری، ذخیره و انتقال نیرو، آب،برق، گاز، مخابرات و انرژی؛ تونل های حمل‌ونقلی و پارکینگ های زیرزمینی؛ تونل های مشترک تأسیساتی؛ تونل های زهکشی و انتقال آب های سطحی، پناهگاه های زیرزمینی. (مولائی،۱۳۸۹، ۱۰۰).

جدول۲ - مسائل، علل و ضرورتها در شهرهای بزرگ معاصر و رابطه آنها با توسعه زیرسطحی شهری

مسائل، علل و ضرورتها	رابطه با توسعه زیرسطحی شهری
رشد جمعیت شهری، ظهور مادرشهرها و کلان شهرها و رشد پراکنده آنها	جلوگیری از رشد پراکنده و بی‌رویه شهری به توسعه زیرسطحی شهری
نیاز به مسکن انبوه و گسترش حومه‌ها، شهرها و شهرکهای جدید	توسعه مساکن زیرزمینی
نیاز به سیستم حمل‌ونقلی سریع‌السیر و متنوع و مسائل حمل‌ونقلی	توسعه حمل‌ونقل زیرزمینی
آلودگی های زیست محیطی(آب‌وهوا، صدا و منظر)	انتقال موارد آلوده کننده به زیرزمین
تراکم بالای ساخت‌وساز به ویژه در مراکز شهری	افزایش تراکم در لایه‌های زیرزمینی و جلوگیری از

	ساخت‌وساز عمودی شهر و مراکز شهری
ورود تکنولوژی به شهرسازی	استفاده از تکنولوژی در حفاری، ساختو ساز، نگهداری و کنترل فضاهای زیرزمینی
کمبود فضا(خدماتی، تفریحی ، فضای سبز و باز و ...)	جبران کمبود فضا از طریق توسعه فضاهای زیرزمینی
نیاز شدید به زیرساخت های شهری(تأسیسات زیربنایی: شبکه آب، برق ، گاز و مخابرات فاضلاب) تأسیسات روبنایی: مراکز آموزشی، درمانی، بهداشتی و ...	توسعه زیرساخت های شهری در زیرشهرها و محله‌ها
آسیب‌پذیری در سوانح طبیعی و غیرطبیعی(جنگ، سیل، زلزله، طوفان و ....)	زیست در فضاهای زیرزمینی-انتقال موارد حساس به زیرزمین
ارزش اقتصادی زمین	استفاده از ترازهای زیرزمینی به عنوان ثروتی دست نخورده

منبع: نگارندگان

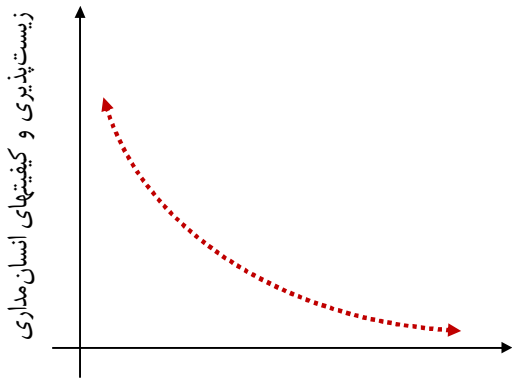
۵–محدودیتهای توسعه زیرسطحی شهری:

۵-۱- اثرات نامطلوب روحی و روانی در زیرزمین، وحشت از فضای بسته که در برخی افراد وجود دارد و آمیزه‌ای از احساسات له‌شدگی، خفگی و زندانی بودن همراه با از دست دادن هرگونه نشانه و آگاهی از فاصله است. بیماری روانی به‌نام کلاستروفوبیا که به علت ترس از محصوریت و قرار گرفتن در فضایی بسته می‌باشد از نمونه‌های این اثرات است.

۵-۲- مالکیت و حقوق مالکان: استفاده از زیرزمین مسائل قضایی مربوط به حقوق مالکیت، روابط بین مالکیت شخصی و حق جامعه را مطرح می سازد. حق استفاده از زیرزمین در اغلب اوقات به خوبی مشخص نشده است. به هر حال نمی توان پذیرفت که مالکیت زمین، مالکیت زیرزمین را هم بدون هیچ محدودیتی در پی داشته باشد. وگرنه مالکیت کوچک ترین قطعه زمین مالکیت هرم یا مخروطی واژگون را هم به دنبال می آورد که تا عمق زمین پیش می رود. از این رو به طور کلی آستانه‌ی ثابتی وجود دارد: چند متر یا سطح زیرین پی ریزی هر ساختمان پایین تر از آن دولت است که طبق کد معدنی فرانسه حق و ترتیب استفاده از آن را برحسب عمق و کاربری مورد نظر واگذار می کند: حفر زمین برای مترو یا بهره برداری از معادن سنگ، منابع آب آشامیدنی، حرارت درونی زمین، گاز طبیعی، نفت، دفن پسماندها، و غیره. در زمینه‌ی خسارت های ناشی از صدا، ترک خوردن ساختمان و ریزش آن، مالک حق دارداز

استفاده کننده‌ی عمق تقاضای جبران خسارت کند. مانند تقاضای جبران خسارت برخی مالکان از شبکه‌ی حمل و نقل پاریس برای ایجاد شبکه قطارهای سریع‌السیر منطقه ای. در مورد سطوح یا طبقاتی که روی هم قرار می گیرند. همانند لادفانس، جداره ها و کف های مشترک، اشتراکی است؛ از این رو مالکیت در زیرزمین همچون بالای زمین مشاع است (باستیه،۱۳۷۷، ۳۴۹).

در پاسخ توسعه زیرسطحی در چه شرایط و محدوده‌هایی مجاز است؟ به‌عبارت دیگر آیا توسعه‌ی زیرسطحی پاسخی عام است یا مخصوص شرایط موضعی و موضوعی خاصی است؟ علل عمده‌ی استفاده از فضای زیرسطحی، نیازهای خاص ، بروز مسائل و مشکلات شهری می‌باشد. همچنین داشتن تکنولوژی نوین در احداث چنین فضاها و امکانات مربوطه از دیگر علل تاثیرگذار بوده است. به‌عبارت ساده‌تر هرجا مساله‌ای از جنس مسایل مذکور بوده و توانایی احداث و ساخت فضای زیرسطحی بوده، بسته به شرایط مختلف مدیریتی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و صنعتی آن‌جا، منجر به ایجاد چنین فضاهایی شده است. اما بدیهی است که هر عمقی برای فعالیت و کاربرد ویژه‌ای مناسب بوده و علاوه بر آن امکان نفوذ به اعماق بیش تر بر ساخت‌وساز به ویژگی‌های محیطی محدوده مورد نظر از قبیل ویژگی‌های ژئوتکنیکی، وجود موانع حفاری مانند ریشه‌های درختان ارزشمند، عبور قنات ها و ... بستگی دارد. و یا شیب زمین و توپوگرافی محدوده‌ها نیز می‌تواند بر میزان عمق ترازهای زیرزمینی و حجم حفاری‌ها تاثیر بگذارد. از طرفی هر چه به عمق بیش تری می‌رویم محدودیت‌های زیستی بیش تر و بیش تر می‌شود(شکل ۴). این امر بدلیل دشواری تأمین نور و تهویه طبیعی، ورود و خروج، دشواری پایین رفتن و بالا آمدن و ... می‌باشد.



شکل ۴- رابطه بین عمق فضاهای زیرسطحی و زیست‌پذیری آن ها (مولائی، ۱۳۸۹، ۷۹)

در این تحلیل باید تمامی ابعاد موضوع را در نظر گرفته و سنجیده شود. چرا که ممکن است این توسعه ضمن ارائه نقاط قوت، تهدیدهایی را نیز در پی داشته باشد. نمونه آن را در درک غنای حسی و جذابیت‌های بصری می‌توان ذکر نمود که با وجود حل آشفتگی‌ها و مسایل بصری، می‌تواند عامل انسداد دید و محروم ماندن از تماشای زیبایی‌های روزمینی باشد.

جدول۴- تحلیل یکپارچه(SWOT) فضاهای زیرسطحی

نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدها
- خوانایی فضاهای شهری با انتقال کاربری‌های غیرضرور به زیرزمین - تقویت فشردگی و افزایش تراکم - افزایش حضور اجتماع پویا - زهکشی و انتقال آب های سطحی از زیرزمین - بازگرداندن تعادل و تناسبات بصری به فضاهای روسطحی -کاهش آلودگی‌های صوتی و بصری -داشتن ثبات دمایی و آسایش اقلیمی - افزایش بهره‌وری از ارزش اقتصادی زمین - وجود مسیرهای با آسایش اقلیمی برای حرکت پیاده - تنوع، انعطاف‌پذیری و فضاها و مسیرهای حرکتی سواره و پیاده - عدم تداخل بین حرکت سواره و پیاده - ایجاد مسیرهای تندرو سواره - توسعه حمل‌ونقل عمومی - ایجاد توقفگاه‌های اتومبیل در زیرزمین - بهبود ایمنی و امنیت در محیط روسطحی از طریق انتقال وسایل نقلیه به زیرزمین. - ایجاد فضاهای ایمن در مواقع و سوانح بحرانی	- ناخوانابودن و عدم وجود حس مکان در فضاهای نوساز - آسیب به ریشه درختان، قنات‌ها، پی ساختمان ها و ... - تضعیف استحکام مجموعه‌های تاریخی - توقفگاه ها، تونل های تأسیساتی و ... محل نامطلوب، جرم و جنایت اند - مشکل تهویه در فضاهای زیرین - ابعاد غیرانسانی تونل های حمل و نقل سواره، - نیاز مندی به انرژی بالا برای تامین روشنایی - دشواری رفت‌وآمد به فضای زیرسطحی برای عابرین پیاده - اثرات نامطلوب روحی-روانی تصویر ذهنی منفی از فضای زیرزمینی - آسیب‌پذیری در مواقع آتش-سوزی و مشکل خروج اضطراری، امداد و تهویه و ... -سیل‌گیر بودن در مواقع سیل و بارانی - توقفگاه ها، تونل های تأسیساتی و ... محل جرم و جنایت اند. - خالی از اجتماع بودن در ساعات خاص - مشکل اتصال به فضاهای مهم	- امکان افزایش تعلق‌خاطر و خوانایی - امکان سنجی توسعه زیرسطحی با ملاحظه عناصر هویتی - افزایش ارتباطات و گشایش‌های فضایی بین ترازها برای تقویت - قابلیت جای‌دهی کاربری-های پشتیبان مانند توقفگاه اتومبیل - امکان تامین شرایط زیست-طبیعی مانند(تهویه نور ، روشنایی و ...)با ارتباط بین تراز زیرین و بالا - جایدهی عناصر دست‌وپاگیر به زیرزمین (مانند کابل ها، دکل ها، لوله‌ها و ...) - امکان طراحی با مقیاس انسانی در کلیات و جز ییات توسعه - طراحی ورودی هایی با مقیاس انسانی - افزودن آب، گیاه و عناصر طبیعی به فضاهای روسطحی و زیرسطحی -امکان طراحی فضاهای اجتماع‌محور در زیرزمین - قابلیت ارتقای پایداری اجتماعی در سطح زمین - تقویت پیاده‌مداری فضاها و	- از بین رفتن عناصر و بافت های تاریخی و ویژگی‌های مثبت آن ها با نادیده گرفتن حریم آن ها - تضعیف نقش توپوگرافی در هویت طبیعی شهر و خوانایی آن - تهدید هویت مراکز و بافت-های تاریخی با نادیده گرفتن حریم آن‌ها - تجمع موجودات مزاحم و موذی در کانال ها چاه های زیرزمینی و گسترش بیماری و تهدید بهداشت عمومی. - عدم رعایت مقیاس انسانی - بهم خوردن تعادل اکولوژیکی بدلیل مداخله در وضعیت زمین - خطر سرمایه‌گذاری کم‌بازده -خطر تضعیف انسجام اجتماعی - تهدید هویت - عدم تحقق‌پذیری - تهدید امنیت - تضعیف پیاده‌مداری فضاها و مراکز شهری -تهدید ایمنی و امنیت -وقوع جرم و جنایت در مراکز زیرزمینی - خطر یکنواختی فضاها - وجود مسیرهای با آسایش

– آسیب‌پذیری کم در وقوع زلزله - ایجاد فضاهای چندمنظوره در زیرزمین -کاهش محصوریت در سطح زمین از طریق افزایش تراکم در سطح زمین - کاهش آلودگی‌های بصری در سطح زمین	از نظر اداری و جلب نظردستگاه های مسئول -ایجاد فضاهای محصور و تنگ -کاهش آزادی انسان در زیرزمین - محروم بودن از مناظر بصری روسطحی برای پیاده‌ها و سواره-ها -مشکل بالا رفتن و پایین آمدن برای گروه های آسیب‌پذیر، تضعیف حقوق مالکان در توسعه زیرسطحی	مراکز شهری - امکان طراحی آزاد فضاهای زیرسطحی با قابلیت تغییر و کنترل - جایدهی تأسیسات زیربنایی - ایجاد ورودی های متعدد -امکان ایجاد گشایش‌های فضایی -تامین ارتباط مناسب بین فضای درون و بیرون برای رویت و تماشای مناظر	اقلیمی برای حرکت پیاده - کاهش امنیت مجموعه های مهم از طریق اتصال به فضاهای زیرسطحی - محروم‌ماندن از تماشای جذابیت‌های بصری روی زمین - بی‌عدالتی در استفاده از فضا - تضییع حقوق مالکان طرح

منبع: نگارندگان

۶–استحکام، قابلیت حفاظت و نگهداری در مواقع بحرانی:

تهدید اتمی در کشورهای بسیار پیشرفته همچون سوئد و سویس موجب افزایش و تجهیز فضاهای زیر زمینی حتی به صورت شخصی و خانوادگی شده است که بیش ترین بخش ممکن آن را برای پناهگاه یا قابل تبدیل شدن به آن را درنظر می گیرند و در زمان عادی به کاربری های دیگر اختصاص دارد طی جنگ جهانی دوم، ایستگاه های مترو پاریس، لندن، برلین به عنوان پناهگاه در مقابل بمباران های هوایی، بسیار مفید واقع شدند(باستیه،۱۳۷۷،۳۴۸). پایداری و آسیب‌پذیری کم در وقوع زلزله، از جمله نقاط قوت فضاهای زیرسطحی زمین‌لرزه کوبه در سال ۱۹۹۵ ساختمان های مهم شهر از جمله سالن اجتماعات این شهر در اثر زلزله، آسیب های جدی دید، درحالیکه به مراکز خرید زیرزمینی تقریباً هیچ آسیبی وارد نشد (شکل۵). البته این قابلیت در صورتی محقق می‌شود که از اصول و روش های طراحی حفاظتی و مقاوم‌سازی بدرستی استفاده شود. (Godard,2004).

۶–۱–زلزله: حرکات زمین در سطح به‌علت وجود امواج سطحی تشدید می‌شود. همچنین سازه‌های زیرزمینی معمولا به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که توان تحمل بارهای ناشی از فشار توده‌های بالایی خود را داشته باشند و به همین جهت بارهای ناشی از زلزله در مقابل این مقدار بار، زیاد نیستند. حرکات زمین موجب حرکت سازه‌های زیرزمینی به علت قرارگیری در میان آن می‌شود. بنابراین اثر حرکت زمین بر نوسانات سازه‌ی بنا در زیرزمین از آنچه روی زمین وجود دارد کم تر است(استرلینگ،۱۳۸۸،۲۹). با افزایش عمق زیرزمینی، ایمنی ساختارهای زیرزمینی افزایش می‌یابد (Huabei&Erziang,2005).

ساختارهای زیرزمینی، آسیب کم تری را نسبت به ساختارهای روزمینی، به طور محسوس تجمل می‌کنند. بر اساس تحقیقات به‌عمل آمده، آسیب وارده با افزایش عمق، کاهش می‌یابد. تونل های عمیق، ایمن‌تر و مقاوم‌تر نسبت به تونل های کم‌عمق در تکان‌های زلزله به‌نظر می‌رسند. در زلزله سال ۱۹۸۹ پریتالوما در سانفرانسیسکو آمریکا، سیستم BART (Bay Area rapid transit BART system) به‌عنوان سیستم حمل‌ونقلی زیرزمینی شامل تونل ها و ایستگاه های متعدد، هیچ آسیبی در این زلزله ندیدند. در زلزله لس‌آنجلس(نورث‌ریج) ۱۹۹۴، ایستگاهای مترو این شهر سالم ماندند. همچنین در زلزله کوبه ژاپن ۱۹۹۵، ایستگاه های مترو نسبت به فضاها و ساختمان های روزمینی آسیب کم تری دیدند. Youssef M.A & et al, (2001).

شکل۵ : مقایسه آسیب وارد شده به ساختمان های روزمینی و زیرزمینی در زمین‌لرزه؛ ژاپن، کوبه سال۱۹۹۵ (Godaed,2004)

شکل۶- پناه‌گرفتن مردم در ایستگاه مترو توکیو در زلزله ۱۱ مارس ۲۰۱۱ ژاپن؛ (http://en.ce.cn/)

۶-۲- کمک به حفاظت در مواقع بلایای طبیعی و بحرانی: با توجه به قرارگیری کشورمان بر روی کمربند زلزله؛ به ویژه شهرتهران که بر روی گسل‌های فعالی قرار دارد و از خطر زلزله‌خیزی بالایی برخوردار می‌باشد و با توجه به تراکم بالای جمعیتی در این شهر و نیز مقاومت بالای سازه‌های زیرزمینی نسبت به سازه‌های سطح زمین، توسعه فضاهای زیرسطحی می‌تواند مکان‌هایی امن در مقابل زلزله برابر شهروندان فراهم آورد.

۶-۲-آتش‌سوزی: آتش‌سوزی در مناطق شهری عامل اصلی نگرانی در هنگام بالیای دیگر همچون زلزله‌های مهیب و در زمان جنگ می‌باشد. ساختمان های زیرزمینی به طور بالقوه در برابر آتش‌سوزی بیرونی محافظت می‌شوند. سطح زمین غیرقابل اشتعال بوده و عایقی بسیار مطلوب برای سازه‌ی زیرین خود محسوب می‌شود. در این مورد نیز نقاط دسترسی آسیب‌پذیرترین بخش بناست(استرلینگ،۱۳۸۸، ۲۹).

۶-۳-ارتعاش: مهم ترین منابع ایجاد لرزش و ارتعاش در مناطق شهری عبارتند از: ترافیک جاده‌ها و بزرگراه ها، قطارها، متروها، ماشین‌آلات صنعتی و ساختمانی و ... . اگر منبع ارتعاشی بر روی سطح و در نزدیکی سطح زمین باشد، میزان ارتعاش با افزایش عمق و افزایش فاصله با منبع آن به سرعت محو می‌شود. ارتعاشات دارای فرکانس بالاتر با سرعت بیش تری نسبت به ارتعاشات کم فرکانس بر اثر افزایش عمق می‌روند(استرلینگ،۱۳۸۸، ۳۰).

۶-۴-انفجار: همانند ارتعاش و آلودگی صوتی، زمین انرژی گرمایی و شوک‌های ناشی از انفجار را جذب می‌نماید. قوسی نمودن خاک در اطراف این بناها، حتی سازه‌های واقع در عمق پایین، به طرز چشمگیری میزان فشار هوای داخلی که ساختمان می‌تواند آنرا تحمل نماید، افزایش می‌دهد. هنگامی که حفاظت سازه‌ای تامین گردید، نقاط دسترسی باید به نحوی طراحی شوند تا از عبور هوا با فشار بیش ازحد به داخل ساختمان جلوگیری نمایند. (استرلینگ، ۱۳۸۸، ۳۰).

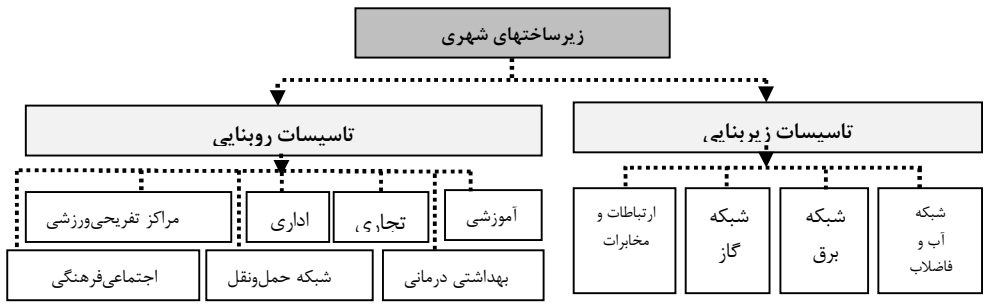
۶-۵- **بازدارندگی**: بازدارندگی عملکرد معکوس محافظت می‌باشد. در بازدارندگی هدف جلوگیری از نفوذ خرابی‌ها و آلودگی‌های ساختمان ها و تأسیسات زیرزمینی و آسیب‌رسانی به اکوسیستم سطح زمین می‌باشد. ذخیره سازی مواد خطرناک(مانند مواد رادیواکتیو) در زیرسطح زمین مزایایی از جمله حفاظت، امنیت و جداسازی این تأسیسات به همراه دارد. همچنین احتمال نشت مواد خطرناک و انتقال آن به محیط سطح زمین به حداقل ممکن کاهش می‌یابد. برای نمونه محدوده کوه یوکا در نوادا، واقع شمال‌غربی منطقه کلان شهری لاس‌وگاس، برای انبار و دفن زباله‌های هسته‌ای، با توجه به ویژگی های زمین‌شناسی، فیزیکی، شیمیایی و

حرارتی مجموعه، شرایط مناسبی را برای دفن زباله‌های رادیواکتیو (با توجه به مدت‌زمان خیلی طولانی که برای تجزیه این مواد مورد نیاز است) فراهم آورده است (مولائی،۱۳۸۹،۲۱۷).

۶-۶- انعطاف‌پذیری فضاهای زیرسطحی: انعطاف‌پذیری یکی از مهم ترین کیفیت های مراکز شهری فضاهای شهری است. به این معنی که مجموعه‌های شهری و فضاهای مربوطه در زمان‌های گوناگون به نیازهای متنوع شهر، و کاربرانش پاسخ دهند. برای نمونه ایستگاه های مترو در مواقع بحرانی قابلیت جایدهی جمعیت بسیاری از شهروندان و کاربری ها و حفاظت آن ها در مواقع بحرانی و بروز پدیده‌های ناخواسته طبیعی و مصنوع هستند. نمونه بارز این کیفیت در ورزشگاه سالن المپیک ژوویک با مساحت ساختمان۱۵۰۰۰ متر مربع؛ ظرفیت سالن ۶۰۰۰ نفر که بزرگ ترین سالن زیرزمینی ساخت بشر برای کاربری عمومی در جهان بوده و قابلیت تبدیل به پناهگاهی نفر را داراست. در حال حاضر، این موجموعه در طول سال، این سالن برای انواع رویدادهای ورزشی، کنسرت‌ها، نمایشگاه ها و ... به کار می‌رود. در طول ۱۶ سال استفاده مستمر ثابت شده است که هزینه‌های نگهداری و استفاده از این مجموعه، پایین‌ترین میزان نسبت به نمونه‌های مشابه را داراست (مولائی،۱۳۸۹،۲۳۶).

۷- زیرساخت های شهری:

زیرساخت های شهری به مثابه‌ی استخوان‌بندی، شریان های حیاتی هر شهری محسوب می‌شود. چرا که با اختلال در یکی از آن ها مانند آب شرب شهری حیات شهر با بحران روبرو خواهد شد. زیرساخت های شهری را می‌توان مطابق شکل ۷ در دو بخش تأسیسات زیربنایی و تأسیسات روبنایی مطالعه نمود. تأسیسات زیربنایی شامل شبکه‌های آب و فاضلاب، برق، گاز، ارتباطات و مخابرات است. تأسیسات روبنایی نیز شامل بناهای آموزشی، تجاری، اداریف تفریحی و ورزشی، اجتماعی و فرهنگی، بهداشتی و درمانی، حمل‌ونقل می‌باشد. فضاهای زیرسطحی در هر دو بخش قابلیت استفاده را داراست.



شکل ۷- زیرساخت های شهری؛ انواع و زیرمجموعه های آن (ماخذ: نگارندگان)

۷-۱- تأسیسات زیربنایی شهری: زیرساختمان ها و خیابان های یک شهر امروزی شبکه‌ای متشکل از دیوارها، ستون ها، کابل ها، لوله‌ها و تونل ها وجود دارد که همگی آن ها برای برآورده کردن نیازهای اساسی ساکنان شهر لازم هستند. هرچه شهر بزرگ تر باشد این شبکه پیچیده‌تر می‌شود. همان طور که دیوارها و ستون‌ها، ساختمان های شهر، پل ها و برج ها را برپا می‌دارند. لوله‌ها، کابل ها و تونل ها نیز نیازها اساسی زندگی از قبیل آب و برق و گاز را تامین می‌کنند. تونل های بزرگی در زیرزمین ساخته می‌شوند تا مکان های پرجمعیت را آسان تر به یکدیگر وصل کنند. چون این شبکه بزرگ به‌ندرت دیده می‌شود، تصور پیچیدگی‌اش دشوار است و کارایی‌اش را هواره به‌سختی می‌توان فهمید. تا زمانی که مترو از کار نیفتد یا یک شاه‌لوله آب نترکد، ما به گستردگی وابستگی‌مان به این شبکه وسیع پی نخواهیم برد. شبکه‌های اساسی که ما آن ها را شبکه‌های خدماتی می‌نامیم، شامل شبکه آبرسانی، انتقال فاضلاب، شبکه‌زهکشی، انتقال برق و گاز و شبکه ارتباطات تلفنی است. بیش تر شبکه‌های زیرزمینی در طول سال های بسیار به ندرت به وجود آمده‌اند (مکالی، ۷،۱۳۸۷).

۷-۲- رابطه‌ی پایداری تأسیسات زیربنایی و فضاهای زیرسطحی: با توجه به این که در وضعیت موجود شهرها، اغلب شبکه‌های انتقال، توزیع و برگشت آب، فاضلاب، گاز و مخابرات در زیرزمین در کانال‌های جداگانه بوده شبکه انتقال و توزیع برق نیز با تیرهای انتقال برق انجام می‌شود. و نیز توجه به آسیب‌پذیری این شبکه‌ها در زمان زلزله و بحران های ناشی از این آسیب‌دیدگی در ساعات و روزهای از زلزله می‌توان از ایده تونل مشترک تأسیساتی در حل این مساله استفاده نمود. با توجه به قابلیت فضاهای زیرسطحی در مقاومت در برابر زلزله و نیز امکان مدیریت بهتر این شبکه‌ها در مواقع بحرانی به ویژه در زلزله، این ایده می‌توان در شرایط زلزله‌خیز کشورمان به ویژه در شهرهای بزرگ مانند تهران راهگشا باشد. برای مثال تونل تأسیساتی چند منظوره ترکمنستان(عشق‌آباد) را می‌توان مثال زد. این پروژه برای حل برخی مسائل شهری شهر عشق‌آباد از قبیل کنترل سیلاب های ناشی از بارش، شبکه انتقال آب شرب شهر ، سیستم انتقال فاضلاب، کابل های تلفن، برق و ... طراحی و اجرا شده است. همچنین توسعه زیرسطحی‌شهری در منطقه ۱۳ پاریس، که انواع تأسیسات زیربنایی شامل انواع حمل‌و نقل ریلی سبک، مترو، شبکهR.E.R و مسیرهای سواره‌رو ، پارکینگ، مخازن گاز، تونل های چندمنظوره تأسیساتی همگی در ۱۰ تونل با ابعاد و مقاطع متفاوت جای گرفته‌اند (Barles,2006).

۷-۳- رابطه‌ی تأسیسات روبنایی و فضاهای زیرسطحی: تأسیسات روبنایی یعنی، مراکز پرمراجعه‌ای با کاربری‌های عمومی مانند مراکز آموزشی(مدارس، آموزشگاه ها، دانشگاه ها)، بهداشتی و درمانی (بیمارستان ها و درمانگاه ها)، اداری و خدماتی، تفریحی و ورزشی(ورزشگاه ها و پارک ها)، اجتماعی و فرهنگی(مساجد، فرهنگ سراها)، تجاری(مراکز و مجتمع‌های خرید و فروش). فضاهای زیرسطحی در پایداری تأسیسات روبنایی به دو صورت می‌تواند مفید باشد، از یک طرف با پناه‌دادن به کاربران این مراکز در مواقع بحرانی و حفظ جان انسانها، از طرف دیگر با توسعه طبقات و سطوح زیرزمینی به ارتقای مقاومت این مراکز کمک نماید. وجود ترازهای زیرزمینی در این مراکز به صورت چندمنظوره می‌تواند در مواقع عادی برای استفاده‌های عمومی و در مواقع بحرانی برای استفاده در شرایط خاص برنامه‌ریزی و در نظر گرفته شود.

۸- مطالعه موردی، شهر تهران:

ایران کشوری زلزله‌خیز و با تجربه زلزله‌های قابل‌توجهی در دوره‌های گذشته و معاصر مانند زلزله‌های بم، طبس، رودبار خود می‌باشد. در این میان شهر تهران با قرارگیری در میان گسل ها، حساسیت ویژه‌ای را در پایداری بناها و فضاهای عمومی و مراکز شهری می‌طلبد. با توجه به سابقه‌ی دیرینه شهرهای کشورمان در استفاده از فضاهای زیرزمینی با اهداف متفاوت اقلیمی و امنیتی در دوره‌های گذشته، در دوره‌ی معاصر نیز می‌توان این نوع فضاها را با نگاه جدیدتر و به‌روزتری برای اهداف مورد نیاز توسعه‌ی شهری پایدار برنامه‌ریزی و طراحی نمود. شهرهای بزرگ به‌طور عام و به طور خاص در ایران به ویژه تهران، تبریز، مشهد با داشتن مسائل متعدد شهری در ابعاد جمعیتی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و ... نیاز عمده‌ای را در استفاده از فضاهای زیرسطحی خود دارند. این علل و ضرورت ها مطابق جدول ۵ می‌توانند به حل بخش قابل توجهی از مسائل مذکور کمک نمایند. که این خود گامی ارزشمند در ارتقای پایداری این شهرها می‌باشد. با توسعه زیرسطحی اندازه بهینه شهر حفظ شده و نیازهای فضایی، عملکردی، حمل‌ونقلی این شهرها بخوبی تامین می‌شود. همچنین این فضاها می‌توانند پناهگاهی امن برای مواقع بحرانی محسوب شود.

۸-۱-توسعه زیرسطحی شهر تهران: امروزه شهر تهران، استفاده کم تری ازفضاهای زیرزمینی در توسعه‌ی خود بهره می‌برد. این استفاده بیش تر در بعد حمل‌ونقلی و در انواع شبکه مترو تهران، زیرگذرهای سواره می‌باشد. در سال های اخیر برنامه‌ریزی برای توسعه

زیرسطحی شهر تهران در دستور کار مدیران شهری قرار گرفته است: مطابق طرح امکان‌سنجی توسعه حیات زیرسطحی شهر تهران، ۷ پهنه مستعد توسعه زیرسطحی شناسایی و معرفی شده است که عبارتند از: ۱)پهنه محدوده میدان هفت‌تیر، محور فنح و محدوده غربی آن شمل ناحیه ۱ منطقه ۶ شهرداری تهران. ۲)محور انقلاب و محدوده شمال آن شامل ناحیه ۲ منطقه ۶ شهرداری تهران. ۳)محدوده بازار و تهران ناصری نواحی ۲و ۳و منطقه ۱۲ شهرداری تهران. ۴)محدوده پارک‌سوار بیهقی و ترمینال آرزانتین شامل ناحیه ۵ منطقه۶ شهرداری تهران. ۵) محدوده‌ی میدان تجریش و اطراف آن شمال ناحیه ۷ منطقه ۱ شهرداری تهران. ۶) محدوده‌ی میدان آزادی شامل ناحیه ۲ منطقه ۱ و ناحیه ۱ منطقه ۹ شهرداری تهران. ۷) محدوده راه‌آهن و ترمینال جنوب شامل نواحی ۱ و ۶ منطقه ۱۶ شهرداری تهران (مهندسین مشاور فجروتوسعه،۱۳۸۷). بدیهی است که این پهنه‌ها برای توسعه زیرسطحی نیازمند طرح‌های تفصیلی می‌باشند. این نوع توسعه برای تهران با مشکلات عدیده شهری و نیاز مبرم به مقاوم‌سازی شهر هم در سوانح و مواقع بحرانی و هم به عنوان شهری جهانی می‌تواند راهگشا باشد.

جدول۵- تحلیل یکپارچه(SWOT) شهر تهران با هدف ارتقاءپایداری در برابر زلزله با رویکرد توسعه زیرسطحی

نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصت‌ها	تهدیدها
- نیاز راهبردی تهران به توسعه شبکه حمل و نقل عمومی برای خروج‌جمعیت‌از تهران در مواقع بحرانی - وجود توپوگرافی در منطقه تهران و توسعه‌شهردر ترازهای منفی - تراکم بالای جمعیتی و نیاز به تامین‌فضاهای عمومی بیش تر برای مدیریت بحران	- دشواری توسعه حمل‌ونقل عمومی در سطح زمین بدلایل حقوقی، مالی، - کمبود فضاهای عمومی و پناهگاهی - وجود شلوغی و ازدحام بیش‌ازحد در حرکت خودروها و عابرین پیاده - تراکم بالای جمعیتی و ساختمانی و دشواری مدیریت بحران در زلزله - قرارگیری در محدوده زلزله‌خیزی بالا و آسیب پذیری بیش تر (گسل های شمال و شرق تهران) - دشواری حرکت و	- افزایش سطح و کیفیت فضاهای سبز با آزادسازی سطوح همکف از ترافیک سواره - ایجاد فضاهای مطلوب جمعی در ترازهای پایین‌تر - حرکت سواره با سرعت بالاتر در ترازهای زیرسطحی - در نظر گرفتن اصول ایمنی و امنیتی در توسعه فضاهای زیرسطحی - تامین نیازهای توقفگاهی، در فضاهای زیرسطحی - امکان تقویت خوانایی در ترازهای زیرسطحی و سطح‌زمین -تقویت ایمنی با انتقال بخشی از تردد سواره به زیرزمین - تعریف برخی مسیرها ازجمله	- ناپایداری کالبدی بدلیل معضلات ترافیکی - تضعیف استحکام بناهای سنتی با توسعه زیرسطحی - خطر ناپایداری اجتماعی-فرهنگی بدلیل افزایش مشکلات ترافیکی، عملکردی و ... - مداخله وسیع کالبدی در توسعه زیرسطحی و نابودی هویت‌طبیعی‌تاریخی مذهبی -تضعیف هویت‌بومی با توسعه‌زیرسطحی و تبدیل محدوده به مرکز فرامنطقه‌ای -خطر بروز ترس،نآمنی در فضاهای‌زیرسطحی‌پیشنهادی

	دسترسی بدلیل شلوغی و ازدحام بیش از حد فضاهای عمومی(خیابان ها، میدان ها و ...) شهر تهران - تبدیل شدن معابر و فضاهای محلی به عبور خودروها و پارک آن ها - عدم کارایی و انعطاف-پذیری فضاهای عمومی در قابلیت استفاده در مواقع بحرانی - دشواری استفاده گروه های ویژه مانند زنان، کودکان، سالخوردگان معلولین و ... از فضاهای زیرسطحی	خیابان‌شهرداری به‌عنوان کوچه‌باغ(در طرح تفصیلی) و امکان تحقق آن با توسعه زیرسطحی - امکان توسعه خطوط مترو - امکان بهره‌مندی مالکان از توسعه زیرسطحی و توسعه فضاهای مالکان - توسعه فضاهای همگانی و عمومی شهری برای گروه های مختلف اجتماعی - امکان به کارگیری شرایط انسان-مداری برای استفاده مطلوب همه اقشار -مشارکت،سرمایه‌گذاری مالکان، مردم، شهرداری و دولت -کمک به پیشرفت، آبادانی، توسعه اشتغال منطقه از طریق فضاهای زیرسطحی - پتانسیل بهره‌گیری از اقتصاد گردشگری و تفرج‌گاهی با کمک توسعه زیرسطحی -آزادی انسان و فضا از سیطره سواره با توسعه زیرسطحی - افزایش آزادی فضاهای زیرسطحی با کاهش محصوریت و گشایش‌های فضایی از طریق‌الگوهای-بومی(مانندگودال‌باغچه)و افزایش ورودی و خروجی به نقاط مهم	- خطر دشواری امدادرسانی به فضاهای زیرسطحی عمیق - تهدید ایمنی سواره‌ها در زیرگذر از لحاظ تهویه و امدادرسانی و ... - از بین رفتن تناسبات انسانی با توسعه‌ی زیرسطحی در مقیاس وسیع مداخلات - خطر گسترش بزرگراه‌های بدون مقیاس انسانی برای توسعه حمل‌ونقل در منطقه - خطر از بین رفتن سرزندگی در محدوده و منطقه با گسترش بزرگراه های پیشنهادی در طرح های توسعه ترافیک - خطر عدم استقبال مردمی از فضاهای زیرسطحی - خطر افزایش بی‌عدالتی در استفاده از فضاهای عمومی - انحصار فضاها برای استفاده اقشار خاص سنی ، اجتماعی

منبع: نگارندگان

۹- بحث و نتیجه‌گیری:

همان طوری که مطالعه شد، توسعه زیرساخت های شهری، یکی از ضروریات توسعه پایدار و از ارکان شهر پایدار محسوب می‌شود. این موضوع در شهرهای بزرگ از قبیل مادرشهرها و کلان شهرها که با تراکم و فشردگی جمعیت و در نتیجه آسیب‌پذیری در مواقع بحرانی حساسیت و اهمیت خاصی داراست. از طرف دیگر، مطابق مطالعات بخش‌های قبلی، بین موضوع توسعه زیرساخت های شهری و استفاده از فضاهای زیرسطحی رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد. به

عبارت دیگر فضاهای زیرسطحی می‌توانند در راستای توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به قابلیت های مثبت فضاهای زیرسطحی و حساسیت مراکز شهری به ویژه در شهرهای بزرگ و همچنین مجموعه‌های مهم شهری مانند مراکز تجاری، بیمارستان ها، مراکز خدماتی، پایانه‌های حمل‌ونقل شهری و ... توسعه‌ی زیرسطحی می‌تواند در ارتقای ایمنی و امنیت و پیشبرد اهداف پدافند غیرعامل موثر واقع شود. با توجه به قرارگیری کشورمان بر روی کمربند زلزله ؛ به ویژه شهر تهران که بر روی گسل‌های حساس قرار دارد و از خطر زلزله‌خیزی بالایی برخوردار می‌باشد و با توجه به تراکم بالای جمعیتی در این شهر و قابلیت‌های حفاظتی فضاهای زیرزمینی، توسعه فضاهای زیرسطحی می‌تواند مکان‌هایی امن در هنگام وقوع بحران به ویژه زلزله برای شهروندان فراهم آورد. به طور کلی می‌توان نقش فضاهای زیرسطحی در تقویت پایداری شهرهای بزرگ و کاهش آسیب‌پذیری مراکز شهری را این چنین خلاصه نمود:

- در رویکرد توسعه‌ی زیرسطحی شهری با انتقال بخشی از جمعیت، فعالیت ها و کاربری های موجود به ترازهای پایین‌تر، تراکم و فشردگی مراکز شهری به حد مطلوبی خواهد رسید. و این امر در مواقع بحرانی و امدادرسانی و مدیریت بحران در وقوع حوادث و حملات، کم شدن درجه ریسک و خطر را موجب خواهد شد.
- با توجه به اثبات علمی و عملی موضوع مقاومت بالای فضاهای زیرسطحی و تخریب کم تر این فضاها نسبت به فضاهای غیرزیرسطحی در زلزله و سایر بحران های طبیعی و مصنوع، می‌توان با انتقال بخشی از تأسیسات شهری به زیرزمین به ویژه در مراکز شهری، کاهش خسارت بر اماکن و تأسیسات شهری را به دست می‌آید.
- فضاهای زیرزمینی با حفظ هرآنچه در درون این فضاها قرار گیرد، باعث ارتقای حفاظت فردی و جمعی انسان ها در پدیده‌های نامطلوب طبیعی و مصنوع و کاهش تلفات نیروی انسانی در این پدیده‌ها را باعث می‌شود.
- با قرار دادن تأسیسات و تجهیزات شهری در فضاهای زیرسطحی مانند مجتمع‌های ایستگاهی مترو از خسارت بر تجهیزات شهری به میزان قابل توجهی در مواقع بحرانی کاسته خواهد شد. این تجهیزات می‌تواند نیروگاه ها و مراکز انتقال و تولید نیرو، شبکه و کنترل انتقال و ذخیره آب ، برق، تلفن و مخابرات، گاز، انرژی‌های دیگر را شامل شود. بدیهی است که قرارگیری هرگونه تجهیزات حیاتی شهری در فضاهای روباز می‌تواند موجب تهدید، تخریب و اختلال این شبکه‌ها و تجهیزات شهری شده و حیات شهرها را با بحران جدی مواجه نماید.

- فضاهای زیرسطحی، فضاهایی مناسب برای نگهداری و انتقال شبکه تأسیسات زیربنایی و توسعه شریان های حمل‌ونقلی اعم از ریلی و سواره می‌باشد.
- در توسعه‌ی زیرسطحی به بهره‌گیری از فناوری های نوین در سیستم‌های اعلام هشدار، کنترل، تنظیم‌دما، امنیت، ایمنی، ورود و خروج استفاده شود.
- در شهرهای بزرگ ایران، به ویژه تهران، توسعه فضاهای زیرسطحی با درنظر گرفتن شرایط علمی و محیطی و به کارگیری تجارب موفق جهانی، برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله توصیه می‌شود.
- انتقال تأسیسات زیربنایی به تونل مشترک تأسیساتی در شهرهای بزرگ از جمله تهران می‌تواند گامی موثر در پایداری این شهرها در برابر زلزله باشد.

منابع و مآخذ:

۱- استرلینگ، ر. کارمودی، ج. ۱۳۸۸. طراحی فضاهای زیرزمینی. ترجمه وحیدرضا ابراهیمی. مشهد. نشر مرندیز. چاپ اول.

۲- باستیه، ژ. ۱۳۷۷. شهر، ترجمه دکتر علی اشرفی. تهران. دانشگاه هنر. چاپ اول.

۳- مکالی، د. ۱۳۸۳. جهان زیرزمینی شهرها. ترجمه امیر حسین بنکدار. تهران. انتشارات امیرکبیر. چاپ اول.

۴-مولائی، ا. ۱۳۸۹. طراحی‌شهری انسان‌مدار با رویکرد توسعه زیرسطحی شهری (نمونه موردی: مرکز تجریش تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی_طراحی شهری. دانشگاه علم‌وصنعت ایران. تهران.

۵-مهندسین مشاور فجروتوسعه. ۱۳۸۷. امکان‌سنجی توسعه حیات زیرسطحی تهران.کارفرما سازمان مشاور فنی و مهندسی شهرداری تهران. تهران.

6- Be´langer, P. 2007. Underground landscape, the urbanism and infrastructure of Toronto's downtown pedestrian network. Tunneling and Underground Space Technology 22. 272-292p.

7- Bobylev, N. 2009. Urban underground infrastructure and climate change: opportunities and threats. Proc. 5th Urban Research Symposium. Marseille. France June 28-30. 17p.

8- BARLES, S. 2006. Going Underground: Excavating the Subterranean City. City Planning and Underground Space.20TH AND 21ST CENTURY FRANCE. Manchester. 21st-22nd September.

9- Golany, G. Ojima, T. 1996. Geo-Space urban design. Canada. John Wiley.

10- Godard, J, P. 2004. Urban Underground Space and Benefits of Going Underground. World Tunnel Congress 2004 and 30th ITA General Assembly. Singapore. 22-27 May.

11- Parriaux, A. Blunier, P. Maire,P Tacher, L. 2007. The Urban Underground in the Deep City Project. For Construction but not only. ACUUS meeting of Cape Sounion insummer.

12- Raymond, S. et al. 2010. Sustainability Issues for Underground Space in Urban Areas. Paper submitted to the ICE Journal Urban

Design and Planning Special Issue on Urban Development and Sustainability.

13- Zhang, P. Chen, Z. Yang, H. Wang, H. 2009. On utilization of underground space to protect historical relics model. Tunneling and Underground Space Technology. Vol.24, 245–249.

14- F, C, Chow. Et al. 2002. Hidden Aspects of Urban Planning Utilization of Underground Space. Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering. Zurich.

15- Hubei, L. Erring, S. 2005. Seismic response of large underground structures in liquefiable soils subjected to horizontal and vertical earthquake excitations.Computers and Geotechnics 32. 223–244p.
www.elsevier.com/locate/compgeo.

16- Youssef, M, A. et al. 2001. Seismic design and analysis of underground structures. Tunneling and Underground Space Technology 16. 247_293p.

17- http://www.lewism.org

18- http://en.ce.cn