

توسعه زیرساختی شهری راهکاری برای کاهش آسیب‌های عبور ریل از

شهر

اصغر مولائی

دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، molaei.2488@gmail.com ؛ ۰۹۱۹۷۳۸۶۱۸۱

چکیده

امروزه توسعه زیرزمینی شهرها، استفاده از تمامی قابلیت‌های زیرزمین، به‌عنوان ثروتی دست‌نخورده، برای تامین نیازهای فضایی و عملکردی، حل مسائل زیست‌محیطی، ترافیکی، و بطور کلی توسعه پایدار شهری می‌باشد. توسعه ریل-مینا فرصتی کلیدی برای توسعه جامع و عادلانه مناطق و شهرهاست که عبور شبکه ریلی از درون شهرها نیازمند راهکارهایی برای کاهش آسیب‌های مربوطه می‌باشد. آلودگی‌های صوتی و اثرات زیست‌محیطی، ازدحام و شلوغی بیش از حد و ناسازگاری کارکردی از جمله اثرات احتمالی عبور ریل از درون شهرهاست که با نگرش توسعه زیرساختی شهری قابل حل می‌باشد. نیاز حیاتی شهرها به زیرساخت‌های شهری و نیز آسیب‌پذیری شهرهای بزرگ بویژه مراکز این شهرها در مواقع بحرانی، کمبود فضا برای پارکینگ، آلودگی‌های زیست‌محیطی شهرهای معاصر را با مساله مواجهه نموده است. هدف این مقاله مطالعه توسعه زیرساختی شهری با توسعه شهری ریل‌مینا به عنوان راهبردی برای کاهش آسیب‌های مربوطه می‌باشد. فضاهای زیرساختی با دارا بودن قابلیت‌های مثبتی از قبیل ثبات دمایی، مخفی بودن، استحکام و مقاومت بالا، می‌تواند با جایدهی زیرساخت‌های شهری بویژه شبکه‌های حمل‌ونقلی ریلی در ارتقای پایداری آنها مفید واقع شوند. توسعه ریلی در داخل شهرها از طریق ایجاد کانونهای اقتصادی، تجاری و کارکردهای مختلط با نگرش توسعه حمل‌ونقل زیرزمینی و با جبران کمبود فضاهای سبز و باز در شهرهای بزرگ و حل مسائل ترافیکی و زیست‌محیطی، و نیز جلوگیری از رشد پراکنده شهرها، می‌تواند در راستای اهداف توسعه پایدار شهری بکار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: شهرسازی ریل پایه، توسعه زیرساختی شهری، فضاهای زیرزمینی، آسایش و آرامش، پایداری.

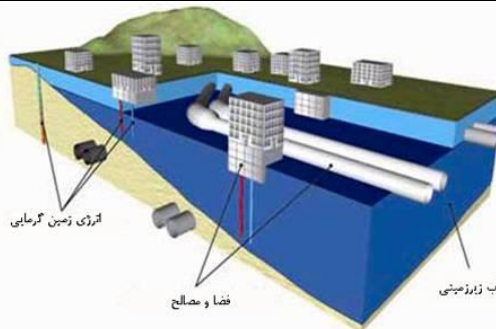
۱- مقدمه:

توسعه پایدار شهرها امروزه یکی از مهمترین مباحث جوامع می‌باشد. توسعه‌ای که نه تنها به حفاظت از محیط‌زیست و سرمایه‌های طبیعی و انسانی می‌پردازد بلکه این منابع را برای نسل‌های فردا نیز حفظ و حمایت می‌نماید. بستری را برای رشد امروزه رشد بیش‌ازاندازه شهرها، مشکلات و مسائل متعددی را برای شهرها بوجود آورده است. آلودگی‌های زیست‌محیطی، آلودگی‌های آب‌وهوا، آلودگی‌های صوتی و بصری، ایمنی و امنیت پایین در فضاهای شهری در اثر حضور مسلط خودروها و سواره از جمله این مسائل می‌باشد. در این راستا گسترش مسیرهای حمل‌ونقلی در سطح نظیر بزرگراهها، پلها نیز مشکلات دیگری در امر تملک زمین و هزینه بالای اجرا به همراه دارد. از طرفی توسعه حمل‌ونقل زیرزمینی نظیر شبکه مترو می‌تواند بسیاری از این مشکلات را حل نماید. در این پژوهش فرض بر این است که فضاهای زیرساختی شهری با قابلیت‌های قابل توجه در مقاومت، حفاظت و نگهداری انسانها و تاسیسات زیربنایی، راستای اهداف توسعه پایدار شهری بکاررفته شوند. زیرزمین به

عنوان منبع "فضا" برای ساختمان و زیرساختهای شهری، منبع "مصالح" که از حفاریها بدست میآید، منبع "آب زیرزمینی"، منبع "انرژی زیرزمینی" می تواند محسوب شود [۱۵]. گذشته از اینها فضای زیرزمینی معمولا از دیدهها پنهان است و توانایی پنهان کردن پدیدهها را نیز دارد. از این نکته چنین می توان استنتاج کرد که از فضای زیرزمینی می توان برای پنهان کردن و پنهان شدن (با هر هدفی اعم از نظامی، ایمنی، امنیتی، زیبایی و ...) استفاده کرد. به عنوان مثال می توان بسیاری از تاسیسات- زیربنایی شهری به زیرزمین انتقال داد. فضاهای زیرزمینی انسان ها را از گرما، سرما، توفان، زلزله، آتش، سروصدا، لرزش، انفجار، آلودگی های هوا، مواد خطرناک، فرایندهای خطرناک و ... محافظت می کند بر اساس یک تحقیق انجام شده در مراکز تجاری زیرزمینی توکیو (ژاپن) دمای این فضاها در تابستان خنک تر از بیرون و در زمستان گرمتر از بیرون می باشد [۱۳]. به عبارت دیگر شرایط اقلیمی در فضاهای تجاری زیرزمینی ژاپنی نیز مانند نمونه های شوادان در ایران، به محدوده آسایش انسان نزدیکتر می باشد. فضاهای زیرزمینی بدلیل ایزوله بودن آب و هوای مقاومی را در برابر آب و هوای ناسازگار و نامطلوب بیرونی ایجاد کرده و محیط راحتی را بوجود می آورد و تاثیر باد و آلودگی های صوتی را به طور موثری می کاهش دهد. این فضاها دمای روزانه و فصلی پایدار و باثباتی را ایجاد کرده و که برای سلامتی و برخی صنایع مفید می باشد

جدول ۱: قابلیت های ذاتی فضاهای زیرزمینی [۷].

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



شکل (۱) زیرزمین دارای ۴ منبع مهم: آب، فضا، مصالح و انرژی [۱۵].

۲- توسعه شهری پایدار:

واژه "توسعه پایدار" پس از بحران نفتی سال ۱۹۷۳ بسیار به کار رفته است. نقطه اوج بحثهای توسعه پایدار در سال ۱۹۹۲ در کنفرانس جهانی توسعه پایدار، معروف به اجلاس زمین در شهر ریودوژانیرو برزیل بوده است که بعدها به اجلاس ریو مشهور شد و در آن قطعنامه هایی برای ارائه راهبردهائی در جهت توسعه پایدار کشورهای جهان صادر شد و کشورهای جهان ملزم به پیروی از این قطعنامه شدند مهمترین تعریف توسعه پایدار در همایش ریو بدین قرار است: "توسعه ای 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 فرهنگ، ویژگیهای بومی و تجربیات گذشته و بهره گیری از انرژیهای تجدید شونده و پرهیز از به کارگیری انرژیهای تجدید ناپذیر از اصول توسعه پایدار است [۶].

لمن ادعا می کند که قرن بیست و یکم مواجه با بحث جدال برانگیز توسعه پایدار با اولویت توسعه پایدار شهری خواهد بود. وی شهرها را موتور و مرکز توسعه جوامع می نامد. بیشترین تخریبهای زیست محیطی در شهرها اتفاق می افتد و از سوی دیگر، موثرترین راههای ارتقای زیست محیطی می تواند در شهرها به اجرا درآید. بانک جهانی نیز چنین اظهار می دارد: " بدون حفاظت مناسب و کافی از محیط زیست، توسعه به نتیجه نخواهد رسید. بدون توسعه، حفاظت محیط زیست با شکست مواجه خواهد شد". توسعه پایدار از دو زاویه قابل بحث است: یکم، توسعه پایدار دارای ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی است. دوم، توسعه پایدار از نظر سطوح مختلف بین المللی، ملی و محلی قابل تحلیل است. دستیابی به فرصت های اجتماعی و اقتصادی بیشتر، کاهش سهم انرژی در رشد شهری، تقویت توان مناطق مختلف شهری در جهت جلوگیری یا پاسخگویی به تهدیدات و اهداف اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی که در نتیجه عوامل طبیعی یا انسانی حادث می شوند. در این 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، شبکه های شهری کارا و رقابتی بوده و قابلیت بالا برای زندگی انسان را دارا باشد [۴].

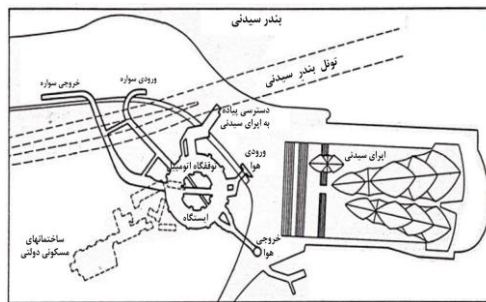
۳- حمل و نقل زیرزمینی:

امروزه در شهرهای بزرگ تردد بیش از پیش نیازمند زیرزمین است. این کار از طریق ایجاد خطوط متروی زیرزمینی، تونل های اتومبیل رو، زیرگذرهای سواره و پیاده، توقفگاه های زیرزمینی و ... انجام می شود. همچنین ایجاد شبکه راه های پیاده مدار زیرزمینی با کاربری های مختلط تجاری، اداری، تفریحی، خدماتی و ... به ویژه در اقلیم های ناسازگار مانند تورونتو و مونترئال (کانادا) راه حل مناسبی در تامین فضاهایی ایمن، دارای آسایش اقلیمی، دوری از آلودگی، صدا و ... می باشد. به عبارت دیگر شاید بتوان گفت توسعه حمل و نقل سریع مهم ترین دلیل توسعه فضاهای زیرسطحی و بیشترین درصد استفاده از این فضاها باشد. شبکه مترو، حمل و نقل اتومبیل ها و هرگونه حرکت سریع السیر که روز به روز بر سرعت و شتاب این سامانه ها افزوده می شود، فضایی آزاد از هرگونه مانعی برای رانندگی سریع را می طلبد که فضای زیرسطحی این امکان را عرضه می نماید. شاید بتوان گفت، توسعه شبکه های مترو که نوعی از فضاهای زیرسطحی می باشد عام ترین و مفیدترین استفاده از فضاهای زیرسطحی است [۲].

انواع سامانه های حمل و نقل مانند ریلی، سواره (جاده ای)، پیاده راه می تواند در ترازهای پایین تر قرار گیرد. نمونه های توسعه حمل و نقل زیرزمینی را در شهرهایی مانند پاریس می توان ذکر نمود. در این شهر غیر از مترو و شبکه زیرزمینی R.E.R، نوعی شبکه به نام لارز وجود دارد (لارز راهی زیرزمینی است که ارتفاعی حدود ۲,۴۰ متر دارد. از سه خط عبوری برای وسایل نقلیه سبک تشکیل شده و همه چیز در تونلی به قطر ۹,۵ متر جا گرفته است. عمق این راه زیرزمینی به طور کلی ۳۰ متر پایین تر از سطح و برابر با عمق R.E.R است. در فاز اول حدود ۵۰ کیلومتر با ۲۵ ایستگاه ساخته شده که ۱۱۲ ایستگاه آن در محدوده شهر پاریس قرار دارد. سرعت متوسط خودروها ۶۰ کیلومتر در ساعت پیش بینی شده و حجم ترافیک ممکن روزانه ۳۷۰۰۰۰۰ وسیله کیلومتر و یا ۵۶ درصد حجم ترافیم بولوار پیرامونی پاریس امروز است. استفاده از این شبکه با پرداخت عوارض امکان پذیر است [۲]. شبکه های مترو در سراسر جهان یا تونل big dig در بستن، مجموعه زیرزمینی در تورنتو و منرال کانادا و ... نمونه های دیگر قابل ذکرند.

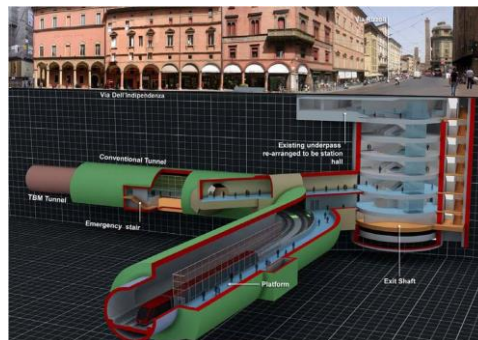
توسعه پارکینگ های زیرزمینی علوه بر جبران کمبود فضا در مراکز پر ازدحام و پرمراجعه شهرها، خیابانها، میدانها و سایر فضاهای همگانی را می تواند از تسلط خودروهای متوقف آزاد کرده و کارایی این فضاها را ارتقا دهد. کاربریهای و مراکز پرمراجعه از قبیل مراکز آموزشی اداری، بهداشتی، درمانی، خدماتی، تجاری و ... با توسعه زیرسطحی خود می توانند نیازهای توقفگاهی

خود را تامین نمایند. در مجموعه اپری سیدنی، که مرکزی مهم و پرمراجعه در سیدنی استرالیا می باشد، پارکینگهای زیرزمینی بخوبی نیازهای مراجعین و کاربران را پاسخ می دهد [۱۴].



شکل ۲: مجموعه اپرای سیدنی و ارتقای کارایی آن از طریق پارکینگهای زیرزمینی آن [۱۴].

توسعه حمل و نقل زیرسطحی می تواند بافتهای تاریخی، فرسوده و بی رونق شهرها را احیا نموده و بر کارایی آنها بیافزاید. برای نمونه توسعه شبکه مترو در شهر تاریخی بولونا در ایتالیا، با نیازهای ترافیکی زیاد و بافت مرکزی تاریخی ارزشمندی است. در توسعه زیرساختهای حمل و نقلی و فضاهای زیرسطحی این شهر؛ علاوه بر مشکلات و محدودیت های فنی، ترافیکی، مهمترین محدودیت مرکز تاریخی شهر با عناصر تاریخی، نشانه های و باستانشناسی وجود دارد. در پروژه خط ۱ مترو این شهر ایستگاه سن ماجیوره از حساسیت و اهمیت ویژه ای برخوردار است. این ایستگاه در زیر میدان تاریخی بولونا جایی که دو مسیر اصلی شهر همدیگر را مرکز شهر قطع می کنند. در زمان برنامه ریزی و طراحی ایستگاه، این محدوده دارای ساختمانهای تاریخی و مشکلاتی ترافیکی و کمبود فضایی شدید مواجه بود. احداث این ایستگاه علاوه بر اینکه دسترسی به محدوده را آسان تر نموده بلکه روح زندگی اجتماعی را نیز تقویت می کند. همچنین در این ایستگاه با توجه به تغییر راستای ۹۰ درجه ای خط مترو به سمت شمال، ایستگاه به فرم منحنی و با دو سکو در دو راستای شرقی غربی و شمالی جنوبی (با قطر کم تونل که تاثیر محیطی کمتری هم می گذارد) طراحی شد [۸].



شکل ۳: ایستگاه مترو سن ماجیوره شهر بولونیا ایتالیا؛ ایستگاه مترو سن ماجیور، سکوها و شافت دسترسی [۸].

تونل تراموای زیرزمینی شهر هاگ، (SOUTERRAIN TRAM TUNNEL) نمونه موفق دیگری از توسعه حمل و نقل زیرزمینی در هلند می باشد. شهر هاگ که شهری محدود شده با دریا و اراضی پرشیب است، و توسط آزادراه به روتردام، آمستردام و شهرهای دیگر متصل می شود. بنابراین این شهر برای توسعه و رشد خودش به تعریف مجددی در درون مرزهایش تکیه می کند. از این رو توسعه شهر هاگ با افزایش تراکم ممکن خواهد بود. افزایش تراکم بطور شگفت آوری به بیش از ۵۰۰۰۰۰ مترمربع، به همراه برنامه های دیگر به کاهش ترافیک سواره در سطح خیابان موجب خواهد شد. تونل زیرزمینی تراموا بطول ۱۲۰۰ متر یکی از تاسیسات زیرساختی شهر هاگ می باشد و همزمان می تواند به عنوان یک ساختمان نیز فرض شود. تونل زیرزمینی چندطبقه در مرز شهر هاگ، در طبقه نخست تعداد ۵۰۰ پارکینگ را تامین کرده و سپس در طبقه پایین تر، دو ایستگاه تراموا را به هم متصل می کند. تونل ساختمان و مانند ساندویچی از خط تراموا با دو لایه و یک ایستگاه در انتهای هر کدام؛ تقریباً با بیشتر اجزا و عناصر مرکز شهر کار می کند. این تونل به مثابه ستون فقراتی است که

اندام‌های جداگانه را بهم وصل می‌کند؛ شهر را از زیر خدمات‌دهی می‌کند. این تونل در زیر مهمترین خیابان تجاری گسترده شده و از تمامی راه‌حل‌های ممکن از جمله ارتباط با بیرون و دید به آسمان، ایجاد تنوع کالبدی و تغییر عرض و ارتفاع تونل، ارتباط با پارکینگ‌ها و فروشگاه‌های پیرامونی استفاده شده است. گفتنی است این پروژه در سال ۲۰۰۴ توسط شرکت OMA طراحی شده است [۱۸].



شکل ۴: تونل تراموای زیرزمینی شهر هاگ، هلند (الف) طرح کلی (ب) فضای داخلی [۱۸].

۴- رابطه حمل‌ونقل زیرزمینی و توسعه شهری پایدار:

۴-۱- پیاده‌مداری فضاهای همگانی (میادین و خیابانها):

شاید بیشترین استفاده از فضاهای زیرسطحی برای اهداف حمل‌ونقلی باشد. توسعه حمل‌ونقل، خود نیازها و مشکلات دیگری را با خود به همراه آورد که طراحان و برنامه‌ریزان در حل این مسائل به تفکیک آنها آمادوشد روی آورده و معمولا سواره ریلی و موتوری را به زیرزمین انتقال داده تا هم سرعت بالای آنها تامین شود و هم پیاده‌ها در سطح زمین راحت و ایمن باشند. البته گاهی هم پیاده‌راههایی در زیرزمین در ارتباط با شبکه‌های مترو و مراکز خرید ایجاد می‌شوند. با توجه به قابلیت توسعه زیرسطحی در پشتیبانی و تامین این نیاز، می‌توان گفت؛ توسعه زیرسطحی می‌تواند پشتیبان پیاده‌مداری و حمل‌ونقل همگانی باشد. مساله مراکز پرازدحام شهرها فراتر از یکی، دو مساله می‌باشد. نارضایتی عابران پیاده و رانندگان اتومبیل از هر نوع آن، اختلاط بیش از حد سواره و پیاده، اختلالات عصبی و روانی، یکی از مهمترین مسائل شهرهای معاصر می‌باشد. سای پامیر تسهیل دسترسی به حمل‌ونقل همگانی و تامین پارکینگ را برای پیاده‌مدار شدن و سرزندگی خیابانها ضروری می‌داند. تامین دسترسی کارا و راحت از طریق خودرو و دستیابی به پارکینگ با وضوح کامل، برای عابران پیاده اولویت و حق تقدم قائل شدتا آنها تشویق به پیاده‌روی شوند و به خیابانها زندگی بخشند. یک الگوی حرکتی تعریف شده متشکل از محیطی پاسخده برای نیازهای کیفی عابران پیاده، دسترسی موثر با خودروی شخصی و دسترسی به حمل‌ونقل همگانی را در خود دارد [۳].

توسعه زیرسطحی قابلیت فراوانی در ارتقای پیاده‌مداری و سهولت دسترسی داراست: جداسازی سواره و پیاده با انتقال یکی از آنها به سطوح زیرین و یا حضور مسالت‌آمیز هر دوی آنها در هر دو سطح؛ که مطلوبیت، ایمنی، امنیت، و سرعت دلخواه هر کدام را در پی خواهد داشت.

افزایش تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقل عمومی و خصوصی: با در نظر گرفتن سطوح زیرین به‌عنوان سرمایه می‌توان گزینه‌های حمل‌ونقلی را (مانند مترو، اتومبیل، دوچرخه و ...) متنوع نموده و حتی سطوح همکف برای پیاده و دوچرخه هموارتر و مهیاتر شود.

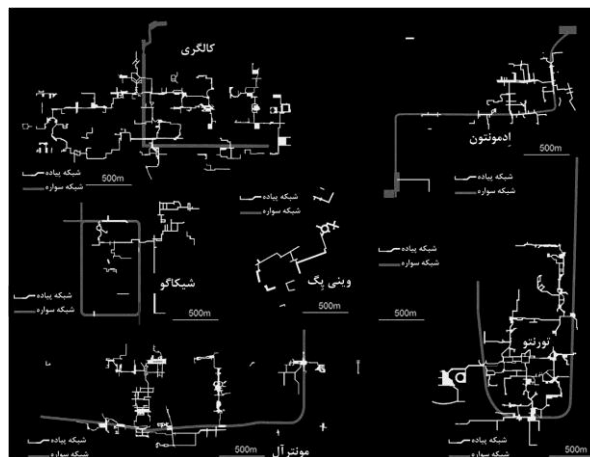
با تامین پارکینگ برای اتومبیل‌ها و دوچرخه‌ها، موجب آسانی دسترسی به مراکز شهری و دلخواه مردم باشد.
 با برقراری ارتباط و دسترسی زیرسطحی به مراکز و ساختمانهای مهم عمومی، اداری، تجاری، خدماتی و ... موجب سهولت دسترسی به این مجموعه‌ها شود.

۴-۲- پیوستگی و یکپارچگی:

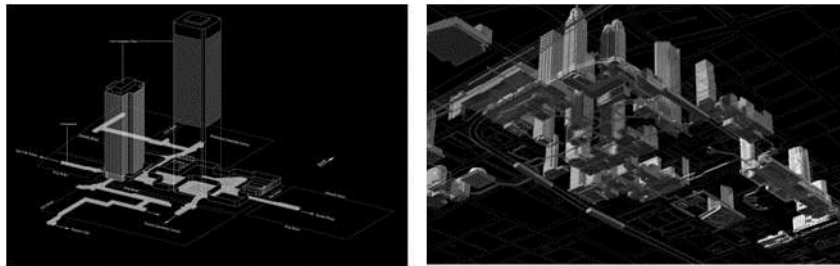
پیوستگی و یکپارچگی از مهم‌ترین اصول و قواعد طراحی بافت‌ها و فضاهای شهری سنتی ایران در زمان‌های گذشته بوده است. یعنی بین تمامی مراکز و فضاهای عمومی از قبیل دروازه‌های شهر، مسجد و اجزای آن، میدان‌ها، بازار، حمام و ... اتصال و پیوستگی وجود داشته است. قرارگیری هر جزء شهری به‌مثابه دانه‌های زنجیر متصل و پیوسته به هم، راز کارایی و ماندگاری آنها تا به امروز بوده است. اصلی که در طراحی مراکز و فضاهای شهری امروز باید از آن استفاده نمود.

ارتباطات پیاده باید شبکه‌ای یکپارچه ایجاد کند که از طریق طراحی منحصربفرد منظر خیابان، فضاهای باز و کاربری‌های فعال سطح خیابان تعریف شوند. همچنین ارتباطات یکپارچه باید بتوانند فعالیت‌های مرکز شهر را به یکدیگر مرتبط کرده و مرکز شهر را به همسایگی‌های مجاورشان متصل نمایند. همچنین هر جا که ممکن است مسیرهای ارتباطات درون بلوکی، بین خیابان‌های اصلی و قطعات پارکینگ‌های مرتبط با همپیوندی بین بلوک‌ها باید مورد تشویق و توجه قرار گیرند [۳]. با توجه به قابلیت توسعه زیرسطحی در ایجاد این اتصالات از طریق زیرگذرها، مترو و ... می‌تواند بدیهی است که این فضاها می‌تواند نقش مثبتی را در تحقق این امر ایفا نماید. برای مثال در مونترآل کانادا؛ یک مجتمع بزرگ زیرزمینی، ارتباطات نقاط عمده مرکز مونترآل از جمله مراکز عمومی و ارتباط ۳۳ ساختمان بزرگ مرکز شهر از طریق این شبکه زیرزمینی در محله ویلماری را در تمام فصول ممکن می‌سازد [۲].

گفتنی است، در صورت بهره‌گیری از فضاهای زیرسطحی از هر نوع و کاربری که باشد باید این اصل را به کار گرفت. اتصال به مبادی ورودی مراکز شهری، ایستگاه‌های مترو و اتوبوس، ساختمان‌های مهم تجاری و خدماتی (از قبیل پارکینگ، هتل و ...) می‌تواند در موفقیت این مراکز و فضاهای زیرین آن‌ها راه‌گشا باشد. یکی از بهترین نمونه‌های این نوع ارتباطات شبکه PATH در تورنتو کانادا است، که تقریباً اکثر ساختمان‌های مهم شهری مراکز تجاری، اداری، خدماتی، ایستگاه‌ها و پایانه‌های سواره و ریلی را به هم می‌پیوندد در شهر کالگری نیز به مانند دیگر شهرهای کانادا دارای شبکه زیرسطحی گسترده‌ای می‌باشد. این شبکه به سیستم قطارهای شهری (موسوم به C-Train) متصل بوده و اکثر ایستگاه‌ها و ساختمان‌های مهم اداری، تجاری، خدماتی را با پیاده‌راه‌های زیرزمینی به هم دیگر متصل می‌نماید [۱۱]. در شهرهای که اقلیم ناسازگار (سرماي شديد/گرمای شدید) دارند، توسعه حمل‌ونقل زیرزمینی می‌تواند تداوم کارکرد و حیات شهری را ممکن سازد. در اثر شهرهای کانادا نظیر تورنتو، مونترآل، کالگری و ... شبکه‌های زیرزمینی این چنین نقشی را ایفا می‌نمایند.



شکل ۵: شبکه زیرسطحی تعدادی از شهرهای آمریکای شمالی: مونترآل، تورنتو، شیکاگو، کالگری، وینی‌پگ [۱۱].



شکل ۶: ارتباط و پیوستگی مسیرها، عناصر و ساختمانهای مهم شهری تورنتو [۱۰].

۴-۳- پدافند غیرعامل:

پدافند غیرعامل، مجموعه اقداماتی است که قبل از خطر انجام می‌گیرد و در هنگام بروز هرگونه تهدید طبیعی و غیر طبیعی (مانند جنگ) موجب کاهش آسیب پذیری نیروی انسانی، ساختمان ها، تاسیسات، تجهیزات، اسناد و شریان های حیاتی یک کشور می‌گردد [۷]. شریانهای حیاتی، زیرساختهای شهری در شهرهای بزرگ، بویژه شبکه‌های حمل و نقل، علاوه بر نقش کلیدی در حیات شهرها، در سوانح و بحرانهای طبیعی و غیرطبیعی در معرض تهدید و آسیب قرار دارند. فضاهای زیرزمینی با قابلیت‌های مثبتی که در این راستا دارا هستند علاوه بر پایداری و تداوم کارکرد در مواقع بحرانی، به‌عنوان پناهگاهی برای انسانها مورد استفاده قرار گیرند. بخشی از قابلیت‌های فضاهای زیرسطحی در پدافند غیرعامل عبارتند از:

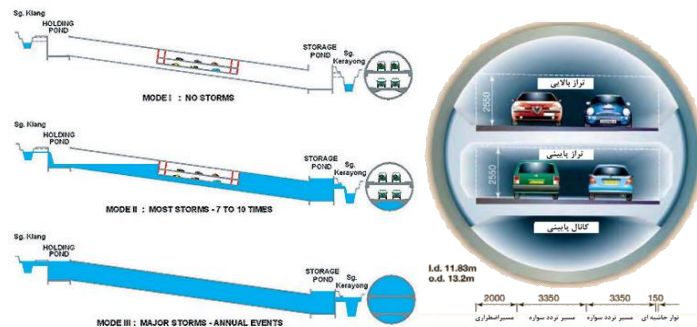
- **استحکام، قابلیت حفاظت و قابلیت نگهداری مطلوب در مواقع بحرانی:** تهدید اتمی در کشورهای بسیار پیشرفته همچون سوئد و سویس موجب افزایش و تجهیز فضاهای زیرزمینی حتی به صورت شخصی و خانوادگی شده است که بیشترین بخش ممکن آن را برای پناهگاه یا قابل تبدیل شدن به آن را در نظر می‌گیرند و در زمان عادی به کاربری های دیگر اختصاص دارد. طی جنگ جهانی دوم، ایستگاههای مترو پاریس، لندن، برلین به عنوان پناهگاه در مقابل بمباران های هوایی، بسیار مفید واقع شدند. پناهگاههای زیرزمینی امروزه نیز در پدافند غیر عامل مورد استفاده و توجه قرار می‌گیرند. ساختمانهای مدفون در برابر حملاتی غیر از انفجارهای عمیق بمبها، بسیار مقاوم و قابل اطمینان می‌باشند. یک سیستم ساختمانی کامل زیرزمینی که متصل به تونلهای ارتباطی باشد می‌تواند مقر دفاعی نیرومندی را تشکیل دهد. تونلهای عمیق بمنظور عملیات اجرائی و فرماندهی و همچنین نگهداری و انبار کردن آمادهای ضروری و حیاتی بسیار مناسب هستند [۲].

- **زلزله:** پایداری و آسیب‌پذیری کم در وقوع زلزله، از جمله نقاط قوت فضاهای زیرسطحی زمین‌لرزه کوبه در سال ۱۹۹۵ ساختمانهای مهم شهر از جمله سالن اجتماعات این شهر در اثر زلزله، آسیبهای جدی دید، درحالیکه به مراکز خرید زیرزمینی تقریباً هیچ آسیبی وارد نشد. البته این قابلیت در صورتی محقق می‌شود که از اصول و روشهای طراحی حفاظتی و مقاوم‌سازی بدرستی استفاده شود. حرکات زمین در سطح به‌علت وجود امواج سطحی تشدید می‌شود. همچنین سازه‌های زیرزمینی معمولاً به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که توان تحمل بارهای ناشی از فشار توده‌های بالایی خود را داشته باشند و به همین جهت بارهای ناشی از زلزله در مقابل این مقدار بار، زیاد نیستند. حرکات زمین موجب حرکت سازه‌های زیرزمینی به علت قرارگیری در میان آن می‌شود. بنابراین اثر حرکت زمین بر نوسانات سازه بنا در زیرزمین از آنچه روی زمین وجود دارد کمتر است [۲].

- **آتش‌سوزی:** آتش‌سوزی در مناطق شهری عامل اصلی نگرانی در هنگام بالیای دیگر همچون زلزله‌های مهیب و در زمان جنگ می‌باشد. ساختمانهای زیرزمینی بطور بالقوه در برابر آتش‌سوزی بیرونی محافظت می‌شوند. سطح زمین غیرقابل اشتعال بوده و عایقی بسیار مطلوب برای سازه زیرین خود محسوب می‌شود. در این مورد نیز نقاط دسترسی آسب‌پذیرترین بخش بناست [۱].

- **ارتعاش:** مهمترین منابع ایجاد لرزش و ارتعاش در مناطق شهری عبارتند از: ترافیک جاده‌ها و بزرگراهها، قطارها، متروها، ماشین‌آلات صنعتی و ساختمانی و ... اگر منبع ارتعاشی بر روی سطح و در نزدیکی سطح زمین باشد، میزان ارتعاش با افزایش عمق و افزایش فاصله با منبع آن به سرعت محو می‌شود. ارتعاشات دارای فرکانس بالاتر با سرعت بیشتری نسبت به ارتعاشات کم فرکانس بر اثر افزایش عمق می‌روند [۱].

■ **انعطاف پذیری فضاهای زیرسطحی:** انعطاف پذیری یکی از مهم ترین کیفیتهای مراکز شهری فضاهای شهری است. به این معنی که مجموعه های شهری و فضاهای مربوطه در زمان های گوناگون به نیازهای متنوع شهر، و کاربرانش پاسخ دهند. برای نمونه ایستگاههای مترو در مواقع بحرانی قابلیت جایدگی جمعیت بسیاری از شهروندان و کاربریها و حفاظت آنها در مواقع بحرانی و بروز پدیده های ناخواسته طبیعی و مصنوع هستند. همچنین فضاهای زیرسطحی در پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر نواحی شهری می تواند به کار گفته شود. تاسیسات زیرسطحی شهری می تواند به تعدیل و کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم کمک نماید. با توجه به اینکه تغییرات آب و هوایی شدید که باعث افزایش تناوب وقوع سیلاب ها و بالا آمدن سطح آب دریاها می شود به کمک چنین تاسیساتی می تواند در مناطق در معرض سیلاب مانند کشورهای آسیای شرقی مفید باشد. برای مثال تونل هوشمند کوآلالمپور که برای کنترل سیلابهای شهری می باشد نمونه های موفق این نوع استفاده می باشد [۹]. این تونل بطور هوشمند در ۳ تراز زیرزمینی، در مواقع عادی عبور سواره ها باز بوده و در هنگام وقوع سیل در سه حالت ممکن، بسته به حجم سیلاب، تراز ۱- یا ۲- و یا کل تونل، برای عبور سیلاب اختصاص می یابد [۱۷].



شکل ۷: تونل هوشمند کوآلالمپور مالزی [۱۷].

۴-۴- **پایداری زیست محیطی:** فضاهای زیرزمینی بدلیل قرارگیری در زیرزمین منظر شهری به هم نمی زند و در حفظ مناظر طبیعی و اکولوژی طبیعی نقش مثبتی دارد. همچنین این فضاها در تامین ایمنی، امنیت حفاظت انسانها در مواقع بروز بلایای طبیعی همچون زلزله قابلیت خوبی را دارا می باشد. حفاظت از محیط زیست ضمن تامین نیازهای فضایی عملردی مانند پارکینگ زیرزمینی در ویل کلرادو، که در سطح زمین بالای پارکینگ، کاشت بعضی گونه های گیاهی مجاز می باشد [۱۶]. این نوع توسعه در مقایسه با توسعه بزرگراهها که نابودی میزان گسترده ای از کالبد انسان ساخت و طبیعی را به همراه دارد، در حفظ آنها می تواند مفید واقع شود.



شکل ۸: پارکینگ زیرزمینی و حفظ پوشش گیاهی [۱۶].

با توسعه زیرسطحی و انتقال بخشی از فعالیتها، کاربریها از جمله حمل و نقل سواره و ریلی به زیرزمین می توان تا حدودی به حل این آلودگی های زیست محیطی، آلودگی بصری، آلودگی صوتی کمک نمود. همچنین با توسعه زیرسطحی می توان سطوح آزاد شده را به فضاهای سبز اختصاص داده و به پایداری بیشتر شهرها و مراکز شهری کمک نمود. برای نمونه تونل Big Dig در بوسطن آمریکا که با هدف حل مسائل ترافیکی و زیست محیطی انجام شد، بیش از ۱۵۰ ایکر پارک و فضاهای سبز جدید برای

شهر ایجاد شده و کاهش ۱۲ درصدی لایه‌های مونواکسیدکربن را بدبال داشته است [۱۲]. نمونه دیگر تونل M30 در مادرید اسپانیا که با هدف جلوگیری از آلودگی هوا و ارتقای کیفیت محیطی محدوده و حل مسائل ترافیکی ایجاد شد. با اجرای این پروژه فضاهای آزاد شده برای فضای سبز به مساحت حدود یک میلیون مترمربع فضای سبز جدید برای شهر تفریحی و فراغت تبدیل شد [۱۷].

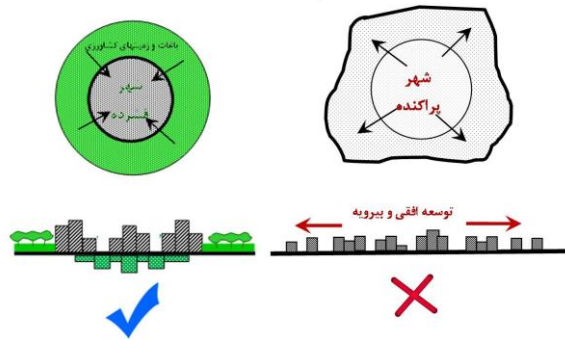
فضاهای زیرزمینی تاثیر بر محیط طبیعی را به حداقل رسانده و با آزاد نمودن فضاهای روسطحی برای ایجاد پارک ها و فضای سبز و انتقال کاربری هایی مثل توقفگاه ها و انباری ها به زیرزمین محیط شهری آرامش بخش و خوشایندی را به دور از آلودگی های صوتی، بصری و هوا، به ارمغان می آورد. وجود شبکه عابر پیاده ایمن، وسیع و جدا از سواره با کاربری های متنوع مانند نمونه های تورنتو و مونترال از دیگر امتیازات فضاهای زیرزمینی به نفع انسان و محیط زیست می [۱۳]. با توسعه زیرسطحی و انتقال بخشی از فعالیتها، کاربریها از جمله حمل و نقل سواره و ریلی به زیرزمین می توان تا حدودی به حل این آلودگی های زیست محیطی، آلودگی بصری، آلودگی صوتی کمک نمود. همچنین با توسعه زیرسطحی می توان سطوح آزاد شده را به فضاهای سبز اختصاص داده و به پایداری بیشتر شهرها و مراکز شهری کمک نمود. انتقال کاربری های غیرضرور به زیرزمین فرصت کلیدی برای تامین فضاهای سبز فراهم می آورد. نمونه موفق این موضوع، مرکز خرید زیرزمین در زیرپارک مرکزی ناگویا (Nagoya) و پارک شهر ساپورو آئورولا (saporo Auorola) می باشد. این پارکها به همراه مراکز خرید زیرزمینی که زیر پارک ساخته شده اند، به صورت نوارهای میانی وسیعی مابین دو خیابان توسعه یافته اند [۱۳].



شکل ۹: پارک شهر ساپورو آئورولا ژاپن، ایجاد شده با توسعه زیرسطحی [۱۹].

۴-۵- شهر فشرده از طریق توسعه زیرسطحی شهری:

بدنبال گسترده‌گی، رشد بی‌رویه شهرها و پیامدهای این گسترش نامطلوب از قبیل، افزایش مصرف انرژی، اتلاف زمین‌های کشاورزی برای احداث مسکن و راه و ... ایده شهر فشرده مطرح شد. طرفداران انگاره شهر فشرده از جمله تشکیلات "جامعه کمسیون اروپا" بر این باورند که شهر به عنوان یک منبع بوده و در مصرف آن باید نهایت دقت بکار برده شود. همچنین شهر فشرده با کوتاه کردن فاصله سفرهای شخصی، کاهش مصرف و اتلاف زمین، افزایش امکان پذیری استفاده از سیستم‌های حمل و نقل همگانی، امکان پذیری استفاده از تاسیسات حرارتی و برقی مشترک، در مقایسه با الگوی فعلی توسعه شهری آسیب کمتری را به محیط تحمیل می نماید [۵]. به عبارت دیگر رابطه بین شهرپایدار، تراکم و فشردگی رابطه ای معنادار برقرار می باشد. و فشردگی راهی برای پایداری محیط زیست و شهرهاست. که این موضوع در شهرگرایی گذشته ایران بوضوح در شهرهای کویری دیده می شود.



شکل ۱۰: مقایسه شهر پراکنده (راست) و شهر فشرده با رویکرد توسعه زیرسطحی شهری (چپ) [۷].

۱۴- جمع بندی و نتیجه گیری:

مرور ویژگی های فضای زیرزمینی از قبیل نشان می دهد که استفاده از این نوع فضاها می تواند ابزار موثری در نیل به اهداف پایداری و توسعه پایدار شهری باشد. فضای زیرزمینی دارای قابلیت های بالایی در صرفه جویی انرژی ، کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی بصری، ایجاد فضاهای شهری پاسخده از نظر اقلیمی و کالبدی و ... می باشد. به طور خلاصه با بررسی ویژگی های فضاهای زیرزمینی و مسائل و نیازهای مراکز متراکم و شلوغ شهرهای بزرگ کشورمان از جمله مادرشهر تهران (مانند محدوده میدان انقلاب، محدوده بازار تهران، محدوده میدان تجریش، محدوده میدان هفت تیر تا چهارراه ولیعصر، محدوده میدان آزادی، محدوده میدان رسالت و ...) می توان توصیه های زیر را برای حل مشکل آنها ارائه داد:

۱. با بکارگیری الگوهای بومی (بویژه در شهرهای کویری) در استفاده از فضاهای زیرزمینی خانه ها برای زندگی و غیره می توان در مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی، صرفه جویی نمود.
۲. توسعه زیرسطحی می تواند آلودگی های صوتی، بصری و هوا را کاهش داده و تعادل محیطی و اقلیمی را به همراه داشته باشد.
۳. فضاهای زیرزمینی، دارای ثبات دمایی و حداقل تغییرات دایی را در زمستان و تابستان دارا بوده و قابلیت خوبی در آسایش اقلیمی برای انسان و ملزومات زندگی انسانها دارد.
۴. طراحی و ایجاد شبکه دسترسی پیاده مدار با در نظر گرفتن طرح های بالادست شهری و توجه به یکپارچگی این فضاها با سایر فضاهای و کانونهای شهری از قبیل ایستگاههای مترو و ...
۵. در نظر گرفتن توقفگاههای زیرزمینی به منظور جلوگیری از تبدیل شدن مسیرها و فضاهای نیمه عمومی داخل محله ها به پارکینگ سواره ها.
۶. توسعه چندمنظوره فضاهای زیرسطحی برای کارایی در مواقع مختلف، بویژه مجتمع های ایستگاهی مترو، می تواند به پایداری هرچه بیشتر شهر کمک نماید.
۷. بهره گیری از تجارب موفق جهانی و بکارگیری قابلیت های بومی در امر توسعه زیرسطحی شهرها می تواند مفید باشد.
۸. با توجه به اهمیت انرژی و ضرورت بازاندیشی در مصرف آن ، توسعه زیرسطحی می تواند یکی از راههای نیل به کاهش مصرف انرژی به شمار آید.
۹. ارتباط بین بافتهای شهری از طریق مسیرهای زیرزمینی، می تواند به کارایی و احیاء بافتها کمک نماید.
۱۰. انتقال کاربری های غیر ضروری (مانند انباری ها و برخی صنایع کوچک) به زیرزمین و آزاد نمودن فضاهای روسطحی برای کاربری های مورد نیاز (مانند فضای سبز ، پارک، کاربری های تفریحی و ...)
۱۱. برچیدن پل ها هوایی و انتقال خطوط حمل و نقل سواره به زیرزمین در مراکز شهرهای بزرگ برای پایداری هرچه بیشتر این محدوده ها.
۱۲. توجه به ملزومات طراحی این فضاها در خصوص تامین روشنایی، ارتباط بین سطوح، ارتباط بین درون و بیرون ، طراحی ورودی های مناسب قابل دسترس بودن این فضاها و ...

۱۳. در توسعه زیرساختی به عناصر و بستر طبیعی و حفاظت از آنها توجه شود. ریشه درختان، قنات‌ها و منابع آب زیرزمینی می‌تواند به این نوع ساخت‌وساز آسیب وارد شود.
۱۴. شهرهای ایران با پیشینه استفاده از زیرزمین در دوره معاصر نیز می‌تواند از رویکرد توسعه زیرزمینی، با نگرش جامع، در مقیاس معماری و شهری، برای ارتقای پایداری خود استفاده نماید.

۱۵- منابع و ماخذ:

۱. استرلینگ، ریموند، کارمودی، جان: **طراحی فضاهای زیرزمینی**، وحیدرضا ابراهیمی: مترجم، مشهد، نشر مرن‌دیز چاپ اول ۱۳۸۸.
۲. باستیه، ژان: **شهر**، دکتر علی اشرفی: مترجم، تهران، دانشگاه هنر، چاپ اول، ۱۳۷۷.
۳. پامیر، ساسی (۱۳۸۸): "فرینش مرکز شهری سرزنده"، ترجمه مصطفی بهزادفر و امیرشکیبامنش، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول.
۴. عزیزی، محمدمهدی (۱۳۸۰): **توسعه شهری پایدار: برداشت و تحلیلی از دیدگاه‌های جهانی**، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، مجله صفا، شماره ۳۳، صص ۱۵-۲۷.
۵. گلکار، کورش: "طراحی شهری پایدار در حاشیه شهرهای کویرشهر" تهران، دانشگاه تهران، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۸، ۱۳۸۰، صفحه ۴۷.
۶. لقای، حسنعلی و محمدزاده تیتکانلو، حمیده (۱۳۷۹): "مقدمه‌ای بر توسعه پایدار شهری و نقش برنامه‌ریزی شهری در آن"، تهران، دانشگاه تهران، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۶، صص ۳۲-۴۳.
۷. مولائی، اصغر: **طراحی شهری انسان‌مدار با رویکرد توسعه زیرسطحی شهری (نمونه موردی: مرکز تجریش تهران)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی_طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۹.
8. Astore & et al (2009): "BOLOGNA METRO LINE 1: UNDERGROUND STATION IN A COMPLEX AREA" <http://www.ctta.org/FileUpload/ita/2009/papers/O-10/O-10-03.pdf>
9. Bobylev, N. (2009b): *Urban underground infrastructure and climate change: opportunities and threats*. Proc. 5th Urban Research Symposium, Marseille, France June 28-30, 2009 17p.
10. Be langer, Pierre (2007): *Underground landscape: The urbanism and infrastructure of Toronto's downtown pedestrian network, Tunnelling and Underground Space Technology*, <http://www.ctta.org>
11. -Boivin, Daniel J (1990): "Underground Space Use and Planning in the Quebec City Area", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol.5, No. 1/2, pp69-83.
12. F.C. Chow & et.al (2002): *Hidden Aspects of Urban Planning: Utilisation of Underground Space*, Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering, Zurich.
13. Golany, Gideon, Ojima, Toshio (1996): *Geo-Space urban design*, Canada, John Wiley.
14. Godard, Jean-Paul (2004): "Urban Underground Space and Benefits of Going Underground", Past Vice-President, ITA, France: , World Tunnel Congress 2004 and 30th ITA General Assembly, Singapore, 22-27 May 2004.
15. Parriaux, A. Blunier, P. Maire, P. Tacher, L. (2007): *The Urban Underground in the Deep City Project*, for Construction but not only ACUUS meeting of Cape Sounion in summer.
16. Sterling, Raymond & et al (2010): "Sustainability Issues for Underground Space in Urban Areas", ICE Journal Urban Design and Planning Special Issue on Urban Development and Sustainability.
17. http://www.roadtraffictchnology.com/projects/m30_madrid
18. <http://www.oma.eu>
19. <http://www.yamasa.org>