Archive of SID

مطالعات ساختار و کارکرد شهری، سال ششم، شماره‌ی هیجدهم، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۸۶-۵۷

توسعه فضاهای زیرسطحی شهری، راهبردی نوین در توسعه شهری

دکتر اصغرمولائی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۵

چکیده

زیرزمین به عنوان فضایی امن و فرصتی قابل توجه در پیش‌روی انسان و سکونتگاههای انسانی محسوب می‌شود. شهرها در گذر زمان همیشه با مشکلات طبیعی و مصنوع عدیده‌ای از مواجه می‌شوند که در برخی موارد، استفاده منطقی و بهینه از فضاهای زیرزمینی می‌تواند راهگشا باشد. حملات جنگی و نیاز انسانها به پناهگاه، مسائل ترافیکی، کمبود فضا در سطح زمین و مسائل زیست-محیطی بویژه آلودگی هوا از مهمترین مسائل پیش‌روی اغلب شهرهای بزرگ هستند. در این راستا فضاهای زیرسطحی، با فرمها و کارکردهای انعطاف‌پذیر از جمله ایمنی و امنیتی، ثبات اقلیمی، حفظ و نگهداری محصولات، عمر بیشتر ساختمانهای زیرزمینی، کاهش آلودگی و ... قابل استفاده‌اند. هدف این نوشتار معرفی فضاهای زیرزمینی، ابعاد، جنبه‌ها و فواید استفاده از آنهاست که با روش تحقیق توصیفی_تحلیلی و تاریخی و بررسی نمونه‌های موردی انجام شده است. فرض پژوهش حاضر بر این است که رویکرد توسعه زیرسطحی می‌تواند راه‌کار مناسبی برای حل نیازها و مسائل شهری معاصر بدون تخریب میراث فرهنگی و آسیب زدن به محیط زیست باشد. بررسی سوابق استفاده از فضاهای زیرزمینی در دوران گذشته و معاصر نشان می دهد که این فضاها در گذشته دارای کاربری های متنوع مسکونی، مذهبی، انتقال آب و نگهداری مواد فاسدشدنی بوده‌اند. اما امروزه با رویکردی متفاوت در حوزه‌های حمل‌ونقلی، تجاری، خدماتی، زیرساختهای شهری و فضاهای چندمنظوره شهری استفاده می‌شود. رویکرد استفاده از فضاهای زیرسطحی با در نظر داشتن اهداف متنوعی از قبیل رفع کمبودهای فضاهای روی سطح، کاهش آلودگی های زیست محیطی، مقابله با شرایط اقلیمی نامناسب، افزایش ایمنی و امنیت می‌تواند به پایداری شهرها کمک نماید. استفاده از فضاهای زیرسطحی با ملاحظات لازم برای تامین آسایش اقلیمی، کاهش استفاده از سوختهای فسیلی و کاهش آلودگیهای زیست‌محیطی در نیل به پایداری در شهرهای بزرگ کشور از جمله تهران می‌تواند موثر واقع شود.

واژهای کلیدی: فضاهای زیرسطحی شهری، توسعه شهری، مسائل شهری، زیرساختهای شهری، پایداری.

[۱] استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز A.molaei@tabriziau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه:

فضای زیرزمینی از گذشته‌های بسیار دور، برای اهداف مختلف توسط بشر مورد استفاده بوده است. زندگی راحت و ایمن رویای دائمی بشریت است. انتقال آب، پنهان شدن و اختفاء دارایی‌ها در مواقع خاص، تامین فضایی ایمن و امن در سرما و گرمای شدید و حملات دشمن از جمله موارد پرکاربرد استفاده از زیرزمین بوده است. امری که امروزه نیز در ابعاد و اهداف مختلف مد نظر انسان در دستیابی به محل زندگی مطلوب می‌باشد. برای تحقق این این مهم، فضای مناسبی برای سکونت و کار و همچنین عملکردهای مختلفی همچون تامین و ذخیرهٔ انرژی، حمل و نقل و ... لازم است. اما فضای مناسب برای تحقق این نیاز در بسیاری از مناطق جهان با مشکلاتی مانند کمبود فضا در مراکز متراکم شهری، ازدحام و شلوغی بیش از حد، آلودگی صوتی، بصری و هوا، اقلیم ناسازگار و ... روبروست. مهندسان و برنامه‌ریزان و شهرسازان با استفاده از توانایی‌ها و ابزارهای فنی، فضاهای زیرزمینی را در اختیار گرفته و کارگردهای مختلفی از جمله مسیرهای سواره را خلق نموده است.

شهرنشینی از پیش‌زمینه‌های ایجاد فضاهای زیرسطحی به شکل نوین می‌باشد. رشد جمعیت شهرنشین در کلانشهرهایی همچون کوالالامپور به ۸۵٪ موجب بروز مسائل متعدد شهری و نیازمند توسعه زیرساختهای حمل‌ونقلی، تاسیسات شهری گردید، که نیازمند انطباق با معیارهای توسعه پایدار در ابعاد اجتماعی، فیزیکی، حقوقی و زیست‌محیطی می‌باشد. (Zaini et al, 2012: 17-19). به طور کلی کاربری امروزی فضاهای زیرزمینی به خصوص در مراکز شهرها به دلایل مشکلات و نیازهای ویژه زیست محیطی، کالبدی، حمل و نقل در ارتقاء کیفیات محیطی اهمیت به سزایی را داراست که در زیر به مهمترین موارد به اختصار پرداخته می شود (Shaw et al,2009).

پیشرفت‌های اخیر تکنولوژی سازندگان را قادر ساخته است تا بر موانع همیشگی در برابر ساخت و سازهای زیرزمینی غلبه نمایند. رشد گسترده تمدن بشری در مقیاس جهانی، اثر چشمگیری بر نحوهٔ زندگی بشر در دارد. در حالی که جمعیت کرهٔ زمین در حال افزایش است و کشورها در جستجوی استانداردهای بهتری برای زندگی می باشند، جهان نیز می بایست غذا، انرژی و منابع معدنی بیشتری جهت حمایت از این رشد فزاینده فراهم نماید.

شهرهای معاصر بویژه شهرهای بزرگ با مسائل و نیازهای متعددی مواجه‌اند. اختلالات و نیازهای ترافیکی، شلوغی و ازدحام در مراکز شهری، آلودگی‌های صدا و هوا، تراکم بیش از حد فعالیت‌ها و کارکردهای شهری، آسیب‌پذیری در سوانح و بحرانهای طبیعی و مصنوع از رایج‌ترین مسائل شهری امروزی می‌باشد. حل این مسائل و رفع نیازهای شهری، نیازمند راهکارهایی جامع، واقع‌بینانه و کارآمد می‌باشد که با نگرشی انسان‌گرایانه و در نظر گرفتن تمامی جوانب و امکانات موجود به حل مسائل بپردازد. در این راستا فضاهای زیرسطحی فرصتی در توسعه شهری محسوب می‌شود که خود حساسیت‌های ویژه‌ای داشته و اتخاذ تدابیری ویژه برای پیشگیری از تبعات منفی در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، ایمنی و امنیتی ضروری است. عدم استفاده از فرصت فضاهای زیرسطحی،

www.SID.ir

Archive of SID

مانع از ارتقای کیفیات محیطی همچون سهولت حرکت و دسترسی، کارایی، پیاده‌مداری و سرزندگی را بویژه در مراکز شهری می‌شود.

امروزه شهرهای بزرگ با مشکلات و مسائل متعددی از قبیل کمبود فضا، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مسائل ترافیکی، نیازهای امنیتی، نیاز روزافزون به زیرساختهای شهری و ... روبرو هستند. رشد اندازه شهرها و ازدیاد جمعیت، احداث ساختمان‌های بلندمرتبه، مسیرهای ریلی، سواره، نیاز به ارتباطات و حمل‌ونقل سریع‌السیر، و سایر تحولات صنعتی زمینه‌ساز دگرگونی شهرها شده که در برخی موارد به‌نوعی با توسعه زیرسطحی در ارتباط بوده‌اند. افزایش ارتفاع ساختمانها، اغلب افزایش عمق آنها را درپی داشته، توسعه حمل‌ونقل بویژه از نوع ریلی با ساخت ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل‌ها همراه بوده است و بالاخره احداث پارکینگ‌ها و مجتمع‌های تجاری زیرزمینی از دیگر انواع فضاهای زیرسطحی معاصرند.

مهمترین پژوهشهای حوزه توسعه فضاهای زیرسطحی عبارتند از: استرلینگ و جان کارمودی (۱۹۸۲-۲۰۱۸) (تالیفات متعدد بویژه کتاب طراحی فضاهای زیرزمینی) ؛ نیکولای بابیلف (۲۰۰۹)؛ گیدئون گولانی (۱۹۹۶) در کتاب طراحی شهری فضاهای زیرزمینی، دسته‌بندی جامعی از گونه‌های کاربرد سنتی و نوین فضاهای زیرزمینی ارائه نموده‌اند. ریموند همچنین انتشارات و کنفرانس‌هاس دوسالانه انجمن جهانی تونل، نقش ویژه‌ای در توسعه تجارب، فنی و استانداردهای جهانی فضاهای زیرسطحی داشته است. از مهمترین پروژه‌های توسعه زیرسطحی می‌توان به شبکه گذرهای زیرزمینی در تورنتو و مونترال، پروژه لِس‌هالس پاریس، شبکه‌های مترو در شهرهای بزرگ جهان از مهمترین پروژه‌های زیرسطحی به شمار می‌روند.

ضرورت استفاده از فضاهای زیرسطحی، متاثر از سه روند عمده است: تبدیل زمین‌های کشاورزی به توسعه های شهری؛ افزایش جمعیت شهرنشینی در جهان و گسترش نگرانی در مورد حفظ و بهبود محیط زیست. استفاده از فضای زیرسطحی فرصت هایی ارائه می دهد که به اصلاح و بهبود این سه روند کمک می نماید (کارمودی و استرلینگ،۳،۱۳۸۸). بطور کلی دلایل توسعه زیرسطحی در دوره معاصر عبارتند از: 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 مواقع بحرانی و سوانح.

هدف پژوهش حاضر، تبیین و روشن کردن جایگاه فضاهای زیرسطحی شهری در حل مسائل شهری، رفع نیازهای شهری و توسعه شهرهاست. به عبارت دیگر در این مقاله سعی بر روشن نمودن این موضوع است که فضاهای زیرسطحی دارای چه مبانی، ضرورتها و ملاحظاتی در حل مسائل و نیازهای شهرهاست. در این راستا پرسش‌های پژوهش حاضر عبارت است از: ضرورتها، ابعاد و زمینه‌های توسعه فضاهای زیرسطحی در توسعه شهرهای معاصر کدامند؟ راهبردهای توسعه فضاهای زیرسطحی در حل مسائل و نیازهای شهری و ارتقای کیفیات محیطی کدامند؟

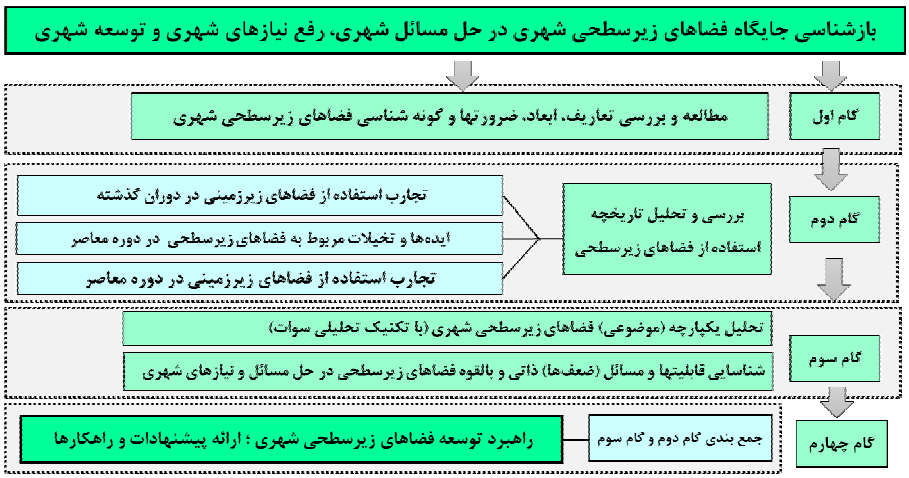
www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش و فرایند پژوهش

با توجه به پرسش‌های فوق، تحقیق حاضر نیازمند روش تحقیق تحلیلی با رویکرد کیفی و میان‌رشته‌ای است که با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای توسعه شهری در ابعاد مختلف محیطی و انسانی، ضروری بنظر می‌رسد که با استفاده از شیوه‌های مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای، تکنیک تحلیلی سوات انجام شده است.

فرایند انجام تحقیق به این صورت است که پس از طرح مساله و ضرورت آن به مفهوم و گونه‌شناسی، تاریخچه و انواع آن فضاهای زیرسطحی پرداخته و سپس به تجزیه و تحلیل فلسفه استفاده از فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته و معاصر با بررسی نمونه‌های موردی متعدد پرداخته می شود و در ادامه ضمن تحلیل یکپارچه فضاهای زیرسطحی با تکنیک سوات، اصول و راهکارهای کلی پیشنهادی برای شرایط موجود مراکز متراکم و شلوغ شهرهای بزرگ ارائه می شود. سپس ویژگیهای مولفه‌ها و سنجه‌های آن در توسعه شهری و در تجارب موفق در ابعاد مختلف توسعه شهری انجام شده و در پایان بحث، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.



شکل ۱- دیاگرام فرایند انجام پژوهش (نگارنده)

۴- تعریف فضای زیرزمینی و انواع آن:

عبارت "فضای زیرزمینی" در متون و کشورهای مختلف با عناوین و تعاریف گسترده‌ای به کار رفته است که در زیر به مهمترین تعاریف اشاره می‌شود:

فضای زیرزمینی[۱]: در توصیف فضاهایی به کار می‌رود که از گذشته‌های دور تا دوران معاصر با دلایل گوناگون ترافیکی، تاسیساتی، اقلیمی، امنیتی، اقتصادی، حفاظتی و ... به کار می‌شود، به

[۱] Underground space

www.SID.ir

Archive of SID

طوریکه تمام یا قسمتی از آنها در زیر زمین قرار گیرد. استرلینگ[۱] (۱۹۹۳) فضاهای زیرزمینی در گروه‌های اصلی ۱- عملکردی (مسکونی، غیرمسکونی،زیرساختی، نظامی)۲- هندسی (نوع فضا، میزان گشودگی‌ها، ارتباط با سطح، عمق، ابعاد، مقیاس پروژه) ۳- مبدا (طبیعی، معدنی،استفاده مجدد پس از اتمام یک کاربری قبلی) ۴- خصوصیات سایت (جغرافیا، اقلیم، کاربری زمین، وضع زمین، ارتباطات ساختمان) ۵- ویژگیهای پروژه (منطق پروژه، طراحی، ساخت، سن) طبقه بندی می‌کند (کارمودی و استرلینگ، ۴۸:۱۳۸۸). فضای شهری زیرزمینی، فضای مطلوب شهرنشینی در زیر سطح شهر است که بنه دلایلی از قبیل قیمت بالای زمین، پدیده مهاجرت، آلودگی هوا، ازدحام جمعیت و ترافیک ایجاد می‌شود (نصراصفهانی و دیگران، ۱۳۹۷: ۹۹).

علاوه بر این تقسیم‌بندی، متخصصان رشته‌های گوناگون مرتبط با موضوع، از لحاظ مختلف این فضاها را دسته‌بندی و تحلیل می‌نمایند: متخصصان ترافیک به تونلهای زیرزمینی، زیرگذرهای سواره، تونلهای زیربستر دریا، تونل‌های مترو و توقفگاههای اتومبیل اشاره می‌نمایند. باستان‌شناسان به دخمه‌ها، غارها، و حفره‌های ریززمینی بجای مانده از گذشته اشاره دارند. زمین‌شناسان و معدن شناسان از معادن و منابع زیرزمینی برای بهره‌برداری از مصالح و منابع زیرزمینی (کانی‌ها، نفت، ذغال‌سنگ و ...) یاد می‌کنند. مهندسین تاسیسات به تونل‌های مشترک تاسیساتی (اگوی شهری) یا تونل‌های تاسیساتی منفرد آب، برق، گاز، فاضلاب و .. یا تاکید می‌نمایند. مسئولین نظامی از مراکز نظامی و جنگی اعم از پناهگاههای زیرزمینی، محلهای اختفای جنگ‌افزارهای نظامی ، مراکز اتمی زیرزمینی و ... یاد می‌کنند. مدیران شهری به اغلب فضاهای مذکور برای استفاده در مواقع بحرانی ار قبیل زلزله، جنگ، طوفان و سوانح برای مدیریت بحران استفاده می نمایند. معماران به زیرزمین‌های خانه‌ها مانند مساکن زیرزمینی (یا قرار گرفته در دل کوه)، سرداب‌ها ، شودان‌ها و گودال باغچه‌های موجود در فضاهای معماری گذشته و زیرزمین ساختمانها، برج‌ها از قبیل پارکینگ‌ها و موتورخانه‌ها و انباری‌های زیرزمینی تمرکز دارند.

بطور کلی در استفاده از فضاهای زیرزمینی در برخی از حوزه‌ها، تخصص‌ها و کاربردها باهم همپوشانی و مشابهت‌هایی وجود دارد، بطور مثال آثار زیرزمینی تاریخی از نظر باستانشناسان وگردشگران؛ تونل‌ها و شبکه مترو از نظر مهندسان حمل‌ونقل و مدیران شهری مورد توجه‌اند. نکته دیگر این‌که فضاهای ذکرشده می‌توانند داخل یا خارج از شهر باشند. همچنین تغییرکاربری آن‌ها نیز در مواردی مانند آب‌انبارها مطرح می‌باشد.

۵- کاربرد فضاهای زیرسطحی در مناطق مختلف جهان:

نمونه‌های بسیاری از کاربردهای متنوع فضای زیرزمینی در دوره‌های مختلف تاریخی و زمان حال وجود دار. کاربردهای مسکونی احتمالا قدیمی‌ترین نحوۀ استفاده از فضاهای زیرزمینی توسط

[۱] Sterling

www.SID.ir

Archive of SID

انسان می‌باشد. غارهای مسکونیِ زیرزمینی و نیمه زیرزمینی کشف شده در کاستنکی روسیه، مساکن نیمه زیرزمینی در روستای بانپو در چین جزء این نمونه هاست. خاک بادرفتی که اکثر مناطق مرکزی و شمالی چین را می‌پوشاند به سادگی با دست، قابل حفاری بود که انسان می‌توانست محفظه‌هایی با عرض ۳ تا ۱۰متر در زیر سطح زمین از طریق حفر یک حیاط مرکزی ایجاد نماید یا مستقیما در دامنه تپه ها ایجاد می‌شدند. همچنین سکونتگاههای زیرزمینی با فرم آتریوم دار در جنوب تونس در شهرهایی نظیر ماتماتا و یا در دامنه تپه ها دیده می‌شوند (کارمودی و استرلینگ،۷۳:۱۳۸۸). عوامل مهم و تاثیرگذار بر انتخاب نوع کاربری برای فضای زیرزمینی عبارتند از: ترافیک، قیمت زمین و آلودگی هوا. برای مثال در شهر پکن با انتقال فضای تجاری به زیرزمین، فضای سبز جایگزین آن شد (نصراصفهانی و دیگران، ۱۳۹۷: ۹۹).

۵-۱ - تجارب استفاده از فضاهای زیرزمینی در دوران گذشته:

زیرزمین از دیرباز - در شهرها و روستاها- با کاربری محدود مورد استفاده قرار گرفته است، که این استفاده با علتها و نیازهای متفاوتی بوده است. علل استفاده از این فضاها در دوره گذشته و معاصر به شرح زیر می‌باشد: ۱- زیرزمین به عنوان آخرین منزل و نماد برزخ؛ دفن مردگان در زیرزمین، در حفره‌های زیرزمینی و اغلب در غارهای قدیمی، مغاره‌ها یا معادن سنگ مانند مکان هایی که در پاریس، رم، اورا (پرتقال)، مکزیک و جاهای دیگر وجود داشت. ۲- زیرزمین منبع آب، محل ذخیره، جریان و تصفیهٔ آبهاست. با حفر چاه به آب سفره‌های زیرزمینی می‌رسیم که تهیه آب تمیزترو منظم‌تر از آب‌های جاری را ممکن می‌سازد. ۳- زیرزمین منبع مصالح ساختمانی و انرژی: زیرزمین مصالح بسیار مقاوم و متنوعی فراهم می‌کند (گرانیت، سنگ آهک، سنگ رسوبی و غیره) که مستلزم حفر معادن روباز یا ریرزمینی است برای مثال در زیر مناطق سیزده، چهارده و پانزده پاریس، سطح زیرزمین‌های بهره برداری شده به ۳۰۰ تا ۴۰۰ هکتار می‌رسد که از آنها نزدیک به ۲۰ میلیون تن مصالح استخراج شده است. ۴- زیرزمین محل مسکنی است که "زاغه" نامیده می‌شود. برای ساخت آن زمین باید از سنگ سست و در برابرآب نفوذناپذیر باشد. هزینه آن به یقین پایین‌تر از هزینه ساختمان است. کافی است حفره تنها از یک طرف بسته شود. بدین ترتیب زیرزمین به دلیل نوسان حرارتی ندک، نه تنها برای مسکن بلکه به عنوان پناهگاهی برای حفظ محصولات (مانند غلات) و حتی پرورش بعضی محصولات مانند قارچ استفاده کرد (باستیه، ۳۴۰:۱۳۷۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نمونه فضاهای زیرسطحی سنتی در دوره‌های گذشته (ماخذ: نگارنده)

نام محل	ویژگیهای پروژه	علل توسعه زیرسطحی
ترکیه، کاپادوکیا	کاربری: در دوره‌ای متفاوت برای سکونت و انبار و نگهداری کالا، گسترش سکونت، قبرستان، دخمه‌ها و سرداب‌ها، ساختار دفاعی برای کلیساها و صومعه‌ها، روستاها و شهرها، امروزه بعنوان انبارهای نگهداری کالا و مرکبات و محوطه‌های باستان‌شناسی و گردشگری استفاده می‌شود.	اقلیم نامساعد(تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد و خشک با بارش غالب برف، غیر قابل کشاورزی
تونس، شهر زیرزمینی قاداماس	خیابانها و گذرهای سرپوشیده عمومی شهری اقلیم و فرهنگ بومی قاداماس؛ زنان در زیرزمین و مردان از فضاها و مسیرهای روزمینی استفاده می‌کنند. این شبکه زیرزمینی یکپارچه و تا بیرون شهر به باغات و مزارع ادامه دارد	اقلیم نامساعد، فرهنگ بومی
مساکن زیرزمینی‌چین	روستاهاو شهرهای زیرزمینی که در سطح زمین فقط حیاطهای مرکزی برای ورودو خروج و روشنایی و تهویه دیده می‌شود. کارایی گرمایشی خاک ، شرایط سلامتی، و انبار غذا نگهداری غله	اقلیم نامساعد ، استفاده از قابلیتهای خاک زیرزمین برای نگهداری مواد غذایی و ...
کلیساها و مدفن‌های زیرزمینی دوران صدر مسیحیت	در این معابر زیرزمینی شبکه های گسترده ای از دالانها و اتاقکهای زیرزمینی در زیر شهر رم عبادت مسیحیان ، گورستانهایی پنهانی برای دفن مردگان مسیحی مخفیگاهی برای پناهندگان	ایمنی و امنیتی (دفن مردگان مسیحی ، مخفیگاهی برای پناهندگان)
هند	معبد زیرزمین، دخمه‌های صخره‌ای ، شبکه جمع‌آوری و انتقال فاضلاب زیرزمینی شهر موهنجودارو	ناسازگاری آب‌وهوا، اعتقادات مذهبی ، ارتقاء کیفیت عرصه‌های همگانی

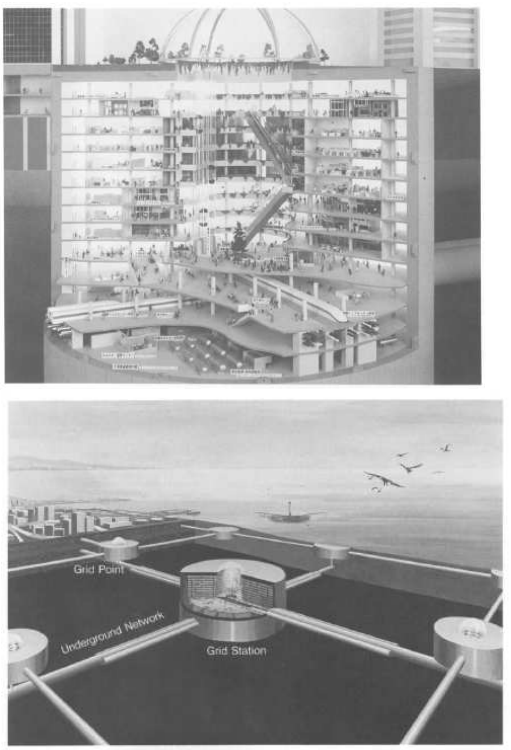
۵-۲- تجارب استفاده از فضاهای زیرسطحی در دوران معاصر:

در سالهای اخیر رشد سریع مراکز شهرهای بزرگ، یک دغدغه جدی برای برنامه ریزان و طراحان شهری معاصر شده است. رشد سریع جمعیت شهری، افزایش قیمت زمین، تراکم (فشردگی)، ضعف مدیریتی و عوارض بی شمار دیگری با این رشد سریع شهری همراه بوده و ضرورت مطالعه تجارب گذشته و حال تخصص های طراحی شهری را به طور جدی مطرح می نماید. در دوره معاصر آمریکای شمالی در طول جگ جهانی دوم با دلایل نظامی، امنیتی، و ایده‌های آرمانشهری به پیشتاز استفاده از توسعه فضاهای زیرسطحی است. سپس کشورهای اروپایی با دلایل حفاظتی، اقلیم نامناسب، توسعه فضاهای فرهنگی و تجاری به این امر پرداختند و در سالهای اخیر کشورهای آسیایی برای تامین کمبود زمین و فضای باز در حال توسعه زیرسطحی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

توسعه فضاهای زیرسطحی در دوره معاصر ریشه در ایده و تخیلات علمی، فنی، سیاسی و مشکلات شهری و ... دارد. داستانهای علمی‌تخیلی معمولا شهرها را اغلب به‌صورت واحدهایی زیرزمینی می‌باشد. مانند داستان کوتاه ای.ام.فوستر به نام "ماشین از کار می‌ایستد" و یا در داستان ولز به نام "ماشین‌زمان"؛ داستانهای تخیلی ایزاک‌آسیموف در داستانهای خود به این موضوع پرداخته‌اند. ژاپنی‌ها به دلایلی از قبیل کمبود فضای روسطحی، اقلیم نامساعد، علاقه فراوانی به توسعه زیرسطحی در قرن اخیر داشته اند؛ اساسی ترین اقدام در استفاده از فضاهای زیرسطحی در در مراکز خرید زیرزمینی در ژاپن می باشد. ژاپن در حال حاضر ۷۶ مرکز خرید زیرزمینی در تمامی شهرهای با مقیاس بزرگ و متوسط ساخته شده است. یک جزء مهم این مراکز زیرزمینی فناوری پیشرفته در طراحی این مراکز می‌باشد(Golany and Ojima, 1996: 330). ایده ژئوگرید یکی از طرحهای تخیلی است که از سوی کمپانی شیمیزو ارائه شده است(شکل ۳). طرح شامل گرههای متمرکز از عملکردهای خدماتی و عمومی زیرزمینی است که توسط معابر سریع‌السیر زیرزمینی و سیستم‌های حمل و نقل عمومی به هم متصل هستند (miyake and Denda, 1993)



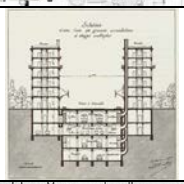
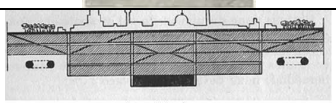
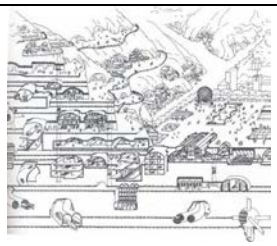
شکل ۲ – ایده شبکه زیرزمینی ژئوگرید برای توکیو(miyake and Denda, 1993)

www.SID.ir

Archive of SID

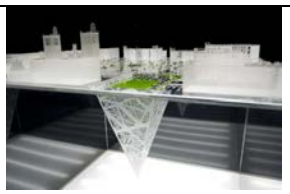
در طرحهای پیشنهادی نیز برای حل مسائل شهری، توسعه شهرها بویژه از نوع آرمانگرایانه اغلب ایده‌های توسعه‌زیرسطحی به‌چشم می‌خورد. در زیر به چند نمونه از این طرحها اشاره می‌کنیم:

جدول ۲-ایده‌ها و تخیلات مربوط به فضاهای زیرسطحی در دوره معاصر(نگارنده)

ایده‌پرداز	ویژگیهای ایده پیشنهادی	تصویر/کروکی
پائولوی سالری	- توسعه سطوح زیرزمینی منهتن را پیشنهاد می‌کند. شهر قله‌ای(Mesa City) ۱۹۵۵، وی پیشنهاد داد که بام مرکز منهتن را با نورگیرها و باغهای معلق باشکوه و بین برجهای بلندمرتبه اساس طرح وی را تشکیل می‌دهند - طرح آرکولوژی	
اُوژن هنارد	قابلیت فضای زیرسطحی برای حل مسائل و مشکلات شهری جایدهی انواع ترافیک در قالب **خیابانهای-چندطبقه** برای کاهش تراکم و ازدحام و آزاد کردن سطح شهر از تسلط سواره	
ادوارد اوتجین و گروهGECUS (۱۹۳۳)	■ برای حل محدوده‌های متراکم ، شلوغ و مساله‌دار شهرها باید از بعد سوم یعنی **زیرزمین** که منبعی کمیاب و ارشمند است، استفاده کنیم. همچنین به نظر آنها فضای زیرسطحی باید با برنامه‌ریزی و طراحی‌شهری کاملا همراه و عجین باشد و فقط برای تاسیسات اختصاص نیابد ، بلکه طیف متنوعی از عملکردها را با ارتباطات عمودی و افقی شامل شود.	
گیدئون-گولانی (۱۹۹۶)	ایده ژئواسپیس(Geo-Space) که در سه گونه کم‌عمق، عمق متوسط و عمیق می‌باشند ایده خود را مطرح می‌نماید. مکانیابی کاربرد ژئواِسپیس به عمق خاک و شرایط آن بستگی دارد. کاربری‌زمین در این طرح دو ایده سوپرا اسپیسSupra Space (فضاهای باز و ساخته‌شده در مراکز شهری) و ژئواِسپیس را با هم به-عنوان یک اندام شهری منسجم و بهم‌پیوسته، ترکیب می‌کند.	

www.SID.ir

Archive of SID

دفتر معماری Zwarts و Jansma با کمک شرکت هلندی مهندسی Strukton	ایده آمفورا فرصتی برای بهبود کیفیات محیط زندگی از طریق بهره‌گیری از فضاهای زیرسطحی بدون حذف نیازهای حمل‌ونقلی است. آمفورا[1] راه‌حلی با قابلیت-های گسترده، ابتکاری و پایدار برای محیط زندگی در آمستردام را فراهم می‌آورد. ؛ شهری زیرزمینی را برای توسعه این شهر پیشنهاد نموده‌اند. این گزینه پیشنهادی، مشکلات ترافیکی و فضایی آمستردام را حل می‌کند:حدود ۵۰ کیلومتر تونل که در زیر کانالهای مرکز شهر ساخته خواهد شد.	
گروه مهندسین معمار آرکیتکتورا	ایده زمین‌خراش برای توسعه زیرسطحی میدان زوکالا در محدوده بافت تاریخی نیومکزیکو ارائه شده است. این هرم وارونه زیر میدان به عمق ۳۰۰ متر در ۶۵ طبقه طراحی‌شده است. در این ایدهٔ سطح میدان با شیشه ضخیم پوشانده شده تا علاوه بر امکان نوررسانی به اعماق هرمُ پیادگان بتوانند روی ان راه بروند.	

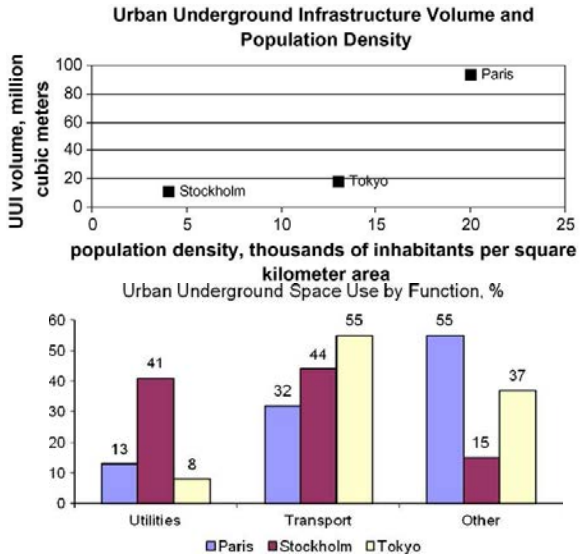
بابیلف[2](۲۰۰۹) فضاهای زیرسطحی شهری را شامل: انبار و مخزن (مثل غذا، آب، نفت، کالاهای صنعتی، زباله)؛ صنعت (مثل موتورهای تامین انرژی)؛ حمل و نقل (مثل راههای ریلی، جاده‌ها، تونلهای عابرپیاده)؛ تاسیسات و خطوط ارتباطی مخابراتی (مثل آب و فاضلاب و گاز و کابلهای الکتریکی)؛ استفاده عمومی (مثل مراکز خرید، بیمارستانها؛ ساختمانهای دفاع غیر عامل)؛ و استفاده های خصوصی و شخصی (مثل توقفگاه اتومبیل) می‌داند. به نظر بابیلف ویژگیهای عمده فضاهای زیرسطحی عبارتند از: ۱) جدا(عایق)بودن و تاثیر پذیری کمتر از محیط و تاثیرگذاری کمتر بر آن (از قبیل تاسیسات تامین انرژی) ۲)ثبات دمایی: انبارها و مخازن، پناهگاههای دفاع غیر عامل ۳) حفاظت :۴)آسیب پذیری در برابر سیلابها ۵)مقاومت در برابر زمین لرزه ۶) هزینه بالای ساخت و ساز ۷) هزینه پایین استفاده و بهره برداری ۸)فرصت و قابلیت جا دادن تاسیسات مورد نیاز: حمل و نقل (Bobylev,2009). مطالعات بابیلف در سه شهر پاریس، استکهلم و توکیو نشان می دهد که تاسیسات و حمل و نقل بیشترین میزان استفاده از فضاهای زیرسطحی را در این شهرها داراست. همچنین مقایسه رابطه بین تراکم جمعیت و حجم فضاهای زیرسطحی مورد استفاده در این سه شهر نشان می دهد که با افزایش تراکم جمعیت (بویژه در مراکز متراکم شهرها) میزان استفاده از فضاهای زیرسطحی شهری افزایش می یابد.

[1] AMFORA مخفف عبارت (Alternative Multifunctional Underground Space Amsterdam) به معنی گزینه چندعملکردی فضاهای زیرسطحی آمستردام می‌باشد.

[2] Bobylev

www.SID.ir

Archive of SID



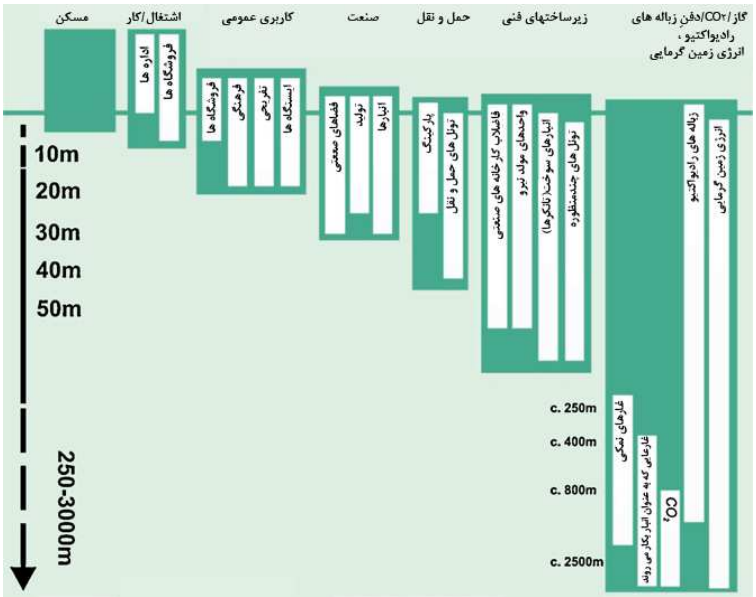
شکل ۳- مقایسه استفاده از فضاهای زیرسطحی (راست) رابطه بین تراکم جمعیت و حجم فضاهای زیرسطحی در شهرهای پاریس، استکهلم و توکیو (Bobylev,2009).

در رویکرد کلی نگر به موضوع فضای زیرسطحی ، زیرزمین به عنوان منبعی ارزشمند نگریسته می شود؛ به این معنی که زیرزمین شامل کالاهایی است که می‌تواند توسط جامعه استفاده شود. این قابلیت می تواند به چهار منبع مهم تقسیم شود.

زیرزمین به عنوان منبعی غنی از فضا و مواد و قابلیتهای مفید برای توسعه شهرهاست (Admiraal and Narang Suri, 2015: 4-7) این منابع شامل"فضا" برای ساختمان و زیرساختهای شهری، زیرزمین به عنوان منبع "مصالح" که از حفاری‌ها بدست می‌آید، زیرزمین به عنوان منبع"آب زیرزمینی"، زیرزمین به عنوان منبع "انرژی زیرزمینی"(Parriaux et al,2007) و (Admiraal and Narang Suri, 2015: 4-7). بنابراین فضاهای زیرسطحی به عنوان منبعی ارزشمند؛ ابزار مهمی برای ارتقاء کیفیت مراکز متراکم شهرها هستند. شکل ۴ فضاهای زیرسطحی به کار رفته در شهرسازی معاصر را همراه با عمق لازم در زیرزمین نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



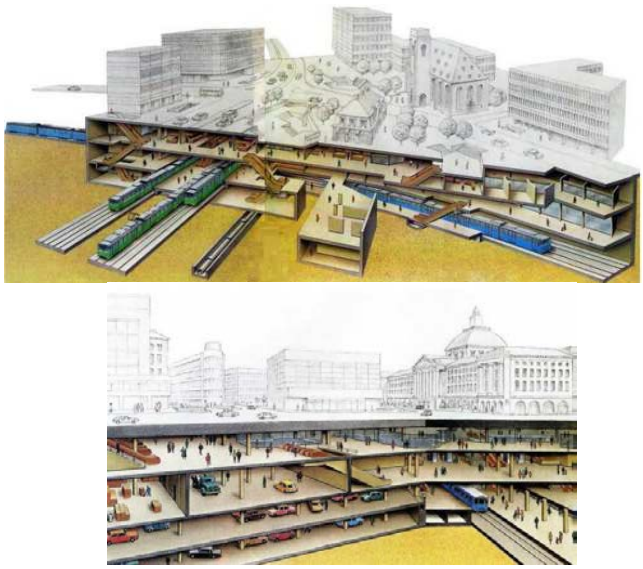
شکل ۴- طبقه‌بندی فضاهای زیرسطحی از لحاظ کاربری و عمق (Evans et al ,2009)

۶- ضرورتهای توسعه زیرسطحی در دوره معاصر:

۶-۱-کمبود فضا و ارزش اقتصادی زمین: امروزه فضاهای زیرزمینی بدلیل تامین کمبود فضای روسطحی به خصوص در مراکز متراکم شهرها، کاهش هزینه‌های تامین زمین، صرفه جویی در هزینه‌های ساخت و ساز (سازه، شرایط محیطی، مقیاس)، فروش مواد حفاری شده، کاهش هزینه‌های نماسازی و تجهیزات داخلی، شرایط محیطی پایدارتر و عدم فرسودگی بناها، کاهش هزینه های بیمه به علت محافظت بیشتر تاسیسات و ... اهمیت خاصی را داراست. این امر در بسیاری از کشورها از جمله ژاپن بسیار بارز می باشد. به طوری که در طول ۲۰ سال از ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۵ به میزان ۳,۴۵ میلیون مترمکعب تونلهای زیرزمینی برای کاربری های مختلف(فاضلاب ۴۰٪، حمل و نقل سواره ۲۰٪، راه ریلی ۱۰٪ و ...) ساخته شد. همچنین ساخت توقفگاههای زیرزمینی اتومبیل در همین زمان به طور چشمگیری افزایش یافت(Takasaki et al, 2000). امروزه شهرهای بسیاری در سراسر جهان در حال افزایش استفاده از فضاهای زیرسطحی‌اند. کشورهای آلمان، ژاپن، کانادا، فرانسه، روسیه از کشورهای پیشرو در این زمینه محسوب می‌شوند که بنا به ضرورتهای ترافیکی، تاسیساتی، اقلیمی، فضای خدماتی در این راستا تلاش می‌نمایند. شکل زیر نمونه‌های از فضاهای زیرسطحی چندمنظوره شهرهای مونیخ و فرانکفورت را نشان می‌دهد که در ۴ تا ۵ تراز زیرزمینی توسعه یافته‌اند (Gamayunova and Gumerova, 2016).

www.SID.ir

Archive of SID



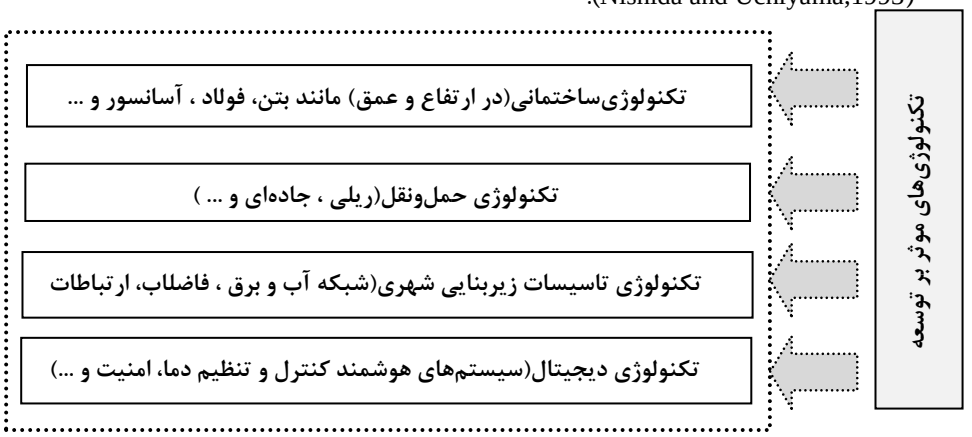
شکل ۵- فضاهای زیرزمینی چندمنظوره در شهر مونیخ (راست) فرانکفورت (چپ) (Gamayunova and Gumerova, 2016: 1640)

۶-۲- ورود تکنولوژی به شهرسازی: با شروع انقلاب صنعتی و پیشرفتهای عرصه ساختمان سازی از جمله بتن، فولاد و آسانسور؛ ساختمانهای بلند مرتبه در کلانشهرها ظهور یافتند که این امر استفاده از طبقات زیرزمینی ساختمان را برای تامین نیازهای ضروری این ساختمانها (مثل تاسیسات، انبار و مخزن، توقفگاه اتومبیل) اجتناب ناپذیر نمود. یک تحقیق در مورد ساختمانهای بلند مرتبه توکیو در سال ۱۹۸۵ نشان می دهد که با افزایش ارتفاع ساختمانها، عمق آنها نیز افزایش می‌یابد (Nishida and Uchiyama,1993) (نمودار شماره ۶). همچنین استفاده از فضای زیرسطحی به منظور قراردهی تاسیسات شهری جزءگستره ترین کاربرد این فضاها است. در کانال مشترک تاسیساتی تمامی تاسیسات گازرسانی، آبرسانی و فاضلاب، تلفن و برق رسانی، سیستم های گرمایشی، سیستم‌های ارتباطی و مخابراتی قرار گرفته و دسترسی مطلوب به تاسیسات شهری به صورت یکپارچه را فراهم می‌آورد. دلیل دیگری ایجاد تونل های مشترک تاسیساتی را تشویق می‌کنند، شامل نیاز به جداسازی آبهای سطحی و نزولات جوی از فاضلاب بهداشتی است تا امکان تامین ظرفیت بیشتری جهت ذخیرهٔ آب قبل از انجام تصفیه بر روی آن فراهم شود.

www.SID.ir

Archive of SID

.(Nishida and Uchiyama,1993)



شکل ۶- تکنولوژیهای موثر بر توسعه زیرسطحی شهری

۶-۳- حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی: امروزه در شهرهای بزرگ تردد بیش از پیش نیازمند زیرزمین است. این کار از طریق ایجاد خطوط متروی زیرزمینی، تونل های اتومبیل رو، زیرگذرهای سواره و پیاده، توقفگاه‌های زیرزمینی و ... انجام می‌شود. همچنین ایجاد شبکه راه های پیاده مدار زیرزمینی با کاربری‌های مختلط تجاری، اداری، تفریحی، خدماتی و ... به ویژه در اقلیم های ناسازگار مانند تورونتو و مونترال(کانادا) راه حل مناسبی در تامین فضاهایی ایمن، دارای آسایش اقلیمی، دوری از آلودگی، صدا و ... می‌باشد. ایجاد خطوط مترو با وجود هزینه بالای ساخت، جزء سودمندترین کاربرد فضاهای زیرسطحی به نفع مردم و محیط زیست می‌باشد. با توسعه زیرسطحی و انتقال بخشی از فعالیتها، کاربریها از جمله حمل‌ونقل سواره و ریلی به زیرزمین می‌توان تا حدودی به 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 بیق‌دیق[۱] در بُستن آمریکا که با هدف حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی انجام شد، بیش از ۱۵۰ ایکر پارک و فضاهای سبز جدید برای شهر ایجاد شده و کاهش ۱۲ درصدی لایه‌های مونواکسیدکربن را بدبال داشته است (Chow et.al,2002). نمونه دیگر تونل اِم ۳۰ [۲]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 (مولائی،۱۳۹۴). در شهر تیانجین فضاهای زیرسطحی در سه تراز کم عمق برای

[۱] Big Dig

[۲] M30

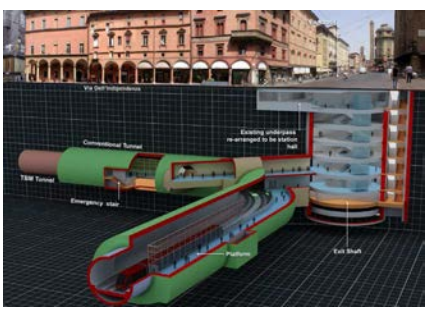
www.SID.ir

Archive of SID

کارکردهای انسانی و فضاهای شهری، با عمق متوسط برای کارکرد مترو، پارکینگ و ترازهای عمیق برای تاسیسات شهری در نظر گرفته‌اند (Admiraal and Narang Suri, 2015: 4-7)

شبکه زیرسطحی خیابان فاینانس پکن[۱] در مرکز خیابان فاینانس در غرب ناحیه شهری است که یکی از بزرگترین پروژه‌های برنامه ریزی شده برای اجرا (۱۰۳ هکتار) و کاوش و کاربرد فضای زیرسطحی است (شکلهای ۱۳). این پروژه توقفگاههای زیرسطحی با ۷۵۰۰ فضای توقفگاهی خیابان فاینانس را به خیابانهای اطراف متصل می‌کند. مهمترین اجزاء پروژه؛ سه تونل پیاده راه زیرسطحی و تونل‌های زیرسطحی سواره که بیشتر دوخطه‌اند می‌باشد. این پروژه همچنین به سیستم تهویه، سیستم آب بهداشتی، سیستم روشنایی اضطراری، و سیستم کنترل و نظارت هوشمند مجهز می‌باشد.

شکل ۷- شبکه زیرزمینی خیابان فاینانس در پکن (http://www.csueus.com)



شکل ۸- دید سه بعدی به فضاهای زیرسطحی ایستگاه مترو میدان بولونا در شهر سان مارینو ایتالیا (Astore et al ,2009)

نیاز به ارتباطات بیشتر و مشکلات ازدحام نامطلوب سواره؛ ایجاد تونل هایی را حتی زیر بستر دریا امکان پذیر ساخت. نمونه این نوع تونل، تونل بِی، خلیج توکیو در ساحل توکیو می‌باشد که به طول ۱۵،۱کیلومتر و قطر ۱۴،۱۴ متر از ساحل کاوازاکی تا کیسارازو در ژاپن ساخته شد(takasaki et al,2000).

[۱] Huang Youyi Yang Lingling

www.SID.ir

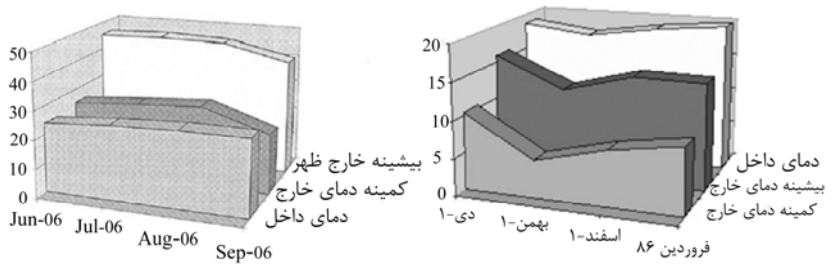
Archive of SID

۶-۴- حل مسائل اقیمی: فضاهای زیرزمینی انسان‌ها را از گرما، سرما، توفان، زلزله، آتش، سروصدا، لرزش، انفجار، آلودگی های هوا، مواد خطرناک و فرایندهای خطرناک محافظت می‌کند. فضاهای زیرزمینی بدلیل قرارگیری در زیرزمین منظر شهری به هم نمی‌زند و در حفظ مناظر طبیعی و اکولوژی طبیعی نقش مثبتی دارد. همچنین این فضاها در تامین ایمنی، امنیت حفاظت انسانها در مواقع بروز بلایای طبیعی همچون زلزله قبلیت خوبی را دارا می باشد. رویکرد کاربری مختلط در استفاده از فضاهای زیرسطحی: شبکه فضاهای زیرسطحی موجود در دو شهر تورنتو و مونترئال، سیستم های بزرگ و بهم پیوسته‌ای از پیاده راههای زیرزمینی، مراکز تجاری و مراکز خرید زیرزمینی هستند که امکان حرکت در بخش اعظم ناحیه مرکزی شهر را بدون مواجهه با هوای نامناسب و ترافیک خیابان‌ها فراهم می‌کنند (کارمودی و استرلینگ،۱۹۹۳،۸۲).

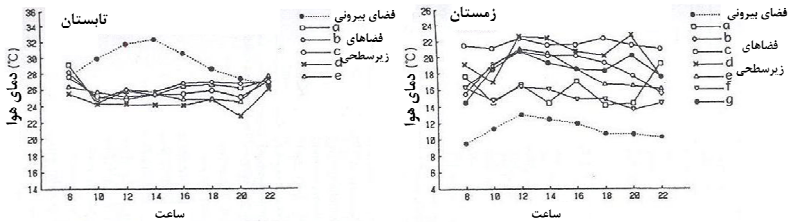
ثبات دمایی و آسایش اقلیمی در فضاهایی مانند شوادان قابل اثبات می‌باشد. مطابق آزمایش‌های به‌عمل آمده که در تصویر شماره۳ نمایش داده می‌شود شوادان در تابستان و زمستان در محدوده آسایش اقلیمی انساندمایی بین ۲۰ الی ۲۴ درجه سانتیگراد را دارد. در حالیکه دمای هوای فضاهای بیرونی تا ۵۰ درجه سانتیگراد در تابستان و ۵درجه سانتیگراد در زمستان تغییر می‌نماید (بینا،۱۳۸۷: ۳۷-۴۶). بر اساس یک تحقیق انجام شده در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو (ژاپن) که نتایج آن در شکل ۱۹ نمایش داده می‌شود. دمای این فضاها در تابستان خنک‌تر از بیرون و در زمستان گرمتر از بیرون می‌باشد. به عبارت دیگر شرایط اقلیمی در فضاهای تجاری زیرزمینی ژاپنی نیز مانند نمونه‌های شوادان در ایران، به محدوده آسایش انسان نزدیکتر می‌باشد(Golany and Ojima, 1996:188). فضاهای زیرزمینی در اقلیم گرم و خشک (بویژه فضاهایی همچون شوادان، یخچال، آب انبار، گودال باغچه، سرداب و زیرزمین خانه) در تطابق با اصول معماری ایرانی و همچنین معماری سبز بوده و می‌توان آن را جزئی از معماری بوم‌گرا دانست (خدابخشیان و مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۳: ۴۳-۴۴). فضاهای 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 می‌آورد و تاثیر باد و آلودگی‌های صوتی را به طور موثری می‌کاهد. این فضاها دمای روزانه و فصلیِ پایدار و باثباتی را ایجاد کرده و که برای سلامتی و برخی صنایع مفید می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- مقایسه دمای هوای داخل و خارج شوادان در تابستان و زمستان
منبع: (بینا،۱۳۸۷: ۳۷-۴۶).



شکل ۱۱- مقایسه دمای فضای زیرزمینی و روسطحی در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو (Golany and Ojima, 1996:188).

همچنین فضاهای زیرسطحی می‌تواند در راستای کاهش اثرات پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر نواحی شهری به‌کار گفته شود. 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. تونل هوشنمد کواالامپور که در شکل ۲۰ نمایش داده می‌شود در کنترل سیلابهای شهری از نمونه‌های موفق در این راستا می‌باشد. این تونل بطور 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.

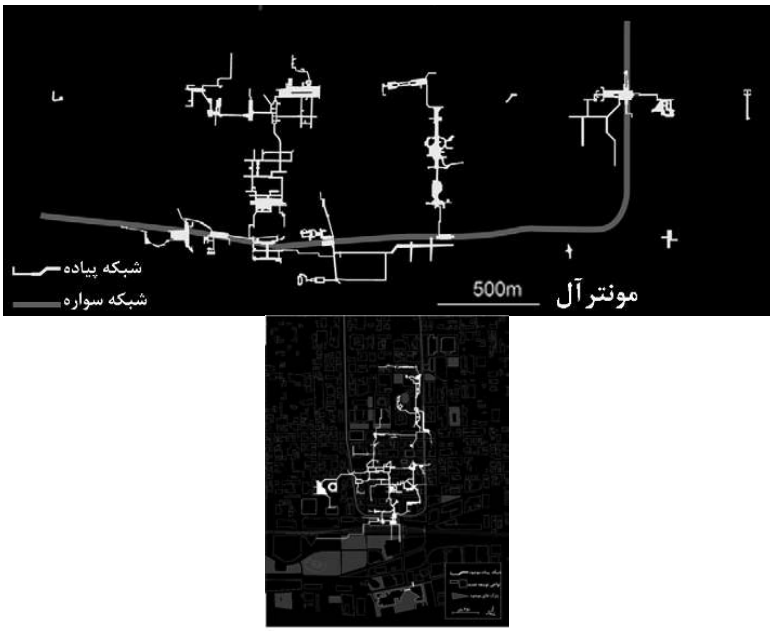
شهر زیرزمینی تورنتو متشکل از ۲۷ کیلومتر پیاده روها زیر سطح خیابان‌ها و همچنین برخی پل ها بر روی خیابان ها است. ۵۰ ساختمان از طریق پیاده روها به هم متصل شده‌اندکه این شبکه در تورنتو به نام پَث[۱] (محور پیاده) نامگذاری شده است. ۲۰ پارکینگ، ۵ ایستگاه مترو، ترمینال راه آهن، ۲ فروشگاه زنجیره ای بزرگ، ۶ هتل به علاوه بسیاری از جاذبه های توریستی و تفریحی دیگر

[۱] PATH

www.SID.ir

Archive of SID

از طریق این شبکه به هم متصل شده اند. درون این شبکه ۱۲۰۰ واحد تجاری وجود دارد که ۵۰۰۰ نفر در آن شاغل هستند (بسنر، ۱۳۸۸: ۷۸-۷۶).



شکل ۱۲- پلان شبکه زیرزمینی شهر مونترال و تورنتوی کانادا (Be´langer,2007)

۶-۵- استفاده از فضاهای زیرسطحی به منظور حفاظت از میراث فرهنگی: ورودی موزه لور پاریس به منظور جلوگیری از مخدوش شدن مجموعه تاریخی موزه در زیرزمین طراحی شده است. این امر موجب حفظ هویت و حریم بصری این مجموعه تاریخی شده شده است (Zhang,2009). توسعه زیرسطحی لس هال در پاریس، فضای باز را حفظ کرده و به هویت تاریخی شهر آسیب نزده است (کارمودی و استرلینگ،۱۳۸۸: ۸۳). همچنین ایده مشابهی از کاربرد فضاهای زیرزمینی در سایت‌های تاریخی چین برای حفظ هویت محوطه و توسعه مجموعه و تامین نیازهای معاصر آن انجام شده است. البته باید توجه نمود که حفاری، گودبرداری و مداخله در ترازهای زیرزمینی، ممکن است پایداری سازه‌ای بناهای تاریخی را تضعیف نماید که در برخی از پروژه‌های زیرسطحی همچون مترو قابل مشاهده است. در این راستا اتخاذ تدابیر در مکانیابی مسیر و فضاهای زیرسطحی، حفاظت و نگهداری لازم است.

۶-۶- مدیریت بحران و پدافند غیرعامل: کاربرد فضاهای زیرسطحی در قالب اهداف پدافندغیرعامل در برخی کشورها بسیار مور تاکید بوده است. همانطور که در جدول شماره ۴ نمونه‌هایی از کشورهای آمریکا، شوروی سابق و سویس آورده شده است، این فضاها را با اهداف

www.SID.ir

Archive of SID

غالب امنیتی در مقیاس و گستره وسیعی از کاربریها درنظر گرفته شده است. زیرزمین به عنوان منبع "فضا" برای ساختمان و زیرساختهای شهری ، منبع "مصالح" که از حفاری‌ها بدست می‌آید، منبع"آب زیرزمینی"، منبع" و "انرژی‌زیرزمینی" می‌تواند محسوب شود (Parriaux et al,2007). مطابق جدول شماره ۴ فضاهای زیرزمینی قابلیتهای بسیاری در امر پدافندغیرعامل شامل اختفاء، حفاظت و ... را دارا هستند.

جدول ۳- قابلیت های ذاتی فضاهای زیرزمینی

	قابلیتهای ذاتی فضاهای زیرزمینی	اهداف، حل مسائل و رفع نیازهای شهری
۱	محلی برای پنهان‌شدن، پنهان‌کردن؛ اختفاء (دور از دید و تیررس)	پدافند غیرعامل، مدیریت بحران شهری؛ ذخیره مواد حساس و راهبردی؛ حل مسائل ترافیکی؛ حل مسائل زیست-محیطی؛ پایداری شهر
۲	پایداری فیزیکی و کالبدی (بویژه در برابر زلزله، انفجار، ارتعاش، طوفان)	
۳	حفاظت (انسان و دارایی‌هایش، نگهداری مواد و غذا از نابودی)	
۴	منبع فضا؛ برای جایدهی اجساد، اقلام و کاربریهای مورد نیاز خصوصی و عمومی	تامین کمبود فضا؛ حل مسائل ترافیکی؛ افزایش سرانه فضاهای سبز؛ ارتقای کیفیت محیطی مراکز شهری؛آسایش اقیمی در مراکز و فضاهای پرازدحام
۵	منبع انرژی؛ زمین‌گرمایی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی	
۶	ثبات دمایی و تعادل محیطی(دمای در محدوده آسایش انسان در فصول سرد گرم)	
۷	منبع مواد و مصالح (استخراج منابع، نگهداری)	منبع مواد ارزشمند و حیاتی؛ تونلهای تاسیساتی شهری؛ فضای مناسب نگهداری، انتقال و استخراج
۸	منبع آب زیرزمینی(نگهداری، انتقال و استخراج)	

- **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 درنظر 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 بمباران‌های هوایی، بسیار مفید واقع شدند (باستیه،۱۳۷۷:۳۴۸). پناهگاههای زیرزمینی امروزه نیز در پدافند غیر عامل مورد استفاده و توجه قرار می‌گیرند. ساختمانهای مدفون در برابر حملاتی غیر از انفجارهای عمیقِ بمبها، بسیار مقاوم و قابل اطمینان می باشند. یک سیستم ساختمانی کاملِ 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

www.SID.ir

Archive of SID

بسیار مناسب هستند. همچنین پناهگاههای غاری در مواضع پدافندی با فرصت تونل زدن در دامنه تپه ها،داخل بریدگیها، سراشیب ارتفاعات و یا حفاری در زمینهای مرتفع احداث می شوند.

- **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 سازۀ بنا در زیرزمین از آنچه روی زمین وجود دارد کمتر است (استرلینگ،۲۹:۱۳۸۸). پایداری و آسیب‌پذیری کمتر فضاهای زیرزمینی در وقوع زمین‌لرزه کوبه ژاپن در سال ۱۹۹۵ از تجارب موفق در این راستا می‌باشد. در این زمین‌لرزه ساختمانهای مهم شهر از جمله سالن اجتماعات این شهر در اثر زلزله، آسیبهای جدی دید، درحالیکه به مراکز خرید زیرزمینی تقریبا هیچ آسیبی وارد نشد. البته این قابلیت در صورتی محقق می‌شود که از اصول و روشهای طراحی حفاظتی و مقاوم‌سازی بدرستی استفاده شود.
- **آتش‌سوزی:** آتش‌سوزی در مناطق شهری عامل اصلی نگرانی در هنگام بالیای 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 سازۀ 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. 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.
- **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 ازحد به داخل ساختمان جلوگیری نمایند(استرلینگ،۳۰:۱۳۸۸).
- **بازدارندگی**: بازدارندگی عملکرد معکوس محافظت می‌باشد. در بازدارندگی هدف جلوگیری از نفوذ خرابی‌ها و آلودگی‌های 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 (استرلینگ،۳۱:۱۳۸۸). همچنین احتمال نشت مواد خطرناک و انتقال آن به محیط سطح زمین به حداقل ممکن کاهش می‌یابد. برای

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه محدوده کوه یوکا در **نوادا**، واقع شمال‌غربی 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 تجزیه این مواد مورد نیاز است) فراهم آورده است.

- **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 المپیک ژوویک است که 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 موجموعه 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.
- **حفاظت و توسعه تاسیسات زیربنایی(آب، فاضلاب، برق، گاز و مخابرات)**: زیرساختهای شهری، بویژه تاسیسات زیربنایی شمامل 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 وانرژی، 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.

۶-۷- مسائل بالقوه فضاهای زیرسطحی: فضاهای زیرسطحی شهری از حیث محصوریت شدید، فقدان حس زمان و مکان، فقدان تحرک فضایی دچار ضعف می‌باشند (رزاقی اصل و دیگران، ۱۳۹۷: ۱۴۰). همچنین اغلب کاربران این فضاها در بهره‌برداری از مناظر شهری و درک جذابیت‌های بصری سطح شهر محروم می‌مانند (مولائی، ۱۳۹۴: ۲۹۹). همچنین سیل‌گیری این فضاها و امکان محبوس شدن افراد، تهویه و روشنایی نامناسب، ریزش لایه‌های سست زمین، نرسیدن هوای کافی در آتش‌سوزی و انفجار و گرفتگی ورودیها و خروجی‌ها از دیگر معایب بالقوه این فضاهاست (همان:

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰۱). یکی دیگر از مسائل پیش‌روی فضاهای زیرسطحی، ابعاد حقوقی این فضاهاست که اغلب با پیچیدگی‌هایی همراه است. مالکیت زیرزمین وابسته به قوانین مدنی و شهرداری هر کشوری است. مدیریت شهری برای تملک و اجرای پروژه‌های شهری بسته میزان عمق آنها با دشواریهای حقوقی و تمکل زمین روبروست (مظفری و دیگران، ۱۳۹۳) (Zaini et al, 2017: 234). یکی دیگر از مسائل پیش‌روی توسعه فضاهای زیرسطحی، هزینه بالای اجرای این گونه پروژه‌هاست. حفاری با استفاده از دستگاههایی همچون تی بی ام و اجرای سازه‌های زیرزمینی معمولا هزینه‌هایی بیش از پروژه‌های مشابه در سطح زمین دارند که مدیریت شهری می‌تواند از روشهای مشارکت و بهره‌برداری بخش‌های خصوصی می‌تواند استفاده نماید. همچنین امکان تضعیف پایداری بناهای تاریخی، آسیب وارد شدن به ریشه درختان و قناتها از آسیبهای پیش روی محیط‌زیست می‌باشد. ایجاد فضاهای غیرقابل استفاده برای کودکان، سالمندان و معلولین، فضاهای بی هویت و بی‌ارتباط با هویت بومی از دیگر آسیبهای پروژه‌های زیرسطحی است که نیازمند اتخاذ تدابیری جامع می‌باشد.

در طراحی شهری و معماری فضاهای زیرسطحی شهری می‌بایست ابعاد مختلف موضوع بویژه روحی و روانی، منظر شهری، طبیعی و سهولت دسترسی و حرکت و آسایش اقلیمی و ایمنی امنیت فضاها در نظر گرفته شود. 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. فضاهای زیرسطحی از نقاط قوت، ضعفها، فرصتها و تهدیدهایی روبروست که جدول زیر نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تحلیل یکپارچه(SWOT) فضاهای زیرسطحی (نگارنده)

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 آبهای 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 – 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	- ناخوانابودن و عدم وجود حس مکان در فضاهای نوساز - آسیب به ریشه درختان، قنات‌ها، پی ساختمانها و ... - تضعیف استحکام مجموعه-های تاریخی - توقفگاهها، تونلهای تاسیساتی و ... محل نامطلوب، جرم و جنایت اند - مشکل تهویه در فضاهای زیرین - ابعاد غیرانسانی تونل‌های 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 آتش‌سوزی و مشکل خروج اضطراری، امداد و تهویه و ... -سیل‌گیر بودن در مواقع سیل و بارانی - توقفگاهها، تونلهای تاسیساتی و ... محل جرم و جنایت اند. - خالی از اجتماع بودن در ساعات خاص - مشکل اتصال به فضاهای مهم از نظر اداری و جلب نظردستگاههای مسئول -ایجاد فضاهای محصور و تنگ -کاهش آزادی انسان در زیرزمین - محروم بودن از مناظر بصری روسطحی برای پیاده‌ها و سواره‌ها -مشکل بالا رفتن و پایین آمدن برای گروههای آسیب-پذیر، تضعیف حقوق مالکان در توسعه زیرسطحی	- 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 کابلها، دکلها، 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 مراکز شهری - امکان طراحی آزاد فضاهای زیرسطحی با قابلیت تغییر و کنترل - جایدهی تاسیسات زیربنایی - ایجاد ورودی های متعدد -امکان ایجاد گشایش‌های فضایی -تامین ارتباط مناسب بین فضای درون و بیرون برای رویت و تماشای مناظر	- از بین رفتن عناصر و بافتهای تاریخی و ویژگی-های مثبت آنها با نادیده گرفتن حریم آنها - تضعیف نقش توپوگرافی در هویت طبیعی شهر و خوانایی آن - تهدید هویت مراکز و بافت‌های تاریخی با نادیده گرفتن حریم آن‌ها – تجمع موجودات مزاحم و موذی در کانالها چاههای زیرزمینی و گسترش بیماری و تهدید بهداشت عمومی. - عدم رعایت مقیاس انسانی - بهم خوردن تعادل اکولوژیکی بدلیل مداخله در وضعیت زمین - خطر سرمایه‌گذاری کم-بازده -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 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

www.SID.ir

Archive of SID

۷- راهبرد توسعه فضاهای زیرسطحی:

فضاهای زیرسطحی نقش مهمی در حل مسائل شهری بویژه در مراکز شهرهای بزرگ برخوردار هستند. مسائل ترافیکی، فضایی و کالبدی، زیست محیطی، تاسیساتی و کارکردهای مهم شهری از این قبیل مسائل به شمار می‌روند. کاربست ترازهای زیرین شهر، با نگرشی جامع و راهبردی می‌تواند به توسعه پایدار شهری را کمک نماید. علل عمده 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 بیشتر بر ساخت‌وساز به ویژگی‌های محیطی محدوده مورد نظر از قبیل ویژگی‌های ژئوتکنیکی ، وجود موانع حفاری مانند ریشه‌های درختان ارزشمند و عبور قناتها 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 بیشتری می‌رویم محدودیت‌های زیستی بیشتر و بیشتر می‌شود. این امر بدلیل دشواری تامین نور و تهویه طبیعی، ورود و خروج، دشواری پایین رفتن و بالا آمدن می‌باشد.

تهیه **"برنامه جامع توسعه فضاهای زیرسطحی شهری"** برای کلانشهرها یکی از گامهای مهم مدیریت شهری است که با بهره‌گیری از متخصصان شهرسازی، محیط زیست، عمران و ترافیک، اقتصاد، جغرافیا، جامعه شناسی و امکان‌سنجی توسعه فضاهای زیرسطحی، انجام می‌شود. نقشه امکان‌سنجی با لحاظ محدودیتهای زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، شهرسازی و فنی به عنوان پایه‌ای برای تصمیم‌گیری در تدوین برنامه‌جامع توسعه زیرسطحی شهر خواهد بود. این برنامه با در نظر گرفتن تمامی نیازها و مسائل شهری و فرصتهای پیش روی توسعه آتی شهر به ارائه برنامه جامع کالبدی، اقتصادی، زیست محیطی، تاسیساتی، ترافیکی و اجتماعی و فرهنگی برای توسعه شهر می‌پردازد. در ادامه راهبردهای توسعه زیرسطحی و سیاستها و راهنمای طراحی و ضوابط مربوطه مشخص می‌شوند که می‌تواند با رویکردهایی همچون رویکرد توسعه حمل‌ونقل محور تلفیق شود. مجتمع‌های ایستگاهی بهره‌مند از فضاهای زیرزمینی، خطوط مترو با فضاهای زیرسطحی شهری متنوع و انعطاف‌پذیر، تونلهای انتقال آبهای سطحی، پایکینگهای زیرزمینی و فضاهای شهری در ترازهای منفی از این قبیل‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۳- مدل و چارچوب نظری پژوهش (نگارنده)

۸-جمع بندی و نتیجه گیری:

مروری بر تاریخچه استفاده از فضاهای زیرزمینی در دوران گذشته و معاصر نشان می‌دهد که این فضاها در گذشته دارای کاربری‌های متنوع: مسکونی (مانند غارهای مسکونی نیمه زیرزمینی در روسیه و چین، مساکن زیرزمینی در روستاهای چین و تونس)، مذهبی(مانند معابد بودایی صخره‌ای در آلورای هند)، انباری (حفره‌های سنتی ذخیره غلات و حبوبات در زیر سطح زمین در چین) بوده‌اند. اما امروزه فضاهای زیرزمینی با رویکردی متفاوت در زمینه های حمل و نقل (خطوط متروی زیرزمینی، تونل‌های زیرزمینی سواره و توقفگاه های اتومبیل)، شبکه شهری زیرزمینی(مانند شبکهٔ دسترسی پیادهٔ زیرزمینی در تورنتو و مونترئال کانادا)، ذخیره سازی(مانند تعبیه مخازن نفت و گاز در زیرزمین)، تاسیسات زیرساختی شهری (مانند کانال مشترک تاسیساتی) و معدن سازی استفاده می‌شود.

مرور ویژگی‌های فضای زیرزمینی نشان می‌دهد که استفاده از این نوع فضاها می‌تواند ابزار موثری در نیل به اهداف پایداری باشد. فضای زیرزمینی دارای قابلیت‌های بالایی در صرفه جویی انرژی، کاهش آلودگی‌های صوتی، هوا و بصری، ایجاد فضاهای شهری پاسخده از نظر اقلیمی و کالبدی و ... می‌باشد. توسعه زیرسطحی برای حل مشکلات ترافیکی، زیست محیطی و کمبود و حل مسائل و رفع نیازهای مراکز متراکم و شلوغ شهرهای بزرگ کشورمان از جمله کلانشهرِ تهران (مانند محدوده میدان انقلاب، محدوده بازارِ قدیمی تهران، محدوده میدان تجریش، محدوده میدان ونک و میدان صادقیه، محدوده میدان آزادی و محدوده میدان رسالت) ضروری است. می‌توان راهکارهای پیشنهادی را در بخشهای زیر ارائه نمود:

www.SID.ir

Archive of SID

- **برنامه طرح جامع توسعه زیرسطحی شهرهای بزرگ**:

- تهیه برنامه و طرح جامع توسعه زیرسطحی کلانشهرها و برنامه تحقق‌پذیری در بازه‌های زمانی بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت و توجه به تحقق پذیری طرح ها با در نظر گرفتن حقوق مالکان و مشارکت آنها. در شبکه مترو در کلانشهرهایی همچون تهران، تبریز، اصفهان، اهواز و مشهد در حال احداث و توسعه می‌باشد، می‌تواند با نگرش جامع در راستای حل مسائل، تامین نیازها و اهداف توسعه پایدار شهری برنامه‌ریزی و طراحی شود.

- 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.

- 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.

- **ارتقای کیفیت فضاهای شهری با استفاده از ترازهای زیرین**:

- طراحی و ایجاد شبکه دسترسی پیاده مدار با در نظر گرفتن طرح های بالادست شهری و توجه به یکپارچگی این فضاها با سایر فضاهای و کانونهای شهری از قبیل ایستگاههای مترو و پایانه‌های حمل‌ونقلی به منظور ایجاد فضاهای شهری پویا در فصول سرد و گرم سال و استفاده از فضاهای زیرسطحی در مناطق تاریخی پرازدحام مانند محدوده بازار قدیمی تهران به منظور حل نیازهای پارکینگ، بارگیر و بارانداز و ....

- انتقال کاربری های غیر ضروری (مانند انباری ها و برخی صنایع کوچک) به زیرزمین و آزاد نمودن فضاهای روسطحی برای کاربری های مورد نیاز (مانند فضای سبز، پارک، کاربری های ورزشی و تفریحی)

- در نظر گرفتن توقفگاههای زیرزمینی به منظور جلوگیری از تبدیل شدن مسیرها و فضاهای شهری به محل پارکینگ سواره ها و انتقال خطوط حمل و نقل سواره به زیر زمین و برچیدن پل‌ها هوایی در مراکز متراکم شهرها برای پیاده مداری و پایداری هرچه بیشتر این محدوده‌ها.

- **ملاحظات معماری فضاهای زیرسطحی همگانی**:

- توجه به ملزومات طراحی این فضاها در خصوص تامین روشنایی، ارتباط بین سطوح، ارتباط بین درون و بیرون ، طراحی ورودی های مناسب، قابل دسترس بودن این فضاها، خوانایی و ... .

www.SID.ir

Archive of SID

- فضاهای زیرسطحی با خلاقیتهای هنری، معماری و طراحی شهری طراحی و احداث شوند. در این راستا کاربست بن‌مایه‌های معماری و شهرسازی بومی ایرانی اسلامی ضروری است.
- 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 امدادرسانی و مدیریت بحران در وقوع حوادث و حملات، کم شدن درجه ریسک و خطر را موجب خواهد شد.

- **الزامات پدافند غیرعامل و مدیریت بحران**:

- 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. فضاهای زیرسطحی، با رعایت مقررات مبحث ۲۱ پدافند غیرعامل، برای استفاده در سوانح و مواقع بحرانی، به‌طور انعطاف‌پذیر طراحی شوند.
- فضاهای زیرزمینی با حفظ هرآنچه در درون این فضاها قرار گیرد، باعث ارتقای حفاظت فردی و جمعی انسانها در پدیده‌های نامطلوب طبیعی و مصنوع و کاهش تلفات نیروی انسانی در این پدیده‌ها را باعث می‌شود.
- با توجه به اثبات علمی و عملی موضوع مقاومت بالای فضاهای زیرسطحی و تخریب کمتر این فضاها نسبت به فضاهای غیرزیرسطحی در زلزله و سایر بحرانهای طبیعی و مصنوع، می‌توان با انتقال بخشی از تاسیسات شهری به زیرزمین بویژه در مراکز شهری ، کاهش خسارت بر اماکن و تاسیسات شهری را بدست می‌آید.
-در توسعه زیرسطحی به بهره‌گیری از فناوریهای نوین در سیستم‌های اعلام هشدار، کنترل، تنظیم-دما، امنیت، ایمنی، ورود و خروج استفاده شود.
- 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 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 به طور بهینه مکانیابی و طراحی شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

۷-منابع و ماخذ:

۱. استرلینگ، ریموند. کارمودی، جان (۱۳۸۸) **طراحی فضاهای زیرزمینی**، ترجمه وحیدرضا ابراهیمی، نشر مرندیز، چاپ اول.

۲. باستیه، ژان (۱۳۷۷) **شهر**، ترجمه علی اشرفی، دانشگاه هنر، چاپ اول.

۳. بسنر، ژاک (۱۳۸۸) طراحی، توسعه و مدیریت فضاهای زیرزمینی در کانادا، ترجمه بهزاد اسکندر افشار و مژگان محمودی‌راد، وزارت مسکن و شهرسازی، **فصلنامه معماری و شهرسازی آبادی**، شماره ۶۳، صص: ۸۱-۷۶.

۴. بینا، محسن (۱۳۸۷). تجزیه و تحلیل اقلیمی شوادان‌ها در خانه‌های دزفول، دانشگاه تهران، تهران، **مجله‌هنرهای زیبا**، شماره ۲۳، صص: ۳۷-۴۶.

۵. رزاقی اصل، سینا. خاتمی، متین. امتی، مصطفی (۱۳۹۷). بازشناسی مولفه‌های موثر در زیست‌پذیری فضاهای امن زیرسطحی مبتنی بر رویکرد نظریه مبنایی، **فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت شهری**، شماره ۵۰، صص: ۱۴۴-۱۳۷.

۶. علی‌الحسابی، مهران، مولائی، اصغر (۱۳۹۲). ارتقای پایداری شهرهای بزرگ در برابر مخاطرات محیطی با استفاده از فضاهای زیرسطحی نمونه موردی: شهر تهران، **فصلنامه علمی و پژوهشی آمایش محیط**، شماره ۲۲، صص ۶۲-۳۹.

۷. خدابخشیان، مقدی. مفیدی شمیرانی، سیدمجید (۱۳۹۳) فضاهای زیرزمینی در معماری بومی اقلیم گرم و خشک ایران، **نشریه هویت شهر**، شماره هفدهم، صص: ۴۴-۳۵.

۸. مولائی، اصغر (۱۳۹۴) **توسعه فضاهای زیرسطحی با رویکردی به طراحی شهری**، تهران: انتشارات آرمانشهر، چاپ اول.

۹. مولائی، اصغر (۱۳۹۱). توسعه پایدار شهری با استفاده از فضاهای زیرسطحی مطالعه‌ی موردی: محدوده‌ی میدان تجریش تهران، **فصلنامه مهندسی تونل و فضاهای زیرسطحی**، دوره ۱، شماره ۱، صص: ۶۹-۸۸.

۱۰. مظفری، ابوالقاسم. هاشمی، سیامک. مولائی، اصغر (۱۳۹۳). ضرورتها، موانع و ملاحظات حقوقی و مالکیتی در فرایند توسعه فضاهای زیرسطحی شهری، **فصلنامه مهندسی تونل و فضاهای زیرسطحی**، دوره ۳، شماره ۲، صص: ۱۳۱-۱۱۹.

۱۱. هاشمی، سیامک (۱۳۹۲) **درخشش تمدن در اعماق زمین مروری بر سازهای زیرزمینی ایران از گذشته تا کنون**، تهران، انجمن تونل ایران، انتشارات شادرنگ، چاپ اول.

۱۲. نصراصفهانی، رضا. صفاری، بابک. بشیری، مجید (۱۳۹۷). تعیین کاربری بهینه فضای زیرزمینی شهری (خیابانهای منتخب شهر اصفهان)، **فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری**، شماره بیست و دوم، صص: ۱۱۰-۹۵.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Astore, Giuseppe (2009) Bologna Metro Line 1: Underground Station in a Complex Area. Accessible on http://www.ctta.org
14. Bobylev, Nikolay (2009) "Mainstreaming sustainable development into a city's Master plan: A case of Urban Underground Space use". **Land Use Policy**.Vol.26, pp. 1128–1137
15. Be´langer, Pierre (2007) "Underground landscape: The urbanism and infrastructure of Torontos downtown pedestrian network". **Tunneling and Underground Space Technology**22. Pp272-292.
16. Evans,D. Stephenson,M., Shaw, R. (2009) "The present and future use of 'land' below ground". **Land Use Policy**. 26S. S302–S316.
17. Gamayunova, Olga. Gumerova, Eliza (2016) "Solutions to the urban problems by using of underground space." 15th International scientific conference "Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development". **Procedia Engineering** 165 (2016) 1637 – 1642
18. Golany, Gideon& Ojima, Toshio. (1996) **Geo-Space urban design**. John Wiley. 1th edition.
19. Admiraal, Han. Narang Suri, Shipra (2015**). Think Deep: Planning, development and use of underground space in cities**. ISOCARP and ITA/ITACUS. Netherlands Printed. ISBN: 978-94-90354-34-3. Accessible on https://isocarp.org.
20. Nishida, Y. Uchiyama, N. (1993) "Japan's Use of Underground Space in Urban Development and Redevelopment." **Tunneling and Underground Space Technology,** Vol. 8 No. I. 1993, pp. 4 l-45.
21. Parriaux, A. Blunier, P. Maire,P Tacher, L. (2007) T**he Urban Underground in the Deep City Project: for Construction but not only**. ACUUS meeting of Cape Sounion insummer.
22. Takasaki,H. Chikahisa,H .Yuasa ,Y. (2000) **Planning and Mapping of Subsurface Space in Japan**. Tunneling and Underground Space Technology. Vol. 15, No. 3. pp. 287-301.
23. Godard, Jean-Paul (2004) **Urban Underground Space and Benefits of Going Underground. Past Vice-President**. ITA. France. World Tunnel Congress 2004 and 30th ITA General Assembly. Singapore.
24. **Miyake, N. Denda, N. (1993)** Utilization of underground spaces in urban areas: "Urban geo-grid." **Plan Engineering Geology**. 35, pp 175-181.
25. Takasaki,H. Chikahisa,H .Yuasa ,Y, (2000) "Planning and Mapping of Subsurface Space in Japan." **Tunneling and Underground Space Technology**, Vol. 15, No. 3, 2000. pp. 287-301.
26. U. Lindblom, L. Green and G. Manell (1995) Sweden's national library goes underground, "T**unnelling and Underground Space Technology**." Volume 10, Issue 2, PP 149-154, Published by Elsevier Science Ltd.
27. Zhang,P . Chen, Z. Yang, H. Wang, H. (2009) "on utilization of underground space to protect historical relic's model." **Tunneling and Underground Space Technology**, Vol.24, PP 245–249.
28. W.Parker, Henry (2004) "Underground Space: Good for Sustainable Development, and Vice Versa," **International Tunneling Association (ITA) Open Session**, World Tunnel Congress. Singapore, Available online at http://www.ita-aites.org.
29. Zaini, Farah. Hussin, K. Raid, M.M. (2017) "Legal considerations for urban underground space development in Malaysia." Underground Space. Volume 2, (2017) 234–245.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Zaini, Farah bt. Hussin, Khadijah bt. Arrifin, Arfaliza bt. Ali, Nurlaila bt (2012) "The Future Use of Underground Space in Malaysia: A Literature Review," **International Journal of Real Estate Studies**, Volume 7, Number 2.

31. http://www.csueus.com (at ۲۲:۰۰, ۱۹.10.2010)

32. http://www.ita-iteas.com(at ۲۲:۰۰, 21.10.2010)

www.SID.ir