

جمهوری اسلامی ایران

کارفرما

شرکت عمران و مسکن سازان ثامن

مدیریت طرح

موسسه پژوهشی توسعه محیط و سکونت گاهها

عنوان

طرح گسترش حیات شهری در ترازهای زیرسطحی

بافت پیرامون حرم مطهر رضوی

موضوع

بررسی نمونه های مشابه در مقیاس جهانی

(گزارش تحلیلی و تحقیقی)

ویرایش دوم

شماره گزارش

4-105-11-1



مهر ۱۳۸۸



TASH CONSULTING ARCHITECTS AND URBAN PLANNERS

همکاری مهندسان مشاور شهرساز و معمار

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	پیشگفتار
2	طراحی سطوح زیر زمینی و بهینه سازی منابع زیر سطحی (توسعه پایدار در مناطق شهری) <span style="float: right;">-1</span>
2	1-1- معرفی
3	1-2- فضا و ترازهای زیر زمینی
8	1-3- آب های زیر زمینی و ترازهای زیر سطحی
10	1-4- انرژی گرمایی زمین و ترازهای زیر زمینی
11	1-5- مواد معدنی و ترازهای زیر زمینی
12	1-6- طراحی ترازهای زیر سطحی و توسعه پایدار
13	1-7- ترازهای زیر زمینی و هزینه اجرا
14	1-8- استفاده از ترازهای زیر زمینی برای تردد خودرو سواری و پارکینگ
15	2- نگاهی گذرا به پژوهش های جهانی :
15	2-1- پژوهش ها و همایش های بین المللی :
18	2-2- نگاهی به پژوهش صورت گرفته در ژاپن (روند برنامه ریزی و ضرورت ایجاد فضاهای زیر سطحی) :
18	2-2-1- فواید و معایب جنبه های محیطی استفاده از فضاهای زیر سطحی

28	عوامل موثر و ویژه در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی :	-3
28	عوامل اقلیمی	-1-3
28	ایستگاه های قطار زیر سطحی	-2-3
29	ارزش زمین	-3-3
29	ارزش تاریخی	-4-3
29	ارزش مذهبی	-5-3
30	تغییر تراز شهر در طول زمان	-6-3
32	بررسی نمونه های مشابه در دیگر کشورها	-4
32	کانادا	-1-4
50	فنلاند	-2-4
57	ژاپن	-3-4
63	کره جنوبی	-4-4
66	فرانسه	-5-4
71	استرالیا	-6-4
74	انگلستان	-7-4
77	سنگاپور	-8-4
82	آرژانتین	-9-4
84	آلمان	-10-4

صفحه	عنوان
88	-11-4 هنگ کنگ
91	-12-4 ایران
97	-13-4 ترکیه
98	-14-4 هند
99	-15-4 ایالات متحده امریکا
107	-16-4 چین
108	-17-4 روسیه
110	-18-4 عربستان
111	-19-4 مکزیک
112	-20-4 تایوان
112	-21-4 سوییس
112	-22-4 یونان
113	-23-4 طرح های برنامه ریزی شده برای آینده
116	-5 جمع بندی
118	-1-5 عوامل موثر و ویژه در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی :
124	-2-5 ملاحظات اساسی در برنامه ریزی و طراحی فضاهای زیر سطحی :

## پیشگفتار:

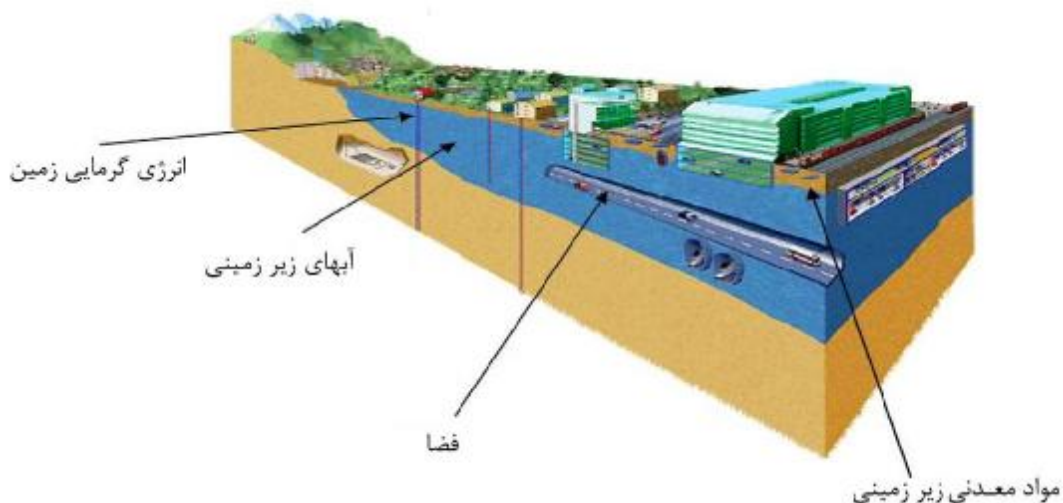
پژوهش های بسیاری در نقاط مختلف جهان پیرامون مباحث گوناگون برنامه ریزی و طراحی فضاهای شهری زیر سطحی با نگاهی به مبانی توسعه پایدار و دستاورد های نوین تکنولوژی در مکان یابی، تحلیل و برنامه ریزی، ساخت و ایمن سازی این گونه فضاها صورت گرفته است. و همزمان رویکردهای انسانی و روانشناختی دست یابی به فضاهای مطلوب و با کیفیت زیر سطحی و نیز چگونگی ارتباط ترازهای زیرین و فوقانی بررسی شده است. همچنین همایش ها و کنگره های مختلفی در گوشه و کنار جهان با حضور صاحب نظران و دست اندرکاران تولید این گونه فضاها برگزار می گردد و مسأله طراحی و ایجاد ترازهای زیر سطحی پویا و کارآمد در راستای توسعه پایدار و مشکلات پیش روی جوامع پیشرفته و در حال توسعه به گونه ای جدی پی گرفته می شود.

گزارش حاضر با نگاهی تحلیلی سعی در بدست دادن سابقه پژوهش ها و نمونه های ساخته شده در دیگر کشورها دارد و با در نظر گرفتن بافت پیرامون حرم مطهر، علاوه بر بازشناسی و ارزیابی این گونه فضاها کلیدهایی برای تصمیم گیری های منطقی و روشن بدست خواهد داد.

# 1- طراحی سطوح زیر زمینی و بهینه سازی منابع زیر سطحی (توسعه پایدار در مناطق شهری)

## 1-1- معرفی:

شهرهای بدون کنترل بطور افقی گسترش یافته اند و مشکلاتی از جمله ترافیک ، آلودگی هوا ، کاهش فضای سبز و کاهش منابع آبی را به وجود آورده اند که اینگونه توسعه با توسعه پایدار مغایرت دارد . بهینه سازی سطوح زیر زمینی به معنای کاهش حجم شهرها است. این فضاها می توانند فضاهای جدید را برای توسعه شهر بوجود آورند و بعضی از عملکردهای شهری مانند حمل و نقل ، خرید و ... را تا حدی به فضاهای زیرین منتقل نمایند که بنابراین فعالیت های اجتماعی و توسعه فضای سبز در سطح امکان بیشتری دارد. توسعه فضاهای زیر زمینی باعث استفاده بهتر از فضاها ، روانی جریان ترافیک ، کاهش آلودگی صوتی و بهبود کیفیت زندگی می شود ، از طرفی فضا تنها منبع زیر زمینی نمی باشد آبهای زیر زمینی ، مواد معدنی زیر زمینی ، انرژی گرمایی زمین سایر منابع مرتبط با آن می باشد.



شکل (1) - منابع مرتبط با ترازهای زیر سطحی

در اوایل دهه 1900 شلوغی شهرها آرشیتکت فرانسوی Eugene Henord را به فکر زیر بردن خیابان‌ها برای ترافیک و ... انداخت. پیرو او Edouard Utudjian در سال 1937<sup>1</sup> انجمن طراحی و تکنولوژی ترازهای زیر زمینی<sup>2</sup> با هدف استفاده بهتر از فضاها را تاسیس نمود. این تفکر به شدت از طرف عده ای دیگر از متفکرین مانند Lloyd Wright که به راه حل های مدرن برای مشکل ازدحام اعتقاد داشته رد شد.

با وجود تفاوت دیدگاه های معماران معروف مانند لوکوربوزیه<sup>1</sup>، رایت<sup>2</sup> و هووارد<sup>3</sup> همگی تمایل به ایجاد فضاهای سبز بیشتر و تفکیک فعالیت انسان‌ها در نواحی مختلف برای زندگی، کار، خرید و ... داشتند. در طرف دیگر Henord و Utudjian اعتقاد به استفاده بیشتر از فضاهای شهری بوسیله جدایی در ارتفاع و تقسیم فعالیت‌های انسانی داشتند که این ایده تا اواخر دهه 50 مورد توجه قرار نگرفت.

## 2-1- فضا (Space) و ترازهای زیر زمینی :

اولین انعکاس استفاده از ترازهای زیر سطحی توسط آرشیتکت Eugene Henord به منظور ایجاد الگوهای شهری در اوایل قرن 20 ارائه شد و خواستار ساخت گالری های چند طبقه برای به زیر بردن ترافیک شهری، تاسیسات زیر بنایی شهری، ضایعات و کالاها بود. ایده جدایی در عملکردهای شهری بعداً توسط پدر شهرسازی زیر زمینی<sup>1</sup> Edouard Utudjian پیگیری شد. او اصول استفاده از فضاهای زیرین به عنوان قسمتی از فضاهای شهری در اوایل دهه 1930 معرفی نمود. و انتقال عملکردهای مدرن شهر را به منظور کاهش ترافیک در سطح و افزایش

<sup>1</sup> Le Corbusier  
<sup>2</sup> Wright  
<sup>3</sup> Howard



زیبایی شهر پیشنهاد نمود. فعالیت هایی مد نظر او شامل پارکینگ ، حمل و نقل عمومی ، ساختمان های عمومی و خصوصی مانند بانک ها ، تاتر و ... بود.

در دهه دوم قرن 20 این موضوع توسط محققین مختلف پیگیری شد. مزایای عمده مجموعه های زیر زمینی که ارائه شده به شرح زیر است:

- فضاهای زیر زمینی فضاهایی برای توسعه شهر هستند.
- این مجموعه ها به صورت محافظ هایی طبیعی عمل می کنند (مکانیکی ، گرمایی ، هیدرولیکی و آکوستیکی)
- محفوظ بودن این مجموعه ها از پدیده های جوی

در ادامه هر یک به تفصیل شرح داده خواهد شد :

#### 1-2-1- کنترل گرما

- کنترل دما و کاهش اتلاف انرژی در ساختمان هایی که در مناطق سرد ساخته می شود.
- در مناطق گرم ، تبادل حرارت به دلیل تشعشع و انتقال حرارت کاهش می یابد.
- سیستم سرمایش Eearth-Contact در مناطق آب و هوایی گرم امکانپذیر است.
- کاهش مصرف انرژی به دلیل کاهش نفوذ هوا .

#### 1-2-2- محافظت در برابر پدیده های جوی

بناهایی که در زیر زمین ساخته می شوند ، به طور طبیعی از ترنادهای ، تندبادها و سایر بلاهای طبیعی مصون هستند. آسیب پذیرترین قسمت سازه زیر زمینی محل ورود به این سازه ها در سطح زمین است.

### 1-2-3- محافظت در برابر آتش سوزی

سازه های زیر زمینی یک محافظ طبیعی در برابر آتش سوزی های خارجی می باشند. زمین غیر قابل سوختن است و یک سطح ایزوله مناسب برای سازه در زیر خود فراهم می سازد.

### 1-2-4- عملکرد در هنگام زلزله

به دلیل اینکه پدیده تشدید که برای سازه های بالای سطح زمین اتفاق می افتد در مورد سازه های زیر زمینی با شدت کمتر اتفاق می افتد از ایمنی بیشتری برخوردارند. اما مکان یابی اشتباه برای ساختن سازه های زیر زمینی ممکن است در هنگام زلزله مشکل ساز شود و به طور کلی عملکرد سازه های زیر زمینی در موقع زلزله بسیار عالی بوده است.

### 1-2-5- محافظت در برابر سر و صدا

با ایجاد سازه های زیر زمینی امکان نفوذ سر و صدا به حداقل می رسد و تنها محل ورود سر و صدا محل های ورود به مجموعه های زیر زمینی در تراز زمین است.

### 1-2-6- محافظت در برابر انفجار

مانند سر و صدا، زمین قابلیت جذب انرژی انفجار را دارا می باشد.

#### 1-2-7- ایمنی در برابر تشعشعات هسته ای

به دلیل سازه های خاصی در ترازهای زیر زمینی و پوشش خاک روی آن ها ، این سازه ها قابلیت محافظت در برابر تشعشعات هسته ای را دارا می باشند.

#### 1-2-8- امنیت

##### 1-8-2-1- محدودیت دسترسی

مهم ترین مزیت امنیتی ترازهای زیر زمینی ، محدود بودن نقاط دسترسی به این فضاها است که به راحتی قابل کنترل است.

##### 1-8-2-2- غیر قابل دسترس بودن

نفوذ به ترازهای زیر زمینی به غیر از مجاری ورودی و خروج آن غیر ممکن است چرا که نفوذ از طریق کندن و تخریب زمانبر و قابل رویت است.

##### 1-8-2-3- قابل کنترل بودن

قابل کنترل بودن به این معنا است که در صورت بروز مشکل و یا سانحه ای جلوگیری از گسترش آن به سطح زمین بسیار آسان است.

#### 1-2-9- تاثیر بصری (Vialal impact) :

سازه های زیر زمینی دارای تاثیر بصری کمتری نسبت به سازه های مشابه می باشند که در روی سطح زمین ایجاد می شود. بنابراین در محلهایی که از نظر بصری حساس هستند مانند

یک مجموعه صنعتی در نزدیکی یک منطقه مسکونی استفاده از ترازهای زیر زمین این مشکل را حل می نماید.

در میان مزایای غیر مستقیم ، مهم ترین کارایی مربوط به کارایی عملکرد است. به تازگی مطالعات زیادی در مورد مجموعه های زیر زمینی و توسعه شهری پایدار صورت گرفته است. موضوع معمول در تمام این مطالعات ضروری بودن ترازهای زیر است. به هر حال ، ترازهای زیرین هنگامی که با سطح زمین مقایسه می شوند دارای مشکلاتی به شرح زیر هستند :

- نیاز به انرژی بیشتر برای روشنایی

- هزینه ساخت بیشتر

- تصویر منفی نسبت به فضاهای زیر زمین

- عدم احساس امنیت نسبت به فضاهای زیر زمینی

- مشکلات اتصال سازه های زیر زمینی با هم و با سطح زمین.

- پتانسیل تاثیرات آبهای زیر زمینی

- با توجه به عدم قابلیت رویت نمی تواند تصور مشخصی از محل ایجاد کند.

- به علت عدم وجود حجم در فضا ، احساس در مورد ابعاد این مجموعه ها وجود ندارند.

فضاهای زیر زمینی صدها سال برای مقاصد نظامی ، ساختمان های مذهبی ، انتقال آب و فاضلاب و پناهگاه مورد استفاده قرار می گرفته اند و بعدها به منظور استفاده در شبکه های حمل و نقل مورد استفاده واقع شد به ویژه به منظور حمل و نقل ریلی صدها تونل در قرن 19 در اروپا ساخته شد و در اواخر دهه ها قرن 20 استفاده های جدیدی از ترازهای زیرین

برای انبار و پارکینگ به عمل آمد و امروزه هر گونه فعالیت شهری را می توان در زیر زمین تصور نمود . عملکردهایی که در مورد ترازهای زیرین پیشنهاد می شود شامل حمل و نقل (راه ، حمل و نقل ریلی ، حرکت عابر پیاده) ، پارکینگ ، تونل های انتقال انرژی ، ساختمان های تفریحی و اداری ، سرویس های مربوط به ساختمان ها فرهنگی ، مراکز تجاری ، نواحی مسکونی و پایگاه های نظامی و دفاعی می باشد. با این وجود مطالعات نشانگر آن است که فضاهای زیر زمین برای نواحی مسکونی و محل هایی برای گذران وقت طولانی مدت مناسب نمی باشد.

موضوع و نقش ترازهای زیر زمینی بسته به تاریخ و پیشینه از شهر به شهر متفاوت است و به طور مثال به دو مورد در زیر اشاره می شود:

- شهر زیر زمینی مونترال به علت شرایط محیطی توسعه یافت. اولین فضای زیر زمینی مرتبط با خطوط راه آهن که به دلائل آب و هوایی گسترش یافت بین سال های 1912 و 1918 در شهر مونترال به وجود آمد.
- در شهر توکیو فضاهای زیر زمینی بعد از زمین لرزه سال 1923 به همراه ساخت اولین قطار زیر زمینی آغاز شد و به دلیل شلوغی زیاد ، کمبود و گرانی زمین این فضاها توسعه یافتند.

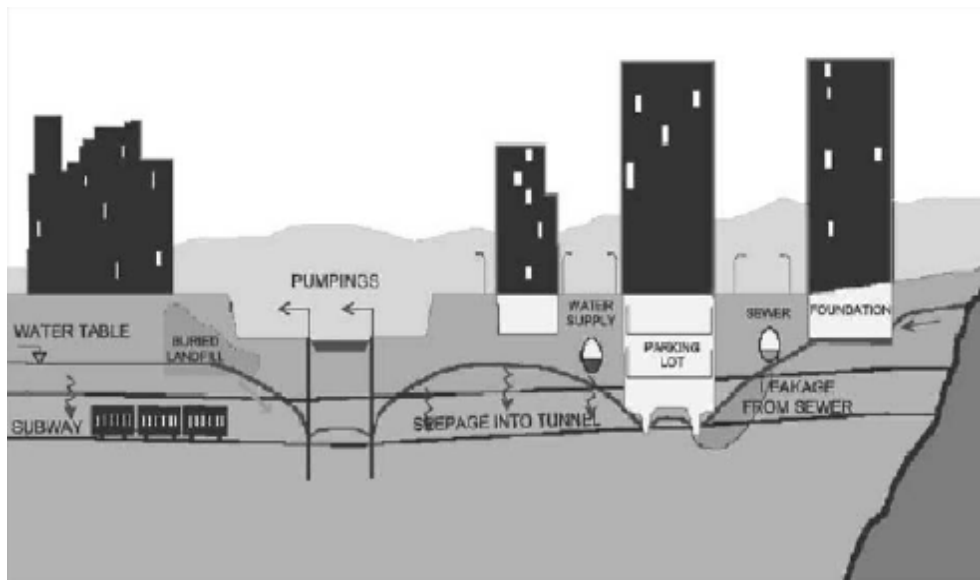
### 1-3- آبهای زیر زمینی و ترازهای زیر سطحی :

در مناطق شهری موضوع نیاز به آبهای زیر زمینی و کمبود آب جدی می باشد. سیکل آبهای زیر زمینی به طور جدی به وسیله عوامل شهری در حال تهدید می باشد و این تهدید ها کمیت و کیفیت آبهای زیر زمینی را شامل می شود. در سال های اخیر آبهای زیر زمینی

شهری به عنوان موضوع جدی در مسائل هیدرولوژی وارد شده است. (شکل 2) به وضوح تاثیرات مختلفی که ساخت و سازهای زیر زمینی بر آبهای زیر زمینی دارند را نشان می دهد که شامل عامل سد شوندگی ، نشت فاضلاب ، پمپاژ آب به منظور پایین بردن ترازهای آبهای زیر زمینی و همچنین تاثیرات آبهای زیر زمینی بر سازه های زیر زمینی مانند جاری شدن سیل در خطوط مترو می شوند.

نگهداری آبهای زیر زمینی از نظر کمی و کیفی در مناطق شهری به عنوان موضوع اصلی در توسعه پایدار در بسیاری از شهرهای دنیا در نظر گرفته شده است و بسیاری از طرح های مدیریت آبهای سطحی و زیر زمینی در حال گسترش است.

قسمت زیر زمینی بسیاری از شهرها شامل منابع تامین آب برای جمعیت زیادی از آن شهر است. آبهای زیر زمینی یک منبع تجدید پذیر هستند اما در واقع بسیار آسیب پذیر می باشد.



شکل (2) - تاثیرات مجموعه های زیر سطحی بر آبهای زیر زمینی

#### 1-4- انرژی گرمایی زمین (Geothermal Energy) و ترازهای زیر زمینی :

استفاده از انرژی به منظور اهداف گرمایی در کشور های اروپایی بسیار مورد استفاده واقع شده است . در حال حاضر سه نوع تکنولوژی برای استخراج آن در حال استفاده است:

- چشمه های آب زیر زمینی (سیستم های باز)

- تبادل حرارت از طریق شمع های قائم حرارتی

- تونل های تبادل حرارتی افقی

منابع متفاوت انرژی گرمایی زیر زمینی وجود دارد ولی در بسیاری از موارد در محل های نادرست و در زمان های نامربوط قابل استفاده می باشد. ذخیره انرژی گرمایی زیر زمینی نمایشگر حرکتی پایدار به سمت توسعه است که در آینده دارای پتانسیل بالایی است. سیستم های ذخیره نیازمند بکارگیری انرژی خورشیدی و سایر منابع تجدید پذیر می باشند . ذخیره انرژی گرمایی باعث صرفه جویی در نیرو ، کاهش ابعاد و شبکه توزیع نیرو و پایین آوردن هزینه ها می شود.

توسعه<sup>1</sup> UTES دانش فنی انباره های انرژی زیرسطحی در اروپا از اوایل دهه 1990 بسیار موفق آمیز بوده است. در حال حاضر در هلند در حدود 200 پروژه استفاده از انرژی حوزه های زیر سطحی آبی در حال فعالیت است که غالباً برای سرمایش بکار می روند . در سوئد در حال حاضر 100 پروژه مختلف برای گرمایش و سرمایش / سرمایش در حال فعالیت است. یکی از اولین استفاده از شمع های فونداسیون برای ذخیره انرژی توسط کالج آکسفورد که شامل چرخش حلال نمکی در لوله هایی که در شمع ها و کف ساختمان و دیوار نصب شده است می باشد. دمای زمین همواره

<sup>1</sup> underground energy storage technologies

در طول سال در حدود  $13^{\circ}\text{C}$  است که می تواند به عنوان منبع گرمایی در زمستان و منبع سرمایی در تابستان باشد. (شکل 3)



شکل (3) - شمع های انرژی در keble college در آکسفورد

#### 5-1- مواد معدنی (Geomaterial) و ترازهای زیر زمینی :

رفتن به ترازهای زیرین مستلزم عملیات کندن و استخراج لایه های زیرین است که در مورد حجم بسیار زیادی از لایه های زیرین باید مدیریت و تصمیم گیری شود. برای مواردی مانند سنگ و شن استفاده مجدد از آنها در ساخت و ساز بسیار آسان است ولی هنگامی که لایه های زیرین دارای مشخصات ژئوتکنیکی ضعیفی هستند این لایه ها و مواد معدنی ، ضایعات به حساب می آیند بطور مثال در ژاپن حجم زیادی از مواد معدنی با کیفیت پایین باعث بوجود آوردن تکنولوژی های جدید برای تغییر رفتار و با ثبات نمودن مصالح استخراجی شده است. این تکنیک ها هم در محل و هم در خارج محل قابل اعمال است.



## 1-6- طراحی ترازهای زیر سطحی و توسعه پایدار :

توسعه فضای شهری زیر زمینی بطور گسترده از عوامل مختلف تاثیر می پذیرد که شامل موارد زیر است :

- ویژگی های زیست محیطی و تکنیکی (کیفیت خاک و سنگ ، آبهای زیر زمینی)
  - شناسایی ویژگی های ترازهای زیرین (مدل هایی که نمایشگر ترازهای زیرین است)
  - انتخاب طرح های معماری
  - موضوعات قانونی مرتبط با آنها و قوانین کاربری زمین
  - عوامل اقتصادی شامل بهای زمین ، تفاوت هزینه ساخت در زیر سطح و در روی سطح ، هزینه های زمان
  - ویژگی های اقتصادی و عملکردی افراد
- و در نهایت تلاش نهایی برای افزایش منافع زیست محیطی ، اجتماعی و اقتصادی .



شکل (4) - فضای سبز در مجموعه های زیر زمینی

## 7-1- ترازهای زیر زمینی و هزینه اجراء :

هزینه حفاری در زیر زمین در مقایسه با هزینه ساخت در سطح زمین به صورت موردی برای شهر هلسینکی در جدول (1) منعکس می باشد.

هزینه نسبی	هزینه ساخت بر حسب یورو برای طول 1 <sup>km</sup>	نوع سازه
1	4/9 میلیون	هزینه ساخت در سطح
2	9/6 میلیون	تونل سنگی
3/5	16/8 میلیون	پل
7	33/6 میلیون	تونل به روش Cut and cover

جدول (1) - مقایسه هزینه ساخت برای مترو هلسینکی بدون احتساب هزینه ریل گذاری ، علامت گذاری و غیره

## 8-1- استفاده از ترازهای زیر زمینی برای تردد خودرو سواری و پارکینگ :

با توجه به هزینه بالای احداث مسیر در زیر سطح زمین به دلایل زیر ، استفاده از این مسیرها جهت خودروی سواری توجیه ندارد :

- 1- کنترل آلودگی ناشی از وسیله نقلیه
- 2- هزینه بسیار بالای تاسیسات زیر زمین برای استفاده از این مسیرها (روشنایی ، تهویه ، تاسیسات شهری و ...)
- 3- نیاز به حفاظت بالا برای حوادث پیش بینی نشده و تامین امنیت .
- 4- ظرفیت پایین این مسیرها برای حرکت سواره در برابر متروی شهری .

بنا به دلایل فوق تردد خطوط قطار شهری باعث استفاده بسیار کار آمدتر و موثرتر نسبت به خودرو سواری خواهد شد اما از طرفی استفاده از ترازهای زیرین برای پارکینگ های طبقاتی توصیه می شود چراکه وسایل نقلیه در هنگام پارک کردن نیازی به نور ندارند و ساخت پارکینگ در زیر بهتر از ساخت پارکینگ های طبقاتی است. به طور مثال در چین در شهر پکن طرحی برای ایجاد 30 میلیون مترمربع تراز زیر سطحی تا قبل از سال 2020 وجود دارد و 30 درصد از این مجموعه به احداث پارکینگ های سواری اختصاص یافته است. همچنین ساخت بزرگراه های زیر زمینی برای کمک به ترافیک شهر پکن (چهار بزرگراه شمالی - جنوبی و دو بزرگراه شرقی - غربی) با عبور از مرکز شهر به تسهیل حرکت سواره کمک می نمایند. این پیشنهاد به صورت ابتدایی مطرح شده است و در ماه های آینده به آن بیشتر پرداخته خواهد شد ولی این موضوع از طرف موسسات تحقیقاتی ترافیکی شهر پکن به شدت مورد انتقاد واقع شده است و دلیل آن هزینه بالای احداث این بزرگراه ها نسبت به احداث خطوط مترو و عدم کنترل خروج آلاینده ها و گازها در بزرگراه ها زیر زمینی است.

## 2- نگاهی گذرا به پژوهش های جهانی:

### 1-2- پژوهش ها و همایش های بین المللی :

پژوهش های بسیاری در نقاط مختلف جهان پیرامون مباحث گوناگون برنامه ریزی و طراحی فضاهای شهری زیر سطحی با نگاهی به مبانی توسعه پایدار و دستاورد های نوین تکنولوژی در مکان یابی، تحلیل و برنامه ریزی، ساخت و ایمن سازی این گونه فضاها صورت گرفته است. و همزمان رویکردهای انسانی و روانشناختی دست یابی به فضاهای مطلوب و با کیفیت زیر سطحی و نیز چگونگی ارتباط ترازهای زیرین و فوقانی بررسی شده است. با جستجو در منابع علمی مورد اتفاق نظر چون نشریات دارای رتبه علمی ISI و نگاهی به سایت تخصصی [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com) مقالات بسیاری در این زمینه می توان بدست آورد که نشان دهنده گسترش روز افزون توجه اندیشمندان و طراحان به این مقوله است.

همچنین همایش ها و کنگره های مختلفی در گوشه و کنار جهان با حضور صاحب نظران و دست اندرکاران تولید این گونه فضاها برگزار می گردد و مسأله طراحی و ایجاد ترازهای زیر سطحی پویا و کارآمد در راستای توسعه پایدار و مشکلات پیش روی جوامع پیشرفته و در حال توسعه به گونه ای جدی پی گرفته می شود.

در این میان می توان به مرکز پژوهش فضاهای زیر سطحی اشاره کرد. این مرکز از چندی پیش همایش هایی در زمینه فضاهای شهری زیر سطحی در نقاط گوناگون دنیا برگزار نموده است. این موسسه، مرکزی بین المللی و غیر دولتی و متشکل از صاحب نظرانی است که در زمینه طراحی و شناخت و تجزیه تحلیل فضاهای زیر سطحی شهری فعالیت دارند. ایده نخستین تشکیل این مرکز در سال 1992 در پنجمین همایش بین المللی "فضاهای زیر سطحی و برنامه

ریزی شهری " در دانشگاه دلف هلند مطرح شد و این مرکز در ششمین همایش بین المللی در پاریس انسجام یافت و سر انجام به طور رسمی در پاییز سال 1996 در سندایی ژاپن تأسیس شد. دبیرخانه این مرکز در پایان هفتمین همایش بین المللی با عنوان "فضاهای زیر سطحی: شهرهای درونگرای فردا" در مونترال به کار خود ادامه داد. در سال 2008 در گردهمایی سالانه اعضا در آتن، تصمیم بر جا به جایی دبیرخانه به شهر بی جینگ چین شد و در آن جا با گروه ها و مراکز پژوهشی بسیاری چون جامعه مهندسان عمران چین (CCES) و جامعه برنامه ریزان شهری چین (UPSC) و... به همکاری نزدیک پرداخت. این مرکز با محوریت بررسی پارامترهای تعیین کننده توسعه فضاهای زیر سطحی همایش های بین المللی بسیاری در سراسر جهان برگزار کرده است:

مینپلیس (آمریکا، 1986)

شانگهای (چین، 1988)

توکیو (ژاپن، 1991)

دلف (هلند، 1992)

پاریس (فرانسه، 1995)

مونترال (کانادا، 1997)

سیان (چین، 1999)

تورین (ایتالیا، 2002)

مسکو (روسیه، 2005)

و آتن (یونان، 2007)

این مرکز به تازگی فراخوانی بین المللی جهت برگزاری دوازدهمین همایش با عنوان "استفاده از ترازهای زیر سطحی شهرها جهت هماهنگی و هم‌نوایی پایدار با محیط شهر" در نوامبر 2009 در شهر Shenzhen چین منتشر کرده است.

محور اصلی گفتمان ها، بیان فرصت ها و چالش ها در فضاهای شهری زیر سطحی است:

توسعه و بکارگیری فضاهای زیر سطحی شهری

چالش های پیش رو در توسعه فضاهای زیر سطحی

استراتژی توسعه فضاهای زیر سطحی

مسائل محیطی و ایمنی فضاهای زیر سطحی

برنامه ریزی و طراحی شبکه های عبور و مرور زیر سطحی

زیبایی شناسی محیط های زیر سطحی

ارزیابی ریسک پروژه های زیر سطحی

تکنولوژی پروژه های زیر سطحی

مسائل اقتصادی توسعه فضاهای زیر سطحی

معماری فضاهای زیر زمینی

بررسی حمل و نقل بار در تراز زیرین

پیشرفت های تکنولوژی جهت ایجاد فضاهای عمیق زیر سطحی

## 2-2- نگاه‌ی به پژوهش صورت گرفته در ژاپن (روند برنامه ریزی و ضرورت ایجاد فضاهای زیر سطحی):

### 2-2-1- فواید و معایب جنبه های محیطی استفاده از فضاهای زیر سطحی

چکیده موارد مطرح شده در مطالعات به قرار زیر است:

- در آمدی بر استفاده از فضاهای زیر سطحی در ژاپن
  - چالش های طراحی در ترازهای عمیق زیر سطحی
  - جنبه های مثبت محیطی فضاهای زیر سطحی
  - بررسی جنبه های منفی اثرگذار بر محیط
  - برنامه ریزی های آینده برای بکارگیری فضاهای زیر سطحی (شکل 5)
  - چالش های پیش رو در آینده.
- به طور خلاصه در این مطالعه جنبه های محیطی فضاهای زیر سطحی در چارچوب زیر بررسی شده اند:
- تأثیر بر حفاظت طبیعت پیرامون و کیفیت و میزان منابع آبی
  - تأثیر بر سیما و چهره شهر
  - تأثیر بر چگونگی حمل و نقل شهری و میزان آلودگی صوتی و لرزه های ناشی از عبور و مرور
  - جنبه های مختلف حفظ ایمنی در ترازهای زیر سطحی
  - تأثیرات روانی بر افراد چون احساس آسفتگی و اضطراب



شکل (5) - دور نمایی از فضاهای زیر سطحی مورد مطالعه در ژاپن

مطالعه فوق در پاسخ به پرسش "ضرورت استفاده از فضاهای زیر سطحی شهری در کلان شهرهای ژاپن چیست؟" سه نکته اساسی را ارائه می دهد:

- افزایش نیاز به فضاها و وسایل حمل و نقل عمومی مانند بزرگراه ها و قطارهای شهری
- کمبود فضاهای سطحی برای ایجاد کاربری های مورد نیاز (شکل 6 و 7)
- مقابله مناسب با بلاهای طبیعی پی در پی چون سیل و زلزله





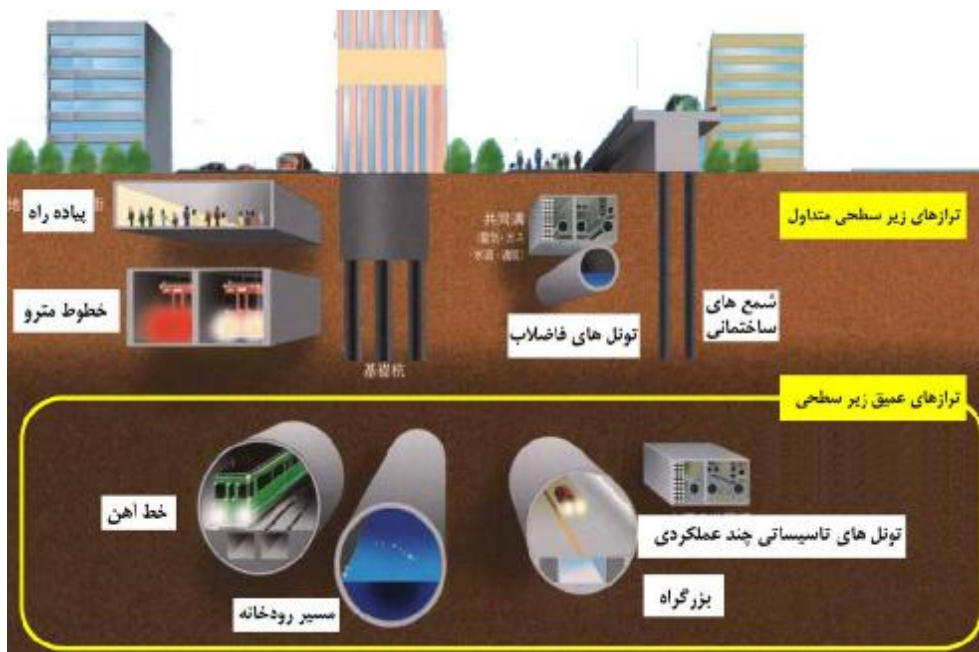
شکل (6) - قسمتی از فضای حمل و نقل زیر سطحی در بزرگراه شماره 1



شکل (7) - مرکز تجاری زیر سطحی Yaesu در ایستگاه مترو توکیو

در این مطالعه بکارگیری ترازهای عمیق زیر سطحی به عنوان راه حلی مناسب برای توسعه این گونه فضاها به دلایل زیر پیشنهاد شده است:

- فضاهای زیر سطحی عمیق به صورت کلی در شهرها استفاده نشده اند.
- استفاده از ترازهای عمیق زیر سطحی خسارت مالی برای پروژه های موجود به وجود نمی آورد.
- موانع قانونی اجرای چنین پروژه هایی به سادگی قابل بحث و تجدید نظر است.



شکل (8) - پیشنهاد استفاده کارا از ترازهای عمیق زیر سطحی در ژاپن

مرحله کار	حداکثر عمق	هدف پروژه	نام پروژه
بهره برداری	49 متر	ریل قطار	O-edo خط مترو
بهره برداری	85 متر	کنترل سیل و مخزن آب	تونل و راه آب رود Imai (شکل 9)
در دست ساخت	40 متر	بزرگراه	شاهراه شهری مدور مرکزی Shinjuku (شکل 10)
ساخت	45 متر	کنترل سیل و مخزن آب	راه آب شماره 7
ساخت	45 متر	انتقال برق	تونل تأسیساتی Hibiya-Tsukiji
برنامه ریزی	بیش از 30 متر	بزرگراه	شاهراه شهری مدور شمالی Yokohama
برنامه ریزی	40 متر	بزرگراه	کمربندی توکیو

جدول (2) - نمونه های واقعی استفاده از ترازهای عمیق زیر سطحی در ژاپن



شکل (9) - تونل اطمینان و راه آب رود Imai با حداکثر عمق 85 متر



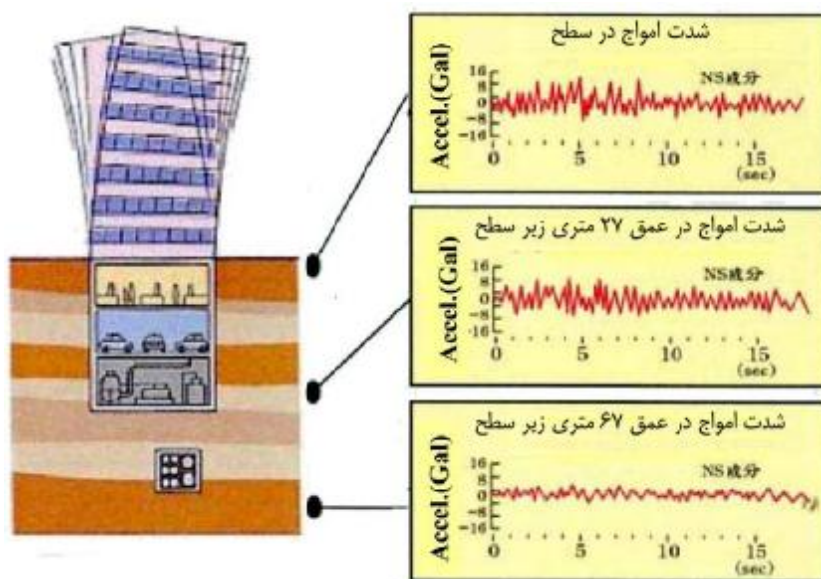
شکل (10) - شاهراه‌های شهری مدور مرکزی

## 2-2-1-1- جنبه های مثبت محیطی فضاهای زیر سطحی:

به طور گذرا جدول شماره (3) جنبه های مثبت فضاهای زیر سطحی شهری را نشان می دهد.

نمونه ها	جزئیات	سودمندی ها
داکت های چند عملکردی	جانمایی شریان های حیاتی	بهبود عملکردی
بزرگراه ها و ریل های قطار	بهبودی عبور و مرور	
مراکز خرید و پارکینگ ها	استفاده کارا از فضا	
تونل های اطمینان ذخیره آب	جلوگیری از سوانح	
تالار مراسم، سالن جیمناستیک و ...	جلوگیری از دید مزاحم	محافظت از محیط پیرامون
کنترل پسماندهای صنعتی	جلوگیری از بو، صوت و گرد و خاک مزاحم	
موزه ها و تالارهای موسیقی	عایق در برابر صوت و نور	عایق سازی کارآمد
	ایمنی جمعی	امنیت و ایمنی
	ایمنی سازه ها (شکل 11 و 12)	
موزه ها، کلیساها و فضاهای تفریحی	استفاده مناسب از مرموز بودن فضا (شکل 13)	تأثیرات روانی

جدول (3)- جنبه های مثبت بکارگیری فضاهای زیر سطحی شهری



شکل (11)- ایمنی نسبی فضاهای زیر سطحی عمیق در برابر زلزله



شکل (12)- مقایسه میزان آسیب دیدگی فضاهای رو سطحی (بالا) و زیر سطحی (پایین) در محله San-Nomiya



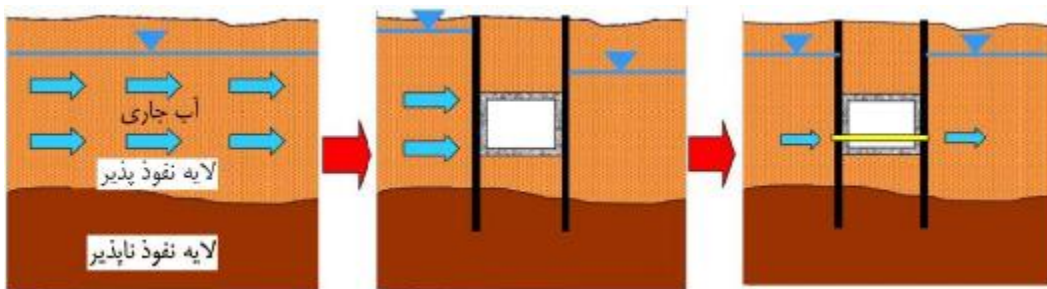
شکل (13)- استفاده مناسب از مرموز بودن فضا - نمایشگاه طلا (راست)، پارک کوشیکینو

2-2-1-2- تأثیرات منفی فضاهای زیر سطحی بر محیط:

به طور گذرا جدول شماره (4) و (5) تأثیرات منفی بکارگیری فضاهای زیر سطحی شهری بر محیط را نشان می‌دهد.

معايب فضاهای زیر سطحی	موارد	مشكلات	اقدامات پیشگیرانه
مرحله ساخت	سوانح در فضاهای باریک و تخلیه مواد ساختمانی	سوانحی چون ریزش تونل، آتش سوزی و انفجار و بلایای طبیعی چون سیل و زمین لرزه	بکارگیری ابزارهای ایمن و تعبیه راه های خروج اضطراری
	تأثیرات فیزیکی بر مردم و عبور و مرور	آلودگی صوتی، گرد و غبار، بوی نامساعد، لرزه و ارتعاش زمین، نشست های ناگهانی زمین، اختلال در عبور و مرور	پیش بینی خطر ها و مراقبت های ویژه در حین کار
	تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون (شکل 14)	تغییر تراز و تأثیر بر کیفیت آب های زیر سطحی، واکنش های شیمیایی ناشی از کندن زمین	پیش بینی خطر ها و مراقبت های ویژه در حین کار

جدول (4) - موارد کلی معایب بکارگیری فضاهای زیر سطحی در مرحله ساخت



شکل (14) - تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون (تغییر تراز آب های زیر سطحی و ارائه راهکار)

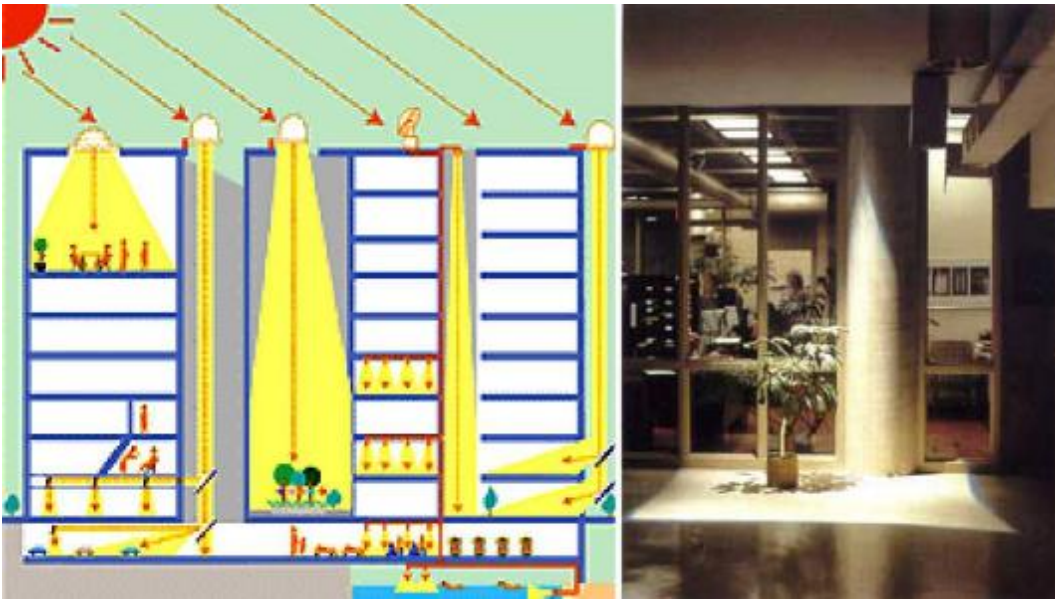
شکل (14) - تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون (تغییر تراز آب های زیر سطحی و ارائه راهکار)

معايب فضاهای زیر سطحی	موارد	مشکلات	اقدامات پیشگیرانه
مرحله بهره برداری	سوانح ناگهانی در تونل های زیر سطحی باریک (شکل 15)	اقدامات تروریستی، آتش سوزی، انفجار، زمین لرزه، سیل و خاموشی	بکارگیری ابزارهای ایمن و تعبیه راه های خروج اضطراری
	تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون	تغییر تراز و تأثیر بر کیفیت آب های زیر سطحی، آلودگی هوا، لرزش زمین و آلودگی صوتی	پیش بینی عوامل و مراقبت های ویژه در زمان بهره برداری
	عوامل آزار دهنده فیزیکی و سلب آسایش	تاریکی، دما و رطوبت نامساعد هوا، شرایط نا ایمن برای افراد کم توان	بکارگیری سیستم های تهویه مطبوع کارآمد، بهره گیری موضعی از نور طبیعی
	تأثیرات روانی	حس تشویش و اضطراب	نور پردازی و روشنایی مناسب، تعبیه راه های خروج اضطراری و حجم فضاها (شکل 16)

جدول (5) - موارد کلی معایب بکارگیری فضاهای زیر سطحی در مرحله بهره برداری



شکل (15) - سرازیر شدن ناگهانی سیل به فضاهای زیر سطحی در اثر بارش بسیار شدید



شکل (16) - بکارگیری نور طبیعی توسط آینه های گردان با جهت تابش خورشید دانشگاه مینسوتا

2-2-1-3- چالش های پیش رو در آینده:

مباحثی که در آینده باید مورد ملاحظه قرار بگیرند به قرار زیرند:

- دشواری های بسیار در نگهداری محیط و اسکان مردم
- رسیدن به ایمنی پایدار در برابر فشار زمین و آب
- توجه بیشتر به افراد کم توان و سالخورده
- درک درست از تأثیرات بلند مدت محیطی
- ایمنی و امنیت فضاهای چند عملکردی همگانی



### 3- عوامل موثر و ویژه در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی :

در بررسی نمونه ها و پژوهش های صورت گرفته در دیگر کشورها به گونه ای کلی می توان عوامل عمده شکل گیری ترازهای زیر سطحی را در چند گروه دسته بندی کرد.

#### 3-1- عوامل اقلیمی :

در بسیاری از شهرهای دارای اقلیم های بسیار سرد یا گرم، و در راستای رسیدن به توسعه پایدار مجموعه های زیر سطحی چند عملکردی در پیوند با عملکردهای مهم شهری و گاه حمل و نقل عمومی و مترو شکل گرفته است و نه تنها در زمان های نامساعد جوی بلکه با توجه به میزان جذابیت خود در تمامی روزهای سال مورد توجه و استفاده می باشند. در این میان می توان به مجموعه های زیر سطحی مونترال ، تورنتو ، شیکاگو ، هلسینکی و مسکو و در تاریخ ایران به شوادان و دیگر فضاهای زیر سطحی در شهرهای گرم و خشک کشور چون شوشتر و دزفول اشاره کرد.

#### 3-2- ایستگاه های قطار زیر سطحی :

یکی از عوامل عمده در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی وجود ایستگاه های قطار شهری است که علاوه بر تسهیل حمل و نقل عمومی زمینه بسیار مناسبی جهت رونق و گسترش فضاهای چند عملکردی در ترازهای زیر سطحی فراهم آورده است و موجب جذابیت این محیط ها شده است. از جمله می توان به شهرهای سیدنی ، سانتیاگو ، پاریس، هنگ کنگ ، اوزاکا ، توکیو ، کاوازاکی ، ناگویا، سنگاپور ، تایپه ، لندن و ... نام برد.

### 3-3- ارزش زمین :

در مواردی نیز رشد جمعیت و همزمان رشد تقاضا برای ایجاد کاربری ها و فضاهای مورد نیاز در بافت های متراکم شهری و شهرهایی که با کمبود زمین مواجه اند، دلیل اصلی نفوذ به ترازهای زیر سطحی و گسترش بخشی از حیات شهری در لایه های پایین تر از سطح بوده است. شهرهای اوزاکا ، توکیو و کاوازاکی در ژاپن از این دسته اند.

### 3-4- ارزش تاریخی :

در بعضی موارد ترازهای زیرسطحی به دلیل بافت تاریخی و قدیمی مورد توجه توریست ها و بازدید کنندگان قرار گرفته است و زمینه تاریخی فضاها بستری برای ایجاد عملکردهای نو پیرامون این مجموعه ها فراهم آورده است. از نمونه های بارز می توان به شهر زیرزمینی کاریز یا یاقوت گمشده در کیش ، **Bazar Palika** در دهلی نو و کاپادوسیا در ترکیه اشاره کرد.

### 3-5- ارزش مذهبی :

از نمونه های بارز تولید فضاهای زیر سطحی در زمینه ای مذهبی و به دلیل اهمیت امر زیارت با توجه به جمعیت بسیار زیاد زائران چه از دیگر نقاط کشور و چه از سایر کشورها و نیز زائران ساکنان در شهر، مکه معظمه و مدینه منوره می باشند. با توجه به طرح توسعه این دو شهر، به تازگی فضاها و تونل های حمل و نقل سواره و پیاده راه های تسهیل کننده

حرکت زائران و نیز فضاهای خدماتی بسیاری چون پارکینگ ها در ترازهای زیر سطحی مجاور مکان های با ارزش زیارتی تولید شده است.

به نظر می رسد مشهد مقدس نیز با توجه به جمعیت روز افزون زائران و مشتاقان حرم حضرت رضا (ع) و ضرورت تولید فضاهای کافی و مناسب و در راستای رسیدن به توسعه پایدار، نزدیک به شهرهای مقدس مکه و مدینه می باشد.

### 3-6- تغییر تراز شهر در طول زمان :

در مواردی نیز مانند سییاتل باز نگری در برنامه ریزی و تولید فضاهای نو در مرکز شهر در ترازهای بالاتر از فضاهای پیشین جهت مقابله با بالا آمدن سطح آب دریا با احیای فضاها و مجموعه های تاریخی پیشین، در واقع فضاهای زیر سطحی و کار آمدی ایجاد شده است.

بر پایه نکات پیش گفته در جدول شماره (6) مجموعه های زیر زمینی که در شهرهای مختلف قرار گرفته اند معرفی و ویژگی های موثر در شکل گیری آن ها بررسی شده است. لازم به توجه است که در بسیاری از نمونه ها چند عامل به صورت همزمان موجب تولید و رونق و نیز برنامه ریزی برای توسعه این فضاها در آینده شده است.

عوامل موثر شکل گیری					نام محل	نام شهر	نام کشور
زمینه مذهبی	زمینه تاریخی	ارزش زمین و کمبود آن	ایستگاههای عمومی فشار شهری	رعایت اقلیم			
			✓	✓	Reso	مونترال	کانادا
			✓	✓	Path	تورنتو	کانادا
		✓	✓	✓	Raute tientori	هلسینکی	فنلاند
		✓	✓		Diamor Osaka	اوزاکا	ژاپن
		✓	✓		Kawazaki Azalea	کاوازاکی	ژاپن
		✓	✓		Yaesu Chikagai	توکیو	ژاپن
			✓		-	سنول	کره جنوبی
			✓		Forum das Halles	پاریس	فرانسه
			✓		Town Hall	سیدنی	استرالیا
			✓		Canary Wharf	لندن	انگلستان
		✓	✓		Raffles Place	سنگاپور	سنگاپور
			✓		Subte	بوئینس ایرس	آرژانتین
			✓	✓	-	فرانکفورت	آلمان
			✓		-	هامبورگ	آلمان
			✓		-	هنگ کنگ	هنگ کنگ
	✓				یاقوت گم شده	کیش	ایران
	✓				کاپادوسیا	کاپادوسیا	ترکیه
	✓				Palika Bazar	دهلی نو	هندوستان
✓	✓	✓		✓	-	مکه	عربستان
			✓	✓	-	شیکاگو	آمریکا
	✓				-	سیاتل	آمریکا
					-	بیجینگ	چین
			✓	✓	Okhotnyi	مسکو	روسیه
			✓		-	تایپه	تایوان

جدول (۶) - مشخصات ترازهای زیر سطحی

#### 4- بررسی نمونه های مشابه در دیگر کشورها :

##### 4-1-1- کانادا

##### 4-1-1-1- شهر زیرزمینی مونترال

شهر زیر زمینی مجموعه ای از واحدهای مختلف در مرکز شهر مونترال ایالت کبک کشور کانادا است که بزرگترین مجموعه زیرسطحی در دنیا می باشد. در سال 2004 قسمتی از شهر زیر زمینی رزو<sup>1</sup> نام گرفت که در زبان فرانسه به معنای شبکه است . مساحت این شبکه زیر زمینی در حدود 12 کیلومتر مربع است که با بیش از 32 کیلومتر راهرو ارتباطی، در حدود 60 مجموعه مسکونی و تجاری را به هم پیوند می دهد. همچنین تسهیلات این مجموعه شامل مراکز تجاری ، هتل ها ، بانک ها ، دفتر اداری ، موزه ، دانشگاه ، 7 خط مترو شهری ، دو ایستگاه قطار و ترمینال اتوبوسرانی است (شکل 17 و 18). این مجموعه 80 درصد از فضای اداری و 35 درصد از فضای تجاری مرکز شهر مونترال را به یکدیگر متصل می نماید. بیشتر از 120 دسترسی به خارج از این مجموعه زیر زمینی وجود دارد. روزانه 500 هزار نفر از این مجموعه در روز استفاده می نمایند که دوری از ترافیک شهر و نیز در امان ماندن از سرمای شهر مونترال در زمستان از عوامل اصلی استقبال گسترده از این مجموعه زیر زمینی به عنوان یکی از جاذبه های توریستی شهر مونترال است. بیشتر قسمت های این مجموعه در طول زمان کار مترو (5/30 صبح تا 1 شب) دایر و در حال فعالیت هستند. (در حالی که بعضی از مسیرهای دسترسی تنها در ساعت فعالیت مجموعه های تجاری باز می باشند بسیاری از فضاها در طول شبانه روز باز هستند.) (شکل 19)

<sup>1</sup> Reso



شکل (17) - بخشی از فضاهای مجموعه زیر زمینی شهر مونترال

نخستین مسیر ارتباطی مجموعه زیر زمینی همراه با ساخت برج اداری The Place Ville Marie (شکل 29) و مرکز تجاری زیر زمینی در سال 1962 ایجاد شد تا دید بصری زشت ناشی از گودال ایجاد شده توسط خطوط راه آهن شمال ایستگاه مرکزی را جبران کند. با ایجاد خطوط مترو در سال 1966 در شهر مونترال تونل هایی به منظور ارتباط ایستگاه Bonaventure با هتل Chateau Champlain، برج اداری Place du Canada و برج اداری و تجاری Bonaventure، ایستگاه مرکزی و ایستگاه Windsor جهت شکل گیری هسته مجموعه مرکزی زیر سطحی ایجاد شد. هنگامی که مترو کار خود را در سال 1966 آغاز نمود، 10 ساختمان به مجموعه ایستگاه مترو متصل شدند .



شکل (18) - مرکز خرید زیرسطحی مونترال

در سال 1974 مجموعه برج اداری Desjardins (شکل 30) ساخته شد که در واقع زمینه ساخت دومین مرکز شهر به صورت زیر زمینی ما بین ایستگاه Place-des-Arts و ایستگاه Place-d ARMES با عبور از Place des ARTS ، مجموعه Desjardins ، ساختمان دولتی فدرال Guy Favreau و Palais des Congres (شکل 25) است. بین سال‌های 1984 و 1992 مجموعه شهر زیر زمینی مونترال با ساخت سه مسیر اصلی که مراکز تجاری را در ناحیه ایستگاه‌های McGill و Peel به هم متصل می کند توسعه یافت.



شکل (19) - پانلهای عمومی راهنمای ساختمانها در مجموعه زیر زمینی شهر مونترال



شکل (20) - مرکز خرید زیرسطحی مونترال



شکل (21) - ایستگاه مترو مک گیل ۱ در مجموعه زیر سطحی شهر مونترال



در سال 1990 ساخت پروژه های عظیم به ابعاد مجموعه افزود. از جمله این ساختمانها مجموعه 1000 Pe La Gauchetiere (شکل 31) (بلندترین ساختمان شهر مونترال) ، مجموعه 1250 Rene – Levesque و ساختمانهای تجارت جهانی شهر مونترال است. در نهایت در سال 2003 ، توسعه مجدد کامل ساختمان Quartier international de Montreal باعث شکل گیری بیشتر قسمت های اصلی مجموعه شهر زیر زمینی مونترال همراه با افزودن کریدورهای پیوسته پیاده بود. منحصراً تونل جدید Quartier International شامل مجموعه های آموزشی و هنری است که در حال حاضر امکان پیاده روی در طول مرکز شهر مونترال از QUAM در کنار Sainte Famille و خیابان sher brooke تا ایستگاه مترو – Lucien – Lallier در جنوب غربی Bell center بدون آمدن به سطح زمین به طول پیاده روی سه کیلومتر و فاصله هوایی 1/7 کیلومتر وجود دارد.



شکل (22) - ورودی اسکوار ویکتوریا مترو ۱ در مجموعه زیر زمینی شهر مونترال



شکل (23) - قسمتی از مجموعه زیر زمینی شهر مونترال



شکل (24) - نورگیر واقع در مجموعه زیر زمینی مونترال در کریدور  
مجموعه Place das Arts که به مترو متصل است.



شکل (25) - تونل زیر زمینی بین مرکز CDP کپیتال ۱ ، Palais des Congres



شکل (26) - تونل مرکز رزو



شکل (27) - بخشی از فضاهای مجموعه زیر زمینی شهر مونترال



شکل (28) - بخشی از فضاهای مجموعه زیر زمینی شهر مونترال



شکل (29) - ساختمان Palce Ville Marie که همراه با مال تجاری در شبکه زیر سطحی در سال 1962 ایجاد شد.



شکل (30) - مجموعه اداری و مرکز تجاری Desjardins که با ساخت آن  
زمینه ساخت دومین هسته شهر زیر زمینی در مونترال بوجود آمد.



شکل (31) - ساختمان 1000 Pe La Gauchetiere که بلند ترین ساختمان شهر  
مونترال می باشد و در سال 1990 به ابعاد پروژه مجموعه زیر زمینی شهر مونترال افزود.

#### 4-1-2- مجموعه زیر سطحی پت<sup>1</sup> تورنتو

مجموعه پت شبکه ای از تونلهای ویژه عابر پیاده به طول 17 کیلومتر در زیر برجهای اداری شهر تورنتو ایالات انتاریو در کشو کانادا است. نقطه شمالی این مجموعه تورنتو کچ ترمینیت<sup>2</sup> در خیابان دونداس و بی<sup>3</sup> است و نقطه جنوبی این شبکه ایستگاه مترو تورنتو کانونشن سنتر<sup>4</sup> است. (شکل 34) مسیر اصلی پیاده روی غالباً موازی خیابان یانگ<sup>5</sup> و خیابان بی<sup>6</sup> است. مجموعه پت بزرگترین مجموعه خرید در جهان با مساحت 371600 مترمربع فضای تجاری و شامل 1200 مغازه است. این مجموعه بسیاری از ساختمانهای مهم و جذاب در مرکز شهر را به 5 ایستگاه متصل می نماید. و روزانه 100,000 نفر را پذیرا می باشد.



شکل (32) - قسمتی از مجموعه خرید زیر زمینی در شهر تورنتو

- 1 Path
- 2 Toronto Coach Terminate
- 3 Dundas and Bay
- 4 Toronto Convention Center
- 5 Yonge
- 6 Bay

مجموعه زیرزمینی پت فضاهایی ایده آل برای ساکنان، بازدید کنندگان و توریست ها در برابر برف و بادهای شدید سرد زمستانی و گرمای تابستان بوجود آورده است. در حدود 50 برج اداری، 20 فضای پارکینگ، 5 ایستگاه مترو، دو فروشگاه بزرگ زنجیره ای، 6 هتل اصلی و یک ترمینال راه آهن از جمله فضاهای این مجموعه بشمار می آیند. همچنین شهر تورنتو دارای مجموعه زیر زمینی کوچک دیگری است که ساختمانهای متعدد را به دو ایستگاه قطار شهری متصل می نماید.



شکل (33) - ساختمان تورنتو سیتی هال مرتبط با شبکه زیر زمینی پت

#### 4-1-2-1-1- تونلهای ویژه پیاده اولیه در شهر تورنتو :

در سال 1900 ، فروشگاه زنجیره ای اتن<sup>1</sup> (شکل 41) تونلی زیر زمین در زیر خیابان جیمز<sup>2</sup> احداث نمود که برای مراجعان و خریداران امکان حرکت پیاده بین فروشگاه اصلی اتن در

<sup>1</sup> Eaton  
<sup>2</sup> James

خیابان یانگ و کوئین واتن انیکس در پشت سیتی هال<sup>1</sup> (شکل 33) را با توجه به سرمای طاقت فرسا در شرایط مناسب به وجود می آورد. این نخستین مسیر پیاده زیر زمین در شهر تورنتو است و به عنوان هسته اولیه شبکه پت معرفی شد. قسمت اصلی تونل اتن هنوز به عنوان قسمتی از شبکه پت استفاده می شود که امروزه مرکز اتن سنتر را به مجموعه اداری بل ترینتی سنتر<sup>2</sup> متصل می کند. سایر شاخه های اولیه در سال 1927 برای اتصال ایستگاه یونیون<sup>3</sup> (شکل 40) و هتل رویال یورک<sup>4</sup> (شکل 42) ساخته شد.



شکل (34) - مجموعه مرکز مترو تورنتو کانونشن<sup>۵</sup> مرتبط با شبکه زیر زمینی پت و نقطه جنوبی مجموعه زیر زمینی پت

- 
- 1 City Hall
  - 2 Bell Trinity Square
  - 3 Union
  - 4 Royal York
  - 5 Metro Toronto Convention



#### 4-2-1-2-1-4- ایجاد مجموعه جدید PATH :

ساخت مجموعه جدید پت زیر نظر مهندس شهرسازی به نام ماتیو لاوسون<sup>1</sup> در سال 1960 آغاز شد لاوسون در نهایت تعدادی از سرمایه گذاران را متقاعد نمود که مراکز تجاری زیر زمینی بسازند و به آنان قول داد که این فروشگاه ها از پایین به یکدیگر متصل شوند. نخستین طرح توسعه شهری در دهه 1960 در شهر تورنتو بوقوع پیوست و در سال 1967 پایان یافت که شامل مجموعه های خرید زیر زمینی به همراه امکان توسعه در آینده بود. در ابتدا قرار بود مسؤولان شهری بودجه آن را تقبل نمایند اما با تغییر مسؤولان شهری و آمدن افراد جدید علیرغم توجه آنها به خطوط حمل و نقل عمومی ، مسیرهای دوچرخه و پیاده روی با موضوع گسترش فعالیت های شهری در زیر زمین موافق نبودند.

این مخالفت ها به رهبری شخصی به نام جین جاکوبز<sup>2</sup> هدایت می شد که اعتقاد او مبنی بر اهمیت رونق زندگی شهری در خیابان ها بود که بر مبنای آن مردم برای خرید به استفاده از خیابان ها تشویق می شوند نه به استفاده از فروشگاه ها و مراکز تجاری چند طبقه چه بر روی زمین و چه در زیر زمین. با این وجود سرمایه گذاران این ساختمان ها ، مجموعه های تجاری را به یکدیگر متصل می نمودند و زیر زمین های کم ارزش را به ارزشمندترین فضاهای تجاری تبدیل کردند. نخستین توسعه شبکه در دهه 1970 با ساخت و ارتباط زیر زمینی برج اداری ریچموند آدلاید<sup>3</sup> و مجموعه هتل شرایتون<sup>4</sup> صورت پذیرفت.

مطابق برنامه طرح توسعه مجموعه، 45 ورودی جدید در نقاط مختلف شهر ایجاد خواهد شد و مجموع طول پیاده راه های طرح، به 60 کیلومتر افزایش می یابد.

<sup>1</sup> Matthew Lawson

<sup>2</sup> Jane Jacobs

<sup>3</sup> Richmond-Adelaide

<sup>4</sup> Sheraton



شکل های (35)، (36) و (37) - بخشی از فضاهای مجموعه زیر سطحی پت در شهر تورنتو

4-1-2-3- مجموعه های مرتبط با مجموعه PATH در شهر تورنتو عبارتند از :

§ 2 Queen Street East	§ Federal Building	§ Royal York Hotel
§ 22 Front Street West	§ First Canadian Place	§ Scotia Plaza
§ 150 York	§ Hilton Hotel	§ Sun Life Centre
§ Air Canada Centre	§ Hockey Hall of Fame	§ Thomson Building
§ Atrium on Bay	§ HSBC Bank of Canada Building	§ Toronto- Dominion Centre
§ Bay – Adelaide Centre	§ Hudson s Bay Company	§ Toronto Eaton Centre
§ BCE Place	§ ING Tower	§ Toronto Bus Terminal
§ Bell Trinity Square	§ Metlife Place	§ TTC subway stations: Dindas (TTC) , Queen (TTC) , King (TTC) , Union (TTC) , St. Andrew (TTC)
§ CBC Broadcast Centre	§ Metro Toronto Convention Centre	§ Union Station
§ Citibank Place	§ Munich Re Centre	§ Victory Building
§ City Hall	§ Richmond Adelaide Complex	§ Yonge – Richmond Centre
§ Commerce Court	§ Roy Thomson Hall	§ Royal Bank Plaza
§ Design Exchange		
§ Dundas Square		
§ Exchange Tower		



شکل (38)- فضای داخلی Toronto Eaton Centre مرتبط با مجموعه پت





شکل (40) - مجموعه ایستگاه یونیون استیشن<sup>۱</sup> مرتبط با مجموعه زیر زمینی پت



شکل (41) - فروشگاه زنجیره ای اتن در خیابان یانگ که در سال 1900 تونل زیر زمینی جهت اتصال به شعبه دیگرش در خیابان آنیکس<sup>۲</sup> احداث نمود.



شکل (42) - ساختمان رویال یورک که توسط شاخه های اولیه مجموعه زیر زمینی پت در سال 1927 به ایستگاه یونیون متصل شد.

Union Station<sup>1</sup>  
Anex<sup>2</sup>

#### 3-1-4- ونکوور :

ونکوور شامل دو مرکز تجاری است که Pacific Center و Vancouver Centre نامیده می‌شوند و در تراز زیر سطح به یکدیگر مرتبط می‌باشند و در مجموع در 3 بلوک شهری گسترش یافته‌اند و دارای بیش از 200 مغازه می‌باشند که در سطوح بالا و پایین تراز شهر گسترش یافته‌است. همچنین این مراکز خرید به ایستگاه Granville و در آینده به ایستگاه مرکز شهر ونکوور مرتبط خواهد شد.



شکل (43) و (44) - فضاهای داخلی مجموعه زیر سطحی Pacific Center

1-2-4- مجموعه زیرزمینی شهر هلسینکی :

در طرح جامع شهر هلسینکی فضاهای عمومی و مهم خصوصی در بسیاری از محوطه های زیر سطحی با بستری سنگی در نظر گرفته شده است. همچنین در این طرح، چارچوب و ضوابط مدیریت و کنترل ساخت و ساز در بستر زیر سطحی ارائه شده است. از دهه 1960 در این شهر به صورت گسترده فضاهای زیر سطحی مورد توجه قرار گرفت و تاکنون بیش از 400 پروژه و 200 کیلومتر تونل دسترسی زیر زمینی ساخته شده و بیش از 200 پروژه دیگر در برنامه های آینده شهر گنجانده شده است. و همچنان تقاضا برای تسهیلات زیر سطحی در مرکز هلسینکی رو به گسترش است.



شکل (45) - کلیسای Tempelaa در میان صخره های زیر سطحی

همچنان که ساختار شهر متراکم تر می گردد، بسیاری از فضاهای شهری با کارکردهای متفاوتی در تراز زیر سطحی ساخته می شوند و نیز ضرورت مرتبط شدن پروژه ها با یکدیگر در تراز زیرین به منظور ایجاد مجموعه های شهری یکپارچه، هماهنگ و مرتبط پررنگ تر می گردد. همزمان با برنامه زبری و طراحی پروژه های جدید شهری، توجه به تامین فضاهای کافی جهت پروژه های دراز مدت عمومی همانند تونل های حمل و نقل و داکت های تاسیسات و تسهیلات شهری بسیار اهمیت دارد. این موضوع در کنار رشد پروژه های زیر سطحی و اهمیت هماهنگی بین آن ها، منجر به ارائه طرح جامع توسعه زیرسطحی برای این شهر شده است. این طرح با روشی منطقی و سیستماتیک، کیفیت ساخت و ساز زیر سطحی را در نظر دارد.



شکل (46) - بخشی از طرح جامع توسعه زیرسطحی هلسینکی

به تازگی با اختصاص فضاهای صخره ای زیر سطحی در خارج از مرکز شهر تلاش بر آن است که تقاضا برای ساخت فضاهای زیر سطحی در مرکز شهر تعدیل گردد.



از فضاهای زیر سطحی مهم در هلسینکی می توان به ایستگاه مرکزی راه آهن که با سه ایستگاه مترو Rautatientori، Kamppi و Kaisaniemi و مراکز خرید به مساحت 55500 متر مربع، پایانه اتوبوس، پایانه حمل بار ریلی و فضاهای پارکینگ پیوند خورده است، اشاره کرد. همچنین این شبکه زیر سطحی با مرکز خرید فروم و فروشگاه های زنجیره ای استاکمن مرتبط است. دو ایستگاه Hakaniemi و Sörnäinen نیز با فضاهای تجاری زیر سطحی مشابه، ترکیب شده اند.



شکل (47)- فضاهای زیر سطحی در پیوند با ایستگاه Kamppi

فضاها و تونل های خدماتی موجود و اختصاص یافته به پروژه های آینده با توجه به اهداف برنامه ریزی به 5 دسته تقسیم شده اند:

- سیستم های تکنیکی خدمات جمعی (منابع ذخیره انرژی و آب و سیستم های ارتباط از راه دور)

- تونل های عبور و مرور و فضاهای پارکینگ
- فضاها و انبارهای ذخیره سازی
- فضاهای خدماتی و مدیریت شهری
- فضاهای مشخص شده جهت طرح های آینده



شکل (48) و (49) - فضاهای زیر سطحی در پیوند با ایستگاه Kamppi



شکل (50) و (51)- فضاهای زیر سطحی در پیوند با ایستگاه Kaisaniemi



شکل (52)- فروشگاه زنجیره ای در پیوند با ایستگاه Kaisaniemi



شکل (53) - فضاهای ارتباطی در مرکز شهر هلسینکی (در دست ساخت)

فضاهای زیر سطحی خدماتی در تراز پایین طراحی شده اند که تداخلی با سایر پروژه‌های زیر سطحی نداشته باشند. این فضاها نقشی بسیار کلیدی در توسعه ساختاری یکپارچه و کارآمد در پیوند با محیط خواهند داشت. طرح جامع زیر سطحی شهر، علاوه بر تعیین چارچوب های توسعه آینده، در جهت افزایش کارایی و بهره وری اقتصادی و بالا بردن ایمنی زیر ساخت های شهری ایجاد پروژه ها با عملکردهای گوناگون را تسهیل کرده است.



شکل (54) - استخر زیر سطحی در Itäkesku، فضای اصلی در دو طبقه گنجایش 1000 نفر تماشاچی در یک زمان و حدود 400000 بازدید کننده در سال را دارا است. این فضا که در میان صخره ها احداث شده می تواند در مواقع اضطراری سرپناه 3800 نفر باشد.



شکل (55) - تونل زیر سطحی ورزش و دویدن در هلسینکی



شکل (56) - فضاهای ورزش هاکی در تراز زیر سطحی هلسینکی

#### 3-4- ژاپن

##### 1-3-4- مجموعه های زیر سطحی Diamor Osaka و Crysta Nagahori در اوزاکا :

اوزاکا از نظر مساحت فضاهای زیر سطحی در ژاپن در رتبه نخست قرار دارد. بیشتر شهرهای ژاپن معمولاً بیش از یک مرکز شهری دارند و در اوکازا دو مرکز Umeda و Namba که اغلب مرکز شمالی و جنوبی خوانده می شوند، از اصلی ترین مراکز این شهر به حساب می آیند.



شکل (57) و (58) - مجموعه Diamor Osaka در اوزاکا

از میان پنج مجموعه بزرگ زیر سطحی در ژاپن دو مجموعه بزرگ Crysta Nagahori با 81765 متر مربع و Diamor Osaka با 42977 متر مربع مساحت در اوکازا قرار دارند که در مجموع دارای بیش از 1200 واحد تجاری و رستوران در ترازهای زیر سطحی می‌باشند. تقریباً در تمام خیابان‌های اصلی شهر پیاده راه‌های زیر سطحی که دارای کافی شاپ‌ها، رستوران‌ها، مغازه‌های تجاری متنوع با فضاهای مترو و پارکینگ‌های عمومی پیوند یافته‌اند. در زمان بارندگی و روزهای بسیار گرم تابستان، بدون هیچ محدودیتی می‌توان از ایستگاه‌های مترو و پیاده راه‌های زیر سطحی به مکان‌های دلخواه و بدون مواجه شدن با فضاهای خارجی، دست یافت.



شکل (59) - پیاده راه‌های زیر سطحی مجموعه Diamor Osaka



شکل (60) - فضاهای مترو مجموعه Diamor Osaka

از دیگر فضاهای چند عملکردی زیر سطحی در این شهر می‌توان به مجموعه‌های Whity، Dojima، Gare و مرکز تجاری هیلتن اشاره کرد. به بیان دیگر بسیاری از جذابیت‌های این

شهر در نگاه نخست دیده نمی شود، مگر اینکه با کمی جستجو با دنیای خارق العاده زیر سطحی آن آشنا شویم.



شکل (61) و (62) - فضاهای داخلی مجموعه زیر سطحی Diamor Osaka

در اوکازا بخشی از حمل و نقل سواره در بزرگراه ها در روی سطح در نظر گرفته شده در حالیکه بخش عمده‌ای از پیاده راه ها در پیوندی پیچیده با مراکز خرید عمده به زیر زمین منتقل شده است. در فضاهای جدید تر، با تکنیک های طراحی و آفرینش سکانس های ناگهانی برخورد با نور طبیعی و استفاده از گیاهان دکوراتیو، آبنماها و مجسمه سعی در پوشاندن ماهیت تونل مانند و تاریک فضاها شده است.





شکل (63) - بکار گیری تکنیک های طراحی جهت کاهش حس زیر سطح بودن



شکل (64) - استفاده از پوشش گیاهی و سرزندگی فضا



شکل (65) - خلق سکانس های جذاب

در مجموعه Crysta Nagahori معماران سعی در تعدیل حس زیر سطحی بودن فضاها به کمک ترفند های معمارانه داشته اند و نور فیلتر شده خورشید، آبنما ها و سقف های شیشه ای در حدود یک سوم از فضاها بکار گرفته شده است. بسیاری از مشتریان این فضا به علت پیوند مناسب آن با 5 ایستگاه مترو ابراز خشنودی می نمایند. بیش از 100 مغازه و 1030 فضای پارکینگ در این مجموعه در زیر سطح طراحی شده است.



شکل (66) و (67) - مجموعه Crysta Nagahori در اوزاکا

#### 2-3-4- مجموعه Kawasaki Azalea در کاوازاکی :

این مجموعه در کاوازاکی به مساحت 56704 مترمربع واقع شده است و شامل فضاهای متنوع تجاری زیر سطحی است.



شکل (68) و (69)- مجموعه Kawasaki Azalea در کاوازاکی

#### 2-3-4- مجموعه های زیر سطحی توکیو :

در مرکز شهر توکیو ایستگاه های مترو در تراز زیرین شهر به یکدیگر مرتبط شده اند و شامل مراکز خرید زیر سطحی می باشند که دو ایستگاه Shinjuku و Shibuya از نمونه های بارز آن به شمار می روند. شبکه تونل های زیر سطحی به توکیو چهره یک کلان شهر واقعی داده است.

#### 4-4-4 - کره جنوبي

##### 4-4-4-1 - ایستگاه های مترو سئول :

در بسیاری از ایستگاه های اصلی مترو سئول، پیاده راه های زیر سطحی که دارای کافی شاپ ها، رستوران ها مغازه های تجاری متنوع و فضاهای جنبی دیگر هستند با فضاهای مترو پیوند یافته اند.



شکل (70) - فضای نمایشگاهی در پیوند با ایستگاه مترو



شکل (71) - فضای مطالعه و کتابخانه در پیوند با ایستگاه مترو

در مجموعه های زیر سطحی سئول معماران با آفرینش فضاهای نمایشگاهی، مطالعه، کنسرت و تالارهای جشن در پیوند با فضاهای مترو و نیز به کمک ترفند های معمارانه سعی در تعدیل حس زیر سطحی بودن فضاها داشته اند. در برخی نقاط نور فیلتر شده خورشید، آبنما ها و سقف های شیشه ای به کار گرفته شده است.



شکل (72) - فضای کنسرت در ایستگاه مرکزی سئول



شکل (73) - تالار مراسم در ایستگاه مرکزی سئول



شکل (74) - مغازه های تجاری در پیوند با فضاهای زیر سطحی مترو



شکل (75) و (76) - مغازه های تجاری موجب سرزندگی فضاهای زیر سطحی در سئول شده اند.

#### 4-5- فرانسه

#### 4-5-1- پاریس :

مجموعه The Forum des Halles پاریس یک مجموعه تجاری چند طبقه و مرکز خرید است که در سال 1979 افتتاح شده است . این مجموعه به ایستگاه زیر زمینی قطار شهری متصل است.



شکل (77)- ایستگاه زیر زمینی Halles – les – chatelet

Les Halles ناحیه ای از شهر پاریس می باشد که در سال 1971 نوسازی و تبدیل به یک مجموعه تجاری به نام Forum des Halles شد. این مجموعه جایگزین مجموعه عمده فروشی بزرگی با همین نام شده است. از ویژگی های بارز آن فضای باز مرکزیش همچون یک چاله در زیر سطح خیابان است . در زیر زمین این مجموعه ایستگاه زیر زمینی Halles – les – chatelet واقع است. (شکل 77، 78 و 79)



شکل (78) - میدان Les Halles پاریس

Les Halles بازار اصلی شهر پاریس در سال 1183 میلادی است. پادشاه فیلیپ دوم<sup>1</sup> این بازار را توسعه داد و برای افرادی که از نقاط مختلف برای فروش محصولات خود می آمدند سایه بان ایجاد نمود. در دهه 1850 ساختمان های بزرگ از آهن و شیشه ساخته شدند و Les Halles به عنوان "شکم شهر پاریس" (stomach of Paris) شناخته شد. هم اکنون این مجموعه تبدیل به یک نقطه همگرایی در مجموعه سیستم قطار شهری پاریس که در دهه 60 به وجود آمده شده است.



شکل (79) - عکس از پارک ، کلیسا و پلازا در Forum des Halles

<sup>1</sup> Philipp II





شکل (80) و (81) - مجموعه تجاری زیر سطحی Forum des Halles



شکل (82) - فضای درونی مجموعه تجاری مرتبط با مترو

4-5-2- پاریس - لوور :

مجموعه تجاری زیر سطحی Carrousel که دقیقا در ضلع غربی موزه لوور و در تراز زیرین واقع شده، به گونه ای بسیار کارا پیوند دهنده ایستگاه مترو و ورودی زیر سطحی موزه است. در این مجموعه غرفه های متعدد تجاری، کتابفروشی ها، غرفه های فروش آثار هنری و تالار بزرگ برگزاری مراسم فصلی مد وجود دارد. در قسمت غربی مجموعه پارکینگ های عمومی زیر سطحی قرار دارد. در محل پیوند مجموعه تجاری و موزه لوور هرم معکوسی جهت تعریف فضا و تامین نور طبیعی با جداره های شیشه ای طراحی شده است که یاد آور هرم ورودی اصلی موزه لوور در تراز فوقانی است.



شکل (83) - هرم معکوش شیشه ای در محل اتصال مجموعه زیر سطحی Carrousel و موزه لوور

این مجموعه فضای جذابی را برای بسیاری از بازدیدکنندگان موزه لوور که با استفاده از خط یک مترو به ایستگاه موزه لوور وارد می شوند، فراهم می آورد.



شکل (84) - مجموعه زیر سطحی Carrousel، پیوند دهنده ایستگاه مترو و ورودی زیر سطحی موزه



شکل (85) - مجموعه زیر سطحی Carrousel



شکل (86) - هرم ورودی اصلی موزه لوور

#### 4-6- استرالیا

#### 4-6-1- سیدنی :

سیدنی مراکز خرید متعددی پیرامون ایستگاه تاون هال<sup>1</sup> (شکل 87) دومین ایستگاه شلوغ در شبکه راه آهن شهری سیدنی بعد از ایستگاه مرکزی دارد. این ایستگاه در مرکز تجاری شهر و در مقابل مجموعه ساختمانی سیدنی تاون هال<sup>2</sup> واقع است. سایت این مجموعه اولین گورستان شهر سیدنی در سال های 1793 تا 1820 بوده که بسیاری از مجرمان، سربازان و ساکنان دیگر در آن دفن می شدند. این سایت تا دهه 1860 و قبل از تصمیم برای ساخت ساختمان تاون هال و کلیسای جامع به فراموشی سپرده شده بود. سرانجام این ایستگاه در سال 1932 افتتاح شد.



شکل (87) - ورودی به ایستگاه قطار شهری تاون هال در سیدنی استرالیا

Town Hall<sup>1</sup>  
Sydney Town Hall<sup>2</sup>

امکان حرکت پیاده از این ایستگاه تا ایستگاه بعدی که در مرکز واقع است وجود دارد. پیاده راه ها از جنوب به سینمای خیابان George و از غرب به مجموعه تاون هال و از شمال به مرکز خرید خیابان Pitt و به سایر مراکز خرید مانند ساختمان کوئین ویکتوریا<sup>1</sup> (شکل 88 و 89) میدان تاون هال، میدان مرکزی سیدنی مجتمع های اسکای گاردن، گلاس هاوس و مرکز خرید پاولون<sup>2</sup> متصل است. طول فضاهای ارتباطی زیر سطحی به سه کیلومتر می رسد و قرار است پیاده راهی با حدود 500 متر نیز میدان مرکزی سیدنی را به چند ساختمان دیگر پیوند دهد.



شکل (88) - سکوی شماره 2 در ایستگاه تاون هال

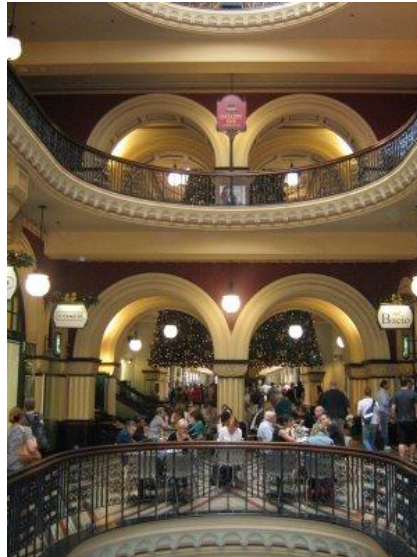


شکل (89) - نمای ساختمان کوئین ویکتوریا از سمت انتهای جنوبی که با ایستگاه زیر زمینی تاون هال مرتبط است

Queen Victoria<sup>1</sup>  
Pavillion<sup>2</sup>



شکل (90) - نمایی از داخل مجموعه کوئین ویکتوریا در شهر سیدنی



شکل (91) - نمایی از داخل مجموعه کوئین ویکتوریا در شهر سیدنی



شکل (92) - رستوران مرکز خرید زیرسطحی خیابان Pitt

#### 7-4- انگلستان

4-7-1- مجموعه زیر زمینی کنری وارف<sup>1</sup> در شهر لندن :

این مجموعه یک ایستگاه زیر زمینی مترو شهری است .

4-7-1-1- تاریخچه :

قبل از ایجاد خط جوبیلی<sup>2</sup> ، حمل و نقل عمومی در این منطقه ضعیف بود. با وجود ایستگاه قطار سبک شهری داکلند<sup>3</sup> در کنری وارف که از سال 1987 مشغول بکار شد مشخص بود که قبل سال 1990 به ظرفیت خود می رسد. با شکل گیری خط جوبیلی که از کنری وارف می گذشت از فشار وارده بر این ناحیه کاسته شد.

شکل تیوپی ایستگاه نمادی از گسترش خط جوبیلی است و طرح آن در سال 1990 توسط آرشیلتکت نورمن فاستر<sup>4</sup> ارائه شد. این مجموعه به روش " Cut and cover " به عمق 24 متر و طول 265 متر ایجاد شد.



شکل (93) - ایستگاه تیوپی شکل کنری وارف

<sup>1</sup> Canary wharf tube station

<sup>2</sup> Jubilee

<sup>3</sup> Dockland

<sup>4</sup> Sir Norman Foster

#### 4-7-1-2- وضعیت کنونی Canary Wharf :

در روی سطح زمین علامت کوچکی از یک مجموعه بزرگ وجود دارد. دو سطح شفاف قوسی شکل در انتهای شرق و غرب ایستگاه قرار دارد و نور و روشنایی را به قسمت مرکز فروش بلیط در زیر منتقل می کند. یک پارک عمومی بین این دو قوس شفاف در بالای محوطه ایستگاه قرار دارد. ایستگاه کنری وارف تبدیل به یکی از شلوغ ترین ایستگاه ها شده است که ناحیه تجاری کنری وارف را پوشش می دهد. در این مجموعه سه ایستگاه در زیر زمین از طریق مراکز تجاری به یکدیگر متصل می شوند.



شکل (94) - نمایی از داخل کنری وارف



شکل (95) - نمای داخلی کنری وارف





شکل (96) - محوطه ایستگاه در کنری وارف



شکل (97) - محوطه ایستگاه در کنری وارف



شکل (98) - محل ایستگاه قطار جویلی در مجموعه زیر زمینی کنری وارف

8-4-1- مجموعه زیر زمینی واقع در Raffles Place MRT :

شبکه های زیر سطحی بسیاری پیرامون ایستگاه های اصلی شبکه حمل و نقل سریع السیر سنگاپور مانند ایستگاه Raffles Place وجود دارد. این ایستگاه، ایستگاه اصلی تغییر خط شمالی - جنوبی و شرقی - غربی شهر سنگاپور است. و دقیقاً در زیر ناحیه تجاری Raffles Place در مرکز شهر واقع است. (شکل 99) ایستگاه زیر زمینی دارای تعداد زیادی ورودی و خروجی است و با 19 ساختمان اصلی و مرکز تجاری Raffles Xchange با این ایستگاه در زیر سطح مرتبط است. در فازهای آینده توسعه فضاهای زیر سطحی تمام مرکز و فضاهای پیرامون با شبکه پیاده راه های زیر سطحی تا مرکز تجاری Marina Bay پیوند خواهند خورد.



شکل (99) - نمایی از داخل مرکز تجاری Raffles Xchange که با شبکه مترو در زیر مرتبط است.



شکل (100) - ایستگاه و مرکز تجاری Raffles Place



شکل (101) - پیاده راه زیر سطحی مرکز تجاری Marina Bay

همچنین مرکز تجاری CityLink با بیش از 60000 متر مربع مغازه های تجاری زیر سطحی، با ایستگاه City Hall و تئاتر Esplanade و مجموعه Suntec City و دیگر فضاهای مرکز شهری Marina مرتبط است و در آینده نزدیک به ایستگاه Esplanade نیز مرتبط خواهد شد.



شکل (102) - یکی از ورودی های ایستگاه CityLink



شکل (103) - پیاده راه زیر سطحی پیوند دهنده ایستگاه و مرکز تجاری CityLink



شکل (104) - پیاده راه زیر سطحی پیوند دهنده ایستگاه و مرکز تجاری CityLink



شکل (105) - پیاده راه زیر سطحی پیوند دهنده ایستگاه و مرکز تجاری CityLink



شکل (106) - پیاده راه زیر سطحی پیوند دهنده ایستگاه و مرکز تجاری CityLink



شکل (107) - پیاده راه زیر سطحی پیوند دهنده ایستگاه و مرکز تجاری CityLink



شکل (108) - مرکز تجاری زیر سطحی CityLink



شکل (109) - مرکز تجاری زیر سطحی CityLink

مراکز تجاری Orchard Road نیز با پیاده راه ها و فضاهای تجاری زیر سطحی بویژه پیرامون ایستگاه های Orchard, Somerset و Dhoby Ghaut مرتبط می باشند. طبق برنامه قرار است تمامی ساختمان ها در این محدوده با پیاده راه های زیر سطحی به طول بیش از چهار کیلومتر به یکدیگر پیوند یابند.

#### 4-9- آرژانتین

##### 4-9-1- بوئنس آیرس :

در بسیاری از ایستگاه های مترو Subte قدیمی ترین سیستم مترو بوئنس آیرس مغازه های کوچک، کیوسک ها و کافی شاپ طراحی شده است و در مراکز اصلی شهر فضاهای بزرگ تجاری و اداری و ایستگاه های مترو از طریق پیاده راه های زیر سطحی به یکدیگر مرتبط می گردند. برخی ایستگاه ها چون Obelisk of Buenos Aires که در آن سه خط مترو تا چهار طبقه در زیر زمین گسترش یافته اند. از دیگر مراکز زیر سطحی در پیوند با ایستگاه های مترو می توان به Estacion Retiro و Estacion Constitution و Estacion Once اشاره کرد.



شکل (110) - نمای داخلی ایستگاه مترو Subte



شکل (111) - نمای داخلی ایستگاه مترو Subte



شکل (112) - ورودی ایستگاه Callao-Subte



شکل (113) - نمای داخلی ایستگاه مترو Subte



شکل (114) - نمای داخلی کافه مارگت در مترو Subte



#### 10-4 - آلمان

#### 1-10-4 - فرانکفورت :

مرکز خرید زیر سطحی فرانکفورت که 'B-Ebene' نامیده می شود با مساحتی قابل توجه، پیوند دهنده دو ایستگاه مرکزی Hauptbahnhof و Hauptwache در تراز زیر سطح می باشد.



شکل (115) - ورودی مرکز خرید B-Ebene



شکل (116) - ورودی ایستگاه Hauptbahnhof



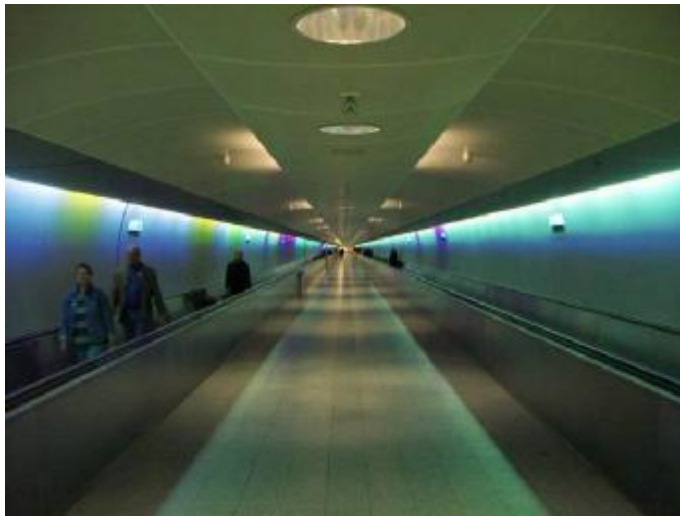
شکل (117) - مرکز خرید ایستگاه Hauptbahnhof



شکل (118) - مرکز خرید ایستگاه Hauptbahnhof



شکل (119) - ایستگاه Hauptbahnhof



شکل (120) - پیاده راه فرودگاه فرانکفورت



شکل (121) - ایستگاه مترو فرودگاه فرانکفورت و مراکز تجاری زیر سطحی

همچنین در اشتوتگارت مرکز بزرگ تجاری Klettpassage به ایستگاه اصلی قطار Hauptbahnhof از طریق خیابان اصلی Königstraße پیوند خورده است.

#### 10-4 - آلمان

##### 2-10-4 - هامبورگ :

ایستگاه های مترو Jungfernstieg و Rathaus هامبورگ بوسیله ورودی های متعدد و پیاده راه های زیر سطحی که بعضی دارای مغازه های مختلف نیز می باشند، به یکدیگر و نیز مرکز تجاری Europapassage مرتبط شده اند.

در برلین بسیاری از ساختمان ها در شرق Friedrichstraße حد فاصل Quartier و گالری Lafayette در تراز زیر سطح به یکدیگر پیوند خورده اند. مغازه های تجاری در دو سوی خیابان زیر سطحی تا ایستگاه U-Bahn گسترش یافته اند.



شکل (122) - بخشی از پیاده راه ایستگاه U-Bahn

که با فضاهای تجاری مرتبط است

#### 11-4- هنگ کنگ

##### 1-11-4- ایستگاه های مترو هنگ کنگ :

در هنگ کنگ بسیاری از نقاط ایستگاه های مترو شهری و برون شهری در تراز زیر سطحی به ساختمان ها و مراکز عمده تجاری در اطراف خود متصل شده است. از نمونه های شاخص می توان به دو ایستگاه Tsim Sha Tsui و East Tsim Sha Tsui در مرکز شهر اشاره کرد.



شکل (123)- فضاهای تجاری داخلی ایستگاه East Tsim Sha Tsui



شکل (124)- فضاهای تجاری زیر سطحی در پیوند

با ایستگاه East Tsim Sha Tsui



شکل (125) - ورودی ایستگاه East Tsim Sha Tsui



شکل (126) - فضای داخلی ایستگاه East Tsim Sha Tsui



شکل (127) - فضاهای تجاری زیر سطحی در

پیوند با ایستگاه Tsim Sha Tsui



شکل (128) - فضاهای تجاری زیر سطحی در

پیوند با ایستگاه Tsim Sha Tsui



شکل (129) - پیاده راه زیر سطحی Kowloon



شکل (130) - پیاده راه زیر سطحی Mody

پیوند دهنده ایستگاه های مترو هنگ کنگ

## 4-12-ایران

### 4-12-1- کیش :

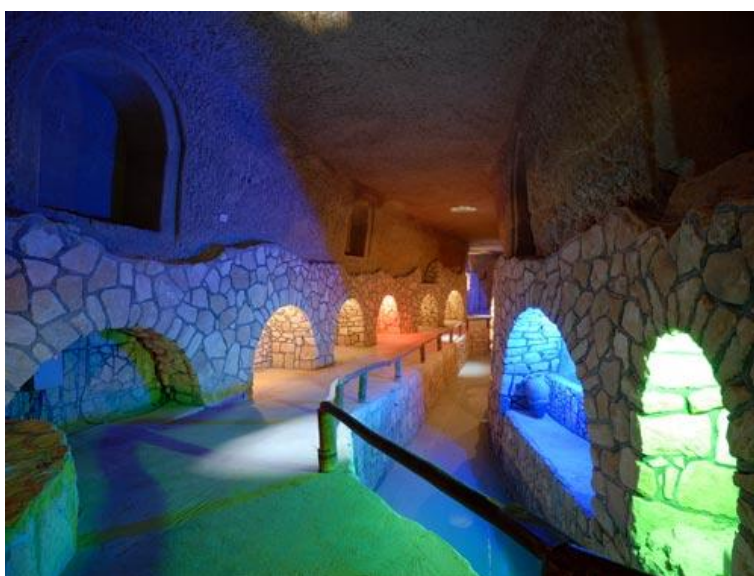
شهر زیر زمینی کاریز یا یاقوت گم شده بازمانده قنات اصلی کیش است که در دوران گذشته ساخته شده است و در حال حاضر یکی از نقاط دیدنی کیش برای گردشگران می باشد. این قنات بیش از 2500 سال قدمت دارد و آب شیرین قابل شرب ساکنان جزیره را تامین می کرده است که اکنون یک شهر زیر زمینی شگفت انگیز با مساحتی بیش از 10000 متر مربع است.



شکل (131) و (132)- مجموعه زیر سطحی کاریز در کیش



در سال های اخیر تلاش های بسیاری جهت بازسازی و حفظ بافت تاریخی و احیای آن صورت گرفته است و علاوه بر جذابیت فضایی و تاریخی مجموعه، در نظر گرفتن کاربری های جدیدی چون غرفه های صنایع دستی ایران و جهان، رستوران سنتی و جدید، موزه، سالن آمفی تئاتر و سالن کنفرانس، گالری های هنری کارایی آن را دو چندان نموده است.



شکل (133) - نورپردازی مجموعه زیر سطحی کاریز



شکل (134) - فضاهاى داخلی مجموعه زیر سطحی کاریز

شهر کاریز در عمق 16 متری زیر زمین قرار دارد و سقف آن هشت متر ارتفاع داشته و بیشتر پوشیده از سنگواره، صدف و مرجان هایی است که با نظر کارشناسی 270 تا 570 میلیون سال قدمت دارد و اجزای آن شناسایی و دارای شناسنامه رسمی است. این مجموعه تنها بنایی است که سقفی مملو از صدفها و مرجانهای طبیعی دارد. در برنامه ریزی های انجام شده کاربری های گوناگونی چون مراکز اقامتی ، تجاری و تفریحی در زمینی معادل 60000 متر مربع در میان پارک وسیعی در محوطه سطحی کاریز احداث خواهد گردید.



شکل (135)- ورودی مجموعه زیر سطحی کاریز در کیش

4-12-2- شوشتر و دزفول :

شوادان ها که شبادان، شبابیک، خشیان و باد کش نیز نامیده می شوند، زیر زمینی با عمق بسیار زیاد هستند که به طور مشخص در شهرهای دزفول و شوشتر دیده می شوند. و بوسیله پوسته ضخیم زمین اطراف خود محافظت می شوند به طوری که حرارت و گرمای خارج به سادگی به فضای زیرین نفوذ نمی کند. با توجه به ویژگی خاک این دو شهر، این فضاها که در دل زمین حفر می شده اند، معمولاً فاقد مصالح بنایی بوده اند و حداکثر در مواردی بخش هایی از دیواره آن با گچ پوشانده می شده است. سقف آن گنبدی و فاقد سازه بوده و در بالاترین قسمت سقف، حفره ای متصل به کف حیاط تعبیه می شده است.



شکل (136)- ورودی شوادان قلعه تاریخی سلاسل شوشتر

شوادان ها اغلب در عمق 10 الی 20 متری زمین تعبیه شده و برخی از آن ها به دو قسمت تقسیم می شده اند. قسمت اول شبستان نامیده می شود که عمق آن تا سطح زمین

به 7 الی 10 متر می رسد و قسمت دوم شوادان است که عمیق تر و تا عمق 20 متر هم می رسد. این فضاها در عمق حدود 12 متری معمولاً به فضایی بزرگتر می رسند که به صورت مکانی مرکزی ، به شوادان همسایه مربوط می شود و با گذشتن از پله های دیگر به رودخانه می رسد. این مجموعه پیچ در پیچ ساختمانی تمام خانه های شهر را در زیر به هم وصل می نموده است. اغلب این فضاها زیرزمینی با هم در ارتباط هستند. در گذشته برای این که ساکنین در طول روز کمتر در معرض تابش آفتاب و هوای گرم قرار بگیرند مبادلات پای پای با همسایه ها در همین فضاها صورت می گرفته است. این ارتباطات به طریقی صورت می گرفت که حریم همسایه رعایت شود. شوادان ها علاوه بر مکش حفره بالا که موجب جریان هوا می شود، از پدیده نفوذ تأخیری فصول در زمین استفاده می کنند. در چنان عمقی معمولاً با دمای یک یا حتی دو فصل قبل روبرو هستیم. این فضاها عملاً تزییناتی ندارند و اغلب الگوی فضای مشخصی در آن ها دیده نمی شود.



شکل (137) - شوادان قلعه تاریخی سلاسل شوشتر

فلسفه وجودی آن ها را باید بیشتر در ارتباط با هوای گرم این منطقه دانست. از طرف دیگر چون شهرستان شوشتر دارای موقعیت مناسب جغرافیایی و سرزمینی حاصلخیز و سرسبز بوده است، دائما مورد توجه دشمنان خارجی قرار گرفته و جنگ‌های مختلفی در این منطقه صورت پذیرفته است. بنابراین شوادان ها در موقع لزوم بعنوان پناهگاه مورد استفاده قرار می گرفته است. علاوه بر این، شوادان ها در ایجاد ارتباط بین افراد ساکن یک منطقه نقش مؤثری داشته‌اند. در گذشته شوادان ها نقشی چون کولر و یخچال داشته‌اند. بطوریکه اگر در یک محله خانواده ای دارای شوادانی بود سایر خانواده هایی که فاقد شوادان بودند از همین یک زیر زمین برای خنک کردن آب و مواد غذایی خود استفاده می کردند و اغلب در هنگام ظهر نیز که هوا گرم می‌شد سایر همسایه ها برای استراحت در همان یک شوادان جمع می شدند. معمولا اکثر مساجد دارای شوادان بودند و این شوادان ها مانند خود مساجد مورد استفاده عموم قرار می گرفتند. به این معنا که اکثر مردهای یک محله در شوادان مسجدی و زن ها نیز در شوادان مسجدی دیگری جهت فرار از گرما گرد هم جمع می شدند. شوادان ها در ایام انقلاب اسلامی و جنگ تحمیلی عراق علیه ایران به عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار می گرفتند.

#### 13-4- ترکیه

#### 1-13-4- کاپادوسیا :

مجموعه Cappadocia شامل مجموعه ای از شهرهای تاریخی زیر زمینی است که در محوطه های خاص آتشفشانی شکل گرفته اند و توسط مسیحیان بعنوان مخفیگاه در زمان های قدیم استفاده می شده است و امروزه تبدیل به محوطه های باستانشناسی و جذب گردشگر شده است. به تازگی در سال 2007 مجموعه بزرگی نیز در Gazimir کشف شده است.



شکل (138) و (139)- مجموعه زیر سطحی کاپادوسیا

#### 4-14- هندوستان

#### 4-14-1- دهلی نو :

مجموعه پالیکا بازار<sup>1</sup> یک بازار زیر زمینی همراه با سیستم تهویه مطبوع است که در دهلی در هندوستان واقع است. این مجموعه شامل 390 مغازه است که محصولات متفاوتی را می‌فروشند. مجموعه پالیکا بازار در اواخر دهه 1970 ساخته شد. از اوایل دهه 1980 از تعداد مراجعان به این مجموعه به دلیل افتتاح فروشگاه‌ها و مراکز خرید متعدد در شهر دهلی کاسته شده است. این مجموعه بسیار مورد توجه گردشگران می‌باشد و به عنوان یک مرکز خرید ارزان شناخته شده است و همچنین فروش اجناس قاچاق و غیر قانونی در این مرکز بسیار رواج دارد.



شکل (140) و (141)- مجموعه زیر سطحی پالیکا بازار

## 15-4- ایالات متحده امریکا

### 15-4-1- مجموعه زیر زمینی شهر شیکاگو :

این مجموعه ترکیبی از تونل‌های زیر زمینی ، محوطه سازی و پل‌های هوایی و ... است. این مجموعه در برابر هوای نامساعد محافظتی برای استفاده کنندگان از این مجموعه است و شامل 40 بلوک شهری است اما شبکه به طور یکسان متصل نمی باشد و در واقع از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. قسمت اول که بخش بزرگتری را شامل می شوند شامل ادارات و ساختمان های تجاری است که به CTA و به ایستگاه های قطار مترا<sup>1</sup> متصل است. قسمت دوم تعدادی ساختمان را در شرق خیابان میشیگان در جنوب رودخانه شیکاگو به یکدیگر متصل می نماید. به طور مثال می توان به صورت پیاده از مرکز جیم تامپسون<sup>2</sup> از طریق پرو دنتیال پلازا<sup>3</sup> به مرکز فرهنگی مارشال فیلد<sup>4</sup> بدون نیاز به بیرون آمدن از این مجموعه زیر زمینی رفت.

ارتقاء این مجموعه در سال 1951 اتفاق افتاد که تونل هایی در طول یک بلوک شهری ما بین استیت<sup>5</sup> و دیربرن<sup>6</sup> ایستگاه های رد<sup>7</sup> و بلو<sup>8</sup> خط CTA را به یکدیگر متصل می نمود. در دهه های اخیر این مجموعه توسط مسؤولین شهری و بخش خصوصی به صورت مشترک توسعه یافته است و حتی امروزه نیز این مجموعه در حال رشد و توسعه است. به

- 
- 1 Metra
  - 2 Jame R Thompson
  - 3 Prudential Plaza
  - 4 Marshall Field
  - 5 State
  - 6 Dearborn
  - 7 Red
  - 8 blue



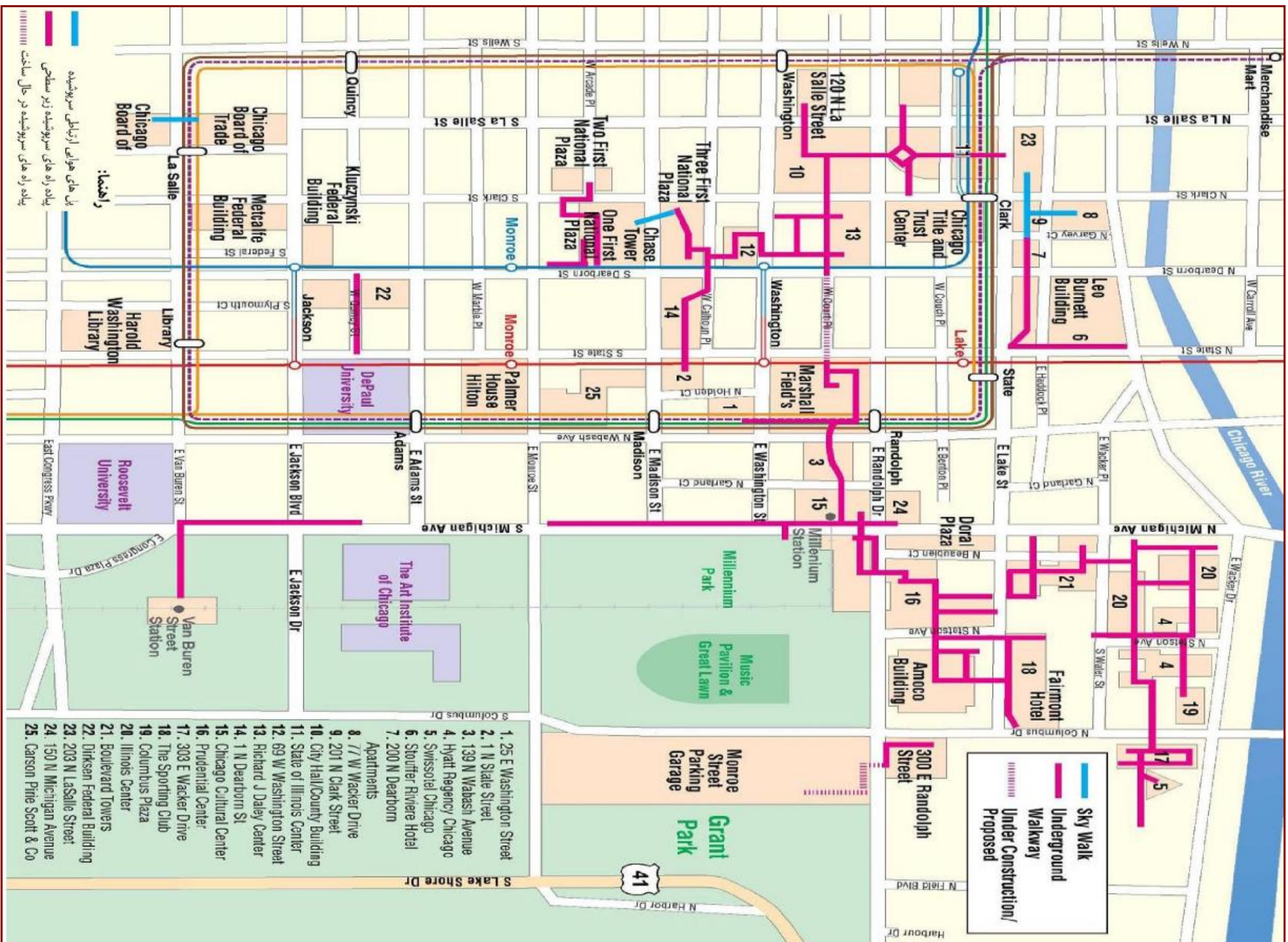
دلیل عدم برنامه ریزی در اجرای این مجموعه فاقد طرحی یکنواخت است و هر قسمت از شبکه دارای ویژگی های خاص خود است.



شکل (142) - نقشه شبکه زیر زمینی شهر شیکاگو به عنوان راهنمایی برای استفاده کنندگان نصب شده است.



شکل (143) - محل ورود و خروج به مجموعه زیر سطحی شهر شیکاگو



شکل (144) - نقشه مجموعه زیر زمینی شهر شیکاگو

#### 4-15-2- آتلانتا، جورجیا :

مجموعه زیر سطحی آتلانتا در حقیقت جایگزین سطح اصلی مرکز شهر سابق شده است و خیابان های امروزی جایگزین خیابان های احداث شده در دهه 1920 شده اند. این مجموعه شامل مراکز خرید، رستوران ها و مراکز تفریحی در مرکز شهر آتلانتا در ایالات جورجیا آمریکا است. این مجموعه در نزدیکی تقاطع خطوط راه آهن واقع است و در سال 1969 افتتاح شده است.



شکل (145) - نمای داخلی مجموعه زیر سطحی شهر آتلانتا

#### 4-15-3- شهر زیر زمینی سیاتل :

این مجموعه زیر زمینی شبکه راهروها و زیر زمینها در مرکز سیاتل در ایالت واشنگتن آمریکا است که در واقع در ابتدا در سطح زمین اجرا شده است که بعدها به دلیل ساختن خیابان ها در تراز بالاتر دیگر این مجموعه استفاده نشده و در سال های اخیر مورد توجه

گردشگران قرار گرفته است. در سال 1889 قسمت اعظم ناحیه تجاری شهر سیاتل در آتش سوخت. بعد از آن تصمیم گرفته شد که شهر در تراز یک یا دو طبقه بالاتر از سطح خیابان ساخته شود.

با اجرای این طرح برای مدتی عابرین پیاده از نردبان برای حرکت بین تراز خیابان و ورودی ساختمان ها استفاده می نمودند. امروزه تنها قسمت کوچکی از مجموعه زیر زمینی این شهر بازسازی و برای بازدید کنندگان قابل دیدن است.

#### 4-15-4- آلبنی ، نیویورک :

میدان امپایر استیت در آلبنی، دارای فضاهای زیر سطحی بسیاری شامل بانک ها، رستوران ها، غذا فروشی های کوچک، خرده فروشی ها، یک ایستگاه پلیس و یک مرکز کنترل و نظارت است. همچنین این میدان بسیاری از مراکز دولتی، موزه و کتابخانه ایالتی نیویورک و برج Corning، اداره قانونگذاری و دادگاه را به هم پیوند می دهد.

#### 4-15-5- نیویورک ، ایالت نیویورک :

بسیاری از ایستگاه های مترو دسترسی مستقیم به یک یا دو ساختمان مجاور دارند. علاوه بر این بسیاری از طبقات زیر سطحی مرکز راکفلر با فضاهای مترو و پیاده راه های منتهی به رستوران ها و دیگر فضاهای زیر سطحی ارتباط دارند.

#### 4-15-6- ریچستر ، ایالت نیویورک :

در جنوب ریچستر در دانشکده Nazareth شبکه پیاده راه های زیر سطحی خوابگاه ها و ساختمان های اصلی پردیس را به هم متصل نموده است. همچنین موسسه فناوری ریچستر نیز دارای شبکه های زیر سطحی متعددی است که خوابگاه ها و پژوهشکده ها را به یکدیگر پیوند داده است.

#### 4-15-7- کریستال سیتی ، ویرجینیا :

محوطه مسکونی و تجاری Arlington County ویرجینیا در نزدیکی فرودگاه Ronald Reagan به وسیله فضاهای وسیع زیر سطحی مجموعه کریستال سیتی با هتل ها، ساختمان های اداری، برج های مسکونی، 173 مغازه، رستوران ها، بانک ها و مرکز درمانی مرتبط گشته اند.

#### 4-15-8- ریچموند ، ویرجینیا :

در ریچموند ویرجینیا راهروهای متعددی بین ساختمان های ایالتی ساخته شده است که برای عموم قابل استفاده نیست اما راهروهای بسیار دیگری ساختمان های متعدد دیگری را به هم می پیوندد و قابل دسترس همگان می باشد. دو هدف اصلی ساخت این فضاهای زیر سطحی محافظت و تسهیل حرکت پیاده در مواقع نامساعد جوی و فضاهای تخلیه و فرار اضطراری در سوانح است.

#### 4-15-9- دالاس ، تگزاس :

شبکه تونل های زیر سطحی دالاس بسیاری از ساختمان ها در مرکز تجاری این شهر را به هم متصل نموده است.

#### 4-15-10- هاستن ، تگزاس :

تونل 7 مایلی هاستن در عمق 25 فوتی مرکز تجاری آن قرار دارد و متشکل از تعداد بسیاری پیاده راه هایی است که به همراه پل های هوایی برج های اداری، هتل ها، بانک ها و شرکت های خصوصی و دولتی و رستوران ها و مغازه های و تئاتر ناحیه را به یکدیگر پیوند می دهند. تنها ساختمان Wells Fargo به صورت مستقیم دسترسی از خیابان را به فضای زیر سطحی تامین می کند، در دیگر موارد تنها به کمک پله ها و یا پله های برقی و آسانسورهایی که در میانه ساختمان ها قرار دارند می توان به مسیر حرکت زیر سطحی دست یافت.

#### 4-15-11- ایرواین ، کالیفرنیا :

شبکه وسیع زیر سطحی واقع در تراز زیرین دانشگاه ایرواین بسیاری از ساختمان های دانشکده ها را به یکدیگر و به فضاهای خدماتی عمومی پیوند می دهد.

#### 4-15-12- فضای زیر سطحی اوکلاهاما ، اوکلاهاما :

فضاهای زیر سطحی اوکلاهاما تقریباً تمام ساختمان های مرکزی شهر را در محدوده 20 بلوک شهری به هم پیوند می دهد. OKC یکی از وسیع ترین پیاده راه های زیر سطحی شهر با طول بیش از یک کیلومتر است که 30 ساختمان را به هم متصل نموده است. شبکه اولیه در سال 1931 ساخته و در دهه 1970 تکمیل گردید. ادارات، رستوران ها و مغازه های بسیاری در این پیاده راه ها ساخته و در سال 2006 و 2007 بسیاری از بناها بازسازی شده اند.

#### 4-15-13- فیلادلفیا ، پنسیلوانیا :

در فیلادلفیا فضاهای زیر سطحی بسیاری در مرکز شهر ساخته شده که ایستگاه مرکزی و Market East و Market-Frankford و Broad Street را به هم می پیوندد. همچنین دسترسی از خیابان 8 به خیابان 18 و میدان اصلی امکان پذیر شده است.

#### 4-15-14- رچستر ، مینی سوتا :

در مرکز رچستر مینی سوتا بسیاری از ساختمان ها با راهروهای زیرسطحی و پل های هوایی به یکدیگر متصل می باشند. مغازه های بسیاری در سرتاسر این تونل ها شکل گرفته اند و بسیاری از هتل ها و کلینیک های درمانی نیز با این فضاها پیوند دارند. با وجود این که این تونل ها با هیچ خط مترویی در ارتباط نیست بسیاری آن را subway می نامند.

#### 16-4- چین

##### 4-16-1- بیجینگ :

در جریان نزاع های محلی مجموعه ای از تونلهای زیر زمینی در این شهر ساخته شده است که در حدود 85 کیلومتر طول داشته که از سال 1970 بلا استفاده مانده بود. اخیراً این فضا به روی توریست ها و مردم باز شده است. شایعاتی مبنی بر استفاده از این شبکه در واقعه میدان <sup>1</sup> تیانمین<sup>1</sup> توسط ارتش وجود دارد.

##### 4-16-2- شانگهای :

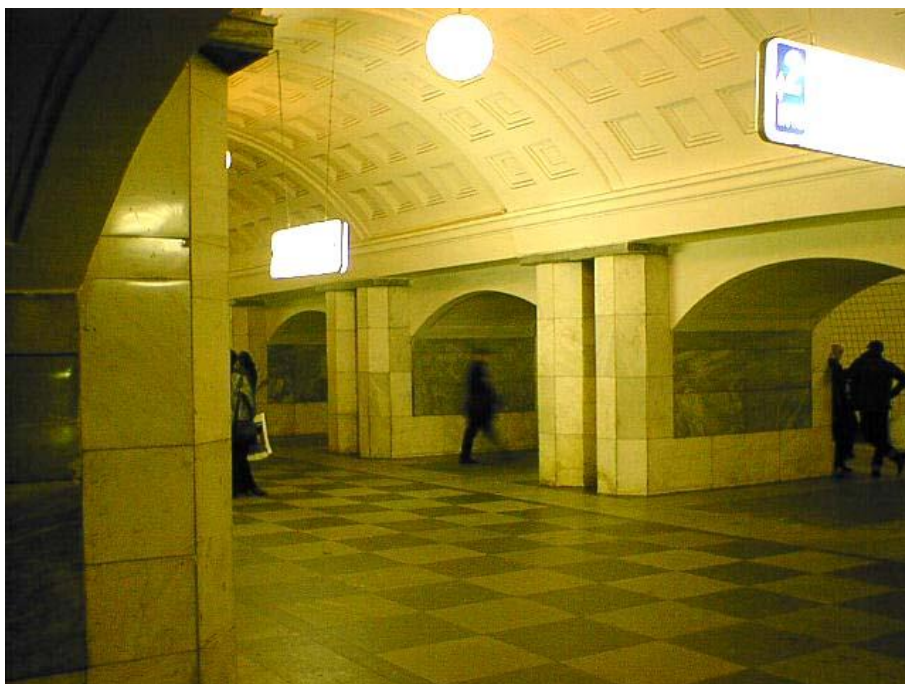
شانگهای شبکه های زیر سطحی محدودی دارد. به طور عمده ایستگاه های مترو خط دو شامل مغازه های بسیار می باشند و ایستگاه جنوبی خط یک نیز با مرکز تجاری بزرگی پیوند خورده است. موزه دانش شانگهای در تقاطع ایستگاه خط دو، یک مرکز تجاری بسیار بزرگ دارد که به خاطر کالاهای بدل شهرت دارد. دو ایستگاه Huangpi و Xujiahui به صورت مستقیم با مراکز تجاری و ایستگاه Lujiazui با بانک برج چین پیوند دارد.



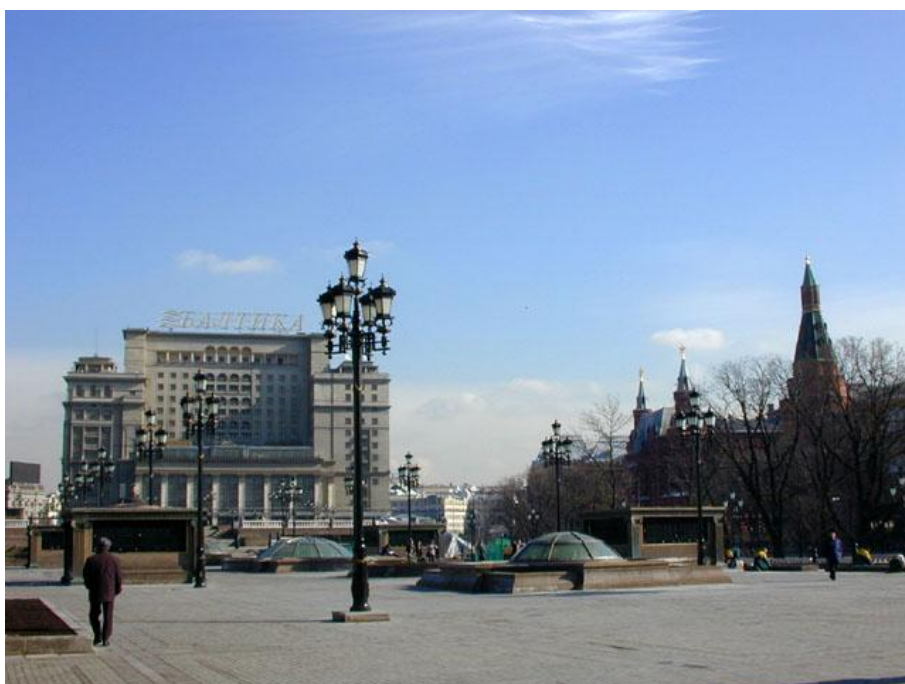
در شهر مسکو مجموعه تجاری چهار طبقه Okhotnyi Ryad به مساحت 29000 مترمربع به ایستگاه مترویی به همین نام متصل شده است.

Okhotny Ryad ایستگاهی واقع در مسیر خط Sokdnicheskaya مترو مسکو است (شکل 146) و در مرکز شهر مسکو در نزدیکی کرملین واقع است. ساخت این مجموعه نمادی از بکارگیری تکنیک های مهندسی است. عملیات گذر ایستگاه مترو از یک مسیر باریک بین دو ساختمان اصلی در عمق 8 متری بدون تخریب فونداسیون ها به دلیل وضعیت خاک محل و وجود کانال های آب مشکل ساز بود و بنابراین ایستگاه به روش German Method<sup>۱</sup> اجرا شد. این ایستگاه مشابه ایستگاه های زیر زمینی شهر لندن طراحی شده است. زمانیکه ایستگاه Teatralnaya در سال 1944 تکمیل شد به وسیله راهروهای متحرک به ایستگاه Okhotny Ryad متصل شد.

ایستگاه Okhotny Ryad دارای دو محوطه ورودی (Vestibules) در دو انتهای مجموعه است. این Vestibule در جنوب در همکف هتل Moskova (شکل 147) و در شمال به طور مشترک با ایستگاه Teatralnaya در داخل ساختمانی در ضلع شمالی Okhotny Ryad و Teatralnaya واقع است. بطور متوسط 42110 مسافر در روز از طریق Vestibule ورودی به این ایستگاه وارد می شوند که 241000 مسافر نیز از طریق ایستگاه Teatralnaya به این مجموعه وارد می شوند.



شکل (146) - قسمتی از مجموعه زیر سطحی Okhotny Ryad در شهر مسکو



شکل (147) - نمایی از هتل Moskova که با ایستگاه متروی Okhotny Ryad مرتبط است.

#### 18-4- عربستان

4-18-1- مکه :

با توجه به اقلیم ویژه شهر مکه و جمعیت بسیار زائران که هر ساله از سراسر نقاط دنیا برای زیارت می آیند، دو نوع تونل زیر سطحی احداث گردیده است: تونل های دسترسی سواره و پیاده راه های مخصوص زائران. از 25 تونل ساخته شده با مجموع 25 کیلومتر طول، 4 تونل پیاده راه می باشد که طولانی ترین آن ها پیاده راه مینا با 1320 متر طول است.



شکل (148) - پیاده راه های مکه



شکل (149) - پیاده راه صفا و مروه در مکه معظمه

علاوه بر این پروژه ها، تونل های بسیاری در شهرهای اصلی عربستان جهت حرکت سواره و پیاده ساخته شده است.



شکل (150) - تونل های دسترسی سواره

بنابر برنامه های آینده شهرداری مکه برای حاجیان کهنسال و معلول نیز در محوطه سعی در طبقه زیرین یک مسیر رفت به عرض سه متر و یک مسیر برگشت به عرض سه متر تعبیه خواهد شد. در طبقات دوم و سوم نیز برای این حاجیان راهبر برقی نصب خواهد شد و به این ترتیب این زائران سختی های گذشته را نخواهند داشت.

#### 19-4- مکزیك

#### 1-19-4- گوانجواتو :

گوانجواتو بر فراز معادن نقره ای شکل یافته که بسیاری از آن ها اکنون به فضاهای ارتباطی تبدیل شده اند. در سیستم مترو Mexico DF پیاده راه های بسیاری وجود دارد که ایستگاه ها را در زیر سطح به هم پیوند می دهد.

#### 20-4- تایوان

20-4-1- تایپه :

در این شهر ، خیابانهای زیر زمینی ایستگاههای مترو را به یکدیگر متصل می کنند و علاوه بر آن یک مرکز تجاری خرید بزرگ نیز در نزدیکی ایستگاه اصلی قطار وجود دارد.

#### 21-4- سوییس

21-4-1- جوونا :

جوونا در سوییس مرکز تجاری زیر سطحی بسیار وسیعی دارد که در برخی نقاط با فضاهای تجاری در سطح پیوند خورده اند.

در شهر زوریخ نیز مجموعه Zürich Hauptbahnhof فضاهای تجاری در پیوند با ایستگاههای قطار زیر سطحی دارد.

#### 22-4- یونان

22-4-1- آتن :

آتن شبکه زیر سطحی کوچکی در ایستگاه مترو میدان Omonia دارد که به همراه کیوسکهای کوچک و روزنامه فروشی به فضاهای باستانی ایستگاه آکروپولیس و چند ایستگاه دیگر پیوند خورده است و چون موزه ای همیشه در معرض بازدید قرار دارد.

#### 4-23- طرح های برنامه ریزی شده برای آینده

4-23-1- هلند، فرودگاه بین المللی آمستردام :

در طرح توسعه فرودگاه بین المللی آمستردام و در راستای توسعه پایدار فضاهای زیر سطحی بسیاری در نظر گرفته شده است.



شکل (151)- هلند، فرودگاه بین المللی آمستردام



شکل (152)- هلند، فرودگاه بین المللی آمستردام



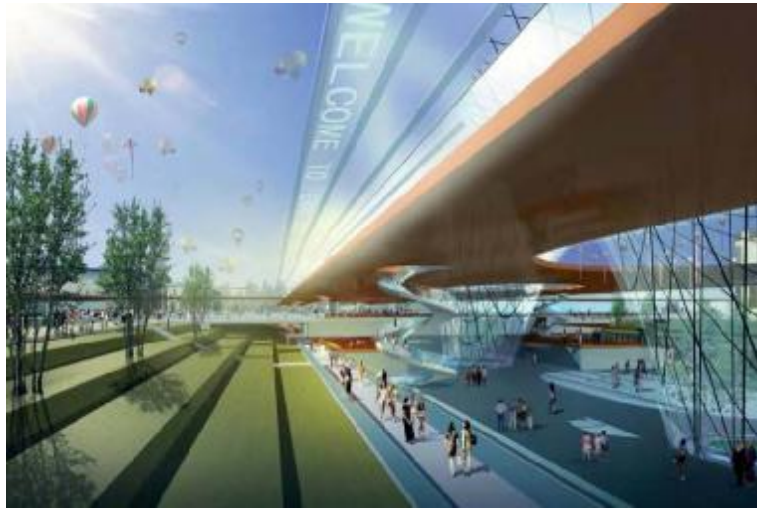
شکل (153) - هلند، فرودگاه بین المللی آمستردام

#### 4-23-2- هسته مرکزی شهر کوان جیانگ و شانگهای :

در این شهر بیش از دو میلیون متر مربع فضاهای زیر سطحی برنامه ریزی شده است.



شکل (154) - هسته مرکزی شهر کوان جیانگ



شکل (155) - هسته مرکزی شهر شانگهای



شکل (156) - رینگ اسکیت شهر بی جینگ



## 5- جمع بندی :

بر پایه پژوهش های گوناگون صورت گرفته در نقاط مختلف جهان و نیز نمونه های ساخته شده، ضرورت برنامه ریزی و طراحی فضاهای شهری زیر سطحی با نگاهی به مبانی توسعه پایدار، دستاورد های نوین تکنولوژی و رویکردهای انسانی و روانشناختی اهمیت دو چندان می یابد. رشد جمعیت شهرها و در پی آن رشد نیاز به فضاها و وسایل حمل و نقل عمومی مانند بزرگراه ها و قطارهای شهری، کمبود فضاهای سطحی برای ایجاد کاربری های مورد نیاز، مقابله مناسب با بلاهای طبیعی پی در پی چون سیل و زلزله، مسایل و دشواری های اقلیمی و... از دیگر دلایل توجه به تولید فضاها در ترازهای زیر سطحی است.

گسترش افقی و بدون کنترل شهرها، مشکلاتی از جمله ترافیک، آلودگی هوا، کاهش فضای سبز و کاهش منابع آبی را به وجود آورده است که با مبانی امروزی توسعه پایدار مغایرت دارد. استفاده بهینه از سطوح زیر زمینی به معنای کاهش گسترش سطحی شهرها است. به کمک این فضاها می توان بسترهای جدیدی را برای توسعه پایدار بوجود آورد و بعضی از عملکردهای شهری مانند حمل و نقل، خرید و... را تا حدی به ترازهای زیرین منتقل نمود که بنابراین فعالیت های اجتماعی و توسعه فضای سبز در سطح امکان بیشتری خواهد یافت. سودمندی های محیطی بسیاری می توان برای توسعه شهرها در ترازهای زیر سطحی بر شمرد:

- این مجموعه ها به صورت محافظ هایی طبیعی عمل می کنند (مکانیکی، گرمایی، هیدرولیکی و آکوستیکی)

- و از پدیده های جوی در امان می باشند.
- به طور کلی عملکرد سازه های زیر زمینی در موقع زلزله بسیار عالی است.
- فضاهای زیر سطحی تاثیر بصری کمتری نسبت به سازه های مشابهی که در سطح ایجاد می شوند دارند. بنابراین در مکان هایی که از نظر بصری حساس هستند استفاده از ترازهای زیرین در حفظ حس مکان کلی فضاها سودمند خواهد بود.
- کاربرد این فضاها تأثیری مثبت بر حفاظت طبیعت پیرامون و کیفیت و میزان منابع آبی دارد.
- موانع قانونی اجرای چنین پروژه هایی به سادگی قابل بحث و تجدید نظر است.

نمونه ها	جزئیات	سودمندی ها
داکت های چند عملکردی	جانمایی شریان های حیاتی	بهبود عملکردی
بزرگراه ها و ریل های قطار	بهبود عبور و مرور	
مراکز خرید و پارکینگ ها	استفاده کارا از فضا	
تونل های اطمینان ذخیره آب	جلوگیری از سوانح	
تالار مراسم، سالن جیمناستیک و ...	جلوگیری از دید مزاحم	محافظت از محیط پیرامون
کنترل پسماندهای صنعتی	جلوگیری از بو، صوت و گرد و خاک مزاحم	
موزه ها و تالارهای موسیقی	عایق در برابر صوت و نور	عایق سازی کارآمد
	ایمنی جمعی	امنیت و ایمنی
	ایمنی سازه ها (شکل 11 و 12)	
موزه ها، کلیساها و فضاهای تفریحی	استفاده مناسب از مرموز بودن فضا (شکل 13)	تأثیرات روانی

جدول (7)- جنبه های مثبت بکارگیری فضاهای زیر سطحی شهری

## 5-1- عوامل موثر و ویژه در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی :

با نگاهی جامع به نمونه ها و پژوهش های بررسی شده در گزارش به گونه ای کلی می توان عوامل عمده شکل گیری ترازهای زیر سطحی را در چند گروه دسته بندی کرد.

- در شهرهای مونترال ، تورنتو ، شیکاگو ، هلسینکی و مسکو و در شوشتر و دزفول در ایران عامل اقلیم مهم ترین نقش را در شکل گیری ترازهای زیر سطحی دارد. در این شهرها با توجه به دشواری های اقلیمی و در راستای رسیدن به توسعه پایدار مجموعه های زیر سطحی چند عملکردی در پیوند با عملکردهای مهم شهری و گاه حمل و نقل عمومی و مترو شکل گرفته است و نه تنها در زمان های نامساعد جوی بلکه با توجه به میزان جذابیت خود در تمامی روزهای سال مورد توجه و استفاده می باشند.

- در شهرهای سیدنی ، سانتیاگو ، پاریس ، هنگ کنگ ، توکیو ، ناگویا، سنگاپور ، تایپه و لندن و... یکی از عوامل عمده در شکل گیری مجموعه های زیر زمینی وجود ایستگاه های قطار شهری است که علاوه بر تسهیل حمل و نقل عمومی زمینه بسیار مناسبی جهت رونق و گسترش فضاهای چند عملکردی در ترازهای زیر سطحی فراهم آورده است و موجب جذابیت این محیط ها شده است.

- در شهرهای اوزاکا ، توکیو و کاوازاکی و هلسینکی نیز رشد جمعیت و همزمان رشد تقاضا برای ایجاد کاربری ها و فضاهای مورد نیاز در بافت های متراکم شهری و کمبود و ارزش زمین، دلیل اصلی نفوذ به ترازهای زیر سطحی و گسترش بخشی از حیات شهری در لایه های پایین تر از سطح بوده است.

- در مواردی چون یاقوت گمشده در کیش ، Bazar Palika در دهلی نو و کاپادوسیا در ترکیه ترازهای زیرسطحی به دلیل بافت تاریخی و قدیمی مورد توجه توریست‌ها و بازدید کنندگان قرار گرفته است و زمینه تاریخی فضاها بستری برای ایجاد عملکردهای نو پیرامون این مجموعه ها فراهم آورده است.
  - در شهرهای زیارتی چون مکه معظمه و مدینه منوره زمینه مذهبی و اهمیت امر زیارت با توجه به جمعیت بسیار زیاد زائران چه از دیگر نقاط کشور و چه از سایر کشورها و نیز زائران ساکنان در شهر موجب خلق ترازهای زیر سطحی مجاور مکان‌های با ارزش زیارتی شده است.
  - در مواردی وجود امکاناتی به جای مانده از گذشته زمینه احیا و بکارگیری فضاهای زیر سطحی شده است. به عنوان نمونه در سیاتل بازنگری در برنامه ریزی و تولید فضاهای نو در مرکز شهر در تراز بالتر از فضاهای پیشین جهت مقابله با بالا آمدن سطح آب دریا با احیای فضاها و مجموعه های تاریخی پیشین، در واقع فضاهای زیرسطحی و کار آمدی ایجاد شده است. و در گوانجواتو در مکزیک، شهر بر فراز معادن نقره ای شکل یافته که بسیاری از آن ها اکنون به فضاهای ارتباطی تبدیل شده اند.
- جدول شماره (8) عوامل عمده شکل گیری مجموعه های زیر سطحی و کاربری های پیوند خورده با چنین فضاهایی را نشان می دهد.

نام کشور	نام شهر	مساحت شبکه زیرسطحی (m2)	طول راه های ارتباطی (Km)	کاربری های زیر سطحی و مرتبط با مجموعه	عوامل اصلی شکل گیری
کانادا	مونترال	12000000	32	پایاده راه های زیر سطحی، 60 مجموعه مسکونی و تجاری، هتل ها، بانک ها، دفاتر اداری، موزه، دانشگاه، 7 خط مترو شهری، دو ایستگاه قطار و ترمینال اتوبوسرانی	عوامل اقلیمی و وجود ایستگاه های مترو شهری و کاربری های مهم در مرکز شهر
کانادا	تورنتو	یک مورد: 371600 مراکز خرید	17	پایاده راه های زیر سطحی، 1200 مغازه، حدود 50 برج اداری، 20 فضای پارکینگ، 5 ایستگاه مترو، دو فروشگاه بزرگ زنجیره ای، 6 هتل اصلی و یک ترمینال راه آهن	عوامل اقلیمی و وجود ایستگاه های مترو شهری و کاربری های مهم در مرکز شهر
فنلاند	هلسینکی	یک مورد: 55500 مربع مراکز خرید	200	400 پروژه اداری، ورزشی، تجاری و مذهبی - ایستگاه های قطار شهری، پایانه اتوبوس، پارکینگ ها، پایانه های حمل و نقل بار، تونل های دسترسی سواره و داکت های تاسیسات و تسهیلات شهری	وجود ایستگاه های مترو شهری، کمبود زمین و عوامل اقلیمی
ژاپن	اوزاكا	124742 متر مربع مراکز خرید	1200	واحد تجاری و رستوران ها پایاده راه های زیر سطحی، کافی شاپ ها، فضاهای مترو و پارکینگ های عمومی	کمبود زمین و وجود ایستگاه های مترو شهری
ژاپن	کاوازاکی	یک مورد: 56704 مربع مرکز خرید		فضاهای متنوع تجاری و رستوران و کافی شاپ در پیوند با ایستگاه های مترو	کمبود زمین و وجود ایستگاه های مترو شهری
ژاپن	توکیو			مراکز خرید متنوع، رستوران ها و کافی شاپ ها در پیوند با ایستگاه های مترو	کمبود زمین و وجود ایستگاه های مترو شهری
کره جنوبی	سئول			پایاده راه های زیر سطحی، کافی شاپ ها، رستوران ها مغازه های تجاری متنوع، فضاهای نمایشگاهی، مطالعه، کنسرت و تالارهای جشن در پیوند با فضاهای مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری

نام کشور	نام شهر	مساحت شبکه زیرسطحی (m2)	طول راه های ارتباطی (Km)	کاربری های زیر سطحی و مرتبط با مجموعه	عوامل اصلی شکل گیری
فرانسه	پاریس			مرکز خرید چند طبقه در پیوند با ایستگاه زیر زمینی قطار شهری	وجود ایستگاه های مترو شهری و عامل تاریخی
استرالیا	سیدنی		3/5	پیاده راه های زیر سطحی، سینما، مراکز خرید، مراکز اداری، میدان تاون هال، میدان مرکزی سیدنی مجتمع های اسکای گاردن، گلاس هاوس و مرکز خرید پاولون و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری و کاربری های مهم در مرکز شهر
انگلستان	لندن			مراکز تجاری و پیاده راه ها و سه ایستگاه مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری
سنگاپور	سنگاپور	یک مورد: 60000 متر مربع مرکز خرید	یک مورد: 4 کیلومتر	19 ساختمان اصلی، مراکز خرید و مرکز تجاری Raffles Xchange و CityLink تئاتر Esplanade مجموعه Suntec و ایستگاه های اصلی شبکه حمل و نقل سریع السیر زیر سطحی	کمبود زمین و وجود ایستگاه های مترو شهری و کاربری های مهم در مرکز شهر
آرژانتین	بوئنوس آیرس			پیاده راه های زیر سطحی، فضاهای بزرگ تجاری و اداری، مغازه های کوچک، کیوسک ها و کافی شاپ ها و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری
آلمان	فرانکفورت			مراکز خرید و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری
آلمان	هامبورگ			مراکز خرید و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری
هنگ کنگ	هنگ کنگ			ساختمان ها و مراکز عمده تجاری و ایستگاه های مترو شهری و برون شهری	وجود ایستگاه های مترو شهری
ایران	کیش			مغازه ها و رستوران، و مرکز گردشگری	زمینه تاریخی
ترکیه	کاپادوسیا			مرکز گردشگری	زمینه تاریخی
هندوستان	دهلی نو			بازار و مغازه های مختلف	زمینه تاریخی

نام کشور	نام شهر	مساحت شبکه زیرسطحی (m <sup>2</sup> )	طول راه های ارتباطی (Km)	کاربری های زیر سطحی و مرتبط با مجموعه	عوامل اصلی شکل گیری
عربستان	مکه و مدینه			تونل های دسترسی سواره و پیاده راه های مخصوص زائران	زمینه مذهبی، رعایت اقلیم، ارزش و کمبود زمین
آمریکا	شییکاگو			40 بلوک شهری، ادارات و ساختمانهای تجاری، ایستگاه های قطار، مراکز فرهنگی	وجود ایستگاه های مترو شهری و عوامل اقلیمی
آمریکا	سیاتل			شبکه راهروها و زیر زمین ها، مراکز تفریحی و توریستی	تغییر تراز خیابان و زمینه تاریخی
آمریکا	آتلانتا			مراکز خرید، رستوران ها و مراکز تفریحی در مرکز شهر	تغییر تراز خیابان و زمینه تاریخی
آمریکا	آلبنی			بانک ها، رستوران ها، غذا فروشی های کوچک، خرده فروشی ها، ایستگاه پلیس و مرکز کنترل و نظارت، مراکز دولتی، موزه و کتابخانه ایالتی نیویورک و برج Corning، اداره قانونگذاری و دادگاه	کاربری های مهم در مرکز شهر و کمبود زمین
آمریکا	کریستال سیتی، ویرجینیا			مجموعه های مسکونی و تجاری مجموعه کریستال سیتی، هتل ها، ساختمان های اداری، برج های مسکونی، 173 مغازه، رستوران ها، بانک ها و مرکز درمانی	کاربری های مهم در مرکز شهر و عوامل اقلیمی
آمریکا	ریچموند، ویرجینیا			ساختمان های مسکونی، تجاری و دولتی	کاربری های مهم در مرکز شهر و عوامل اقلیمی
آمریکا	هاستن، تگزاس		پیاده راه هایی به طول 11/2 کیلومتر	مرکز تجاری، پیاده راه ها، برج های اداری، هتل ها، بانک ها و شرکت های خصوصی و دولتی و رستوران ها و مغازه های و تاثیر شهر	کاربری های مهم در مرکز شهر و عوامل اقلیمی
آمریکا	اوکلاهاما		یک نمونه: 1 کیلومتر	ساختمان های مرکزی شهر در محدوده 20 بلوک شهری، پیاده راه OKC، ادارات، رستوران ها و مغازه های تجاری	کاربری های مهم در مرکز شهر و عوامل اقلیمی

نام کشور	نام شهر	مساحت شبکه زیرسطحی (m2)	طول راه های ارتباطی (Km)	کاربری های زیر سطحی و مرتبط با مجموعه	عوامل اصلی شکل گیری
آمریکا	رچستر، مینی سوتا			ساختمان های مرکزی شهر، پیاده راه ها، مغازه ها، هتل ها و کلینیک های درمانی	کاربری های مهم در مرکز شهر و عوامل اقلیمی
چین	شانگهای			ایستگاه های مترو، مغازه ها، مراکز تجاری بزرگ، موزه دانش و بانک برج چین	وجود ایستگاه های مترو شهری
روسیه	مسکو	یک نمونه: 29000		مراکز تجاری، هتل و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری و عوامل اقلیمی
مکزیک	گوانجوا تو			معادن نقره تبدیل شده به فضاهای ارتباطی و ایستگاه های مترو	امکانات بر جای مانده از گذشته و وجود ایستگاه های مترو شهری
تایوان	تایپه			پیاده راه های زیر سطحی، مراکز تجاری	وجود ایستگاه های مترو شهری
سوئیس	جوونا			مرکز تجاری زیر سطحی و ایستگاه های مترو	وجود ایستگاه های مترو شهری
یونان	آتن			کیوسک های کوچک و روزنامه فروشی ها، فضاهای باستانی ایستگاه آکروپولیس و چند ایستگاه مترو دیگر	وجود ایستگاه های مترو شهری و زمینه تاریخی

جدول (8) عوامل عمده شکل گیری مجموعه های زیر سطحی



## 5-2- ملاحظات اساسی در برنامه ریزی و طراحی فضاهای زیر سطحی :

بر پایه مطالعات صورت گرفته پیرامون مجموعه های زیر سطحی و توسعه شهری پایدار می توان چنین نتیجه گرفت که تمامی این پژوهش ها بر ضرورت طراحی ترازهای زیر سطحی تاکید دارند. و استفاده مطلوب از ظرفیت ترازهای زیرین شهر را مناسب تر از رشد و گسترش افقی شهرها در سطح می دانند. همچنین بیشتر تلاش ها متوجه آفرینش این فضاها جهت استفاده پیاده در پیوند با سایر کاربری ها و ایستگاه های مترو شهری است. نکته جالب توجه دیگر برنامه ریزی فضاهای زیر سطحی در لایه های گوناگون و ژرفاهای مختلف است. بدین معنی که اولین تراز زیر سطح به حرکت پیاده و کاربری های جذاب تجاری و فرهنگی و گاه اداری اختصاص می یابد و حمل و نقل عمومی و کانال های تاسیساتی و تونل های انرژی در ترازهای پایین تر برنامه ریزی و طراحی می شوند.

همچنین استفاده از ترازهای زیر زمینی برای مترو شهری و فضاهای پارکینگ همگانی در مقایسه با تردد خودرو سواری اولویت بیشتری دارد. و با توجه به هزینه بالای احداث مسیر در زیر سطح زمین به دلائل زیر ، استفاده از این مسیرها جهت خودروی سواری کمتر مورد توجه است.

- کنترل آلودگی ناشی از وسیله نقلیه
- هزینه بسیار بالای تاسیسات زیر زمین برای استفاده از این مسیرها (روشنایی ، تهویه ، تاسیسات شهری و ...)
- نیاز به حفاظت بالا برای حوادث پیش بینی نشده و تامین امنیت .
- ظرفیت پایین این مسیرها برای حرکت سواره در برابر متروی شهری .

بنا به دلایل فوق تردد خطوط قطار شهری باعث استفاده بسیار کار آمدتر و موثرتر نسبت به خودرو سواری خواهد شد اما از طرفی استفاده از ترازهای زیرین برای پارکینگ های طبقاتی توصیه می شود چرا که وسایل نقلیه در هنگام پارک کردن نیازی به نور ندارند و ساخت پارکینگ در زیر بهتر از ساخت پارکینگ های طبقاتی است.

در هر صورت در نخستین گام برنامه ریزی تولید فضاهای زیر سطحی توجه به فرصت ها و چالش های زیر حائز اهمیت است:

- ضرورت توسعه و بکارگیری فضاهای زیر سطحی شهری در راستای رسیدن به پایداری محیطی
- چالش های پیش رو و استراتژی مناسب در توسعه فضاهای زیر سطحی
- مسائل محیطی و درک درست از تأثیرات بلند مدت این فضاها بر محیط و تأثیر بر حفاظت طبیعت پیرامون و کیفیت و میزان منابع آبی
- برنامه ریزی و طراحی شبکه های عبور و مرور زیر سطحی و تأثیر بر چگونگی حمل و نقل شهری و میزان آلودگی صوتی و لرزه های ناشی از عبور و مرور
- بررسی حمل و نقل بار در تراز زیرین
- توجه به ابعاد انسانی خلق فضاهای زیر سطحی چون تأثیرات روانی بر افراد، تدابیر لازم جهت کاهش احساس آشفستگی و اضطراب و توجه بیشتر به افراد کم توان و سالخورده.
- تأثیر بر سیما و چهره شهر
- زیبایی شناسی و معماری فضاهای محیط های زیر سطحی
- مسائل اقتصادی و ارزیابی ریسک توسعه پروژه های زیر سطحی

- تکنولوژی پروژه های زیر سطحی
- جنبه های مختلف حفظ ایمنی در ترازهای زیر سطحی و ایمنی و امنیت فضاهای چند عملکردی همگانی
- به هر حال ، ترازهای زیرین هنگامی که با سطح زمین مقایسه می شوند دارای مشکلاتی به شرح زیر هستند :
- مطالعات نشانگر آن است که فضاهای زیر سطحی برای نواحی مسکونی و محل هایی برای گذران وقت طولانی مدت مناسب نمی باشد.
- نیاز به انرژی بیشتر برای روشنایی
- هزینه ساخت بیشتر
- تصویر منفی نسبت به فضاهای زیر زمین
- عدم احساس امنیت نسبت به فضاهای زیر زمینی
- مشکلات اتصال سازه های زیر زمینی با هم و با سطح زمین
- پتانسیل تاثیرات آب های زیر زمینی
- با توجه به عدم قابلیت رویت نمی تواند تصور مشخصی از محل ایجاد کند.
- احساس مناسبی در مورد ابعاد این مجموعه ها وجود ندارند.
- همچنین به صورت کلی چنانچه برنامه ریزی مناسبی در مراحل مختلف تدبیر و اجرای این پروژه ها صورت نگیرد ممکن است منشاء مشکلات محیطی به قرار زیر باشند:

اقدامات پیشگیرانه	مشکلات	موارد	جنبه های محیطی فضاهای زیر سطحی
بکارگیری ابزارهای ایمن و تعبیه راه های خروج اضطراری	سوانحی چون ریزش تونل، آتش سوزی و انفجار و بلایای طبیعی چون سیل و زمین لرزه	سوانح در فضاهای باریک و تخلیه مواد ساختمانی	مرحله ساخت
پیش بینی خطر ها و مراقبت های ویژه در حین کار	آلودگی صوتی، گرد و غبار، بوی نامساعد، لرزه و ارتعاش زمین، نشست های ناگهانی زمین، اختلال در عبور و مرور	تأثیرات فیزیکی بر مردم و عبور و مرور	
پیش بینی خطر ها و مراقبت های ویژه در حین کار	تغییر تراز و تأثیر بر کیفیت آب های زیر سطحی، واکنش های شیمیایی ناشی از کندن زمین	تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون (شکل 14)	
بکارگیری ابزارهای ایمن و تعبیه راه های خروج اضطراری	اقدامات تروریستی، آتش سوزی، انفجار، زمین لرزه، سیل و خاموشی	سوانح ناگهانی در تونل های زیر سطحی باریک	مرحله بهره برداری
پیش بینی عوامل و مراقبت های ویژه در زمان بهره برداری	تغییر تراز و تأثیر بر کیفیت آب های زیر سطحی، آلودگی هوا، لرزش زمین و آلودگی صوتی	تأثیرات محیطی بر طبیعت پیرامون	
بکارگیری سیستم های تهویه مطبوع کارآمد، بهره گیری موضعی از نور طبیعی	تاریکی، دما و رطوبت نامساعد هوا، شرایط نا ایمن برای افراد کم توان	عوامل آزار دهنده فیزیکی و سلب آسایش	
نور پردازی و روشنایی مناسب، تعبیه راه های خروج اضطراری و حجم فضاها	حس تشویش و اضطراب	تأثیرات روانی	

جدول (9) - جنبه های قابل توجه در برنامه ریزی، ساخت و بهره برداری از فضاهای زیر سطحی

همان گونه که نمونه های موفق پروژه های بررسی شده نشان می دهد، معماران سعی در تعدیل حس زیر سطحی بودن فضاها به کمک ترفند های معمارانه داشته اند و گاه استفاده از نور فیلتر شده طبیعی خورشید، رنگ، متریال های مناسب، آبنا ها و سقف های شیشه ای، تدبیر فضاهای جنبی فرهنگی و دیگر کاربری های جذاب در فضاها، موثر واقع گردیده است.

همچنان که ساختار شهر متراکم تر می گردد، بسیاری از فضاهای شهری با کارکردهای متفاوتی در تراز زیر سطحی ساخته می شوند و نیز ضرورت مرتبط شدن پروژه ها با یکدیگر در تراز زیرین به منظور ایجاد مجموعه های شهری یکپارچه، هماهنگ و مرتبط پورنگ تر می گردد. همزمان با برنامه زیری و طراحی پروژه های جدید شهری، توجه به تامین فضاهای کافی جهت پروژه های دراز مدت عمومی همانند تونل های حمل و نقل و داکت های تاسیسات و تسهیلات شهری بسیار اهمیت دارد.

با توجه به حساسیت بسیار این مقوله پیشنهاد بر آن است که طرحی جامع و یکپارچه برای فضاهای زیر سطحی شهری با در نظر گرفتن تمامی شاخص های یاد شده تحت عنوان "طرح گسترش حیات شهری در تراز زیر سطحی بافت پیرامون حرم مطهر رضوی" اندیشیده و ملاک عمل قرار گیرد. و در این طرح، چارچوب و ضوابط مدیریت و کنترل ساخت و ساز در بستر زیر سطحی ارائه گردد و با روشی منطقی و سیستماتیک، کیفیت فضاهای انسان مدار را در اولویت قرار دهد.