The University of Tehran Press

Town & Country Planning

Online ISSN: 2423-6268

Home Page: https://jtcp@ut.ac.ir

Investigating the impact of urban land expansion on the spatial form in the Tehran metropolitan region

Hashem Dadashpoor [1*] | Azar Hatami Mahand[2]

1. Corresponding Author, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: h-dadashpoor@modares.ac.ir

2. Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: a_hatamimahand@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received July 07, 2022
Revised September 10, 2022
Accepted November 22, 2022
Published online 09 December 2023

Keywords:
Metropolitan areas,
Urban land density function,
Sprawl,
Urban land expansion,
Spatial form,
Tehran metropolitan region.

ABSTRACT

Metropolitan regions as a new form of urbanization are expanding rapidly and under the influence of different factors, have different growth patterns. The main purpose of this article is to investigate the evolution of form in the metropolitan area of Tehran under the influence of urban land expansion during the years 1986 to 2016 using the urban land density function. The results of this study show that the trend of urban land expansion in recent years has shifted the shape of the region to a scattered and decentralized pattern. The results of the study of the expansion of urban land in the form of the region at the middle and micro level show that other cities around the metropolis of Tehran have become wider and more scattered over time. Findings show that over time, urban density in urban areas and rural areas and around the metropolis of Tehran has increased under the influence of urban expansion waves. In the metropolitan area of Tehran, the increase in the boundary between the urban edge and the surrounding areas over a period of thirty years describes the vast urban expansion. In the metropolitan area of Tehran, in recent years, the slope, changes in barren lands, distance from built-up areas, changes in agricultural use, and distance from main roads have had the greatest impact on the expansion of urban land. The rapid growth and urban sprawl in a metropolitan area in metropolitan areas, above all, affect the peripheral areas and cause a disruption of the spatial order, the destruction of natural lands around, increasing marginalization and informal settlement and integration of areas. It becomes a village in the urban space.

Cite this article: Dadashpoor ,H; Hatami Mahand, A. (2023). Investigating the impact of urban land expansion on the spatial form in the Tehran metropolitan region. *Town and Country Planning*.15 (2), 397-418. DOI:10.22059/jtcp.2022.345565.670333

© Hashem Dadashpoor, Azar Hatami Mahand. **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345565.670333

انتشارات دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

سایت نشریه: https://jtcp@ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

بررسی تأثیر گسترش زمین‌شهری بر فرم فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران

هاشم داداش‌پور[1*] | آذر حاتمی مهند[2]

۱. نویسندهٔ مسئول، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: h-dadashpoor@modares.ac.ir

۲. گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: a_hatamimahand@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

کلیدواژه:
مناطق کلان‌شهری،
منطقه کلان‌شهری تهران،
تابع تراکم زمین‌شهری،
پراکنده،
غیرمتمرکز.

چکیده

مناطق کلان‌شهری به مثابهٔ شکل جدیدی از شهرنشینی به سرعت در حال گسترش هستند و تحت تأثیر عوامل مختلف الگوهای رشد متفاوتی را به خود گرفته‌اند. هدف اصلی این مقاله بررسی سیر تحولات فرم منطقهٔ کلان‌شهری تهران تحت تأثیر گسترش زمین‌شهری صورت‌گرفته طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ با استفاده از تابع تراکم زمین‌شهری است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد روند گسترش زمین‌شهری در سال‌های اخیر فرم منطقه را به سوی الگوی پراکنده و غیرمتمرکز سوق داده است. نتایج بررسی روند گسترش زمین‌شهری بر فرم منطقه در سطح میانی و خرد نشان می‌دهد سایر شهرها پیرامون کلان‌شهر تهران نیز با گذشت زمان گسترده‌تر و پراکنده‌تر شده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد با گذشت زمان تراکم شهری در مناطق پس‌کرانهٔ شهری و مناطق روستایی و پیرامونی کلان‌شهر تهران تحت تأثیر امواج گسترش شهری افزایش یافته‌است. در منطقهٔ کلان‌شهری تهران، افزایش مرز بین لبهٔ شهری و مناطق پیرامون طی بازهٔ زمانی سی‌ساله توصیف‌کنندهٔ گسترش وسیع شهری است. در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سال‌های اخیر شیب، تغییرات اراضی بایر، فاصله از نواحی ساخته‌شده، تغییرات کاربری کشاورزی و فاصله از راه‌های اصلی بیشترین تأثیر را بر گسترش زمین‌شهری داشته‌اند. رشد شتابان و گسترش شهری به شکل پراکنده و غیرمتمرکز در مناطق کلان‌شهری، بیش از همه، مناطق پیرامونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب بر هم خوردن نظم فضایی، از بین رفتن اراضی با ارزش طبیعی در پیرامون، افزایش حاشیه‌نشینی و اسکان غیررسمی و ادغام نواحی روستایی در فضای شهری می‌شود.

استناد: داداش‌پور، هاشم و حاتمی‌مهند، آذر (۱۴۰۲). بررسی تأثیر گسترش زمین شهری بر فرم فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران. *آمایش سرزمین*، ۱۵ (۲) ۳۹۷-۴۱۸.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345565.670333

© هاشم داداش‌پور، آذر حاتمی مهند

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.345565.670333

مقدمه

بر اثر فرایند چرخه‌ای توسعه در مناطق کلان‌شهری ناشی از مهاجرت، نیاز به اراضی مسکونی افزایش می‌یابد و گسترش‌های جدیدی رخ می‌دهد (Senecal et al.,2013, p:1). دانش و آگاهی در مورد الگوهای گسترش و تغییر شکل‌های شهری مناطق کلان‌شهری می‌تواند از تلاش‌ها برای دستیابی به شهرهای پایدار آینده پشتیبانی کند (Nagendra et al., 2018; Cobbinah et al., 2015). در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه یکی از دغدغه‌های مهم برنامه‌ریزان گسترش و توسعهٔ روزافزون مناطق کلان‌شهری است. این نگرانی می‌تواند به دلیل تأثیر منفی توسعه بر اکوسیستم طبیعی، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، و ... باشد (Iqbal,2012; Xu et al.,2016a; Li et al.,2017; Liu et al.,2019&Sajjad). درک رشد و تحولات مناطق کلان‌شهری برای کسانی که پویایی شهری را مطالعه می‌کنند و کسانی که منابع را مدیریت می‌کنند و خدمات را در این محیط‌ها ارائه می‌دهند بسیار مهم است (Knox 1993; Turner et al.,1993:1). هم‌زمان با رشد جمعیت و شهرنشینی در چند دههٔ اخیر و شکل‌گیری مناطق کلان‌شهری، مسائل عدیده‌ای در این مناطق شکل گرفته و مدیریت شهری را با چالش‌های فزاینده‌ای ناشی از رشدی فراتر از ظرفیت‌های پاسخگو، مواجه ساخته است (متوسلی و اسماعیل‌زاده، ۱۳۸۵: ۶۱). گسترش شتابان کلان‌شهرها و رشد فیزیکی ناموزون آن‌ها، از طریق پیش‌روی مناطق ساخته‌شده به سمت اراضی پیرامونی و تخریب اراضی با ارزش طبیعی و کشاورزی، سبب تحول در ساختار فضایی گذشته و ایجاد الگوهای فضایی متنوع در مناطق کلان‌شهری ایران شده است. بازتاب آن ابتدا در یک گسترش فضایی پیوسته و امروزه در گسترش ناپیوسته تحقق پیدا کرده است. در واقع به تدریج با رشد کلان‌شهرها جمعیت و فعالیت بیشتری به استقرار در خارج از کلان‌شهرها گرایش پیدا می‌کنند (نظریان،۱۳۸۴: ۲۵-۲۶). با شناخت و تحلیل الگوهای فضایی گسترش زمین‌شهری می‌توان روند توسعهٔ مناطق کلان‌شهری را دقیق بررسی کرد و گامی مؤثر جهت هدایت آگاهانه و کنترل گسترش این مناطق برداشت. منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی دهه‌های اخیر در جریان سلسله تحولات اقتصادی_اجتماعی و سیاسی در سطح ملی و منطقه‌ای گسترش فضایی چشم‌گیری را تجربه کرده است. روند این تحولات و گسترش تابع هیچ نوع راهبرد و سیاستی با هدف توسعهٔ یکپارچه و هماهنگ نبوده و به نظر می‌رسد از طریق ادغام نواحی روستایی در فضای شهری تحت تأثیر توسعهٔ شهری با دگرگونی اراضی پیرامونی در امتداد محورهای اصلی ارتباطی تحقق پیدا کرده است. هدف اصلی مطالعهٔ حاضر ارزیابی تأثیر گسترش زمین شهری[1] بر تحولات فرم فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران به عنوان مهم‌ترین منطقهٔ کلان‌شهری حائز اهمیت در ایران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا ابعاد و گونه‌های گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ بررسی شد و سپس تغییرات فرم فضایی منطقهٔ یادشده تحت تأثیر گسترش شهری با استفاده از فرمول تابع تراکم زمین شهری[2] تحلیل شد. و در نهایت مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پدیدهٔ گسترش زمین‌شهری طی سه دههٔ ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ شناسایی شد.

پیشینهٔ نظری پژوهش

کلان‌شهرها در جهان رشد شتابانی داشته و خواهند داشت و آثار آن‌ها بیش از همه در منطقه و حوزهٔ نفوذشان تعیین‌کننده است. رشد کالبدی در منطقهٔ کلان‌شهری در مسیر اندام‌وار (ارگانیک) نیست و نیاز به هدایت و کنترل دارد. رشد خودبرانگیخته پیامدهای حساب‌نشده‌ای را نیز در پی خواهد داشت (نظریان،۱۳۸۴: ۲۶). کلان‌شهرها با شکل دادن پیوندهای فضایی، شامل پیوندهای فعالیتی، کالبدی و سازمانی و گسترش به سوی محیط‌های پیرامونی خود، منطقه‌های کلان‌شهری را ایجاد می‌کنند. گسترش کلان‌شهرها به سوی محیط‌های پیرامونی در حالت دو وضعیت اصلی و انواع حالت‌های ممکن در پیوستار بینابین این دو وضعیت اصلی روی می‌دهد. وضعیت اصلی نخست، گسترش برنامه‌ریزی‌نشده است که در آن هیچ‌گونه تفکر پیشاپیش دربارهٔ چگونگی گسترش کلان‌شهر و شکل‌گیری منطقهٔ کلان‌شهری وجود ندارد و گسترش کلان‌شهر در وضعیت رهاشدگی و با پیدایش پیامدهای

1. Urban land expansion
2. Urban land density function

از پیش تدبیرنشده و ناخواسته همراه است. وضعیت دوم نشان‌دهندهٔ وجود و کارآمدی سیستم و ساز وکار برنامه‌ریزی است که در آن گسترش کلان‌شهرها در وضعیت مهارشده و با هدایت به سوی اهداف ازپیش تعیین‌شده روی می‌دهد (دانش‌پور و تارانتاش، ۱۳۹۶: ۱۶). رشد و توسعهٔ مناطق کلان‌شهری با پراکندگی و گسترش برنامه‌ریزی‌نشده که در آن هیچ‌گونه تفکر ازپیش تعیین‌شده دربارهٔ شکل‌گیری منطقهٔ کلان‌شهری وجود ندارد، با رهاشدگی و پیامدهای ناخواسته همراه است (Dadashpoor & Ahani, 2019b:219) که باعث تبدیل کاربری‌های دیگر- مانند کشاورزی، باغ، زمین‌های باز ، مراتع - به مناطق ساخته‌شدهٔ جدید در حومهٔ این مناطق شده است (Arsanjani et al, 2011:331). مناطق کلان‌شهری به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه با رشد سریع جمعیت که ناشی از مهاجران اقتصادی است، روبه‌رو شده‌اند که این امر در دهه‌های گذشته تأثیرات مخربی با تغییر در کاربری زمین محیط پیرامونی خود به محیط زیست وارد کرده است. تغییرات کاربری زمین در این مناطق با پیچیدگی و سرعت بالایی رخ داده و موجب تخریب اراضی سبز و کشاورزی، افزایش آلودگی زیست‌محیطی و آسیب‌های اکولوژیکی شده است (داداش‌پور، و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۹). گسترش زمین‌شهری یکی از قدرتمندترین و برگشت‌ناپذیرترین تأثیرات بارز انسان‌ها بر محیط زیست است. در گسترش زمین‌شهری، زمین از یک کاربری اراضی یا پوشش اراضی به شکلی از اراضی شهری تبدیل می‌شود (Alberti, 2005; Brown et al., 2011). درک الگوها، دلایل، و پیامدهای گسترش سریع فضایی مناطق کلان‌شهری در کشورهای در حال توسعه یک چالش بزرگ در قرن بیست‌ویکم است (Cohen, 2006; Cobbinah et al., 2015). مطالعه و شناخت چگونگی گسترش مناطق کلان‌شهری برای دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار ضروری است. رسیدن به این هدف نیازمند درک و شناخت ابعاد و الگوهای گسترش زمین‌شهری و بررسی تأثیر آن بر فرم فضایی مناطق کلان‌شهری است. برنامه‌ریزان و سازمان‌های مربوطه می‌توانند با شناخت و تحلیل درست از مسئلهٔ گسترش زمین‌شهری تدابیری در جهت هدایت آگاهانهٔ توسعه در این مناطق در قالب طرح‌هایی برای کنترل بیشتر بر محدوده‌های شهری بیندیشند.

مرور متون مختلف نشان می‌دهد تعریف چندان مشخصی از گسترش شهری به عمل نیامده‌است (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۷: ۵۴). یکی از مطالعات مربوط به الگوهای گسترش شهری را لیو[1] (۲۰۱۰) انجام داده است. وی در این مطالعه با تأثیر از مطالعهٔ فورمن[2] گسترش شهری را در سه قالب گسترش بیرونی[3]، لبه‌ای[4]، و درونی[5] قرار داده‌است (Liu, 2010: 672). مطالعات اخیر بر اساس مجموعه داده‌های سنجش از دور چند زمانی، بیشتر تأیید کرده‌اند که مطالعهٔ تغییر شکل شهری و الگوهای گسترش شهری کلیدی برای ایجاد اصول پایداری در مدیریت شهر است (Mahtta et al., 2019; Xu et al., 2020; Chakraborty et al., 2021). فرم شهری وضعیت کاربری زمین را از منظر ایستا توصیف می‌کند؛ در حالی که الگوهای گسترش، پیشرفت گسترش را از منظر پویا بررسی می‌کنند (Camagni et al., 2002). فرم شهری شامل پراکندگی و فشردگی مناطق ساخته شده است و الگوهای گسترش به نسبت‌های گسترش درونی و گسترش جهشی اشاره دارد (Angel, 2016). گسترش درونی یک الگوی فشرده و متمرکز است که به طور معمول وسعت شهری را افزایش نمی‌دهد؛ در حالی که گسترش دور از منطقهٔ اصلی شهری الگوی گسترده است (Sun et al., 2013). به طور کلی، محققان برای توصیف شکل شهری از معیارهای مکانی (از جمله اندازهٔ تراکم ساخته‌شده یا تراکم جمعیت) استفاده می‌کنند (Li & Wu,2013; Xu & Min 2013). ویژگی تراکم زمین شهری[6] عامل تعیین‌کنندهٔ اصلی شکل شهر در نظر گرفته می‌شود (Angel et al., 2010, 2020; Jiao, 2015; Xu et al., 2019a). شناسایی تراکم زمین‌شهری نه تنها می‌تواند گسترش شهری را مشخص کند، بلکه الگوی پراکنده را از فرم فشرده متمایز می‌کند (Dong et al., 2019; Jiao, 2015; Schneider and Woodcock, 2008). تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر تراکم زمین‌شهری، به روش اندازه‌گیری در حلقه‌های متحدالمرکز در اطراف مرکز شهر، اکنون به طور گسترده برای بررسی اثر تغییر شکل و الگوهای گسترش شهرها استفاده می‌شود (Dong et al., 2019; Xu et al., 2019a; Xu et al., 2019b). بسیاری از محققان از رویکرد الگوی دوایر متحدالمرکز[7] در

1. Liu
2. Forman
3. Leapfrog expansion
4. Edge expansion
5. Infilling expansion
6. Urban land density
7 Concentric circles pattern

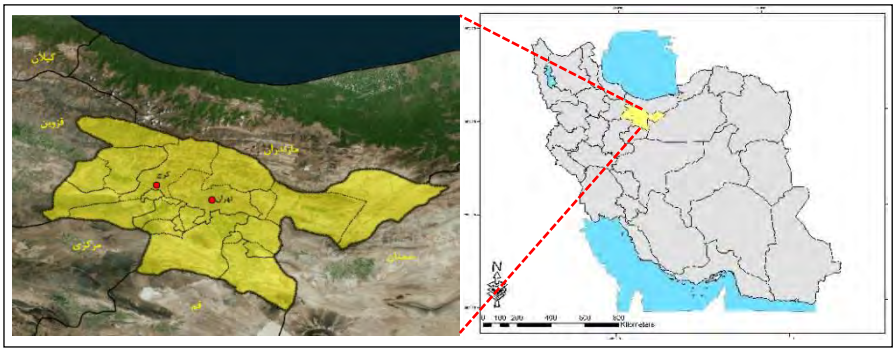
مطالعات مربوط به شکل شهری، پراکندگی شهری، و تراکم زمین‌شهری استفاده می‌کنند (Pijanowski and Robinson 2011; Ramachandra, Aithal, and Sanna 2012; Shi et al. 2012; Schneider, Chang, and Paulsen 2015). تغییرات فضایی تراکم زمین‌شهری به طور کلی از مرکز شهری به سمت لبه‌های آن کاهش می‌یابد (Burgess, 1927; Irwin & Bockstael, 2007; Jiao, 2015; Seto & Fragkias, 2005). مطالعات متعدد نشان داده سرعت گسترش شهری نسبت به رشد جمعیت افزایش یافته است (Haase et al., 2013; Kasanko et al., 2006; Seto et al., 2011; Shoshany & Goldshleger, 2002)، که مستقیماً منجر به کاهش تراکم شهرها در طول زمان می‌شود (Angel, 2012; Angel et al., 2010b; Kroll and Haase, 2010; Su et al., 2016;Wolff et al., 2018; Xu et al., 2019d). آنجل و همکاران (2010b) نتیجه گرفت که کاهش تراکم شهری با گذشت زمان نه‌تنها یک روند جهانی بلکه یک روند تاریخی است. بنابراین می‌توان دریافت که تجزیه‌وتحلیل تراکم برای مطالعات گسترش شهری اساسی و مهم است (Bhatta et al.,2010). اگرچه مطالعات زیادی دربارهٔ شکل شهری (Clifton et al., 2008; Wentz et al., 2018)، گسترش شهری (Liu et al., 2018; Seto et al., 2012) و تغییرات تراکم (Angel et al., 2010b; Hasse et al., 2013; Wolff et al., 2018) صورت گرفته است. محققان اندکی تأثیر کمّی شکل و گسترش شهری را بر تغییرات زمانی تراکم شهری بررسی کرده‌اند (Xu et al., 2020). تعدادی از محققان گسترش شهری و تغییرات شکل شهری را بررسی کرده‌اند (Chai & Li, 2018; Seto et al., 2011; Zeng et al ., 2015). در بسیاری از موارد این مطالعات بر توسعهٔ شهری در شهرهای بزرگ متمرکز بوده و از پویایی شهری در شهرهای کوچک و متوسط غفلت شده است (Schneider & Woodcock, 2008). مجموعه مطالعات دربارهٔ الگوهای فضایی رشد مناطق کلان‌شهری به صورت غالب در کشورهای اروپایی و امریکایی انجام شده و در کشورهایی مانند ایران کم‌تر بررسی شده است. اغلب پژوهش‌های صورت گرفته در زمینهٔ توسعهٔ فضایی مناطق کلان‌شهری، با روش‌های کمّی آماری انجام شده است. جیائو[1] (۲۰۱۵)، فرمول تابع تراکم زمین‌شهری را برای توصیف فرم شهرها و کلان‌شهرها و مناطق کلان‌شهری براساس قاعدهٔ شکل S معکوس[2] برای تراکم زمین‌شهری از مراکز به سمت نواحی بیرون معرفی کرده است. پارامترهای تابع به صراحت خصوصیات اساسی یک فرم شهری را توصیف می‌کنند و براساس این تابع، فرم ۲۸ کلان‌شهر در چین بررسی و تحلیل شده است. لینگ‌ژی وانگ[3] و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی تراکم زمین‌شهری در جنوب‌شرقی ویسکانسین ایالات متحده را بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ تجزیه‌وتحلیل کردند. یافته‌های این تحقیق نشان داد وجود مناطقی با تراکم زمین‌شهری کم و فرم شهری پراکنده مشخصهٔ اصلی محدودهٔ مورد مطالعه است. و متغیرهای منطقه‌بندی، قیمت زمین، تراکم جمعیت، سطح درآمد، و دسترسی به امکانات محلی از عوامل تأثیرگذار بر تراکم زمین‌شهری محسوب می‌شوند. در بین مقالات و پژوهش‌های داخلی مطالعات اندکی در مورد فرم مناطق کلان‌شهری و روند تراکم زمین‌شهری با وجود اهمیت آن وجود دارد. داداش‌پور و سالاریان (۱۳۹۷: ۱۱۷ _ ۱۳۸) الگوهای فضایی رشد در مناطق کلان‌شهری ایران (شامل تهران، مشهد، اصفهان، و شیراز) را تحلیل کردند. نتایج یافته‌های این پژوهش بر روند کاهش تمرکز در مناطق کلان‌شهری کشور تأکید دارد که در الگوهای مختلف فضایی نمود پیدا کرده است. داداش‌پور و نعمتی (۱۴۰۰: ۵۷–۸۱)، فرم منطقهٔ کلان‌شهری شیراز را با استفاده از تابع تراکم زمین‌شهری بررسی کرده‌اند. در این مطالعه از تابع تراکم زمین‌شهری به منظور بررسی روند تحولات توسعهٔ فضایی در منطقهٔ کلان‌شهری شیراز از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۵ استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد منطقهٔ کلان‌شهری شیراز طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ فرم فضایی غیرمتمرکز و پراکنده‌ای داشته است.

محدودهٔ مورد مطالعه

قلمرو تحلیل این پژوهش منطقهٔ کلان‌شهری تهران است که از حیث جغرافیایی این منطقه از شمال به استان مازندران، از جنوب‌شرق به استان قم، از شرق به استان سمنان، از جنوب‌غربی به استان مرکزی، و از غرب به استان قزوین محدود می‌شود. منطقهٔ کلان‌شهری تهران بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ شامل ۲ استان، ۱۸ شهرستان، ۵۹ شهر و ۹۷ دهستان است که با

1. Limin Jiao
2. Inverse S-shape
3. Lingzhi Wang

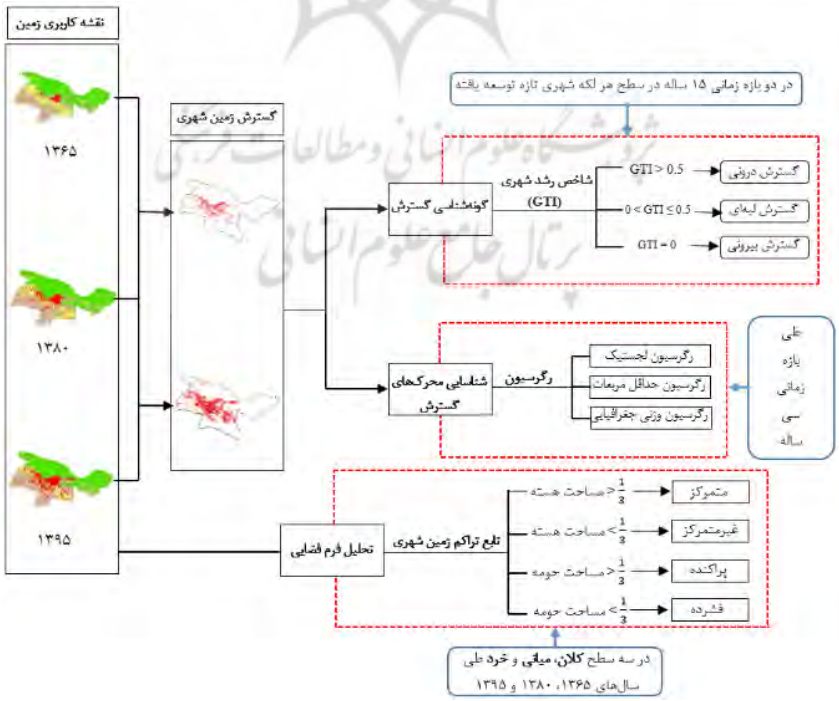
مساحت ۱۸/۸۱۴ کیلومتر مربع ۱/۱۴ درصد از کل مساحت کشور و جمعیتی نزدیک به ۱۶ میلیون نفر را به خود اختصاص داده است. منطقهٔ کلان‌شهری تهران از اهمیت بالایی در ابعاد اقتصادی و اجتماعی در سطح کشور برخوردار است و این خود با جذب جمعیت یکی از عوامل تأثیرگذار بر گسترش زمین‌شهری در این منطقه است. (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).



شکل ۱. قلمرو و محدودهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران

روش و ابزار پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، از نظر رویکرد، توصیفی تحلیلی و از نظر روش کمّی‌گراست؛ بدین ترتیب که ابتدا روند گسترش زمین‌شهری در سه دههٔ اخیر (از ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) در منطقهٔ کلان‌شهری تهران مطالعه شد. سپس الگوهای گسترش زمین‌شهری با استفاده از فرمول شاخص رشد شهری (GTI) در دو بازهٔ زمانی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ شناسایی شد. در ادامه به منظور تحلیل فرم فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران در سه سطح جغرافیایی کلان و میانی و خرد تحت تأثیر گسترش زمین‌شهری از فرمول تابع تراکم زمین‌شهری طی سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ بهره گرفته شد. در پایان به منظور درک بهتر ارتباط فضایی بین عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری طی سی سال اخیر از سه مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی، حداقل مربعات و لجستیک استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲. فرایند تحقیق

گام اول: گونه‌شناسی گسترش زمین‌شهری با استفاده از شاخص رشد شهری (GTI)[1]

رشد شهری را فرمن (۱۹۹۵) به سه نوع گسترش درونی و لبه‌ای و بیرونی تقسیم کرد. برای تعیین این سه نوع گسترش شهری از معادله رابطه ۱، طبق پژوهش Xu و همکاران، شاخص رشد شهری (GTI) محاسبه شد:

$$GTI \quad \frac{Lcom}{Pnew} \qquad (۱)$$

P*new* نمایانگر محیط یک وصلهٔ شهری است که به‌تازگی توسعه یافته است، L*com* طول لبهٔ مشترک این لکهٔ شهری تازه‌توسعه‌یافته با لکه‌های شهری موجود است، و GTI شاخص نوع گسترش شهری است. مقدار شاخص GTI بین ۰ تا ۱ است. گسترش شهری از نوع درونی است زمانی که GTI > 0.5 ، گسترش شهری از نوع لبه‌ای است زمانی که 0 < GTI ≤ .. 5 و گسترش از نوع بیرونی است زمانی که GTI = 0 (Wu & et al., 2015 : 97).

شکل ۳. گونه‌های فضایی گسترش زمین شهری

گام دوم: تحلیل فرم منطقه با استفاده از تابع تراکم زمین شهری

جیائو فرمول تابع تراکم زمین‌شهری را در سال ۲۰۱۵، براساس این قانون که تراکم با فاصله از مرکز و هستهٔ شهر کاهش پیدا می‌کند و همچنین با الهام از منحنی S معکوس، برای توصیف الگوهای فرم شهری و تغییرات آن‌ها استفاده کرده است. تراکم زمین‌شهری با استفاده از حلقه‌های متحدالمرکز تجزیه‌وتحلیل می‌شود. این به معنی تقسیم مناطق شهری با استفاده از حلقه‌های متحدالمرکز (با شعاع بافر ۱کیلومتر) است که از مرکز شهر (منطقهٔ تجاری اصلی شهر یا CBD) شروع می‌شود و تا رسیدن به دورترین حلقه که تقریباً همهٔ زمین‌شهری را پوشش می‌دهد ترسیم می‌شود. تراکم زمین‌شهری در حلقه‌های متحدالمرکز به عنوان نسبت زمین‌شهری به مساحت اراضی قابل ساخت در هر حلقه تعریف می‌شود که با رابطه ۲ و ۳ محاسبه می‌شود:

$$f\ r \quad \frac{1\ C}{1\ e\ \ {}^{2r}\!/_{D}\ \ 1}\ C \qquad (۲)$$

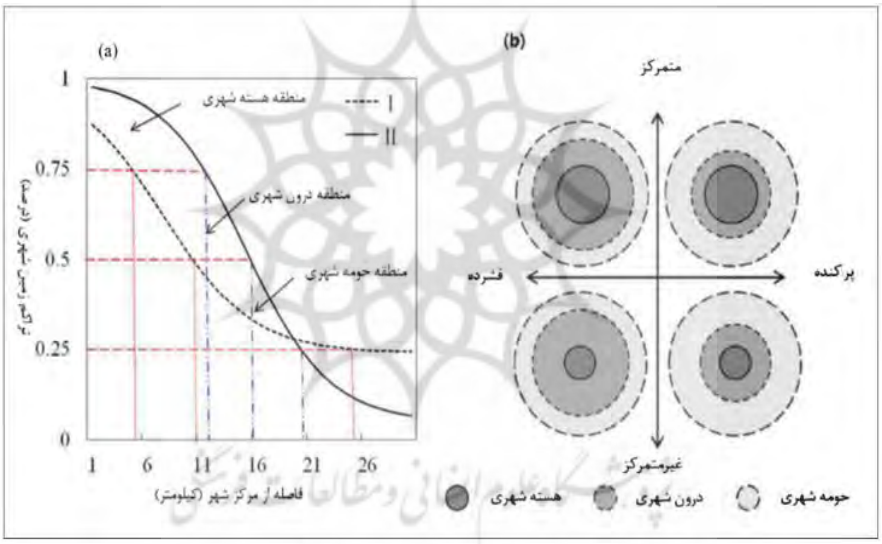
$$r \quad \frac{D}{2}\ \frac{1}{}\ ln\frac{1}{x}\ \frac{x}{c}\ \ 1 \qquad (۳)$$

f تراکم منطقهٔ ساخته‌شدهٔ شهری است، r فاصله تا مرکز شهر ؛ e عدد اویلر، و α و C و D ثابت هستند. پارامترC نمایانگر تراکم زمین‌شهری در مناطق پس‌کرانهٔ شهری است و پارامتر D مرز تقریبی وسعت شهری را مشخص می‌کند (مرز تقریبی بین لبهٔ شهری و مناطق پس‌کرانهٔ شهری را مشخص می‌کند). پارامترهای C و D به تدریج با گسترش شهری افزایش می‌یابند. پارامتر α شکل منحنی تراکم زمین‌شهری را توصیف می‌کند و می‌تواند برای منعکس کردن الگوی شکل شهری مورد استفاده قرار گیرد. معادل شعاع ناحیهٔ هستهٔ شهری[2]، معادل شعاع ناحیهٔ درون شهری[3] و معادل شعاع ناحیهٔ حومهٔ شهری[4] است (Jiao,2015).

تراکم ساخته‌شدهٔ مناطق مختلف می‌تواند به مثابهٔ آستانه برای تقسیم مناطق شهری استفاده‌شود؛ مانند ۵۰ درصد از تراکم فضای ساخته‌شده که به منزلهٔ آستانه برای تعیین منطقهٔ اصلی و هستهٔ شهری استفاده می‌شود (Jiao, 2015; Schneider & Woodcock, 2008).

1. Growth Town Index
2. Urban core area
3. Inner urban area
4. Suburban area

منطقهٔ شهری به چهار بخش تقسیم می‌شود : هستهٔ شهری، منطقهٔ درون شهری، منطقهٔ حومه و لبهٔ شهری؛ منطقهٔ هسته، منطقه مرکزی در شهر با بیشترین تراکم کاربری ساخته شده است که بالاتر از ۷۵ درصد است. منطقهٔ درون شهری جایی است که تراکم کاربری ساخته شده بین ۵۰ تا ۷۵ درصد است. منطقهٔ حومهٔ شهری جایی است که تراکم کاربری ساخته شده از ۲۵ درصد تا ۵۰ درصد است. لبهٔ شهری نیز دارای تراکم ساخته شدهٔ شهری کمتر از ۲۵ درصد است((Dong, 2019: 635) منحنی‌های مختلف توزیع تراکم ناحیهٔ ساخته‌شده، اشکال مختلف شهری را منعکس می‌کنند (شکل ۴a). طی زمان، با مقایسهٔ تغییرات فرم‌های شهری، الگوهای توسعهٔ شهری مشخص می‌شود. مرکزیت مربوط به منطقهٔ هسته و فشردگی مربوط به حومه است. با محاسبهٔ نسبت سه قسمت از منطقهٔ هسته شهری، منطقهٔ درون شهری و حومه به منطقهٔ شهری، می‌توان نوع فرم توسعهٔ فضایی منطقه را دانست. وقتی توزیع مناطق اصلی شهری و مناطق درون‌شهری و حومهٔ‌شهری متعادل است، نسبت هر یک ۱/۳ است. هنگامی که نسبت مساحت منطقهٔ هسته بیشتر از ۱/۳ است، شهر متمرکز است. وقتی نسبت مساحت هسته کم‌تر از ۱/۳ است شهر غیرمتمرکز است. هنگامی که نسبت مساحت حومه از ۱/۳ بیشتر است، شهر پراکنده است؛ وقتی نسبت مساحت حومه کمتر از ۱/۳ است شهر فشرده است (Sun & Zhao 2018;Zhao et al.,2015). بر این اساس می‌توان فرم شهری را به چهار دستهٔ: متمرکز_فشرده[1]، متمرکز_پراکنده[2]، غیرمتمرکز_فشرده[3]، غیرمتمرکز_پراکنده[4] تقسیم کرد (Ting Dong et al.,2019:636) (شکل ۴b).



شکل ٤. (a) دو نوع منحنی تابع تراکم زمین شهری. (b) دو بعد فرم شهری (Dong, 2019: 635)

گام سوم: کشف رابطهٔ بین محرک‌ها و عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری با استفاده از تحلیل رگرسیون

روش‌های رگرسیون به ما این امکان را می‌دهد که روابط بین متغیرها را بررسی و میزان شدت و ضعف آن روابط را اندازه‌گیری کنیم (بلیانی، حکیم‌دوست، ۱۳۹۳: ۲۶۵). در این پژوهش، برای شناسایی عوامل محرک و مؤثر بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران و ارزیابی رابطهٔ بین محرک‌های گسترش زمین‌شهری در دورهٔ سی‌سالهٔ ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ از تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی[5]، حداقل مربعات[6] و لجستیک[7] استفاده شد.

1. Central-Compact
2. Central-Sprawl
3. Decentralized-Compact
4. Decentralized-Sprawl
5. Geographically Weighted Regression (GWR)
6. Ordinary Least Squares (OLS)
7. Logestic

۱. رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR)

روش رگرسیون موزون جغرافیایی بر این ایده استوار است که پارامترهای مدل را می‌توان در هر نقطه از فضای مورد مطالعه برآورد کرد. در این روش برای برآورد پارامترهای مدل در هر نقطه از مشاهدات اطراف آن نقطه استفاده می‌شود اما به مشاهدات نزدیک وزن بیشتر و به مشاهدات دور وزن کمتری داده می‌شود (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳: ۱۷۰).

مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی با رابطهٔ ۴ تعریف می‌شود:

$$\hat{y} \quad ' \quad i, \; i \qquad k \quad i \; , \; i \; x_{ik} \quad i \qquad (۴)$$

در این رابطه (μ_i,v_i) مختصات هر موقعیتی از i است. $\beta_{\circ}$ (μi,vi) محل تقاطع برای موقعیت i ، (μi,vi) پارامتری محلی است که متغیر مستقل را در موقعیت i تخمین می‌زند و ε_i خطای تصادفی با فرض (N(Oσσ (فرض نرمال بودن) است. برای مجموعه داده‌های پارامترهای محلی، (μi,vi) با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می‌شود. وزن‌های ijijبرای nnnnn,,, ηدر هر موقعیت (μ_i,v_i) به عنوان تابع پیوسته‌ای از فواصل میان موقعیت i و موقعیت دیگر داده‌ای به دست می‌آید (Fotheringham et al.,2003). در مدل‌سازی روابط فضایی به روش رگرسیون وزنی جغرافیایی، شاخص‌های R^2 و R^2 تعدیل شده (Adjusted R^2) در حقیقت خوبی مدل و دقت مدل مورد استفاده را نشان می‌دهند. اگر مقادیر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشند، به این معنی است که متغیرهای توصیفی (مستقل) مورد استفاده توانسته‌اند به خوبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند.

در این تحقیق، از ابزار Repeating Shapes به منظور ساختن پلیگون‌هایی شش‌ضلعی در نرم‌افزار Arc GIS برای تقسیم‌بندی فضای مورد مطالعه استفاده شد. داده‌های هر یک از متغیرها در این واحدها تجمیع شد.

۲. رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS)

در بین مدل‌های رگرسیون متداول، روش حداقل مربعات معمولی ساده‌ترین و مرسوم‌ترین روش است. رگرسیون حداقل مربعات معمولی یک شکل از رگرسیون خطی برای پیش‌بینی عمومی یا برای مدل‌سازی متغیر وابسته در ارتباط با مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل یا توضیحی است (بلیانی و حکیم‌دوست، ۱۳۹۳: ۱۷۳-۱۷۴). در مدل‌سازی مکانی با روش رگرسیون حداقل مربعات فرض می‌شود که ضرایب یا پارامترهای مدل آماری نسبت به مکان (مختصات جغرافیایی) ثابت است. بنابراین مقدار متغیر وابسته که با این مدل تخمین زده می‌شود برای کل منطقهٔ مورد مطالعه است و در نقاط مختلف حوزه نیز مقداری یکسان را تخمین می‌زند که نقطه ضعف این روش در مدل‌سازی مکانی محسوب می‌شود. مدل رگرسیون خطی ساده یک متغیره به شکل رابطهٔ ۵ است:

$$y_i \quad 0 \quad {}_1\mu X_i \quad i \qquad (۵)$$

y متغیر وابسته (برآورد شده)، X متغیر مستقل (برآوردکننده)، خطا ε_i یا انحراف مدل در برآورد، و پارامترها یا ضرایب مدل هستند (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۳).

۳. رگرسیون لجستیک

رگرسیون لجستیک یک مدل برآورد تجربی است که ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و یک متغیر وابستهٔ طبقه‌بندی‌شده را ارزیابی می‌کند (Puertas, Henriquez & Meza, 2014: 418). در رگرسیون چندگانهٔ لجستیک، ارتباط بین چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته سنجیده می‌شود (محمودزاده و خوش‌روی، ۱۳۹۴: ۳۹). از قابلیت‌های این مدل می‌توان به توانایی آن در به‌کارگیری متغیرهای مستقل زیاد در اجرای آن اشاره کرد. متغیر وابسته در این مدل ماهیت باینری (۰ و ۱) دارد و متغیرهای مستقل می‌توانند پیوسته یا بولینی باشند. فرض پایه در این روش این است که متغیر وابسته مقادیر ۱ را به دست می‌آورد. عدد ۱ نشان‌دهندهٔ وقوع یک رویداد و ارزش صفر نشان‌دهندهٔ عدم وقوع رویداد است. معادلهٔ حاصل از رگرسیون لجستیک به صورت رابطهٔ ۶ است:

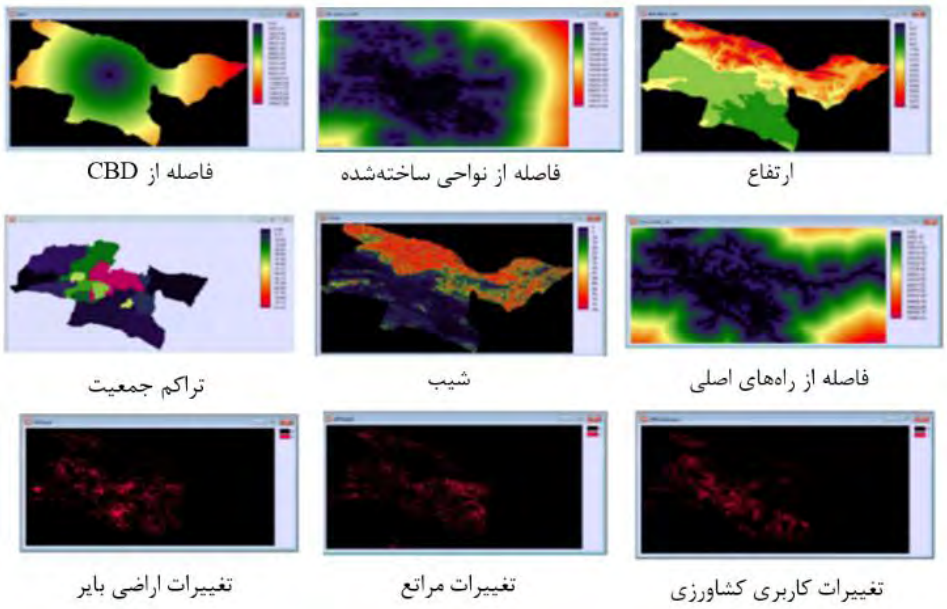
$$Logit\ p \quad a \quad b^1 \ X^1 \quad \cdots \quad bn \ Xn \qquad (۶)$$

P متغیر وابسته متغیر و بیان کنندهٔ احتمال یک شدن Y؛ Y متغیر وابسته، X ,, ,,, ,,, ,,, متغیرهای مستقل، a ضریب معادلهٔ رگرسیون و , , ,, ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل است (Kamyab et al.,2010:91). چندین آمارهٔ مهم در خروجی و ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک وجود دارند که برای تفسیر نتایج آن‌ها، دانستن ماهیت و کارکرد آن‌ها ضروری است. یکی از خروجی‌های مهم، آمارهٔ (ROC) است. در تحلیل رگرسیون لجستیک، معیار ROC که به صورت عددی بین ۰ تا ۱ بیان می‌شود از منحنی ROC به‌دست می‌آید. ارزش ۱ برای میزان ROC نشان‌دهندهٔ توافق کامل مکانی بین نقشهٔ رشد شهری پیش بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کنندهٔ تصادفی بودن موقعیت‌هاست و نشان‌می‌دهد ارزش سلول‌ها در نقشهٔ احتمال پیش‌بینی به صورت موقعیت‌های تصادفی ایجاد شده است. از خروجیهای مهم دیگر، آمارهٔ ($Pseudo\ R^2$) است. مفهوم R^2 در رگرسیون لجستیک با موارد مشابه متفاوت است. در شکل عادی در رگرسیون‌های غیرلجستیکی میزان ضریب تعیین‌کنندگی R^2 تغییرپذیری کلی متغیرها در مدل را نشان می‌دهد؛ در حالی که در رگرسیون لجستیک به دلیل سروکار داشتن با داده‌هایی که ماهیتاً دارای همبستگی مکانی هستند، اندازهٔ نمونهٔ قابل قبول مشخص نیست. بنابراین از واژهٔ شبه برای R^2 استفاده می‌شود (Lo & Hu,2007:669). در هر حال، استفاده از این معیار در مدل رگرسیون لجستیک برای آزمون رضامندی مدل توسط پژوهشگران تأیید شده است. طبق مطالعات پژوهشگران، میزان قابل قبول $Pseudo\ R^2$ برای تایید رضامندی مدل در محدودهٔ ۰/۲– ۰/۴ است. در این تحقیق گسترش زمین‌شهری از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به عنوان متغیر وابسته به صورت یک متغیر اسمی دووجهی (شهری ۱، غیرشهری ۰) و عوامل مؤثر در گسترش شهری متغیرهای مستقل محسوب می‌شوند.

داده‌های مورد استفاده

به منظور به تصویر کشیدن الگوهای فضایی_زمانی کاربری زمین در منطقهٔ کلان‌شهری تهران از داده‌های آرشیو سنجش از دور (RS) استفاده شد. تصاویر مولتی اسپکتورال لندست ۵ (TM) ، لندست ۸ (OLI) تهران (path 164, row 35) و البرز (path 165, row 35) برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ دانلود شد. در ادامه، نقشهٔ کاربری ساخته‌شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سه مقطع زمانی یادشده استخراج شد. در این تحقیق، پیش‌بینی و بررسی روابط فضایی میان عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ با سه مدل مختلف رگرسیون‌های وزنی جغرافیایی (GWR) ، حداقل مربعات (OLS) و لجستیک انجام شد. به منظور انجام دادن مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی، حداقل مربعات و لجستیک، با مطالعهٔ پژوهش‌های مرتبط، همهٔ عواملی که به نوعی می‌توانند بر گسترش زمین‌شهری تأثیرگذار باشند، استخراج شد. در این مطالعه از چهار گروه متغیر مستقل شامل متغیرهای طبیعی (شیب، ارتفاع)، اجتماعی (تراکم جمعیت)، کالبدی (فاصله از مناطق ساخته‌شده، فاصله از CBD، فاصله از راه‌های اصلی)، وکاربری زمین (تغییرات کاربری کشاورزی، تغییرات مراتع، تغییرات اراضی بایر) استفاده شد. متغیرهای مستقل در این پژوهش از داده‌های خام موجود و با استفاده از ابزار Spatial Analyze در نرم‌افزار Arc GIS تولید شدند. قبل از تحلیل، خودهم‌بستگی فضایی برای همهٔ متغیرها محاسبه شد. از بین ۱۲ متغیر در نظرگرفته شده، ۹ متغیر مستقل از زمینه‌های مختلف الگوی فضایی خوشه‌ای داشتند. بنابراین از آن‌ها برای آنالیز فضایی استفاده شد (شکل ۵).

گفتنی است جهت به‌کارگیری شاخص رشد شهری و رگرسیون وزنی جغرافیایی و حداقل مربعات از نرم‌افزار ArcGIS، به‌کارگیری فرمول تابع تراکم زمین‌شهری از نرم‌افزار Minitab ، و رگرسیون لجستیک از نرم‌افزار TerrSet استفاده شد.



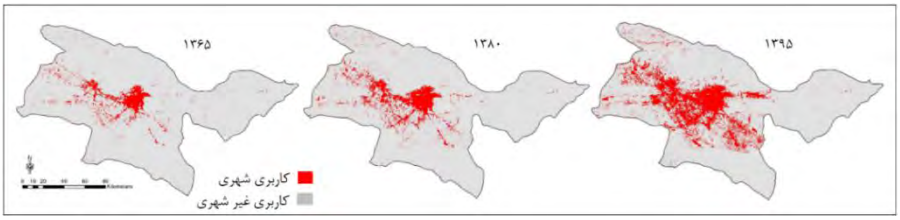
شکل ۵. متغیرهای مستقل در این پژوهش

یافته‌ها

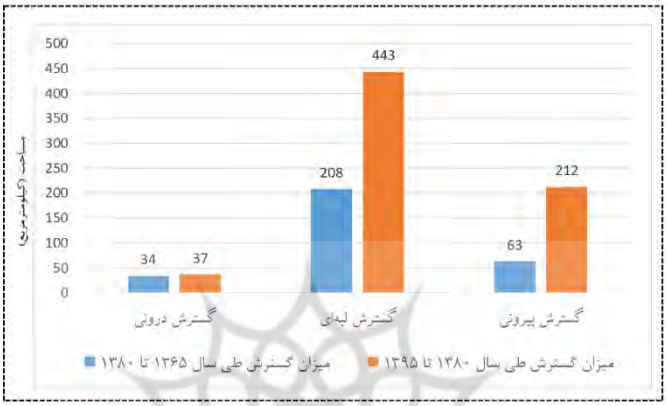
گونه‌شناسی فضایی الگوهای گسترش زمین شهری

طبق محاسبات این پژوهش، مساحت نواحی ساخته‌شدهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰، و ۱۳۹۵ به ترتیب ۳۳۵ کیلومتر مربع، ۶۴۴ کیلومتر مربع و ۱۳۲۷ کیلومتر مربع است. به بیان دیگر، محدودهٔ نواحی ساخته‌شده در منطقهٔ کلان‌شهری تهران تحت تأثیر رشد شهرنشینی سریع طی بازهٔ زمانی سی‌ساله ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ تقریباً ۴ برابر شده است. بیشترین میزان توسعه و گسترش شهری طی سه دههٔ مورد مطالعه به ترتیب در جهات غرب، جنوب غرب، شمال غرب و جنوب شرق منطقهٔ کلان‌شهری تهران صورت گرفته است. شکل ۶ روند توسعهٔ نواحی ساخته‌شدهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران را طی سه دهه نشان می‌دهد. در ادامه با استفاده از معادلهٔ تجزیه‌وتحلیل مرز مشترک (شاخص رشد شهری) گونه‌های گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران در دو بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ شناسایی شد. طبق یافته‌های این پژوهش، در بازهٔ زمانی اول و دوم بیشترین سهم گسترش زمین‌شهری به ترتیب از نوع گسترش لبه‌ای و بیرونی است؛ طوری که مساحت گسترش لبه‌ای در بازهٔ زمانی اول از ۲۰۸ کیلومتر مربع به ۴۴۳ کیلومتر مربع (بیش از ۲ برابر) رسیده است و مساحت گسترش بیرونی در بازهٔ زمانی اول از ۶۳ کیلومتر مربع به ۲۱۲ کیلومتر مربع در بازهٔ زمانی دوم (بیش از ۳ برابر) شده است. گسترش درونی در هر دو بازهٔ زمانی کم‌ترین مساحت و درصد را بین گونه‌های گسترش زمین‌شهری به خود اختصاص داده است (نمودار ۱). در مجموع گونهٔ غالب گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران، به شکل گسترش لبه‌ای و گسترش بیرونی، نشان‌دهندهٔ پدیدهٔ پراکنده‌رویی و گسترش نامحدود و بی‌برنامه به نواحی پیرامونی و پیش‌روی نواحی ساخته‌شده به سوی اراضی کشاورزی و باارزش طبیعی است. در بین گونه‌های گسترش زمین‌شهری که محدودهٔ مورد مطالعه تجربه کرده است،گسترش لبه‌ای از طریق گسترش بلافصل در حاشیهٔ کلان‌شهرهای تهران و کرج و همچنین توسعه به موازات کریدورها و محورهای اصلی ارتباطی بین دو کلان‌شهر یادشده به سمت مناطق پیرامونی خود بیشترین میزان مساحت را به خود اختصاص داده است. به دنبال آن، گسترش بیرونی به صورت کاملاً مجزا نسبت به بافت شهری موجود به صورت پراکنده و با تراکم پایین در نواحی دور از کلان‌شهرهای تهران و کرج و به شکل گسترش سکونتگاه‌های خودرو تغییر کاربری کشاورزی و مراتع به ساخته‌شده را به همراه داشته است. گسترش زمین‌شهری شکل‌گرفته در منطقهٔ کلان‌شهری تهران در بازهٔ زمانی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ ترکیبی از نوع خطی (دالان شهری) به سمت غرب (از کلان‌شهر تهران به سمت کرج) و هم از نوع شعاعی (پنجه مانند) در امتداد محورهای اصلی ارتباطی در جهات جنوب غرب، جنوب، جنوب شرق و شمال غرب منطقه تداعی پیدا کرده است؛ در فاصلهٔ

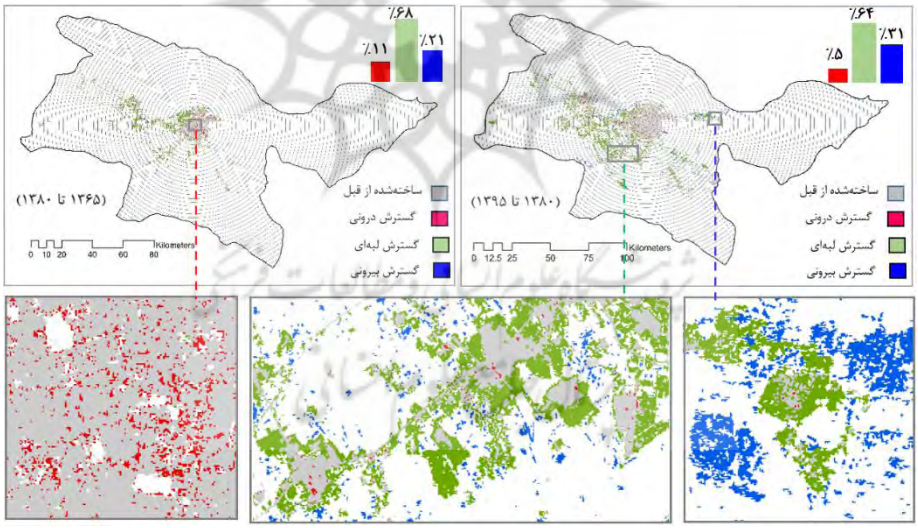
سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ گسترش‌های چشم‌گیری به شکل پراکنده و از طریق پر شدن فضاهای باقی‌ماندهٔ گسترش‌های خطی و شعاعی در بازهٔ زمانی قبل رخ داده است.



شکل ٦. کاربری ساخته‌شده (شهری) در منطقهٔ کلان‌شهری تهران



نمودار ۱. اطلاعات مربوط به گونه‌های گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی دو دورهٔ زمانی



شکل ۷. سنخ‌شناسی الگوهای گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ مورد مطالعه

سیر تحولات فرم منطقهٔ کلان‌شهری تهران

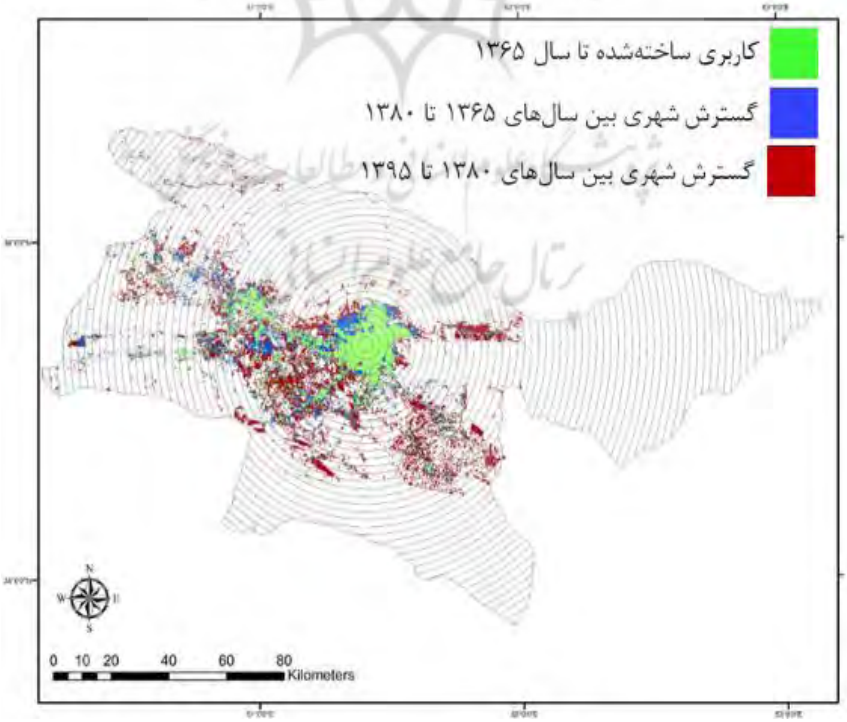
سطح کلان

پارامتر C نمایانگر تراکم زمین‌شهری در مناطق پس‌کرانهٔ شهری است که با گذشت زمان در منطقهٔ کلان‌شهری تهران افزایش یافته است. این پارامتر از ۰/۰۵ در سال ۱۳۶۵ به ۰/۰۸ در سال ۱۳۸۰ و ۰/۱۵ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. افزایش در پارامتر c نشان می‌دهد ساخت و ساز در مناطق روستایی و پیرامونی کلان‌شهر تهران به دلیل گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران افزایش یافته است. پارامتر D مرز تقریبی وسعت شهری را مشخص می‌کند (مرز تقریبی بین لبهٔ شهری و

مناطق پس‌کرانهٔ شهری را مشخص می‌کند). پارامتر D از ۲۴ کیلومتر در سال ۱۳۶۵ به ۳۳ کیلومتر در سال ۱۳۸۰ و ۴۳ کیلومتر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. افزایش در پارامتر D در منطقهٔ کلان‌شهری تهران نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که مرز بین لبهٔ شهری و مناطق پیرامونی در منطقهٔ یادشده طی بازهٔ زمانی سی‌سالهٔ ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ افزایشی معادل ۱۹ کیلومتر را به همراه داشته است. به بیان دیگر جابه‌جایی مرز بین لبهٔ شهری و مناطق پیرامونی در بازهٔ زمانی سی‌ساله، توصیف کنندهٔ گسترش زمین‌شهری وسیع است.

پارمتر α شکل منحنی تراکم زمین‌شهری را مشخص می‌کند و مقدار α بزرگ‌تر به معنی شکل شهری فشرده‌تر است. از لحاظ زمانی مقادیر پارامتر α در منطقهٔ کلان‌شهری تهران در سال ۱۳۸۰ نسبت به سال ۱۳۶۵ با افزایش همراه بوده است؛ در حالی که این پارامتر در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۰ کاهش یافته است. به بیان دیگر در منطقهٔ کلان‌شهری تهران گسترش شهری طی بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ به شکل فشرده است؛ در حالی که در بازهٔ زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ شکل پراکنده (غیرمتمرکز) داشته است و گسترش شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران از شکل فشرده به شکل پراکنده تغییر پیدا کرده است.

منحنی تراکم زمین‌شهری منطقهٔ کلان‌شهری تهران نحوهٔ رشد مکانی محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تراکم زمین‌شهری با افزایش فاصله از هسته کاهش می‌یابد. تراکم زمین‌شهری در هستهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران بالاترین میزان و در نواحی حومه و لبهٔ شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران پایین‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. تراکم زمین‌شهری منطقهٔ کلان‌شهری تهران در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ در فاصلهٔ ۲۰ کیلومتری از هسته به سمت خارج به سرعت کاهش یافته است. این در حالی است که تراکم زمین‌شهری در محدودهٔ مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ با شیب ملایم‌تر و در فاصلهٔ ۴۰ کیلومتری از هسته به زیر ۲۰ درصد می‌رسد و این گویای این واقعیت است که نواحی پیرامونی کلان‌شهر تهران طی بازهٔ زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ در حال گسترش هستند. فاصلهٔ بین منحنی‌های تابع تراکم زمین‌شهری طی سال‌های مختلف سرعت روند گسترش زمین‌شهری در منطقه را نشان می‌دهد. روند گسترش شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران در دورهٔ دوم (بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵) نسبت به دوره اول (بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰) با سرعت بیشتری همراه بوده است.



شکل ۸. ترسیم بافر در سطح کلان در محدودهٔ مورد مطالعه

جدول ۱. پارامترهای تابع تراکم زمین‌شهری (سطح کلان)

پارامتر / سال	α	c	D	R^2
سال ۱۳۶۵	۱/۸	۰/۰۵	۲۴	۰/۹۹۹
سال ۱۳۸۰	۲/۲	۰/۰۸	۳۳	۰/۹۹۸
سال ۱۳۹۵	۲/۱	۰/۱۵	۴۳	۰/۹۹۷

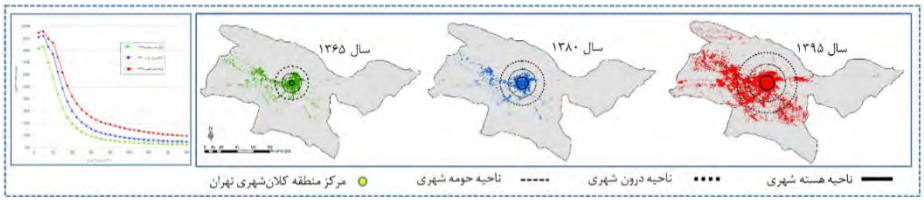
تعیین مرز نواحی مختلف منطقهٔ کلان‌شهری تهران (سطح کلان)

با استفاده از تغییرات اندازهٔ تراکم زمین شهری، شعاع و مساحت هر یک از نواحی هستهٔ شهری، درون شهری، حومهٔ شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران در هر یک از سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰، و ۱۳۹۵ محاسبه شد (شکل ۹). ناحیهٔ هستهٔ شهری از تراکم زمین‌شهری بالایی برخوردار است. با فاصله گرفتن از هستهٔ منطقهٔ کلان‌شهری، تراکم زمین‌شهری به‌آرامی کاهش می‌یابد. در ناحیهٔ هستهٔ شهری تراکم زمین‌شهری از ۸۰ درصد در سال ۱۳۶۵به ۸۲ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است. به بیان دیگر تراکم زمین‌شهری در ناحیهٔ هستهٔ شهری طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ تقریباً با روند ثابتی همواره بالا بوده است. ناحیهٔ هستهٔ شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران شعاع گسترش فضایی خود را از ۳/۱ کیلومتر در سال ۱۳۶۵ به ۶/۸ کیلومتر در سال ۱۳۸۰ و ۸/۳ کیلومتر در سال ۱۳۹۵ رسانده است.

ناحیهٔ درون شهری دارای تراکم زمین‌شهری کم‌تر نسبت به ناحیهٔ هستهٔ شهری است و به‌شدت تراکم زمین‌شهری در این منطقه در مقایسه با ناحیهٔ هستهٔ شهری کاهش یافته است. تراکم زمین‌شهری در ناحیهٔ درون‌شهری از ۵۲ درصد در سال ۱۳۶۵ به ۵۷ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است. شعاع ناحیهٔ درون شهری از ۱۱/۸کیلومتر در سال ۱۳۶۵ به ۱۶/۵ کیلومتر در سال۱۳۸۰ و ۲۱/۵ کیلومتر در سال ۱۳۹۵رسیده است و این واقعیت را نشان می‌دهد که شعاع ناحیهٔ درون شهری طی بازه زمانی سی ساله ۱۳۹۵-۱۳۶۵، ۹/۶۹ کیلومتر افزایش یافته است.

ناحیهٔ حومهٔ شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران از تراکم زمین‌شهری پایینی برخوردار است. تراکم زمین‌شهری در این منطقه به‌سرعت کاهش یافته است. تراکم زمین‌شهری در ناحیهٔ حومهٔ شهری از ۲۵ درصد در سال ۱۳۶۵ به ۳۳ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است. شعاع ناحیهٔ حومهٔ شهری از ۲۰/۵ کیلومتر در سال ۱۳۶۵ به ۲۶/۲ کیلومتر در سال ۱۳۸۰ و ۳۴/۷ کیلومتر در سال ۱۳۹۵ رسیده است و این واقعیت را نشان می‌دهد که طی بازهٔ زمانی سی‌سالهٔ ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ شعاع ناحیهٔ حومهٔ شهری، ۱۴/۲ کیلومتر افزایش یافته است.

با تقسیم هر یک از مساحت‌ها به مجموع مساحت سه ناحیه، سهم هر ناحیه مشخص شد و بر اساس نسبت مساحت هر یک از نواحی دو بعد اصلی از اشکال شهری اندازه‌گیری شد. یافته‌ها نشان داد در هر یک از سال‌های مورد مطالعه در منطقهٔ کلان‌شهری تهران نسبت ناحیهٔ هستهٔ شهری کم‌تر از$\frac{1}{3}$ ، و نسبت ناحیهٔ حومهٔ شهری بیش‌تر از $\frac{1}{3}$ است. بنابراین فرم فضایی روند توسعهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سی سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ الگوی غیرمتمرکز و پراکندهٔ خود را حفظ کرده است.



شکل ۹. ترسیم مرز نواحی هستهٔ شهری، درون شهری و حومهٔ شهری

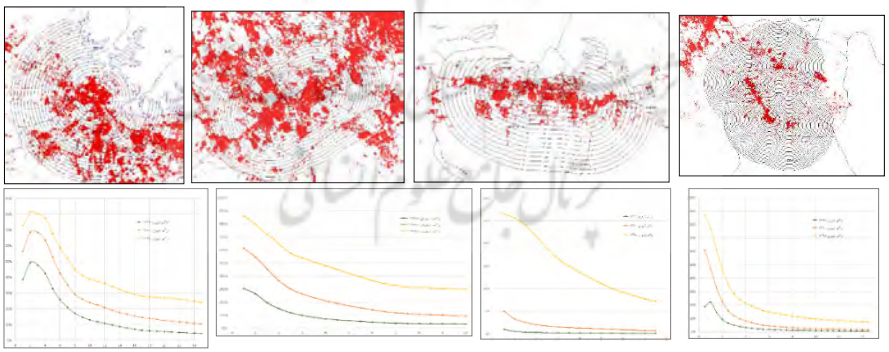
سطح میانی

به منظور بررسی جامع‌تر تأثیر گسترش زمین‌شهری بر سیر تحولات فرم فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران، روش تابع تراکم زمین‌شهری در محدودهٔ مورد مطالعه در سطح میانی به کار گرفته شد. در این پژوهش، سطح میانی در منطقهٔ کلان‌شهری تهران شامل

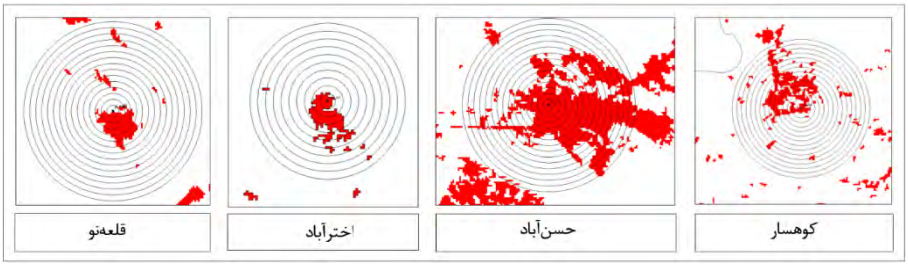
چهار خوشه بود. خوشهٔ اول شامل کلان‌شهر کرج و شهرهای پیرامون آن و محدودهٔ این خوشه شامل شهرستان‌های کرج، فردیس، قدس، شهریار، ملارد، و ساوجبلاغ بود. در این خوشه، از مرکز هندسی کرج، بافرهایی به شعاع ۵۰۰ متر ترسیم شد. خوشهٔ دوم شامل اسلام‌شهر و بهارستان بود. در این خوشه به موازات کریدوری که مرکز هندسی منطقهٔ ساخته‌شدهٔ بهارستان را به مرکز هندسی منطقهٔ ساخته‌شدهٔ اسلام‌شهر متصل کرده است بافرهای بیضوی شکلی به شعاع ۵۰۰ متر ترسیم شد. خوشهٔ سوم شامل پردیس و پیرامون آن بود. با توجه به این نکته که نواحی ساخته‌شده در پردیس طی سه دههٔ زمانی مورد مطالعه به صورت کریدوری گسترش یافته است، در این خوشه، به موازات کریدور اصلی که پردیس را به شهرهای پیرامونی ـمانند رودهن، بومهن، و دماوند ـ متصل می‌کند، ترسیم بافرهای بیضوی به شعاع ۵۰۰ متر انجام شد. خوشهٔ چهارم شامل ورامین، قرچک، پیشوا، و پاکدشت بود که به روش چندمرکزیتی از مرکز هندسی هر یک از شهرستان‌های یادشده بافرهایی به شعاع ۵۰۰ متر ترسیم شد (شکل ۱۰). در هر یک از خوشه‌های در نظر گرفته شده در سطح میانی منطقهٔ کلان‌شهری تهران، به منظور محاسبهٔ تراکم زمین شهری، مساحت نواحی ساخته‌شده بر مساحت قابل ساخت هر یک از بافرهای ترسیم شده در هر یک از خوشه‌ها تقسیم شد. در سطح میانی نیز مانند سطح کلان، نقاط ارتفاعی بالاتر از ۲۰۰۰ متر، مناطق حفاظت‌شده و منابع آب از مساحت کل هر بافر کم شد تا مساحت قابل ساخت برای هر بافر به دست آید. یافته‌های این پژوهش نشان داد فرمول تابع تراکم زمین‌شهری در هر یک از خوشه‌هایی که تراکم زمین‌شهری در ناحیهٔ هستهٔ شهری کم‌تر از ۷۵ درصد است قابلیت پاسخگویی ندارد و قادر به محاسبهٔ پارامترهای فرمول تابع تراکم زمین‌شهری نیست.

سطح خرد

در این پژوهش برای سطح خرد در منطقهٔ کلان‌شهری تهران چهار شهر کوچک مطالعه شد. شهرهای کوچک که در سطح خرد بررسی شدند شامل شهرهای قلعه‌نو، اخترآباد، کوهسار، و حسن‌آباد هستند. به منظور به دست آوردن تابع تراکم زمین‌شهری از مرکز هندسی منطقهٔ ساخته‌شدهٔ هر یک از شهرها دوایرمتحدالمرکز با شعاع ۱۰۰ متر ترسیم شد. ترسیم بافرها تا حریم قانونی هر شهر امتداد یافت (شکل ۱۱). تراکم ساخته‌شده برای هر یک از بافرهای ترسیم شده، مانند سطوح کلان و میانی محاسبه شد. نتیجهٔ مهمی که بعد از محاسبهٔ تراکم ساخته‌شدهٔ هر یک از شهرهای کوچک به عنوان سطح خرد در منطقهٔ کلان‌شهری تهران به دست آمد این است که هرگاه بالاترین تراکم ساخته‌شده در هر خوشه کم‌تر از ۷۵ درصد باشد فرمول قابلیت پاسخگویی ندارد و قادر نیست ناحیه‌ای در آن‌ها را به عنوان ناحیهٔ هستهٔ شهری، و به دنبال آن درون شهری و حومهٔ شهری معرفی کند.



شکل ۱۰. خوشه‌های در سطح میانی و نمودار تابع تراکم هریک از خوشه‌ها در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵



شکل ۱۱. خوشه‌های در نظر گرفته شده در سطح خرد

تبیین عوامل مؤثر بر گسترش زمین شهری

در این مرحله، تعداد ۹ متغیر مستقل غیرهمبسته به همراه متغیر وابستهٔ گسترش زمین‌شهری بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ در مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند. معادلهٔ رگرسیونی حاصل از اجرای این مدل به صورت زیر است:

Logit (1365-1395) = -4.5938-(0.00002059*CBD) + (0.0101*Den_POP) + (4.9480*Diff_Bayer) + (5.1262*Diff_Keshavarzi) +(4.1909*DIFF_Marate) -(0.0003105*Diss_Built) + (0.0005101*Elevation) - (0.0351*Slope) - (0.0001483*Diss_Road)

با استفاده از مدل‌سازی روابط بین متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته به روش لجستیک مشخص شد چهار متغیر مستقل فاصله از CBD، فاصله از مناطق ساخته‌شده، شیب، و فاصله از راه‌های اصلی تأثیر منفی و پنج متغیر مستقل تراکم جمعیتی، تغییرات اراضی بایر، تغییرات کاربری کشاورزی، تغییرات مراتع، و ارتفاع تأثیر مثبت بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران دارند. پارامتر Pseudo R^2 برابر با ۰/۶۰ به دست آمد که نشان‌دهندهٔ یک برازش بسیار خوب است. مقدار ROC به دست آمده برابر ۰/۹۸ بود که نشان‌دهندهٔ توافق کامل مکانی بین نقشهٔ پیش‌بینی شده و نقشهٔ واقعی است و نشان می‌دهد برازش خوبی در رگرسیون لجستیک وجود دارد. پس از مدل‌سازی با مجموعه داده‌های کامل، مدل به تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحلهٔ اجرا درآمد، با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با متغیرهای مستقل باقی‌مانده اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت سنجی متغیرها و کشف میزان اثر متغیرها در مدل نهایی است. در مطالعهٔ حاضر پس از هر بار اجرای رگرسیون لجستیک، میزان ROC مدل استخراج شد و بر اساس میزان تفاوت با مدل کامل اثر متغیر مستقل محاسبه شد (نمودار ۲). نتایج به دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک نشان داد تغییرات اراضی بایر،کشاورزی و مراتع دارای بیشترین اثر بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ هستند.

مدل برازش‌یافته برای شناخت رفتار مکانی گسترش زمین‌شهری تحت تأثیر عوامل مختلف توپوگرافی،کالبدی، و ... با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات به قرار زیر است:

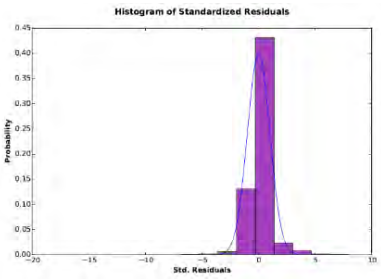
$$R \quad 193436 \quad 2.94\,DIS_{BUILT} \quad 21.79\,ELEVATION \quad 0.622\,DIS_{CBD} \quad 3.74\,DIS_{ROAD} \quad 367\ \text{SLOPE} \quad 1567\,DEN_{POP}$$
$$0.78\,DIF_{KESHAVARZI} \quad 0.73\,DIF_{MARATE} \quad 0.77\,DIF_BAYER$$

در این رابطه فقط عامل تراکم جمعیت دارای ارتباط مثبت و قوی با گسترش زمین‌شهری است و بالاترین عامل مکانی تأثیرگذار شناخته می‌شود؛ طوری که با ثابت انگاشتن سایر متغیرها این عامل تأثیر اساسی در گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران دارد. با انجام دادن آزمون‌های تشخیص و ترسیم بافت‌نگار باقی‌ماندهٔ مدل مسیر یافتن مدل مناسب دنبال می‌شود. با توجه به شکل ۱۲ و بافت‌نگار حاصل از توزیع باقی‌ماندهٔ مدل رگرسیون حداقل مربعات می‌توان دریافت که باقی‌مانده‌های حاصل از مدل رگرسیون حداقل مربعات نشان‌دهندهٔ یک توزیع تقریباً چوله به چپ و غیرنرمال است. در این پژوهش، مقدار دو شاخص R-Squared و Adjusted R-Squared برابر ۰/۸۶ است که نشان می‌دهد مدل رگرسیون حداقل مربعات از دقت قابل قبول و بالایی برخوردار است.

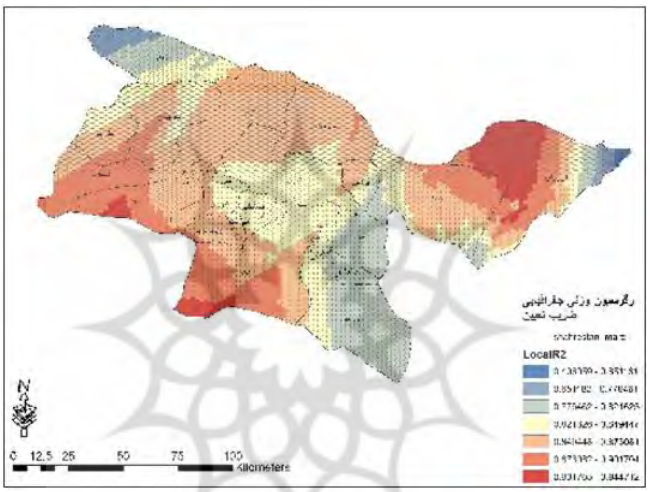
در این پژوهش مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری به روش رگرسیون وزنی جغرافیایی با هستهٔ فضایی ثابت (FIXED) صورت گرفته است. برای محاسبهٔ پهنای باند بهینهٔ مدل نیز از روش معیار اطلاعاتی آکاییک (AICc) بهره گرفته شد. ضریب رگرسیون برای هر یک از متغیرهای مستقل محاسبه شد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد در مدل‌سازی روابط فضایی به روش رگرسیون وزنی جغرافیایی، به ترتیب متغیر شیب (R^2 =۰/۸۱)، تغییرات اراضی بایر (R^2 =۰/۵۹)، فاصله از نواحی ساخته‌شده (R^2 =۰/۵۹)، تغییرات کاربری کشاورزی (R^2 =۰/۵۸)، و فاصله از راه‌های اصلی (R^2 =۰/۵۲) بیشترین تأثیر را روی گسترش زمین‌شهری طی سی سال (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) در منطقهٔ کلان‌شهری تهران داشته‌اند. شکل ۱۳ نقشهٔ توزیع فضایی ضرایب تعیین R^2 مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی است. چنان که مشاهده می‌شود مقادیر بالای R^2 در قسمت‌های جنوب، جنوب غرب، غرب، و شرق منطقهٔ کلان‌شهری تهران با ضرایب بالای مدل حادث شد که نشان‌دهندهٔ تخمین خوب مدل در برآورد متغیر وابسته و متغیر مستقل پیش‌بینی‌کننده است. همچنین مقادیر نسبتاً پایین‌تر در قسمت شمال‌غرب منطقهٔ کلان‌شهری تهران جای گرفته‌اند. در مدل‌سازی به روش رگرسیون وزنی جغرافیایی مقدار هر دو آمارهٔ R^2 و

R^2 تعدیل شده (Adjusted R^2) برابر با ۰/۸۸ به دست آمده است. به بیان دیگر، مدل مورد نظر دارای دقتی قابل قبول در مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سه دههٔ یادشده است. بنابراین ۰/۸۸ درصد از گسترش شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران ناشی از شاخص‌های مورد بررسی هستند.

نمودار ۲. حساسیت‌سنجی مدل رگرسیون لجستیک به حذف متغیرهای مستقل



شکل ۱۲. بافت‌نگار مقادیر استاندارد شده باقی‌مانده‌های مدل رگرسیون حداقل مربعات (OLS)



شکل ۱۳. توزیع فضایی ضرایب تعیین رگرسیون وزنی جغرافیایی

جدول ۲. مقایسهٔ دقت مدل‌های رگرسیون پژوهش

رگرسیون	لجستیک	حداقل مربعات	وزنی جغرافیایی
دقت	Pseudo R^2=0/60	R^2= 0/86	R^2= 0/88

نتیجه

پژوهش حاضر با هدف تحلیل الگوهای گسترش زمین شهری، شناسایی عوامل محرک، و تأثیر آن بر فرم توسعهٔ فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران انجام شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی دهه‌های اخیر گسترش شهری وسیعی داشته است. طوری که مساحت مناطق ساخته‌شده در منطقهٔ کلان‌شهری تهران با روندی رو به رشد همراه بوده است و بین بازهٔ زمانی سی‌سالهٔ ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ حدوداً چهار برابر شده است. بر اساس محاسبات به دست آمده در این پژوهش در سی سال زمان مورد مطالعه به طور میانگین سالیانه ۳۲/۵ کیلومتر مربع به مساحت نواحی ساخته‌شده در منطقهٔ کلان‌شهری تهران اضافه شده است. در دهه‌های اخیر،کلان‌شهر تهران تحت تأثیر عوامل و سیاست‌هایی به سوی نواحی پیرامون خود گسترش یافته و گسترش پیوسته در شعاع محدودی از هستهٔ اصلی منطقهٔ کلان‌شهری جای خود را به رشد ناپیوسته و پیرامونی و در نقاط دور از هسته داده است. جهات اصلی گسترش زمین‌شهری طی سه دههٔ اخیر، به ترتیب در جهات غرب، جنوب‌غرب، شمال‌غرب و جنوب‌شرق منطقهٔ کلان‌شهری تهران بوده است؛ طوری که به ترتیب ۴۰ درصد و ۱۸ درصد از کل گسترش صورت گرفته طی

بازهٔ زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ در جهات غرب و جنوب غرب منطقهٔ کلان‌شهری تهران رخ داده است. اولین طرح جامع کلان‌شهر تهران گسترش غالب را در جهت غرب دید و به دنبال آن رشد و توسعهٔ کرج در محدودهٔ پیرامونی تهران را می‌توان از دلایل اصلی شکل‌گیری گسترش زمین‌شهری در این محدوده دانست. بر اساس یافته‌های این پژوهش، بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ به ترتیب گسترش لبه‌ای و بیرونی بیشترین میزان را بین گونه‌های گسترش زمین‌شهری به خود اختصاص داده‌اند. با بررسی تغییرات تراکم ساخته‌شده تحت تأثیر گسترش زمین‌شهری طی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰، و ۱۳۹۵ مشخص شد منطقهٔ کلان‌شهری تهران دارای فرم توسعهٔ غیرمتمرکز و پراکنده بوده است. بررسی پارامترهای فرمول تابع تراکم زمین‌شهری مشخص کرد تراکم زمین‌شهری در مناطق پس‌کرانهٔ شهری با افزایش زیادی همراه بوده که نشان از افزایش ساخت‌وساز در مناطق روستایی و پیرامونی کلان‌شهرهای تهران و کرج دارد. مرز تقریبی وسعت شهری نیز طی سال‌های مورد مطالعه با افزایش همراه بوده که نشان می‌دهد منطقهٔ مورد مطالعه گسترش شهری وسیعی را طی سال‌های اخیر تجربه کرده است. گسترش زمین‌شهری طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ به شکل پراکنده‌تری بوده است. و پراکنده‌رویی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ رشدی چشم‌گیرتر نسبت به سال‌های پیش از آن داشته است. به بیان دیگر در بازهٔ زمانی یادشده، نواحی پیرامونی در حال گسترش هستند و گسترش زمین‌شهری در این بازهٔ زمانی با سرعت بیش‌تری نسبت به سال‌های قبل همراه بوده است. بنابراین روند گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران به شکلی بوده که طی سال‌های اخیر فرم فضایی منطقه پراکنده‌تر و غیرمتمرکزتر شده است که عواملی هم‌چون قیمت زمین و انتقال جمعیت و فعالیت به بیرون از هسته بر فرم توسعهٔ فضایی به شکل غیرمتمرکز و پراکندهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی دهه‌های اخیر مؤثر بوده است. فرایند گسترش زمین‌شهری در ابتدا پیرامون کلان‌شهر تهران، سپس با رشد و توسعهٔ شهر کرج و گسترش در پیرامون کلان‌شهر کرج به شکل ظهور سکونتگاه‌های جدید و در ادامه گسترش در پیرامون شهرها و سکونتگاه‌های شکل‌گرفته و در امتداد راه‌های ارتباطی برون شهری منجر به گسیختگی کالبدی در منطقهٔ کلان‌شهری تهران شده است. مرز و شعاع هر یک از نواحی هستهٔ شهری از ۳ کیلومتر به ۸ کیلومتر، درون شهری از ۱۲ کیلومتر به ۲۱ کیلومتر و حومهٔ شهری از ۲۰ کیلومتر به ۳۵ کیلومتر در سال ۱۳۶۵ نسبت به سال ۱۳۹۵ رسیده است که تداوم روند افزایشی پدیدهٔ گسترش زمین شهری، آن هم به شکل پراکنده در فواصل دورتر از هستهٔ منطقهٔ کلان‌شهری تهران را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر فرمول تابع تراکم زمین‌شهری جهت تحلیل جامع‌تر فرم منطقهٔ کلان‌شهری تهران در سه سطح جغرافیایی کلان و میانی و خرد به کار گرفته شد. برای اولین بار طبق یافته‌های این پژوهش مشخص شد فرمول تابع تراکم زمین شهری که از پارامترهای آن برای توصیف فرم شهری استفاده می‌شود، برای همهٔ مناطق در سطح میانی و خرد که بیش‌ترین تراکم ساخته‌شده در آن‌ها کم‌تر از ۷۵ درصد است، قابلیت تعمیم ندارد و قادر به توصیف فرم خوشه‌های در نظر گرفته‌شده و ترسیم مرز نواحی هستهٔ شهری و درون شهری و حومهٔ شهری نیست. یافته‌ها نشان می‌دهد به دنبال گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران گرایش به توسعهٔ پیرامونی افزایش یافته است. اراضی پیرامونی و مناطق روستایی تحت تأثیر گسترش زمین‌شهری قرار گرفته و افزایش ساخت‌وساز در این اراضی منجر به افزایش محدودهٔ هر یک از نواحی هسته، درون شهری و حومهٔ شهری طی سال‌های اخیر شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش و بر اساس دقت بالاتر مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی نسبت به دو مدل رگرسیون لجستیک و حداقل مربعات، عوامل محرکی مانند شیب، فاصله از نواحی ساخته‌شده، فاصله از راه‌های اصلی، تغییرات اراضی بایر و کشاورزی بیشترین تأثیر را بر روی گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سی سال اخیر داشته است. در پژوهش پیش‌رو مشخص شد گسترش لبه‌ای بیشترین میزان را بین گونه‌های گسترش زمین‌شهری به خود اختصاص داده است و این امر تصدیق‌کنندهٔ این مطلب است که فاصله از مناطق ساخته‌شده از عوامل تأثیرگذار بر گسترش زمین‌شهری است؛ طوری که بیشترین میزان گسترش زمین‌شهری صورت گرفته در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی دهه‌های اخیر عموماً به دلیل رشد پیوسته با مناطق ساخته‌شدهٔ موجود در اطراف کلان‌شهرها و سایر شهرها و سکونتگاه‌ها رخ داده است. تغییرات اراضی بایر و کشاورزی و مراتع از دیگر عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری هستند. طبق یافته‌های این پژوهش مشخص شد اراضی بایر و کشاورزی و مراتع بیشترین پتانسیل تبدیل به مناطق ساخته‌شده و گسترش زمین‌شهری را دارند طوری که روند افزایشی مساحت مناطق ساخته‌شده از طریق از بین رفتن و تغییر

کاربری اراضی کشاورزی و بایر و مراتع ادامه‌دار است. از دیگر عوامل مؤثر بر گسترش زمین شهری فاصله از راه‌های اصلی است. از این رو اراضی مجاور شبکه‌های ارتباطی مستعد تبدیل به مناطق ساخته‌شده‌اند.

پیشنهاد

شکل غالب گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به شکل لبه‌ای و بیرونی نشان‌دهندهٔ گسترش پدیدهٔ پراکنده‌رویی و رشد بدون برنامه پیرامون کلان‌شهرهای تهران و کرج است. بنابراین این موضوع ضرورت دارد که برنامه‌ریزان و سازمان‌های مربوطه با اعمال تدابیری در قالب طرح‌ها و قوانین کنترل بیش‌تری بر محدوده‌های شهری داشته باشند.

توسعهٔ فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران در دهه‌های اخیر به صورت غیرمتمرکز و پراکنده بوده است. این امر زمینه را برای پیش‌روی مناطق ساخته‌شده به سوی اراضی پیرامونی، گرایش به حاشیه‌نشینی، و گسترش سکونتگاه‌های خودرو در حاشیهٔ کلان‌شهرهای تهران و کرج را فراهم ساخته است. بر این اساس به کارگیری سیاست ایجاد نظام شبکه‌های منطقه‌ای در منطقهٔ کلان‌شهری تهران جهت کاهش نابرابری‌ها و تعدیل از هم‌گسیختگی‌های فضایی ضروری است.

با توجه به این موضوع که روند افزایشی گسترش زمین‌شهری در مناطق کلان‌شهری با پیش‌روی به سوی اراضی کشاورزی و بایر و مراتع پیرامونی رخ می‌دهد، مدیریت صحیح بر ساخت‌وسازها و جلوگیری از دست‌اندازی سوداگران و زمین‌خوارن به محیط طبیعی لازم و ضروری است. با بررسی عوامل مؤثر بر گسترش زمین‌شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران، مشخص شد اراضی پیرامون راه‌های ارتباطی برون‌شهری پتانسیل بالایی برای تغییر به مناطق ساخته‌شده دارند. بنابراین، با اتخاذ و کاربرد ایجاد کمربند سبز پیرامون کلان‌شهرها و سایر شهرهای منطقه می‌توان توسعه در این مناطق را کنترل و محدود کرد.

در این پژوهش تلاش شد فرم توسعهٔ فضایی منطقهٔ کلان‌شهری تهران با مؤلفهٔ تراکم شهری سنجیده شود. در این زمینه از فرمول تابع تراکم زمین‌شهری استفاده شد. اما از آن‌جا که تراکم شهری به تنهایی نمی‌تواند توصیف‌کنندهٔ فرم توسعه فضایی یک منطقه باشد، باید فرمولی برای توصیف فرم توسعه به کار گرفته شود که عوامل مؤثر دیگر را نیز در نظر بگیرد و قابلیت تعمیم در همهٔ سطوح یک منطقهٔ کلان‌شهری را اعم از سطح کل و میانی و خرد را داشته باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

بلیانی، سعید. (۱۳۹۵). *تحلیل فضایی بارش سالیانهٔ استان خوزستان*، رویکردی از تحلیل رگرسیون‌های فضایی. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۴۳، ۱۲۵-۱۴۷.

بلیانی، یدالله و حکیم‌دوست، سید یاسر.(۱۳۹۳). *اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی (فضایی) با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی*. آزاد پیما.

خلیلی، احمد؛ زبردست، اسفندیار و عزیزی، محمدمهدی (۱۳۹۷). *گونه‌شناسی فضایی الگوهای رشد در مناطق شهر بنیان*. هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، دورهٔ ۲۳، شمارهٔ ۲، ۵۳ – ۶۶.

داداش‌پور، هاشم؛ پناهی، حسین و شمس‌الدینی، علی. (۱۳۹۸). *تحلیل عوامل محرک و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در منطقهٔ کلان‌شهری تهران با تأکید بر یک مدل منطقه‌ای یکپارچه*. برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۹، شمارهٔ پیاپی ۳۵، ۳۹ - ۵۶.

داداش‌پور، هاشم و سالاریان، فردیس. (۲۰۱۸). *تحلیل الگوهای فضایی رشد شهری در مناطق کلان‌شهری ایران (مطالعهٔ موردی: مناطق کلان‌شهری تهران، مشهد، اصفهان و شیراز)*. *آمایش سرزمین*، ۱۰(۱)، ۱۱۷ – ۱۳۸.

سیف‌الدینی، فرانک؛ منصوریان، حسین؛ پوراحمد، احمد و درویش‌زاده، رضا (۱۳۹۲). *پویایی فضایی-زمانی نظام شهری ایران (۱۳۹۰-۱۳۳۵)*. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، ۲۱ – ۴۲.

کامیاب، حمیدرضا؛ ماهینی، سلمان؛ حسینی، عبدالرسول و غلامعلی‌فرد، سیدمحسن (۱۳۸۸). *اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعهٔ شهری گرگان*. محیط شناسی، سال ۳۶، شمارهٔ ۵۴، ۸۹ – ۹۶.

عبدی دانشپور، زهره و تارانتاش، مسعود (۱۳۹۵). *آشکارسازی دگرگونی کاربرد زمین: تحلیل ویژگی‌های گسترش برنامه‌ریزی نشده در منطقهٔ کلان‌شهری تهران*. باغ نظر، سال ۱۳، شمارهٔ ۴۳، ۳۷ – ۶۰.

عرفانیان، مهدی؛ حسین‌خواه، مریم و علیجان‌پور، احمد (۱۳۹۲). *مقدمه‌ای بر روش‌های رگرسیونی چند متغیرهOLS و GWR در مدل‌سازی مکانی اثرات کاربری اراضی بر کیفیت آب*. ترویج و توسعه آبخیزداری، سال ۱، شمارهٔ ۱، ۳۳ – ۳۹.

قرخلو، مهدی و زنگنه‌شهرکی، سعید (۱۳۸۸). *شناخت الگوی رشد کالبدی – فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمّی (مطالعهٔ موردی: شهر تهران)*. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی جغرافیا، سال ۲۰، شمارهٔ ۲، دورهٔ ۳۴، ۱۹ -۴۰.

متوسلی، محمدمهدی و اسماعیل‌زاده، حسن (۱۳۸۵). *رشد و پراکنش جمعیت در مناطق کلان‌شهری (نمونهٔ موردی:منطقهٔ کلان‌شهری تهران)*. مدیریت شهری، شمارهٔ ۱۸، ۶۰ – ۷۳.

محمودزاده، حسن و خوش‌روی، قهرمان (۱۳۹۴). *کاربرد رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی توسعهٔ شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ شهری بناب)*. *مطالعات شهری*، شمارهٔ ۱۴، ۳۱ – ۴۶.

مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵.

مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران (ج) (۱۳۷۸). ۲۲ – ۲۳.

نظریان، اصغر (۱۳۸۴). منطقهٔ کلان‌شهری و بازتاب فضایی آن (مورد: تهران). جغرافیایی سرزمین، سال ۲، شمارهٔ ۷، ۲۴ – ۴۱.

نعمتی، زهرا و داداش پور، هاشم (۲۰۲۱). *تحلیل تغییرات فرم فضایی و جمعیتی در روند توسعهٔ فضایی منطقهٔ کلان‌شهری شیراز طی دورهٔ ۱۳۷۵ – ۱۳۹۵*. آمایش سرزمین،۱۳(۱)، ۵۷ – ۸۱.

Abdi Daneshpour, Z. & Tarantash, M. (2015). Revealing the transformation of land use: analyzing the characteristics of unplanned expansion in the metropolitan area of Tehran. Bagh Nazar magazine. Thirteenth year, No. 43, 37-60. (in Persian)

Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International regional science review*, *28*(2), 168-192.

Arsanjani, J. J., Kainz, W., & Mousivand, A. J. (2011). Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, *2*(4), 329-345.

Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied geography*, *30*(4), 731-740.

Bliani, S. (2016). Spatial analysis of annual rainfall in Khuzestan province, an approach of spatial regression analysis. Applied research in geographical sciences, Vol. 16, No. 43, 125-147. (in Persian)

Bliani, Y. & Hakim Dost, Y. (2014). Principles and bases of spatial (spatial) data processing using spatial analysis methods. Azad Pima Publications. (in Persian)

Brown, A. & Kernaghan, S. (2011). Beyond climate-proofing: taking an integrated approach to building climate resilience in Asian Cities. *UGEC Viewpoints*, *6*, 4-7.

Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*, *40*(2), 199-216.

Chakraborty, S., Maity, I., Patel, P. P., Dadashpoor, H., Pramanik, S., Follmann, A., ... & Roy, U. (2021). Spatio-temporal patterns of urbanization in the Kolkata Urban Agglomeration: A dynamic spatial territory-based approach. *Sustainable Cities and Society*, *67*, 102715.

Dadashpoor, H. & Ahani, S. (2019). Land tenure-related conflicts in peri-urban areas: A review. *Land Use Policy*, *85*, 218-229.

Dadashpoor, H. & Ahani, S. (2019). A conceptual typology of the spatial territories of the peripheral areas of metropolises. *Habitat International*, *90*, 102015.

Dadashpoor, H. Panahi, H. & Shamsaldini, A. (2018). Analysis of driving factors and prediction of land use changes in the metropolitan area of Tehran with an emphasis on an integrated regional model. Regional Planning Quarterly, Year 9, Serial number 35, 39-56. (in Persian)

Dadashpoor, H, & Salarian, F. (2018). Analysis of spatial patterns of urban growth in metropolitan areas of Iran (Case study: metropolitan areas of Tehran, Mashhad, Isfahan and Shiraz). Scientific magazine, 10 (1), 117-138. (in Persian)

Dong, T., Jiao, L., Xu, G., Yang, L., & Liu, J. (2019). Towards sustainability? Analyzing changing urban form patterns in the United States, Europe, and China. *Science of the Total Environment*, *671*, 632-643.

Erfanian, M. Hosseinkhah, M. & Alijanpour, A. (2013). Introduction to multivariate OLS and GWR regression methods in spatial modeling of land use effects on water quality. Journal of Watershed Management Promotion and Development. first year, No. 1, 33-39.. (in Persian)

Gharakhlo, M. & Zanganehshahraki, S. (2009). Recognition of the physical-spatial growth pattern of the city using quantitative models (Case study: Tehran). Journal of Geography and Geographical Environmental Planning, Year 20, No. 2, Vol. 34, 19-40. (in Persian)

Iran Urban Planning and Architecture Studies and Research Center (J) (1999).22-23. (in Persian)

Jiao, L. (2015). Urban land density function: A new method to characterize urban expansion. *Landscape and Urban Planning*, *139*, 26-39.

Jiao, L., Dong, T., Xu, G., Zhou, Z., Liu, J., & Liu, Y. (2021). Geographic micro-process model: Understanding global urban expansion from a process-oriented view. *Computers, Environment and Urban Systems*, *87*, 101603.

Kamyab, H., Mahini, S., Hosseini, A.,& Gholam Ali -Fard, M.(2009). Adopting an information-based approach using logistic regression method to model Gorgan urban development. Journal of Environmental Science. Thirty-sixth year, No. 54, 89-96. (in Persian)

Keeratikasikorn, C. (2018). A comparative study on four major cities in Northeastern Thailand using urban land density function. *Geo-spatial information science*, *21*(2), 93-101.

Khalili, A., Zbardast, E.,& Azizi, M. (2018). Spatial typology of growth patterns in urban areas. Journal of Fine Arts-Architecture and Urban Planning. Vol. 23,No 2, 53-66. (in Persian)

Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., & Ai, B. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape ecology*, *25*(5), 671-682.

Mahmoudzadeh, H.,& Khoshravi, G. (2015). Application of logistic regression in urban development modeling Case study: Bonab urban area. Quarterly Journal of Urban Studies. Issue Fourteen, 31-46. (in Persian)

Motavaseli, M.M.,& Ismailzadeh, H. (2006). Population growth and distribution in metropolitan areas (case example: Tehran metropolitan area). Urban Management Quarterly, No. 18, 60-73. (in Persian)

Nazarian, A. (2005). Metropolitan area and its spatial reflection about Tehran. Geographical Quarterly of the Land, second year, No. 7, 24-41. (in Persian)

Nemati, Z .,& Dadashpoor, H. (2021). Analysis of spatial and demographic changes in the process of spatial development of Shiraz metropolitan area during the period 1996-2016. Scientific Journal of Land Management, 13 (1), 57-81. (in Persian)

Statistics Center of Iran, (2016). (in Persian)

Seif al-Dini, F., Mansoorian, H., Poorahmad, A.,& Darvishzadeh, R (2013). Spatial-temporal dynamics of the urban system of Iran (1956-2011). Journal of Geographical Research on Urban Planning. Vol. 1, No 1, 21-42. (in Persian)

Sumari, N. S., Cobbinah, P. B., Ujoh, F., & Xu, G. (2020). On the absurdity of rapid urbanization: Spatio-temporal analysis of land-use changes in Morogoro, Tanzania. *Cities*, *107*, 102876.

Wang, L., Omrani, H., Zhao, Z., Francomano, D., Li, K., & Pijanowski, B. (2019). Analysis on urban densification dynamics and future modes in southeastern Wisconsin, USA. *PloS one*, *14*(3), e0211964.

Wu, W., Zhao, S., Zhu, C., & Jiang, J. (2015). A comparative study of urban expansion in Beijing, Tianjin and Shijiazhuang over the past three decades. *Landscape and urban planning*, *134*, 93-106.

Xu, G., Dong, T., Cobbinah, P. B., Jiao, L., Sumari, N. S., Chai, B., & Liu, Y. (2019). Urban expansion and form changes across African cities with a global outlook: Spatiotemporal analysis of urban land densities. *Journal of Cleaner Production*, *224*, 802-810.

Xu, G., Jiao, L., Liu, J., Shi, Z., Zeng, C., & Liu, Y. (2019). Understanding urban expansion combining macro patterns and micro dynamics in three Southeast Asian megacities. *Science of the Total Environment*, *660*, 375-383.

Xu, G., Zhou, Z., Jiao, L., & Zhao, R. (2020). Compact urban form and expansion pattern slow down the decline in urban densities: a global perspective. *Land Use Policy*, *94*, 104563.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی