

Urban Growth Patterns and its Driving Forces in the Tehran Urban Agglomeration

Abstract

Today, over half of the world's population lives in urban areas, with many developing countries experiencing rapid urbanization, resulting in emergence of metropolitan areas. Each metropolitan area can follow a different growth pattern according to its characteristics and environmental conditions. In Iran, metropolitan areas such as Tehran confront challenges associated with sprawl development, often at the expense of green lands. Neglecting this phenomenon can lead to spatial fragmentation leading to inefficiency of regional development policies. Tehran metropolitan area, Iran's largest urban center, continually attracts a growing population, necessitating a thorough analysis of its growth dynamics and underlying drivers for effective planning. Therefore, the present study intends to analyze the growth patterns and the driving forces influencing the formation of Tehran and Alborz urban agglomeration by using quantitative research approach and using satellite images and secondary data. The study evaluated the spatial pattern of growth of Tehran urban agglomeration during the years 2000 to 2020 using the *SLEUTH* model, complemented by logistic regression to identify key drivers. First the land use changes of Tehran urban agglomeration during the last two decades are examined and then, according to the coefficients obtained in the implementation of the calibration of the *SLEUTH* model, the urban growth pattern is determined. Logistic regression was used to evaluate the effects of driving forces. During the last two decades, the share of urban areas and bare lands in the study area has increased and the area of agricultural lands, grasslands and gardens has decreased. Thus, the biggest change was in the increase in the share of barren land use, where most of the agricultural land and orchards have been converted to other uses. The results of calibration of historical data in the region suggested that road infrastructure and topographical features, particularly slopes, heavily influence Tehran's urban growth patterns. The main pattern of urban growth in the suburban areas of the region has a linear nature and edge expansion due to slope resistance. However, the coefficients of expansion, diffusion and beer show less probability for a new diffusion center and spontaneous growth in this study. Therefore, it can be concluded that the main factor of urban growth in this region is road-based infrastructure. Also, in areas with high topography such as eastern areas and Alborz area, slope has an important role in urban configuration. In the changes of the built areas, the distance from the bare lands, in the changes of the

Received: 03 Apr 2022

Received in revised form: 10 May 2023

Accepted: 15 Sep 2024

Hashem Dadashpoor¹  (Corresponding Author)

Professor, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Art Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: h-dadashpoor@modares.ac.ir

Peyman Karami²  (Corresponding Author)

Master of Urban and Regional Planning, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Arts, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: carami.pcf_up@yahoo.com

Hosein Sharifzadeh Moghadam³ 

Associate Professor, Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

E-mail: h_sharifzadeh@modares.ac.ir

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2025.340883.672757>

agricultural lands, the distance from the main roads and in the changes of the bare lands, the distance from the agricultural lands have had the most impact.

Keywords

Urban Growth Patterns, Urban Growth Driving Forces, *SLEUTH* Model, Tehran Urban Agglomeration

Citation: Dadashpoor, Hashem; Karami, Peyman & Sharifzadeh Moghadam, Hosein (2024). Urban growth patterns and its driving forces in the Tehran urban agglomeration, *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 29(3), 31-42. (in Persian)



الگوهای رشد شهری و عوامل مؤثر حاکم بر آن در منطقه کلان‌شهری تهران

چکیده

مناطق کلان‌شهری ایران به دلیل رشد سریع شهرنشینی الگوهای فضایی متفاوتی را تجربه کرده‌اند. در این میان، منطقه کلان‌شهری تهران نیز با رشد زیادی در خود کلان‌شهر و مناطق پیرامونی آن روبرو شده که به صورتبندی الگوهای فضایی خاصی در آن منجر شده است. از این رو، مقاله حاضر به دنبال بررسی گونه‌های مختلف الگوهای رشد شهری و عوامل مؤثر حاکم بر آن است تا فهم بهتری از آن صورت گرفته و مسیر برای برنامه‌ریزی فضایی پایدار در منطقه باز شود. روش پژوهش کمی است و با

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

هاشم داداش‌پور^۱ (نویسنده مسئول): استاد گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

E-mail: h-dadashpoor@modares.ac.ir

پیمان کرمی^۲: کارشناس ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دانشکده هنر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

E-mail: carami.pcf_up@yahoo.com

حسین شفیع‌زاده مقدم^۲: دانشیار گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

E-mail: h_shafizadeh@modares.ac.ir

<https://doi.org/10.22059/jfaup.2025.340883.672757>

استفاده از مدل اسلوت (HTUELS) و رگرسیون لجستیک الگوی فضایی رشد منطقه کلان‌شهری تهران و عوامل مؤثر حاکم بر آن طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که طی دو دهه اخیر مساحت نواحی شهری و زمین‌های بایر افزایش یافته و زمین‌های کشاورزی، مراتع و باغات با کاهش مواجه شده است. الگوهای رشد این منطقه خطی و لبه‌ای بوده و شبکه راه و شیب از عوامل تأثیرگذار بر این الگوهای فضایی بوده‌اند. ضرایب گسترش، انتشار و زایش احتمال کم‌تری را برای مرکز توسعه جدید و رشد خود به خود در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. در تغییرات نواحی ساخته شده فاصله از زمین‌های بایر، در تغییرات کاربری کشاورزی فاصله از راه‌های اصلی و در تغییرات اراضی بایر فاصله از زمین‌های کشاورزی بیشترین تأثیرگذاری را داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی

رشد شهری، الگوهای فضایی، عوامل رشد، مدل اسلوت (SLEUTH)، منطقه کلان‌شهری تهران

استناد: داداش‌پور، هاشم؛ کرمی، پیمان و شفیع‌زاده مقدم، حسین (۱۴۰۳)، الگوهای رشد شهری و عوامل مؤثر حاکم بر آن در منطقه کلان‌شهری تهران، نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۹(۳)، ۳۱-۴۲.

مقدمه

در حال حاضر، بیش از نیمی از جمعیت جهان به دلیل وجود مزایا و فرصت‌ها به ویژه از نظر شغلی و داشتن امکانات بهتر، در نواحی شهری زندگی می‌کنند. سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۵۰، حدود ۶۶٪ از جمعیت کره زمین در مناطق شهری زندگی خواهند کرد. این موضوع در مورد کشورهای آسیایی مصداق بیشتری دارد. در طول نیم قرن گذشته، بسیاری از این کشورها شهرنشینی سریعی را تجربه کرده اند که بخشی از این جمعیت در کلان‌شهرها و مناطق کلان‌شهری سکونت پیدا کرده‌اند (Rustiadi et al., 2021). این مناطق به‌عنوان پدیده‌ای نوظهور در مقایسه‌ی با دیگر شیوه‌های سکونت انسانی دارای روند شکل‌گیری و گسترش سریع‌تری در عرصه‌های مختلف بوده‌اند (Huang et al., 2020).

مناطق کلان‌شهری در ساختار رسمی برنامه‌ریزی ایران به‌عنوان مجموعه‌ای از سکونتگاه‌های متعدد با یک کلان‌شهر مرکزی و حوزه نفوذ گسترده آن شامل شهرها و روستاهای متعدد تعریف شده‌اند که روزانه با هم دارای روابط گسترده اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی بوده و بر روی هم تأثیرگذارند (زمانی، ۱۳۹۳). این محدوده‌های جغرافیایی با مشخصه‌هایی چون دگرگونی در نقش و عملکرد، تحول در شکل و ساختار و تغییر معنا و مفهوم مواجه شده‌اند و تحت تأثیر نیروها و عوامل مختلف در طول زمان و بنا به مقتضیات مکانی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، مکانیزم و فرایند خاصی را در شکل‌گیری، تکوین و دگرگونی خود طی نموده‌اند (زبردست و حاجی‌پور، ۱۳۸۸). هر منطقه‌ی کلان‌شهری با توجه به دلایل پیدایش آن، وابسته به محدودیت‌های گوناگون به ویژه محدودیت‌های طبیعی و امکانات منطقه‌ای است. با این حال سیاست‌های برنامه‌ریزی شده در زمینه‌های مختلف، اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر چگونگی تأثیر این محدودیت‌ها و امکانات داشته است. در این میان، «الگوی توسعه پراکنده» یکی از شیوه‌های توسعه‌ی سکونتگاهی است که بر اساس عوامل متعددی چون دگرگونی بنیان اقتصادی شهر و فراهم شدن امکان بورس‌بازی زمین، سیاست‌های سهل‌انگارانه شهرسازی و تصمیم‌گیری‌های ناگهانی برای توسعه مناطق کلان‌شهری، قوانین و برنامه‌های ناکارآمد شهری و منطقه‌ای شکل می‌گیرد (حاجی‌پور، ۱۳۸۷).

مناطق کلان‌شهری در گذر زمان و با ارائه خدمات برتر به جذب مهاجران روستایی و شهری می‌پردازند. در این نواحی هم‌چنین بر اثر فرایند چرخه‌ای توسعه در مناطق کلان‌شهری بر اثر مهاجرت، نیاز به اراضی مسکونی افزایش می‌یابد و گسترش‌های جدیدی رخ می‌دهد. غالباً روند تحولات توسعه این‌چنینی به صورت لبه شهری روستایی و توسعه مجدد در زمین‌های شهری اتفاق افتاده و منجر به افزایش تراکم ساختمانی، افزایش اشتغال و تراکم جمعیتی می‌گردد (Cheng, et al., 2003, 59). در ادامه این روند، توسعه فراتر از لبه‌های شهری و روستایی به مناطقی دور از مرکز گرایش پیدا کرده و مراکز جدیدی پیرامون مرکز اصلی منطقه کلان‌شهری ایجاد می‌کنند (Sutphin, 2013؛ داداش‌پور و سالاریان، ۱۳۹۷). نتیجه این توسعه در گونه‌های جدید سکونتگاهی، نظام روابط در مناطق کلان‌شهری را دستخوش تغییر قرار می‌دهد و مراکز اصلی مناطق کلان‌شهری نیز به‌عنوان هسته تجاری شناخته

می‌شوند و جمعیت ساکن در آن کاهش می‌یابد. هم‌چنین هم‌زمان با توسعه مراکز فرعی پیرامون مرکز اصلی مناطق کلان‌شهری، ادغام و همبستگی اجتماعی-اقتصادی میان مراکز رخ می‌دهد. در این شرایط، در صورت بی‌توجهی به این فرایند، گسیختگی و چندپارگی در الگوهای فضایی سبب ناکارآمدی سیاست‌های توسعه ملی و منطقه‌ای می‌گردد (داداش‌پور و سالاریان، ۱۳۹۷).

منطقه کلان‌شهری تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین قطب جمعیتی در کشور به واسطه‌ی جذابیت‌های خود، جمعیت زیادی را در خود جای داده است که هر ساله نیز به آن افزوده می‌شود. گسترش بی‌رویه محدوده‌های شهری در این منطقه، سبب بروز و شکل‌گیری الگوهای رشد شهری در این منطقه شده است (داداش‌پور و میری لواسانی، ۱۳۹۴). از این رو، تحلیل الگوهای رشد و عوامل مؤثر بر آن می‌تواند بر نحوه مواجهه و برخورد با ابعاد و مسائل مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت در این منطقه مؤثر باشد تا ضمن عمق دادن به موضوع بستری برای پژوهش‌های آتی و تصمیم‌گیری‌ها در مناطق کلان‌شهری کشور تلقی گردد. با این تلقی، هدف مقاله حاضر، تحلیل الگوی فضایی رشد شهری و تبیین عوامل مختلف مؤثر بر آن است و قصد دارد به دو سوال اصلی زیر پاسخ دهد:

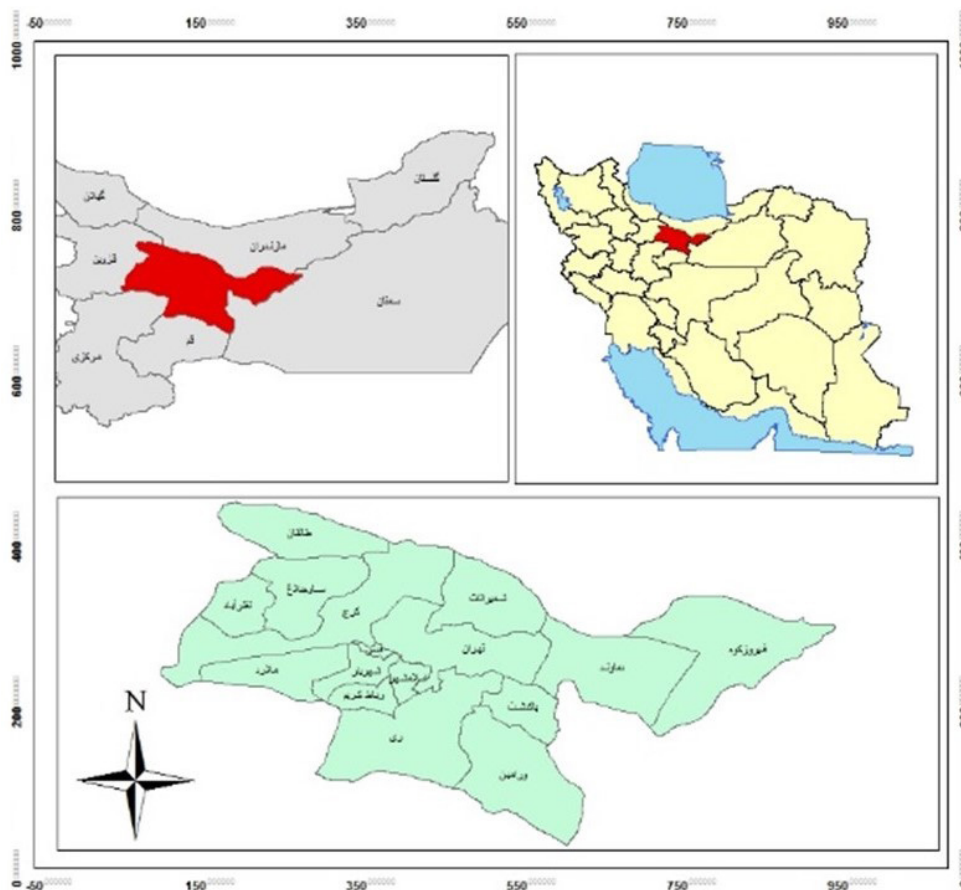
۱. انواع الگوهای رشد شهری در منطقه کلان‌شهری تهران کدام‌اند؟
۲. چه عواملی بر الگوهای رشد شهری در منطقه کلان‌شهری تهران مؤثر است؟

روش پژوهش

مقاله حاضر از نظر روش کمی و از نظر رویکرد توصیفی و تبیینی است. در این تحقیق، ابتدا تغییرات کاربری زمین منطقه کلان‌شهری تهران، طی دو دهه اخیر بررسی گردید. در ادامه، الگوهای مختلف رشد در منطقه کلان‌شهری با استفاده از مدل *SLEUTH* بررسی و تحلیل شدند و در نهایت به عوامل مؤثر بر الگوهای فضایی رشد شهری با استفاده از رگرسیون لجستیک پرداخته شد.

گام اول: بررسی و تحلیل الگوی فضایی رشد شهری

برای بررسی و تحلیل الگوهای رشد شهری در منطقه کلان‌شهری تهران از مدل *SLEUTH* استفاده شد. مدل *SLEUTH* جزئی از مدل‌های سلول‌های خودکار می‌باشد که می‌تواند برای تحلیل الگوهای رشد شهری و تغییرات پوشش/کاربری زمین مورد استفاده قرار گیرد (Hua et al., 2003; Herold et al., 2014). نام آن مخفف واژه‌ی لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز آن از جمله: شیب، کاربری اراضی، نواحی مستثنی شده، مناطق شهری، شبکه‌های حمل‌ونقل و لایه پستی و بلندی زمین است (Dadashpoor & Nateghi, 2017). این مدل از چهار نوع الگوی تغییر کاربری زمین شهری (رشد خودبه‌خودی^۵، رشد پراکنده^۶، رشد لبه‌ای^۷ و رشد متأثر از جاده^۸) استفاده می‌کند. فرض اصلی مدل این است که با ادامه روند رشد تاریخی، وضعیت آینده رشد شهر می‌تواند از طریق گذشته پیش‌بینی گردد. مدل رشد شهر، مؤلفه اصلی مدل *SLEUTH* است که شامل دو بخش عمده اجرایی «کالیبراسیون» و «پیش‌بینی» است. در بخش «کالیبراسیون»، براساس سوابق تاریخی منطقه مورد نظر، بهترین مجموعه برای ضرایب پنج‌گانه (ضریب پراکنش یا انتشار، زایش، پخش، مقاومت به شیب و گرایش به جاده) استخراج می‌شود (Dadashpoor et



نقشه ۱. موقعیت منطقه کلان‌شهری تهران

اعمال شد. این فرآیند با استفاده از نرم‌افزار *ENVI* انجام گرفت. سپس با استفاده از ماژول *Composite*، تصاویر کاذب با باندهای مناسب از منطقه مورد مطالعه تولید گردید. برای مقایسه و تعیین مساحت هر یک از کاربری‌ها، تمامی تصاویر به هفت کلاس شامل کشاورزی و باغات، جنگل، مرتع، درختکاری، تالاب، پهنه‌های آبی، ساخته‌شده و بایر، با استفاده از روش بیشترین شباهت و در اندازه پیکسل‌های ۳۰ متری طبقه‌بندی شدند. پس از این فرآیند، تصاویر رستری با فرمت *GIF* ذخیره شد تا برای مدل مورد استفاده قرار گیرد. با بهره‌گیری از این داده‌ها، مدل قادر به شبیه‌سازی گسترش پویای زمین‌های شهری و کالیبراسیون اطلاعات برای مرحله شبیه‌سازی می‌باشد. لایه محدوده شهری در مدل مقادیری بین ۰ تا ۲۵۵ می‌گیرد، به طوری که مقدار صفر نمایانگر مناطق غیرشهری و مقادیر بیشتر از صفر نشان‌دهنده محدوده‌های شهری است. گنجانیدن لایه شبکه راه‌ها برای کالیبراسیون متوسط مدل ضروری است زیرا این لایه تا حد زیادی بر شیوه توسعه مناطق اثرگذار است. برای لایه شبکه راه‌ها حداقل دو شبکه راه مورد نیاز است و تاریخ تهیه نقشه جاده نیاز به اینکه دقیقاً با تاریخ دوران شهری هم خوانی داشته باشند ندارند. مسیرهای درجه یک، مسیرهای اصلی توسعه شهر را به مرکز متصل می‌کنند. از آنجا که جاده‌های درجه یک مهم‌ترین جاده‌ها را تشکیل می‌دهند، جاده‌های درجه سوم از اهمیت کم‌تری برخوردارند. در این لایه راه‌های اصلی انتخاب شده و داده‌های غیر ضروری حذف می‌شوند.

در این مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ کالیبراسیون مدل *SLEUTH*

(al., 2019). این ضرایب در سه مرحله‌ی درشت، ریز و نهایی کالیبراسیون و به کمک ترکیبی از مدل‌ها به دست می‌آیند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱). در بخش «پیش‌بینی»، قوانین رشد مهم‌ترین نقش را دارند که توسط ضرایب تعیین شده در مرحله قبل کنترل می‌شوند، قوانین رشد و ضرایب توأمان تشکیل دهنده قوانین انتقال در سلول‌های خودکار در مدل *SLEUTH* هستند. آخرین مرحله از اجرای این مدل، انجام فرآیند «خودسازماندهی» است. فرآیند خودسازماندهی باعث می‌شود که مدل، الگوی رشد واقعی‌تری ارائه کند. بدون مرحله خودسازماندهی مدل، الگوی رشد خطی یا نمایی خواهد داشت (رستمی و زبردست، ۱۳۹۸).

مدل *SLEUTH* برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی توسعه شهری نیازمند حداقل چهار دوره داده تاریخی توسعه شهر، شامل دو دوره لایه کاربری اراضی، دو دوره شبکه راه‌ها، یک لایه شیب توپوگرافی (با درصد)، یک لایه نواحی مستثنی شده و یک لایه سایه‌روشن برای استفاده به عنوان پس‌زمینه است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های شبکه راه‌ها از سازمان حمل و نقل، و داده‌های ارتفاعی (*DEM*) از سازمان نقشه‌برداری می‌باشند. در این تحقیق، تغییرات فضایی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سنجنش از دور، از جمله تصاویر ماهواره‌ای *Landsat* (با سنجنده‌های *TM*، *ETM+* و *OLI*) مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، تصاویر ماهواره‌ای از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دانلود و پس از بازسازی، تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی آن‌ها

عمل مدلسازی بر پایه همین رفتار انجام شده و ضرایب تأثیر هر کدام از پارامترهای مستقل به دست می‌آید. رفتار تاریخی همان مناطق جدید به وجود آمده برای هر کاربری بین سال‌های مذکور می‌باشد. برای تولید این متغیر، نقشه هر کاربری در سال ۲۰۰۰ از نقشه سال ۲۰۲۰ کسر شده است (نقشه ۲). با توجه به تحقیقات گذشته و داده‌های در دسترس تعداد ۹ متغیر در دو گروه به‌عنوان ورودی رگرسیون لجستیک در نظر گرفته شد. متغیرهای فاصله شامل فاصله تا انواع کاربری، فاصله تا مراکز جمعیتی، فاصله تا منابع آب سطحی، فاصله تا راه‌های اصلی و راه‌آهن می‌باشد. متغیرهای توپوگرافی شامل ارتفاع از سطح دریا و شیب می‌باشد که این متغیرها برای در نظرگرفتن تأثیر عوامل جغرافیایی و طبیعی در فرآیند تغییرات کاربری زمین انتخاب شده‌اند (نقشه ۳).

در واقع این متغیرها قلب فرآیند مدلسازی می‌باشند. به این صورت که در مرحله یادگیری وزن این عوامل بهینه‌شده و در مرحله رو به جلو برای پیش‌بینی بکار گرفته می‌شوند. تمامی این متغیرها به صورت نرمال بین صفر و ۱ تبدیل شده، سپس به تصویر با اندازه پیکسل برابر با پیکسل نقشه‌های کاربری تبدیل گردیدند. در این متغیرها هر پیکسل دارای مقداری می‌باشد که نشان‌دهنده میزان ارزش آن پیکسل در متغیر مورد نظر است. تمامی متغیرها از داده‌های خام موجود و در محیط نرم‌افزار Arcmap تولید شدند.

پیشینه پژوهش

پژوهشگران شهری و منطقه‌ای به‌طورکلی، الگوهای جدید رشد شهری را در سه شیوه عمده شامل رشد لبه‌ای، رشد بیرونی و رشد درونی طبقه‌بندی می‌کنند (Dadashpoor, et al., 2019a). رشد درونی در مناطق توسعه‌یافته موجود اتفاق می‌افتد در حالی که رشد لبه‌ای در مناطق حاشیه‌ای شهر شکل می‌گیرد و رشد بیرونی در مناطق پراکنده و دور از مناطق توسعه‌یافته موجود رخ می‌دهد. هر نوع رشدی بر سرعت وقوع شهرنشینی و الگوهای فضایی آن تأثیر می‌گذارد. هر کدام از الگوهای ذکر شده توسط یک فرآیند خاص رشد شهری ایجاد می‌شود، که تأثیرات مختلفی بر محیط شهری دارد (Gong et al., 2018). بنابراین، رشد شهری باعث تغییرات عمده‌ای در استفاده از زمین و الگوی فضایی در کلان‌شهرها شده که فرآیندهای انتقالی رشد را از فشردگی به سوی انتشار سوق می‌دهند (قرخلو و شهرکی، ۱۳۸۸).

عوامل مختلفی در شکل‌گیری الگوهای رشد مناطق کلان‌شهری تأثیرگذارند (تفکری و وارثی، ۱۳۹۹). این عوامل از منطقه‌ای به منطقه دیگر متغیرند (Angel & Blei, 2016). عوامل توپوگرافیک مثل شیب و ارتفاع، پایداری خاک، فاصله تا گسل و نوع کاربری (Peng et al., 2017)، عوامل فیزیکی و مجاورت مثل دسترسی به جاده‌ها، دسترسی به مراکز شهری، دسترسی به خدمات و زیرساخت‌ها، فاصله تا جاده‌های اصلی، و فاصله تا رودخانه‌ها از عواملی هستند که الگوی فضایی رشد مناطق کلان‌شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند (De la Luz Hernán-dez-Flores, 2017, 109). علاوه بر این، عوامل اجتماعی و اقتصادی مانند فرصت‌های شغلی، سرانه تولید ناخالص داخلی (Poghosyan, 2018: 1)، قیمت زمین و رشد جمعیت، رشد صنعتی، خدمات اجتماعی، پایداری شهری نیز در تعیین الگوی فضایی رشد مناطق کلان‌شهری مورد استناد قرار می‌گیرند (Angel & Blei, 2016, 21).

در سه فاز تست، فاز کالیبراسیون و فاز پیش‌بینی اجرا شده است. در ابتدا فاز تست به طور موفق اجرا می‌شود و این بدین معنا است که مدل برای فاز کالیبراسیون آماده است و کلیه شرایط ابتدایی مطلوب را دارا می‌باشد. مرحله کالیبراسیون یکی از مهم‌ترین مراحل شبیه‌سازی رشد توسعه شهری در مدل اسلوس می‌باشد. فرضیه اصلی مدل مورد نظر این است که روال و روندی را که یک ناحیه در گذشته تغییر کرده است در آینده نیز به همین روال به رشد خود ادامه خواهد داد؛ یعنی قاعده تغییر در گذشته قاعده تغییر در آینده است. یکی از ایده‌های اصلی مدل کالیبراسیون تغییرات توسعه شهر در گذشته می‌باشد که می‌تواند یک پیش‌بینی معقول برای تغییر در آینده ایجاد کند. بنابراین، منظور از مرحله کالیبراسیون تولید یا استنتاج یک سری از ارزش‌ها برای ضرایب رشد می‌باشد که می‌تواند به‌طور مؤثر رشد شهری اتفاق افتاده را در طول یک مدت معین شبیه‌سازی کند. فرآیند کالیبراسیون برای داده‌های تاریخی استفاده شده و چرخه‌های رشد تولید می‌کند هنگامی که یک چرخه کامل برای یک سال کنترل به پایان رسید یک تصویر شبیه‌سازی تولید شده و به‌همراه آن ارزشهایی برای یازده شاخص آماری تولید می‌شود تا به نحو احسن داده‌های تاریخی و فضایی که به مدل وارد می‌شود را کنترل کند و این هدف با استفاده از روش مونت کارلو در مدل *Sleuth* تحقق می‌یابد، جایی که کاربر به یک دامنه‌ای از ارزش‌ها و تکرار مدل با ترکیب و جایگزینی از پنج پارامتر کنترل از سال آغازین تا سال پایانی اشاره می‌کند.

گام دوم: تبیین عوامل مؤثر بر الگوهای رشد شهری

جهت بررسی و تبیین عوامل مؤثر بر الگوهای رشد در منطقه کلان‌شهری تهران از رگرسیون لجستیک استفاده شد. رگرسیون لجستیک روشی برای کشف روابط تجربی بین یک متغیر باینری وابسته و چندین متغیر مستقل طبقه‌ای و پیوسته است (Arsanjani, 2013). Y متغیر وابسته و X بردار متغیرهای مستقل هستند و گاهی اوقات متغیر مستقل از نوع طبقه‌ای است. رگرسیون لجستیک مانند رگرسیون معمولی برای هر متغیر مستقل یک b_j محاسبه می‌کند که بیانگر سهم متغیر مستقل در تغییرات Y است. خطای معیار برآوردشده b_j و سطح معنی‌داری آن و هم‌چنین یک شاخص کلی برای نیکویی برازش داده می‌شود (کرد، ۱۳۹۰؛ سرمد، ۱۳۸۸). متغیر وابسته پیش‌بینی شده در مدل رگرسیون لجستیک تابعی از احتمالی است که یک موضوع خاص در یکی از طبقه‌ها قرار خواهد گرفت (Arsanjani et al., 2013; Huang et al., 2009). فرض اساسی در احتمال اینکه یک متغیر وابسته مقدار ۱ (پاسخ مثبت) بگیرد، پیروی از منحنی لجستیک است و مقدار آن می‌تواند با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود (کرد، ۱۳۹۰؛ سرمد، ۱۳۸۸):

$$P(y = 1|X) = \frac{\exp(\sum BX)}{1 + \exp(\sum BX)}$$

P احتمال ارزش یک برای متغیر وابسته؛ X بیانگر متغیرهای مستقل $B = (X = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_k), x_0 = 1)$ بیانگر پارامترهای تخمین‌زده شده یا ضرایب برآورد $(B = (b_0, b_1, b_2, \dots, b_k))$ است. رگرسیون لجستیک برای محاسبه میزان خطا نیاز به یک عامل تحت عنوان مشاهده واقعی دارد. در این پژوهش، مشاهده واقعی رفتار تاریخی بین دو سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ هر کاربری در نظر گرفته شده است. در واقع

عوامل مؤثر بر الگوهای رشد در مناطق کلان‌شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Dadashpoor, et al., 2019).

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این مقاله منطقه کلان‌شهری تهران می‌باشد که از نظر جغرافیایی این منطقه از شمال به استان مازندران، از جنوب شرق به استان قم، از شرق به استان سمنان، از جنوب غربی به استان مرکزی و از غرب به استان قزوین محدود می‌شود (نقشه ۱). منطقه کلان‌شهری تهران در محدوده جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و مابین ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۳ درجه ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. این منطقه کلان‌شهری براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ شامل دو استان تهران و البرز، ۱۸ شهرستان، ۵۹ شهر و ۹۷ دهستان است که با مساحت ۱۸۸۱۴ کیلومتر مربع، حدود ۱/۱۴ درصد از کل مساحت کشور و جمعیتی نزدیک به ۱۶ میلیون نفر را به خود اختصاص داده است (داداش‌پور و حاتمی‌مهند، ۱۴۰۲). پست‌ترین نقطه محدوده با ارتفاع ۷۵۰ متر در جنوب شرقی و بلندترین نقطه در ارتفاعات توچال با ارتفاع ۴۰۰۰ متر می‌باشد. بیش از ۴۰ درصد از محدوده مورد مطالعه دارای شیب ملایم کم‌تر از ۵ درصد بوده و تنها بخش اندکی از آن دارای شیب تند است. هم‌چنین، این محدوده در میان گسل‌های متعددی محصور شده و عمدتاً در حوضه آبریز مرکزی قرار گرفته و تنها بخش کوچکی از آن جزو حوضه آبریز دریای خزر است.

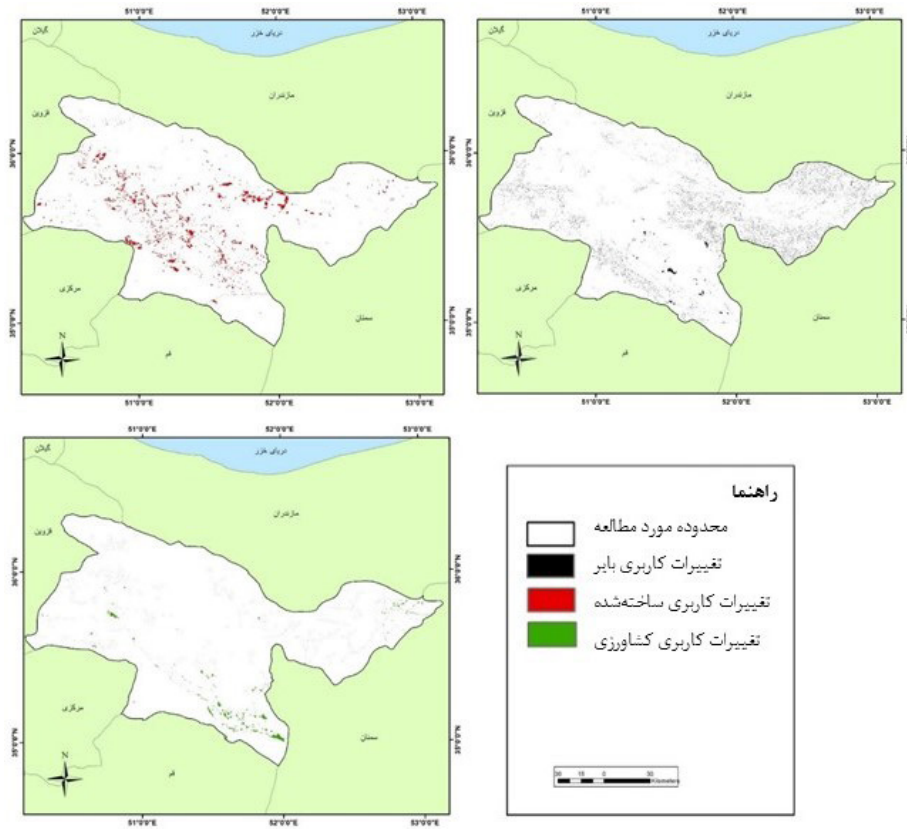
نتایج

تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ استخراج گردید. نتایج حاصل از تولید نقشه‌های کاربری زمین (نقشه ۴)، نشان می‌دهد که میانگین نرخ رشد شهری منطقه شهری تهران از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به میزان ۳۲/۲۱ درصد می‌باشد. میانگین نرخ رشد در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۲/۸ و ۳۰/۲ می‌باشد. سهم مساحت شهری در منطقه مورد مطالعه از ۱۰۷۵۸۵ هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۱۵۸۷۱۷ هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است و هم‌چنین مساحت زمین‌های کشاورزی، مراتع و باغات در دوره مطالعه از ۱۴۲۲۵۱۲ هکتار به ۱۲۹۵۹۷۳ هکتار کاهش یافته و زمین‌های بایر از ۳۴۹۹۸۶ هکتار به ۴۲۳۶۱۳ هکتار افزایش یافته است. بنابراین چنان که واضح است بیشترین تغییر در افزایش سهم کاربری زمین‌های بایر بود که عمدتاً بسیاری از مساحت زمین‌های کشاورزی و باغات به کاربری‌های دیگر تبدیل شده است (نمودار ۱).

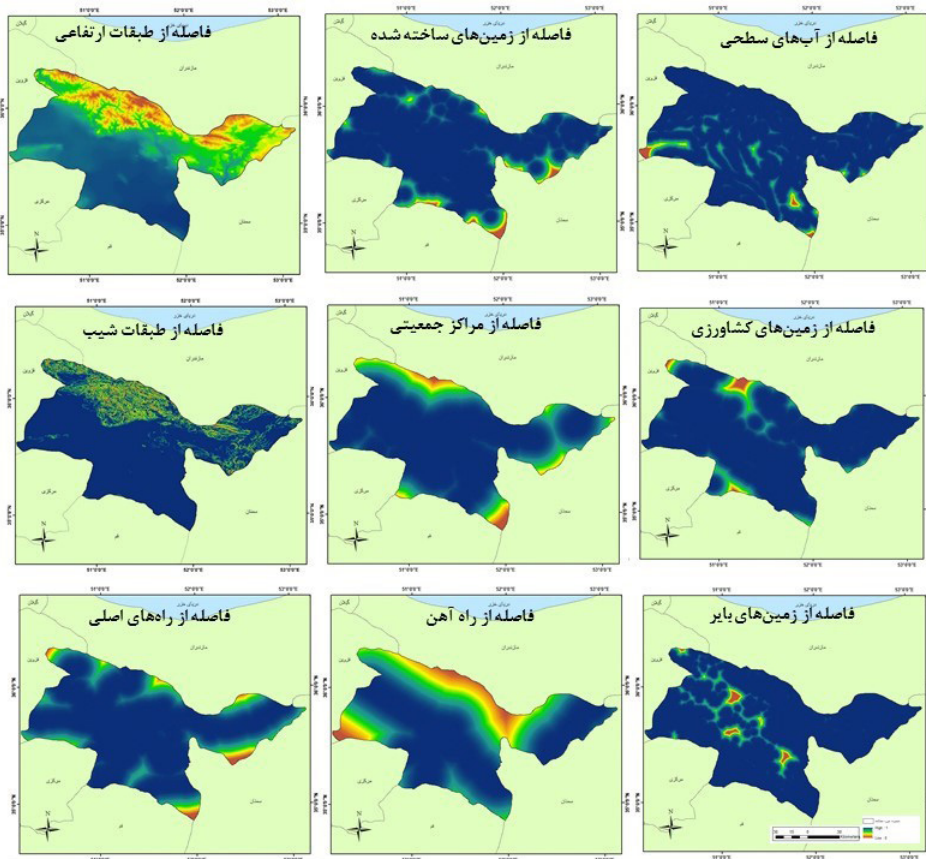
با استفاده از کالیبراسیون یک میانگین از ارزش‌های ضرایب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ جهت ارزیابی پویایی الگوی رشد شهری به وجود آمده است (جدول ۱). چنانچه مشاهده می‌شود، پنج ضریب وجود دارد که تغییر رشد شهر را در طی سه سال کنترل می‌کند. ضریب مقاومت شیب و انتشار در طی مدت کالیبراسیون بیشترین تغییرات را داشتند. افزایش در مقاومت شیب نشان می‌دهد که در مقایسه با روال گذشته ساخت و سازهای کم‌تری در شیب‌ها صورت گرفته است. ضریب شیب به شکل دوگانه‌ای برخورد می‌کند. چنانچه ضریب مقاومت شیب بالا باشد و نزدیک به ۱۰۰، احتمال اینکه پیکسل مورد بررسی تبدیل به شهر بشود پایین است و در صورتی که مقاومت شیب پایین باشد، شیب تأثیر زیادی در

برخی محققین مانند دابویک و هوانگ عوامل مؤثر بر الگوهای رشد مناطق کلان‌شهری را به سه دسته: ویژگی سایت (محل)، خصوصیات مجاورت و خصوصیات همسایگی تقسیم می‌کنند (Dubovyk, 2010; Huang et al., 2009, 379-3). برخی دیگر همانند چنگ و ماسر، عوامل فضایی مانند شیب و فاصله از راه‌های اصلی و غیرفضایی مانند نژاد و سیاست‌های فضایی (Cheng & Masser, 2003, 199-217) یا مانند هو و لو^۲ (۲۰۰۷) و سایت چپینگ (۲۰۰۵)، به عوامل اجتماعی، اقتصادی و کالبدی تقسیم‌بندی می‌کنند (Hu & Lo, 2007, 667-). Rusti- (688; Sietchiping, 2005). پژوهش راستیادی و همکاران (adi et al., 2020) نشان می‌دهد که چهار عامل سیاست‌های ناکارآمد حکومتی، سکونت‌گزیدن بخش خصوصی و توسعه شهرهای جدید، توسعه دارایی‌های صنعتی بخش خصوصی و زیرساخت‌ها در رشد منطقه کلان‌شهری جاکارتا مؤثرند. در این زمینه پژوهش حاجی‌پور (۱۳۸۷) نشان می‌دهد که مجموعه‌ای از نیروهای بیرونی مانند جهانی شدن، بازساخت اقتصادی (محو صنعت از شهرها، ظهور اقتصاد خدماتی و دانش پایه و غیره) و انقلاب فناوری اطلاعات همراه با عواملی مانند رشد جمعیت، مهاجرت، پراکنده‌رویی، اسکان غیررسمی و سکونتگاه‌های خودروی پیرامون کلان‌شهرها، حومه شهرنشینی، جنبه‌های نهادی (تفرق سیاسی، سیاست‌های ادغام و الحاق)، سرمایه‌گذاری زیرساختی و ساختار شبکه (حمل‌ونقل کلان‌شهری) از مهم‌ترین عوامل اثرگذاری هستند که در طی یک فرایند مشخص به سازمان‌یابی فضایی و تکوین مناطق کلان‌شهری منجر می‌گردد. تفکری و وارثی در دسته بندی دیگری به عواملی نظیر عوامل طبیعی، عوامل اقتصادی و عوامل اجتماعی و در نهایت عوامل سیاسی و نقش دولت‌ها در شکل‌گیری الگوهای رشد مناطق کلان‌شهری اذعان دارند (تفکری و وارثی، ۱۳۹۹، ۱۰۰). در تحقیق داداش‌پور و میری لوانسانی (۱۳۹۴)، شناسایی و به‌کارگیری سنجه‌ی پیوستگی فضایی-عملکردی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری و گسترش پدیده مناطق کلان‌شهری است.

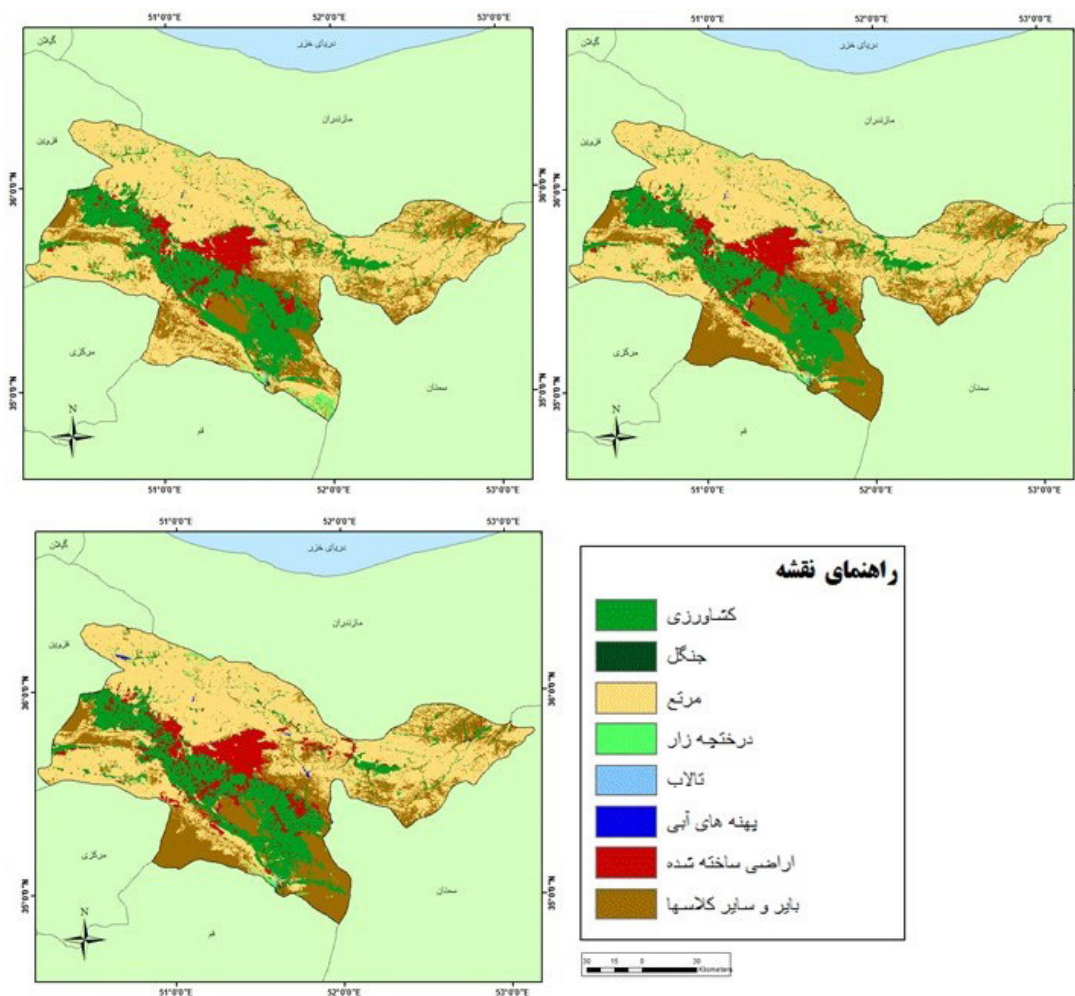
تاکنون مدل‌های مختلفی برای تحلیل الگوهای رشد شهری و تبیین عوامل مؤثر بر آن‌ها به کار گرفته شده‌اند (Rienow & Goetzke, 2014; Vizzari, 2011; Dezhkam et al., 2014; Silva & Clarke, 2002; Al-Shalabi et al., 2013). در میان این مدل‌ها، مدل‌های مرتبط با سلول‌های خودکار از مؤثرترین مدل‌های مرتبط با الگوهای رشد شهری‌اند (Yea & Yong, 2007) که انعطاف‌پذیر بوده و به‌عنوان یکی از ابزارهای مهم سنجش از دور و GIS مورد استفاده قرار می‌گیرند (Torrens, 2000; Rafiee et al., 2009) و تأثیر مثبتی بر درک فرآیند پیچیده پویایی تغییر کاربری زمین و الگوهای رشد شهری دارند. دلیل محبوبیت این مدل‌ها، قابلیت آن‌ها در شبیه‌سازی تاریخی رشد^۳ و پیش‌بینی آینده رشد مناطق کلان‌شهری شهری و به‌کارگیری مدل‌های مکمل هستند. با این وجود، این مدل‌ها بر عوامل محیطی استوار بوده و کم‌تر با عوامل اجتماعی و اقتصادی سروکار دارند (Dadashpoor et al., 2019, 2). مدل SLEUTH یکی از این نوع مدل‌هاست که برای تحلیل و پیش‌بینی الگوهای فضایی رشد مناطق کلان‌شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که عوامل اجتماعی-اقتصادی در این مدل نادیده گرفته می‌شوند، لذا برخی مدل‌های دیگر مانند رگرسیون لجستیک (LR) برای تبیین



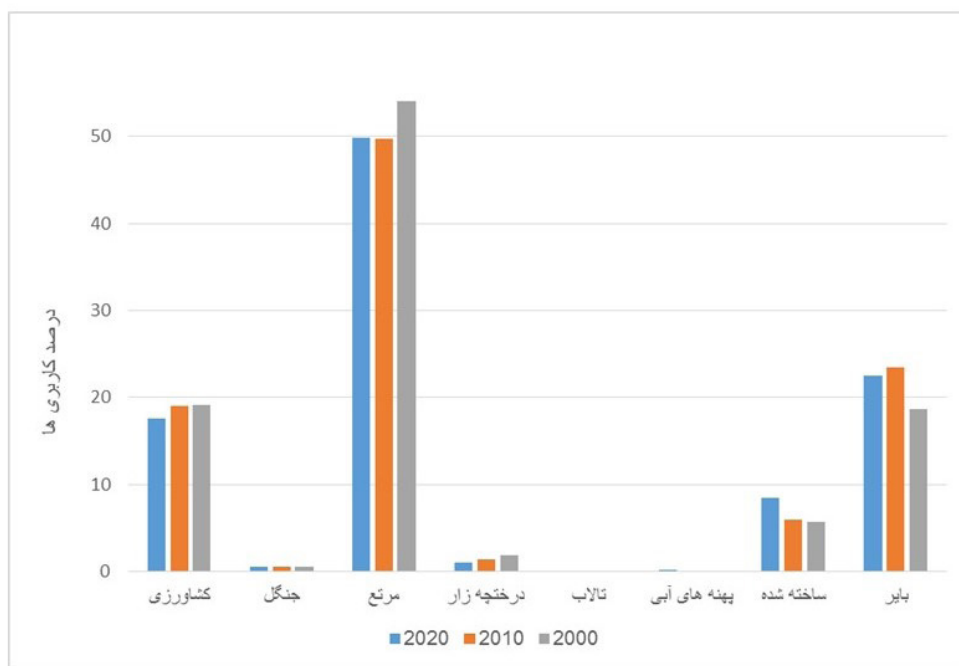
نقشه ۲. تغییرات کاربری زمین در منطقه کلان‌شهری تهران.



نقشه ۳. متغیرهای مستقل در توسعه منطقه کلان‌شهری تهران.



نقشه ۴. پویایی کاربری زمین منطقه کلان‌شهری تهران.



نمودار ۱. سهم کاربری زمین منطقه کلان‌شهری تهران در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰.

شهرها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بر اساس رشد تحت تأثیر جاده و شبکه‌های حمل‌ونقل اتفاق افتاده است.

با توجه به ضرایب به‌دست‌آمده در مدل رگرسیون لجستیک عوامل محرک تغییرات در کاربری مناطق کلان‌شهری با بررسی پژوهش‌های انجام‌شده و داده‌های در دسترس در منطقه کلان‌شهری تهران، ۹ متغیر در این مقاله در نظر گرفته شد و با روش رگرسیون لجستیک و متغیرهای وابسته که تغییرات هر کاربری در دوره مطالعه بود، میزان تأثیر هر متغیر به دست آمد (جدول ۲). در کاربری ساخته شده ضریب فاصله از زمین‌های بایر بیشترین تأثیرگذاری را داشته است و بعد از آن فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از آب‌های سطحی و فاصله از راه‌های اصلی تأثیرگذاری بیشتری را داشته‌اند. در تغییرات کاربری کشاورزی، فاصله از راه‌های اصلی، فاصله از زمین‌های بایر، فاصله از راه‌آهن و شیب زمین بیشترین تأثیر مثبت را داشته‌اند. در تغییرات کاربری زمین بایر، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق ساخته‌شده، فاصله از راه‌های اصلی و فاصله از مراکز جمعیتی تأثیرگذاری بیشتری را داشته‌اند. جدول (۳) مربوط به خروجی مدل رگرسیون لجستیک ضرایب معنی‌داری و اعتبارسنجی مدل می‌باشد. در این مدل ضریب $Pseu-R^2$ در هر کاربری اعداد بالای ۰/۴ می‌باشد که نشان‌دهنده اعتبار مدل‌سازی انجام‌شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله بررسی و تحلیل الگوهای فضایی رشد و تبیین عوامل مؤثر بر آن در منطقه کلان‌شهری تهران با بود. نتایج یافته‌ها نشان می‌دهد که الگوی رشد منطقه کلان‌شهری تهران بیشتر تحت تأثیر جاده‌های اصلی و شیب بوده است. شبکه‌های ارتباطی بالاترین مقدار را در بین سایر مقادیر ضرایب دارد که نشان‌دهنده تأثیر شبکه راه‌ها بر روند کلی رشد شهری است تا جایی که جهت‌گیری شکل خطی الگوی بیرونی را در کنار شبکه حمل و نقل جابجا می‌کند. شیب در جایگاه دوم قرار دارد و این نشان می‌دهد که الگوی اصلی رشد شهری در مناطق حاشیه‌شهری منطقه دارای ماهیت خطی و گسترش لبه به دلیل مقاومت شیب و رشد متأثر از جاده است، در حالی که ضرایب گسترش، انتشار و نژاد احتمال

مناطق با شیب بیشتر بر گسترش شهر ندارد. ضریب نسبتاً بالای مقاومت شیب برای رشد شهری احتمال بالای مقاومت را در زمین‌های با شیب بالا در پیرامون مراکز رشد شهری موجود منعکس می‌کند. با توجه به مقدار ضریب شیب که مقدار بیشتری دارد، بیانگر این موضوع است که شیب زمین در رشد تاریخی شهرهای منطقه اثرگذار بوده است.

ضریب پخش که بیانگر رشد شهر به صورت ارگانیک و خود به خودی است، در این مطالعه مقدار نسبتاً کم‌تری را نشان می‌دهد. رشد ارگانیک یا رشد از لبه یکی دیگر از انواع رشد مهم در این منطقه می‌باشد. این نوع رشد مربوط به رشد ذاتی شهرها است که در داخل شهر و حاشیه آن رخ می‌دهد و مناطقی که هنوز ساخته نشده‌اند به کاربری مسکونی تغییر کاربری پیدا می‌کنند. این رشد به شبیه‌سازی رشد لبه‌ای در لبه مراکز جدید شهر شده یا در لبه مراکز شهری موجود می‌پردازد. این نوع رشد تحت کنترل ضریب پخش که احتمال اینکه هر سلول غیرشهری با حداقل سه همسایه شهری، منجر به تولید یک سلول شهری اضافه در محل‌هایی که شیب مناسب دارند، می‌شود. ضریب پخش نسبتاً کم بیانگر این است رشدی که عمدتاً نزدیک مراکز شهری موجود و مراکز شهری جدید اتفاق می‌افتد شکل نسبتاً فشرده‌ای دارد. ضریب انتشار که در فرآیند رشد تاریخی شهرهای منطقه تأثیر داشته و مقدار آن ۳۸ می‌باشد. این ضریب شکل رشد خودبه‌خودی را هدایت می‌کند (ضریب انتشار تعداد دفعاتی که یک پیکسل به طور تصادفی به عنوان پیکسل قابل شهرسازی در رشد خود به خودی، انتخاب خواهد شد را کنترل می‌کند). با توجه به مقدار ضریب، رشد خودبه‌خودی در روند رشد تاریخی شهرهای منطقه سهم داشته است.

جدول ۱. میانگین ارزش ضرایب.

گرایش به راه	شیب	پخش	زایش	پراکنش
۸۵	۶۸	۳۲	۲۲	۳۸

بر اساس مقادیر ضرایب حاصل از کالیبراسیون تاریخی منطقه مورد مطالعه، الگوی رشد گرایش به جاده و تبعیت از الگوی شیب بیشترین تطابق را با الگوی رشد تاریخی شهرها در منطقه کلان‌شهری تهران دارند. بر اساس نتایج کالیبراسیون می‌توان این‌گونه بیان کرد که رشد تاریخی

جدول ۲. ضرایب رگرسیون متغیرهای مستقل.

متغیر	ضریب	زمین ساخته شده	زمین کشاورزی	زمین بایر
ارتفاع	-۱/۳۴۴۱	۰/۱۶۶۵	-۰/۵۵۸۶	
شیب	۱/۰۴۹۹	۰/۴۷۰۹	۱/۵۲۰۹	
فاصله از مناطق ساخته شده	۰/۹۱۷۰	-۷۴/۹۲۳۴	۱۷/۲۸۸۷	
فاصله از مراکز جمعیتی	-۲/۶۲۸۷	-۲۱/۰۸۰۱	۸/۸۲۵۱	
فاصله از راه‌های اصلی	۱۳/۵۸۷۷	۲۰/۱۷۷۴	۱۴/۱۸۹۶	
فاصله از راه آهن	-۳/۶۲۹۲	۰/۴۳۹۲	-۱/۶۰۷۵	
فاصله از آب‌های سطحی	۲۶/۶۵۷۳	-۷۱/۸۶۹۳	۲۸/۵۵۸۶	
فاصله از زمین‌های کشاورزی	۱۱۶/۱۲۴۱	۰/۴۷۹۸	۳۲/۴۲۳۳	
فاصله از زمین‌های بایر	۱۹۰/۰۴۹۵	۱/۹۷۱۴	۰/۰۶۴۰	
ضریب ثابت	-۰/۲۴۰۴	-۰/۹۹۹۶	۰/۸۰۲۹	

جدول ۳. ضرایب رگرسیون در تغییرات کاربری های زمین.

ضریب	شاخص	کاربری
۶۲۲۰۷/۸۶۸۷	-2logL0	ساخته شده
۲۴۹۶۲/۷۷۳۴	-2log(likelihood)	
۲۶۷۰۱/۶۰۰۱	Goodness of fit	
۰/۵۹۸۷	Pseudo R2	
۳۷۲۴۵/۰۹۵۴	Chi-square (df=10)	
۲۴۶۰۰/۶۲۸۸	-2logL0	کشاورزی
۱۲۸۲۴/۱۱۹۷	-2log(likelihood)	
۵/۲۱۶۸	Goodness of fit	
۰/۴۷۸۷	Pseudo R2	
۱۱۷۷۶/۵۰۹۱	Chi-square (df=10)	
۵۴۷۹۳/۵۶۳۵	-2logL0	بایر
۳۳۸۱۷/۰۷۶۲	-2log(likelihood)	
۶۷۴۷۲/۵۸۷۳	Goodness of fit	
۰/۴۸۲۸	Pseudo R2	
۲۰۹۷۶/۴۸۷۲	Chi-square (df=10)	

زمین های کشاورزی می باشد، پس حفظ و گسترش این فضاها که در معرض رشد شهری هستند لازم و ضروری می باشد. ضرورت دارد تمام امکانات در جهت ممانعت از گسترش بی رویه شهر به کار رود، بنابراین اولویت توسعه بر ساخت و ساز در زمین داخل شهر می باشد تا از توسعه بی برنامه به سمت پهنه های آسیب پذیر جلوگیری شود.

با توجه به این که در این تحقیق از داده ها و نقشه های مختلف استفاده شده است، به روز نبودن داده ها و اطلاعات از جمله محدودیت های اساسی می باشد. تولید و ارائه اطلاعات توسط سازمان ها و مراکز مختلف انجام می گیرد که در برخی مواقع ناهمخوانی این اطلاعات باعث سردرگمی محقق می شود. در دسترس نبودن اطلاعات از دیگر محدودیت های این پژوهش بوده است. در مدل مورد استفاده این پژوهش می توان توجه به داده های فیزیکی و عدم ارتباط مناسب با عوامل اقتصادی و اجتماعی و غیر فضایی را نام برد. پیشنهاد می شود که در صورت دسترس بودن اطلاعات اقتصادی و جمعیتی برای محدوده مطالعاتی، به صورت بهینه در مدل به کار برده شوند تا نتایج واقعی تری ارائه گردد. برای پژوهش های آینده که قصد استفاده از این مدل را دارند توصیه می گردد که کالیبراسیون مدل را چندین بار تکرار نمایند تا ضرایب رشد به سمت آمده منطقی تر گردد. هم چنین در دخالت عوامل رشد از روش های پردازش اطلاعات جدیدی که در نرم افزارهایی مثل GIS وجود دارد استفاده بهینه نمایند.

کمتری را برای مرکز انتشار جدید و رشد خود به خود را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که عامل اصلی رشد شهری در این منطقه، شبکه های ارتباطی است. هم چنین در مناطقی با توپوگرافی بالا مانند نواحی شرقی و محدوده البرز، شیب نقش مهمی در الگوی رشد شهری از خودش نشان می دهد.

مقایسه محدوده مورد مطالعه و سایر تحقیقات نشان می دهد که رشد در منطقه کلان شهری تهران با سرعت بالایی رخ داده است.

با استفاده از روش رگرسیون لجستیک میزان تأثیر محرک های تغییرات کاربری به دست آمد و در این بخش سعی شد تا بخشی زیادی از عوامل دخیل در رشد شهری دیده شود. بر این اساس در کاربری ساخته ده ضریب فاصله از زمین های بایر بیشترین تأثیرگذاری را داشته است در تغییرات کاربری کشاورزی، فاصله از راه های اصلی و در تغییرات کاربری اراضی بایر، فاصله از زمین های کشاورزی تأثیرگذاری بیشتری را داشته اند. عوامل بسیار زیادی در شکل گیری و هدایت سیستم شهر مؤثر هستند. این عوامل گاه درونی و از سیستم های موجود در شهر می باشند، مانند شرایط زیست محیطی یا تصمیمات مدیران شهری و گاه خارج از سیستم شهر بر آن تأثیر می گذارند، مانند اقتصاد زمین و تصمیمات سیاسی.

با توجه به رشد بی رویه شهری در منطقه کلان شهری تهران و ساخت و سازهای آن لازم است تا نظارت دقیقی از سوی سازمان های مرتبط اعمال شود. با توجه به اینکه، توسعه و گسترش شهر به سمت

6. Edge Growth (Organic). 7. Road Influenced Growth.

فهرست منابع

تفکری، اکرم و وارثی، حمیدرضا (۱۳۹۹). بررسی الگوی رشد شهرهای پیرامون کلان شهر تهران با تأکید بر سیاست های دولت بر زمین شهری؛ نمونه موردی: شهر دماوند. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۴ (۷۳)، ۹۵-۱۲۰.

پی نوشت ها

1. Hu.
2. Lo.
3. Simulate Historical Growth.
4. Spontaneous Growth.
5. New Spreading Center Growth (Diffusive).

international conference on computers in urban planning and urban management, Sendai City, Japan

Dadashpoor, H., & Nateghi, M. (2017). Simulating spatial pattern of urban growth using GIS-based *SLEUTH* model: a case study of eastern corridor of Tehran metropolitan region, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 19(2), 527-547. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9763-9>

Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101502. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101502>

De la Luz Hernández-Flores, M., Otazo-Sánchez, E. M., Galeana-Pizana, M., Roldán-Cruz, E. I., Razo-Zárate, R., González-Ramírez, C. A., ... & Gordillo-Martínez, A. J. (2017). Urban driving forces and megacity expansion threats. Study case in the Mexico City periphery. *Habitat International*, 64, 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.004>

Dezhkam, S., Amiri, B. J., Darvishsefat, A. A., & Sakieh, Y. (2014). Simulating the urban growth dimensions and scenario prediction through sleuth model: A case study of Rasht County, Guilan, Iran. *GeoJournal*, 79(5), 591-604. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2014GeoJo..79..591D/doi:10.1007/s10708-013-9515-9

Dubovyk, O. (2010). *Spatio-temporal analysis of ISs development. A case study of Istanbul, Turkey* [Master's thesis, University of Twente].

Gong, J., Hu, Z., Chen, W., Liu, Y., & Wang, J. (2018). Urban expansion dynamics and modes in metropolitan Guangzhou, China. *Land Use Policy*, 72, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.025>

Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2003). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)

Hua, L., Tang, L., Cui, S., & Yin, K. (2014). Simulating urban growth using the *SLEUTH* model in a Coastal Peri-Urban District in China. *Sustainability*, 6(6), 3899-3914. <https://doi.org/10.3390/su6063899>

Huang, B., Zhang, L., Wu, B., (2009). Spatiotemporal analysis of rural-urban land conversion. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(3), 379-398. <https://doi.org/10.1080/13658810802000964>

Huang, L., Shahtahmassebi, A., Gan, M., Deng, J., Wang, J., & Wang, K. (2020). Characterizing spatial patterns and driving forces of expansion and regeneration of industrial regions in the Hangzhou megacity, China. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119959. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119959>

Peng, J., Zhao, M., Guo, X., Pan, Y., & Liu, Y. (2017). Spatial-temporal dynamics and associated driving forces of urban ecological land: A case study in Shenzhen City, China. *Habitat International*, 60, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016>

<https://doi.org/10.22034/gp.2020.10863>

حاجی‌پور، خلیل (۱۳۸۷)، بررسی علل و عوامل اثرگذار فرایند شکل‌گیری و تکوین مناطق کلان‌شهری، نشریه هنرهای زیبا، ۱۳ (۲)، ۳۷-۴۸. <http://noo.rs/WZLr6>

داداش‌پور، هاشم و حاتمی‌مهند، آذر (۲۰۲۳). بررسی تأثیر گسترش زمین‌شهری بر فرم فضایی منطقه کلان‌شهری تهران. *آمایش سرزمین*، ۱۹ (۲)، ۳۹۷-۴۱۸. <https://www.doi.org/10.22059/jtcp.2022.345565.6703>

داداش‌پور، هاشم و سالاریان، فردیس (۱۳۹۷)، تحلیل الگوهای فضایی رشد شهری در مناطق کلان‌شهری ایران (مطالعه موردی: مناطق کلان‌شهری تهران، مشهد، اصفهان و شیراز، *آمایش سرزمین*، ۱۰ (۱)، ۱۳۸-۱۱۷. <https://doi.org/10.22059/jtcp.2018.251143.669841>

داداش‌پور، هاشم و میری لوسانی، سید امیررضا (۱۳۹۴). تحلیل الگوهای فضایی پراکنده‌رویی در منطقه کلان‌شهری تهران. *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، ۱۳ (۱)، ۱۲۳-۱۴۶. <https://ensani.ir/fa/article/350740>

رستمی، محمدرضا و زبردست، اسفندیار (۱۳۹۸). کاربست مدل‌های فضایی به منظور پیش‌بینی رشد شهرسازی. نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی، ۲۴ (۴)، ۶۱-۷۰. <https://doi.org/10.22059/jfaup.2019.134077.671235>

رسولی، مریم، سلمان ماهینی، عبدالرسول و کامیاب، حمیدرضا (۱۳۹۵). تعیین ضرایب مؤثر بر رشد شهری در مدل *SLEUTH* برای شهرستان‌های علی‌آباد، رامیان و آزاد شهر. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۶ (۲۱)، ۱-۱۲. https://gps.gu.ac.ir/article_41668.html

زبردست، اسفندیار و حاجی‌پور، خلیل (۱۳۸۸). تبیین فرآیند شکل‌گیری، تکوین و دگرگونی مناطق کلان‌شهری. *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی (پژوهش‌های جغرافیایی)*، ۴۱ (۶۹)، ۱۰۵-۱۲۱. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2016.62198>

قرخلو، مهدی و زنگنه‌شهرکی، سعید (۱۳۸۸)، شناخت الگوی رشد کالبدی-فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمی (مطالعه موردی: شهر تهران)، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۰ (۲)، ۱۹-۴۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1.40-19.20.001.1.20085362.1388.20.2.2.1>

Al-shalabi, M., Billa, L., Pradhan, B., Mansor, S., & Al-Sharif, A. A. A. (2013). Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models: The case of Sana'a metropolitan city, Yemen. *Environmental Earth Sciences*, 70(1), 425-437. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-2137-6>

Angel, S., & Blei, A. M. (2016). The spatial structure of American cities: The great majority of workplaces are no longer in CBDs, employment sub-centers, or live-work communities. *Cities*, 51, 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.031>

Arsanjani, J. J., Helbich, M., Kainz, W., & Boloorani, A. D. (2013). Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 265-275. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.017>

Cheng, J., & Masser, I. (2003), Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China, *Landscape and Urban Planning*, 62, 199-217. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)0150-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)0150-0)

Cheng, Jianquan; Masser, Ian & Ottens, Henk. (2003). *Understanding Urban Growth System: Theories and Methods. In 8th*

.12.005

Poghosyan, A. (2018). Quantifying urban growth in 10 post-Soviet cities using Landsat data and machine learning. *International Journal of Remote Sensing*, 39(23)1–15. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2018.1490975>

Rafiee, R., Mahiny, A. S., Khorasani, N., Darvishsefat, A. A., & Danekar, A. (2009). Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities*, 26(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2008.10.001>

Rienow, A., & Goetzke, R. (2014). Supporting SLEUTH—Enhancing a cellular automaton with support vector machines for urban growth modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 66–81. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.09.001>

Rustiadi, E., Pravitasari, A. E., Setiawan, Y., Mulya, S. P., Pribadi, D. O., & Tsutsumida, N. (2021). Impact of continuous Jakarta megacity urban expansion on the formation of the Jakarta-Bandung conurbation over the rice farm regions. *Cities*, 111, 103000. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103000>

Sietchiping, R. (2005, April). Prospective slum policies:

conceptualization and implementation of a proposed informal settlement growth model. In *Third Urban Research Symposium. "Land, Urban and Poverty Reduction* (pp. 4-6).

Silva, E. A., & Clarke, K. C. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26(6), 525–552. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00049-1)

Sutphin, W. T. (2013). *Creating Sustainable Urban Land Use Patterns: A Comparison of Portland, Oregon and St. Louis, Missouri*.

Torrens, P. M. (2000). *How cellular models of urban systems work (1. Theory)*, center for advanced spatial analysis (CASA). http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.

Vizzari, M. (2011). Peri-urban transformations in agricultural landscapes of Perugia, Italy. *Journal of Geographic Information System*, 3, 145. <https://doi.org/10.4236/jgis.2011.32011>

Yea, C. D., & Yong, K. Z. (2007). The simulation of urban growth applying SLEUTH CA model to the Yilan Delta in Taiwan [Master's thesis, Universiti Teknologi Malaysia]. <https://eprints.utm.my/2862/>