

مطالعه قابلیت‌های شهرسازی زیرزمینی در ارتقای ایمنی شهر با رویکرد پدافند غیرعامل

اصغر مولائی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد طراحی شهری دانشگاه علم و صنعت ایران و دکتری شهرسازی؛ دانشگاه هنر اسلامی تبریز

واژگان کلیدی	چکیده
شهرسازی زیرزمینی	امروزه شهرسازی زیرزمینی، استفاده از تمامی قابلیت‌های زیرزمین، به‌عنوان ثروتی دست‌نخورده، برای تامین نیازهای فضایی و عملکردی، حل مسائل زیست‌محیطی، ترافیکی، توسعه زیرساخت‌های شهری، افزایش پایداری و کارایی شهرها و مراکز شهری، استفاده می‌باشد. نیاز حیاتی شهرها به زیرساخت‌های شهری و نیز آسیب‌پذیری شهرهای بزرگ بویژه مراکز این شهرها در مواقع بحرانی از طرفی و حساسیت آنها را مضاعف می‌نماید. هدف این مقاله مطالعه قابلیت‌های شهرسازی زیرزمینی از دیدگاه پدافند غیرعامل و ایجاد شهر ایمن است که با روش تحقیق تحلیلی و بررسی موردی نمونه‌هاست. فضاهای زیرسطحی با دارا بودن قابلیت‌های مثبتی از قبیل ثبات دمایی، مخفی بودن، استحکام و مقاومت بالا، می‌تواند با جایدی زیرساخت‌های شهری و انسانها بویژه در سوانح و مواقع بحرانی در کاهش آسیب‌پذیری شهرها و مراکز آنها مفید واقع شوند. تحقیق حاضر ضمن بررسی سوابق جهانی و ایرانی استفاده از فضاهای زیرسطحی، به مطالعه قابلیت‌های این فضاها از دیدگاه پدافند غیرعامل می‌پردازد. فضاهای زیرزمینی به عنوان فضاهایی با فرصت‌ها و تعدی‌های متعدد پیش‌روی شهر و توسعه شهری قرار دارد که با نگرشی جامع و در نظر گرفتن تمامی جوانب ایمنی و امنیتی می‌تواند به ارتقای ایمنی شهر کمک نماید. شهرسازی زیرزمینی با جبران کمبود فضا در شهرهای بزرگ و حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی، با فراهم نمودن فضاهای ایمن و امن، پایداری و تاب‌آوری شهر را ارتقا بخشیده و می‌تواند در راستای اهداف پدافند غیرعامل بکار گرفته شود. با توجه به قرارگیری ایران بر روی کمربند زلزله؛ بویژه کلانشهرهایی همچون تهران، توسعه فضاهای زیرسطحی با لحاظ ملاحظات پدافند غیرعامل می‌تواند ضمن پاسخدهی به برخی نیازها و مسائل شهری، مکان‌هایی امن در برابر سوانح و بحرانها برای شهروندان فراهم آورد.

۱- پیش‌گفتار

مراکز آنها، مورد پژوهش این مقاله می‌باشد. در جستجوی راه‌حل و مساله‌گشایی این موضوع، این احتمال مطرح می‌شود که آیا امکان تجمیع این دو منظور بطور یکجا با استفاده از رویکرد توسعه زیرسطحی وجود دارد یا نه؟ به عبارت بهتر آیا با توسعه زیرسطحی شهری می‌توان به توسعه زیرساخت‌های شهری و تامین اهداف پدافند غیرعامل بسوی تامین پایداری شهرها نایل شد؟ اهمیت موضوع از آنجا ناشی می‌شود، در مسیر توسعه پایدار، تامین زیرساخت‌های این شهرهای کشورمان بویژه شهرهای بزرگ و ارتقای کیفیت محیطی آنها اهمیت خاصی را

شهرهای بزرگ و بویژه مراکز پرازدحام آنها، بدلائل متعدد از حساسیت و آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند. این مراکز، از یک طرف، نیاز حیاتی به زیرساخت‌های شهری در ابعاد حمل‌ونقلی، خدماتی، انرژی و ... دارند. از طرف دیگر این مراکز از آسیب‌پذیری بالایی (بویژه از نظر تلفات انسانی و اختلال در زیرساخت‌های شهری موجود در هنگام وقوع بحرانهای طبیعی و مصنوعی) برخوردارند. حل این مسائل و رفع نیازهای زیرساختی شهر جهت نیل به پایداری شهرهای بزرگ و

تهدید و شیوه برخورد با هر کدام از تهدیدها و بلایای طبیعی و غیرطبیعی می‌تواند تأحدودی مشترک و متفاوت باشد. بعنوان مثال در دید و تیررس نبودن زیرساختها و اجتماعات انسانی در جنگ، مقاومت و استحکام بناها و زیرساختها در زلزله و برنامه‌ریزی و طراحی پایدار، مکانیابی بهینه زیرساختها، پناهگاههای انسانی مطلوب و امن از اشتراکات تهدیدها در شهرسازی اعم از برنامه‌ریزی و طراحی می‌باشد (جدول شماره ۱).

جدول ۱- اهداف کلان و خرد پدافند غیرعامل در

شهرسازی؛ (نگارنده)

هدف کلان: کاهش آسیب‌پذیری سرمایه‌های انسانی، مادی و معنوی	اهداف خرد
دور از دید، تیررس و دسترسی دشمن	
مقاوم بودن و پایداری ساختمانهای عمومی و خصوصی، زیرساختهای شهری	
مکانیابی بهینه زیرساختهای شهری و کارایی مطلوب آنها در سوانح و مواقع بحرانی	
استمرار و تداوم زندگی شهری در سوانح و مواقع بحرانی	
انعطاف‌پذیری و کارایی در زمانها و شرایط مختلف	
خوانایی فضاهای ورودی برای کاربران	

۳- شهرسازی زیرزمینی

بطور کلی شهرسازی واژه‌ای گسترده و بصورت فرارشته‌ای شامل رشته‌های متعدد اعم از برنامه‌ریزی و طراحی شهری می‌گردد. در زبان انگلیسی واژه شهرسازی معادل عبارت Urban Development به معنی توسعه شهری بوده و عبارات Urban planning (برنامه‌ریزی شهری) و Urban Design (طراحی شهری) در حوزه شهرسازی بکار می‌روند. توسعه شهری می‌تواند در مقیاس-های متفاوت (از مقیاس فضای شهری تا مقیاس منطقه شهری) و در کاربریهای گوناگون با رویکردهای متفاوتی انجام شود. بدیهی است که برخی از این رویکردها می‌توانند باهم اشتراکاتی قابل توجه داشته باشند. بکارگیری فضاهای زیرزمینی در شهرسازی با رویکرد پدافند غیرعامل در این راستا حائز اهمیت ویژه‌ایست. 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 بویژه

داراست. از طرف دیگر کشورمان بویژه شهرهای بزرگی همچون تهران با فرارگیری روی گسلهای زلزله به همراه عوامل دیگری مورد تهدید و آسیب‌پذیری جدی قرار دارد. با توجه به اینکه فضاهای زیرسطحی در کشور ما اغلب، بویژه در پروژه‌های حمل‌ونقل شهری در انواع تونلها و زیرگذرهای سواره، با نگرش تک‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ضروری است تا با مطالعه جامع این موارد و جستجوی رابط بین آنها و بهره‌گیری از فناوریهای 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 قابلیت‌های قابل توجه در مقاومت، حفاظت و نگهداری انسانها و تاسیسات زیربنایی، در سوانح و مواقع بحرانی در راستای اهداف پدافند غیرعامل بکاررفته شوند. هدف پژوهش نیز، ارائه رویکردی نوین در توسعه شهری پایدار با کندوکاوی در رابطه مابین توسعه زیرسطحی شهری و پدافند غیرعامل می‌باشد.

۲- پدافند غیرعامل

مجموعه اقداماتی است که قبل از خطر انجام می‌گیرد و در هنگام بروز هرگونه تهدید طبیعی و غیر طبیعی (مانند جنگ) موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات، اسناد و شریان‌های حیاتی یک کشور می‌گردد (فرزادشاد، ۱۳۸۶، ۴-۵). در تعریف دیگری پدافند غیرعامل این چنین تعریف شده است: "عبارت است از کلیه اقدامات احتیاطی به غیر از استفاده از جنگ‌افزار و تسلیحات، به منظور به حداقل رساندن تاثیر عملیات خصمانه دشمن". "به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌گردد که مستلزم بکارگیری جنگ‌افزار نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن خسارت مالی به تجهیزات و تاسیسات حیاتی و حساس کشور و تلفات انسانی جلوگیری نموده و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد" (فرزادشاد، ۱۳۸۶، ۴-۵). پوشش و پنهان‌سازی، استتار و اختفاء، پراکندگی، تفرقه و جابجایی، فریب، مکانیابی بهینه از روشهای نیل به اهداف پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای معماری و شهری است.

در تمامی این تعاریف به حداقل رساندن خسارات و تلفات و حفاظت از سرمایه‌های مادی، انسانی و معنوی در مقابل تهدیدات در راس توجه و تمرکز می‌باشد. البته نوع آسیب،

زمین و بهره‌گیری از فضاهای زیرزمینی تا حد امکان با عنوان کاربری زمین صفر (0-Land Use) نیز برای حل نیازهای فضایی و جایدهی کاربریهای ترافیکی، تاسیساتی و غیره بر استفاده بهینه این فرصت‌ها تاکید داشته است (Vahaaho,2013).

۳-۱- فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته:

دوره‌های گذشته این نوع فضاها عمدتاً بدلائل اقلیمی، امنیتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. شهرها و روستاهایی که تمام و یا درصدی از آنها در زیرزمین و یا زیرسخره‌ها 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؛ سیلوه‌های 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، آب‌انبارهایی که کاملاً در زیرزمین قرار دارند، نمونه‌های ارزشمند دیگری ایرانی از این فضاها هستند (جدول شماره ۲) (مولائی، ۱۳۸۹، ۵۰-۵۵).

در مکانهای عمومی از جمله رویکردهای مورد توجه شهرسازی زیرزمینی می‌باشد.

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 می‌توان در راستای شهر قابل‌زندگی بکار گرفت، بطوریکه با رویکرد شهرسازی زیرزمینی، کیفیت فضاهای عمومی، میزان فضاهای سبز و تفریحی و زیرساختهای لازم را افزایش داد. (Bobylev,2016: 43).

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 (Broere,2016: 246). شهرسازی زیرزمینی تفکری است که با بهره‌گیری از فضاهای زیرزمینی سعی دارد مسائل و مشکلات شهری را حل نموده و شهری زیست‌پذیر و ایمن را ایجاد نماید. (Narang Suri,2015). در این راستا، ایده، عدم اشغال سطح

جدول ۲- انواع فضاهای زیرزمینی در دوره‌های گذشته (جهانی و ایرانی): (مولائی، ۱۳۸۹، ۱۷۵).

<p>ج) فضاهای نگهداری (اموات، مواد غذایی، آب و ...)</p> <p>نقشه مقابر دخمه ای صدر مسیحیت، رم</p> 	<p>ب) فضاهای سکونتی زیرزمینی، صخره‌ای و ...</p> 	<p>الف) شهرها و روستاهای زیرزمینی</p> <p>شهر زیرزمینی کایماکلی، کاپادوکیا، ترکیه</p> 
<p>ج) آب‌انبار</p> 	<p>ب) شوادان خانه‌ای دزفول</p> 	<p>الف) شهر زیرزمینی اویی، نوش‌آباد کاشان</p> 

گسترش شبکه‌های حمل‌ونقلی، نیاز به ارتباطات و حمل‌ونقل سریع‌السیر، و سایر تحولات صنعتی زمینه‌ساز دگرگونی شهرها شدند. افزایش ارتفاع ساختمانها، اغلب افزایش عمق آنها را در پی داشته، توسعه حمل‌ونقل بویژه از نوع ریلی با ساخت ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل‌ها همراه بوده است.



۳-۲- توسعه زیرسطحی شهری در دوران معاصر:

از انقلاب صنعتی به بعد، با ظهور تکنولوژی و پیشرفتهای فنی امکان غلبه بر طبیعت روزبه‌روز مهیاتر شد. رشد اندازه شهرها و ازدیاد جمعیت، احداث ساختمان‌های بلندمرتبه،

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؛ تونل‌های حمل‌ونقلی و پارکینگ‌های زیرزمینی؛ تونل‌های مشترک تاسیساتی؛ تونل‌های زهکشی و انتقال آب‌های سطحی، پناهگاه‌های زیرزمینی (جدول شماره ۳) (مولائی، ۱۳۸۹، ۶۰-۶۵).

بطور کلی دلایل توسعه زیرسطحی در دوره معاصر بشرح 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. منظور از توسعه زیرسطحی شهری در این تحقیق "بهره‌گیری از قابلیت‌های ترازهای زیرین زمین برای تامین نیازها و پاسخ به تقاضای شهر و مراکز آن" می‌باشد؛ این نوع توسعه، فضاهای متنوع و متفاوتی را در کارکردهای شهری بویژه زیرساخت‌های شهری شامل می‌شود که عبارتند از: شبکه مترو (تونل‌ها و ایستگاه‌های

جدول (۳): انواع فضاهای زیرسطحی در دوره معاصر؛ (مولائی، ۱۳۸۹، ۱۷۶)

<p>ج) پارکینگ‌های زیرزمینی اتومبیل</p> 	<p>ب) مراکز تجاری زیرزمینی</p> 	<p>ب) فضاهای شهری زیرزمینی شبکه زیرسطحی مونترال</p> 
<p>و) تونل‌های حمل‌ونقل ژاپن، توکیو: بزرگراه تونلی (زیرسطحی) خلیج توکیو</p> 	<p>ن) تونل‌های مشترک تاسیسات شهری</p> 	<p>د) انبارهای زیرزمینی: انبار کاتزاس آمریکا</p> 
<p>و) مراکز تاسیساتی زیرزمینی: آزمایشگاه علوم و مهندسی زیرزمینی آمریکا (DUSEL)</p> 	<p>ن) شبکه متروی شهری - ایستگاه اوپر، شبکه قطارهای سریع‌السیر منطقه‌ای R.E.R</p> 	<p>د) مراکز فرهنگی اجتماعی زیرزمینی مرکز اجتماعات و تماشگاه ماسکن در ساتفراسیسگو</p> 

شهرهای زیرزمینی در چین و کشورهای آسیای شرقی، روسیه و ... حکایت از اهمیت دفاعی این نوع شهرها دارند. کارکرد مراکز زیرزمینی در شش گروه دسته‌بندی می‌شود: کارکرد ارتباطی و حمل‌ونقلی؛ مراکز فرماندهی و کنترل؛ مراکز داده (دیتاستر)؛ مراکز لجستیکی زیرزمینی (مراکز نگهداری اقلام، تجهیزات، دارو، مراکز صنعتی و تولیدی

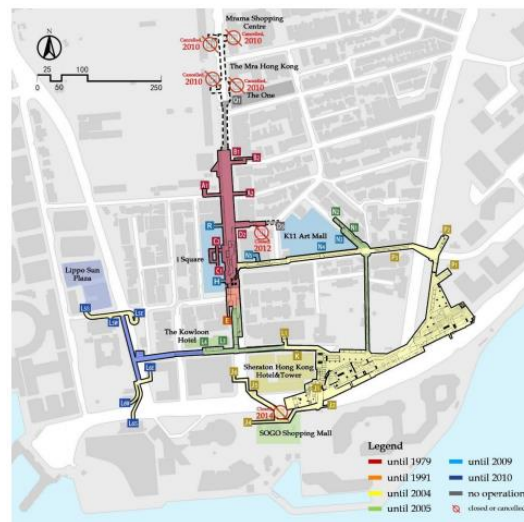
در سوابق گذشته و معاصر جهانی، فضاهای زیرزمینی با اهداف پدافند غیرعامل جایگاه خاصی را داراست. وجود شهرهای زیرزمینی با سوابق دفاعی موفق در گذشته مانند شهر اویبی نوش‌آباد، شهر زیرزمینی ایزدخواست اصفهان، شهرهای زیرزمینی در ترکیه و در دوره معاصر شهرهای زیرزمینی در سوئیس، شهر زیرزمینی تورنتو و مونترال کانادا،

پارک اولین پارک عمومی با مناظر طبیعی در ایالات متحده می‌باشد. که در سال ۱۸۶۳ توسط دو معمار منظر به نام‌های کالورت و فردریک ل‌آلمستد طراحی شد. در سطوح زیرین این پارک، اولین مجموعه دولتی زیرزمینی واقع می‌باشد. این مجموعه زیرزمینی با نام MP، پروژه منهتن (Manhattan Project)، از تعدادی تونل‌ها و فضاهای زیرسطحی تشکیل شده که برای استفاده و حفاظت دولت ایالات متحده در مواقع بروز جنگ‌های داخلی (بین سال‌های ۱۸۶۱-۱۸۶۵) بکار می‌رفت. این فضا تا شروع جنگ جهانی اول (۱۹۱۴-۱۹۱۸) تعطیل بوده ولی در طول این جنگ تا ۱۲۱ هکتار توسعه داده شد و تاکنون به مانند شهری زیرزمینی به ۲۸۳ هکتار توسعه داده شده است. این شهر در بستری زیرزمینی تا عمق ۳۰۰ فوتی در زیر پارک ادامه دارد. مابین ماه‌های ژانویه و ژوئن ۱۹۲۰ تمامی ایالات متحده به این مکان منتقل و اکنون در ۵۰۰ فوت زیر میدان رینک ولمن^۱ و Pond قرار گرفته‌اند. طول این شهر بیش از دو مایل و افزون بر ۶۰ مایل جاده، نه فقط برای استقرار رئیس‌جمهور ایالات متحده بلکه تمامی وزارتخانه‌های هیات‌دولت، خدمات دفاعی و یک نیروی نظامی داخلی برای حمایت مجموعه، در سطوح زیرین این محدوده طراحی شده است. این محدوده کاملاً سری و خودکفا بوده بطوریکه حتی خیلی از کارکنان نظامی مستقر در MP نیز از آن شناخت کاملی ندارند. این مجموعه زیرزمینی در یک سیستم شهر شبکه‌ای از جاده‌ها و خیابانها، و فضاهایی از قبیل بیمارستان، فروشگاه، آشپزخانه، رختشویخانه، انبار کالا و فضاهای اداری و سکونتی و ... با تمامی امکانات مورد نیاز مجهز بوده و حدود ۱۴۰۰۰ نفر را می‌تواند در خود جای دهد. همچنین قرار است یک برکه آب زیرسطحی (استخر) و تاسیسات صنعتی برای تامین نیاز آب مصرفی مجموعه، به همراه ۲ نیروگاه اتمی برای تامین انرژی مورد نیاز مجموعه و مخازن سوخت؛ ایجاد شود. همچنین این مجموعه به دومین مرکز تلفن خودکار وسیع ایالات متحده، استودیوی صدای آمریکا، استودیوی فاکس-نیوز و سایر تجهیزات ارتباطی مجهز می‌باشد (شکل ۳) (<http://centralpark-ny.us/>)

زیرزمینی؛ مراکز درمانی؛ پناهگاه‌های عمومی و خاص (شمسایی). در حال حاضر اغلب فضاهای زیرزمینی با کارکرد غالب حمل‌ونقلی می‌باشند. شبکه مترو متشکل از ایستگاهها، مجتمع‌های ایستگاهی و تونلهای مترو در اغلب شهرهای بزرگ و متوسط کشورهای اروپا، آمریکا، آسیا و اقیانوسیه دارای نقشی اساسی در حیات شهرها می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱- شهرهای دارای مترو در قاره اروپا و آمریکا
(www.urbanrail.net)



شکل ۲- توسعه فضاهای زیرزمینی در هنگ‌کنگ
(He & et al, 2016: 195)

شهر زیرزمینی در زیر پارک مرکزی نیویورک؛ این

1- Wollman Rink

صورت می گرفته است. موزه جنگ سرد مسکو به عنوان یکی از تونل های زیرزمینی شهر مسکو نزدیک به سه سال است که به روی علاقه مندان باز شده است و امکان بازدید از آن فراهم شده است وجود درهای قطور که نفوذ به مجموعه را سخت تر می کند، سیستم های، کنترل از راه دور، اتاق های پنهان و ... این مجموعه را نسبت به مجموعه های دیگر زیرزمینی مرموزتر می نماید (شکل ۴)

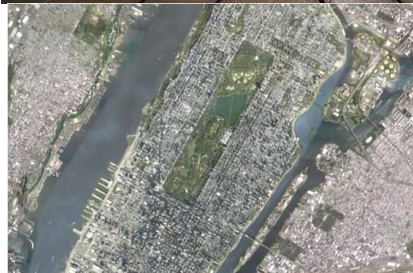
(<http://www.darkroastedblend.com>)



شکل ۴- شهر زیرزمینی بالکاوا (موزه جنگ سرد)

(ب) استحکامات فضاهای زیرسطحی

(<http://www.darkroastedblend.com>)



شکل ۳- شهر زیرزمینی در زیر سنترال پارک نیویورک
(الف) پارک مرکزی نیویورک (ب) تصویر ماهواره ای محدوده
(<http://centralpark-ny.us/>)

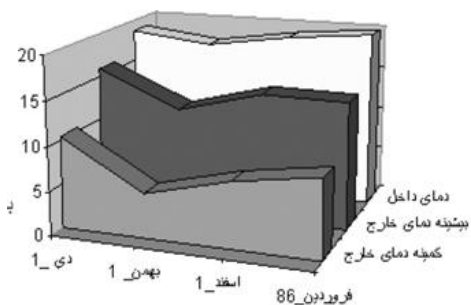
شهر زیرزمینی بالکاوا^۲ (موزه جنگ سرد): شهر

مسکو علاوه بر جاذبه های تاریخی هنری از موزه هایی برخوردار است که یادآور دوران جنگ سرد برای شهروندان روس و خارجی است. این مجموعه در شرق سویتاپول^۳ در کرانه دریای سیاه، شهر بالکاوا که مقر اتحاد جماهیر شوروی بود واقع می باشد. این مجموعه با مساحتی برابر ۸۲۵ هکتار در بین سالهای ۱۹۵۷ تا ۱۹۸۱ ساخته شده بود. وجود تونل های مخفی زیرزمینی به عنوان بخش کوچکی از فعالیت های نیروهای شوروی سابق در نبرد جنگ سرد بوده است. شنوده های رادیویی، هدایت موشک ها و بسیاری از فعالیت های محرمانه شوروی سابق در این تونل های زیرزمینی

2- Balaklava

3- Sevastopol

آن وجود نوسانات زیاد دما و (گرمای ماکزیمم تابستان دست کم حدود 19° بالاتر از حد آسایش انسان) را نشان می دهد. با توجه به تصویر شماره ۳ دمای شوادان در تابستان علاوه بر دمای بیشینه از دمای کمینه خارج نیز خنک تر می باشد. نکته جالب پایداری و ثبات دمایی شوادان می باشد(نوسان دمای روزانه شوادان کمتر از نیم درجه می باشد). در زمستان نیز دمای شوادان از هر دو بیشیه و کمینه دمای خارج بالاتر، پایدارتر و به محدوده آسایش حرارتی انسان نزدیکتر می باشد. همچنین با بررسی مصرف ماهانه برق برای تولید برودت در تابستان و مصرف گاز برای تولید گرمایش در زمستان اهمیت این فضاها را دوچندان آشکار می سازد(بینا، ۱۳۸۷، ۳۷-۴۶). بر اساس یک تحقیق انجام شده در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو(ژاپن) دمای این فضاها در تابستان خنک تر از بیرون و در زمستان گرمتر از بیرون می باشد(Golany, 1996). به عبارت دیگر شرایط اقلیمی در فضاها تجاری زیرزمینی ژاپنی نیز مانند نمونه های شوادان در ایران، به محدوده آسایش انسان نزدیکتر می باشد. فضاها تجاری زیرزمینی بدلیل ایزوله بودن آب و هوای مقاومی را در برابر آب و هوای ناسازگار و نامطلوب بیرونی ایجاد کرده و محیط راحتی را بوجود می آورد و تاثیر باد و آلودگی های صوتی را به طور موثری می کاهش دهد. این فضاها دمای روزانه و فصلی پایدار و باثباتی را ایجاد کرده و که برای سلامتی و برخی صنایع مفید می باشد(شکل ۵ و ۶).



۴- فضاهای زیرزمینی؛ اهمیت، ویژگیها و قابلیتها:

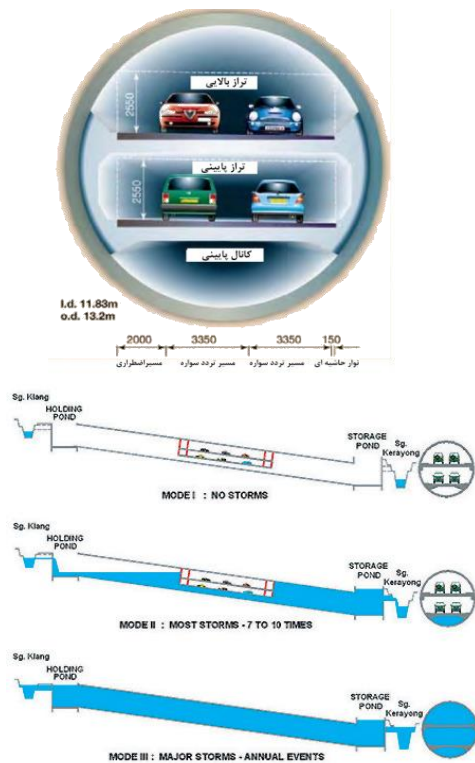
۴-۱- زیرزمین به عنوان منبع: زیرزمین به عنوان منبع "فضا" برای ساختمان و زیرساختهای شهری، منبع "مصالح" که از حفاریها بدست می آید، منبع "آب زیرزمینی"، منبع "انرژی زیرزمینی" می تواند محسوب شود. گذشته از اینها فضای زیرزمینی معمولا از دیده ها پنهان است و توانایی پنهان کردن پدیده ها را نیز دارد. از این نکته چنین می توان استنتاج کرد که از فضای زیرزمینی می توان برای پنهان کردن و پنهان شدن (با هر هدفی اعم از نظامی، ایمنی، امنیتی، زیبایی و ...) استفاده کرد. به عنوان مثال می توان بسیاری از تاسیسات زیربنایی شهری به زیرزمین انتقال داد(جدول ۴).

جدول ۴- قابلیت های ذاتی فضاها تجاری زیرزمینی؛ (مولائی، ۱۳۸۹، ۴۲).

قابلیتهای ذاتی فضاها تجاری زیرزمینی	
۱	محلی برای پنهان شدن، پنهان کردن؛ اختفاء (دور از دید و تیررس)
۲	منبع فضا؛ برای جایدهی اجساد، اقلام و کاربریهای مورد نیاز خصوصی و عمومی
۳	حفاظت (انسان و دارایی هایش، نگهداری مواد و غذا از نابودی)
۴	منبع مواد و مصالح (استخراج منابع، نگهداری)
۵	منبع انرژی؛ زمین گرمایی و صرفه جویی در مصرف انرژی
۶	منبع آب زیرزمینی (نگهداری، انتقال و استخراج)
۷	ثبات دمایی و تعادل محیطی (دمای در محدوده آسایش انسان دارد در فصول سرد گرم و برعکس)
۸	پایداری فیزیکی و کالبدی (بویژه در برابر زلزله، انفجار، ارتعاش، طوفان)

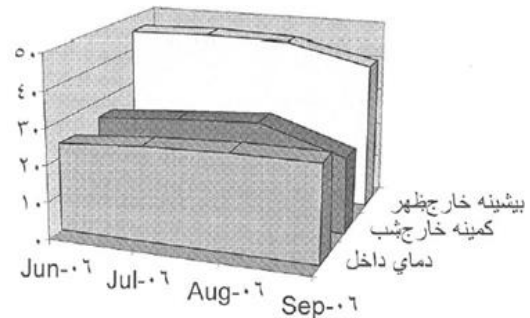
■ **ثبات دمایی و آسایش اقلیمی:** فضاها تجاری زیرزمینی انسان ها را از گرما، سرما، توفان، زلزله، آتش، سروصدا، لرزش، انفجار، آلودگی های هوا، مواد خطرناک، فرایندهای خطرناک و ... محافظت می کند. شوادان یک بنای خنک زیرزمینی در بناهای سنتی دزفول و شوشتر می باشد که با حفاری در دل زمین سخت در تابستان برای استراحت روزانه و همچنین نگهداری مواد خوراکی و در کل نیازهای برودتی استفاده می شود. خنکای شوادان با دمایی حدود 25° درجه سانتیگراد در حالی که دمای خیابانهای اطراف به 54° درجه سانتیگراد می رسد بسیار شگفت آور می باشد. مقایسه دمای داخل و خارج شوادان در تابستان در چندین نمونه از

Chow & et.al, 2002). این تونل به طور هوشمند در ۳ تراز زیرزمینی، در مواقع عادی برای عبور سواره‌ها باز بوده و در هنگام وقوع سیل در سه حالت ممکن، بسته به حجم سیلاب، تراز ۱- یا ۲- و یا کل تونل، برای عبور سیلاب اختصاص می‌یابد (شکل ۷).

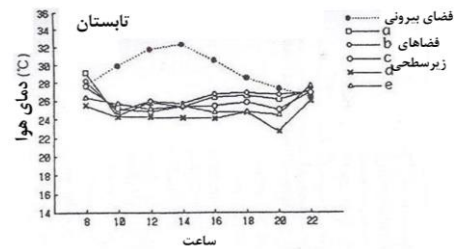
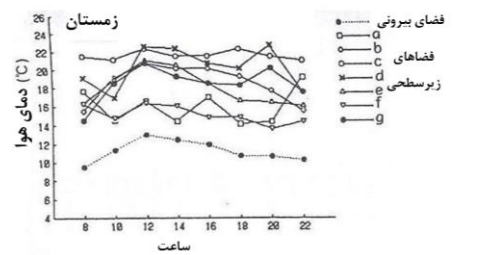


شکل ۷- تونل هوشمند کوآلامپور مالزی؛ (F.C. Chow & et.al, 2002)

استحکام، قابلیت حفاظت و قابلیت نگهداری مطلوب در مواقع بحرانی: تهدید اتمی در کشورهای بسیار پیشرفته همچون سوئد و سویس موجب افزایش و تجهیز فضاهای زیرزمینی حتی به صورت شخصی و خانوادگی شده است که بیشترین بخش ممکن آن را برای پناهگاه یا قابل تبدیل شدن به آن را در نظر می‌گیرند و در زمان عادی به کاربری های دیگر اختصاص دارد طی جنگ جهانی دوم، ایستگاههای مترو پاریس، لندن، برلین به عنوان پناهگاه در مقابل بمباران های هوایی، بسیار مفید واقع شدند (باستیه، ۱۳۷۷). پناهگاههای زیرزمینی امروزه نیز در پدافند غیر عامل مورد استفاده و توجه قرار می‌گیرند. ساختمانهای



شکل ۵- مقایسه دمای هوای داخل و خارج شوادان در تابستان و زمستان (بینا، ۱۳۸۷، ۴۱).



شکل ۶- مقایسه دمای فضای زیرزمینی و روسطحی در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو در زمستان و تابستان؛ (Golany, 1996).

همچنین فضاهای زیرسطحی در پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر نواحی شهری می‌تواند به کار گفته شود. تاسیسات زیرسطحی شهری می‌تواند به تعدیل و کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم کمک نماید. با توجه به اینکه تغییرات آب‌وهوایی شدید که باعث افزایش تناوب وقوع سیلاب‌ها و بالا آمدن سطح آب دریاها می‌شود به کمک چنین تاسیساتی می‌تواند در مناطق در معرض سیلاب مانند کشورهای آسیای شرقی مفید باشد. برای مثال تونل هوشمند کوآلامپور که برای کنترل سیلابهای شهری می‌باشد نمونه‌های موفق این نوع استفاده می‌باشند (F.C.

■ **آتش‌سوزی:** آتش‌سوزی در مناطق شهری عامل اصلی نگرانی در هنگام بلایای دیگر همچون زلزله‌های مهیب و در زمان جنگ می‌باشد. ساختمانهای زیرزمینی بطور بالقوه در برابر آتش‌سوزی بیرونی محافظت می‌شوند. سطح زمین غیرقابل اشتعال بوده و عایقی بسیار مطلوب برای سازه زیرین خود محسوب می‌شود. در این مورد نیز نقاط دسترسی آسب‌پذیرترین بخش بناست.

■ **ارتعاش:** مهمترین منابع ایجاد لرزش و ارتعاش در مناطق شهری عبارتند از: ترافیک جاده‌ها و بزرگراهها، 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 بیشتری نسبت به ارتعاشات کم فرکانس بر اثر افزایش عمق می‌روند (استرلینگ و کارمودی، ۱۳۸۸).

■ **انفجار:** همانند ارتعاش و آلودگی صوتی، زمین انرزی 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 از حد به داخل ساختمان جلوگیری نمایند (استرلینگ و کارمودی، ۱۳۸۸).

■ **بازدارندگی:** بازدارندگی عملکرد معکوس محافظت می‌باشد. در بازدارندگی هدف جلوگیری از نفوذ خرابی‌ها و آلودگی-های ساختمان‌ها و تاسیسات 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 تاسیسات 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 شمال غربی منطقه کلانشهری لاس‌وگاس، برای انبار و دفن زباله‌های هسته‌ای، با توجه به ویژگیهای زمین‌شناسی، فیزیکی، شیمیایی و حرارتی مجموعه، شرایط مناسبی را برای دفن زباله‌های رادیواکتیو (با توجه به مدت‌زمان خیلی طولانی که برای

مدفون در برابر حملاتی غیر از انفجارهای عمیق بمبها، بسیار مقاوم و قابل اطمینان می‌باشند. یک سیستم ساختمانی کامل زیرزمینی که متصل به تونلهای ارتباطی باشد می‌تواند مقر دفاعی نیرومندی را تشکیل دهد. تونلهای عمیق بمنظور عملیات اجرائی و فرماندهی و همچنین نگهداری و انبار کردن آمادهای ضروری و حیاتی بسیار مناسب هستند. همچنین پناهگاههای غاری در مواضع پدافندی با فرصت تونل زدن در دامنه تپه ها، داخل بریدگیها، سرآشیب ارتفاعات و یا حفاری در زمینهای مرتفع احداث می‌شوند. پایداری و آسیب‌پذیری کم در وقوع زلزله، از جمله نقاط قوت فضاهای زیرسطحی زمین‌لرزه کوبه در سال ۱۹۹۵ ساختمانهای مهم شهر از جمله سالن اجتماعات این شهر در اثر زلزله، آسیبهای جدی دید، درحالیکه به مراکز خرید زیرزمینی تقریباً هیچ آسیبی وارد نشد. البته این قابلیت در صورتی محقق می‌شود که از اصول و روشهای طراحی حفاظتی و مقاوم‌سازی بدرستی استفاده شود (Bobylev, 2009, 28).

30

■ **زلزله:** حرکات زمین در سطح به علت وجود امواج سطحی تشدید می‌شود. همچنین سازه‌های زیرزمینی معمولاً به-گونه‌ای 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 سازه بنا در زیرزمین از آنچه روی زمین وجود دارد کمتر است (شکل ۸) (استرلینگ و کارمودی، ۱۳۸۸).



شکل ۸- مقایسه آسیب وارد شده به ساختمانهای

روزمینی و زیرزمینی در زمین‌لرزه؛ ژاپن، کوبه سال ۱۹۹۵ (Godard, 2004).

المپیک ژوویک با مساحت ساختمان ۱۵۰۰۰ متر مربع؛ ظرفیت سالن ۶۰۰۰ نفر که بزرگترین سالن زیرزمینی ساخت بشر برای کاربری عمومی در جهان بوده و قابلیت تبدیل به پناهگاهی نفر را داراست. در حال حاضر، این مجموعه در طول سال، این سالن برای انواع رویدادهای ورزشی، کنسرت‌ها، نمایشگاه‌ها و ... بکار می‌رود. در طول ۱۶ سال استفاده مستمر ثابت شده است که هزینه های نگهداری و استفاده از این مجموعه، پایین‌ترین میزان نسبت به نمونه‌های مشابه را داراست (شکل ۹) (Godard, 2004).



شکل ۹- سالن المپیک ژوویک الف) طرح کلی ب) فضای داخلی (Godard, 2004).

حل این آلودگی‌های زیست‌محیطی، آلودگی بصری، آلودگی صوتی کمک نمود. همچنین با توسعه زیرسطحی می‌توان سطوح آزاد شده را به فضاهای سبز اختصاص داده و به پایداری بیشتر شهرها و مراکز شهری کمک نمود. برای نمونه تونل Big Dig در بوسطن آمریکا که با هدف حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی انجام شد، بیش از ۶۰ هکتار پارک و فضاهای سبز جدید برای شهر ایجاد شده و کاهش ۱۲ درصدی لایه‌های مونواکسیدکربن را بدبال داشته است (F.C. Chow & et.al, 2002). نمونه دیگر تونل M30 در مادرید اسپانیا که با هدف جلوگیری از آلودگی هوا و ارتقای کیفیت محیطی محدوده و حل مسائل ترافیکی ایجاد شد. با اجرای این پروژه فضاهای آزاد شده برای فضای سبز به مساحت حدود یک میلیون مترمربع فضای سبز جدید برای شهر تفریحی و فراغت تبدیل شد. (http://www.roadtraffic-technology.com/projects/m30_madrid)

۵- مطالعه موردی؛ محدوده میدان تجریش تهران،:

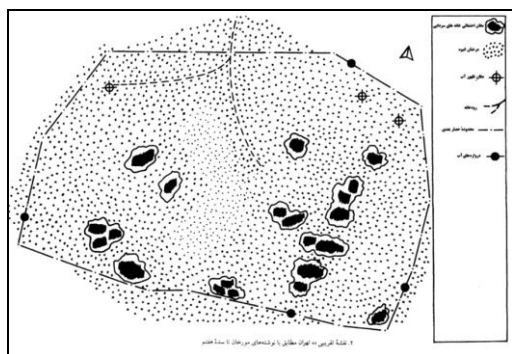
ایران کشوری زلزله‌خیز و با تجربه زلزله‌های قابل توجهی در دوره‌های گذشته و معاصر مانند زلزله‌های بم، طبس، رودبار خود می‌باشد. در این میان شهر تهران با قرارگیری در میان گسلها، حساسیت ویژه‌ای را در پایداری بناهای و فضاهای عمومی و مراکز شهری می‌طلبد. با توجه به سابقه

تجزیه این مواد مورد نیاز است) فراهم آورد است (Raymond L. Sterling; Jean-Paul Godard, 2005; Bobilev, 2006).

انعطاف‌پذیری فضاهای زیرسطحی: انعطاف‌پذیری یکی از مهم‌ترین کیفیتهای 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 ایستگاههای مترو در مواقع بحرانی قابلیت جایدهی جمعیت بسیاری از شهروندان و کاربریها و حفاظت آنها در مواقع بحرانی و بروز پدیده‌های ناخواسته طبیعی و مصنوع هستند. نمونه بارز این کیفیت در ورزشگاه سالن

■ **حفاظت و توسعه تاسیسات زیربنایی:** زیرساختهای شهری، بویژه تاسیسات زیربنایی شامل شبکه آب و فاضلاب، برق، گاز، مخابرات و ارتباطات، شبکه مترو و حمل‌ونقل عمومی، امروزه از اهمیتی حیاتی برای زندگی مردم و حیات شهرها را دارند. در شهرهای بزرگ ختلال این سیستم‌ها می‌تواند خسارات و آسیب‌های جدی را به شهر وارد نماید. استفاده از تونل مشترک تاسیساتی مزایای دسترسی و کنترل آسان و بهینه را در مواقع لازم دارد، در حفظ و پایداری شهرها و شریانهای شهری می‌تواند مفید و موثر باشد. نمونه این نوع تاسیسات را می‌توان در شهرهای اسلو، هلسینکی، استکهلم با اقلیم نامساعد که وجود تاسیسات زیربنایی (شامل شبکه‌های انتقال و نگهداری آب و انرژی، تصفیه‌خانه‌ها و نیروگاهها) را در سطح زمین با مشکل و اختلال مواجه می‌سازد، می‌توان ملاحظه نمود. بدیهی است که این امر موجب کاهش آسیب‌پذیری تاسیسات زیربنایی در سوانح و مواقع بحرانی خواهد شد. در شهر تهران نیز تونل مشترک تاسیساتی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران در حال برنامه‌ریزی و طراحی می‌باشد.

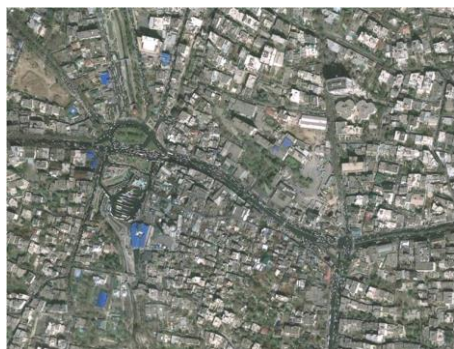
■ **حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی شهری:** با توسعه زیرسطحی و انتقال بخشی از فعالیتها، کاربریها از جمله حمل‌ونقل سواره و ریلی به زیرزمین می‌توان تا حدودی به



شکل ۱۰- خانه‌های زیرزمینی تهران در گذشته برای

مصون ماندن از حمله دشمن (معمدی، ۱۳۸۱، ۱۱)

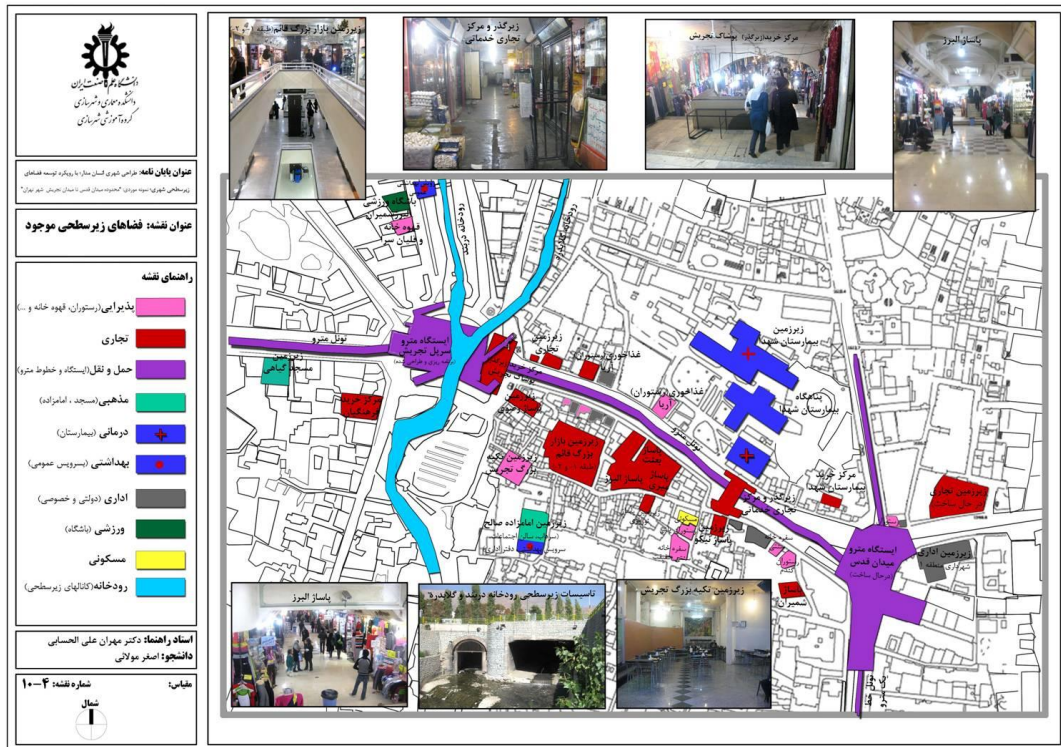
این محدوده دارای مشکلات و مسائل خاص در ابعاد مختلف شهرسازی دارا می‌باشد: قرارگرفتن در محدوده گسل‌های حساس زمین‌لرزه؛ تراکم بالای انسانی؛ تراکم بالای ساختمانی؛ تراکم بالای سواره و خودروها متوقف و در حال حرکت و مشکلات ترافیکی و ترددی در محدوده برای سواره و پیاده؛ عناصر بارزش طبیعی آلودگی‌های زیست‌محیطی؛ عناصر بارزش اجتماعی فرهنگی و مذهبی همچون امامزاده صالح؛ وجود مراکز حساس و آسیب‌پذیر و کاربری‌های پرازدحام و پرمراجعه شهری از قبیل پایانه‌های سواره، بیمارستان شهدای تجریش، پاساژها، تکیه‌ها، مراکز خرید و بازار تاریخی تجریش، شهرداری منطقه ۱، مسجد همت، امامزاده صالح و...؛ رودخانه دریند با سابقه طغیان و سیلاب شهری در سالهای اخیر؛ توپوگرافی و شیب محسوس در محدوده و امکان استفاده از اختلاف سطح موجود برای توسعه زیرسطحی شهری؛ کمبود فضا برای کاربری‌های گوناگون شهری (نقشه شماره ۱ و ۲).



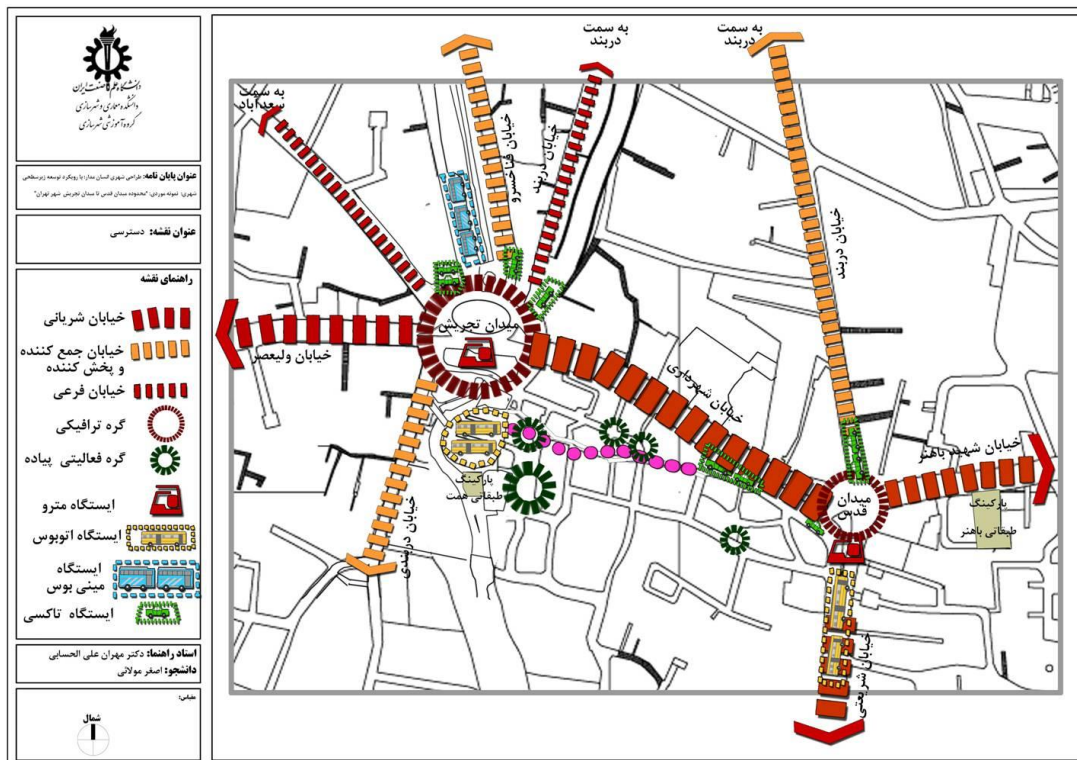
شکل ۱۱- تصویر ماهواره ای محدوده میدان قدس تام

میدان تجریش (http://www.Googleearth.com)

دیرینه شهرهای کشورمان در استفاده از فضاهای زیرزمینی با اهداف متفاوت اقلیمی و امنیتی در دوره‌های گذشته، در دوره معاصر نیز می‌توان این نوع فضاها را با نگاه جدیدتر و به‌روزتری برای اهداف مورد نیاز توسعه شهری پایدار برنامه‌ریزی و طراحی نمود. برای مثال در گذشته، تهران بصورت خانه‌ها و غارهای زیرزمینی مسکونی بوده که در مواقع حمله دشمنان مردم به این مکانها پناه می‌بردند. شهر تهران در روزگاری متشکل از **خانه‌های سردابی** به صورت پراکنده و پیوسته در محل فعلی بافت قدیمی شهر بوده است. حمله اقوام مهاجم و نزدیکی به محل‌های آب از علل شکل‌گیری این سکونت‌گاه زیرزمینی می‌باشد (شکل ۱۰). امروزه شهر تهران، استفاده کمتری از فضاهای زیرزمینی در توسعه خود بهره می‌برد. این استفاده بیشتر در بعد حمل‌ونقلی و در انواع شبکه مترو تهران، زیرگذرهای سواره می‌باشد. در سالهای 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 فتح و محدوده غربی آن شامل 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 ۲ و ۳ منطقه ۱۲ شهرداری تهران. ۴) محدوده پارک‌سوار بیهقی و ترمینال آرژانتین شامل ناحیه ۵ منطقه ۶ شهرداری تهران. ۵) محدوده میدان تجریش و اطراف آن شمال ناحیه ۷ منطقه ۱ شهرداری تهران. ۶) محدوده 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 (مولائی، ۱۳۸۹). 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 بعنوان شهری جهانی می‌تواند راهگشا باشد.



نقشه شماره ۱- فضاهای زیرزمینی موجود در محدوده میدان تجریش تهران (مولائی، ۱۳۸۹).



نقشه شماره ۲- شبکه دسترسی و حرکت در محدوده میدان تجریش تهران (مولائی، ۱۳۸۹).

آسیب‌پذیری در برابر سوانح و بلایای طبیعی و غیرطبیعی و بطور کلی پایداری محدوده منتهی شود.

۵- در راستای اهداف فوق در نظر گرفتن قابلیت‌های اجتماعی و مشارکت‌های مردمی، تهیه طرح راهبردی، تفصیلی و امکان-سنجی توسعه زیرسطحی از نظر فنی و زمین‌شناسی در نقاط مختلف ضروری خواهد بود.

۶- این محدوده، بعنوان محدوده‌ای تفرجگاهی و گردشگری (با توجه به پیشینه تفرجگاهی و قابلیت‌های طبیعی و نیز تعیین عملکرد فراشهری گردشگری و تفرجگاهی در طرح جامع تهران) از کمبود فضاهای پذیرایی و خدماتی برخوردار است. توسعه فضاهای زیرزمینی می‌تواند ضمن حل این کمبود فضایی، اهداف پدافند غیرعامل نیز تا حدودی را برطرف نماید.

۷- در نظر گرفتن چارچوب طراحی شهری برای ترازهای مختلف محدوده و نیز گزینه‌های متعدد برنامه‌ریزی و طراحی برای توسعه زیرسطحی محدوده از مداخله حداقلی تا مداخله حداکثری و انتخاب گزینه بهینه می‌تواند راهگشا باشد (شکل ۱۲).

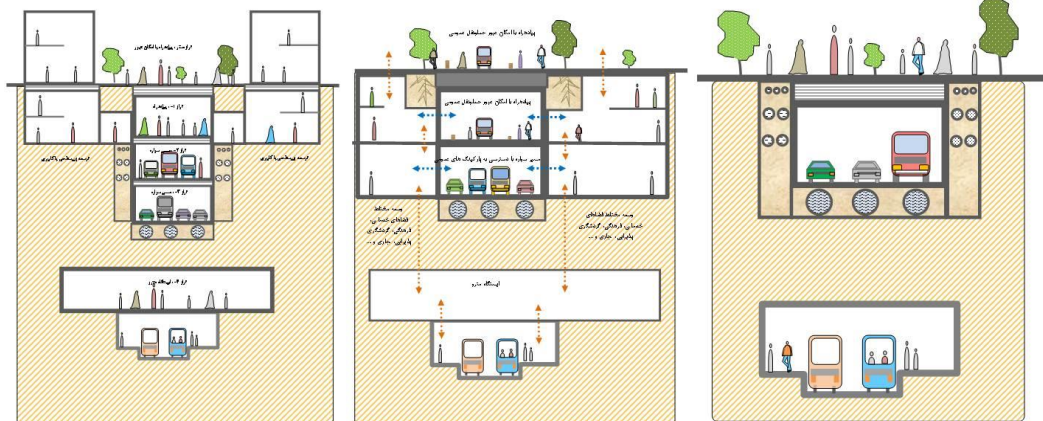
در تحلیل محدوده با رویکرد توسعه زیرسطحی و پدافند غیرعامل نتایج زیر استدلال می‌شود:

۱- اغلب فضاهای زیرزمینی موجود بصورت استفاده تک-عملکردی، خصوصی و یا بلا استفاده می‌باشند مانند پناهگاه بیمارستان شهدای تجریش. امکان احیا و توسعه این مجموعه‌ها و نیز اتصال و ارتباط کالبدی آنها برای استفاده اجتماعی و شهری، یکی از مهم‌ترین راهکارها می‌باشد.

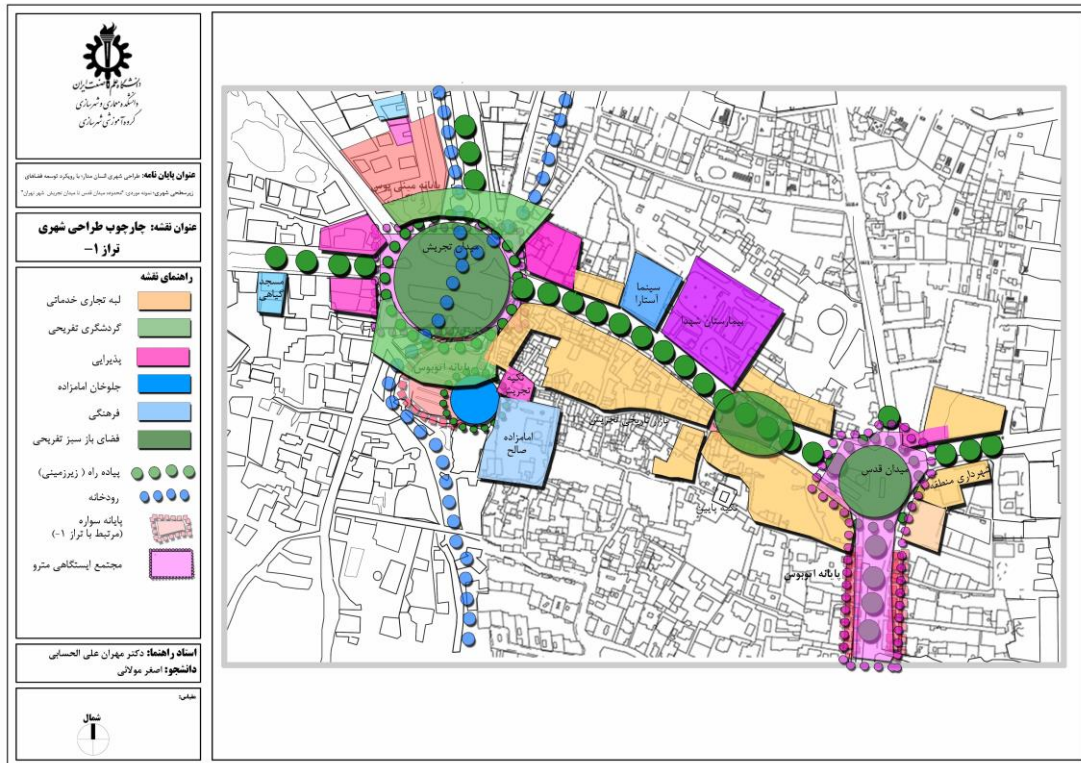
۲- با توجه به مسائل حمل‌ونقلی موجود توسعه حمل‌ونقل زیرزمینی در گونه‌های زیرگذر سواره، زیرگذر پیاده، خطوط مترو، پارکینگ‌های زیرزمینی در اولویت توسعه زیرسطحی این محدوده قرار می‌گیرد.

۳- با توجه به فضاهای زیرسطحی موجود، توسعه چندمنظوره زیرزمینی کاربری‌های پرمراجعه از جمله بیمارستان شهدای تجریش، امامزاده صالح، پایانه‌ها می‌تواند برنامه‌ریزی و طراحی شود. همچنین ارتباط و اتصال سطوح زیرین این مراکز و مجتمع‌های ایستگاهی مترو در میدان‌های قدس و تجریش نیز ممکن و عملی خواهد بود.

۴- توسعه زیرسطحی این محدوده می‌تواند به حل مسائل کمبود فضا، مشکلات زیست‌محیطی، مشکلات ترافیکی،



شکل ۱۲- گزینه‌های توسعه زیرسطحی محدوده میدان تجریش از مداخله حداقلی تا مداخله حداکثری (مولائی، ۱۳۸۹).



نقشه شماره ۳- چارچوب طراحی شهری تراز ۱-۱ در توسعه زیرسطحی محدوده میدان تجریش از مداخله حداقلی تا مداخله حداکثری (مولانی، ۱۳۸۹).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

همانطوری که مرور شد، توسعه زیرساخت‌های شهری، یکی از ضروریات توسعه پایدار و از ارکان شهر پایدار محسوب می‌شود. این موضوع در شهرهای بزرگ از قبیل مادرشهرها و کلانشهرها 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 زیرساخت‌های شهری و استفاده از فضاهای زیرسطحی رابطه مستقیمی وجود دارد. به عبارت دیگر فضاهای زیرسطحی می‌توانند در راستای توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به قابلیت‌های مثبت فضاهای زیرسطحی و حساسیت مراکز شهری بویژه در شهرهای بزرگ و همچنین مجموعه‌های مهم شهری مانند مراکز تجاری، بیمارستانها، مراکز خدماتی، پایانه‌های حمل-ونقل شهری و ... توسعه زیرسطحی می‌تواند در ارتقای ایمنی و امنیت و پیشبرد اهداف پدافند غیرعامل موثر واقع شود. با توجه به قرارگیری کشورمان بر روی کمربند زلزله؛ بویژه

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 بویژه زلزله برای شهروندان فراهم آورد.

بطور کلی می‌توان نقش فضاهای زیرسطحی در تقویت پایداری، پیشبرد اهداف پدافند غیرعامل و کاهش آسیب-پذیری مراکز شهری را این چنین خلاصه نمود:

- در رویکرد توسعه زیرسطحی شهری با انتقال بخشی از جمعیت، فعالیتها و کاربریهای موجود به ترازهای پایین‌تر، تراکم و فشردگی مراکز شهری به حد مطلوبی خواهد رسید. و این امر در مواقع بحرانی و امداد رسانی 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 کمتر این فضاها نسبت به

- در حال حاضر اغلب فضاهای زیرزمینی معاصر کشورمان بصورت فضاهایی تک‌عملکردی بویژه در بعد حمل‌ونقلی (مانند زیرگذرهای سواره) می‌باشند. بازنگری در مبانی برنامه‌ریزی و طراحی این‌گونه فضاها برای کارایی در سوانح و مواقع بحرانی ضروری است.
- در توسعه زیرسطحی هر محدوده، شناخت و بررسی فضاهای زیرزمینی موجود ضروریست. امکان توسعه این فضاهای موجود و اتصال و پیوستگی آنها، ارتقای کیفیات محیطی و فضایی و هماهنگ‌سازی با اهداف پدافند غیرعامل توصیه می‌شود.
- برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای زیرزمینی شهری در نظر گرفتن خدمات ضروری، شمول طیف گسترده‌ای از شهروندان، سهولت استفاده برای عموم در سوانح و مواقع بحرانی ضروری است.
- فضاهای زیرزمینی باید دارای تهویه، روشنایی، انرژی لازم برای مواقع بحرانی، ورودی و خروجی خوانا برای کاربران، جهت‌یابی آسان، سیستم هشدار و اعلام خطر کارا باشند.
- فضاهای زیرزمینی در برابر بمب‌های هواسوز، آسیب‌پذیر و شکننده‌اند. مکانیابی ورودی‌ها و خروجی‌ها در محل‌های مناسب، تهویه طبیعی و برنامه‌ریزی برای توقف و اسکان کمتر از ۲۴ ساعت در این راستا مفید و موثر می‌باشد.
- فضاهای زیرسطحی، با رعایت مقررات مبحث ۲۱ پدافند غیرعامل، برای استفاده در سوانح و مواقع بحرانی، به‌طور انعطاف‌پذیر طراحی شوند.
- فضاهای زیرزمینی در برابر سیلاب‌های شهری (سیل‌گیری) و گردبادها و طوفان‌ها (ایجاد تونل باد) حساسیت خاصی دارند. بنابراین فضاهای ورودی و خروجی این مجموعه‌ها و نورگیرهای مربوطه باید از نظر سیل‌گیری و باد بطور بهیبه مکانیابی و طراحی شوند.
- فضاهای غیرزیرسطحی در زلزله و سایر بحرانهای طبیعی و مصنوعی، می‌توان با انتقال بخشی از تاسیسات شهری به زیرزمین بویژه در مراکز شهری، کاهش خسارت بر اماکن و تاسیسات شهری را بدست می‌آید.
- فضاهای زیرزمینی با حفظ هرآنچه در درون این فضاها قرار گیرد، باعث ارتقای حفاظت فردی و جمعی انسانها در پدیده‌های نامطلوب طبیعی و مصنوعی و کاهش تلفات نیروی انسانی در این پدیده‌ها را باعث می‌شود.
- در رویکرد توسعه زیرسطحی می‌توان با انتقال بخشهای حیاتی و پرزدحام شهری به زیرزمین می‌توان از حمله و تهدید این مراکز در بروز سوانح طبیعی و مصنوعی بویژه در زمان جنگ جلوگیری بعمل آورد. بعبارت بهتر با مخفی بودن هر پدیده‌ای از میزان تهدید و حمله به آن کاسته خواهد شد.
- با قرار دادن تاسیسات 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 نیروگاهها 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 تاسیسات زیربنایی و توسعه شریانهای حمل‌ونقلی اعم از ریلی و سواره می‌باشد.
- از طریق توسعه زیرسطحی، احیا بافتها و بناهای تاریخی و ارتقای کارایی آنها، به‌شرط مطالعات جامع و با رعایت حریم مصوب این مجموعه توصیه می‌شود.
- در توسعه زیرسطحی به بهره‌گیری از فناوریهای نوین در سیستم‌های اعلام هشدار، کنترل، تنظیم‌دما، امنیت، ایمنی، ورود و خروج استفاده شود.

منابع و ماخذ:

۱. استرلینگ، ریموند، کارمودی، جان (۱۳۸۸): *طراحی فضاهای زیرزمینی*، وحیدرضا ابراهیمی: مترجم، مشهد، نشر مرنديز چاپ اول.
۲. بیبا، محسن (۱۳۸۷): *تجزیه و تحلیل اقلیمی شوادانها در خانه‌های دزفول*، دانشگاه تهران، تهران، مجله هنرهای زیبا، شماره ۲۳، صص ۳۷-۴۶.
۳. باستیه، ژان (۱۳۷۷): شهر، دکتر علی اشرفی: مترجم، تهران، دانشگاه هنر، چاپ اول.
۴. شمسایی زفرقندی، فتح‌اله (۱۳۹۰): *فضاهای زیرزمینی و کارکردهای چندمنظوره شهری و پناهگاهی با نگاه پدافند غیرعامل*، مجموعه مقالات اولین همایش علمی پژوهشی معماری و شهرسازی با رویکرد پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۲۱ اردیبهشت.
۵. فرزادشاد، مصطفی (۱۳۸۶): *"مبانی نظری معماری در دفاع غیرعامل"*، تهران، انتشارات جهان جام جم، مشاور عمران ایران، مهدسی دفاعی و پدافند غیرعامل ایران، صص ۴-۵، چاپ اول.
۶. مولائی، اصغر (۱۳۸۹): *طراحی شهری انسان‌مدار با رویکرد توسعه زیرسطحی شهری (نمونه موردی: مرکز تجریش تهران)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی_طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
۷. مولائی، اصغر (۱۳۹۴): *توسعه فضاهای زیرسطحی شهری با رویکردی به طراحی شهری*، تهران، انتشارات آرمانشهر، چاپ اول.
۸. مهندسین مشاور فجر و توسعه (۱۳۸۷): *"امکان‌سنجی توسعه حیات زیرسطحی تهران"*، کارفرما: سازمان مشاور فنی و مهندسی شهرداری تهران، تهران.
۹. معتمدی، م. (۱۳۸۱): *جغرافیای تاریخی تهران*، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول. ص ۱۱.
1. Broere, Wout. (۲۰۱۶). *urban underground space: Solving the problems of today's cities*. Tunnelling and Underground Space Technology 55 (2016) 245-248.
2. Bobylev, N. (۲۰۱۶). *Underground space as an urban indicator: Measuring use of subsurface*. Tunnelling and Underground Space Technology 55 (2016) 40-51
3. Bobylev, N. (2009). *Urban underground infrastructure and climate change: opportunities and threats*. Proc. 5th Urban Research Symposium, Marseille, France June 28-30, 2009 17p.
4. Narang Suri, Shipra and et al (2015). *Think Deep: Planning, development and use of underground space in cities*, ISOCARP, ITA AITES and itacus, International Society of City and Regional Planners and International Tunnelling and Underground Space Association.
5. BARLES, Sabine (2006): *"Going Underground: Excavating the Subterranean City"*, city planning and underground space in 20th and 21st century France, Manchester, and 21st-22nd September 2006.
6. 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 / March 2002.
7. Golany, Gideon, Ojima, Toshio (1996): *Geo-Space urban design*, Canada, John Wiley.
8. Godard, Jean-Paul (2004): Past Vice-President, ITA, France: *Urban Underground Space and Benefits of Going Underground*, World Tunnel Congress 2004 and 30th ITA General Assembly, Singapore, 22-27.
9. He, Jie and et al (2016): *Underground pedestrian network for urban commercial development in Tsim Sha Tsui of Hong Kong*, 15th International scientific conference "Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development", Procedia Engineering 165 (2016) 193 - 204
10. Vahaaho, Ilkka (2013): *0-LAND USE: UNDERGROUND RESOURCES AND MASTER PLAN IN HELSINKI*, Advances in Underground Space Development - Zhou, Cai & Sterling (eds), Published by Research Publishing.
11. 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, 2009.
10. http://www.roadtraffic-technology.com/projects/m30_madrid
11. <http://www.darkroastedblend.com>
12. <http://centralpark-ny.us/>
13. <http://www.Googleearth.com>
14. <http://centralpark-ny.us/>
15. <http://www.urbanrail.net>
16. <http://www.archdaily.com/tag/central->