فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری، ۶(۲(پیاپی ۲۲))، ۹۵-۱۱۰
www.iueam.ir
نمایه در ISC، EconLit، Econbiz، EBZ، GateWay-Bayern، SID، Google Scholar، Noormags، Magiran، Ensani، RICeST، Civilica
شاپا: ۲۳۴۵-۲۸۷۰

فصلنامه علمی- پژوهشی
اقتصاد و مدیریت شهری

تعیین کاربری بهینه فضای زیرزمینی شهری (خیابان‌های منتخب شهر اصفهان)

رضا نصراصفهانی* استادیار گروه اقتصاد و کارآفرینی، دانشکده پژوهش‌های عالی هنر و کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
بابک صفاری استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
مجید بشیری کارشناسی ارشد اقتصاد شهری، دانشکده پژوهش‌های عالی هنر و کارآفرینی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۴

چکیده: استفاده از فضاهای زیرزمینی می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری زمین در شهرها شود. این مقاله، به این مسأله پرداخته است که در صورتی که بخواهیم از فضاهای زیر خیابان‌های شهر استفاده کنیم از بین چهار کاربری تجاری، انبار، پارکینگ عمومی و گذرگاه (خیابان دو طبقه) کدام یک کاربری بهینه می‌باشد؛ لذا بیست‌ویک خیابان اصلی منتخب در مناطق ۵ و ۶ شهر اصفهان به عنوان گزینه‌های مسئله انتخاب شدند. با بهره‌گیری از داده‌های سال ۱۳۹۲ و روش برنامه‌ریزی خطی، تابع هدف برای تخصیص بهینه کاربری طراحی شد. در ادامه با توجه به روش تحلیل سلسله‌مراتبی دومرحله‌ای در محیط نرم‌افزار GIS، مسئله بهینه‌سازی بررسی شد. برای بررسی در مرحله اول، نوع کاربری به عنوان معیارهای اصلی مسأله شامل: کاربری پارکینگ، انبار، تجاری و گذرگاه، انتخاب شد و در ادامه، برای بررسی در مرحله دوم، زیرمعیارهای قیمت منطقه‌بندی زمین، ترافیک عبورومرور، مساحت فضای سبز و سطح اشتغال، انتخاب شدند. نتایج به‌دست آمده از بررسی مرحله اول نشان دادند که کدام خیابان برای کدام کاربری اهمیت بیشتری دارد. همچنین نتایج به‌دست آمده از بررسی مرحله دوم نشان دادند کدام زیرمعیار در انتخاب نوع کاربری اهمیت بیشتری دارد. بر این مبنا می‌توان تصمیم گرفت در زیر کدام خیابان چه کاربری لازم است و اولویت انجام کدام خیابان برای استفاده از فضای زیرزمینی چه می‌باشد. برای کاربری پارکینگ و گذرگاه، بزرگراه شهید همت بیشترین امتیاز و برای کاربری تجاری و انبار، خیابان هزارجریب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است.

واژگان کلیدی: کاربری بهینه، فضای شهری، زیرزمین، سلسله‌مرتبه‌ای دومرحله‌ای، شهر اصفهان
طبقه‌بندی JEL: P41, R14, O18, R42

* نویسنده مسئول: r.nasr@aui.ac.ir

۱- مقدمه

رشد جمعیت شهرهای بزرگ امری اجتناب‌ناپذیر است. امروزه بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها متمرکز شده‌اند (O'sullivan & Sheffrin, 2008). از این رو تأمین امکانات مناسب زندگی برای شهرنشینان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا رشد شهرها به بقای زندگی شهرنشینان و فعالیت‌های اقتصادی مربوط به آنها بستگی دارد. زمین، نهاده اصلی برای توسعه شهری به شمار می‌رود. ویژگی‌های زمین مانند: محدودیت عرضه، غیرقابل حمل بودن، بادوام بودن و جانشینی محدود، آن را از سایر نهاده‌ها متمایز می‌کند. امروزه بیشتر دولت‌ها به این نتیجه دست یافته‌اند که اگر بازار زمین شهری به حال خود رها شود، نمی‌تواند به تخصیص مؤثر کاربری زمین منجر شود. در این بین نیاز به فضای بیشتر در کلان‌شهرها، پدیده جهانی است (پورمحمدی و خلیل‌نژاد، ۱۳۸۱).

امروزه رشد شهرنشینی چهار مشکل اصلی برای شهرها ایجاد کرده است که عبارتند از: ۱- افزایش قیمت زمین: توسعه اموال، املاک و مستغلات، در حال ایجاد جریان نقدی بزرگ در شهر بوده و باعث بهره‌برداری کمتر از زمین در دسترس برای استفاده عمومی می‌شود. ۲- فقدان زنجیره ارزش برای ایجاد رشد اقتصادی، با توجه به سیاست‌گذاری نامناسب یا ظرفیت‌سازی ناکافی و عدم‌ارتباط مناسب نهادهای دخیل در مدیریت شهری ۳- فشار کاربری اراضی: تخصیص نامتوازن زمین‌های ساختمانی و تسهیلات زمین ۴- اثرات زیست‌محیطی: افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی و آبی شهر اصفهان بیش از سطوح استاندارد تعیین شده است (خوش‌اخلاق، ۱۳۷۸) که باعث آشفتگی اکوسیستم شهری و به تبع آن، کاهش کیفیت زندگی شهروندان می‌شود (Lovett et al., 2009).

در صورتی که بتوان بهره‌وری استفاده از زمین را در شهرها افزایش داد می‌توان بهبود اندکی در زمینه کمیابی زمین ایجاد کرد. بر این اساس استفاده از زمین توسط بخش عمومی برای ارائه خدمات عمومی محلی، سهم زیادی را در استفاده از زمین در شهرها دارد؛ برای مثال سهم زیادی از سطح شهرها پوشیده از خیابان‌های اصلی و معابر فرعی هستند. در صورتی که بتوان از فضای زیر خیابان‌ها استفاده کرد، بهبود نسبی در کمیابی زمین در شهرهای بزرگ ایجاد می‌شود.

فضای زیرزمینی، موجب بهبود زیست‌پذیری شهر، ارتقای سلامت عمومی، کاربری چندگانه و هم‌افزایی توسعه زیرزمین و سطح زمین، بازسازی یا تزریق مجدد انرژی به هسته‌های قدیمی‌تر شهرها، حمل‌ونقل و ارائه خدمات کارآمد می‌شود. با توجه به ظرفیت تفکیک‌سازی قابل‌توجه در سطح زیرزمینی، مجموعه شهری زیرزمینی باعث کاهش سروصدا در مقایسه با سطح زمین در مقیاس شهری (اتوبوس، ماشین)، صرفه‌جویی در زمان، کاهش ترافیک در جاده‌ها و افزایش سرعت حمل‌ونقل می‌شود که به طور مستقیم به کاهش مصرف انرژی (به عنوان سود مستقیم) و کاهش آلودگی هوا (به عنوان سود غیرمستقیم) می‌انجامد. سازه‌های زیرزمینی به طور طبیعی از آب‌وهوای نامتعادل مانند: طوفان، گردباد، رعدوبرق و سایر پدیده‌های طبیعی و خطرات سیلاب مصون هستند (Bobylev, 2006). دمای فضای زیرزمین تقریباً ۲۸ درجه سانتی‌گراد است و میزان رطوبت آن از ۶۰ درصد تا ۷۰ درصد فراتر نمی‌رود. در صورتی که بتوان فضاهای تجاری و خدماتی بیشتری در زیرزمین ایجاد کرد، می‌توان بهره‌وری زمین در شهرها را افزایش داد. در مجموع می‌توان گفت منافع خروجی این گونه فضای شهری قابل‌توجه است (Lin & Lo, 2008). از طرفی دیگر، یکی از عمده‌ترین بخش از مخارج شهرداری‌ها در ارائه خدمات به شهروندان، احداث خیابان‌ها برای بهبود عبورومرور در شهرها می‌باشد. با توجه به موارد بیان شده در این تحقیق، این موضوع در شهر اصفهان، بررسی شد که اگر برنامه‌ریزان شهری بخواهند از فضاهای زیرین خیابان‌های منتخب استفاده کنند چه کاربری مناسب است و کدام

خیابان در اولویت اجرای این طرح قرار خواهد گرفت. نرخ مطلق شهرنشینی در شهر اصفهان همواره با روند صعودی توأم بوده است و پیش‌بینی می‌شود تا افق ۱۴۰۵ با همین روند ادامه یابد (نوروزی، ۱۳۸۸). آمارها نشان می‌دهند که تعداد روزهای پاک و سالم شهر اصفهان پایدار نبوده و با افت و خیزهای متداولی همراه بوده است (آمارنامه شهر اصفهان، ۱۳۹۰)؛ لذا با توجه به محدودیت زمین‌های شهری، آیا می‌توان از فضای زیرین این خیابان‌ها استفاده کرد؟ در این مقاله بررسی شده است که در صورتی که بخواهیم از فضاهای زیرزمینی برخی از خیابان‌ها، برای بهبود کارایی استفاده از زمین بهره بگیریم، نیاز است به دو سؤال زیر اصلی پاسخ دهیم:

۱- اولویت کدام خیابان در شهر اصفهان برای استفاده از فضای شهری زیرزمینی بیشتر است؟

۲-چه کاربری (کاربری انبار، پارکینگ، بخش تجاری، گذرگاه) در اولویت قرار دارد؟

برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در ابتدا چند زیرمعیار (قیمت زمین، مساحت فضای سبز، ترافیک عبورومرور، اشتغال) تعریف شد و در ادامه بر اساس استفاده از روش تحلیلی سلسله‌مرتبه‌ای دو مرحله‌ای، اولویت خیابان و کاربری مناسب برای فضای زیرزمینی به‌دست آمد.

۲- پیشینه تحقیق

الف) پژوهش‌های خارجی

وانگ[1] و همکارانش (۲۰۱۳) به بررسی عوامل مؤثر بر توسعه بالقوه فضای شهری زیرزمینی در هفت بخش در شهر نانینگ[2] چین پرداختند. عوامل متعددی از قبیل: زمین‌شناسی، قیمت زمین، شرایط مکانی، سطح توسعه اقتصادی، مزایای توسعه فضای شهری زیرزمینی و سازگاری با برنامه‌ریزی شهری برای بررسی انتخاب شدند. نتایج نشان دادند هرچه قیمت متوسط مناطق، بالاتر باشد، ارتباط مثبت و معناداری با توسعه بالقوه فضای شهری زیرزمینی وجود دارد؛ لذا مناطق با قیمت بالاتر زمین و شرایط مطلوب مکانی، دارای اولویت توسعه هستند.

لی[3] (۲۰۱۲) در پژوهشی، به تبیین عرضه و تقاضای بالقوه اقتصادی- اجتماعی فضای شهری زیرزمینی شهر سوژو[4] در کشور چین پرداختند. مناطق با پتانسیل‌های متفاوت به وسیله فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله‌مراتبی AHP و GIS، وزن‌دهی و نقشه‌بندی شدند.

بابیلف[5] (۲۰۱۱) در مقاله‌ای، مشکلات زیرساختاری فضای شهری زیرزمینی در مسکو را بررسی کرد. وی اصلاح مدیریت دولتی را لازم می‌داند که اصلاحات باید ابتدا در سطح فدرال و در درجه اول، در زمینه برنامه‌ریزی فضایی در کنار برنامه‌ریزی فضایی زیرزمینی و بخش‌های اقتصادی انجام شود.

الجنیدی[6] و همکارانش (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای، استفاده از فضای زیرزمینی در ایستگاه‌های مترو و ایجاد مراکز تجاری مرتبط با آن در ناحیه مرکزی شهر مونترال را بررسی کردند که پیاده‌روی را برای گذر از مرکز شهر برای گریز از آب‌وهوای طاقت‌فرسا فراهم کرده است. آنها نتیجه گرفتند که با وجود هزینه‌های بالای ساخت در زیرزمین نسبت به سطح زمین، بخش عظیمی از سرمایه‌گذاری اراضی سطح زمین با تکیه بر انتخاب جایگزین‌های رقابتی جبران خواهد شد (نمونه موردی شهر هارت در کشور هلند) و فضایی که بیشتر تجاری و خدماتی است را ایجاد می‌کند. از طرف دیگر صرفه‌جویی در مخارج اشغال زمین را در پی خواهد داشت تا در بلندمدت بتواند به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر یاری رساند.

1- Wang
2- Nanning
3- Li
4- Suzhou
5- Bobylev
6- El-Geneidy

کیها[1](۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی مشکلات و روند توسعه فضای زیرزمینی چین پرداخته است. وی به پنج مشکل در استفاده از فضای زیرزمینی؛ از جمله راه‌حل‌های غیرهماهنگ، سیستم مدیریت یکپارچه، مقررات ناقص، برنامه ناقص و سیاست نامشخص اشاره کرد.

هانت[2]و همکارانش (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای، استفاده از فضای زیرزمینی شهر را هم‌راستا با سیاست کاهش مشکلات برای زندگی بهتر در شهرها مانند: کاهش کربن در قوانین بین‌المللی می‌داند. در این مقاله به بررسی نحوه استفاده از این فضاها در آینده پرداخته شده است. آنها نتیجه گرفتند که پذیرش استفاده بیشتر از این فضاها می‌تواند مزایای زیادی را به ارمغان آورد.

کیان[3] و همکارانش (۲۰۱۵) در مقاله‌ای، به بررسی گسترش فضای بازرگانی زیرزمینی در چین پرداختند. برخی از این فضاها به سرگرمی برای ساکنان شهر تبدیل شده است. اجاره فضاهای تجاری زیرزمینی افزایش یافته است ولی در خصوص ارزیابی ارزش زمین تجاری زیرزمینی، تئوری و روش متفاوتی را مورد بررسی قرار دادند. همچنین آنها سعی کردند رابطه قیمت زمین با زمین‌های زیرزمینی را بررسی کنند. آنها روشی را برای محاسبه قیمت زمین تجاری زیرزمینی ارائه کردند که در مورد تئوری ارزش‌گذاری ارزش حق استفاده از زمین‌های تجاری زیرزمینی و همچنین ارزیابی واقعی استفاده می‌شود.

لی و همکارانش (۲۰۱۶) با بیان اینکه تراکم ترافیک و کمبود فضای زمین در حال افزایش نیاز به یافتن فضای بیشتر در زیرزمین شهری را انکارناپذیر می‌کند، بررسی امکان برنامه‌ریزی برای استفاده از این پتانسیل در برنامه‌ریزی شهری را مطرح می‌کنند. آنها نتیجه گرفتند که برای توسعه پایدار شهر، لازم است که منابع مختلف زیرزمینی شهری را درک و از نظر علمی آن را ارزیابی کنیم، سپس به طور کلی برنامه‌ریزی و مدیریت این تحولات را انجام دهیم. همچنین باید ساختار و ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرزمینی شهری، شرایط مهندسی و ویژگی‌های منابع زیرزمینی شهری تعیین شود.

ب) پژوهش‌های داخلی

مولایی (۱۳۹۱) در مقاله‌ای به مطالعه فضاهای زیرسطحی، جنبه‌ها و فواید استفاده از این فضاها از دیدگاه توسعه پایدار شهری با روش تحقیق توصیفی-تحلیلی پرداخته است. پس از طرح مسأله و اهمیت آن، به تبیین مفهوم توسعه پایدار و ویژگی‌های فضاهای زیرزمینی پرداخته شده است. در این تحقیق، محدوده میدان تجریش تهران، با زمینه‌ها و عناصر طبیعی، تاریخی، فرهنگی و اجتماعی و همچنین مسائل متعدد در ابعاد ترافیکی، زیست‌محیطی و فضایی بررسی شدند. در این پژوهش، توسعه زیرسطحی محدوده میدان تجریش به صورت ترکیبی از توسعه‌های نقطه‌ای و خطی پیشنهاد شده است. نتایج مطالعه نشان دادند که توسعه فضاهای زیرزمینی با رعایت اصول پایداری می‌تواند در حل مسائل شهری به ویژه در شهرهای بزرگ و مراکز متراکم آن‌ها مؤثر باشد.

مظفری و همکارانش (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به تبیین اهمیت، ضرورت و ملاحظات حقوقی، مالکیتی و تحقق‌پذیری فضاهای زیرسطحی در کلان‌شهرها پرداختند. در این مقاله پس از مروری تحلیلی بر ضرورت‌های استفاده از فضاهای زیرسطحی، به فرایند برنامه‌ریزی و جنبه‌های مختلفی که در طراحی این فضاها باید موردتوجه باشد اشاره شده است. در ادامه نیز قوانین و ملاحظات حقوقی و مالکیتی موجود برخی کشورها برای احداث و توسعه فضاهای زیرسطحی، بررسی و با هم مقایسه شدند و به طور خاص به وضعیت قوانین و مقررات کشور ایران پرداخته شد. نتایج نشان دادند الگوی جامعی که بتواند همه مسائل مرتبط با احداث و بهره‌برداری از این فضاها را حل کرده باشد وجود ندارد و هر کشوری متناسب با دیدگاه‌های

1- Qihu
2- Hunt
3- Qian

اقتصادی و اجتماعی خود مقرراتی را وضع کرده است. در ایران با توجه به نیاز مبرم به استفاده از زیرسطح زمین در کلان‌شهرها و بار حقوقی و معضلات مالکیتی که احداث این فضاها به ویژه عدم‌رعایت حریم آنها می‌تواند برای مدیریت شهری و مالکان خصوصی ایجاد کند و همچنین نگرش‌های مختلفی که در سطح تصمیم‌گیران در رابطه با حدود مالکیت وجود دارد، ضروری است با نگاهی ویژه به این طرح‌ها از جانب نهادهای قانون‌گذار، نسبت به شفاف‌سازی و وضع قوانین مورد نیاز برای اجرا، بهره‌برداری و نگهداری آنها گام اساسی برداشته شود.

افرادی (۱۳۹۱) مقاله‌ای با عنوان «سازه‌های زیرزمینی شهری و راهکارهایی از منظر پدافند غیرعامل در راستای کارایی آنها» بر مبنای روش پژوهشی-تجویزی انجام داده است. در این مطالعه با ارائه راهکارهایی بر مبنای پدافند غیرعامل در راستای حفاظت و کارایی سازه‌های زیرزمینی شهری، نتایج نشان دادند که پدافند غیرعامل نه تنها قابلیت کاربرد در طراحی و برنامه‌ریزی سازه‌های زیرزمینی را داراست بلکه می‌تواند نقش مهمی را در تداوم فعالیت و خدمات‌رسانی این سازه‌ها در شرایط بحران ایفا کند.

زینلی و جلالی (۱۳۹۴) در تحقیقی به ارزیابی پیامدهای اجتماعی پروژه احداث تونل بزرگراه حکیم در کلان‌شهر تهران به روش ماتریس سریع پرداختند. نتایج پژوهش نشان دادند که بیشترین امتیاز منفی پیامد فعالیت‌های فاز ساختمانی پروژه بر محیط اجتماعی و فرهنگی، مربوط به پارامتر ترافیک با شدت کم می‌باشد. امتیاز پیامدهای پروژه در فاز بهره‌برداری بر محیط اجتماعی و فرهنگی ۷۴+ به‌دست آمد که بیشترین تأثیر مثبت مربوط به کاهش ترافیک با شدت زیاد می‌باشد.

۳- مبانی نظری

فضای شهری زیرزمینی، فضای مطلوب شهرنشینی در زیر سطح شهر است که به دلایلی از قبیل: قیمت بالای زمین، پدیده مهاجرت، آلودگی هوا، ازدحام جمعیت و ترافیک ایجاد می‌شود. عوامل مهم و تأثیرگذار بر انتخاب نوع کاربری برای فضای زیرزمینی عبارتند از: ترافیک، قیمت زمین و آلودگی هوا. برای مثال در شهر پکن با انتقال فضای تجاری به زیرزمین، فضای سبز جایگزین آن شد.

ماهیت تحول فضای شهری، انعکاسی از نیازمندی به زمین در نظام اقتصادی و اجتماعی است و این‌که اقتصاد شهری هم‌زمان بر تولید و تعامل فضای شهری تسلط دارد. الگوی کاربری زمین همواره ساختار فضایی شهر را تغییر داده است. این مهم، فصل مشترک فضا در توزیع سود اقتصادی و ساختار کاربری زمین است. کاربری‌های این‌گونه فضاها مطابق زیر در نظر گرفته می‌شود. این منطقه شامل مجموعه محیط تجاری و اداری است که در آن، توسعه فضای زیرزمینی مانند توسعه در فضای سطح زمین صورت پذیرفته است. فضای زیرزمینی به احداث پارکینگ (۲۰۰ هزار مترمربع)، مراکز تجاری (۲۰۰ هزار مترمربع) و یک تونل چندمنظوره (۱۰۰ هزار مترمربع) اختصاص یافته است (Linxu, 2007). زیرمعیارهای گذرگاه، پارکینگ و بخش تجاری براساس مطالعه مذکور انتخاب شده‌اند. به دلیل اینکه فضای سطح زیرزمین با فضای سطح زمین (از لحاظ ساختاری و کارکردی) در ارتباط است (Chow et al., 2002)؛ لذا هرگونه دخل و تصرف در فضای زیرزمین باعث ایجاد اثرات جانبی برای مالک می‌شود و بنابراین منوط به اجازه مالک زمین می‌باشد. از این رو قیمت زمین، عامل مهمی در تخصیص این‌گونه فضاها به شمار می‌رود و ارتباط بین اقتصاد زمین و اقتصاد فضای زیرزمینی تفهیم می‌شود (Pasqual & Riera, 2005) و لذا برنامه‌ریزی کاربری زمین می‌تواند به تخصیص فضای شهری زیرزمینی بیانجامد. آلودگی هوا، از دیگر عوامل مهم در تصمیم‌گیری برای این گونه فضاها است. زیرمعیار مساحت فضای سبز به عنوان پراکسی از آلودگی هوا در مدل تحقیق آورده شده است. تراکم افراد و ساختمان‌ها رابطه مستقیمی با تقاضا برای فضای شهری زیرزمینی

دارد و کاربری پارکینگ زیرزمینی، یکی از کاربری‌های مهم این گونه فضاها است. با توجه به موضوع و هدف تحقیق، از معیار سطح اشتغال به جای تراکم ساختمانی و جمعیت استفاده شد. کاربری انبار و تسهیلات ذخیره‌سازی به عنوان یکی از کاربری‌های دیگر برای فضای شهری زیرزمینی است. منظور از کاربری بهینه، اختصاص بهینه فضای زیرزمینی مربوط به معابر مورد بررسی تحقیق به کاربری‌های انبار، گذرگاه، پارکینگ و بخش تجاری با در نظر گرفتن زیرمعیارهای قیمت زمین، مساحت فضای سبز، ترافیک عبورومرور و سطح اشتغال مربوط به هر یک از معابر است.

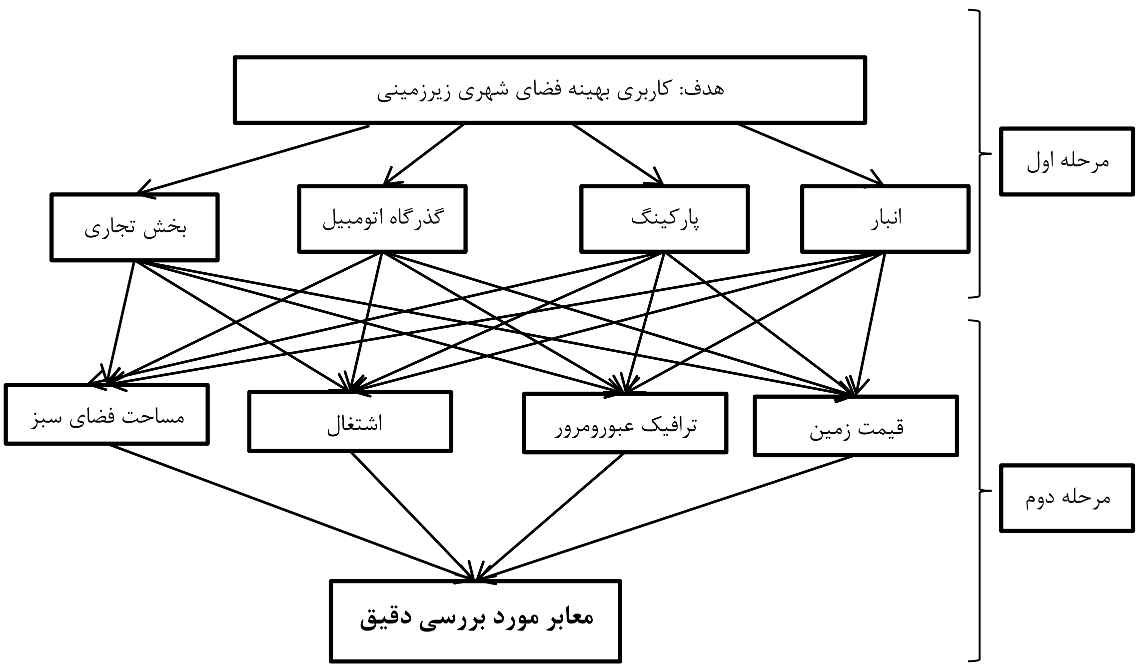
در مجموع می‌توان گفت این فضاها به عنوان بخش مهمی از منابع فضایی شهری، اهمیت زیادی برای بهبود بهره‌وری استفاده از زمین و کاهش تراکم ترافیکی در مناطق مرکزی شهر دارند. توسعه استفاده از این فضاها، به بهبود محیط‌زیست محیطی شهری کمک خواهد کرد. با سرعت بخشیدن به شهرنشینی، گستردگی و عمق استفاده از فضای زیرزمینی به اندازه بی‌سابقه‌ای رسیده است و بسیاری از مشکلات در رونق توسعه فضای زیرزمینی از قبیل: عدم‌برنامه‌ریزی، طرح غیرمنطقی و استفاده بی‌رویه، ناشی می‌شود. فضای زیرزمینی، منبع ارزشمند غیرقابل‌تجدید است و بسیاری از حفره‌هایی که در زیرزمین ایجاد شده‌اند، عواقب برگشت‌ناپذیری دارند. بنابراین، توسعه فضای زیرزمینی باید با دقت و حرفه‌ای انجام شود. برای اطمینان از بهره‌برداری پایدار از فضای زیرزمینی، قبل از حفاری و ساخت‌وساز باید عوامل مؤثر بر پتانسیل توسعه فضای زیرزمینی شهر را مورد بررسی قرار داد. در بررسی مطالعات موجود در فضای زیرزمینی شهری، می‌توان پنج عامل کلیدی که تأثیر مستقیمی بر توسعه این فضاها دارد را به شرح زیر بر شمرد: الف) ویژگی‌های زمین‌شناسی: این ویژگی‌ها بیشتر از بعد هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری مهم است. برای مثال جنس خاک، نزدیکی یا دوری نسبت به گسل‌های زمین‌شناختی یا وجود جریان‌های آب زیرزمینی می‌تواند تأثیر مستقیمی بر افزایش هزینه‌های حفاری، مقاوم‌سازی و استفاده از این فضاها در مرحله احداث و بهره‌برداری داشته باشد (Sterling et al., 2012). ب) قیمت زمین: توسعه فضای زیرزمینی اغلب در مناطق مرکزی شهرهای بزرگ انجام می‌شود. قیمت نسبی زمین در این مناطق بالاتر از سایر نقاط شهر است. این مناطق بیشتر به عنوان مرکز فعالیت‌های اقتصادی، اداری، تاریخی یا فرهنگی شهرها شناخته می‌شوند (Song, 2012). در مطالعات انجام شده رابطه بین قیمت زمین و شرایط محل و توسعه استفاده از فضاهای زیرزمینی، مثبت ارزیابی شده است. می‌توان گفت استفاده از فضاهای زیرزمینی به نوعی افزایش عرضه زمین در این مناطق محسوب شده، همچنین بهره‌وری استفاده از زمین را در این مناطق افزایش می‌دهد (Sterling & Godard, 2000). ج) شرایط محل: این شرایط یک محدودیت جدی در استفاده از این فضاها محسوب می‌شود. از آنجایی که سازه‌های زیرزمینی برای ساختن گران هستند، فضای زیرزمینی اغلب در شهرها و کشورهایی توسعه می‌یابد که شرایط مالی مناسبی را دارند. می‌توان گفت رشد اقتصادی نقش مهمی در شکل‌گیری فضای زیرزمینی شهری ایفا می‌کند. تونگ[1] (۲۰۰۶) در مطالعات خود رشد اقتصادی را به‌عنوان عامل اصلی توسعه فضایی زیرزمینی پیشنهاد کرد. چن و وانگ[2](۲۰۰۵) در مطالعه‌ای رابطه مثبت بین استفاده از فضای زیرزمینی شهری با درآمد سرانه سالانه شهروندان را تأیید کردند. هی[3]و همکارانش (۲۰۱۲) نیز تأیید کردند که تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه مثبتی با تراکم استفاده از فضای زیرزمینی شهری دارد. د) مزایای استفاده از فضای زیرزمینی: به رغم هزینه‌های بالای توسعه فضای زیرزمینی در سال‌های اخیر رشد چشم‌گیری برای استفاده از این فضاها به دلیل مزایای متعدد آن، پیش‌بینی شده است. این مزایا را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: مزایای مستقیم که بیشتر

1- Tong
2- Chen and Wang
3- He

جنبه‌های اقتصادی، فنی، کاربردی و اجتماعی دارد (Godard, 2004) و مزایای غیرمستقیم شامل: مزایای بیرونی از جمله حفاظت از محیط‌زیست و توسعه دانش است. ه) سازگاری با برنامه‌ریزی شهری: صرف‌نظر از جنبه‌های اقتصادی و فنی استفاده از این فضاها، اخذ مجوزهای قانونی و اداری نیز برای ساخت‌وساز زیرزمینی شهری مورد نیاز است (Admiraal, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهند که این مجوزها در بسیاری از کشورها در چارچوب برنامه‌های کلان توسعه شهری وجود ندارد؛ لذا لازم است برنامه‌ریزان شهری پیشنهاد ایجاد چارچوب قانونی برای برنامه‌ریزی استفاده مناسب از فضای زیرزمینی را در دستورکار خود قرار دهند (Sterling et al., 2012). لازم است مقررات مربوط به حجم، ساختار و عملکرد استفاده از فضای زیرزمینی در برنامه‌ریزی شهری فرموله شود. همچنین لازم است برنامه استفاده از این فضاها در برنامه‌های کلان‌شهرها به عنوان راهکاری ایده‌آل برای بهترین استفاده از منابع شهری در نظر گرفته شود. بر اساس تجزیه‌وتحلیل بالا می‌توان نتیجه گرفت که آیا توسعه استفاده از این فضاها با برنامه‌ریزی شهری هماهنگ است یا خیر؟ این مورد تأثیر قابل‌توجهی در استفاده بالقوه از فضای زیرزمینی دارد (Bobylev, 2010).

۴- روش تحقیق

در این تحقیق از روش تحلیل سلسله‌مراتبی دو مرحله‌ای برای انتخاب بهترین زیرمعیار کاربری و وزن زیرمعیارها و از مدل برنامه‌ریزی خطی اکبری و زاهدی کیوان (۱۳۸۷) برای تخصیص فضای زیرزمینی استفاده شده است. در مرحله اول، از بین زیرمعیارهای قیمت زمین، ترافیک عبورومرور، مساحت فضای سبز و اشتغال، بهترین گزینه با توجه به معیارهای تعریف شده نظیر: کاربری انبار، بخش تجاری، پارکینگ و گذرگاه انتخاب شد. پس از آن، بر مبنای بهترین زیرمعیار انتخاب شده و به کمک مدل سلسله‌مراتبی دوم، با وجود چند خیابان منتخب، بهترین معبر جهت بهره‌برداری از انواع کاربری‌های فضای شهری زیرزمینی در مدل سلسله‌مراتبی طراحی شده نخست، برگزیده می‌گردد.



نمودار ۱- نمودار سلسله‌مراتبی دومرحله‌ای تحقیق

برای بهینه‌سازی مقادیر تأثیرگذاری زیرمعیارها بر استفاده از فضای زیرزمینی (Z) از مدل برنامه ریاضی چندهدف (رابطه۱) استفاده شد.

$$Z = W_p(P) + W_E(E) + W_t(T) - W_g(G) \quad (۱)$$

St:

محدودیت زیرمعیار قیمت زمین $۵۰۰ \le P \le ۳۶۰۰$

محدودیت زیرمعیار مساحت فضای سبز $۹۲۸ \le G \le ۴۸۰۰۴۸$

محدودیت زیرمعیار ترافیک عبورومرور $۴۴۰۰ \le T \le ۲۱۹۶۶$

محدودیت زیرمعیار سطح اشتغال $۰ \le E \le ۲۵۰۶$

$\forall: P, G, T, E > 0$

$\frac{\Delta Z}{\Delta P} \ge 0 \quad , \frac{\Delta Z}{\Delta E} \ge 0 \quad , \frac{\Delta Z}{\Delta T} \ge 0 \quad , \frac{\Delta Z}{\Delta G} \le 0$

در این رابطه، Wها وزن‌های هر زیرمعیار می‌باشد که از تحلیل سلسله‌مراتبی مرحله دوم به‌دست آمد. P، قیمت زمین است که با افزایش آن تمایل به استفاده از فضای زیرزمینی افزایش می‌یابد. برای قیمت زمین از قیمت‌های منطقه‌بندی زمین استفاده شده است؛ زیرا بر اساس تحقیقات، رابطه قوی آماری بین قیمت منطقه‌بندی و قیمت‌های واقعی املاک وجود دارد. در این تحقیق تغییرات قیمت‌ها مهم می‌باشد؛ لذا از این داده‌ها استفاده شد. G، مساحت فضای سبز خیابان‌ها است و در صورتی که از فضای زیرزمینی استفاده شود از بین می‌رود؛ لذا ارجحیت معابر برای کاربری فضای شهری زیرزمینی را کاهش می‌دهد. T، معیار حجم ترافیک است که رابط مثبتی با استفاده از فضای زیرزمینی دارد. E، معیار اشتغال است به این معنی که در اطراف محدوده موردنظر چند شغل وجود دارد. رابطه این معیار با استفاده از فضای زیرزمین مثبت در نظر گرفته می‌شود. برای برآورد دامنه تغییرات هر متغیر، داده‌های مورد نظر به صورت میدانی برای سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شدند.

برای بررسی داده‌های که دامنه متفاوتی دارند، از استانداردسازی Zi به شرح زیر استفاده شده است:

$$Z_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

ابتدا فیلد مربوط به زیرمعیارهای قیمت منطقه‌بندی، مساحت فضای سبز، سطح اشتغال و ترافیک عبورومرور، برای هر یک از خیابان‌های منتخب در محیط GIS تدوین گردید. در ادامه، اطلاعات مربوط به پرسشنامه توسط ۱۶ نفر از کارشناس خبره موضوع تحقیق تکمیل شد. تحلیل سلسله‌مراتبی دوم در نرم‌افزار Expers Choice ثبت شد. با توجه به این‌که اهمیت هر یک از زیرمعیارها براساس نوع معیارها متفاوت است؛ لذا وزن هر یک جداگانه محاسبه شد. وزن معیارها توسط ۱۶ نفر از خبرگان منتخب؛ شامل مدیران و کارشناسان باتجربه شهرداری اصفهان در ستاد شهرداری اصفهان تکمیل شد. تحصیلات دانشگاهی مرتبط و داشتن حداقل ۱۰ سال تجربه کار عملی در زمینه تخصصی موضوع به عنوان معیار انتخاب در نظر گرفته شد. با انجام محاسبات و حصول اطمینان از سازگاری نظرات کارشناسی، وزن‌ها در مقدار عددی هر یک از زیرمعیارها ضرب شده و معابر براساس نوع کاربری‌ها، اولویت‌بندی شدند.

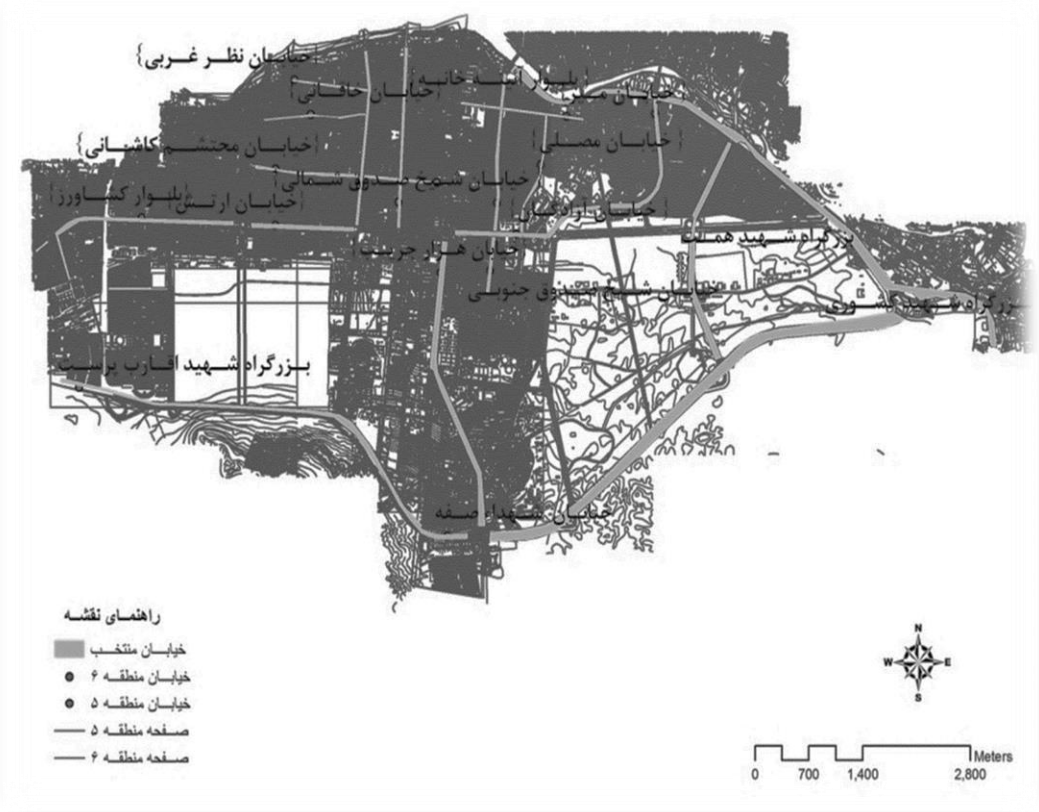
انتخاب نمونه برای مطالعه

با توجه به در دسترس بودن داده‌های شهر اصفهان، این شهر به عنوان نمونه مطالعه انتخاب شد. همچنین با توجه به نیاز بررسی میدانی و دقیق برای مطالعه دقیق‌تر، مناطق ۵ و ۶ با توجه به ساختار جدید و وجود کمتر مناطق تاریخی با اهمیت در آن به عنوان مورد مطالعه انتخاب شدند. در بررسی، کل خیابان‌های موجود در این دو منطقه خیابان‌هایی که امکان‌پذیری بیشتری برای استفاده از فضای زیرزمین را داشتند انتخاب شد.

۵- یافته‌های تحقیق

با توجه به داده‌های آماری شهرداری اصفهان در سال ۱۳۹۳، خیابان‌های شیخ صدوق شمالی، شیخ صدوق جنوبی، مصلی، هزارجریب، سجاد، اتوبان همت، آزادگان، شهید کشوری، میرفرندسکی، آبشار، آیینه‌خانه در منطقه شش و بلوار کشاورزی، ارتش، محتشم کاشانی، شریعتی، خاقانی، نظرغربی، توحید، حکیم

نظامی، شهید آقاربپرست و شهدای صفه در منطقه ۵ شهر اصفهان به عنوان معابر اصلی انتخاب شدند. معیار انتخاب، ترکیبی از انواع معابر مهم درون‌شهری مناطق ۵ و ۶ است؛ به گونه‌ای که قیمت نسبتاً بالای زمین، حجم سنگین ترافیک عبورومرور، سطح بالای اشتغال و مساحت کم فضای سبز را داشته باشند و در مجموع حداقل تفاوت ساختاری را پیرامون زیرمعیارهای مذکور با یکدیگر دارند.



نقشه ۱- معابر مناطق ۵ و ۶ شهر اصفهان با توجه به حجم ترافیک

منبع: (معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان)

بررسی سؤال‌های تحقیق

۱- اولویت معیارهای مورد نظر (کاربری انباری، پارکینگ، بخش تجاری و گذرگاه) چگونه است؟

با توجه به نتایج جدول ۱، پارکینگ بالاترین اولویت را دارد.

جدول ۱- وزن نهایی معیارهای اصلی

رتبه	نوع معیار	وزن نهایی
۱	پارکینگ	۰/۳۰۵
۲	بخش تجاری	۰/۲۹۷
۳	گذرگاه	۰/۲۰۲
۴	انبار	۰/۱۹۶
نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲>۰/۱، قضاوت‌ها سازگار هستند.		

۲-بررسی سؤال دوم تحقیق: اولویت انواع زیرمعیارها (قیمت زمین، مساحت فضای سبز، ترافیک عبورومرور و اشتغال) براساس معیارهای مورد نظر چگونه است؟

نتایج به‌دست آمده در جدول ۲ نشان می‌دهند زیرمعیار اشتغال برای کاربری انبار بیشترین اهمیت را دارد. در جدول ۳ زیرمعیار ترافیک برای کاربری پارکینگ بیشترین اهمیت را دارد. در جدول ۴ زیرمعیار ترافیک برای کاربری گذرگاه، بیشترین اهمیت را دارد. در جدول ۵ زیرمعیار اشتغال برای کاربری تجاری، بیشترین اهمیت را دارد.

با توجه به آزمون انجام شده در خصوص بررسی سازگاری، کلیه نتایج سازگاری لازم را دارند؛ لذا می‌توان گفت از اعتبار کافی برای بررسی برخوردار هستند.

جدول۲- وزن اولیه با توجه به معیار کاربری انبار

زیرمعیار	وزن اولیه	رتبه
اشتغال	۰/۴۲۷	۱
ترافیک عبورومرور	۰/۳۰۵	۲
قیمت زمین	۰/۱۶۳	۳
مساحت فضای سبز	۰/۱۰۵	۴
نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲<۰/۱، قضاوت‌ها سازگار هستند.		

جدول۳- وزن اولیه با توجه به معیار کاربری پارکینگ

زیرمعیار	وزن اولیه	رتبه
ترافیک عبورومرور	۰/۳۷۹	۱
مساحت فضای سبز	۰/۲۶۵	۲
اشتغال	۰/۲۲۳	۳
قیمت زمین	۰/۱۳۴	۴
نرخ ناسازگاری: ۰/۰۴<۰/۱، قضاوت‌ها سازگار هستند.		

جدول۴- وزن اولیه با توجه به معیار کاربری گذرگاه

زیرمعیار	وزن اولیه	رتبه
ترافیک عبورومرور	۰/۶۰۷	۱
مساحت فضای سبز	۰/۱۸۲	۲
اشتغال	۰/۱۳۷	۳
قیمت زمین	۰/۰۷۴	۴
نرخ ناسازگاری: ۰/۰۳<۰/۱، قضاوت‌ها سازگار هستند.		

جدول ۵- وزن اولیه با توجه به معیار کاربری تجاری

زیرمعیار	وزن اولیه	رتبه
اشتغال	۰/۳۸۸	۱
ترافیک عبورومرور	۰/۲۵۶	۲
قیمت زمین	۰/۱۸۱	۳
مساحت فضای سبز	۰/۱۷۴	۴
نرخ ناسازگاری: ۰/۰۳<۰/۱، قضاوت‌ها سازگار هستند.		

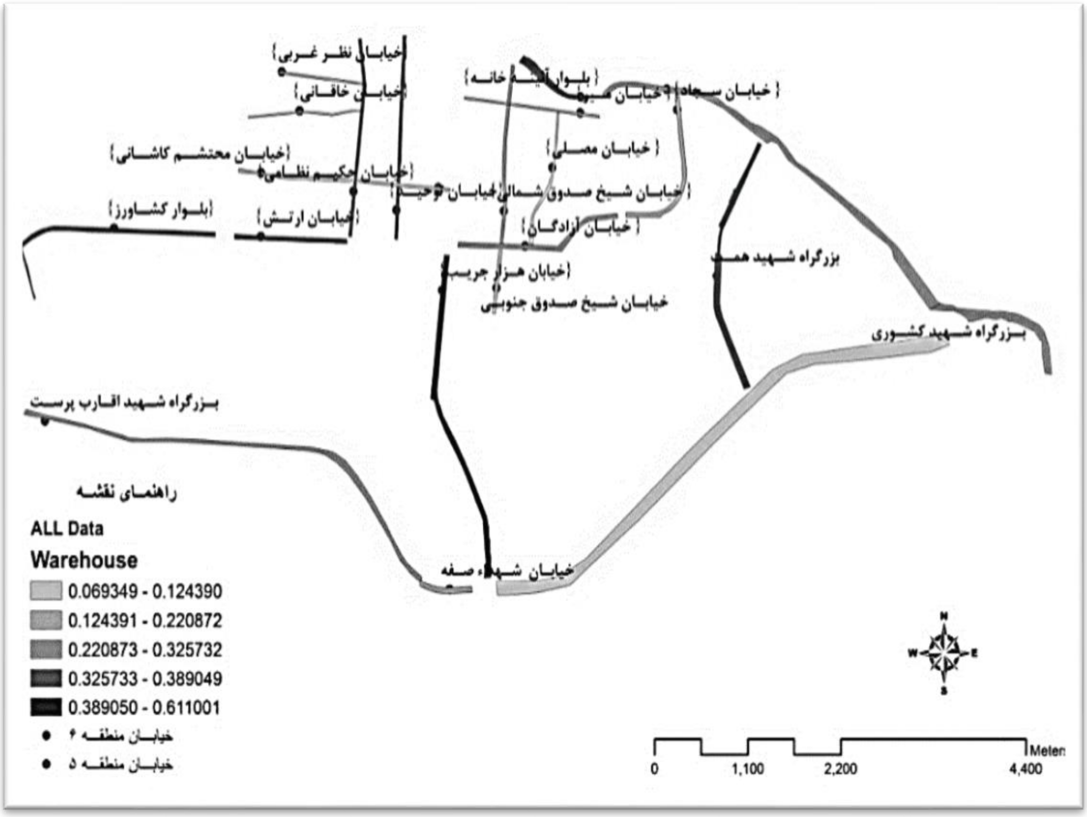
۳- اولویت کاربری خیابان‌های مورد بررسی برای استفاده از فضای شهری زیرزمینی چگونه است؟

با توجه به نتایج به‌دست آمده از اولویت‌بندی زیرمعیارها در مرحله اول، تحلیل وزن‌های موردنظر به‌دست آمده از جداول ۱ تا ۵ در لایه معابر، ایجاد شد و با توجه به مدل برنامه‌ریزی (رابطه ۱) کاربری بهینه برای هر خیابان به‌دست آمد.

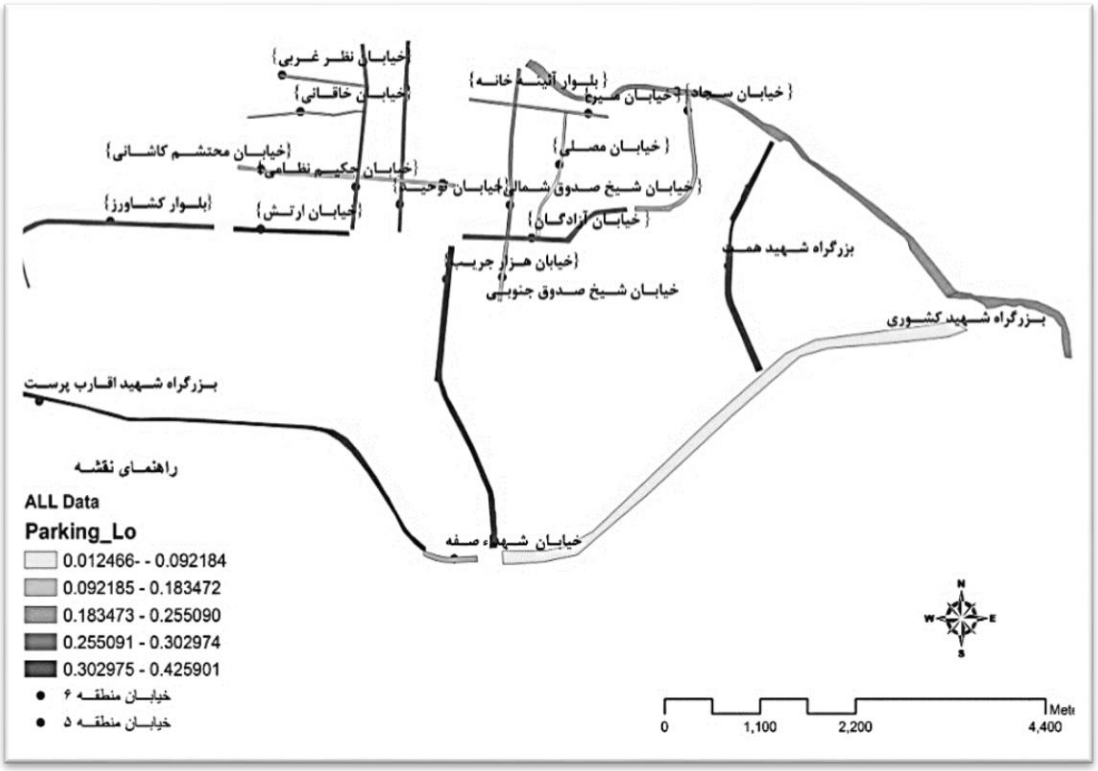
- کاربری انبار و تجاری: کاربری انبار به نوعی مکمل کاربری تجاری می‌باشد؛ لذا کاربری انبار و تجاری در کنار هم می‌توانند بهتر عمل کنند. در نقشه‌های ۲ و ۳ نتایج بررسی کاربری قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهند خیابان‌های هزارجریب، توحید، حکیم نظامی و ارتش، اولویت اصلی برای این ترکیب کاربری می‌باشند.

- کاربری پارکینگ: برای کاربری پارکینگ خیابان‌های ارتش، همت و آیینه‌خانه، بیشترین اولویت را دارند.

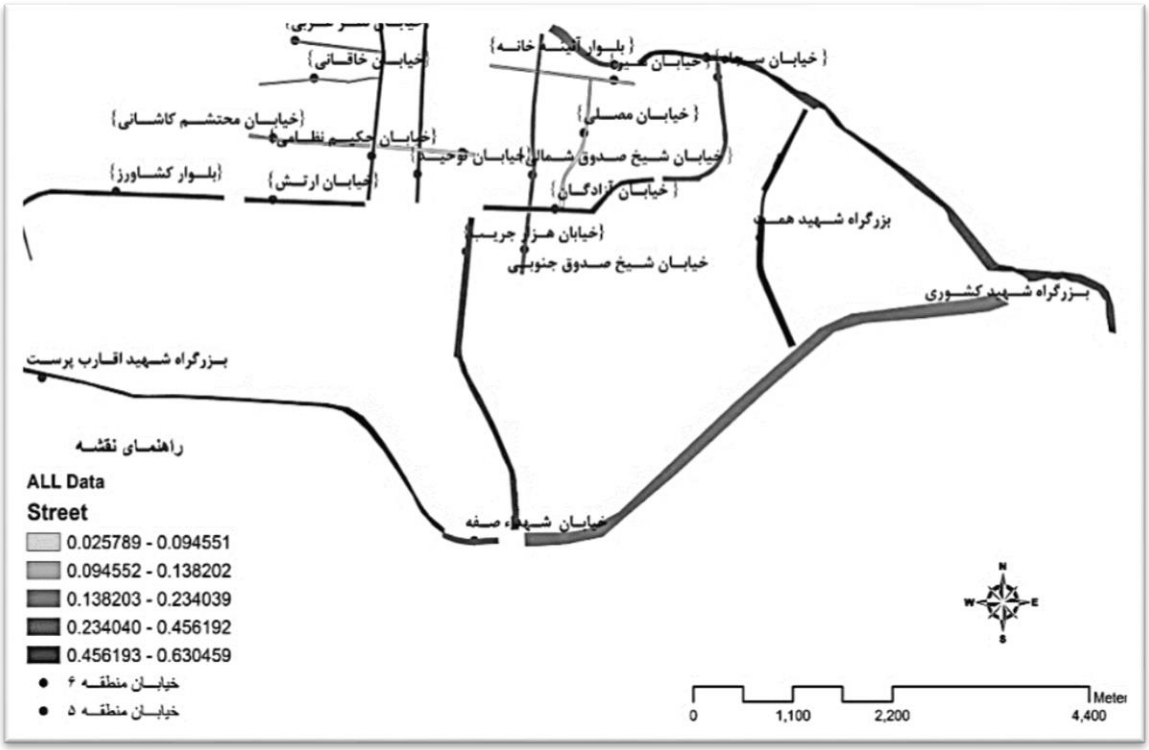
- کاربری گذرگاه: برای کاربری گذرگاه که به نوعی دو طبقه کردن خیابان است، خیابان‌های همت، اقارب‌پرست و ارتش، بیشترین اهمیت را دارند.



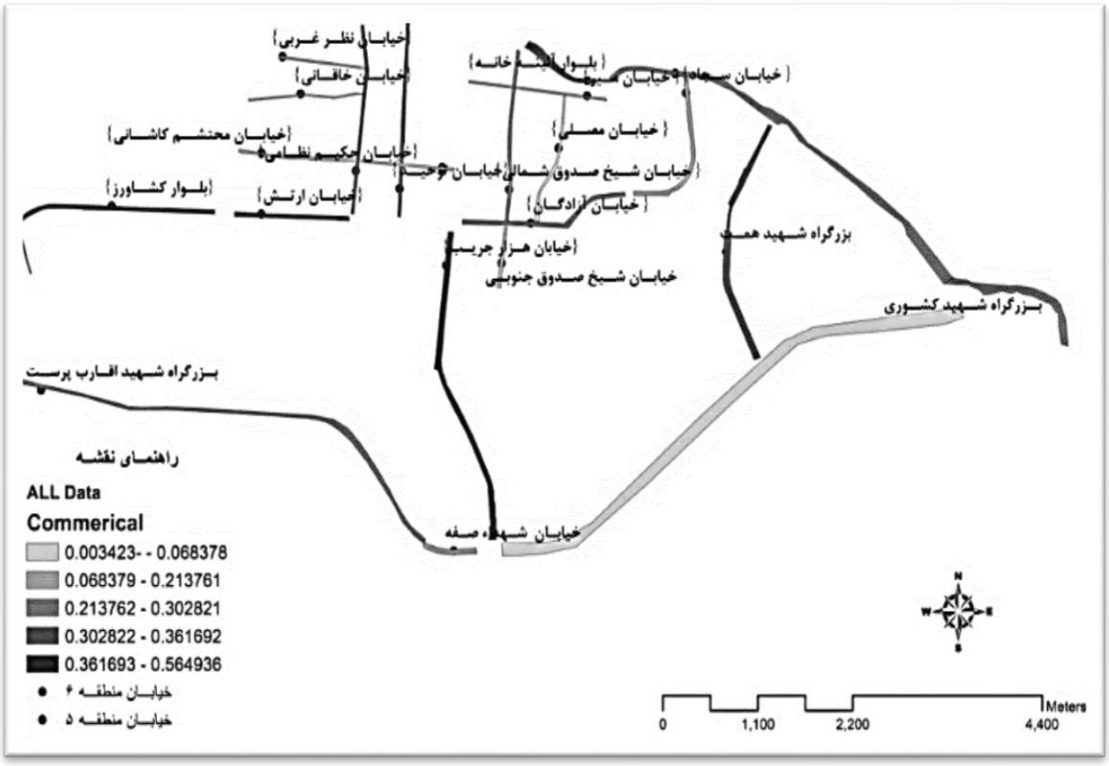
نقشه ۲- رتبه‌بندی معابر، حالت کاربری انبار



نقشه ۳- رتبه‌بندی معابر، حالت کاربری پارکینگ



نقشه ۴- رتبه‌بندی معابر، حالت کاربری گذرگاه



نقشه ۵- رتبه‌بندی معابر، حالت کاربری بخش تجاری

جدول ۶- مقایسه امتیاز انواع کاربری‌های پیشنهادی برای فضاهای زیرزمینی خیابان‌ها اصلی مورد بررسی

نام خیابان	کاربری پارکینگ		کاربری انبار		کاربری تجاری		کاربری گذرگاه	
	امتیاز کل	رتبه	امتیاز کل	رتبه	امتیاز کل	رتبه	امتیاز کل	رتبه
اتوبان شهید همت	۰/۴۲۶	۲	۰/۳۶۲	۶	۰/۳۱۸	۷	۰/۶۳۰	۱
ارتش	۰/۳۵۵	۱	۰/۳۷۴	۴	۰/۳۳۷	۴	۰/۴۵۶	۳
آبشار	۰/۲۵۵	۴	۰/۳۱۷	۱۰	۰/۲۹۳	۱۰	۰/۲۸۲	۹
آزادگان	۰/۲۹۱	۹	۰/۳۲۶	۸	۰/۳۰۱	۹	۰/۳۳۸	۶
آقارب‌پرست	۰/۳۶۳	۸	۰/۳۱۱	۱۱	۰/۲۵۶	۱۱	۰/۵۹۱	۲
آیینه‌خانه	۰/۲۳۳	۳	۰/۳۵۲	۷	۰/۰/۳۳	۶	۰/۱۹۴	۱۳
توحید	۰/۲۲۹	۱۱	۰/۳۸۹	۲	۰/۳۶۲	۲	۰/۲۹۸	۸
حکیم نظامی	۰/۳۰۳	۷	۰/۳۸۰	۳	۰/۳۴۹	۳	۰/۳۲۶	۷
خاقانی	۰/۰۹۲	۵	۰/۱۲۴	۱۹	۰/۱۲۳	۱۹	۰/۰۶۷	۲۰
سجاد	۰/۱۸۳	۱۹	۰/۲۱۹	۱۳	۰/۲۰۵	۱۳	۰/۱۹۴	۱۴
شریعتی	۰/۱۳۹	۱۲	۰/۱۹۷	۱۶	۰/۱۹۳	۱۵	۰/۰۹۵	۱۹
شهدای صفه	۰/۱۶۸	۱۸	۰/۱۷۳	۱۷	۰/۱۶۲	۱۸	۰/۲۰۲	۱۲
شهید کشوری	-۰/۰۱۲۴۶۶	۱۳	۰/۰۹۸	۲۰	۰/۰۰۳	۲۱	۰/۲۲۲	۱۱
صدوق جنوبی	۰/۱۶۷	۲۱	۰/۱۶۷	۱۸	۰/۱۶۳	۱۷	۰/۱۸۴	۱۵
صدوق شمالی	۰/۲۴۵	۱۴	۰/۳۲۴	۹	۰/۳۰۳	۸	۰/۲۳۴	۱۰
کشاورزی	۰/۳۰۳	۱۰	۰/۳۶۴	۵	۰/۳۳۱	۵	۰/۳۴۸	۵
محتشم کاشانی	۰/۱۵۵	۶	۰/۲۱۳	۱۴	۰/۲۰۳	۱۴	۰/۱۳	۱۷
مصلی	۰/۰۴۶	۱۶	۰/۰۶۹	۲۱	۰/۰۶۹	۲۰	/۰/۰۲۶	۲۱
میرفرندسکی	۰/۱۵۴	۲۰	۰/۲۲۱	۱۲	۰/۲۱۴	۱۲	۰/۰۹۵	۱۸
نظر غربی	۰/۱۵۶	۱۷	۰/۱۹۸	۱۵	۰/۱۹۱	۱۶	۰/۱۳۸	۱۶
هزارجریب	۰/۴۲۰	۱۵	۰/۶۱۱	۱	۰/۵۶۵	۱	۰/۳۷۴	۴

نتایج به‌دست آمده از طراحی مدل اول سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد کاربری پارکینگ به عنوان بهترین کاربری و کاربری‌های بخش تجاری، گذرگاه و انبار در اولویت‌های بعدی قرار دارند. نتایج حاصل از اولویت‌بندی معیارهای مدل دوم (ترافیک عبورومرور، اشتغال، فضای سبز و قیمت زمین) بر اساس عوامل مورد نیاز در عمل نشان دادند که نمی‌توان تصمیم‌گیری صحیحی بین کاربری‌های مختلف انجام داد؛ لذا لازم است مقایسه زوجی دیگری انجام داد که با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی دومرحله‌ای این مهم میسر شد. نتایج به‌دست آمده در جدول ۷ نشان می‌دهند که بر اساس مقایسه زوجی در نهایت کدام کاربری برای کدام خیابان مناسب است. در این جدول، کاربری به عنوان نمونه کاربری اول برای هر خیابان، تعریف و ارائه شده است.

جدول ۷- خلاصه نتایج تحقیق

نوع کاربری	معبر با حداکثر امتیاز	معبر با حداقل امتیاز
پارکینگ	شهید همت	شهید کشوری
انبار	هزارجریب	خاقانی
گذرگاه	شهید همت	مصلی
بخش تجاری	هزارجریب	شهید کشوری
عمومی	هزارجریب	شهید کشوری

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

فضای زیرزمینی شهری به عنوان یک نهاده مکمل با توجه به هزینه‌ها و منافع کلی و همچنین زمان و پول سفر، قابل بررسی است. در طرح‌های جامع و تفصیلی که همواره در سه بعد ارتفاع، طول و عرض قرار دارند، ماهیت فضای شهری زیرزمینی نادیده گرفته شده است. شاید بتوان بعد عمق را در مقابل بعد ارتفاع در سطح زمین ارزش‌گذاری کرد و به عنوان بعد چهارم و مکمل بعد ارتفاع دانست.

توسعه استفاده از این فضاها، به بهبود محیط‌زیست محیطی شهری کمک خواهد کرد. با افزایش شهرنشینی، گستردگی و عمق استفاده از فضای زیرزمینی به اندازه بی‌سابقه‌ای رسیده است و بسیاری از مشکلات در رونق توسعه فضای زیرزمینی ناشی از عواملی از قبیل: عدم‌برنامه‌ریزی، طرح غیرمنطقی و استفاده بی‌رویه می‌باشد. فضای زیرزمینی، منبعی ارزشمند غیرقابل تجدید است و بسیاری از حفره‌هایی که در زیرزمین ایجاد شده‌اند، عواقب برگشت‌ناپذیری دارند؛ بنابراین توسعه فضای زیرزمینی باید با دقت و حرفه‌ای انجام شود. برای اطمینان از بهره‌برداری پایدار از فضای زیرزمینی قبل از حفاری و ساخت‌وساز باید عوامل مؤثر بر پتانسیل توسعه فضای زیرزمینی شهر مورد بررسی قرار گیرد. در مجموع می‌توان گفت استفاده از فضاهای زیرزمینی منجر به افزایش بهره‌وری زمین در شهرها می‌شود؛ لذا لازم است بین چهار کاربری تجاری، انبار، پارکینگ عمومی و گذرگاه (خیابان دو طبقه) انتخاب صورت گیرد. در این تحقیق ۲۱ خیابان اصلی در مناطق ۵ و ۶ شهر اصفهان به عنوان گزینه‌های مسئله انتخاب شدند. با بهره‌گیری از داده‌های سال ۱۳۹۳ و روش برنامه‌ریزی خطی، تابع هدف برای تخصیص بهینه کاربری، طراحی شد. نتایج بررسی مرحله اول نشان دادند که کدام خیابان برای کدام کاربری اهمیت بیشتری دارد، سپس برای هر خیابان، کاربری بهینه‌ای که مناسب است انتخاب شد. همچنین نتایج حاصل از بررسی مرحله دوم نشان دادند کدام زیرمعیار در انتخاب نوع کاربری، اهمیت بیشتری دارد. بر این مبنا می‌توان تصمیم گرفت در زیر کدام خیابان چه کاربری لازم است و اولویت انجام کدام خیابان برای استفاده از فضای زیرزمینی چه می‌باشد؛ برای مثال برای کاربری پارکینگ و گذرگاه، بزرگراه شهید همت، بیشترین امتیاز، برای کاربری تجاری و انبار خیابان هزارجریب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است.

در نگاه اول، افزایش استفاده از فضای زیرزمینی منجر به کاهش فضای سبز می‌شود ولی می‌توان با در اختیار قرار دادن معوض‌های زیرزمینی (ساخت واحدهای تجاری و واگذاری آن به صاحبان زمین‌های که به کاربری فضای سبز اختصاص داده شده است) یا با استفاده از مفهوم حقوق توسعه‌ای قابل انتقال، از خسارات در این جابه‌جایی کم و در نهایت منجر به افزایش فضای سبز شهری و همچنین کاهش انتشار کربن کمک کرد. در مجموع می‌توان گفت در حیطه برنامه‌ریزی لازم است استفاده از این فضاها در مدل‌های برنامه‌ریزی گنجانده شود. برای استفاده از این فضاها باید سه گام اساسی برداشته شود:

- قدم اول، شناسایی نیازمندی‌های شهرها برای کاربری‌های فضای شهری زیرزمینی
- قدم دوم، مشخص کردن نوع کاربری مناسب برای فضای زیرزمینی با توجه به موقعیت فضاها
- قدم سوم، ایجاد بسترهای قانونی مناسب برای استفاده از این فضاها.

همچنین پیشنهاد می‌شود کلیه طرح‌های توسعه شهری با امکان استفاده از فضای زیرزمینی شهرها دوباره بررسی شوند. برای این منظور لازم است دستورالعملی مشخص توسط معاونت معماری و شهرسازی شهرداری‌ها تهیه و به مهندسان مشاور طرح‌های شهری ابلاغ شود. همچنین ضروری است برنامه‌ریزان و طراحان ابنیه و تأسیسات شهری در طراحی‌های خود امکان استفاده از این فضاها و نحوه استفاده آن را ابتدا در طرح‌های امکان‌سنجی وارد کرده و پس از آن با تصویری روشن از شرایط فعلی و لحاظ کردن موقعیت پیشین و آینده در راستای استفاده از این فضاها، برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام دهند.

۷- منابع

افرادی، کاظم. (۱۳۹۱). سازه‌های زیرزمینی شهری و راهکارهایی از منظر پدافند غیرعامل در راستای کارایی آنها. *فصلنامه صنعت مقاوم‌سازی و بهسازی*، ۱ (۲).

اکبری، نعمت‌الله؛ زاهدی کیوان، مهدی. (۱۳۸۷). کاربرد *مدل‌های برنامه‌ریزی در اقتصاد و مدیریت*. اصفهان: جهاد دانشگاهی.

پورمحمدی، محمدرضا؛ خلیل‌نژاد، احمد. (۱۳۸۱). نقش و اهمیت زمین در طرح‌های توسعه شهری و سازوکارهای رسیدگی به تخلفات ساختمانی (نمونه موردی شهر تبریز). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری*، شماره ۱۰، ۲۳-۹.

خوش‌اخلاق، رحمان. (۱۳۷۸). مسائل آلودگی هوا و آب‌های سطحی شهر اصفهان و روش‌های ارزیابی اقتصادی اثرات زیست‌محیطی آنها. *جامعه‌شناسی کاربردی*، شماره ۱۰، ۹۸-۷۳.

زینلی، سحر؛ جلالی، میثم. (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیرات اجتماعی احداث تونل‌های شهری مطالعه موردی: تونل بزرگراه حکیم در محدوده پارک جنگلی چیتگر. *فصلنامه صنعت مقاوم‌سازی و بهسازی*، ۴ (۲)، ۱-۱۰.

مظفری، ابوالقاسم؛ هاشمی، سیامک؛ مولایی، اصغر. (۱۳۹۳). بررسی تحلیلی و تطبیقی ملاحظات برنامه‌ریزی، حقوقی و مالکیتی در فرایند احداث فضاهای زیرزمینی شهر، نشریه مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی، ۳(۲)، ۱۳۱-۱۱۹.

مولایی، اصغر. (۱۳۹۱). توسعه پایدار شهری با استفاده از فضاهای زیرسطحی (مطالعه موردی: محدوده میدان تجریش تهران). *مجله مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی*، ۱ (۱)، ۶۹-۸۸.

نوروزی، لادن. (۱۳۸۸). پیش‌بینی روند جمعیت ایران تا سال ۱۴۰۵. *مجله برنامه*، شماره ۳۵۱، ۲۶-۲۲.

Admiraal, J. B. M. (2010). Planning the use of underground space: asset or liability. In *Proceedings of ITA World Tunnelling Congress, Vancouver, CD Rom*.

Bobylev, N. (2006). Strategic environmental assessment of urban underground infrastructure development policies. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *21*(3), 469-469.

Bobylev, N. (2010). Underground space in the Alexanderplatz area, Berlin: Research into the quantification of urban underground space use. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *25*(5), 495-507.

Bobylev, N. (2011). Comparative analysis of environmental impacts of selected underground construction technologies using the analytic network process.

Automation in construction, *20*(8), 1030-1040.

Chen, Z., & Wang, Y. (2005). *The urban underground space planning*. Southeast University Press, Nanjing

Chow, F. C., Paul, T., Vahaaho, I. T., Sellberg, B., & Lemos, L. J. L. (2002). Hidden aspects of urban planning: utilisation of underground space. In *Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering*.

El-Geneidy, A., Kastelberger, L., & Abdelhamid, H. T. (2011). Montréal's roots: Exploring the growth of Montréal's Indoor City. *Journal of Transport and Land use*, *4*(2), 33-46.

Godard, J. P. (2004). Urban underground space and benefits of going underground. In *World tunnel congress*.

He, L., Song, Y., Dai, S., Durbak, K. (2012). Quantitative research on the capacity of urban underground space: the case of Shanghai, China. Tunnelling and Underground Space Technology 32, 168–179

Hunt, D. V. L., Makana, L. O., Jefferson, I., & Rogers, C. D. F. (2016). Liveable cities and urban underground space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *55*, 8-20.

Li, H. (2012). *The Way to Plan a Sustainable "Deep City": From Economic and Strategic Aspects*. na.

Li, X., Li, C., Parriaux, A., Wu, W., Li, H., Sun, L., & Liu, C. (2016). Multiple resources and their sustainable development in Urban Underground Space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *55*, 59-66.

Lin, J. J., & Lo, C. W. (2008). Valuing user external benefits and developing management strategies for metro system underground arcades. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *23*(2), 103-110.

Linxu, T. (2007). An Outstanding Project of Underground Space Utilization in Urban Redevelopment of Beijing. Underground Space: Expanding the Frontiers. 11th ACUUS Conference,September 10-13 2007, Athens – Greece.

Lovett, G. M., Tear, T. H., Evers, D. C., Findlay, S. E., Cosby, B. J., Dunscomb, J. K., ... & Weathers, K. C. (2009). Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the eastern United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1162*(1), 99-135.

O'sullivan, A., & Sheffrin, S. M. (2008). *Microeconomics: Principles, Applications, and Tools*. Pearson Education.

Pasqual, J., & Riera, P. (2005). Underground land values. *Land Use Policy*, *22*(4), 322-330.

Qian, M., Yili, S., Kaiyan, Z., Zhouyao, T., & Feifei, C. (2015). Research on Evaluation of the Value of Right to Use the Urban Underground Commercial Land. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, *1*, 002.

Qihu, Q. (2016). Present state, problems and development trends of urban underground space in China. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *55*, 280-289.

Song, M. (2012). The Evaluation of Potential of Urban Underground Space Based on Social and Economical Factors. Master's thesis, Tianjin University of Commerce, Tianjin (in Chinese).

Sterling, R. L., & Godard, J. P. (2000). Geoengineering considerations in the optimum use of underground space. In *ISRM International Symposium*. International Society for Rock Mechanics.

Sterling, R., Admiraal, H., Bobylev, N., Parker, H., Godard, J. P., Vähäaho, I., ... & Hanamura, T. (2012). Sustainability issues for underground space in urban areas. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Urban Design and Planning*, *165*(4), 241-254.

Tong, L. (2006). *Underground space and urban modernization*. China Building Industry Press, Beijing.

Wang, X., Zhen, F., Huang, X., Zhang, M., & Liu, Z. (2013). Factors influencing the development potential of urban underground space: Structural equation model approach. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *38*, 235-243.