DOI: 10.30495/jss.2023.1976548.1529
Research Paper

Analysis of the impact of urbanization growth on land use change in Tehran using system dynamics approach

Leila Nasrolahi Vosta
Assistant professor, Department of Social Sciences-Sociology, Faculty of Literature, Humanities and Social Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Leila.nasrolahi@srbiau.ac.ir

Mohammad Reza Jalilvand
Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, University of Tehran, Tehran, Iran, (Corresponding author). **E- mail:** rezajalilvand@ut.ac.ir

Rapid urbanization has led to changes in land use in urban areas. The purpose of this research is to investigate the impact of urbanization on land use change in Tehran using systemic thinking in order to gain a better understanding of the consequences of urbanization. The city is a complex, open, and dynamic system, the study of which requires an interdisciplinary approach. The system dynamics approach provides these requirements to address the city. Therefore, a dynamic model will be designed, which will be quantitatively evaluated using the system dynamics approach. This study showed that, with the increase in the population of Tehran, the use of agricultural and open land gradually changes until 1404 and it is predicted that, the land used for construction will increase.

Conflict of interest:
According to the author, the article did not have any conflict of interest.

Key words: ***Urbanization, Land Use, Urban Planning, Modeling, Systems Approach.***

«مطالعات جامعه‌شناسی»
سال پانزدهم، شماره پنجاه و هشتم، بهار ۱۴۰۲
ص ص ۱۹۶-۱۷۱
DOI : 10.30495/jss.2023.1976548.1529

«مقاله پژوهشی»

تحلیل تأثیر رشد شهرنشینی بر تغییر کاربری زمین در شهر تهران با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

لیلا نصرالهی وسطی[۱]
محمدرضا جلیلوند[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ **تاریخ پذیرش نهایی مقاله:** ۱۴۰۱/۱۲/۱۴

چکیده

شهرنشینی سریع منجر به تغییر در کاربری زمین در مناطق شهری شده است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر شهرنشینی بر تغییر کاربری در شهر تهران با استفاده از تفکر سیستمی است تا بتوان به درک بهتری از پیامدهای شهرنشینی دست یافت. شهر یک سیستم پیچیده، باز، و پویا است که بررسی آن مستلزم یک رویکرد میان رشته‌ای می‌باشد. روش پویایی‌شناسی سیستم، این الزامات را برای پرداختن به شهر فراهم می‌آورد. لذا مدلی دینامیکی طراحی شد که با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم مورد ارزیابی کمی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که با افزایش جمعیت شهر تهران، کاربری زمین‌های کشاورزی و باز به تدریج تا سال ۱۴۰۴ تغییر کرده و پیش‌بینی می‌شود که زمین‌های با کاربری ساخت و ساز افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: شهرنشینی، کاربری زمین، برنامه‌ریزی شهری، مدل‌سازی، رویکرد سیستمی.

۱. استادیار گروه علوم اجتماعی- جامعه شناسی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. .Leila.nasrolahi@srbiau.ac.ir

۲. استادیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، تهران- ایران (نویسنده مسئول).
E- mail: rezajalilvand@ut.ac.ir

مقدمه

شهرنشینی با سرعت پیش‌بینی نشده‌ای در سرتاسر دنیا در حال رشد است. رشد روزافزون شهرها و غلبه سبک زندگی شهرنشینی موجب شکل‌گیری روندهای مهاجرتی عظیمی به مناطق شهری شده است. به گزارش بانک جهانی، نرخ شهرنشینی در دنیا به طور قابل توجهی از ۲۸/۳ درصد در سال ۱۹۵۰ به ۵۳ درصد در سال ۲۰۱۳ رسید. شهرنشینی با فراهم آوردن فرصت‌های شغلی، تحصیلی، و مراقبت-های بهداشتی بهتر، زندگی راحت‌تری را در مقایسه با مناطق روستایی برای مردم ایجاد کرده و محصولات و خدمات فراوانی را در اختیار آن‌ها قرار داده است. منابعی هم‌چون زمین، آب، انرژی و مواد خام (در راستای خلق ارزش برای جامعه) برای ایجاد شبکه‌های زیرساختی پیچیده مورد نیاز هستند. توسعه زیرساخت‌ها شدید بوده و بخش زیادی از منابع طبیعی را به ویژه در بخش‌های ساخت و ساز و حمل و نقل به خود اختصاص می‌دهد. با این حال، مسائل و مشکلات ناشی از شهرنشینی مثل حجم انبوه ترافیک، آلودگی زیست‌محیطی، کمبود منابع طبیعی و غیره پیامدهای اجتناب‌ناپذیر پدیده شهرنشینی هستند(۱۲). گرچه از زمین به گونه‌های مختلفی (مثلاً برای شهرنشینی، کشاورزی و فضای باز) استفاده می‌شود، اما زمین کشاورزی برای حیات انسان نقشی بسیار کلیدی ایفا می‌کند. با این وجود، افزایش تعداد افرادی که از مناطق روستایی به سوی مناطق شهری و از صنایع اولیه[1] مثل کشاورزی به سوی صنایع ثانویه و ثالثیه[2] سوق می‌یابند، نتیجه افزایش بهره‌وری صنعت کشاورزی و فرآیندهای صنعتی شدن و شهرنشینی است(۳۶). تقاضای فزاینده برای زمین در مناطق شهری منجر به متنوع شدن الگوهای کاربری زمین (مثلاً کاربری‌های صنعتی، سکونتی، و زیرساختی) شده است. افزایش جمعیت، افزایش بهره‌برداری از منابع و توسعه فضاهای شهری از مهم‌ترین عوامل موثر بر تغییر در کاربری زمین-های موجود به شمار می‌روند(۱۰). برخی از محققان نیز به این مسأله پرداخته‌اند. به عنوان مثال، توکاهیراو[3] (۳۶) به مطالعه کاربری زمین در اوگاندا پرداخت و متوجه شد که تغییر در کاربری زمین با سیاست‌های دولت، ارزش‌های پویا، و ادراکات استفاده کنندگان زمین از خودشان ارتباط دارد. جانتز و همکاران(۱۰) نیز به بررسی اثرات بالقوه سناریوهای سیاستی مختلف مدیریت منطقه‌ای بر تغییر کاربری زمین پرداختند. نکته حائز اهمیت آن که، رشد شهرنشینی بیش از همه، کشورهای در حال توسعه را با مشکلات فراوانی مواجه ساخته است. مهاجرت‌های عظیم به شهرهای این کشورها مشکلاتی از قبیل ناسازگاری در کاربری‌ها، عدم تناسب کاربری‌ها با استانداردهای شهرسازی، آشفتگی محیط شهری، عدم

[1]. primary industries
[2]. secondary and tertiary industries
[3]. Tukahirwa

ارائه خدمات شهری به جمعیت تازه وارد و شکل‌گیری حلبی‌آبادها و مناطق حاشیه‌نشین، از بین رفتن اراضی کشاورزی پیرامون در اثر توسعه فیزیکی شهرها و تغییر کاربری‌های آن به کاربری‌های شهری، دگرگونی روستاهای پیرامونی و واقع در حوزه نفوذ کلانشهرها گردیده است. ایران نیز هم چون سایر کشورهای در حال توسعه در چند دهه گذشته شاهد چنین روندی بوده است(۴). این روند به دو صورت در تغییر کاربری اراضی اثرگذار بوده است:

۱. گسترش و توسعه فضایی شهرهای موجود در اثر ورود مهاجران که در اغلب موارد موجب تغییر کاربری اراضی کشاورزی پیرامون آن‌ها به کاربری‌های شهری شده و شکل‌گیری مناطق حاشیه نشین و فاقد نظام کاربری اراضی و نظارت بر آن در مقیاس کلان،

۲. تورم جمعیتی نقاط روستایی پیرامون شهرهای بزرگ در اثر مهاجرت‌های گسترده و تبدیل آن‌ها به نقاط شهری و دگرگونی در نظام کاربری زمین خاص و ویژه نواحی روستایی به یک نظام کاربری اراضی شهری بدون برنامه و طرح از پیش اندیشیده شده و غیر استاندارد. تهران به عنوان مهم‌ترین کلانشهر در ایران با رشد سریع شهرنشینی دست و پنجه نرم می‌کند. به دلیل این که در تهران زمین به عنوان یک محل امن و پرسود برای سرمایه‌گذاری انگاشته می‌شود، تقاضای زمین روندی فزاینده و پرشتاب داشته است(۳). این امر خود موجب افزایش شدید قیمت زمین و ساختمان، رشد سوداگری زمین، اشتغال اراضی کشاورزی و منابع طبیعی، ساخت و سازهای غیر مجاز، گسترش حاشیه‌نشینی که در نهایت زمینه‌ساز معاملات پنهانی زمین، نابربرای اجتماعی، فساد اداری و مالی و اعمال نفوذ در روند تهیه و اجرای طرح‌های توسعه شهری گشته است(۶). از سوی دیگر، شهر و پدیده‌های ناشی از آن را می‌توان به عنوان سیستمی از سیستم‌ها مفهوم‌سازی نمود؛ به نحوی که برای یافتن راهکارهای سیاستی مناسب، تعامل میان زیرسیستم‌ها باید به طور مناسبی مدیریت و کنترل کرد. در نظر گرفتن شهر به عنوان یک سیستم یکپارچه که سیستم شهرنشینی و سیستم کاربری زمین به عنوان زیرسیستم‌های آن تلقی می‌شوند، یک رویکرد ارزش‌مند برای آشکار ساختن مسائل و مشکلات شهرنشینی به شیوه‌ای جامع‌تر و عمیق‌تر است (۱۳). این مستلزم توجه دقیق به ارتباطات میان زیرسیستم‌ها یعنی مکانیزم روابط میان شهرنشینی و استفاده از زمین است. بر این اساس، در این پژوهش تلاش شده است تا یک مدل سیستمی برای استفاده از زمین در مناطق شهری توسعه داده شود تا به این سئوال پاسخ داده شود که رشد شهرنشینی با چه ساز و کاری بر رشد تقاضای زمین در کلانشهر تهران و تغییر کاربری آن تاثیر بگذارد.

به اعتقاد صاحب‌نظران، مهم‌ترین مشکل استان تهران تغییر کاربری زمین است. به دلیل این که ارزشی که زمین در استان تهران دارد، در هیچ استانی وجود ندارد، متأسفانه احساس تغییر کاربری اراضی کشاورزی برای برخی افراد به نیازی واقعی تبدیل شده است. علاوه بر این، برخی مشاوران املاک نیز با دلالی به تغییر کاربری اراضی کشاورزی دامن می‌زنند و قانونی برای مقابله با آن‌ها وجود ندارد. هر چه میزان مهاجرت از روستاها یا شهرهای دیگر به تهران افزایش می‌یابد، گرایش به تغییر کاربری اراضی

کشاورزی نیز افزایش خواهد یافت و این در حالی است که بهره‌وری زمین‌های کشاورزی در تهران نسبت به سایر مناطق کشور بیشتر است. بنابراین، رشد شهرنشینی نه تنها بحران تغییر کاربری زمین را در پی دارد بلکه در بلند مدت چالش تامین مواد غذایی مورد نیاز این کلانشهر را نیز در پی خواهد داشت. در زمینه بررسی تاثیر شهرنشینی بر تغییر کاربری زمین در کلانشهر تهران به طور مشخص مطالعه‌ای صورت نگرفته است. با این وجود برخی از مطالعات پیشین، روندهای حاکم بر تغییر کاربری زمین را در کلانشهر تهران مورد بررسی قرار داده‌اند(۳) و (۴) و (۲۰). به علاوه، در هیچ یک از مطالعات قبلی، ارتباط شهرنشینی با تغییر کاربری زمین به کمک تفکر سیستمی و روش پویایی‌شناسی سیستم بررسی نشده است. به عنوان مثال، داداش‌پور و همکاران(۲۰۱۹)، با استفاده از روش‌های مارکوف و خودکار سلولی تغییرات آتی، به پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در کلانشهر تهران در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۲۴ پرداختند (۳). با این حال، این روش‌ها بدون در نظر گرفتن متغیر شهرنشینی و صرفاً بر اساس داده‌های تاریخی کاربری زمین بوده است. لذا مطالعه حاضر تلاش دارد شکاف تحقیقاتی موجود را پر نماید.

مبانی نظری پژوهش

کاربری زمین در مناطق شهری

بدون شک موضوع نحوه استفاده از زمین برای فعالیت‌های گوناگون شهری به یکی از موضوعات اساسی اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی جامعه امروزی بدل گردیده است و چگونگی ایجاد تعادل میان نحوه تخصیص کاربری با محیط زیست و پیشگیری از آشفتگی محیط اجتماعی شهرها، همواره مورد توجه دست‌اندرکاران مدیریت شهری بوده است. پویایی زندگی شهری در زمینه فعالیت‌های روزانه ساکنان، مستلزم کاربری‌های متعددی است و رقابت بین کاربری‌های هم سطح و هم طراز منجر به تحرک بیشتر می‌گردد. این تحرک خود عاملی برای پویایی زندگی به ویژه در داخل شهرهاست. عواملی از جمله چگونگی تعیین تراکم، طراحی مسیرهای حمل و نقل و دسترسی به محل کار، موازنه بین فعالیت‌ها و موارد دیگر، تحت تاثیر کاربری زمین قرار می‌گیرد. نظریه‌های موجود در زمینه ساختار شهر، از نظریه‌های کاربری زمین تاثیر پذیرفته‌اند(۲۱). کاربری زمین عبارت است از نحوه یا نوع استفاده از زمین به جهت نوع فعالیتی که در آن انجام می‌شود. از این رو، برخی شهرسازی را با سیاست‌های کاربری زمین یکسان می‌پندارند. انواع کاربری‌های زمین در مناطق شهری را می‌توان در قالب هفت گروه به شرح ذیل دسته بندی نمود(۲):

۱. کاربری مسکونی[1] شامل تراکم‌های مختلف مسکونی،

[1]. Residential Land Use

۲. کاربری حمل و نقل[۱] : سیستم‌های حمل و نقل عمومی شامل ترمینال اتوبوس، ایستگاه‌های مترو، پایانه‌ها، فرودگاه‌ها، راه‌آهن و غیره می‌باشد. این سیستم‌ها خود نیازمند پارکینگ و محلی برای نگهداری این وسایل نقلیه هستند،

۳. کاربری تجاری[۲] : شامل مغازه، عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، انبارها و غیره،

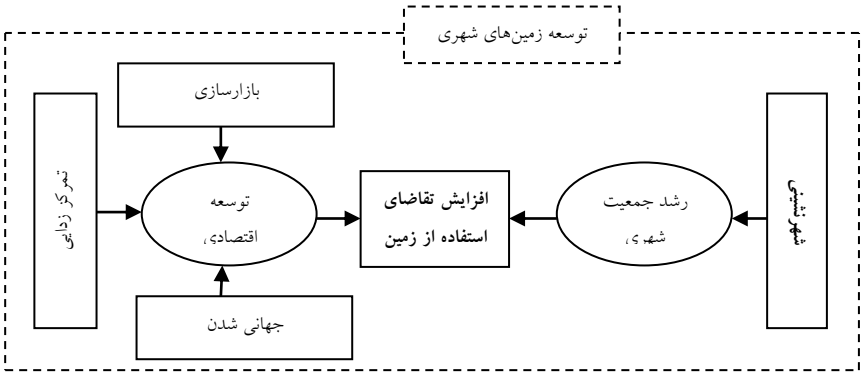
۴. کاربری صنعتی[۳] : کارخانجات، کارگاه‌ها، تعمیرگاه‌ها و غیره،

۵. کاربری کشاورزی[۴] : شامل اراضی زراعی و باغات،

۶. کاربری نهادی[۵] : شامل مراکز آموزشی، مراکز بهداشتی- درمانی، ساختمان‌های دولتی، اماکن فرهنگی- مذهبی و غیره،

۷. تفریحی[۶] : شامل پارک‌ها، فضای سبز و اماکن ورزشی.

از بین عوامل موثر بر تغییر کاربری زمین، عوامل جمعیتی به عنوان مهم‌ترین عامل تلقی می‌گردد که سایر عوامل را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. تغییر و تحولات جمعیتی، منجر به تغییر در فعالیت‌های اقتصادی گردیده و نقطه آغازی بر تغییر کاربری زمین قلمداد می‌شود. بهره‌برداری بیش از حد، اعمال تغییرات نامناسب در کاربری زمین و دست‌اندازی انسان به زمین‌های کشاورزی، منجر به برهم خوردن تعادل‌های منطقه‌ای شده است. مطالعات نیز نشان داده که با رشد فزاینده جمعیت شهرنشین، شاهد توسعه استفاده از زمین در مناطق شهری خواهیم بود(۲) (شکل زیر را ببینید).



شکل شماره (۱): توسعه زمین در مناطق شهری

منبع: (۱۱).

[1]. Transportation Land Use
[2]. Commercial Land Use
[3]. Industrial Land Use
[4]. Agricultural Land Use
[5]. Institutional Land Use
[6]. Recreational Land Use

کاربرد رویکرد سیستمی در مطالعات شهری

رویکرد سیستمی بر دیدگاه کلی‌نگر معتقد است. از نظر این رویکرد برای تحلیل یک مسئله نباید به صورت جداگانه به جزئیات و اجزا پرداخت و بیشتر به تعامل اجزا با بقیه سیستم تاکید می‌کند. در این تفکر به جای بررسی جزء جزء یک مسئله تعداد تعاملات بیشتری را مورد تحلیل قرار می‌دهد. رویکرد سیستمی نتیجه‌ای متفاوت از رویکردهای جزئی‌نگر دارد، مخصوصاً وقتی که موضوع مورد بررسی از نظر فرآیند بسیار پیچیده باشد و عوامل خارجی و داخلی زیادی بر آن‌ها تاثیر بگذارند و همبستگی در آن مورد توجه باشد. با این باور که اجزای سیستم با هم تعامل دارند و روی یکدیگر تاثیر می‌گذارند، تجزیه و تحلیل‌شان را به طور کلی معتبر می‌دانند(۲۳). مشابه با یک سیستم ارگانیک، شهر را می‌توان به عنوان سیستمی به هم پیوسته از سیستم‌ها تصور نمود و ممکن است از طریق برقراری پیوند میان کارکردهای شهر به عنوان یک کل، منجر به بهبود کارآمدی شهر گردد. یک سیستم شهری شامل کارکردهای متنوعی است که توسط عرضه و تقاضای منابع (مثل انرژی، مواد، نیروی کار و غیره) مشارکت کنندگان شامل شهروندان و برنامه‌ریزان شهری (مثل هزاران سلول موجود در یک ارگانیسم زنده) و تبادل اطلاعات هدایت می‌شود. هدف کلی متابولیسم بیولوژیکی، حفظ کارکردهای طبیعی یک ارگانیسم به شیوه‌ای بهینه است؛ یعنی مصرف انرژی کمتر با منابع موجود همراه با بهبود کارآیی. توسعه شهری نیز هدف مشابهی را دنبال می‌کند: استفاده کامل از منابع محدود (در این مطالعه زمین) برای حداکثر ساختن خدمات شهری و در عین حال تولید کمترین آلودگی زیست محیطی(۱۲). یک سیستم، مجموعه‌ای از چندین زیرسیستم مستقل که هر یک از این زیرسیستم ها تحت فرآیند مهندسی سیستم قرار دارد، این زیرسیستم‌ها به هم وابسته هستند و در عملیات ترکیبی‌شان، یک راه‌حل چند کارکردی را برای یک انجام ماموریت کلی ایجاد می‌کنند. بهینه‌سازی هر یک از زیرسیستم‌ها، بهینه‌سازی سیستم کلی را تضمین نمی‌کند. مطالعات شهری یک حوزه به شدت میان رشته‌ای است که در برگیرنده طیف وسیعی از رشته‌ها مثل مطالعات اجتماعی، مطالعات اقتصادی، مطالعات فرهنگی، مهندسی، مراقبت‌های پزشکی، تحصیل و آموزش و غیره می‌باشد. چند کارکردی بودن و پیچیدگی شهر، آن را به یک زمینه مناسب برای بررسی با استفاده از رویکرد سیستمی تبدیل کرده است(۲۷). تحقیقات اندکی وجود دارد که شهر و پدیده‌های مرتبط با آن را به عنوان سیستمی از سیستم‌ها مدل‌سازی نماید. با این وجود، رویکرد سیستمی در حوزه-های خاصی مثل حمل و نقل، مسکن‌سازی و زیرساخت به کار رفته است. گاندی و همکاران[1] (۲۰۱۱)،

[1]. Gandhi et al.

وسایل نقلیه را به عنوان یک زیرسیستم طبقه‌بندی کرده و مرکز کنترل را به عنوان زیرسیستم دیگری تصور نمودند تا از این طریق سیستمی از سیستم‌ها[1] ایجاد گردد. این دو زیرسیستم از طریق اعمال نظارت و بازخوردهای اطلاعاتی با یکدیگر در ارتباط هستند و نقشی مهم در برقراری ارتباط میان زیرسیستم‌ها ایفا می‌نمایند تا امنیت و کارآیی تضمین گردد(۶). میرمیران[2] (۲۰۱۲)، بر اهمیت ارتباط میان سیستم اجتماعی و سیستم تسهیلات شهری تأکید داشت تا مشکلات نواحی فقیرنشین را در شهر حل نماید(۱۹). در مقایسی کوچک‌تر و در بخش مسکونی، کاور و همکاران[3] (۲۰۱۳)، بر طراحی هوشمندانه سکونتگاه‌های شهری از طریق یکپارچه‌سازی سیستم پارکینگ، سیستم گرمایش، و وسایل نقلیه، به عنوان سیستمی از سیستم‌ها تمرکز کردند(۱۳). گروکان و دویک[4] (۲۰۱۳)، چارچوبی را برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی انواع مختلف زیرساخت به عنوان سیستمی از سیستم‌ها تدوین کردند و شرحی از توزیع این زیرساخت‌ها ارائه کردند تا از این طریق بتوانند یک الگوی توزیع بهینه را از نظر ساختار و کارکرد بیابند (۷).

پیشینه تجربی پژوهش

لی و همکاران[5] (۲۰۲۲)، دریافتند که رشد جمعیت باعث گسترش شهری شد و ایجاد هسته‌های شهری پیرامونی و توسعه آن‌ها با گسترش شهری و تغییر در ساختار زمین شهری همراه بود(۱۶). نات و همکاران[6] (۲۰۲۱)، بیان داشتند که محیط شهری برای پاسخگویی به تقاضای جمعیت رو به رشد با چالش‌هایی مواجه است. این محققان نشان دادند که محیط‌های شهری به قیمت از دست دادن پوشش گیاهی، زمین‌های آیش و مناطق باز و تا حدودی تالاب‌ها افزایش یافته است(۲۴). نویسل و سیدنتاپ[7] (۲۰۲۱)، معتقدند که شهرنشینی یکی از نیروهای محرکه اصلی شکل‌گیری سیستم‌های کاربری زمین است و تقریباً همیشه با تبدیل کاربری زمین از کاربری غیر شهری به شهری همراه است(۲۵). کرکل و همکاران[8] (۲۰۱۶)، دریافتند که دسترسی به فضاهای سبز در شهرها مثل باغچه‌ها و پارک‌ها، با رضایت از زندگی ارتباطی مثبت دارد در حالی که دسترسی به مناطق متروک مثل زمین‌های دفع زباله با رضایت از زندگی ارتباطی منفی دارد(۱۵). چن و همکاران[9] (۲۰۱۶)، نشان دادند که توسعه زمین‌های شهری ارتباط قابل توجهی با جمعیت غیر کشاورز و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی دارد(۱). چن و همکاران

---

1. A system of systems
2. Mirmiran
3. Kaur et al.
4. Grogan and De Weck
5. Li et al.
6. Nath et al.
7. Nuissl and Siedentop
8. Krekel et al.
9. Chen et al.

(۲۰۱۶)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) نشان دادند کارآیی خروجی- ورودی زمین در بیشتر شهرهای چین رو به افول است و بیش از نیمی از شهرها دارای ورودی زمین ساخته شده افراطی هستند(۲). خیر و پارتنوف[1] (۲۰۱۶)، به کمک تحلیل روند زمانی و رگرسیون چندگانه نشان دادند که قیمت زمین با متغیرهای اجتماعی- جمعیت‌شناختی و زیست محیطی ارتباط دارد. به اعتقاد این محققان، عرضه محدود زمین در مناطق شهری، نرخ بهره بالا و مهاجرت داخلی از علل اصلی افزایش قیمت زمین در مناطق شهری است(۱۴). والریو و همکاران[2] (۲۰۱۵)، در بررسی پویایی‌های توسعه شهری در شهر رم دریافتند که در طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸، بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی توسط شهرداری رم تغییر کاربری یافته است(۳۳). جانگ و کانگ[3] (۲۰۱۵)، مدلی چند سطحی را برای تغییر کاربری زمین توسعه دادند و نشان دادند که تبدیل کاربری زمین‌های مسکونی به کاربری تجاری بیشتر در فاصله ۱,۵ کیلومتری از شهر چئون اتفاق افتاده است. هم‌چنین، زیرساخت های شهری منجر به توسعه کاربری های مسکونی و تجاری می گردد(۹). ژنگ و همکاران[4] (۲۰۱۵)، مدلی را برای شبیه‌سازی تغییر کاربری زمین در مناطق شهری نوسازی شده ارائه کردند. آن‌ها از داده‌های مربوط به بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ شهر هنگ کنگ استفاده کرده و چهار سناریوی آینده استفاده از زمین را برای سال ۲۰۱۸ (سناریوی مبنایی[5] ، سناریوی فضای باز[6] ، سناریوی مسکونی[7] و سناریوی متوازن[8]) توسعه دادند(۳۶). لیو و همکاران[9] (۲۰۱۵)، نشان دادند که زمین‌های ساخته شده شهری- روستایی توسعه یافته است ولی تفاوت کاربری زمین‌ها برای ساخت و ساز در مناطق شهری و روستایی در ناسازگاری منطقه‌ای میان درون و بیرون شهر ووهان است. به علاوه، کمیت و ساختار تغییرات ساخت و ساز شهری- روستایی در بیرون شهر نقشی تعیین کننده در روندهای تغییر کاربری در کل شهر دارد. عوامل اجتماعی و اقتصادی شامل تغییرات جمعیت شناختی، رشد اقتصادی، استانداردهای زندگی، و سیاست‌های دولتی ارتباط نزدیکی با الگوی کاربری زمین برای ساخت و ساز در مناطق شهری- روستایی دارد(۱۷). ادوفول و شیولی[10] (۲۰۱۵)، به بررسی ادراکات و دانش موجود در زمینه استفاده از زمین و افت منابع آب در یک جامعه فقیر (شهر کوماسی در غنا) پرداختند. نتایج نشان داد که دانش خوبی در زمینه استفاده از زمین و افت منابع آب وجود دارد اما دانش اندکی در زمینه نحوه اثرگذاری توسعه اراضی بر منابع آب وجود نداشت(۵). تانگ و همکاران[11] (۲۰۱۵)، نیز موضوعات کلیدی مربوط به تثبیت و تخصیص زمین به ساخت و ساز در

---

1. Kheir and Portnov
2. Valerio et al.
3. Jang and Kang
4. Zheng et al.
5. Baseline scenario
6. Open space scenario
7. Residential scenario
8. Balanced scenario
9. Liu et al.
10. Eduful and Shively
10. Tang et al.

مناطق شهر- روستایی در چین را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها موانع پیاده‌سازی اثربخش تخصیص زمین را نبود حاکمیت در سطوح مرکزی و محلی می‌دانستند(۳۱).

هاشم‌پور و همکاران(۲۰۱۹)، به تحلیل تغییرات کاربری اراضی، شهرنشینی و تأثیر آن‌ها بر تغییر الگوی منظر در کلانشهر تبریز (TMA) طی دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ به منظور حمایت از برنامه‌ریزی منطقه‌ای پایدار پرداختند. یافته‌ها نشان داد که بیشتر زمین‌های اکولوژیکی مانند علفزارها در دو دهه گذشته به زمین‌های بایر و شهری تبدیل شده‌اند. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در الگوهای منظر رابطه قوی با تغییرات کاربری‌های مختلف زمین دارد. علاوه بر این، گسترش شهرنشینی اثرات متفاوتی با تغییر در موقعیت‌های مکانی داشت، به طوری که در مناطق مجاور زمین‌های ساخته شده و مناطق مرکزی، با افزایش شهرنشینی، شاهد تجمع روزافزون در منظر هستیم، اما با دور شدن از مناطق ساخته شده، با افزایش پراکندگی و ناهمگونی، به ویژه در نواحی شمال شرقی، جنوبی و جنوب غربی کلانشهر تبریز مواجه می‌شویم(۸). یافته‌های رضایی مقدم(۲۰۱۳)، حاکی از آن بود که توجه به رابطه حمل و نقل، محیط زیست و کاربری‌های زمین، می‌تواند از بروز مسائل زیست محیطی به نحو مطلوبی جلوگیری نماید و هم‌چنین کاربری‌هایی نظیر فضاهای سبز و باز، کاربری‌های مختلط، مکان‌های اوقات فراغت و تفریح، مراکز فرهنگی و مذهبی، به شرط در نظر گرفتن ارتباط حمل و نقل و کاربری‌های زمین و نحوه توزیع آن‌ها در سطح شهر و محلات، می‌تواند در پایداری محیط زیست شهرها موثر باشد(۲۸). واحدیان بیکی و همکاران(۲۰۱۱)، بر این باورند که در طی دوره‌های مختلف با افزایش جمعیت و مهاجرت به شهر تهران، اراضی پیرامونی به واسطه رشد شهری توسط شهر بلعیده شده‌اند، به طوری که امروزه جزء شهر تلقی می‌شوند و شهر تهران اثراتی را هم‌چون تخریب و تغییر اراضی باغی به کاربری-های شهری، تغییر در محیط زیست منطقه و ... گذاشته است. بر اساس یافته‌ها، اثرگذاری عامل توسعه شهر بر تغییر کاربری‌های سبز و تبدیل آن‌ها به کاربری‌های شهری در منطقه بوده است(۳۱). پوراحمد و همکاران(۲۰۱۰)، دریافتند که اثرگذاری عواملی نظیر اصلاحات اراضی، سیاست قطبی کردن فعالیت‌ها، تبدیل تهران به مرکز کلیه فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی و ... موجب شکل‌گیری روندهای مهاجرتی از کل کشور به سوی شهر تهران گردید امّا عوامل دافعه تهران یعنی گرانی مسکن و هم‌چنین عوامل جاذب نقاط پیرامونی این شهر به ویژه ارزانی زمین و مسکن منجر به شکل‌گیری روندهای مهاجرتی از شهر تهران به مناطر پیراشهری و به ویژه شهر، اسلامشهر شد. این مهاجرت‌ها در سایه نبود نهاد نظارتگر بر استفاده از اراضی و نبود طرح و برنامه هدایتگر کاربری زمین در مناطق پیراشهری (اسلامشهر) موجب تغییر گسترده کاربری زمین شد(۲۶). بررسی پیشینه تجربی پژوهش نشان می‌دهد که اولاً هیچ یک از مطالعات داخلی به بررسی تغییر کاربری زمین با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم نپرداخته‌اند. ثانیاً در هیچ یک از مطالعات داخلی ارتباط میان رشد شهرنشینی با تغییر کاربری زمین، و به طور مشخص در کلانشهر تهران، ارزیابی و تحلیل نشده است.

روش‌شناسی تحقیق

در این مطالعه روش پویایی‌شناسی سیستم برای بررسی اثرات رشد شهرنشینی بر تغییر کاربری زمین در شهر تهران مورد استفاده قرار گرفت. پویایی‌شناسی سیستم یک مدل شبیه‌سازی کامپیوتری است. چهار عنصر در یک مدل سیستمی وجود دارد که شامل متغیرهای حالت (انباشت[1])، تابع جریان (جریان[2])، متغیرهای کمکی (مبدل‌ها[3])، متصل‌کننده‌ها[4] و حلقه‌های بازخوردی[5] تصمیم‌گیری است. در پویایی‌شناسی سیستم، حجم تغییرات انباشت در نقاط زمانی مختلف توسط جریان‌های وروی و خروجی به آن تعیین می‌شود. لذا رابطه میان انباشت و جریان را به صورت زیر نشان داد(۲۹):

$$\text{انباشت}(t) = \text{انباشت}(t - dt) + (\text{جریان})\, dt$$

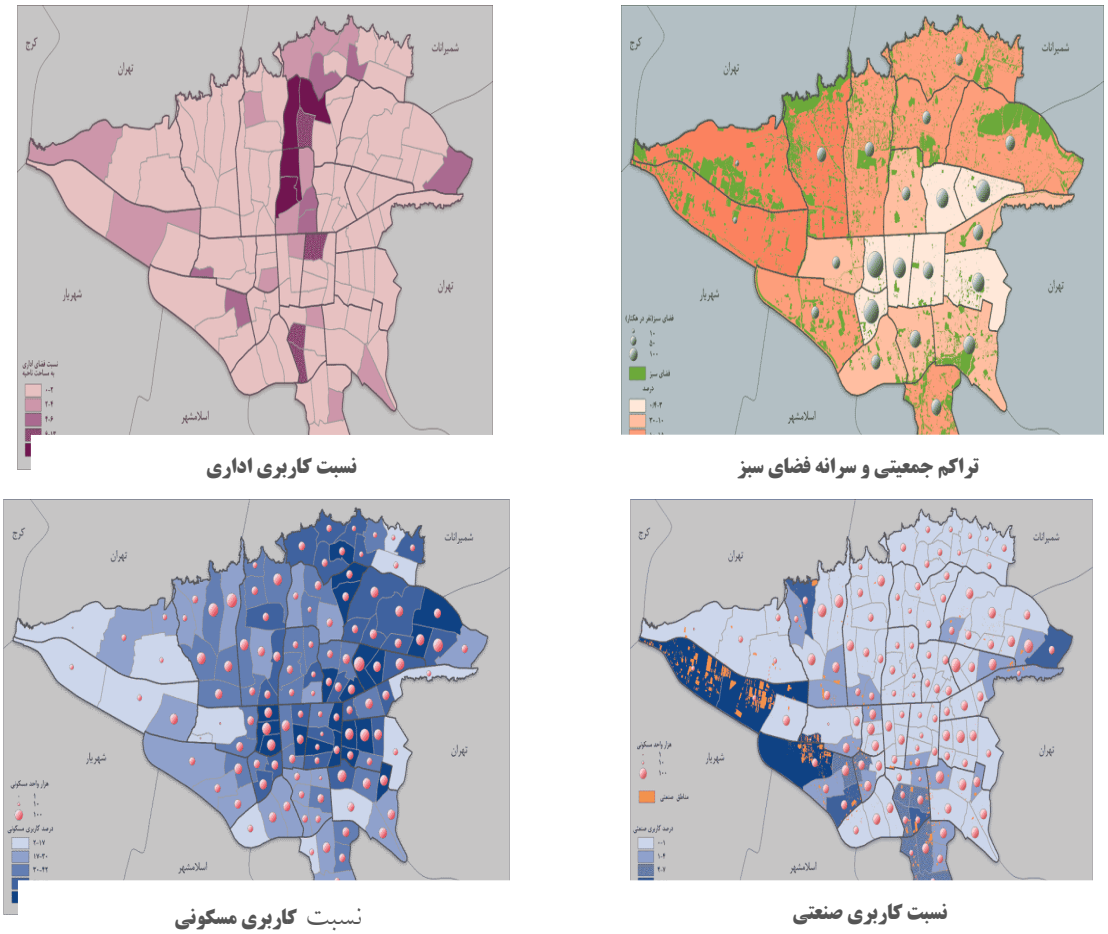
یا

$$\text{انباشت} = \int (\text{جریان})\, dt$$

سیستم استفاده از زمین دارای ویژگی پویایی غیرخطی است و با سیستم های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی ارتباط دارد. این سیستم‌ها تعاملی و یکپارچه هستند(۲۹). در پویایی‌شناسی سیستم، کمیت یک نوع خاص از کاربری زمین به عنوان متغیر انباشت و میزان تغییر کاربری زمین با متغیر جریان تعیین می‌شود. مبدل، نرخ تبدیل میان انواع مختلف کاربری زمین است. متصل کننده نشان دهنده رابطه میان مقدار زمین، میزان تغییر کاربری زمین و نرخ تبدیل زمین می‌باشد. به منظور استفاده از پویایی‌شناسی سیستم، از داده‌های جمعیتی و کاربری زمین مربوط به شهر تهران در سال ۱۳۸۵ استفاده شد. استفاده از زمین در محدوده شهر تهران به تفکیک کاربری‌های عمده، نشانگر فزونی کاربری زمین برای سکونت نسبت به سایر کاربری‌ها و قلت کاربری‌های خدماتی و فضای سبز در مقایسه با نیازهای شهری است. پس از کاربری مسکونی گستره وسیعی از شهر تحت کاربری شبکه معابر و دسترسی است. وضعیت کاربری‌های عمده در شهر تهران به شرح جدول و شکل زیر می‌باشد.

---

1. Stock
2. Flow
3. Convertor
4. Connectors
5. Feedback loops



تراکم جمعیتی و سرانه فضای سبز

نسبت کاربری اداری

نسبت کاربری صنعتی

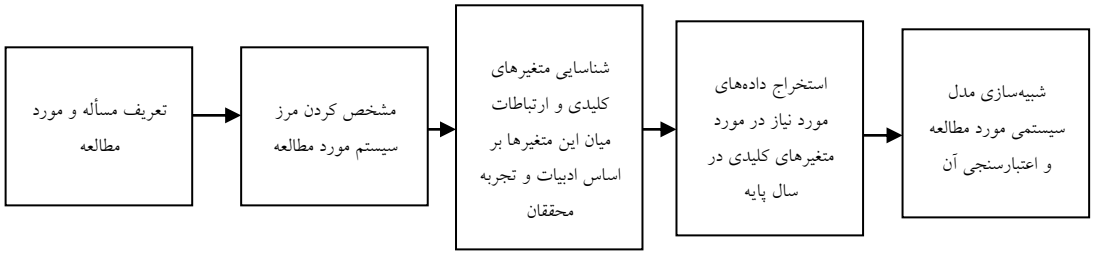
نسبت کاربری مسکونی

شکل شماره (۲): توزیع فضایی کاربری‌های عمده در شهر تهران

جدول شماره (۱): سطح اشغال و نسبت انواع کاربری‌های اصلی در شهر تهران (طرح جامع شهر تهران، ۱۳۸۵)

گروه کاربری	نوع کاربری	سطح اشغال (کیلومتر مربع)	جمع گروه کاربری
ساخت و ساز	مسکونی	۱۷۷	٤٦٨
	- اداری	۲٦	
	- کارگاهی	۲۷	
	حمل و نقل و انبارداری	۳۰	
	شبکه معابر و دسترسی	۱۱٤	
	خدمات شهری	۵۰	
	نظامی	٤٤	
باز و آزاد	فضای سبز	۷۰	۱۱۱
	بایر و ساخته نشده	٤۱	
کشاورزی	کشاورزی (زراعی و باغی)	۳۵	۳۵
مجموع کاربری ها		٦۱٤	–

به طور کلی در این مطالعه، مراحل ترسیم شده در شکل زیر در پیش گرفته شده است. بعد از تعریف مسأله و مشخص کردن مورد مطالعه (کلانشهر تهران)، بنا به ضرورت پویایی‌شناسی سیستم باید مرز سیستم مورد مطالعه مشخص گردد. سپس متغیرهای کلیدی در این سیستم شناسایی گردید و ارتباطات میان این متغیرها بر اساس ادبیات و تجربه محققان مشخص شد. در ادامه، داده های مربوط به متغیرهای مورد مطالعه در مورد کلانشهر تهران در سال پایه ۱۳۸۵ مطابق با گزارش شهرداری تهران استخراج گردید. در پایان، در چارچوب روش پویایی‌شناسی سیستم جهت پیش‌بینی روند تغییر در کاربری زمین در کلانشهر تهران برای افق ۱۴۰۴، شبیه‌سازی مربوطه در نرم‌افزار ونسیم انجام شد و در نهایت اعتبار یافته‌ها با استفاده از دو تکنیک خطای اختلاط و آزمون بازه زمانی بررسی گردید.

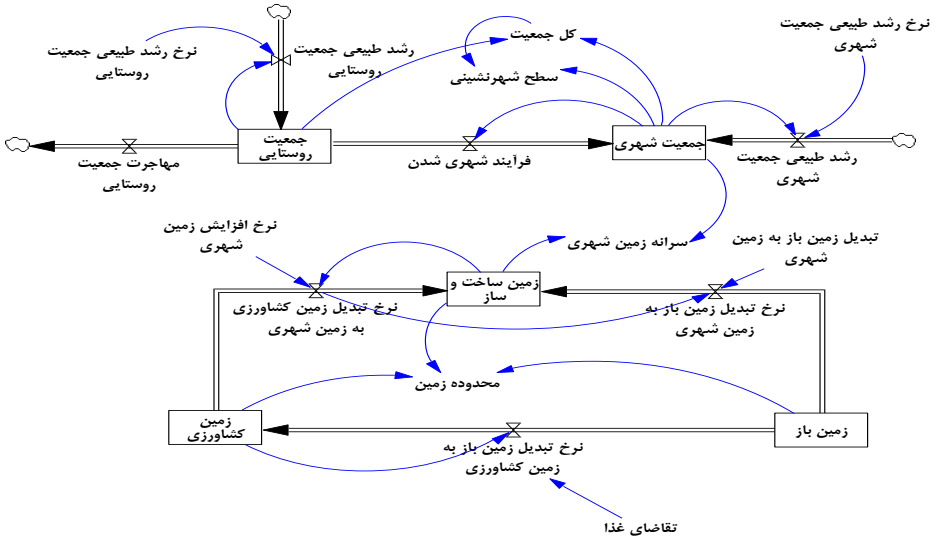


شکل شماره (۳): فرآیند روش‌شناسی پژوهش

مدل پویایی‌شناسی سیستم

مرز سیستم و چارچوب مدل

اولین گام برای ساختن یک مدل پویایی‌شناسی سیستم، تعریف مرزهای سیستم است. مطالعات قبلی پیشنهاد می‌کنند که این مدل‌ها باید شامل متغیرهای کلیدی و به خوبی تعریف شده باشند. مرز یک سیستم بزرگ شامل متغیرهای بیشتری است در حالی که مرز یک سیستم کوچک بیشتر حالتی چرخه‌ای و تکراری دارد. بنابراین، باید مرز منطقی سیستم را تعریف کرد که تنها در برگیرنده عوامل کلیدی است. در مورد تغییر کاربری زمین، شهرنشینی و استفاده از زمین مهم‌ترین جنبه‌های وابسته به یکدیگر می‌باشند و از این رو، زیرسیستم‌های مدل را تشکیل می‌دهند. این بدان معنی است که مدل پویایی‌شناسی سیستم برای تغییر کاربری زمین دارای مرزی مرکب از زیرسیستم‌های شهرنشینی و استفاده از زمین است. این زیرسیستم‌ها به یکدیگر وابسته هستند. به عنوان مثال، رشد شهرنشینی منجر به رشد جمعیت شهری و زمین در مناطق شهری می‌گردد و در عین حال، جمعیت روستایی و زمین‌های کشاورزی کاهش می‌یابند. به علاوه، تغییر در زیرسیستم شهرنشینی، می‌تواند منجر به تغییر در زیرسیستم استفاده از زمین گردد. روابط متقابل پویا و بازخوردهایی میان زیرسیستم‌های شهرنشینی و استفاده از زمین روی می‌دهد که می‌توان آن‌ها را به متغیرهای پویای مختلفی در هر زیرسیستم نسبت داد. با این حال، هر زیرسیستم موجود در مدل، ترکیبی پیچیده از متغیرهای متعدد است(۱۸)، و از این رو، در این تحقیق تنها متغیرهای کلیدی در نظر گرفته شد.



شکل شماره (۴): مدل پویای سیستم استفاده از زمین از منظر شهرنشینی (مدل انباشت و جریان)

متغیرهای کلیدی و تعاملات میان آن‌ها

بر اساس اصول رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، مبانی نظری پژوهش در زمینه جمعیت و کاربری زمین به ویژه نظریه دولت و شهرنشینی و نظریه تجدید فضا و نیز بر اساس پیشینه‌های تجربی مطرح شده، متغیرهای کلیدی مربوط به هر دو زیرسیستم شهرنشینی و کاربری زمین به شرح جدول زیر مشخص شد.

جدول شماره (۳): پارامترها و متغیرها برای مدل‌سازی پویای سیستم تغییر کاربری زمین

زیرسیستم	متغیر	نوع	شرح
سیستم شهرنشینی	جمعیت شهری	انباشت	تعداد کل جمعیت شهری
	جمعیت روستایی	انباشت	تعداد کل جمعیت روستایی
	کل جمعیت	انباشت	مجموع جمعیت شهری و روستایی
	شهری شدن	جریان	افزایش تحرک و جابه جایی جمعیت شهری
	رشد طبیعی جمعیت شهری	جریان	افزایش طبیعی جمعیت شهری
	رشد طبیعی جمعیت روستایی	جریان	افزایش طبیعی جمعیت روستایی
	مهاجرت جمعیت روستایی	جریان	میزان مهاجرت جمعیت روستایی
	سطح شهرنشینی	مبدل	نرخ شهرنشینی
	نرخ رشد طبیعی جمعیت روستایی	مبدل	نرخ تولد منهای نرخ مرگ و میر روستائیان
	نرخ رشد طبیعی جمعیت شهری	مبدل	نرخ تولد منهای نرخ مرگ و میر شهرنشینان
	محدوده زمین	انباشت	کل محدوده مورد مطالعه
	زمین ساخت و ساز (زمین شهری)	انباشت	کل محدوده زمین ساخت و ساز
	زمین کشاورزی (زمین زراعی)	انباشت	کل محدوده زمین کشاورزی

	زمین باز	انباشت	کل محدوده زمین باز
	تبدیل زمین زراعی به زمین شهری	جریان	تبدیل وضعیت زمین زراعی به زمین شهری
زیرسیستم استفاده از زمین	تبدیل زمین باز به زمین زراعی	جریان	تبدیل وضعیت زمین باز به زمین زراعی
	تبدیل زمین باز به زمین شهری	جریان	تبدیل وضعیت زمین باز به زمین شهری
	سرانه زمین شهری	مبدل	زمین شهری/جمعیت شهری
	نرخ تبدیل زمین باز به زمین کشاورزی	مبدل	نرخ تبدیل زمین باز به زمین کشاورزی
	تقاضای غذا	مبدل	توسعه زمین کشاورزی ناشی از افزایش تقاضای غذا
	نرخ افزایش زمین شهری	مبدل	نرخ افزایش زمین شهری کنترل شده توسط سیاست های شهری

شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل

پس از تعریف روابط بین متغیرها، اعتبار مدل دینامیکی طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفت تا از عملکرد مطلوب آن اطمینان حاصل شود. برای اطمینان از اعتبار عملکرد الگو و روابط تعریف شده، آزمون‌های مختلفی از قبیل تست تأیید ساختار[۱] ، سازگاری ابعادی، ارزیابی پارامترها[۲] ، تست شرایط حدی[۳] ، خطای اختلاط[۴] ، تست ناهنجاری رفتاری[۵] ، رفتار شگفت‌انگیز[۶] ، آزمون حساسیت رفتار[۷] ، تست بهبود سیستم[۸] و آزمون بازه زمانی وجود دارد. در این مطالعه دو روش محاسبه خطای اختلاط و آزمون بازه زمانی مورد استفاده قرار گرفت که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند:

آزمون بازه زمانی

هدف از اجرای این آزمون اطمینان از تطبیق مدل با تغییرات دوره زمانی است. با توجه به این که معمولاً با افزایش دوره شبیه‌سازی، دقت شبیه‌سازی کاهش می‌یابد، بنابراین، دقت نتایج شبیه‌سازی ممکن است تحت تأثیر دوره زمانی قرار گرفته و کاهش یابد. برای اطمینان از عدم تحت تأثیر قرار گرفتن نتایج الگو از بازه زمانی، دوزه زمانی تا سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شد. نتایج شبیه‌سازی شده نشان دهنده صحت رفتار الگو در سال‌های آینده می‌باشد. به عبارت دیگر، با افزایش دوره زمانی ارتباط بین متغیرها یک باره دچار تغییرات شدید نخواهد شد.

آزمون محاسبه میزان خطا

1. Structure assessment
2. Parameter assessment
3. Extreme condition analysis
4. Integration error
5. Behavior Anomaly
6. Surprise behavior
7. Sensitivity analysis
8. System improvement

علاوه بر آزمون بازه زمانی برای اطمینان از نتایج شبیه‌سازی شده، خطای متغیرهای کلیدی نیز بر اساس روش‌های زیر محاسبه می‌شود.

– حداقل خطای مجذورات[1] (RMSPE): بر اساس این شاخص هر چه میزان تفاوت بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده کمتر باشد، به نتایج شبیه‌سازی بیشتر می‌توان اعتماد کرد. میزان خطا در این روش بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}\left(\frac{y_{T+i}^{s} - y_{T+i}^{a}}{y_{T+i}^{a}}\right)}$$

که در این فرمول:

y_{T+i}^{s}: نتایج شبیه‌سازی متغیر مدل

y_{T+i}^{a}: داده‌های واقعی

θ: تعداد مشاهدات

بر این اساس هر چه میزان RMSPE به صفر نزدیک‌تر باشد، به مفهوم خطای کمتر است و نزدیک بودن به ۱۰۰ درصد نیز نشان دهنده خطای بالا است(۳۸).

– شناسایی ریشه‌های خطا: با توجه به اهمیت خطا در پیش‌بینی، شناخت منابع خطا و کاهش آن می‌تواند در افزایش اعتماد به نتایج مدل بسیار موثر باشد. ریشه‌های خطا ناشی از سه عامل است(۳۰):

۱. خطای مبنا[2] : زمانی که خروجی‌های مدل با داده‌ها با هم سنخیت نداشته باشند این خطا ایجاد می‌شود که خطای سیستماتیک نامیده می‌شود.

۲. خطای انحراف معیار[3] : زمانی که واریانس‌های داده‌های واقعی و شبیه‌سازی با هم تفاوت زیادی داشته باشند. ریشه این خطا نیز ممکن است سیستماتیک باشد.

۳. خطای نابرابری کوواریانس‌ها[4] : زمانی که نتایج الگو و داده‌ها با هم همبستگی نداشته باشند، این خطا ایجاد می‌شود که اصطلاحاً خطای غیر سیستماتیک نامیده می‌شود.

در حالیت بهینه، هر قدر که میزان خطای سیستماتیک و غیر سیستماتیک کمتر شود، به مفهوم صحت عملکرد الگوی شبیه‌سازی است اما مجموع این خطاها باید برابر ۱ باشد(استرمن، ۲۰۰۰). برای محاسبه ریشه‌های خطا از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$U^{m} = (\bar{Y}^{s} - \bar{Y}^{a})^{2} \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^{2}\right]$$

$$U^{s} = (SSD - ASD)^{2} \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y_{T+i}^{s} - Y_{T+i}^{a})^{2}\right]$$

---

1. Root Mean Square Percent Error
2. Theils
3. Deviation Error
4. Unequity Covariance

$$U^c = [2 * (1 - r) * (SSD * ASD)] \Big/ \left[\frac{1}{\theta}\sum_{i=1}^{\theta}(Y^s_{T+i} - Y^a_{T+i})^2\right]$$

که در این روابط:

$\overline{Y}^a$: متوسط اطلاعات واقعی

$\overline{Y}^s$: متوسط اطلاعات شبیه‌سازی

Y^s_{T+i}: نتایج شبیه‌سازی متغیر مدل

Y^a_{T+i}: داده‌های واقعی

θ: تعداد مشاهدات

[۱] SSD: انحراف معیار نتایج شبیه‌سازی شده

[۲] ASD: انحراف داده‌های واقعی

نتایج حاصل از آزمون‌های محاسبه خطا در جدول زیر بر حسب متغیرهای کلیدی مدل نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد، میزان خطا در کلیه متغیرهای مورد بررسی در سطح قابل قبولی است.

جدول شماره (۴): نتایج آزمون خطاهای مدل بر حسب دوره شبیه‌سازی

متغیرهای کلیدی مدل	RMSPE (به درصد)	شاخص نابرابری UT	محاسبه ریشه های خطا		
			U^m	U^s	U^c
جمعیت شهری	٤/٠٠	٠/٠٠٠٤	٠/٠٠٦	٠/٠١٦	٠/٩٨
جمعیت روستایی	١٥/٤	٠/٠٠١٦	٠/٠١٢	٠/٠١٦	٠/٩٧
سطح شهرنشینی	١/٠٠	٠/٠٠٨	٠/٠٠٣	٠/٠٠٤	٠/٩٩٣
فرآیند شهری شدن	٢/٧٧	٠/٠٢٩	٠/٠٠٢٥	٠/١١٦	٠/٨٨١
زمین ساخت و ساز	٩/٥٠	٠/٠٦٤	٠/٠٦٨	٠/٠٣٦	٠/٨٩٦
زمین کشاورزی	١/٨٢	٠/٠١٣	٠/١٦	٠/١٨	٠/٦٦
زمین باز	١/٠٣	٠/٠٠٦	٠/٠٤٨	٠/٠١٣٦	٠/٩٤
سرانه زمین شهری	٧/٣٠	٠/٠٤٨	٠/٠٠٤٤	٠/٢	٠/٧٩٦

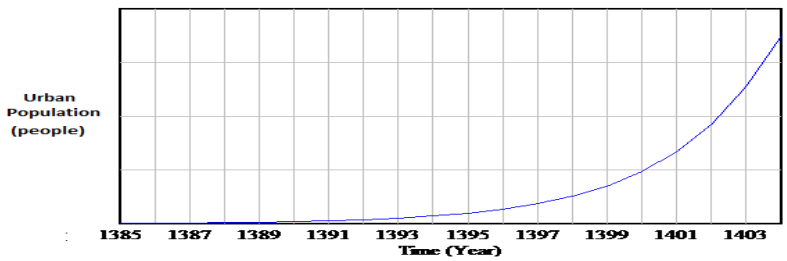
شبیه‌سازی متغیرهای کلیدی

با توجه به ارتباط متقابل و شناخت رفتار متغیرهای اصلی، این مدل بر حسب سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۴ طبق یک دوره ۲۰ ساله با استفاده از نرم افزار Vensim DSS شبیه‌سازی و بر این اساس، روند متغیرهای کلیدی به شرح زیر مشخص شد.

[1]. Simulation Standard Deviation
[2]. Actual Standard Deviation

جمعیت شهری

بر اساس نتایج شبیه‌سازی مدل در شکل (۴)، با فرض سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه، روند افزایش جمعیت شهری تا سال ۱۴۰۳ کاملاً صعودی است و این امر بیانگر آن است‌که جمعیت در مناطق شهری رشد مثبتی را تجربه خواهد کرد که به دلیل بیشتر بودن میزان زاد و ولدها نسبت به میزان مرگ و میرها در کلانشهر تهران می‌باشد. با رشد و توسعه تکنولوژی‌های نوین در حوزه علوم و فنون پزشکی، مرگ و میر در هنگام تولد یا در دوران طفولیت و نیز مرگ و میر افراد در سطوح سنی بالاتر کاهش یافته و در مقایسه با گذشته، زاد و ولد نیز به دلیل دگرگونی در شیوه آبستنی و فرزندزایی افزایش خواهد یافت. در حال حاضر تکنیک‌ها و داروهای جدیدی برای آبستنی بدون آمیزش جنسی و درمان نازایی به وجود آمده است. این داروها بچه‌دار شدن را برای بعضی از زنان که پیش از آن نمی‌توانستند آبستن شوند امکان‌پذیر ساخته است. اما در عین حال این داروها اغلب باعث زایش‌های چندقلویی شده‌اند. پیشرفت‌های مهمی در تکنیک‌های بارورسازی خارج از بدن[1] صورت گرفته است، از جمله اهدای تخمک یا جنین (از یک زن به زن دیگر) و نگهداری یاخته‌های جنسی و جنین در درجه حرارت پایین. این پیشرفت‌ها هریک به نوبه خود منجر به افزایش جمعیتی شده که در گذشته امکان چنین رشدی در جمعیت مناطق شهری به ویژه کلانشهر تهران نبوده است. به علاوه، سیاست‌های اخیر دولت مبنی از عدم جلوگیری از بارداری توسط داروهای ضدبارداری و سقط جنین نیز بر رشد نرخ زاد و ولد در مناطق شهری خواهد افزود. افزون بر این، درمان بسیاری از امراض که در گذشته علاج‌ناپذیر بود نیز ممکن شده است. این عامل به طور بی‌سابقه‌ای موجب رشد جمعیت در مناطق شهری شده است.



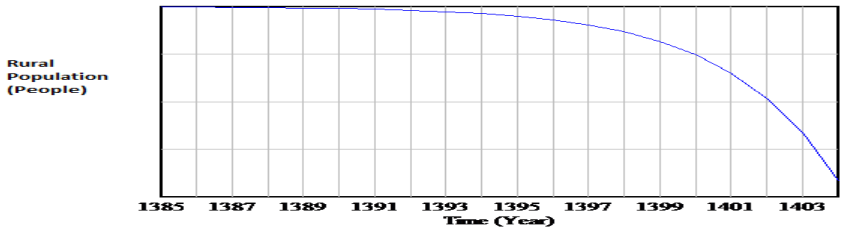
شکل شماره (۵): روند تغییرات جمعیت شهری بر حسب دوره شبیه‌سازی

جمعیت روستایی

نتایج شبیه‌سازی مربوط به متغیر جمعیت روستایی در سال پایه ۱۳۸۵ نشان می‌دهد که روند جمعیتی آینده مناطق روستایی سیری نزولی را تا سال ۱۴۰۴ خواهد داشت. این امر به منزله خالی‌تر شدن روستاها از سکنه می‌باشد. به عبارتی، جمعیت مناطق روستایی کشور به طور عام روند منفی جمعیتی را سپری

[1]. In vitro fertilization

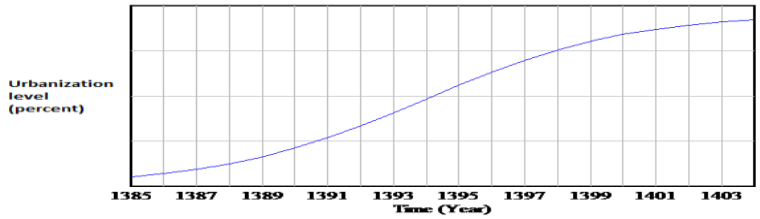
کرده است که بخشی از این کاهش به علت افول زاد و ولد و بخشی دیگر به علت مهاجرت و جستجوی کار می‌باشد. در سال ۱۳۸۵ جمعیت روستایی بدون عشایر ایران ۳۳ درصد بود که در حال حاضر (سال ۱۳۹۴) ۲۲ درصد است و تا سال ۱۴۰۴ این نرخ روند کاهشی خود را ادامه خواهد داد. این در حالی است که در بند ۲۰ برنامه ششم توسعه به تثبیت جمعیت روستایی و مهاجرت معکوس اشاره شده که به عنوان یکی از سیاست‌های کلان مورد تاکید است.



شکل شماره (۶): روند تغییرات جمعیت روستایی بر حسب دوره شبیه‌سازی

سطح شهرنشینی

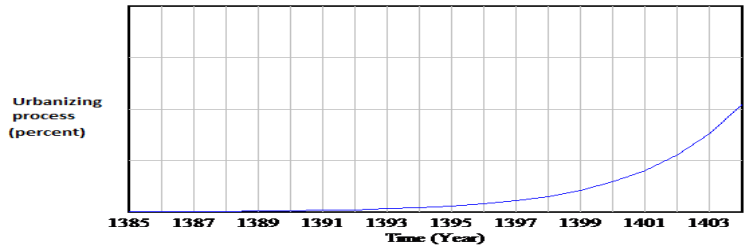
مطابق با نتایج شبیه سازی متغیر سطح شهرنشینی برای کلانشهر تهران، می‌توان دریافت که این متغیر با فرض سال پایه ۱۳۸۵، تا سال ۱۴۰۰ روندی صعودی را دنبال خواهد کرد اما پس از آن، شیب افزایش این روند صعودی کمتر شده و با سرعت کمتری تا سال ۱۴۰۴ و پس از آن ادامه خواهد یافت. این افزایش نرخ شهرنشینی عمدتاً ناشی از افزایش جمعیت در مناطق شهری در نتیجه رشد زاد و ولد و افت مرگ و میر و نیز مهاجرت جمعیت روستایی به کلانشهر تهران می‌باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد اتخاذ سیاست‌های مناسب شهری در راستای تأمین تقاضای روزافزون جمعیت مناطق شهری ضروری است.



شکل شماره (۷): روند تغییرات نرخ شهرنشینی بر حسب دوره شبیه سازی

فرآیند شهری شدن

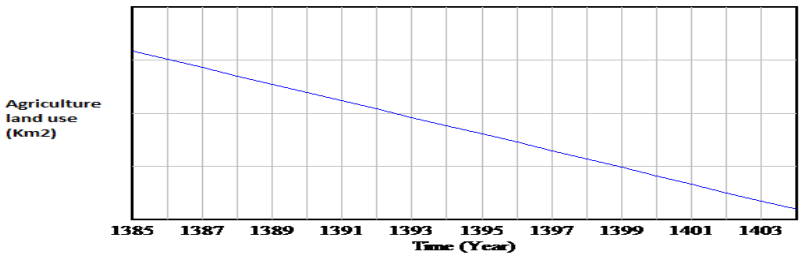
نتایج شبیه سازی در شکل (۷) نشان می‌دهد که فرآیند شهری‌شدن با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه، رشدی صعودی را تا سال ۱۴۰۴ خواهد داشت که بدان معناست بخش عمده‌ای از جمعیت روستایی در آینده تبدیل به جمعیت شهری به ویژه در کلانشهر تهران خواهند شد.



شکل شماره (۸): روند تغییرات فرآیند شهری‌شدن بر حسب دوره شبیه‌سازی

زمین کشاورزی

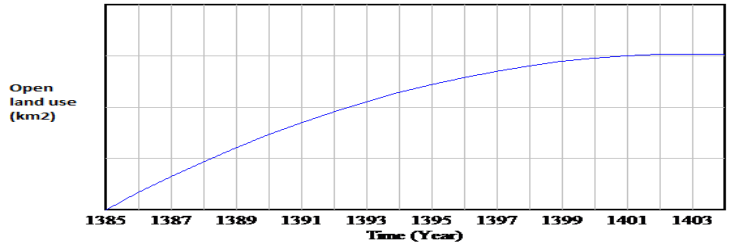
نتایج حاصل از شبیه‌سازی (شکل ۸) متغیر کاربری کشاورزی زمین در زیر ارائه شده است. مطابق با نتایج، پیش‌بینی می‌شودکه از سال پایه ۱۳۸۵ تا سال ۱۴۰۴، مقدار زمین‌های با کاربری کشاورزی روندی نزولی را تجربه نمایند به نحوی که این نوع کاربری زمین به کاربری‌های ساخت و ساز تبدیل شده و از سطح زمین‌های کشاورزی حومه شهر تهران به تدریج کاسته خواهد شد. این به منزله کاهش تولیدات کشاورزی و مواد غذایی مورد نیاز شهر تهران می‌باشد که لزوم بازنگری در سیاست‌های شهرنشینی را ایجاب می‌نماید. این در حالی است که به استناد ماده ۱ قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها مصوب ۱۳۷۴ هر گونه تغییر کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها در خارج از محدوده قانونی شهرها و شهرک‌ها جز در موارد ضروری ممنوع شده است. با این وجود، هر روز مساحت زیادی از زمین‌های کشاورزی تبدیل به مناطق مسکونی می‌شود. یکی از ترفندهایی که زمین‌خواران به مالکان زمین‌های کشاورزی پیشنهاد می‌کنند این است که زمین زراعی خود را به زمینی بی‌آب و علف تبدیل کنند. در این صورت، شهرداری تصمیم به تغییر کاربری زمین مورد نظر می‌گیرد.



شکل شماره (۹): روند تغییرات زمین کشاورزی بر حسب دوره شبیه‌سازی

زمین باز

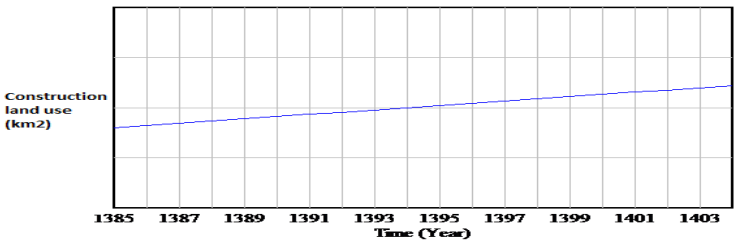
بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی کاربری زمین‌های باز و آزاد در شهر تهران و مطابق با شکل (۹)، با توسعه شهرنشینی در کلانشهر تهران، از سال پایه ۱۳۸۵ تا سال ۱۴۰۴، انتظار می‌رود تا سال ۱۴۰۰ فضاهای بازی که به ایجاد فضای سبز اختصاص می‌یابد افزایش خواهد یافت ولی پس از سال ۱۴۰۰، این روند تثبیت خواهد شد و روندی ثابت و یکنواخت را دنبال خواهد کرد. از سوی دیگر، بخشی از زمین-های بایر و ساخته نشده در شهر تهران نیز به تدریج به کاربری مسکونی یا فضای سبز تبدیل خواهد شد تا پاسخگوی نیازهای رو به رشد جمعیت شهر تهران باشد.



شکل شماره (۱۰): روند تغییرات زمین باز بر حسب دوره شبیه‌سازی

زمین ساخت و ساز

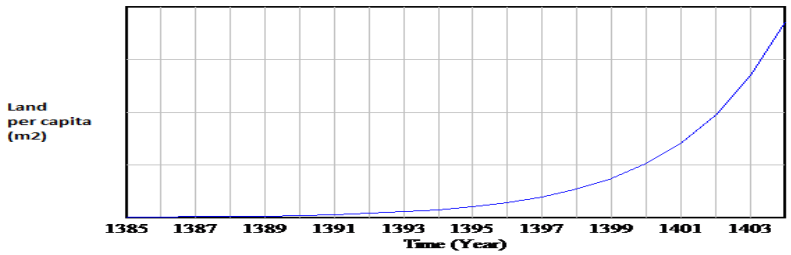
با توجه به نتایج شبیه سازی شکل (۱۰)، مشاهده می شود که از سال پایه ۱۳۸۵ (و با توجه به این که مساحت عمده شهر تهران به امر ساخت و ساز اختصاص یافته است) تا سال ۱۴۰۴، زمین‌های بیشتری از کل زمین‌های موجود در شهر تهران به کاربری ساخت و ساز تبدیل می‌شوند چرا که پاسخگویی به تقاضای جمعیت شهری فعلی، مستلزم تغییر کاربری‌های دیگر (مثل کشاورزی یا باز) به کاربری ساخت و ساز می‌باشد. با این حال، روند کاربری زمین ساخت و ساز در مقایسه با دو کاربری دیگر، شیب کمتری را خواهد داشت.



شکل شماره (۱۱): روند تغییرات زمین ساخت و ساز بر حسب دوره شبیه‌سازی

سرانه زمین شهری

سرانجام، همان طور که در شکل (۱۱) ملاحظه می‌شود، نتایج شبیه‌سازی سرانه زمین نشان می‌دهد که با فرض سال پایه ۱۳۸۵، تا سال ۱۴۰۴ سرانه زمین افزایش خواهد یافت که علت این امر می‌تواند افزایش ساخت و سازهای شهری و تغییر کاربری‌های کشاورزی و باز باشد. نکته‌ای که باید بدان توجه داشت آن که تا سال ۱۴۰۰ این افزایش سرانه زمین احتمالاً کند و اندک خواهد بود اما با افزایش جمعیت گرچه انتظار کاهش سرانه زمین می‌رود، با این وجود پیش‌بینی می‌شود که رونق اقتصادی سیکلی در بازار مسکن سبب شدت گرفتن تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی (ولو غیر قانونی) و باز به کاربری ساخت و ساز شده و سرانه زمین پس از سال ۱۴۰۰ افزایش یابد.



شکل شماره (۱۲): روند تغییرات سرانه زمین بر حسب دوره شبیه‌سازی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر رشد شهرنشینی بر تغییر کاربری زمین در شهر تهران با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم بوده است. با استفاده از داده‌های کلانشهر تهران در سال پایه ۱۳۸۵، روندهای حاکم بر سیستم‌های شهرنشینی و کاربری زمین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تا سال ۱۴۰۴: ۱. به تدریج جمعیت شهر تهران افزایش می‌یابد، ۲. روستاها جمعیتی نزولی خواهند داشت، ۳. نرخ شهرنشینی به سرعت رو به افزایش خواهد بود، ۴. جمعیت روستایی مهاجر به کلانشهر تهران بیشتر خواهد شد، ۵. زمین‌های با کاربری کشاورزی در کلانشهر تهران افول خواهند کرد، ۶. زمین‌های با کاربری ساخت و ساز بیشتر می‌گردد، ۷. زمین‌های با کاربری فضای باز یا زمین‌های بایر تا اندازه‌ای روندی صعودی خواهند داشت اما این روند تثبیت خواهد شد و ۸. سرانه زمین به دلیل تغییر کاربری‌های زمین برای انجام ساخت و ساز و تأمین تقاضای جمعیت شهر تهران، افزایش می‌یابد. این یافته‌ها با ادبیات پژوهش نیز همخوانی دارد. به عنوان مثال، داداش‌پور و همکاران(۴)، نشان دادند تبدیل اراضی بایر و زمین‌های کشاورزی به کاربری مسکونی و صنعتی و سایر کاربری‌های وابسته از مهم‌ترین تغییرات کاربری زمین در منطقه است که عمده این تغییرات در اطراف کاربری‌های شهری موجود و در قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و غرب کلانشهر تهران رخ می‌دهند. به طور مشابه، نتایج تحقیق داداش‌پور و همکاران(۵)، نشان داد که روند تغییرات گذشته در منطقه کلانشهری تهران منجر به تخریب

مراتع، زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بایر شده و این روند آسیب مناطق ساخته شده بر منابع با ارزش طبیعی و زیست محیطی را بیشتر خواهد کرد که در این بین، راه‌ها، فاصله از مناطق ساخته شده و عوامل طبیعی بیشترین تأثیر را بر تغییر دارند. مشفقی و همکاران(۶)، نیز دریافتند که در کلانشهر تهران، گرایش غالب به کاربری‌های مسکونی، تجاری، اداری و گردشگری است. به علاوه، بیشترین تقاضا برای تغییر کاربری‌های فضای سبز، مسکونی و اراضی ذخیره توسعه بوده است. شایان ذکر است این اولین مطالعه-ای است که به بررسی رابطه میان رشد شهرنشینی و تغییر کاربری زمین با استفاده از رویکرد سیستمی پرداخته است. با این حال، نتایج مطالعه حاضر رهنمودهایی را در اختیار مدیران، سیاست‌گذاران و برنامه-ریزان شهری قرار می‌دهد. با مهاجرت روزافزون مردم به شهرها و نیز با توسعه شهرنشینی، تغییرات بنیادی در شیوه زندگی، نقش و عملکرد زمین در مقیاس شهر متحول شده است. به دلیل رشد سریع شهرنشینی، و نگاه به زمین به عنوان یک محل امن و پرسود برای سرمایه‌گذاری، تقاضای زمین در شهرها روندی فزاینده و پرشتاب دارد. این امر خود موجب افزایش شدید قیمت زمین و ساختمان، رشد سوداگری زمین، اشتغال اراضی کشاورزی و منابع طبیعی، ساخت و سازهای غیر مجاز، گسترش حاشیه-نشینی که در نهایت زمینه‌ساز معاملات پنهانی زمین، نابربرای اجتماعی، فساد اداری و مالی و اعمال نفوذ در روند تهیه و اجرای طرح‌های توسعه شهری می‌گردد. وابستگی بودجه شهرداری به منابع غیر پایدار و عوارض بر پروانه‌های ساختمانی، ضعف قوانین و مقرراتی که امکان دور زدن، مصادره به مطلوب و توجیه مداخله در شهر را میسر می‌کند، قدرت اجرایی ضعیف شهری و نبود عزم راسخ مدیریتی و اجرایی برای برخورد با تخلفات سرمایه‌داری رایج و در حال گسترش، در زمره مهم‌ترین چالش‌های تغییر کاربری زمین در کلانشهر تهران قلمداد می‌شود. به منظور مقابله با این چالش‌ها، مهم‌ترین گام، سیاست‌گذاری مناسب شهری است. برای جلوگیری از ساخت و سازهای مسکونی و صنعتی به صورت بی‌رویه لازم است قوانین سختگیرانه در مورد تغییر کاربری زمین‌ها و پوشش زمین و هم‌چنین نظارت مستمر بر این گونه ساخت و سازها از هر گونه استفاده جلوگیری شود. با ساماندهی ساخت و سازها و جلوگیری از رشد بدون برنامه شهری، از گسترش حاشیه‌نشینی، اسکان غیر رسمی و ایجاد مسکن‌های غیر قانونی جلوگیری به عمل آید. استفاده صحیح از زمین‌های شهری، مشخص نمودن جهت‌های مطلوب توسعه، مکان‌یابی صحیح کاربری‌های زمین شهری و اعمال سیاست‌های حفاظتی محیط زیستی الزامی است که خود نیازمند برنامه‌ریزی مناسب فضایی با تاکید همزمان بر توسعهٔ شهری و پیرامون آن است.

تعارض منافع

«بنا بر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هر گونه تعارض منافع بوده است.»

منابع

1. Chen, J; Gao, J. & Chen, W. (2016a). Urban land expansion and the transitional mechanisms in Nanjing, China, Habitat International, 53, P.p: 274-283.
2. Chen, Y; Chen, Z; Xu, G. & Tian, Z. (2016b). Built-up land efficiency in urban China: Insights from the General Land Use Plan (2006-2020), Habitat International, 51, P.p: 31-38.
3. Dadashpoor, H; Azizi, P. & Moghadasi, M. (2019). Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area, Science of The Total Environment, 655, P.p: 707-719.
4. Dadashpour, H; Khairuddin, R; Yaqub Khani, M. & Chamani, B. (2013). Modeling Land Use Changes in Tehran Metropolis Using MOLAND Model, Regional Planning Quarterly, 4 (16), P.p: 49-64.
5. Eduful, M. & Shively, D. (2015). Perceptions of urban land use and degradation of water bodies in Kumasi, Ghana, Habitat International, 50, P.p: 206-213.
6. Gandhi, S. J; Gorod, A. & Sauser, B. (2011). A case study: the New York city yellow cab system of systems, 2011 6th International Conference on System of Systems Engineering: SoSE in Cloud Computing, Smart Grid, and Cyber Security, IEEE, Albuquerque, NM, June, P.p: 27-30.
7. Grogan, P. T. and De Weck, O. L. (2013). An integrated modeling framework for infrastructure system-of-systems simulation, Systems Conference (SysCon), 2013 International, IEEE, Orlando, FL, April P.p: 15-18.
8. Hashempour, H; Zhang, X. & Skitmore, M. (2019). Implications for sustainable land use in high-density cities: Evidence from Hong Kong, Habitat International, 50, P.p: 23-34.

9. Jang, M. & Kang, C. D. (2015). Urban greenway and compact land use development: A multilevel assessment in Seoul, South Korea, Landscape and Urban Planning, 143, P.p: 160-172.
10. Jantz, C. A; Goetz, S. J; & Shelley, M. K. (2004). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore-Washington metropolitan area. Environment and Planning B: Planning and Design, 31 (2), P.p: 251–271.
11. Jashani, I. & Ranjbar, A. (2017). City and urbanization in Iran, the third national conference of knowledge and technology of agricultural sciences, natural resources and environment of Iran, Tehran, https://civilica.com/doc/882176.
12. Kasai, S; Li, N. & Fang, D. (2015). A system-of-systems approach to understanding urbanization-state of the art and prospect, Smart and Sustainable Built Environment, 4 (2), P.p: 154-171.
13. Kaur, N; Mcleod, C. S; Jain, A; Harrison, R; Ahmad, B; Colombo, A. W. & Delsing, J. (2013). Design and Simulation of a SOA-based system of systems for automation in the residential sector, 2013 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), IEEE, Cape Town, February, P.p: 25-28.
14. Kheir, N. & Portnov, B. A. (2016). Economic, demographic and environmental factors affecting urban land prices in the Arab sector in Israel, Land Use Policy, 50, P.p: 518-527.
15. Krekel, C; Kolbe, J. & Wüstemann, H. (2016). The greener, the happier? The effect of urban land use on residential well-being, Ecological Economics, 121, P.p: 117-127.
16. Li, Z; Gurgel, H; Li, M; Dessay, N., & Gong, P. (2022). Urban Land Expansion from Scratch to Urban Agglomeration in the Federal District of Brazil in the Past 60 Years. Int. J. Environ. Res. Public Health, 19, P.p: 10-32.
17. Liu, Y; Luo, T; Liu, Z; Kong, X; Li, J. & Tan, R. (2015). A comparative analysis of urban and rural construction land use change and driving forces: Implications for urban-rural coordination development in Wuhan, Central China, Habitat International, 47, P.p: 113-125.
18. Mashayikhi, A. (2017). Systems Dynamics: A Systemic Perspective, Ariana Publications, Tehran.
19. Mirmiran, A. (2012). Housing in mega cities- a systems engineering approach, International Journal for Housing Science and Its Applications, 36 (2), P.p: 83-87.
20. Mohammadi, A; Shafii T, N. & Shakiba, A. (2018). The effects of urban creep on land use change in the suburbs of Tehran metropolis (a case study of the Tehran-Damavand axis), Environmental Sciences Quarterly, 17 (4) P.p: 1-26.
21. Munroe, D. K; McSweeney, K; Olson, J. L; & Mansfield, B. (2014). Using economic geography to reinvigorate land-change science. Geoforum, 52, P.p: 12-21.
22. Mushfaghi, V; Hakit Nayini, G, & Habibi, M. (2018). investigating the relationship between land use changes and land prices in Tehran city with an emphasis on the approvals of the Article Five Commission, Geography and Environmental Planning, 30 (4), P.p: 1-18.
23. Nasrolahi Vosta, L. & Aghayri Heer, T. (2016). Dynamic analysis of population and its economic consequences using a systemic approach, Journal of Social Development, 11 (3), P.p: 167-194.

24. Nath, B; Ni-Meister, W. & Choudhury, R. (2021). Impact of urbanization on land use and land cover change in Guwahati city, India and its implication on declining groundwater level, Groundwater for Sustainable Development, 12, P.p: 100-500.
25. Nuissl, H. & Siedentop, S. (2021). Urbanisation and Land Use Change. In: Weith, T., Barkmann, T., Gaasch, N., Rogga, S., Strauß, C., Zscheischler, J. (eds) Sustainable Land Management in a European Context. Human-Environment Interactions, 8, P.p: 136-181.
26. Pourahmad, A. and Saif al-Dini, F. & Prenun, B. (2010). migration and land use change in Islamshahr city, geographical studies of dry areas, 2 (5), P.p: 131-152.
27. Ramaswami, A; Weible, C; Main, D; Heikkila, T; Siddiki, S; Duvall, A; Pattison, A. & Bernard, M. (2012). A social-ecological-infrastructural systems framework for interdisciplinary study of sustainable city systems, Journal of Industrial Ecology, 16 (6), P.p: 801-813.
28. Rezaei Moghadam, A. (2013). investigating the impact of land use on the urban environment, the 6th National Conference on Urban Planning and Management with an emphasis on the components of the Islamic city, 21st and 22nd of November, Holy Mashhad.
29. Shen, L. Y; Wu, Y. Z; Chan, E. H. W; & Hao, J. L. (2005). Application of system dynamics for assessment of sustainable performance of construction projects, Journal of Zhejiang University Science, 6 (4), P.p: 339-349.
30. Sterman, J. D. (2000). A skeptic's guide to computer models. Managing a nation: The microcomputer software catalog, 16 (2), P.p: 209-229.
31. Tang, Y; Mason, R. J. & Wang, Y. (2015). Governments' functions in the process of integrated consolidation and allocation of ruraleurban construction land in China, Journal of Rural Studies, 42, P.p: 43-51.
32. Vahidian Biki, L; Pourahmad, A. & Saif al-Dini, F. (2011). The effect of physical development of Tehran city on land use change in region 5, new attitudes in human geography, 4 (1), P.p: 29-47.
33. Valerio, Q; Anna, B; Francesco, C; Diego, G; Dalila, R. & Piermari, C. (2015). Monitoring land take by point sampling: Pace and dynamics of urban expansion in the Metropolitan City of Rome, Landscape and Urban Planning, 143, P.p: 126-133.
34. Wu, Y; Zhang, X. and Shen, S. (2011). The impact of urbanization policy on land use change: A scenario analysis, Cities, 28, P.p: 147–159.
35. Zheng, H. W; Shen, G. Q; Wang, H. & Hong, J. (2015). Simulating land use change in urban renewal areas: A case study in Hong Kong, Habitat International, 46, P.p: 23-34.