نشریه‌ی مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی
TUNNELING & UNDERGROUND SPACE ENGINEERING (TUSE)
http://tuse.shahroodut.ac.ir/
دوره‌ی ۱- شماره‌ی ۱/زمستان ۱۳۹۱

توسعه‌ی پایدار شهری با استفاده از فضاهای زیرسطحی- مطالعه‌ی موردی: محدوده‌ی میدان تجریش تهران

اصغر مولایی*
دانش‌آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد طراحی شهری؛ دانشکده‌ی مهندسی معماری و شهرسازی؛ دانشگاه علم و صنعت ایران

دریافت دست‌نوشته: ۱۳۹۱/۰۸/۰۳؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

واژگان کلیدی
طراحی شهری
حیات زیرسطحی
میدان تجریش
تحلیل سوات (SWOT)
حمل و نقل زیرزمینی
سطح مداخله‌ای /

چکیده
توسعه‌ی پایدار شهری با رویکرد استفاده از فضاهای زیرسطحی یکی از رهیافت‌های نوین در زمینه‌ی شهرسازی است. این رویکرد ضمن استفاده از قابلیت‌های مثبت فضاهای زیرسطحی تلاش می‌کند تا مسایل و مشکلات شهرها از قبیل کمبود فضا، مسایل حمل و نقل و زیست‌محیطی را حل نماید. هدف این مقاله، مطالعه‌ی فضاهای زیرسطحی، جنبه‌ها و فواید استفاده از این فضاها از دیدگاه توسعه‌ی پایدار شهری با روش تحقیق توصیفی- تحلیلی و بررسی موردی نمونه‌ها است. پس از طرح مساله و اهمیت آن، به تبیین مفهوم توسعه‌ی پایدار و ویژگی‌های فضاهای زیرزمینی پرداخته شده است. در مطالعه‌ی موردی، محدوده‌ی میدان تجریش تهران، با زمینه‌ها و عناصر طبیعی، تاریخی، فرهنگی و اجتماعی و همچنین مسایل متعدد در ابعاد ترافیکی، زیست‌محیطی و فضایی بررسی شده است. در این پژوهش توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش به صورت ترکیبی از توسعه‌های نقطه‌ای و خطی پیشنهاد شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که توسعه‌ی فضاهای زیرزمینی با رعایت اصول پایداری می‌تواند در حل مسایل شهری بویژه در شهرهای بزرگ و مراکز متراکم آن‌ها موثر واقع شود.

۱- مقدمه

زندگی راحت و ایمن رویای دایمی انسان است. برای تحقق این رویا، فضای مناسبی برای سکونت و کار و همچنین عملکردهای گوناگونی همچون تامین و ذخیره‌ی انرژی و حمل و نقل ضروری است. اما فضای مناسب برای تحقق این نیازها در بسیاری از مناطق جهان با مشکلاتی مانند کمبود فضا در مراکز متراکم شهری، ازدحام و شلوغی بیش از حد، آلودگی صوتی، آب و هوا و اقلیم ناسازگار روبرو است. پیشرفت‌های اخیر علمی و فنی سازندگان را قادر ساخته است تا بر موانع همیشگی در برابر ساخت و سازهای زیرزمینی غلبه نمایند. رشد گسترده‌ی تمدن بشری در مقیاس جهانی، اثر چشمگیری بر نحوه‌ی زندگی بشر داشته است. در حالی که جمعیت کره‌ی زمین در حال افزایش است و کشورها در جستجوی استانداردهای بهتری برای زندگی هستند. در واقع باید خوراک، انرژی و منابع معدنی بیش‌تری برای حمایت از این رشد فزاینده فراهم شود. این قضیه متاثر از سه روند عمده‌ی ذیل است:

۱- تبدیل زمین‌های کشاورزی به ساختارهای شهری
۲- افزایش جمعیت شهرنشینی در جهان
۳- گسترش نگرانی در مورد حفاظت از محیط زیست

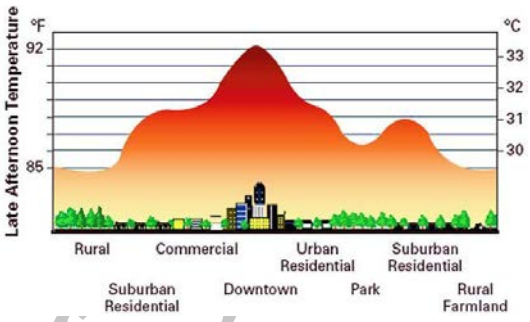
استفاده از فضای زیرسطحی فرصت‌هایی ارایه می‌دهد که به اصلاح و بهبود این سه روند کمک می‌نماید [۱].

امروزه شهرهای بزرگ با مشکلات متعددی از قبیل کمبود فضا، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مسایل ترافیکی، الزامات امنیتی و نیاز روزافزون به گسترش زیرساخت‌ها روبرو هستند. توسعه‌ی نامتوازن شهرها، بویژه در مراکز

* تهران؛ نارمک؛ دانشگاه علم و صنعت ایران؛ دانشکده‌ی مهندسی معماری و شهرسازی؛ گروه شهرسازی؛ کدپستی: ۱۳۱۱۴-۱۶۸۴۶؛ رایانامه: molaei.2488@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

آن‌ها، دمای فضاهای شهری را تغییر داده و آسایش اقلیمی و پایداری را در مراکز شهرها تضعیف نموده است. **شکل ۱**، جزیره‌ی گرمایی در مرکز شهر و میزان دمای مناطق مختلف را در شهرهای بزرگ نمایش می‌دهد. در حرکت از حومه‌ها به سمت مرکز شهر دمای هوا و در نتیجه میزان مصرف انرژی برای تولید سرمایش بیش‌تر می‌شود.



شکل ۱- مقطع شماتیک جزیره‌ی گرمایی در شهر [2]

در کنار این مسایل، تجارب انسان در دوره‌های گذشته و معاصر و قابلیت‌های بومی و محیطی نیز قابل توجه است. از جمله‌ی این تجارب، استفاده از عمق زمین و فضاهای زیرزمینی در بناهای خصوصی و عمومی ایران و جهان است. در کشورهای دیگر مانند کشورهای آمریکای شمالی، کشورهای اروپایی نظیر نروژ، سوئد، فنلاند و کشورهای آسیای شرقی بویژه ژاپن و چین در دوران گذشته و معاصر، استفاده‌های وسیعی از فضاهای زیرسطحی شده است. فضاهای زیرزمینی مزایای قابل توجهی نسبت به فضاهای سطحی دارند. حفاظت در برابر شرایط نامطلوب اقلیمی مانند بارش‌های جوی، طوفان و تابش شدید آفتاب از مهم‌ترین نکات مثبت ساختمان‌های زیرزمینی محسوب می‌شوند [۳].

با چنین باوری این مقاله تلاش می‌کند تا با تبیین مفهوم فضاهای زیرزمینی، ابعاد مختلف این فضاها و نقش و جایگاه آن را در توسعه‌ی پایدار شهری بویژه در رابطه با مصرف انرژی بررسی نماید. بنابراین با طرح این مساله، سوال اصلی تحقیق عبارت است از: مفهوم فضای زیرزمینی و توسعه‌ی زیرسطحی چیست و روابط آن با رویکرد توسعه‌ی پایدار کدام است؟ در این مقاله ابتدا به بررسی مفهوم توسعه‌ی پایدار، مفهوم فضای زیرسطحی، تاریخچه و انواع آن پرداخته می‌شود. سپس ضمن تجزیه و تحلیل فلسفه‌ی استفاده از فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته و معاصر ویژگی‌های این فضاها از دیدگاه پایداری تحلیل شده و در پایان ضمن مطالعه‌ی موردی توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش تهران، اصول و راهکارهای کلی پیشنهادی برای شرایط موجود مراکز متراکم و شلوغ شهرهای بزرگ ارایه می‌شود.

۲- توسعه‌ی پایدار شهری

یکی از مهم‌ترین رویکردهای پیش روی معماری و شهرگرایی معاصر، رویکرد پایداری و توسعه‌ی پایدار شهری است. واژه‌ی «توسعه‌ی پایدار» پس از بحران نفتی سال ۱۹۷۳ بسیار به کار رفته است. نقطه‌ی اوج بحث‌های توسعه‌ی پایدار در سال ۱۹۹۲ در کنفرانس جهانی توسعه‌ی پایدار، معروف به اجلاس زمین در شهر ریودوژانیروی برزیل بوده است که بعدها به اجلاس ریو (*Rio Summit*) مشهور شد. در این اجلاس قطعنامه‌های راهبردی برای توسعه‌ی پایدار کشورهای جهان صادر شد و کشورهای جهان ملزم به پیروی از این قطعنامه شدند. مهم‌ترین تعریف توسعه‌ی پایدار در همایش ریو بدین قرار است: «توسعه‌ای که نیازهای کنونی بشر را بدون به مخاطره افکندن نیازهای نسل‌های آینده برآورده ساخته و در آن به محیط زیست و نسل‌های فردا نیز توجه شود». توجه به زمینه‌های اجتماعی- فرهنگی، ویژگی‌های بومی و تجربیات گذشته و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدشونده و پرهیز از بکارگیری انرژی‌های تجدیدناپذیر از اصول توسعه‌ی پایدار هستند [۴].

سازمان ملل نیز در گزارشی با نام آینده‌ی مشترکمان توسعه‌ی پایدار را این‌چنین تعریف می‌نماید: «گسترش و ترویج فعالیت‌هایی که نیازهای امروزی بشر را تامین کند بی‌آنکه قابلیت‌ها و توانایی‌های طبیعت را برای نسل‌های آینده با مشکل مواجه نماید» [۵]. به عقیده‌ی بزعم لمن (*Leman*)، قرن بیست و یکم با بحث جدال‌برانگیز توسعه‌ی پایدار بویژه توسعه‌ی پایدار شهری مواجه خواهد بود. وی شهرها را موتور و مرکز توسعه‌ی جوامع می‌نامد. بیش‌ترین تخریب‌های زیست‌محیطی در شهرها اتفاق می‌افتد و از سوی دیگر، موثرترین راه‌های ارتقای زیست‌محیطی می‌تواند در شهرها به اجرا در آید. بانک جهانی نیز چنین اظهار می‌دارد: «بدون حفاظت مناسب و کافی از محیط زیست،

Archive of SID

www.SID.ir

توسعه به نتیجه نخواهد رسید و بدون توسعه، حفاظت از محیط زیست با شکست مواجه خواهد شد». توسعه‌ی پایدار دارای ابعاد و سطوح مختلفی به شرح ذیل است:

۱- اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ...
۲- زیست‌محیطی
۳- بین‌المللی، ملی، محلی و ...

در این رابطه، شهر پایدار شهری است که در آن بهبود در عدالت اجتماعی، تنوع و امکان زندگی با کیفیت مطلوب تحقق یابد. فرم پایدار شهری نیز فرمی است که در آن منابع کمتری از جمله انرژی مصرف شود، شبکه‌های شهری کارا و رقابتی بوده و قابلیت بالا برای زندگی انسان را دارا باشد [۶].

توسعه بر مبنای کارایی انرژی (*Energy-Efficient Development*)، رویکردی با هدف ارتقای اقتصادی، زیست‌محیطی و بهداشت عمومی جامعه از راه بکارگیری بهینه‌ی منابع انرژی و الگوهای جدید توسعه بر مبنای بازدهی انرژی در جامعه است. این رویکرد پنج دستورالعمل را در این راستا توصیه می‌نماید:

۱- مصرف پایدار منابع انرژی
۲- فرم و عملکرد بافت بوم‌شناختی
۳- مدیریت منابع مبتنی بر اجتماع محلی
۴- کاربری بهینه‌ی زمین
۵- عدالت اجتماعی و رونق اقتصادی

این پنج اصل بر روی هم مفهوم واحدی را از طراحی مبتنی بر بازدهی انرژی بیان می‌کنند. برنامه‌ریزی و طراحی باید تا بیش‌ترین حدی که ممکن است، پیروی از طبیعت و بکارگیری سامانه‌های طبیعی همچون باد، جریان آب و نور خورشید را در نظر گیرد. طراحی راهبردی و موفق، با این سامانه‌های طبیعی می‌تواند از مصرف انرژی متاثر از سامانه‌های مصنوعی به میزان بسیار زیادی بکاهد [۷].

۳- تعاریف پایه

فضای زیرزمینی در کشورهای مختلف با تعاریف گسترده‌ای به کار رفته است که در زیر به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

۳-۱- فضای زیرزمینی

در توصیف، فضایی است که از گذشته‌های دور تا دوران معاصر با اهداف گوناگون اقلیمی، امنیتی، اقتصادی و حفاظتی بکار برده شده است؛ به طوریکه تمام یا قسمتی از آن در زیر زمین و در تراز پایین‌تر از همکف قرار گیرد [۸].

۳-۲- فضاهای زیرسطحی

فضای زیرسطحی به فضاهای شهری همگانی اطلاق می‌شود که در ترازهای پایین‌تر زمین طراحی و ساخته می‌شود. چنین فضایی باید دارای کیفیت‌های فضاهای شهری یعنی هویت و خوانایی، پایداری و سرزندگی، ایمنی و امنیت، کارایی و تنوع، پیاده‌مداری و سهولت دسترسی، پیوستگی و یکپارچگی و تناسبات بصری باشد [۸].

۴- طبقه‌بندی فضاهای زیرزمینی

استرلینگ در سال ۱۹۹۳، فضاهای زیرزمینی را بر مبنای اصول زیر طبقه‌بندی می‌کند [۱].

۱- عملکردی (مسکونی، غیرمسکونی، زیرساختی و نظامی)
۲- هندسی (نوع فضا، میزان گشودگی‌ها، ارتباط با سطح، عمق، ابعاد و مقیاس پروژه)
۳- مبدا (طبیعی، معدنی، بکاربری مجدد پس از اتمام کاربری قبلی)
۴- خصوصیات سایت (جغرافیا، اقلیم، کاربری زمین، شرایط زمین و ارتباطات ساختمان)
۵- ویژگی‌های پروژه (منطق پروژه، طراحی و ساخت)

گیدئون گولانی (*Gideon Golany*) فضاهای زیرزمینی را در پنج دسته طبقه‌بندی می‌کند **[9]**.

- *Earth-Sheltered Habitat*

این نوع فضا، به نوعی مسکن در ایالات متحده اطلاق می‌شود که روی سطح زمین بوده و با لایه‌ای به ضخامت نیم متر خاک حفاظت می‌شود. این روش پاسخی به مصرف بالای انرژی برای سرمایش و گرمایش بخصوص در اقلیم‌های ناسازگار است (**جدول ۱-الف و ب**).

- *Semi Belowground*

نوعی مسکن زیرزمینی است که قسمتی از آن در زیرزمین و قسمتی از آن روی سطح زمین قرار گرفته است. این نوع مسکن معمولی‌ترین نمونه‌ی به کار رفته در روستاهای چین، ژاپن، جنوب تونس و کلبه‌های زمستانی اسکیموها و سایر مناطق است. این فرم هنوز هم در روستاهای آفریقایی استفاده می‌شود (**جدول ۱-پ، ت و ث**).

- *Subsurface House*

این نوع خانه‌ها با الگوی حیاط مرکزی، دارای عمق کمی بین سقف خانه تا سطح زمین (در حدود نیم متر) بوده و در

Archive of SID
www.SID.ir

زمان‌های گذشته توسط رومی‌ها در شهرهای مستعمره‌ای در شمال تونس استفاده می‌شده است (**جدول ۱-ج**).

- *Below Ground*

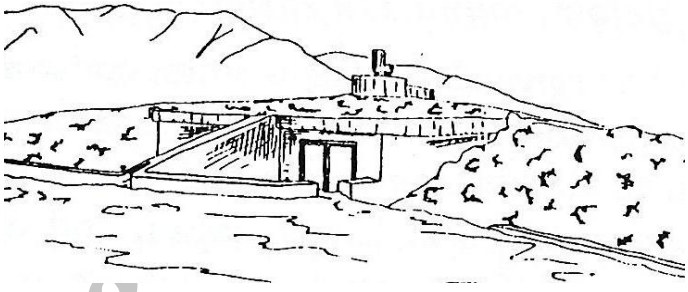
این نوع فضا، معمول‌ترین فرم فضای زیرزمینی استفاده شده در سراسر تاریخ بوده است. عمق این فضاها معقول و مناسب بوده (در حدود ۳ متر از سقف تا سطح زمین) و به این دلیل فضای زیرزمینی، به روش *cut-and-use* خلق می‌شده است. در این روش، نیازی به استفاده از مصالح ساختمانی نیست (**جدول ۱-چ، ح و خ**).

- *Geo-Space*

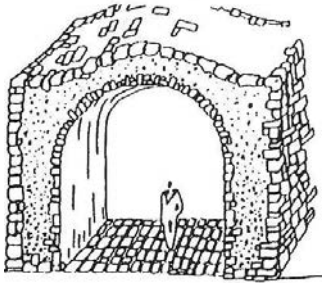
عنوانی برای فضاهای زیرزمینی معاصر است که توسط ژاپنی‌ها برای فضاهایی به کار می‌رود که کاملاً در عمق زمین قرار گرفته‌اند. این فضاها دارای کاربردهای متنوع مانند تجاری و حمل و نقل هستند (**جدول ۱-د و ذ**).

علاوه بر این موارد، زیر زمین به عنوان منبع فضا برای ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری، مصالح حفاری شده، آب و انرژی‌های زیرزمینی نیز می‌تواند محسوب شود (**شکل ۲**) و **[10]**. در مجموع یک فضای زیرزمینی از دیده‌ها پنهان است و توانایی پنهان کردن پدیده‌ها را دارد. به طور کلی ویژگی‌ها و قابلیت‌های مهم فضاهای زیرزمینی در **جدول ۲** آورده شده است **[11]**.

جدول ۱- طبقه‌بندی فضاهای زیرزمینی از دیدگاه گیدئون گولانی [9]

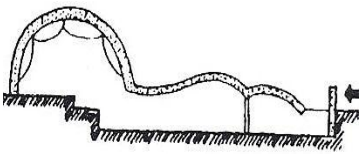


الف- مساکن قرار گرفته در دل زمین

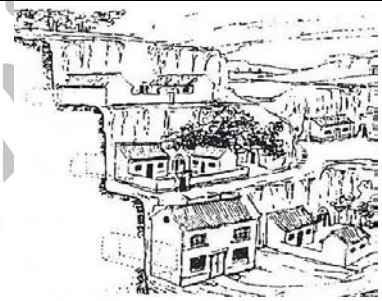


ب- مساکن بومیان اورشلیم

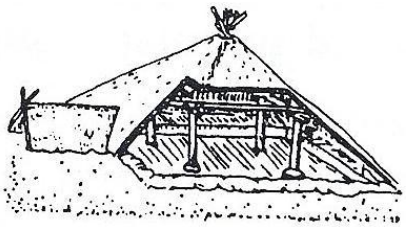
Earth-Sheltered Habitat



پ-کلبه (اسکیمویی)

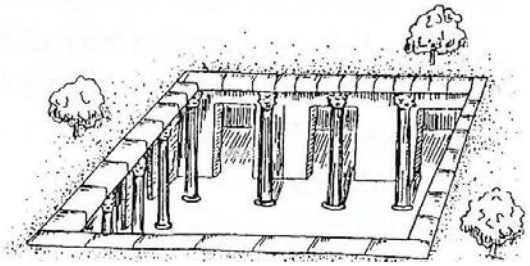


ت- مساکن پله‌ای مدیترانه‌ای



ث- مساکن نئولتیک (چین و ژاپن)

Semi Belowground

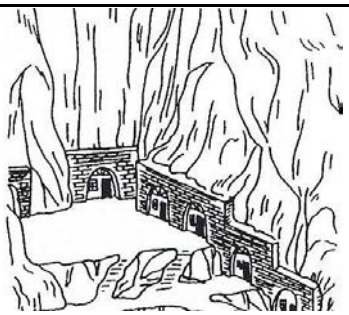


ج- ویلای تابستانی رومی‌ها

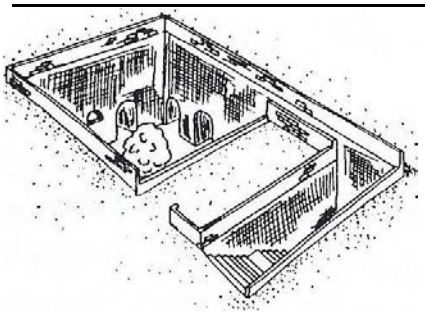
Subsurface House

www.SID.ir

چ- نوع آشیانه‌ای

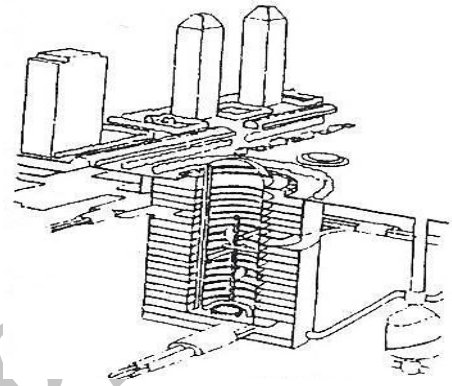


ح- نوع صخره‌ای

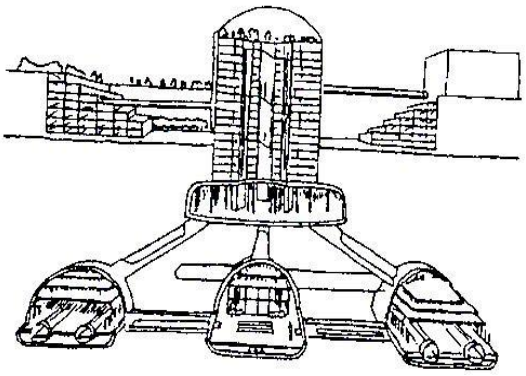


خ-نوع حیاط مرکزی (سبک تونسی و چینی)

Below Ground

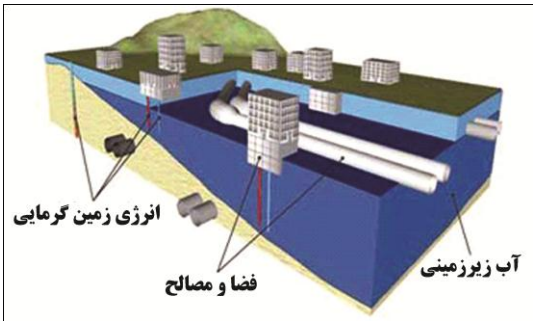


د- مراکز خرید و سکونت زیرزمینی



ذ- زیرساخت‌ها: حمل و نقل زیرزمینی و خطوط مترو

Geo-Space



شکل ۲- منابع مهم زیرزمین: آب، فضا، مصالح و انرژی [10]

۵- سوابق فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته

فضاهای زیرسطحی در دوران گذشته، عمدتاً به دلایل اقلیمی و امنیتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. شهرها و روستاهایی که تمام یا درصدی از آن‌ها در زیرزمین یا زیر صخره‌ها قرار دارند مانند شهرهای زیرزمینی کاپادوکیای ترکیه و اویی نوش‌آباد کاشان، نمونه‌های از این مجتمع‌های زیستی زیرزمینی هستند. کلیساها و محل‌های دفن شهدای دوران صدر مسیحیت در اروپا، روستاهای زیرزمینی شمال چین و سیلوهای زیرزمینی چین و تونس موارد ارزشمند دیگری هستند. در ایران، فضاهای معماری مانند گودال باغچه‌ها در شهرهای کویری، شوادان در شهرهای گرم و مرطوب مانند شوش و دزفول، کاریزها و آب‌انبارها از نمونه‌های برجسته به شمار می‌آیند (**جدول ۳**) و [۸].

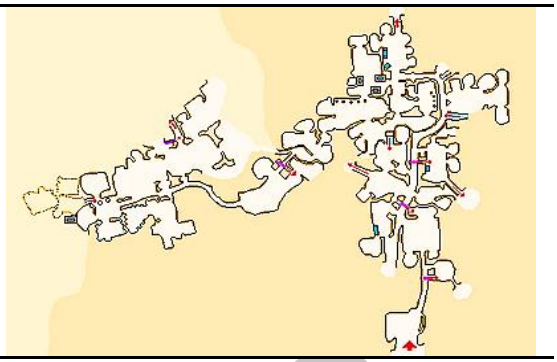
جدول ۲- قابلیت‌های ذاتی فضاهای زیرزمینی [۸]

۱	محلی برای پنهان شدن، پنهان کردن و اختفا
۲	منبع فضا برای جایدهی اجسام یا کاربری‌های مورد نیاز
۳	حفاظت (انسان و دارایی‌هایش، نگهداری مواد و غذا)
۴	منبع مواد و مصالح (استخراج و نگهداری منابع)
۵	منبع انرژی زمین‌گرمایی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۶	منبع آب زیرزمینی (نگهداری، انتقال و استخراج)
۷	ثبات دمایی و تعادل محیطی
۸	پایداری فیزیکی و کالبدی (در برابر زلزله، ارتعاش و طوفان)

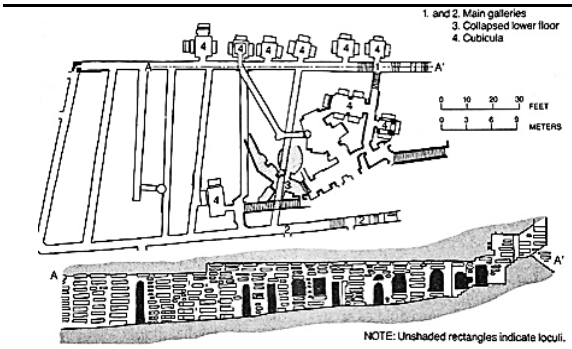
Archive of SID

www.SID.ir

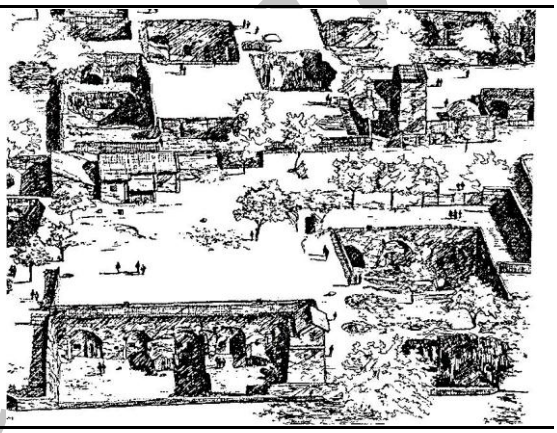
جدول ۳- انواع فضاهای زیرزمینی در دوره‌های گذشته‌ی ایران و جهان [۸]



الف- شهر زیرزمینی کایماکلی،کاپادوکیای ترکیه

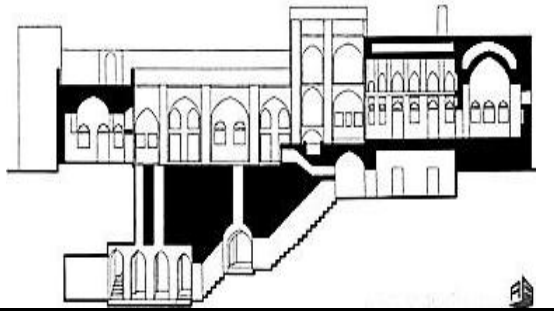


ب- مقبره‌های دخمه‌ای صدر مسیحیت

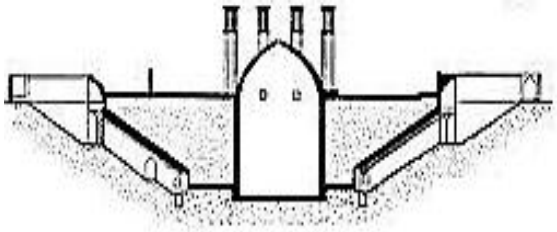


پ- روستاهای زیرزمینی چین

ت- شهر زیرزمینی اویی، نوش‌آباد کاشان



ث- شوادان: خانه‌های زیرزمینی دزفول



ج- آب‌انبارهای ایرانی

۶- توسعه‌ی فضاهای زیرسطحی شهری در دوران معاصر

از انقلاب صنعتی به بعد، با ظهور فناوری‌ها و پیشرفت‌های فنی امکان غلبه بر طبیعت روز به روز بیش‌تر شده است. ازدیاد جمعیت، رشد بی‌رویه‌ی شهرها، احداث ساختمان‌های بلند، گسترش شبکه‌های حمل و نقل، نیاز به ارتباطات و حمل و نقل سریع‌السیر و سایر تحولات صنعتی، زمینه‌ساز دگرگونی شهرها شدند. افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، اغلب افزایش عمق آن‌ها را در پی داشته و توسعه‌ی حمل و نقل بویژه از نوع ریلی با ساخت ایستگاه‌های زیرزمینی و تونل‌ها همراه بوده است. بطور کلی دلایل توسعه‌ی زیرزمینی در دوره‌ی معاصر به شرح زیر است:

۱- ایجاد محیطی امن در شرایط نامساعد اقلیمی

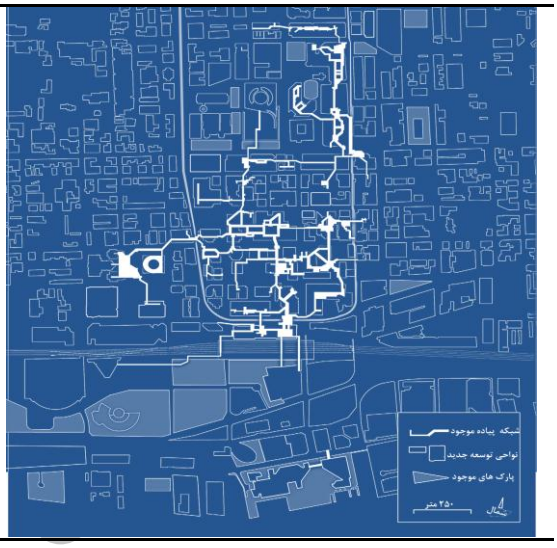
۲- توسعه یا حل مسایل حمل و نقل شهری

www.SID.ir

۳- کمک به پایداری محیط زیست
۴- افزایش بهره‌وری از ارزش اقتصادی زمین
۵- تامین نیازهای فضایی و عملکردی
۶- ایجاد محیطی ایمن در سوانح و مواقع بحرانی

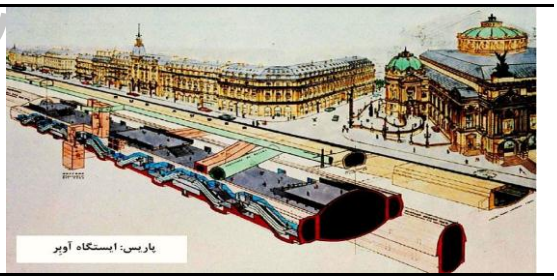
توسعه‌ی زیرسطحی شهری در این پژوهش، به مفهوم بهره‌گیری از قابلیت‌های ترازهای زیرین زمین برای تامین نیازها و پاسخ به تقاضاهایی یک شهر مدرن و مراکز آن است (**جدول ۴**) و [۸].

جدول ۴- انواع فضاهای زیرسطحی در دوره‌ی معاصر [۸]

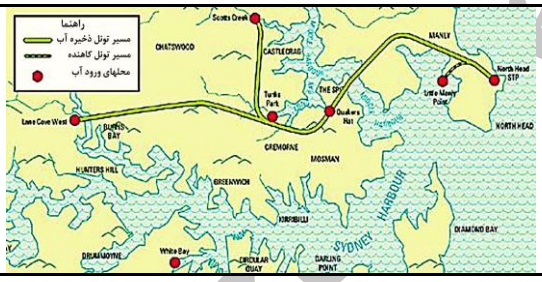


الف- شبکه‌ی زیرسطحی تورنتو

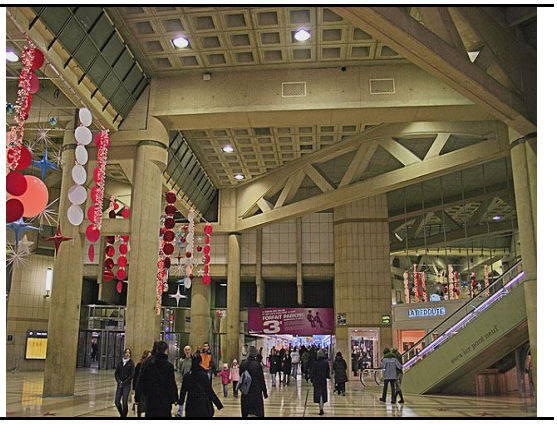
ب- مجموعه‌ی زیرزمینی شنای ایتاکسکوس، هلسینکی



پ- ایستگاه آوبر: شبکه‌ی قطارهای سریع‌السیر منطقه‌ای R.E.R



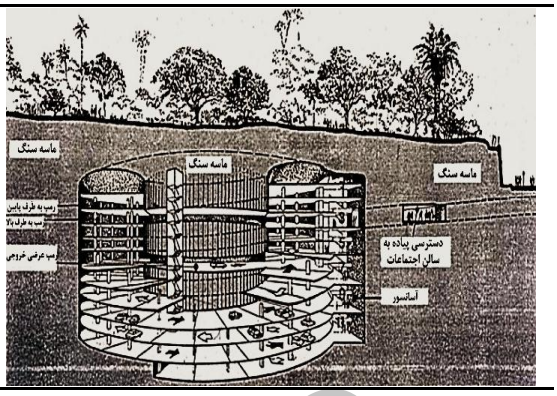
ت- تونل کنترل سیلاب نورث‌ساید، سیدنی



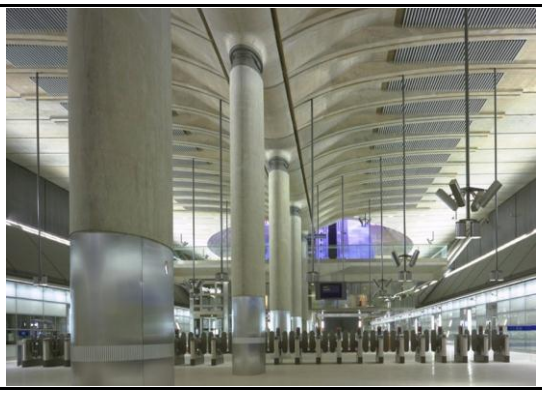
ث- مجموعه‌ی تجاری لس‌هالس، پاریس

ج- تونل تراموای زیرزمینی هاگ، هلند

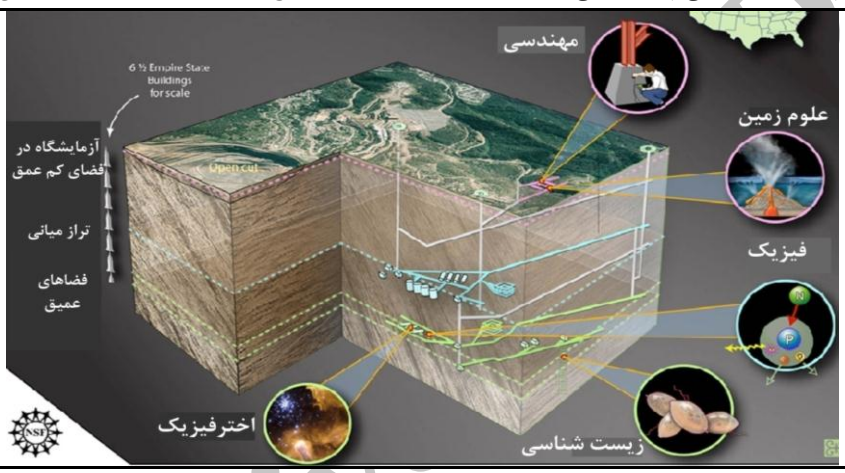
www.SID.ir



چ- پارکینگ زیرزمینی اپرای سیدنی



ح- ایستگاه مترو کاناری‌وارف، لندن



خ- آزمایشگاه علوم و مهندسی زیرزمینی (DUSEL)، آمریکا

۷- ویژگی‌های فضاهای زیرزمینی از دیدگاه توسعه‌ی پایدار

فضاهای زیرسطحی محاسن و مزایای قابل توجهی در ابعاد گوناگون دارند. در ادامه به مهم‌ترین این مزایا اشاره می‌شود.

۷-۱- سلامتی

فضاهای زیرزمینی با تامین دمای محیطی مطلوب نقش مثبتی در ارتقا آرامش و سرزندگی روحی و کاهش اضطراب ایفا می‌نمایند. این فضاها با جدا بودن از فضای بیرونی، آشفتگی و اغتشاش بصری و شنوایی را به حداقل می‌رسانند. بر اساس تحقیقات دانشگاه مینه‌سوتا (*Minnesota*) دوره‌ی بهبود بعد از عمل جراحی در فضاهای زیرزمینی تا حدود ۲۰ درصد کاهش می‌یابد **[9]**.

۷-۲- آب و هوا

در اکثر مناطق جهان، دمای خاک و سنگ در اعماق پایین‌تر، محیط حرارتی متعادل و باثباتی را در مقایسه با حداکثر اختلاف درجه حرارت سطح نشان می‌دهد. دمای متعادل و باثبات زیرزمین- با نوسانات اندک دمایی- زمینه‌ی مناسبی برای حفظ انرژی و ذخیره‌ی آن فراهم می‌نماید. میزان انرژی ذخیره شده به حجم فضای زیرزمینی، عمق فضا، فرم فضا، چگونگی ارتباط با بیرون و ویژگی‌های زمین‌شناسی بستگی دارد **[12]**. به بیان دیگر، جرم حرارتی زمین، سیکل نوسانات درجه حرارت سالانه را تعدیل می‌کند و به تاخیر می‌اندازد [۳].

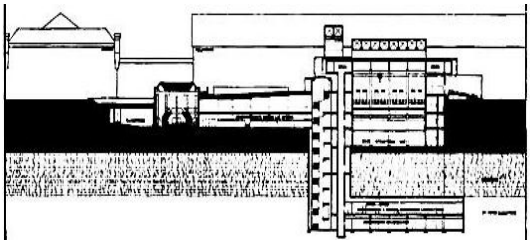
در فضای زیرزمینی، در زمستان با کاهش جریان هوای خارج، کاهش نفوذ هوا و کاهش جریان هدایتی گرما از اتلاف حرارت جلوگیری می‌شود. این فضاها در تابستان نیز با کاهش جریان هدایت گرما، کاهش نفوذ هوا و کاهش جذب حرارت از خورشید و استفاده از برودت زمین به تعادل دمایی و آسایش اقلیمی کمک می‌نماید [۳].

www.SID.ir

در اقلیم‌های سرد، دفع حرارت از جدار بیرونی ساختمان به علت مجاورت با هوای سرد کاهش می‌یابد. در اقلیم‌های گرم، از جذب حرارت در جدار بیرونی ساختمان به علت تابش مستقیم خورشید و همچنین مجاورت با هوای داغ جلوگیری می‌شود. همچنین به علت تماس با خاک، امکان خنک شدن نیز فراهم می‌شود. به بیان دیگر، نیاز به گرمایش و سرمایش مصنوعی در فصول سرد و گرم به علت ثبات حرارتی در این بناها بسیار کاهش می‌یابد [۳].

نتایج مشابهی نیز در تحقیق بر روی فضاهای زیرزمینی معاصر بدست آمده است. بر اساس تحقیق انجام شده در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو، دمای این فضاها در تابستان خنک‌تر و در زمستان گرم‌تر از بیرون است **[9]**. به عبارت دیگر شرایط اقلیمی در مراکز تجاری زیرزمینی ژاپنی نیز مانند نمونه‌های شوادان در ایران، به محدوده‌ی آسایش انسان نزدیک‌تر است. فضاهای زیرزمینی به دلیل ایزوله بودن، شرایط مناسبی و راحتی را در مقایسه با آب و هوای ناسازگار و نامطلوب بیرونی ایجاد کرده و تاثیر باد را به طور محسوسی می‌کاهد.

میشل بارکر (*Michael B. Barker*)، در تحقیقی درباره‌ی مصرف انرژی بر روی چهار ساختمان مهم زیرزمینی در ایالات متحده‌ی آمریکا به نتایج مهمی دست یافته است. نمونه‌ی اول، ساختمان دانشکده‌ی مهندسی عمران و معدن دانشگاه مینه‌سوتا است. این دانشکده در شهری با آب و هوای بسیار سرد احداث و در حدود ۹۵ درصد از حجم آن در زیرزمین واقع شده است. این مجموعه‌ی زیرزمینی با طراحی مناسب از نظر نورگیری و سطوح زیرزمینی، تقریباً به میزان یک‌سوم کمتر از ساختمان‌های مشابه سطحی، انرژی مصرف می‌کند. همچنین علاوه بر تامین فضای باز و سبز در سطح زمین، محیطی ایمن، مهیج و بی‌نظیری را برای دانشجویان و استادان فراهم می‌نماید (**شکل ۳**) و **[13]**.



شکل ۳- دانشکده‌ی معدن دانشگاه مینه‌سوتا [13]

نمونه‌ی دوم، ساختمان دفتر مرکزی شرکت *Pre-mix* در ناحیه‌ی اِسپوکان واشنگتن است. این شرکت از زیرزمین، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی به خوبی استفاده نموده است. در این ناحیه، دمای هوای بطور میانگین بین ۲۳ تا ۴۸ درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر است؛ درحالی‌که در فضاهای زیرزمینی این ساختمان، دمای هوا بدون بکارگیری سامانه‌های سرمایشی و گرمایشی در بازه‌ی ۵ تا ۱۶ درجه‌ی سانتی‌گراد متغیر است. مصرف انرژی در این مجموعه‌ی زیرزمینی به میزان ۵۰ درصد کمتر از ساختمان‌های روزمینی با ابعاد و عملکرد مشابه است (**شکل ۴**) و **[13]**.

شکل ۴- ساختمان دفتر مرکزی شرکت Pre-Mix [13]

نمونه‌ی سوم، ساختمان جدید تحقیقات حقوقی دانشگاه میشیگان است. این ساختمان به دلیل واقع شدن در حریم محدوده‌ی تاریخی (مربوط به دوره‌ی گوتیک) و حفظ زیبایی سایت در زیرزمین ساخته شده است. در این فضاها مصرف انرژی، تفاوت چندانی نسبت به شرایط مشابه سطح زمین ندارد. این امر می‌تواند بدلیل کاربرد مصالح شیشه‌ای و لعابی فراوان در سطوح داخلی فضاها باشد (**شکل ۵**) و **[13]**.

شکل ۵- ساختمان تحقیقات حقوق دانشگاه میشیگان [13]

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌ی چهارم، مدرسه‌ی ابتدایی جفرسون در واشنگتن است. این مدرسه در مجاورت محدوده‌ی مهم تاریخی و زیبای والاوالا (*Valavala*) قرار دارد و با هدف حفظ حریم تاریخی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در زیرزمین طراحی و ساخته شده است. تمامی جداره‌ها و بام این مجموعه با عایقی از جنس طبیعی پوشیده شده است. حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مورد نیاز این بنا برای تامین روشنایی مصنوعی مصرف می‌شود. قسمت‌های شیشه‌ای در سمت جنوبی این مجموعه در زمستان برای تامین گرما و روشنایی استفاده و در تابستان برای صرفه‌جویی ۳۰ درصدری در انرژی سرمایشی پوشانده می‌شود. بطور کلی این مجموعه، نسبت به ساختمان‌های مشابه روزمینی به ۷۰ درصد انرژی نیاز دارد. در حدود ۵۵ درصد انرژی مصرفی این ساختمان برای گرمایش و تهویه‌ی مطبوع، ۳۵ درصد برای روشنایی و ۱۰ درصد برای سایر موارد مانند تولید آب گرم بکار برده می‌شود **[13]**.

در برخی کشورها فضاهای زیرزمینی برای کشاورزی صنعتی، دفن زباله، انبار مواد غذایی، تاسیسات اداری و امنیتی، کاربریهای فرهنگی- ورزشی و به طور کلی برای زیرساخت‌های شهری با کارایی مناسب در اقلیم‌های ناسازگار بکار می‌رود **[13]**. به عنوان نمونه، سامانه‌ی ذخیره‌ی انرژی زمین‌گرمایی در استکهلم، ۶۵ درصد صرفه‌جویی انرژی معادل ۵۵۰۰۰ دلار صرفه‌ی اقتصادی در سال را برای این شهر به همراه دارد **[۸]**.

در نمونه‌های ایرانی نیز این امر قابل ملاحظه است. شوادان یک بنای زیرزمینی در ساختمان‌های سنتی دزفول است. شوادان با حفاری در دل زمین سخت در تابستان برای استراحت روزانه، نگهداری مواد خوراکی و نیازهای برودتی استفاده می‌شود. خنکای شوادان با دمایی در حدود ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در حالی که دمای خیابان‌های اطراف به ۵۴ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد، بسیار شگفت‌آور است. مقایسه‌ی دمای داخل و خارج شوادان در تابستان در چندین نمونه از آن، وجود نوسانات کم دما را نشان می‌دهد. همچنین دمای شوادان در تابستان علاوه بر دمای بیشینه، از دمای کمینه‌ی خارج نیز خنک‌تر است. نکته‌ی جالب توجه پایداری و ثبات دمایی شوادان است. نوسان دمای روزانه‌ی شوادان کمتر از نیم‌درجه است. در زمستان نیز دمای شوادان از بیشیه و کمینه‌ی دمای خارج بالاتر، پایدارتر و به محدوده‌ی آسایش حرارتی انسان نزدیک‌تر است **[۱۴]**.

۷-۳- شرایط نامساعد جوی

سازه‌های زیرزمینی در برابر گردبادها، تندبادها، توفان، صاعقه، تگرگ، و اکثر پدیده‌های طبیعی دیگر پایدار هستند. طراحی ساختمان‌ها در زیرزمین پاسخگوی بسیاری از نیازها و مشکلات مربوط به آب و هوا از قبیل پایداری در مقابل اثر رطوبت بر مواد و مصالح است **[9]**.

۷-۴- آتش‌سوزی

ساختمان‌های زیرسطحی به طور بالقوه در برابر آتش‌سوزی بیرونی محافظت می‌شوند. سطح زمین غیر قابل اشتعال بوده و عایقی بسیار مطلوب برای سازه‌ی زیرین خود محسوب می‌شود.

۷-۵- زلزله

به علت تشدید حرکات زمین در سطح، سازه‌های زیرسطحی نسبت به سازه‌های روزمینی تاثیرپذیری کمتری از زمین‌لرزه دارند و مقاوم‌تر هستند. به عنوان نمونه، فضاهای زیرسطحی در زمین‌لرزه‌های اخیر کوبا، سانفرانسیسکو و مکزیکوسیتی سالم مانده‌اند **[11]**.

۷-۶- ایمنی

فضاهای زیرزمینی در برابر آلودگی‌های صوتی، ارتعاش و نشت مواد رادیواکتیو ایمن هستند. مقدار کوچکی از لایه‌ی سطحی زمین مانعی بسیار موثر در پیشگیری از نفوذ سر و صدای فرودگاه‌ها و بزرگراه‌ها به داخل بناهای زیرزمینی است. میزان لرزش و ارتعاش ناشی از ترافیک جاده‌ها و بزرگراه‌ها، قطارها، ماشین‌آلات صنعتی و ساختمانی با افزایش عمق و فاصله با منبع آن به سرعت محو می‌شود. بسیاری از مواد رادیواکتیویته نیز که بر اثر انفجار بمب اتمی در هوا انتشار می‌یابند، با چند اینچ بتن، فولاد یا خاک جذب می‌شوند **[11]**.

فضای زیرسطحی، در مهار عواقب ناشی از پدیده‌ی تغییر اقلیم نیز می‌تواند به کار گرفته شود. به عنوان نمونه در کشورهای آسیای شرقی تغییرات آب و هوایی شدید، سبب افزایش تناوب وقوع سیلاب‌ها و بالا آمدن سطح آب دریا می‌شود. بنابراین بکارگیری تاسیسات زیرسطحی در مناطق در معرض سیلاب می‌تواند بسیار مفید باشد. تونل کوالالامپور (*SMART: Stormwater Management &*

Archive of SID

www.SID.ir

Road Tunnel) با کاربری مهار سیلاب‌های شهری از نمونه‌های موفق در این زمینه است (**شکل ۶**) و [۸].

۷-۷- توسعه‌ی زیرسطحی شهری و افزایش فضاهای سبز و حفاظت از محیط زیست

بکارگیری فضاهای زیرزمینی تاثیر بر طبیعت را به حداقل رسانده و با انتقال توقفگاه‌ها و انباری‌ها به زیرزمین و آزاد نمودن فضاهای سطحی برای ایجاد پارک‌ها و فضاهای سبز، محیطی آرامش‌بخش و خوشایند را به دور از آلودگی‌های جوی، صوتی و بصری را به ارمغان می‌آورد. وجود شبکه‌ی عابر پیاده‌ی ایمن، وسیع و مجزا از سواره با کاربری‌های متنوع مانند نمونه‌های موجود در تورنتو و مونترال از دیگر امتیازات فضاهای زیرزمینی به نفع انسان و محیط زیست است **[9]**.

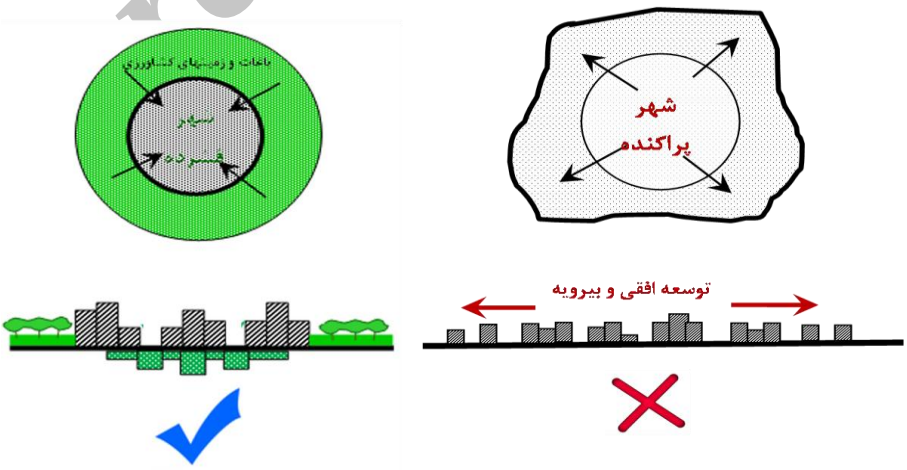
با توسعه‌ی زیرسطحی و انتقال بخشی از فعالیت‌ها و کاربری‌ها از جمله حمل و نقل سواره و ریلی به زیرزمین می‌توان تا حدودی به رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی، بصری و صوتی کمک نمود. برای نمونه می‌توان از تونل بیگ‌دیگ در بوستن آمریکا نام برد. این تونل با هدف حل مسایل ترافیکی و زیست‌محیطی احداث شده است. در نتیجه بیش از ۱۵۰ ایکر پارک و فضای سبز جدید برای شهر ایجاد شده و کاهش ۱۲ درصدی لایه‌های مونواکسیدکربن را به دنبال داشته است [۸]. پارکینگ زیرزمینی ویل کلرادو نیز نمونه‌ی موفق دیگری در این زمینه است. در زمین بالای پارکینگ، کاشت برخی گونه‌های گیاهی مجاز است **[15]**.

شکل ۶- تونل کوالالامپور [۸]

۸-۷- فضاهای زیرزمینی و حل مشکلات فضایی

توسعه‌ی زیرسطحی می‌تواند به فشردگی شهر کمک نماید. شهر فشرده با کوتاه کردن فاصله‌ی سفرهای شخصی، کاهش مصرف و اتلاف زمین، افزایش امکان‌پذیری بکارگیری سامانه‌های حمل و نقل همگانی و تاسیسات حرارتی و برقی مشترک، آسیب کمتری به محیط می‌رساند [۱۶]. به عبارت دیگر میان پایداری شهر و تراکم آن رابطه‌ای معناداری برقرار است. بنابراین توسعه‌ی سطوح زیرین شهر گزینه‌ای برای پایداری محیط زیست و شهر است (**شکل ۷**).

علاوه بر نقاط قوت ذکر شده، فضاهای زیرزمینی نقاط ضعفی نیز دارند که باید در فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای زیرسطحی به آن‌ها توجه و برای رفع آن‌ها تلاش شود. بطور کلی می‌توان نقاط قوت و ضعف فضاهای زیرسطحی را با رویکرد توسعه‌ی پایدار مطابق **جدول ۵** خلاصه نمود.



شکل ۷- مقایسه‌ی شهر پراکنده و شهر فشرده [۸]

www.SID.ir

جدول ۵- بررسی مزایا و کاستی‌های فضاهای زیرسطحی شهری [۸]

مزایا	کاستی‌ها
• ارتقای هویت و خوانایی فضاهای شهری از راه بهبود کیفیت‌های محیطی • کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، تامین آسایش اقلیمی، کاهش مصرف انرژی و جایدهی عناصر نامطلوب محیطی • افزایش بهره‌وری اقتصادی زمین • افزایش تنوع در گزینه‌های حمل و نقل عمومی و خصوصی، تامین پارکینگ برای اتومبیل‌ها و دوچرخه‌ها و برقراری ارتباط و دسترسی زیرسطحی • ارتقای امنیت از طریق جداسازی سواره و پیاده، استفاده در مواقع بحران به عنوان پناهگاه، پایداری مناسب در زمان وقوع زلزله و حفاظت از سرما و گرما • ارتقای کیفیت بصری با انتقال زیرساخت‌ها به زیرزمین، ایجاد مکان‌های جذاب و سرزنده، کمک به افزایش سطح سبز، جایدهی سواره و افزایش مطلوبیت فضایی • جا دادن زیرساخت‌های تجاری و تفریحی، پشتیبانی و تامین نیازمندی‌هایی مانند حمل و نقل عمومی، توقفگاه اتومبیل، جایدهی تاسیسات و تجهیزات شهری به ویژه کابل‌ها، لوله‌ها و تونل‌های تاسیساتی و افزایش تراکم و فشردگی • تقویت ارتباطات فضایی، اتصال به مبادی ورودی مراکز شهری، ایستگاه‌های مترو و اتوبوس، ساختمان‌های مهم تجاری و خدماتی از قبیل پارکینگ و هتل • انتقال و نگهداری تاسیسات و تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، انبارها و مخازن نفت و گاز، نیرو و مواد ضروری، کابل‌های مخابراتی و ارتباطی، نیروگاه‌های تامین انرژی، خطوط انتقال نیرو • کاهش محصوریت در فضاهای سطح زمین با افزایش تراکم در زیرزمین، آزادسازی فضا از سیطره‌ی سواره برای استفاده‌ی انسان‌ها و ایجاد فضاهای سبز	• تضعیف هویت و خوانایی در بافت‌های تاریخی، از بین بردن عناصر هویتی یا پی آن‌ها در زیرزمین • آسیب‌پذیری در برخی پدیده‌های تغییر اقلیم مانند سیل‌گیری در سیلاب‌های شهری • ایجاد مسیرها و گره‌های غیر پیاده‌مدار • ایجاد محیط‌های ناامن، مبهم و جرم‌خیز، اثرات نامطلوب روحی و روانی، آبگیری (سیل‌گیری)، کارایی ضعیف در مواقع آتش‌سوزی، ریزش لایه‌های سست و ناپایدار، تهویه‌ی نامناسب، وقوع فعالیت‌های جاسوسی، ماجراجویانه و عملیات تروریستی • انسداد بصری و محروم ماندن از درک جذابیت‌های بصری در فضاهای زیرسطحی • ایجاد فضاهای ناکارآمد از نظر دسترسی، تهویه و تردد و امکان از کارافتادن سامانه‌های تهویه و روشنایی • ایجاد محیط‌های مجزا، بسته، محصور و جزیره‌ای • ایجاد فضاهایی با مقیاس غیر انسانی و ابعاد و اندازه‌های مرعوب کننده • تضییع حقوق افراد و مالکان در توسعه‌ی فضاهای زیرسطحی • دشواری استفاده برای معلولان، کودکان و سالخوردگان

۸- محدوده‌ی میدان تجریش تهران

در گذشته، تهران بصورت خانه‌ها و غارهای زیرزمینی مسکونی بوده که در مواقع حمله‌ی دشمنان، مردم به این مکان‌ها پناه می‌بردند. همچنی تهران در روزگارانی متشکل از خانه‌های سردابی به صورت پراکنده و پیوسته در محل فعلی بافت قدیمی شهر بوده است. حمله‌ی اقوام مهاجم و نزدیکی به محل‌های آب از دلایل شکل‌گیری این سکونت‌گاه زیرزمینی بوده است (**شکل ۸**). امروزه تهران، از فضاهای زیرزمینی در توسعه‌ی خود به میزان کمتری بهره می‌برد. این استفاده بیش‌تر در بعد حمل و نقل و شامل شبکه‌ی مترو و زیرگذرهای سواره است. در سال‌های اخیر برنامه‌ریزی برای توسعه‌ی زیرسطحی تهران در دستور کار مدیران شهری قرار گرفته است. بر اساس طرح امکان‌سنجی توسعه‌ی حیات زیرسطحی تهران، ۷ پهنه‌ی مستعد توسعه‌ی زیرسطحی به شرح ذیل شناسایی و معرفی شده است:

۱- محدوده‌ی میدان هفت تیر، محور فتح و محدوده‌ی غربی آن: شمال ناحیه‌ی ۱ منطقه‌ی ۶ شهرداری تهران

۲- محور انقلاب و محدوده‌ی شمال آن: ناحیه‌ی ۲ منطقه‌ی ۶ شهرداری تهران

۳- محدوده‌ی بازار و تهران ناصری: نواحی ۲ و ۳ منطقه‌ی ۱۲ شهرداری تهران

۴- محدوده‌ی پارک‌سوار بیهقی: ناحیه‌ی ۵ منطقه‌ی ۶ شهرداری تهران

۵- محدوده‌ی میدان تجریش و اطراف آن: شمال ناحیه‌ی ۷ منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران

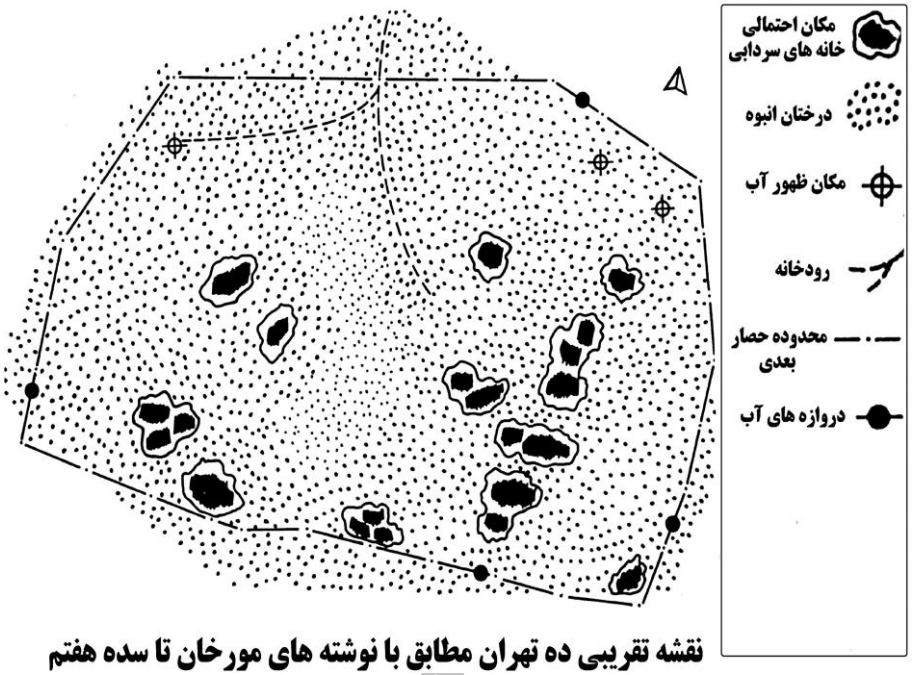
۶- محدوده‌ی میدان آزادی: ناحیه‌ی ۲ منطقه‌ی ۱ و ناحیه‌ی ۱ منطقه‌ی ۹ شهرداری تهران

۷- محدوده‌ی راه‌آهن و ترمینال جنوب: نواحی ۱ و ۶ منطقه‌ی ۱۶ شهرداری تهران

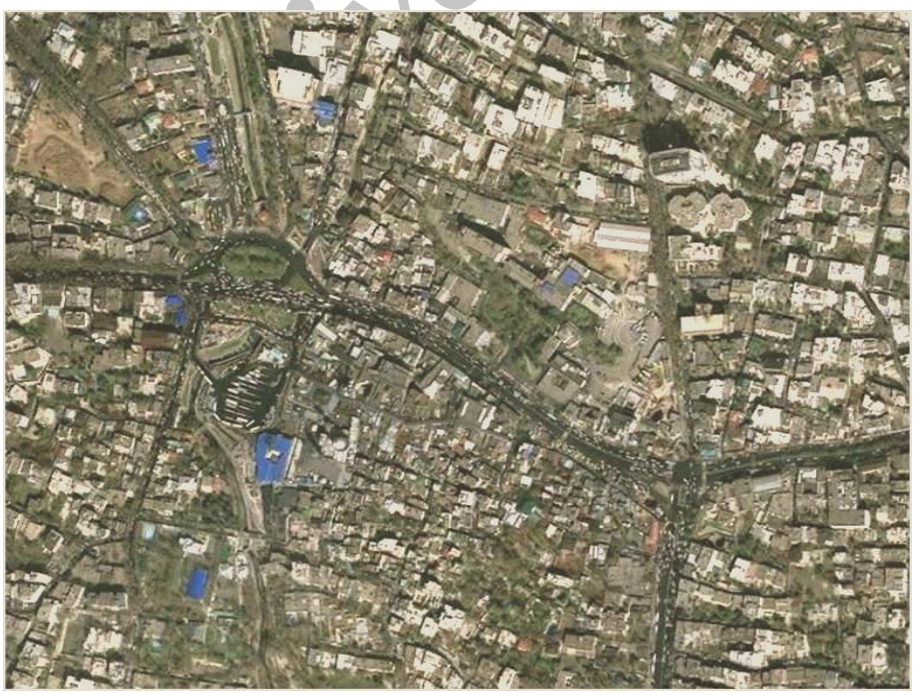
بدیهی است که این پهنه‌ها برای توسعه‌ی زیرسطحی، نیازمند طرح‌های تفصیلی و انجام بررسی‌های کارشناسانه است. همچنین این نوع توسعه برای تهران با مشکلات

Archive of SID
www.SID.ir

عدیده‌ای همراه و نیازمند مقاوم‌سازی شهر در سوانح و مواقع بحرانی به عنوان یک شهر جهانی است. در این پژوهش، محدوده‌ی میدان تجریش برای توسعه‌ی زیرسطحی به تفصیل بررسی شده است (**شکل ۹**).



شکل ۸- تهران زیرزمینی در گذشته‌های دور: خانه‌های زیرزمینی برای مصون ماندن از حملات دشمن [۱۷]

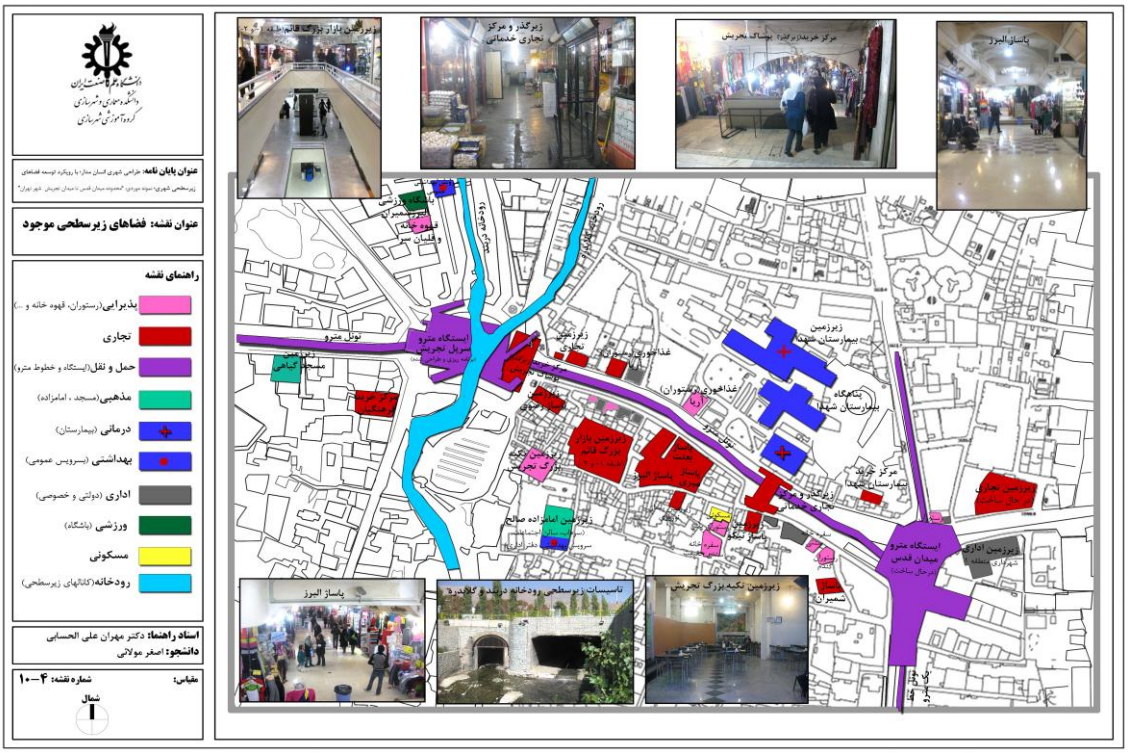


شکل ۹- تصویر ماهواره ای محدوده‌ی میدان تجریش

www.SID.ir

در محدوده‌ی میدان تجریش، مشکلات و مسایل خاصی در ابعاد گوناگون شهرسازی به شرح زیر وجود دارد:

۱- وجود فضاهای منفصل زیرزمینی مانند زیرزمین واحدهای خصوصی و ایستگاه‌های مترو (**شکل ۱۰**)
۲- تراکم بالای انسانی
۳- تراکم بالای ساختمان‌ها
۴- تراکم بالای سواره و خودروهای متوقف و در حال حرکت و در مجموع مشکلات ترافیکی و ترددی برای سواره و پیاده
۵- وجود مراکز اجتماعی حساس و آسیب‌پذیر با کاربری‌های پرازدحام مانند پایانه‌های سواره، بیمارستان شهدای تجریش، پاساژها، مراکز تجاری و شهرداری منطقه‌ی ۱
۶- آلودگی‌های زیست‌محیطی
۷- قرارگرفتن در محدوده‌ی گسل‌های لرزه‌خیز
۸- طغیان رودخانه‌ی دربند در سال‌های اخیر
۹- توپوگرافی و شیب محسوس در محدوده (امکان استفاده از اختلاف سطح موجود برای توسعه‌ی زیرسطحی شهری)
۱۰- کمبود فضا برای کاربری‌های گوناگون شهری



شکل ۱۰- فضاهای زیرزمینی موجود در محدوده‌ی میدان تجریش

۸-۱- تحلیل سوات

در این مقاله، تجزیه و تحلیل محدوده‌ی تجریش با روش سوات (*SWOT*) انجام شده است. خلاصه‌ای از داده‌های در نظر گرفته شده در این تحلیل عبارت است از:

- مهم‌ترین ویژگی‌ها و اجزای هویتی مثبت میدان تجریش عبارت است از:
  - عناصر طبیعی مانند رودخانه، کوهساران شمالی البرز، پوشش گیاهی و باغات
  - عناصر تاریخی مانند بازار تاریخی تجریش
  - عناصر مذهبی مانند تکیه‌ها، مسجد همت و امامزاده صالح
- مهم‌ترین مشکلات محدوده عبارت است از:
  - مسایل ترافیکی شامل تراکم و ازدحام نامطلوب سواره و پیاده، کمبود پارکینگ و آلودگی‌های ناشی از

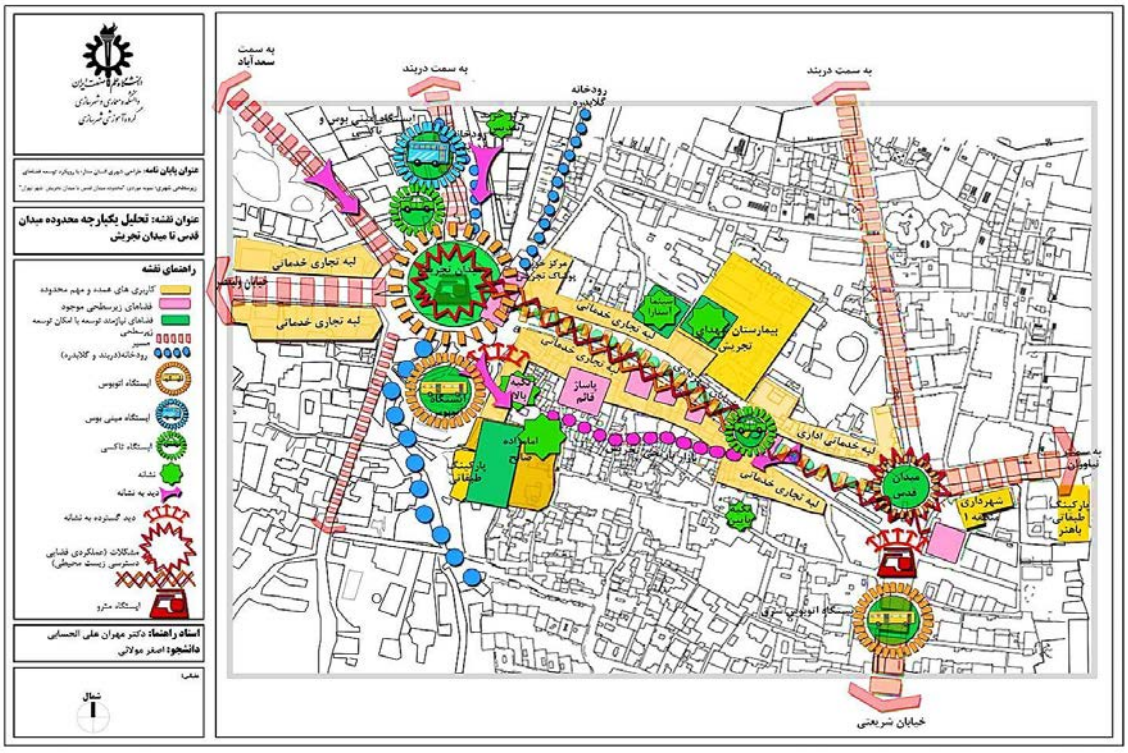
www.SID.ir

سامانه‌های حمل و نقل مستقر در میدان

- مسایل زیست‌محیطی شامل آلودگی صوتی و جوی، نبود برنامه و طرح مشخص برای رودخانه‌ی گلابدره، رعایت نشدن حریم رودخانه‌ها و گسل‌ها، آلودگی کاریزها و آب‌های زیرزمینی توسط فاضلاب، مشکل دفع آب‌های روان سطحی، سیل و زهکش‌ها و سایر آلودگی‌های ناشی از آن‌ها

- مسایل فضایی- عملکردی شامل کمبود فضا برای کاربری‌های پایانه‌ای و ایستگاهی، فرهنگی، تجاری، خدماتی، گردشگری، پذیرایی و فضاهای باز و تفریحی

مهم‌ترین نیازهای محدوده نیز در راستای حل و بهبود همین مسایل خواهد بود (**شکل ۱۱**). چشم‌انداز توسعه‌ی محدوده‌ی میدان تجریش با توجه به ویژگی‌های بنیانی و الزامات طرح‌های جامع و تفصیلی، شامل پهنه‌ی تفرجگاهی-گردشگری با هویت ممتاز طبیعی، تاریخی و فرهنگی است. محدوده‌ی مذکور یکی از ۷ پهنه‌ی مستعد توسعه‌ی زیرسطحی در طرح مصوب شواری اسلامی تهران با عنوان «امکان‌سنجی توسعه‌ی حیات زیرسطحی شهر تهران» است.

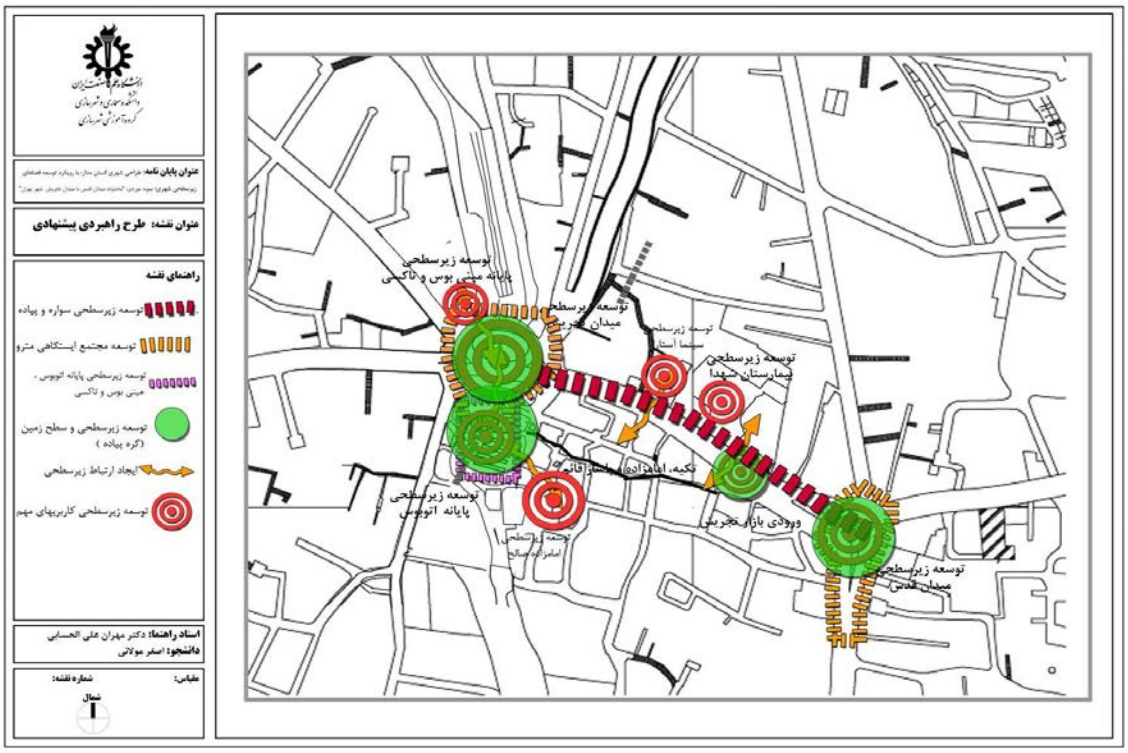


شکل ۱۱- تحلیل یکپارچه‌ی محدوده‌ی میدان تجریش تهران

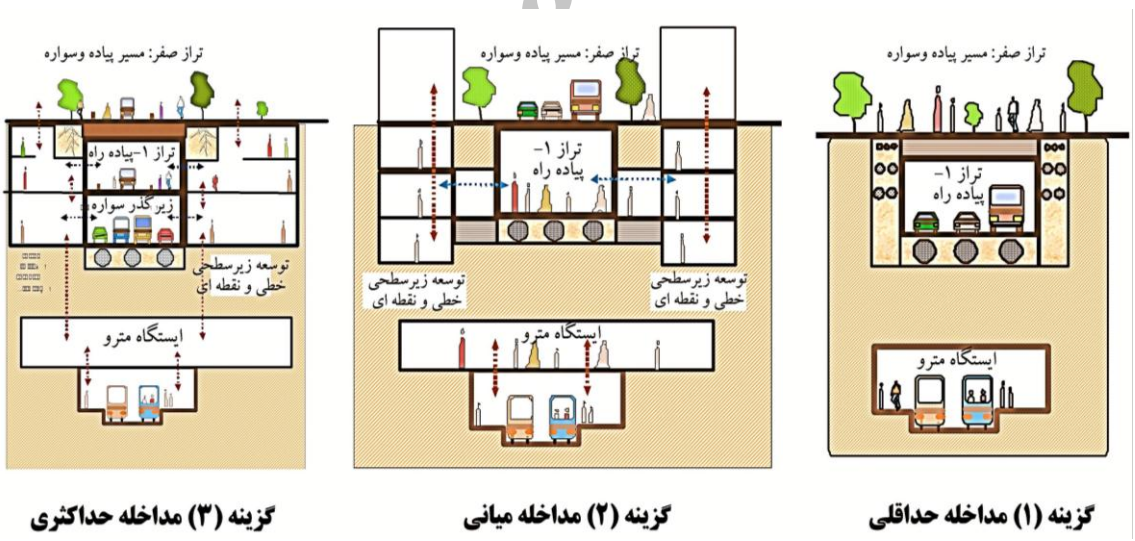
۸-۲- طرح راهبردی توسعه‌ی زیرسطحی

در این بخش با توجه به تحلیل یکپارچه، طرح راهبردی توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش و نتایج آن به صورت توسعه‌های نقطه‌ای و خطی ارایه شده است (**شکل ۱۲**). سپس گزینه‌های طرح راهبردی در سه سطح مختلف مداخله‌ای، یعنی مداخله‌های حداقلی، میانی و حداکثری تهیه و ترسیم شده است (**شکل ۱۳**). لازم به ذکر است که تفاوت این گزینه‌ها در تعداد ترازهای پیشنهادی و برنامه‌های ترافیکی متفاوت است. در گزینه‌ی اول حمل و نقل سواره به زیرزمین تراز ۱- منتقل شده و تراز همکف (تراز صفر) به پیاده‌راهی برای عابران پیاده تبدیل می‌شود. در گزینه‌ی دوم در تراز ۱- پیاده‌راهی برای عابران پیاده در نظر گرفته می‌شود که در سرما، منطقه‌ی فضایی مطلوبی ایجاد می‌نماید. در گزینه‌ی سوم دو زیرگذر یکی در تراز ۱- برای عابران پیاده و دیگری در تراز ۲ برای حرکت سریع سواره در نظر گرفته شده است (**شکل ۱۳**).

www.SID.ir



شکل ۱۲- طرح راهبردی توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش به صورت توسعه‌های نقطه‌ای و خطی



شکل ۱۳- گزینه‌های توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش از مداخله‌ی حداقلی تا مدخله‌ی حداکثری

در برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای زیرسطحی بویژه در مورد مطالعه با رویکرد توسعه‌ی پایدار، نتایج زیر توصیه می‌شود:

۱- اغلب فضاهای زیرزمینی موجود تک‌عملکردی، خصوصی یا بدون استفاده هستند (مانند پناهگاه بیمارستان شهدای تجریش). امکان احیا و توسعه‌ی این مجموعه‌ها و نیز اتصال و ارتباط کالبدی آن‌ها برای استفاده‌ی اجتماعی و شهری، یکی از مهم‌ترین راهکارها است.

www.SID.ir

۲- با توجه به مسایل حمل و نقلی موجود، توسعه‌ی حمل و نقل زیرزمینی در گونه‌های زیرگذر سواره، زیرگذر پیاده، خطوط مترو و پارکینگ‌های زیرزمینی در اولویت توسعه‌ی زیرسطحی این محدوده قرار می‌گیرد.

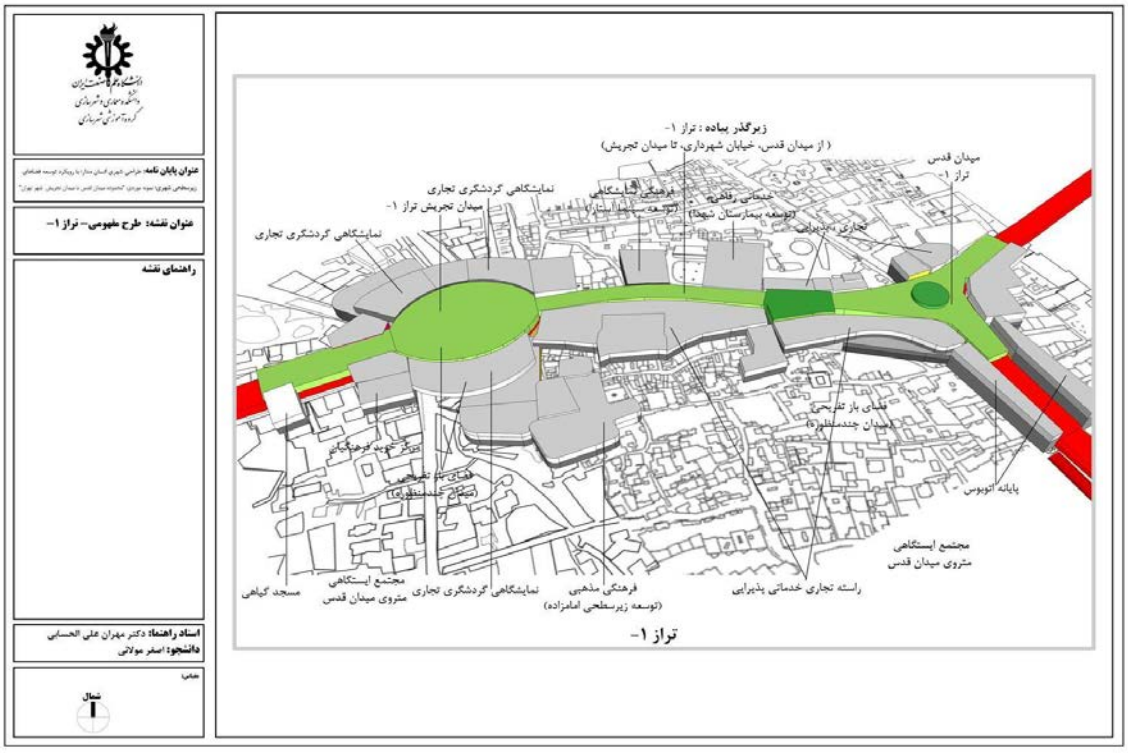
۳- با توجه به فضاهای زیرسطحی موجود، توسعه‌ی چندمنظوره‌ی زیرزمینی کاربری‌های پرمراجعه از جمله بیمارستان شهدای تجریش، امامزاده صالح و پایانه‌ها می‌تواند برنامه‌ریزی و طراحی شود. همچنین ارتباط و اتصال سطوح زیرین این مراکز و مجتمع‌های ایستگاهی مترو در میدان‌های قدس و تجریش نیز ممکن و عملی خواهد بود.

۴- توسعه‌ی زیرسطحی این محدوده می‌تواند به حل مسایل کمبود فضا، مشکلات زیست‌محیطی، مشکلات ترافیکی، 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، تهیه‌ی طرح راهبردی، تفصیلی و امکان‌سنجی توسعه‌ی زیرسطحی از نظر فنی و زمین‌شناسی در نقاط مختلف ضروری خواهد بود.

۶- این محدوده، بعنوان محدوده‌ای تفرجگاهی و گردشگری (با توجه به پیشینه‌ی تفرجگاهی، قابلیت‌های طبیعی و تعیین عملکرد فراشهری گردشگری و تفرجگاهی در طرح جامع تهران) از کمبود فضاهای پذیرایی و خدماتی برخوردار است. توسعه‌ی فضاهای زیرزمینی می‌تواند با رفع این کمبود، اهداف توسعه‌ی پایدار را تا حدودی برطرف نماید.

۷- در نهایت در نظر گرفتن گزینه‌های متعدد برنامه‌ریزی و طراحی برای توسعه‌ی زیرسطحی محدوده از مداخله‌ی حداقلی تا مداخله‌ی حداکثری و انتخاب گزینه‌ی بهینه می‌تواند راهگشا باشد (**شکل ۱۴**).



شکل ۱۴- طرح مفهومی توسعه‌ی زیرسطحی محدوده‌ی میدان تجریش در تراز ۱-

۹- نتیجه‌گیری

فضاهای زیرزمینی می‌توانند در راستای توسعه‌ی پایدار شهری بکار گرفته شوند. فضاهای زیرزمینی با ثبات دمایی و نیاز کمتر به سرمایش و گرمایش مکانیکی به میزان قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌نماید. این امر گام مهمی در توسعه‌ی پایدار شهری است. در این راستا

www.SID.ir

توجه به قابلیت‌های طبیعی زمین در تعادل دمایی، حفاظت و نگهداری مطلوب پدیده‌ها و مناسب بودن برای زیست انسان در شرایط مختلف و نیز مرور سوابق موفق جهانی، ضروری است. برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای زیرزمینی در فرآیند توسعه‌ی شهرها می‌تواند نتایج زیر را به همراه داشته باشد:

- تداوم حیات و فعالیت‌های خصوصی و عمومی در اقلیم ناسازگار (گرما و سرمای شدید)
- کاهش استفاده از گرمایش و سرمایش مکانیکی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- تعادل‌بخشی به محدوده‌های پرازدحام با توسعه‌ی زیرزمینی و حل مشکلات زیست‌محیطی
- برخورداری فضاهای زیرزمینی از پایداری بالا در سوانح و مواقع بحرانی نظیر زلزله
- فضاهای زیرزمینی انعطاف‌پذیری ساختمان‌ها، فضاهای شهری و بخش‌های شهری را تقویت نموده و امکان انتخاب کاربران را در شرایط متفاوت اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی ارتقا می‌بخشند.
- توسعه‌ی زیرسطحی می‌تواند آلودگی‌های صوتی، بصری و هوا را کاهش داده و تعادل محیطی و اقلیمی را به همراه داشته باشد.
- فضاهای زیرزمینی، دارای ثبات دمایی و حداقل تغییرات دمایی در زمستان و تابستان بوده و قابلیت خوبی در آسایش اقلیمی برای انسان و ملزومات زندگی انسان‌ها دارد.
- طراحی و ایجاد شبکه‌ی دسترسی پیاده‌مدار با در نظر گرفتن طرح‌های بالادستی شهری و توجه به یکپارچگی آن با سایر فضاها و کانون‌های شهری از قبیل ایستگاه‌های مترو
- انتقال عناصر، فعالیت‌ها و کاربری‌های غیر ضروری (مانند پارکینگ‌ها، انباری‌ها و دکل‌های برق) به زیرزمین و آزاد نمودن فضاهای روسطحی برای کاربری‌های مورد نیاز (مانند فضای سبز، پارک و کاربری‌های تفریحی)

در نظر گرفتن این رویکرد برای محدوده‌ی میدان تجریش تهران، ضمن اتخاذ نگرشی جامع به ویژگی‌های تاریخی، طبیعی، فرهنگی اجتماعی آن و نیز در نظر گرفتن طرح‌های بالادستی نظیر طرح جامع تهران با چشم‌اندازی تفرجگاهی-گردشگری برای محدوده‌ی مذکور می‌تواند به ارتقای کیفیت محیطی آن کمک نماید. شناخت و تحلیل این محدوده نشان می‌دهد که اختلال در ترافیک و کمبود فضا در صدر مسایل محدوده قرار دارند. از طرفی مطالعه‌ی فضاهای زیرسطحی موجود که اغلب به صورت نقطه‌ای هستند دلیل دیگری بر قابلیت و امکان‌پذیری توسعه‌ی زیرسطحی در منطقه است. در طرح پیشنهادی، ایجاد زیرگذر پیاده‌راه در تراز ۱- می‌تواند مسیری مطلوب برای حرکت و دسترسی پیاده‌ها تامین نماید. همچنین توسعه‌های زیرسطحی نقطه‌ای (مانند میدان تجریش و پیرامون آن و میدان قدس) برای پارکینگ‌های عمومی و فضاهای عمومی می‌تواند در طرح فوق مدنظر قرار گیرد. البته قابل ذکر است که این فضاها باید با نگرشی جامع و در نظرگرفتن تمامی جوانب موضوع استفاده شود و نگرش‌های تک‌بعدی می‌تواند به ناکارایی و عدم توفیق این فضاها منجر شود. همچنین توجه لازم به ارتباط این فضاها با فضاهای بیرونی، تامین حداکثر روشنایی و تهویه‌ی طبیعی، می‌تواند به پایداری هر چه بیش‌تر این فضاها و موفقیت در کاهش مصرف انرژی منتهی شود.

۱۰- منبع‌ها

[۱] استرلینگ، آر.، و کارمودی، جی. (۱۳۸۸). *طراحی فضاهای زیرزمینی* (ویرایش اول). (و. ر. ابراهیمی، ترجمه.) مشهد، ایران: نشر مرندیز. شابک: ۹۷۸۶۰۰۱۰۶۰۱۶۸.

[2] Kauffman, A. (2012). *Urban Heat Island Effect*. Retrieved March 02, 2013, from Southwest Urban Hydrology Web Site: http://www.southwesturbanhydrology.com/urbanization-concerns/urban-heat-island-effect/.

[۳] واتسون، دی.، و لبز، کی. (۱۳۸۲). *طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان*. ص ۱۲۳-۱۲۵. (و. قبادیان و م. ف. مهدوی، ترجمه) تهران، ایران: انتشارات دانشگاه تهران. شابک : ۳-۳۸۷۵-۰۳-۹۶۴.

Archive of SID
www.SID.ir

[۴] لقایی، ح.، و محمدزاده‌تیتکانلو، ح. (۱۳۷۸). مقدمه‌ای بر مفهوم توسعه‌ی شهری پایدار و نقش برنامه‌ریزی شهری. *نشریه‌ی هنرهای زیبا، ۶*، ۳۲-۴۳. تهران، ایران: دانشگاه تهران.

[۵] خاتمی، س. م. ج.، و فلاح، م. ح. (۱۳۸۹). جایگاه آموزش پایداری در معماری و ساختمان. *نشریه‌ی صفه، ۲۰ (۵۰)*، ۲۱-۳۴. تهران، ایران: دانشگاه شهید بهشتی.

[۶] عزیزی، م. م. (۱۳۸۰). توسعه‌ی شهری پایدار، برداشت و تحلیلی از دیدگاه‌های جهانی. *نشریه‌ی صفه، ۱۱ (۳۳)*، ۱۵-۲۷. تهران، ایران: دانشگاه شهید بهشتی.

[۷] ردریک، آر.، و بوتلر، کی. (۱۳۸۷). مکان‌ها و مکان‌سازی، *استانداردهای برنامه‌ریزی و طراحی شهری انجمن شهرسازی آمریکا*، ص ۳۲۸-۳۳۴. (گ. اعتماد، م. بهزادفر، و س. صالحی میلانی، ترجمه) انتشارات جامعه‌ی مهندسین مشاور ایران. شابک: ۷-۲۴۱۱-۰۴-۹۶۴-۹۷۸.

[۸] مولایی، الف. (۱۳۸۹). *طراحی شهری انسان‌مدار با رویکرد توسعه‌ی زیرسطحی شهری- نمونه‌ی موردی محدوده‌ی میدان قدس تا میدان تجریش تهران*. تهران، ایران: پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد شهرسازی- طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران.

[9] Golany.S. G., & Ojima.T. (1996). *Geo-Space Urban Design*. New York: John Wiley. ISBN-13: 9780471162520.

[10] Parriaux, A., Blunier, P., Maire, P., & Tacher, L. (2007). The Urban Underground in the Deep City Project: for Construction but not only. *The Associated Research Centers for Urban Underground Space (ACUUS) 11th Conference on Underground Space: Expanding the Frontiers*. Athens. http://www.thinkdeep.nl/documents/Papers/Parriaux.pdf./

[11] Bobylev, N. (2009). Mainstreaming Sustainable Development into A City's Master Plan: A Case of Urban Underground Space Use. *Land Use Policy, 26(4),* 1128-1137. http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.02.003.

[12] Liu, N., & Zhang, C. (2011). Based on Energy-Saving of Utilization and Development of Urban Underground Space Resource of Qingdao. *Energy Procedia, 5(IACEED2010),* 15-19. http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.003.

[13] Barker, M. B. (1986). Using the Earth to Save Energy: Four Underground Buildings. *Tunneling and Underground Space Technology, 1(1),* 59-65. http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798(86)90129-X.

[۱۴] بینا، م. (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل اقلیمی شوادان‌ها در خانه‌های دزفول. *نشریه‌ی هنرهای زیبا، ۳۳*، ۳۷-۴۶. تهران، ایران: دانشگاه تهران.

[15] Sterling, R. L., & Godard, J. P. (2005). *GeoEngineering Considrations in the Optimum Use of Underground Space*. ITA-Technical Report. ITA-AITES: http://www.ita-aites.org/index.php?id=64.

[۱۶] گلکار، ک. (۱۳۷۹). طراحی شهری پایدار در حاشیه‌ی شهرهای کویری. *نشریه‌ی هنرهای زیبا، ۸*، ۴۳-۵۲. تهران، ایران: دانشگاه تهران.

Archive of SID
www.SID.ir

[۱۷] معتمدی، م. (۱۳۸۱). *جغرافیای تاریخی تهران*. ص ۱۱. تهران، ایران: مرکز نشردانشگاهی. شابک: ۸-۱۰۲۴-۰۱-۹۶۴.

Archive of SID

www.SID.ir