University of Tehran

Town & Country Planning

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

Online ISSN: 2423-6268

A Spatial-Temporal Analysis of the Factors Effective on Housing Prices (Case study: District 5 of Tehran Municipality)

Saeed Zali[1] | Parham Pahlavani[2*] | Behnaz Bigdeli[3]

1. School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: saeed.zali@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: pahlavani@ut.ac.ir
3. School of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: bigdeli@shahroodut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received April 13, 2022
Revised June 07, 2022
Accepted June 20, 2022

Keywords:
Tehran,
Geographically weighted Regression,
Geographically and temporally Weighted regression,
Housing prices,
District 5.

ABSTRACT

In this study, the spatial-temporal distribution analysis of housing prices in District 5 of Tehran Municipality and the factors effective on it were investigated. To this end, the data related to housing buying and selling in this district in the years 2018, 2019, and 2020 were used to model the housing price. The results were obtained using GTWR method, which gave in a better measure compared to GWR and OLS methods. The adjusted coefficient of determination in OLS, GWR, and GTWR algorithms were found to be 0.759, 0.798, and 0.835, respectively. GTWR is a method that can model the spatial-temporal heterogeneities that exist in the housing price data. Based on the obtained results, the currency exchange rate (dollar to rial) has the highest effect on modeling housing prices. After that, the physical characteristics of housing – such as its footage and age – are important in modeling housing prices. Finally, the access rate to urban services – such as distance to hospitals, sports centers, educational centers, religious sites, green space, highways, and urban public transportation stations – can improve the modeling of housing prices. The findings of this study show that using dollar-to-rial exchange rate as the independent variable, we can model the housing price with a proper precision.

Cite this article: Zali, S., Pahlavani, P., Bigdeli, B. (2023). A Spatial-Temporal Analysis of the Factors Effective on Housing Prices (Case study: District 5 of Tehran Municipality). *Town and Country Planning*.15 (1), 115-130. Doi: 10.22059/jtcp.2022.341584.670318

© Saeed Zali, Parham Pahlavani, Behnaz Bigdeli **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.341584.670318

دانشگاه تهران

آمایش سرزمین

سایت نشریه: https://jtcp@ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

تحلیل فضایی‌ـ زمانی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن (موردشناسی: منطقهٔ ۵ شهرداری تهران)

سعید زالی[۱] | پرهام پهلوانی[۲*] | بهناز بیگدلی[۳]

۱. دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: saeed.zali@ut.ac.ir

۲. نویسندهٔ مسئول، دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: pahlavani@ut.ac.ir

۳. دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: bigdeli@shahroodut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶

کلیدواژه:
تهران،
رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی،
رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی‌ـ زمانی،
قیمت مسکن،
منطقهٔ ۵.

چکیده

در این پژوهش، تحلیل پراکنش فضایی‌ـ زمانی قیمت مسکن در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران و عوامل مؤثر بر آن بررسی شد. در این زمینه از داده‌های خرید و فروش مسکن در این منطقه در بازهٔ سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، و ۱۳۹۹ برای مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده شد. نتایج تحقیقات با استفاده از روش GTWR به دست آمد که در قیاس با روش‌های GWR و OLS نتایج بهتری را ارائه کرد. میزان ضریب تعیین تعدیل‌شده در الگوریتم‌های OLS، GWR، و GTWR به ترتیب برابر با ۰/۷۵۹، ۰/۷۹۸، و ۰/۸۳۵ حاصل شد. روش GTWR از روش‌هایی است که می‌تواند ناهمگونی‌های فضایی‌ـ زمانی موجود در داده‌های قیمت مسکن را مدل‌سازی کند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده متغیر نرخ ارز (قیمت دلار) بیشترین تأثیر را در مدل‌سازی قیمت مسکن دارد. پس از متغیر نرخ ارز، ویژگی‌های فیزیکی مسکن، همچون مساحت واحد مسکونی و عمر بنا، اهمیت بیشتری در مدل‌سازی قیمت مسکن دارند. در نهایت، سطح دسترسی به خدمات شهری‌ـ همچون فاصله از مراکز درمانی، ورزشی، آموزشی، مذهبی، فضای سبز، بزرگراه، و ایستگاه‌های حمل‌ونقل شهری‌ـ می‌توانند مدل‌سازی قیمت مسکن را بهبود بخشند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد در صورت بهره بردن از قیمت دلار به عنوان متغیر مستقل می‌توان با دقت مناسبی به مدل‌سازی قیمت مسکن پرداخت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد: زالی، سعید؛ پهلوانی، پرهام؛ بیگدلی، بهناز. (۱۴۰۲) . تحلیل فضایی‌ـ زمانی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن (موردشناسی: منطقهٔ ۵ شهرداری تهران). *آمایش سرزمین*، ۱۵ (۱) ۱۱۵-۱۳۰ .
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.341584.670318

© سعید زالی، پرهام پهلوانی، بهناز بیگدلی

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jtcp.2022.341584.670318

بیان مسئله

بازار مسکن ایران دوره‌های رونق و رکود زیادی را پشت سر گذاشته است. در دوران رونق، حجم معاملاتی خرید و فروش مسکن افزایش می‌یابد و به طبع آن قیمت مسکن افزایش پیدا می‌کند؛ مگر آنکه تصمیمات اقتصادی مؤثری در این حوزه صورت گیرد. با در نظر گرفتن گذشتهٔ بازار مسکن درمی‌یابیم که این بازار از الگوی خاصی پیروی می‌کند. بر اساس این الگو در یک دوره ثبات وجود دارد و عرضه بیشتر از تقاضاست و بازار دوران رکود را طی می‌کند تا زمانی که حباب قیمتی در تهران و به طبع آن در سایر شهرها تخلیه شود و وارد دوران رونق شویم. در این دوران تقاضا بیشتر از عرضه می‌شود و از آنجا که بازار پاسخگوی این حجم از معاملات نیست، قیمت مسکن افزایش می‌یابد. سوداگران در دوران رونق به بازار مسکن ورود پیدا می‌کنند و اقدام به خرید مسکن می‌کنند. از آنجا که حجم معاملاتی خرید و فروش در بازار مسکن زیاد است، امکان تبانی گروهی سوداگران وجود ندارد. بنابراین این گروه ملک خریداری‌شده را اجاره یا رهن نمی‌دهند و منتظر فرصت مناسبی بر اساس وضع موجود در بازار می‌مانند تا ملک خود را با قیمتی بالا به خریدار بفروشند. سود این گروه از این کار حتی از سازندگان ملک بیشتر است و بیشترین ضربه را به این بازار وارد می‌کنند و پس از مدت کوتاهی این بازار را با رکود شدید مواجه می‌سازند (کوزه‌چی ۱۳۹۳: ۴۵ ـ ۵۱). حفظ ارتفاع قیمت مسکن در سطح بسیار نامتعارف (تداوم بالا رفتن قیمت ملک و دورتر شدن از حد قابل تحمل بازار)، تشکیل ابرحباب قیمت مسکن و به هم خوردن نسبت‌ها (اختلال در رابطهٔ متغیرهای درونی بازار ملک)، تخریب کامل قدرت خرید خانه‌اولی‌ها، تشدید رکود خرید مصرفی، و همچنین تعمیق رکود ساخت مسکن پنج اختلال رفتاری بازار مسکن محسوب می‌شود که اثر برآیند آن‌ها شرایط بد را در این بازار رقم زده است؛ طوری که هم توان خرید مسکن در سمت تقاضای مصرفی از بین رفته و هم توان ساخت یا تمایل به ساخت در سمت عرضه افت کرده است (ملکی ۱۳۹۵: ۱۶۷).

با توجه به پیشینهٔ بازار مسکن ایران، این بازار متأثر از ساختار اقتصادی کشور است. از این رو عواملی همچون ساختار جمعیتی، رشد اقتصادی، قیمت نفت، درآمد خانوار، وضعیت بازارهای موازی، نقدینگی و تورم، تسهیلات ساخت و خرید مسکن، بازار نهاده‌های تولید مسکن تأثیرات انکارناپذیری بر بازار مسکن بر جای می‌گذارند. بنابراین به منظور در نظر گرفتن عوامل بیرونی و اقتصادی تأثیرگذار بر قیمت مسکن از متغیرهای نرخ ارز (قیمت دلار) و تراکم جمعیت در این پژوهش استفاده شد. همچنین به منظور در نظر گرفتن سطح دسترسی به خدمات شهری فاصلهٔ اقلیدسی هر ملک تا مراکز ورزشی، درمانی، مذهبی، آموزشی، فضای سبز، ایستگاه‌های حمل‌و نقل شهری، و بزرگراه‌ها محاسبه شد. در نهایت به منظور در نظر گرفتن ایمنی ملک از فاصلهٔ اقلیدسی هر ملک تا نزدیک‌ترین گسل فعال و غیرفعال شهر تهران استفاده شد. همهٔ این عوامل در کنار سایر ویژگی‌های فیزیکی مسکن می‌تواند به فرایند مدل‌سازی قیمت مسکن کمک شایانی کند.

مکان و زمان دو عامل مهم در مدل‌سازی قیمت مسکن هستند. مکان از آن جهت حائز اهمیت است که ساختمان‌هایی که در مجاورت یک‌دیگر قرار دارند مشخصات مشابهی دارند و تفاوت آن‌ها در سن ساختمان و کیفیت مصالحِ مورد استفاده است. عامل تعیین‌کنندهٔ دیگر زمان است. زیرا با استفاده از زمان می‌توان روند بازار و نوسانات موجود در آن را دریافت (Huang et al. 2010: 1-2). ناهمگونی مکانی و زمانی[1] می‌تواند فرضیهٔ اساسی استقلال آماری مشاهدات را نقض کند و باعث اریب بودن برآوردها شود (Huang et al. 2009: 5). روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی[2] از روش‌هایی است که می‌تواند ناهمگونی‌های فضایی- زمانی موجود در مشاهدات را مدل‌سازی کند (سوری و منیری‌جاوید ۱۳۹۰: ۶).

در مقالهٔ حاضر، برای اینکه یکی از دوره‌های رونق و رکود بازار مسکن مدل‌سازی شود، از داده‌های خرید و فروش مسکن در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، و ۱۳۹۹ استفاده شد. میانگین قیمت هر متر مربع مسکن در این منطقه در سال ۱۳۹۷ برابر با ۱۰/۲۸۵ میلیون تومان بوده است. با جهش قیمتی رخ‌داده در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، میانگین قیمت هر متر مربع مسکن به ترتیب برابر با ۱۶/۸۰۴ و ۲۵/۶۵۱ میلیون تومان شد. در اواخر سال ۱۳۹۹ بازار مسکن وارد دوران رکود شد و تقاضا برای خرید مسکن به‌شدت کاهش پیدا کرد. بنابراین دورهٔ رونق و رکود بررسی‌شده در این پژوهش از ابتدای

1. spatiotemporal heterogeneity
2. geographically and temporally weighted regression (gtwr)

سال ۱۳۹۷ شروع می‌شود و در اواخر سال ۱۳۹۹ خاتمه می‌یابد. این منطقه با مساحت تقریبی ۵۴/۲۸۰ کیلومتر مربع و جمعیتی بالغ بر ۸۵۶۵۶۵ نفر در شمال غربی تهران واقع شده است.

هدف این پژوهش پاسخگویی به دو سؤال است:

۱. توزیع فضایی- زمانی[۱] قیمت مسکن در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران به چه صورت است؟

۲. کدام‌یک از عوامل فضایی- زمانی می‌توانند بیشترین تأثیرگذاری را در مدل‌سازی قیمت مسکن داشته باشند؟

پیشینهٔ تجربی تحقیق

طبق قانون اول جغرافیا، اجسام نزدیک‌تر شباهت بیشتری به یک‌دیگر دارند (Tobler 1970: 4). بر همین اساس، بیتر[۲] و همکارانش (۲۰۰۷: ۱) با مطالعهٔ ۱۱۳۷۲ نمونه در شهر توسان[۳] به مدل‌سازی قیمت مسکن با استفاده از روش‌های رگرسیون محلی[۴] و جهانی پرداختند و ناهمگونی توزیع فضایی قیمت مسکن در این شهر را به اثبات رساندند. از آن به بعد تحقیقات متعددی در ارتباط با توزیع فضایی قیمت مسکن انجام شد که از آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هوآنگ[۵] و همکارانش (۲۰۱۰: ۱) به بررسی پراکنش فضایی- زمانی قیمت مسکن در شهر کلگری[۶] پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش GTWR به نتایج بهتری در قیاس با روش‌های OLS و GWR دست یافتند.

برای آنکه بتوانیم جهان واقعی را بهتر مدل‌سازی کنیم، لازم است فواصل بین مکان‌های مختلف داخل یک شبکهٔ حمل‌ونقل تعریف شود. از این رو لیو[۷] و همکارانش (۲۰۱۶: ۱ ـ ۲) با مطالعهٔ ۱۶۹۱ نمونه در شهر بیجینگ[۸] به بهبود روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی با استفاده از فاصلهٔ سفر[۹] به جای فاصلهٔ اقلیدسی پرداختند.

به منظور مدل‌سازی سری زمانی[۱۰] روش‌های مختلفی با توجه به ساختار داده‌ها وجود دارد. یکی از این روش‌ها هموارسازی نمایی[۱۱] است. در این مدل مقدار پیش‌بینی برای زمان بعدی به صورت میانگین وزنی مقدارهای قبل خواهد بود. از این رو فادرینگهام[۱۲] و کرسپو[۱۳] (۲۰۱۵: ۱)، با تلفیق روش‌های رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی و هموارسازی نمایی، مدل رگرسیون سری زمانی وزن‌دار جغرافیایی[۱۴] را ابداع کردند. آن‌ها در این پژوهش با استفاده از ۱۸۴۴۳ نمونه در شهر لندن[۱۵] در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۸ به نتایج بهتری در قیاس با روش رگرسیون سری زمانی کمترین مربعات[۱۶] دست یافتند.

هیمن[۱۷] و سامرول[۱۸] (۲۰۱۹: ۹) به منظور بررسی تأثیر مکان ملک بر قیمت آن ۴۰۰۱۹ نمونه در شهر اسلو[۱۹] را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در این پژوهش دریافتند که می‌توان از متغیرهای قابل درک توسط خریدار، مانند فاصله تا ایستگاه مترو و پارک، به جای متغیر کد پستی استفاده کرد. این امر به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا تأثیر این معیارها را در طراحی فضاهای شهری در نظر بگیرند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. spatiotemporal distribution
2. Bitter
3. Tucson
4. Local regression
5. Huang
6. Calgary
7. Liu
8. Beijing
9. Travel distance
10. time series
11. exponential smoothing
12. Fotheringham
13. Crespo
14. Geographically weighted regression time series (GWR-TS)
15. London
16. Ordinary least square time series (OLS-TS)
17. Heyman
18. Sommervoll
19. Oslo

پورمحمدی و همکارانش (۱۳۹۶) به بررسی رابطهٔ بین تراکم ساختمانی با قیمت زمین در منطقهٔ ۱ شهر تبریز پرداختند. آن‌ها در این پژوهش دریافتند که بین قیمت زمین و تراکم ساختمانی رابطهٔ مثبت و مستقیم وجود دارد. بنابراین هر چه قیمت زمین در یک ناحیه بیشتر باشد پیمان‌کاران برای جبران این قیمت به ارتفاع ساختمان‌ها و تعداد واحدها می‌افزایند که منجر به افزایش تراکم ساختمانی و تراکم جمعیت خواهد شد (پورمحمدی و همکاران ۱۳۹۶: ۱).

سوری و منیری‌جاوید (۱۳۹۰: ۱)، رهنما و همکارانش (۱۳۹۳: ۱)، صارمی و همکارانش (۱۳۹۶: ۱)، نیک‌پور و همکارانش (۱۳۹۷: ۱)، و کوه‌پیما و همکارانش (۱۳۹۹: ۱) همگی با استفاده از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی به نتایج بهتری در قیاس با روش کمترین مربعات معمولی دست یافتند.

در مجموع در تحقیقاتی که در ایران در زمینهٔ مدل‌سازی قیمت مسکن انجام شده غالباً از روش GWR استفاده شده است و تا به حال در هیچ مقاله‌ای از روش GTWR در برآورد قیمت مسکن استفاده نشده است. در روش GWR فقط می‌توان تأثیر بعد فضایی قیمت مسکن را مورد بررسی قرار داد؛ این در حالی است که با استفاده از روش GTWR می‌توان تأثیر دو بعد فضا و زمان را به صورت هم‌زمان بررسی کرد و نتایج بهتری در قیاس با روش GWR به دست آورد.

پیشینهٔ نظری تحقیق

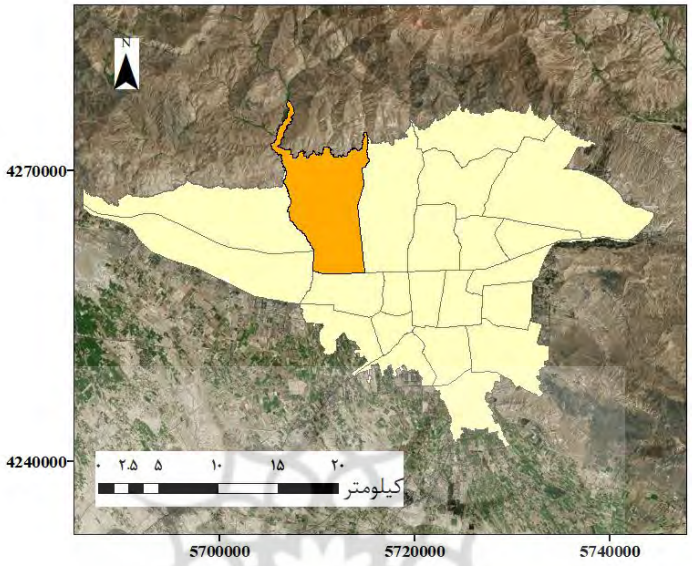
مدل‌سازی قیمت مسکن متأثر از دو ویژگی خودهمبستگی فضایی- زمانی و ناهمگنی فضایی- زمانی است. خودهمبستگی فضایی- زمانی بدان معناست که این داده‌ها در پراکنش فضایی- زمانی خود دارای الگوی مشخصی هستند. همچنین ناهمگنی فضایی- زمانی بدان معناست که در یک رابطهٔ رگرسیونی ضرایب برآوردشده برای هر یک از متغیرها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف یکسان نیست. روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی از جمله روش‌هایی است که می‌تواند برای مدل‌سازی فرایندهای ناهمگن فضایی- زمانی استفاده شود. روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی همان روش حداقل مربعات معمولی است با این تفاوت که به مشاهداتی که از لحاظ فضایی- زمانی به نقطهٔ مرجع نزدیک‌ترند وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری اختصاص داده می‌شود (سوری و منیری‌جاوید ۱۳۹۰: ۱۱ ـ ۱۳).

عوامل خرد و کلان بسیاری در مدل‌سازی قیمت مسکن دخالت دارند که میزان و نحوهٔ تأثیرگذاری هر یک از آن‌ها بر اساس دوره‌های رونق و رکود در بازار مسکن از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کنند. در مجموع می‌توان این عوامل را به دو دستهٔ درونی و برونی تأثیرگذار بر قیمت مسکن تقسیم‌بندی کرد. از مهم‌ترین عوامل برونی می‌توان به عوامل اقتصادی، همچون نوسانات نرخ ارز، اشاره کرد که به منزلهٔ محرک بیرونی ریشه در اتفاقات کلان اقتصادی و اجتماعی کشور دارد و زمینهٔ بروز تورم یا رکود در بازار مسکن را ایجاد می‌کند. از عوامل درونی می‌توان به سطح دسترسی به خدمات شهری- مانند فاصله از مکان‌هایی چون مرکز ورزشی، مکان مذهبی، مرکز درمانی، ایستگاه حمل‌ونقل شهری، مرکز آموزشی، فضای سبز، و بزرگراه- اشاره کرد. همچنین ویژگی‌های فیزیکی مسکن، همچون مساحت واحد مسکونی و عمر بنا، را می‌توان در دستهٔ عوامل درونی قرار داد (شعبان‌پور و همکاران ۱۳۹۸: ۵ ـ ۶).

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

قلمرو مکانی این پژوهش منطقهٔ ۵ شهرداری تهران است. منطقهٔ ۵ در شمال غرب تهران قرار دارد و دارای ۵ منطقه است. این منطقه از جنوب به جادهٔ مخصوص کرج، از شمال به دامنهٔ کوه‌های البرز، از غرب به رودخانهٔ کن و منطقهٔ ۲۲، و از شرق به بزرگراه محمدعلی جناح و اشرفی اصفهانی محدود می‌شود. منطقهٔ ۵، که به پهنهٔ توسعهٔ شهر تهران معروف است، پس از انقلاب اسلامی به دلایل مختلف، از جمله سرریز جمعیت تهران از مناطق مرکزی و جنوبی و سیل مهاجران به تهران، با افزایش جمعیت و توسعه روبه‌رو شد. رشد سریع جمعیت این منطقه در سال‌های پس از پیروزی انقلاب نشان‌دهندهٔ میل مردم به سکونت در این منطقهٔ جوان بوده است. منطقهٔ ۵ به منزلهٔ سومین منطقهٔ بزرگ شهرداری تهران، طی سال‌های اخیر، با ایجاد بستری مناسب توانسته است پاسخگوی نیازهای متفاوت اشخاص در حوزهٔ مسکن و آپارتمان باشد (حاتمی‌نژاد و همکاران ۱۳۹۳: ۲ ـ ۵).

شاخص‌های مختلف توسعه‌یافتگی در منطقهٔ ۵ تهران دارای نمرهٔ قابل قبول است. شاخص‌هایی همچون تراکم جمعیت، عوامل زیست‌محیطی، فضای سبز، میانگین سن بنا، نوع ساختمان‌ها، سرانهٔ کاربری در بخش آموزش‌وپرورش، دسترسی مناسب به زیرساخت‌های شهری، تعداد کتابخانه‌های عمومی و فرهنگسراها، و حتی درصد افراد دارای تحصیلات عالی در این منطقه از تهران دارای سطح مطلوبی است (نعمتی و همکاران ۱۳۹۰: ۲۰). نقشهٔ ۱ موقعیت قرارگیری منطقهٔ ۵ در کلان‌شهر تهران را نشان می‌دهد.



نقشهٔ ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ ۵ شهرداری تهران

روش و ابزار تحقیق

به منظور برآورد قیمت مسکن با استفاده از روش GTWR، لازم است ابتدا فاصلهٔ فضایی- زمانی[1] تعریف شود. فاصلهٔ فضایی- زمانی به صورت رابطهٔ ۱ بیان می‌شود (Huang et al. 2009: 8):

$$d_{ij} = \sqrt{[(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2] + \tau(t_i - t_j)^2} \quad (۱)$$

در رابطهٔ ۱ حروف اختصاری d_{ij} نشان‌دهندهٔ فاصلهٔ فضایی- زمانی نقطهٔ مرجع i نسبت به مشاهدهٔ j و τ ضریب فاصلهٔ زمانی است.

مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی را اولین بار هوآنگ و همکارانش (۲۰۱۰: ۱) ارائه کردند که به صورت رابطهٔ ۲ بیان می‌شود:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_k \beta_k(u, v, t) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (۲)$$

همچنین پارامتر $\hat{\beta}_i$ با استفاده از مدل حداقل مربعات با رابطهٔ ۳ به دست می‌آید (Liu et al. 2016: 4):

$$\hat{\beta}_i(u_i, v_i, t_i) = (X' W(u_i, v_i, t_i) X)^{-1} X' W(u_i, v_i, t_i) y_i \quad (۳)$$

در رابطهٔ ۳ عبارت $W(u_i, v_i, t_i)$ به ترتیب مختصات و زمان iامین نقطهٔ مرجع و $\beta_k(u_i, v_i, t_i)$ مقدار تحقق‌یافتهٔ تابع پیوستهٔ $\beta_k(u, v, t)$ در نقطهٔ i است.

1. spatiotemporal distance

مقادیر برآوردشده نیز با رابطهٔ ۴ به دست می‌آید (Liu et al. 2016: 5):

$$\hat{y}=\begin{bmatrix}\hat{y_1}\\ \hat{y_2}\\ \dots\\ \hat{y_n}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}(X_1'W(u_1,v_1,t_1)X)^{-1}X'W(u_1,v_1,t_1)\\ (X_2'W(u_2,v_2,t_2)X)^{-1}X'W(u_2,v_2,t_2)\\ \dots\\ (X_3'W(u_3,v_3,t_3)X)^{-1}X'W(u_3,v_3,t_3)\end{bmatrix}y \qquad (۴)$$

در رابطهٔ ۴ حرف X ماتریس مشاهدات، y بردار پاسخ، و W یک ماتریس قطری است که درایه‌های روی قطر اصلی آن وزن داده‌شده به هر مشاهده در برآورد مدل برای نقطهٔ iام است که با رابطهٔ ۵ به دست می‌آید (Liu et al. 2016: 5):

$$W_{ij}=\exp(\frac{-{d_{ij}}^2}{h^2}) \qquad (۵)$$

در رابطهٔ ۵ حرف h بیانگر پهنای باند مکانی- زمانی[1] است.

همهٔ روابط یادشده برای رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی برای رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی نیز صادق است؛ با این تفاوت که ضریب فاصلهٔ زمانی یعنی τ در رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی برابر با ۰ در نظر گرفته می‌شود (Huang et al. 2010: 7).

معیار اصلی اتخاذشده برای مقایسهٔ مدل‌های OLS، GWR، و GTWR ضریب تعیین تعدیل‌شده[2] است. با این حال به منظور بررسی تفاوت آماری بین این مدل‌ها از آزمون مک‌نمار[3] نیز استفاده شد که بر اساس آمارهٔ آزمون نرمال استاندارد است. این آزمون با رابطهٔ ۶ به دست می‌آید (Foody 2004: 4):

$$Z_{12}=\frac{f_{12}-f_{21}}{\sqrt{f_{12}+f_{21}}} \qquad (۶)$$

در رابطهٔ ۶ عبارت Z_{12} تفاوت آماری بین دقت مدل‌های پیش‌بینی اول و دوم را بیان می‌کند، f_{12} بیانگر تعداد نمونه‌هایی است که توسط مدل اول به‌درستی و توسط مدل دوم به‌اشتباه طبقه‌بندی شده است. به بیان دیگر در صورتی که تفاوت بین مقدار پیش‌بینی‌شده و مقدار واقعی از حد آستانهٔ درنظرگرفته‌شده کوچک‌تر باشد درست و در غیر این صورت غلط تلقی خواهد شد. بر این اساس f_{12} و f_{21} بیانگر تعداد نمونه‌های طبقه‌بندی‌شده‌ای هستند که مدل‌های پیش‌بینی اول و دوم در مورد آن‌ها اختلاف نظر دارند. خطای پیش‌بینی کمتر (دقت بالاتر) با علامت Z_{12} مشخص می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد نتایج حاصل از مدل پیش‌بینی دوم دقیق‌تر از نتایج حاصل از مدل پیش‌بینی اول است. در سطح اطمینان ۹۵ درصد در صورتی تفاوت بین مدل‌های پیش‌بینی اول و دوم معنادار در نظر گرفته می‌شود که $|Z_{12}|$ بزرگ‌تر از ۱/۹۶ باشد.

سپس به منظور اجرای الگوریتم GTWR پنج مرحله اجرا می‌شود:

۱. داده‌های مربوطه را به صورت تصادفی به دو مجموعه دادهٔ آموزشی و آزمون تقسیم می‌کنیم؛ به صورتی که ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش مدل‌های OLS، GWR، و GTWR استفاده می‌شود و با استفاده از ۳۰ درصد دیگر داده‌ها صحت‌سنجی مدل‌ها انجام می‌گیرد.

۲. با استفاده از دادهٔ آموزشی و تکنیک بهینه‌سازی پارامترهای مکانی- زمانی موجود در الگوریتم GTWR یعنی τ و h را به دست می‌آوریم؛ به صورتی که ضریب تعیین تعدیل‌شده بیشترین مقدار خود را داشته باشد (پارامتر τ در الگوریتم GWR برابر با ۰ است).

۳. مقادیر برآوردشده را برای دادهٔ آزمون با استفاده از رابطهٔ ۴ به دست می‌آوریم.

۴. در نهایت با تست‌های آماری بر مقادیر برآوردشده و مقایسهٔ آن با مقدار واقعی دقت هر یک از مدل‌ها را به دست می‌آوریم.

1. spatiotemporal bandwidth
2. adjusted r-squared
3. McNemar's Test

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

نوع پژوهش حاضر کاربردی است. معاملات ثبت‌شدهٔ خرید و فروش مسکن آپارتمانی منطقهٔ ۵ شهرداری تهران در سامانهٔ ثبت معاملات املاک و مستغلات کشور متعلق به وزارت راه و شهرسازی در بازهٔ زمانی ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان، و بهمن سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، و ۱۳۹۹ جامعهٔ آماری استفاده‌شده در آن است. به منظور وارد کردن موقعیت جغرافیایی معاملات صورت‌گرفته در سیستم اطلاعات جغرافیایی از آدرس ثبت‌شده برای هر نمونه و نقشهٔ آن‌لاین شهر تهران، موجود در سامانهٔ بلد، به نشانی balad.ir، استفاده شد. محل قرارگیری هر ملک به وسیلهٔ مختصات طول و عرض آن در نقشهٔ مختصات‌دارشده در مرحلهٔ قبل قابل دستیابی است. از این مختصات در مدل‌های GWR و GTWR به منظور محاسبهٔ فاصلهٔ بین نمونه‌ها استفاده خواهد شد. همچنین برای محاسبهٔ فاصلهٔ زمانی بین هر دو نمونه در مدل GTWR با استفاده از تاریخ فروش از رابطهٔ ۷ استفاده شد:

تبدیل تاریخ به عدد = روز + ۳۰ × ماه + ۳۶۵ × سال (۷)

پس از بررسی مقالات پیشین و دسترسی به داده‌های مربوطه، ۱۷ متغیر مستقل تأثیرگذار بر قیمت مسکن شناسایی شد که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره شده است. همچنین با بررسی هزینهٔ تمام‌شدهٔ یک متر مربع بنا (شامل هزینهٔ زمین و ساخت) و نرخ ارز (قیمت دلار) از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۹۳ همبستگی با مقدار ۰/۹۶۴ بین این دو متغیر به دست آمد. بنابراین از بین این دو متغیر نرخ ارز برای مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده شد (ملکی ۱۳۹۵: ۱۵۷). این محاسبات با استفاده از داده‌هایی که ملکی جمع‌آوری و در کتاب *تحلیل بازار مسکن ایران* درج کرده انجام شد.

جدول ۱. متغیرهای استفاده‌شده در مدل‌سازی قیمت مسکن

متغیرهای استفاده‌شده	پیشینهٔ منابع	منبع استخراج داده‌ها
قیمت مسکن (متغیر وابسته)		وزارت راه و شهرسازی
قیمت دلار		
حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور	کوه‌پیما و همکاران ۱۳۹۹: ۶	
انباری	کوه‌پیما و همکاران ۱۳۹۹: ۶	
پارکینگ	کوه‌پیما و همکاران ۱۳۹۹: ۶	
مساحت واحد مسکونی	صارمی و همکاران ۱۳۹۶: ۱۱	
نوع اسکلت مورد استفاده	Huang et al. 2010: 7	
عمر بنا	صارمی و همکاران ۱۳۹۶: ۱۱	
مقدار ارزش استخراج‌شده از نقشهٔ بلوک‌های آماری تراکم جمعیت بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵	پیشگر و محمدی ۱۳۹۹: ۴	شهرداری تهران
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز ورزشی	سوری و منیری‌جاوید ۱۳۹۰: ۱۲	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین ایستگاه حمل‌ونقل شهری (ایستگاه‌های اتوبوس، تاکسی، مترو)	Geng et al. 2011: 4	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز درمانی	Geng et al. 2011: 4	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز صنعتی		
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مکان مذهبی	سوری و منیری‌جاوید ۱۳۹۰: ۱۲	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز آموزشی	Geng et al. 2011: 4	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین گسل فعال و غیرفعال		
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیکترین فضای سبز	صارمی و همکاران ۱۳۹۶: ۱۱	
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیکترین بزرگراه	صارمی و همکاران ۱۳۹۶: ۱۱	

جامعهٔ آماری استفاده‌شده در این پژوهش شامل ۷۴۶۴ معاملهٔ خرید و فروش مسکن در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران بود که پس از پیش‌پردازش روی داده‌ها تعداد آن‌ها به ۷۱۶۱ نمونه تقلیل یافت. از آنجا که عملکرد مدل‌های رگرسیون خطی همچون OLS، GWR، و GTWR می‌تواند تحت تأثیر داده‌های پرت قرار گیرد، لازم است قبل از آموزش مدل‌های OLS، GWR، و GTWR

پیش‌پردازش روی داده‌ها صورت گیرد. به منظور محاسبهٔ داده‌های پرت از روش نمرهٔ زد[1] استفاده شد. نمرهٔ زد با رابطهٔ ۸ به دست می‌آید:

$$z-score=\frac{x-\mu}{\sigma} \quad (۸)$$

در رابطهٔ ۸، حرف x بیانگر مقدار مشاهده‌شده، μ بیانگر میانگین نمونه، و σ بیانگر انحراف معیار نمونه است. در صورتی که قدرمطلق z-score متغیر وابسته، یعنی قیمت مسکن بزرگ‌تر از ۳، باشد آن نمونه دادهٔ پرت شناخته می‌شود و از داده‌های موجود حذف می‌شود.

در تهیهٔ پایگاه دادهٔ مورد نظر وجود یا نبودِ هر یک از امکانات انباری و پارکینگ به ترتیب با اعداد ۱ و ۱- نشان داده شده است. از دیگر امکانات مؤثر در قیمت آپارتمان وجود آسانسور است؛ طوری که آپارتمان بدون این امکانات به ازای هر طبقه از قیمت آن کاسته می‌شود. بنابراین، در صورت وجود آسانسور، افزایش هر طبقه سبب افزایش قیمت خواهد شد. برای انعکاس این مورد یک ستون به صورت حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور (طبقه × آسانسور) به پایگاه داده اضافه شده است. همچنین به اسکلت‌های بتونی، بتونی- فلزی، و فلزی در متغیر نوع اسکلت مورد استفاده به ترتیب اعداد ۱ و ۲ و ۳ نسبت داده شده است. جدول ۲ جامعهٔ آماری داده‌های استفاده‌شده در مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۲. پارامترها و قیمت آپارتمان‌ها در منطقهٔ مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹

متغیر	میانگین	انحراف معیار	ماکزیمم	مینیمم
قیمت مسکن (میلیون تومان)	۱۵۲۳/۸۹۰	۸۷۶/۰۱۰	۴۹۵۰/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰
قیمت دلار (هزار تومان)	۱۳/۹۷۸	۴/۹۲۴	۲۹/۳۷۵	۵/۴۵۰
حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور	۴/۶۲۸	۳/۵۲۶	۲۸	-۱۴
انباری	۰/۶۸۶	۰/۷۲۷	۱	-۱
پارکینگ	۰/۶۹۸	۰/۷۱۵	۱	-۱
مساحت واحد مسکونی	۸۸/۵۳۷	۲۹/۶۰۱	۲۶۰	۴۰
نوع اسکلت مورد استفاده	۱/۲۵۹	۰/۵۸۴	۳	۱
عمر بنا	۹/۰۹۸	۷/۸۵۵	۵۴	۰
تراکم جمعیت (جمعیت در هر هکتار)	۴۹۰/۴۱۰	۲۷۷/۹۷۹	۲۸۵۲/۸۰۰	۰
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز ورزشی (متر)	۸۷۸/۷۱۶	۴۶۲/۷۰۴	۲۹۶۶/۴۵۰	۲/۵۸۵
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین ایستگاه حمل‌ونقل شهری (متر)	۳۴۱	۱۹۹/۸۷۴	۱۱۲۸/۳۹۰	۳/۳۰۳
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز درمانی (متر)	۱۱۴۵/۴۰۰	۶۴۴/۹۵۸	۲۷۹۱/۶۸۰	۰
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز صنعتی (متر)	۹۳۱/۴۳۲	۵۳۹/۳۷۱	۲۵۴۵/۹۹۰	۴/۳۶۱
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مکان مذهبی (متر)	۷۳۱/۲۴۶	۳۸۳/۰۹۲	۱۷۴۲/۶۹۰	۸/۷۹۵
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز آموزشی (متر)	۴۹۱/۲۶۴	۲۹۷/۶۸۷	۲۰۶۲/۹۹۰	۰
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین گسل فعال و غیرفعال (متر)	۲۷۵۹/۶۵۰	۱۹۰۰/۸۹۰	۷۸۳۷/۹۳۰	۰/۱۴۵
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین فضای سبز (متر)	۱۷۲/۷۸۴	۱۲۰/۲۷۵	۱۰۱۸/۴۴۰	۰
فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین بزرگراه (متر)	۱۲۲۰/۹۹۰	۱۱۵۵/۱۱۰	۵۳۲۱/۲۳۰	۰/۳۱۳

یافته‌های پژوهش

نتایج به‌دست‌آمده از مدل حداقل مربعات معمولی در جدول ۳ نشان داده شده است.

1. z-score

جدول ۳. نتایج آماری حاصل از مدل‌سازی قیمت مسکن با استفاده از روش OLS

متغیر	ضریب	مقدار آمارهٔ t	مقدار احتمال	۰/۰۲۵]	۰/۹۷۵]	مقدار VIF
مقدار ثابت	−۰/۰۸۰	−۷/۵۶۹	۰	−۰/۱۰۱	−۰/۰۶۰	--
قیمت دلار	۰/۵۹۷	۹۳/۵۵۶	۰	۰/۵۸۴	۰/۶۱۰	۸/۰۶۷
حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور	۰/۰۳۰	۱/۷۶۸	۰/۰۷۷	−۰/۰۰۳	۰/۰۶۴	۳/۴۵۲
انباری	۰/۰۰۳	۰/۸۹۹	۰/۳۶۹	−۰/۰۰۴	۰/۰۱۰	۲/۱۰۴
پارکینگ	۰/۰۰۱	۰/۲۵۲	۰/۸۰۱	−۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۲/۷۶۴
مساحت واحد مسکونی	۰/۷۷۳	۷۷/۵۵۷	۰	۰/۷۵۴	۰/۷۹۳	۹/۲۱۵
نوع اسکلت مورد استفاده	−۰/۰۰۴	−۰/۹۷۷	۰/۳۲۹	−۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۵/۵۲۱
عمر بنا	−۰/۲۲۰	−۱۹/۲۰۱	۰	−۰/۲۴۳	−۰/۱۹۸	۳/۸۵۵
تراکم جمعیت	۰/۰۳۸	۲/۶۵۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۶۷	۵/۱۱۰
فاصله از مرکز ورزشی	−۰/۰۴۱	−۴/۰۲۴	۰	−۰/۰۶۱	−۰/۰۲۱	۷/۱۵۴
فاصله از ایستگاه حمل‌ونقل شهری	−۰/۰۱۵	−۱/۹۱۸	۰/۰۵۵	−۰/۰۳۱	۰/۰۰۰	۴/۸۶۲
فاصله از مرکز درمانی	−۰/۰۱۲	−۲/۱۱۵	۰/۰۳۴	−۰/۰۲۴	−۰/۰۰۱	۴/۶۷۳
فاصله از مرکز صنعتی	۰/۰۲۱	۲/۸۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۳۶	۶/۰۴۳
فاصله از مکان مذهبی	۰/۰۱۰	۱/۴۲۲	۰/۱۵۵	−۰/۰۰۴	۰/۰۲۵	۷/۵۱۴
فاصله از مرکز آموزشی	−۰/۰۱۱	−۱/۰۶۶	۰/۲۸۷	−۰/۰۳۱	۰/۰۰۹	۵/۲۱۱
فاصله از گسل	۰/۰۲۱	۲/۸۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۳۶	۶/۵۳۶
فاصله از فضای سبز	−۰/۰۳۳	−۲/۹۸۵	۰/۰۰۳	−۰/۰۵۶	−۰/۰۱۲	۳/۴۹۵
فاصله از بزرگراه	۰/۰۰۱	۰/۱۶۶	۰/۸۶۸	−۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۴/۲۱۰
مجموع مربعات باقی‌مانده			۱۸/۰۲۱			
مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده			۰/۷۵۹			

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، متغیرهای نرخ ارز (قیمت دلار)، مساحت واحد مسکونی، عمر بنا، تراکم جمعیت، فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز ورزشی، فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز درمانی، فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین مرکز صنعتی، فاصلهٔ اقلیدسی تا نزدیک‌ترین گسل، و فاصله از فضای سبز در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادارند (p-value<۰/۰۵). رابطهٔ VIF<۹ برای همهٔ متغیرهای مستقل برقرار است. بنابراین همبستگی خطی بین متغیرهای مستقل وجود ندارد.

دربارهٔ ضرایب و جهت تأثیر متغیرها بر مدل تعیین قیمت مسکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد باید گفت متغیر وابسته، یعنی قیمت مسکن، با متغیرهای قیمت دلار، مساحت واحد مسکونی، تراکم جمعیت، فاصله از مرکز صنعتی، و فاصله از گسل رابطهٔ مثبت و مستقیم و با متغیرهای عمر بنا، فاصله از مرکز ورزشی، فاصله از مرکز درمانی، و فاصله از فضای سبز رابطهٔ معکوس و منفی دارد.

از آنجا که در روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی به ازای هر یک از مقادیر مشاهده‌شده پارامترهای مدل محاسبه می‌شود، دامنهٔ تأثیرات هر یک از متغیرهای مستقل در جدول ۴ معرفی شده است. جهت تأثیر هر یک از متغیرها در مدل‌سازی قیمت مسکن در محدودهٔ مورد مطالعه با توجه به مقادیر میانه در هر متغیر مشخص می‌شود (صارمی و همکاران ۱۳۹۶: ۱۴). بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده متغیرهای نرخ ارز (قیمت دلار) و مساحت واحد مسکونی با توجه به یکسان بودن جهت تأثیرگذاری در سراسر فضای مورد مطالعه نسبت به سایر متغیرهای استفاده‌شده در مدل از ناهمگونی فضایی کمتری برخوردارند.

با توجه به جدول‌های ۳ و ۴، مجموع مربعات باقی‌مانده[1] و مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده با استفاده از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی در قیاس با مدل حداقل مربعات معمولی به ترتیب به میزان ۲/۹۱۶ و ۰/۰۳۹ بهبود داده شده است.

همانند روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، در روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی نیز به ازای هر یک از مقادیر مشاهده‌شده پارامترهای مدل محاسبه می‌شود. بنابراین دامنهٔ تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل در جدول ۵ معرفی شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده متغیرهای نرخ ارز (قیمت دلار) و مساحت واحد مسکونی نسبت به سایر متغیرهای استفاده‌شده در مدل از ناهمگونی فضایی- زمانی کمتری برخوردارند.

1. residual sum of squares (RSS)

جدول ٤. نتایج آماری حاصل از GWR

متغیر	حداقل	چارک پایین	میانه	چارک بالا	حداکثر
مقدار ثابت	-۱/۶۱۴	-۰/۱۷۲	-۰/۰۴۶	۰/۱۱۰	۱/۵۳۷
قیمت دلار	۰/۳۴۴	۰/۵۵۱	۰/۶۱۱	۰/۶۵۳	۰/۸۶۱
حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور	-۰/۵۴۵	۰/۰۱۳	۰/۰۹۴	۰/۱۶۴	۱/۱۲۳
انباری	-۰/۳۱۹	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۱۱۹
پارکینگ	-۰/۱۴۶	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۲۵۱
مساحت واحد مسکونی	۰/۲۱۲	۰/۶۴۶	۰/۷۴۲	۰/۸۱۷	۱/۰۵۹
نوع اسکلت مورد استفاده	-۰/۴۲۰	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۱۱۸
عمر بنا	-۰/۵۰۵	-۰/۳۱۳	-۰/۲۵۱	-۰/۱۷۳	۰/۴۴۱
تراکم جمعیت	-۰/۷۶۳	-۰/۰۹۷	-۰/۰۰۱	۰/۰۶۸	۰/۳۸۲
فاصله از مرکز ورزشی	-۱/۴۵۸	-۰/۱۵۰	-۰/۰۵۷	۰/۰۵۹	۰/۸۶۷
فاصله از ایستگاه حمل‌ونقل شهری	-۰/۲۸۵	-۰/۰۳۹	۰/۰۱۳	۰/۰۶۵	۰/۷۶۶
فاصله از مرکز درمانی	-۱/۴۹۱	-۰/۱۴۷	۰/۰۰۵	۰/۱۱۹	۱/۵۲۹
فاصله از مرکز صنعتی	-۰/۶۸۷	-۰/۰۵۰	۰/۰۲۷	۰/۰۹۹	۰/۶۳۳
فاصله از مکان مذهبی	-۰/۵۲۳	-۰/۰۹۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۷۵	۰/۵۵۶
فاصله از مرکز آموزشی	-۰/۸۷۱	-۰/۱۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۹۸	۰/۴۸۹
فاصله از گسل	-۱/۶۱۴	-۰/۲۵۶	-۰/۰۶۰	۰/۱۳۳	۲/۶۱۲
فاصله از فضای سبز	-۰/۴۰۸	-۰/۰۹۲	-۰/۰۰۷	۰/۰۴۷	۰/۴۸۷
فاصله از بزرگراه	-۲/۴۱۲	-۰/۲۰۲	-۰/۰۶۱	۰/۱۰۳	۱/۷۹۹
مجموع مربعات باقی‌مانده				۱۵/۱۰۵	
مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده				۰/۷۹۸	

جدول ۵. نتایج آماری حاصل از GTWR

متغیر	حداقل	چارک پایین	میانه	چارک بالا	حداکثر
مقدار ثابت	-۲/۶۳۴	-۰/۱۳۷	-۰/۰۰۱	۰/۱۵۲	۱/۲۱۷
قیمت دلار	۰/۰۷۶	۰/۳۹۲	۰/۵۲۲	۰/۶۰۰	۱/۱۲۰
حاصل‌ضرب طبقه در آسانسور	-۰/۶۸۳	-۰/۰۳۰	۰/۰۵۴	۰/۱۴۰	۱/۸۴۰
انباری	-۰/۵۴۶	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۲۱۵
پارکینگ	-۰/۲۸۹	-۰/۰۴۹	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۲۱۳
مساحت واحد مسکونی	۰/۱۷۶	۰/۵۵۱	۰/۷۷۸	۰/۹۲۶	۱/۴۳۸
نوع اسکلت مورد استفاده	-۰/۶۰۹	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۱۵۵
عمر بنا	-۲/۱۲۵	-۰/۳۱۹	-۰/۲۳۶	-۰/۱۶۲	۰/۴۸۲
تراکم جمعیت	-۱/۳۸۵	-۰/۱۰۴	-۰/۰۱۲	۰/۰۶۳	۰/۹۹۲
فاصله از مرکز ورزشی	-۲/۳۷۹	-۰/۱۵۳	-۰/۰۲۷	۰/۰۹۰	۱/۰۳۲
فاصله از ایستگاه حمل‌ونقل شهری	-۰/۷۳۹	-۰/۰۴۷	۰/۰۰۴	۰/۰۵۹	۰/۷۱۱
فاصله از مرکز درمانی	-۱/۵۱۲	-۰/۱۵۰	-۰/۰۱۲	۰/۰۹۵	۱/۹۶۵
فاصله از مرکز صنعتی	-۱/۱۸۲	-۰/۰۵۳	۰/۰۲۳	۰/۱۰۸	۱/۱۹۵
فاصله از مکان مذهبی	-۰/۷۱۸	-۰/۰۸۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۷۲	۰/۷۶۹
فاصله از مرکز آموزشی	-۱/۵۶۹	-۰/۱۰۹	-۰/۰۰۴	۰/۰۸۹	۱/۰۳۰
فاصله از گسل	-۲/۴۲۰	-۰/۲۲۷	-۰/۰۱۵	۰/۱۵۳	۳/۷۵۶
فاصله از فضای سبز	-۰/۶۷۲	-۰/۰۶۳	۰/۰۰۱	۰/۰۶۹	۱/۵۰۸
فاصله از بزرگراه	-۲/۹۲۱	-۰/۱۸۵	-۰/۰۲۰	۰/۱۳۴	۲/۹۱۲
مجموع مربعات باقی‌مانده				۱۲/۳۶۰	
مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده				۰/۸۳۵	

با توجه به جدول‌های ۴ و ۵، مجموع مربعات باقی‌مانده و مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده با استفاده از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی در قیاس با مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی به ترتیب به میزان ۲/۷۴۵ و ۰/۰۳۷ بهبود داده شده است.

همان‌طور که پیش‌تر نشان داده شد، مدل‌های GWR و GTWR نسبت به مدل OLS از نظر شاخص‌های مجموع مربعات باقی‌مانده و ضریب تعیین تعدیل‌شده عملکرد بهتری دارند. اما همچنان لازم است از منظر آماری عملکرد مدل GTWR در قیاس با مدل‌های GWR و OLS بررسی شود. بدین منظور از آزمون مک‌نمار برای بررسی تفاوت بین مدل GTWR با مدل‌های GWR و OLS استفاده شد. با فرض اینکه تفاوت قیمت پیش‌بینی‌شده و مقدار واقعی از حد آستانهٔ درنظرگرفته‌شده بیشتر نباشد، درست در نظر گرفته می‌شود. مقدار Z بین هر جفت مدل پیش‌بینی با استفاده از رابطهٔ ۶ به دست می‌آید. دو حد آستانهٔ ۰/۱ درصد و ۰/۵ درصد در نظر گرفته شده و نتایج در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ٦. نتایج آماری حاصل از آزمون مک‌نمار

مقایسه مدل‌ها	حد آستانه = ۰/۱٪			حد آستانه = ۰/۵٪		
	OLS	GWR	GTWR	OLS	GWR	GTWR
OLS	NA	−۱/۴۵۳	−۵/۰۶۳	NA	−۰/۲۷۶	−۸/۹۸۸
GWR	--	NA	−۳/۹۷۹	--	NA	−۹/۴۳۶
GTWR	--	--	NA	--	--	NA

در جدول ۶ با توجه به علامت‌های منفی می‌توان نتیجه گرفت که مدل GTWR عملکرد بهتری در قیاس با مدل‌های OLS و GWR دارد. همچنین مقدار Z در حد آستانهٔ ۰/۵ درصد بین مدل GTWR و مدل‌های GWR و OLS کوچک‌تر از ۱/۹۶− است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در سطح اطمینان ۹۵ درصد مدل GTWR به طور قابل توجهی در قیاس با مدل‌های GWR و OLS عملکرد بهتری دارد.

بحث و نتیجه

هدف از پژوهش حاضر تحلیل فضایی- زمانی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در منطقهٔ ۵ شهرداری تهران بود. بدین منظور از روش‌های حداقل مربعات معمولی (OLS)، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR)، و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی (GTWR) برای مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده و نتایج با یک‌دیگر مقایسه شد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر موارد زیر است:

تأثیر عوامل مؤثر بر مدل‌سازی قیمت مسکن بر حسب قدرمطلق مقدار آمارهٔ t مشخص می‌شود. بنابراین ترتیب اهمیت متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد بدین صورت خواهد بود: نرخ ارز (قیمت دلار)، مساحت واحد مسکونی، عمر بنا، فاصله از مرکز ورزشی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مرکز صنعتی، فاصله از گسل، تراکم جمعیت، و فاصله از مرکز درمانی.

در سطح اطمینان ۹۵ درصد متغیرهای نرخ ارز (قیمت دلار)، مساحت واحد مسکونی، تراکم جمعیت، فاصله از مرکز صنعتی، و فاصله از گسل بر قیمت مسکن تأثیر مستقیم و مثبت دارند و افزایش در مقادیر هر یک موجب افزایش قیمت مسکن خواهد شد.

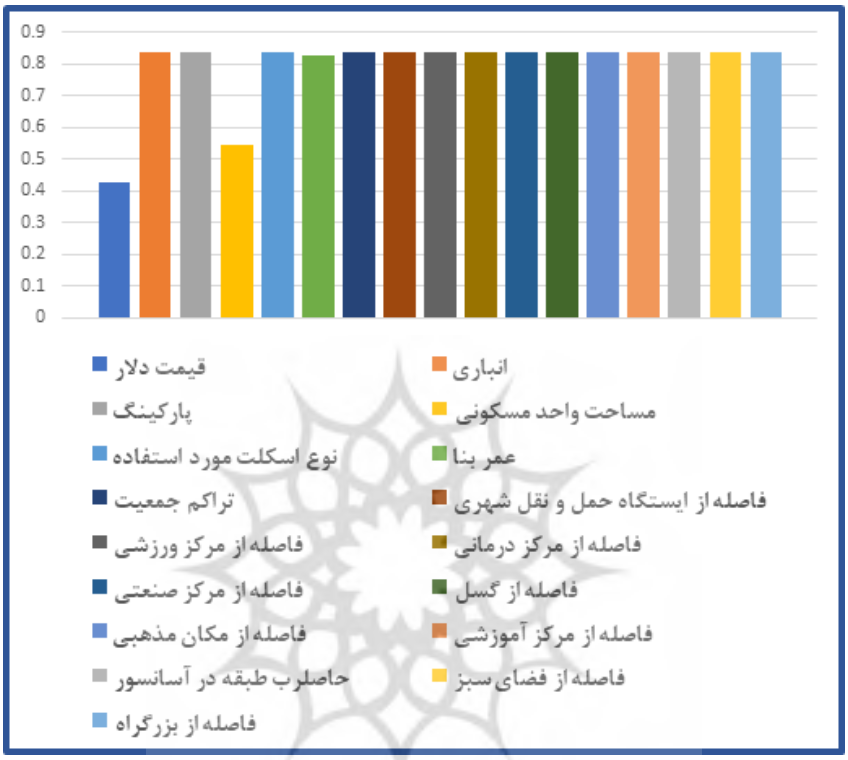
در سطح اطمینان ۹۵ درصد متغیرهای عمر بنا، فاصله از مرکز ورزشی، فاصله از فضای سبز، و فاصله از مرکز درمانی بر قیمت مسکن تأثیر مستقیم و منفی دارند و کاهش در مقادیر هر یک موجب افزایش قیمت مسکن خواهد شد.

به منظور مقایسهٔ مدل‌های به‌کاررفته از روش‌های مختلف استفاده شد؛ از جمله مجموع مربعات باقی‌مانده، ضریب تعیین تعدیل‌شده، و آزمون مک‌نمار.

بر اساس مدل OLS مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده و مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده به ترتیب برابر با ۱۸/۰۲۱ و ۰/۷۵۹ به دست آمد. با استفاده از مدل GWR مجموع مربعات باقی‌مانده و مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده به ترتیب به میزان ۲/۹۱۶ و ۰/۰۳۹ بهبود پیدا کرد و در نهایت با استفاده از مدل GTWR مجموع مربعات باقی‌مانده و مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده به ترتیب به میزان ۲/۷۴۵ و ۰/۰۳۷ بهبود داده شد. همچنین نتایج حاصل از آزمون مک‌نمار نشان داد تفاوت معناداری بین مدل GTWR در قیاس با مدل‌های OLS و GWR وجود دارد.

به منظور آنالیز حساسیت هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته، یعنی قیمت مسکن، هر یک از متغیرهای مستقل به صورت جداگانه حذف شدند و مدل GTWR روی متغیرهای باقی‌مانده اجرا شد. نتایج در شکل ۱ آورده شد. با توجه به شکل ۱

اگر متغیر نرخ ارز (قیمت دلار) از متغیرهای مستقل به منظور مدل‌سازی قیمت مسکن حذف شود، ضریب تعیین حاصل از روش GTWR برابر با ۰/۴۲۵ خواهد شد. بنابراین متغیر نرخ ارز بیشترین تأثیر را بر مدل‌سازی قیمت مسکن خواهد داشت. پس از متغیر نرخ ارز، مساحت واحد مسکونی بیشترین تأثیر را بر مدل‌سازی قیمت مسکن دارد. در صورتی که متغیر مساحت واحد مسکونی از بین متغیرهای مستقل در مدل‌سازی قیمت مسکن حذف شود، مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده برابر با ۰/۵۴۴ خواهد شد. در نهایت در سطح اطمینان ۹۵ درصد به ترتیب متغیرهای عمر بنا، فاصله از مرکز ورزشی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مرکز صنعتی، فاصله از گسل، تراکم جمعیت، و فاصله از مرکز درمانی تأثیرگذاری بیشتری در مدل‌سازی قیمت مسکن دارند.



شکل ۱. مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده با توجه به حذف هر متغیر در مدل‌سازی قیمت مسکن

بر اساس جمع‌بندی نتایج، عوامل بیرونی و اقتصادی همچون نرخ ارز بیشترین تأثیر را می‌توانند در مدل‌سازی قیمت مسکن داشته باشند. پس از متغیر نرخ ارز، ویژگی‌های فیزیکی مسکن همچون مساحت واحد مسکونی و عمر بنا تأثیر بسزایی در مدل‌سازی قیمت مسکن دارند. سایر عوامل همچون میزان ایمنی ملک مانند فاصله از گسل و سطح دسترسی به خدمات شهری مانند فاصله از مراکز درمانی، ورزشی، آموزشی، مذهبی، فاصله از فضای سبز، فاصله از بزرگراه و ایستگاه‌های حمل‌ونقل شهری می‌توانند موجب بهبود نتایج حاصل از مدل‌سازی قیمت مسکن شوند. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج پژوهش کاغذیان و همکارانش (۱۳۹۴: ۱)، صارمی و همکارانش (۱۳۹۶: ۱)، نیک‌پور و همکارانش (۱۳۹۷: ۱)، و کوه‌پیما و همکارانش (۱۳۹۹: ۱) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، نرخ ارز بیشترین تأثیر را بر قیمت مسکن دارد. بنابراین با کنترل نرخ ارز و اتخاذ سیاست‌های درست پولی و اقتصادی می‌توانیم شاهد ثبات در بازار مسکن و به دنبال آن رونق این بازار باشیم. همچنین برای مدل‌سازی مسائلی که دارای مؤلفه‌های مکانی و زمانی هستند، مانند قیمت مسکن، لازم است به عامل‌های مکانی و زمانی موجود در داده‌ها توجه ویژه‌ای شود تا برآوردها از حالت اریب خارج شوند.

برای تحقیقات آینده می‌توان به نکات زیر توجه کرد:

در الگوریتم رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی همهٔ متغیرها پهنای باند مکانی- زمانی و ضریب فاصلهٔ زمانی یکسانی دارند. از آنجا که متغیرها می‌توانند پهنای باند مکانی- زمانی و ضریب فاصلهٔ زمانی متفاوتی داشته باشند، می‌توان از الگوریتم رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی- زمانی چندمقیاسه[1] نیز برای مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده و نتایج آن را با روش GTWR مقایسه کرد.

از آنجا که در جهان واقعی فواصل بر حسب فاصلهٔ سفر در شبکهٔ راه‌هاست، می‌توان در روش GTWR به جای فاصلهٔ اقلیدسی از فاصلهٔ سفر استفاده و نتایج این دو را با یک‌دیگر مقایسه کرد.

امروزه الگوریتم‌های ماشین لرنینگ[2]، مانند جنگل تصادفی[3]، از محبوبیت بالایی برخوردارند. بنابراین می‌توان از روش جنگل تصادفی جغرافیایی[4] برای مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده و نتایج آن را با روش GTWR مقایسه کرد.

روش GTWR یک روش رگرسیون خطی است و قادر به کشف روابط همسایگی غیرخطی موجود در فضای مورد مطالعه نیست. بنابراین، می‌توان از روش رگرسیون وزن‌دار شبکهٔ عصبی جغرافیایی- زمانی[5] برای بهبود نتایج حاصل از الگوریتم GTWR استفاده کرد.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، علاوه بر متغیرهای استفاده‌شده در این پژوهش، از عواملی همچون سطح اشتغال، تورم، و عرض معبر هم‌جوار نیز در مدل‌سازی قیمت مسکن استفاده شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. multiscale geographically and temporally weighted regression (MGTWR)
2. machine learning
3. random forest
4. geographical random forest
5. geographically and temporally neural network weighted regression (GTNNWR)

منابع

پورمحمدی، م.؛ ه. حکیمی؛ ع. میرزایی (۱۳۹۶). «بررسی رابطهٔ بین تراکم ساختمانی با قیمت زمین (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱ کلان‌شهر تبریز)»، *جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری*، ۴(۲(پیاپی ۷))، ص ۱۶۹ ـ ۱۸۸.

پیشگر، الهه؛ علی‌رضا محمدی، (۱۳۹۹). «تحلیلی بر تغییرات نماگرهای مسکن در کلان‌شهر تهران طی دورهٔ ۱۳۹۸ ـ ۱۳۸۸»، *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۱(۲)، ص ۱۰۶ ـ ۱۱۸.

کوه‌پیما، ج.؛ م. ارگانی؛ ن. نیسانی سامانی (۱۳۹۶). «تخمین قیمت آپارتمان با استفاده از رگرسیون خطی و وزن‌دار جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۶ شهر تهران)»، *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۸(۲)، ص ۳۴۷ ـ ۳۶۹.

رهنما، م.؛ ا. اسدی؛ م. رضوی (۱۳۹۲). «تحلیل فضایی قیمت مسکن با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: شهر مشهد)»، *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۴(۷)، ص ۷۳ ـ ۸۴.

حاتمی‌نژاد، حسین؛ لیلا واحدیان بیکی؛ زیبا پرنون (۱۳۹۳). «سنجش الگوی توزیع فضایی خدمات شهری در منطقهٔ ۵ شهر تهران به کمک مدل آنتروپی و ویلیامسون»، *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹(۳)، ص ۱۷ ـ ۲۸.

سوری، د.؛ س. منیری‌جاوید (۱۳۹۰). «مدل تعیین قیمت مسکن، کاربردی از روش رگرسیون موزون جغرافیایی»، *مدیریت شهری*، ۹(ویژه‌نامه)، ص ۷ ـ ۲۸.

شعبان‌پور، زهرا؛ اصغر شکرگزار؛ مریم جعفری مهرآبادی (۱۳۹۸). «بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن (مطالعهٔ موردی: شهر رشت)»، *آمایش محیط*، ۱۲(۴۶)، ص ۶۳ ـ ۸۲.

صارمی، ح.؛ م. حیدری؛ ف. آقایی (۱۳۹۷). «تحلیل فضایی قیمت مسکن با استفاده از تکنیک رگرسیون موزون جغرافیایی (مورد مطالعه: منطقهٔ ۲ شهرداری تهران)»، *اقتصاد شهری*، ۳(۲ (پیاپی ۵))، ص ۱۹ ـ ۳۸.

کاغذیان، س.؛ ی. نقدی؛ ح. پاشایی (۱۳۹۴). «بررسی تأثیر نوسانات نرخ ارز بر سرمایه‌گذاری بخش مسکن در ایران»، *راهبرد اقتصادی*، ۴(۱۲)، ص ۱۸۱ ـ ۱۹۶.

کوزه‌چی، هادی (۱۳۹۳). *استراتژی سرمایه‌گذاری در بازار مسکن ایران با تمرکز بر تحولات و چشم‌انداز ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴*، تهران، دنیای اقتصاد.

ملکی، بهروز (۱۳۹۵). *تحلیل بازار مسکن ایران*، تهران، سازمان مدیریت صنعتی.

نعمتی، مرتضی؛ رضا صالحی؛ غلامحسین حمیدی (۱۳۹۰). «ارزیابی و سطح‌بندی توسعه‌یافتگی مناطق شهری بر پایهٔ تکنیک TOPSIS و GIS (مطالعهٔ موردی: مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران)»، *اندیشهٔ جغرافیا*، ۵(۱۰)، ص ۱۰۳ ـ ۱۲۵.

نیک‌پور، ع.؛ م. رضازاده؛ ف. الهقلی تبارنشلی (۱۳۹۸). «تحلیل نقش عوامل مؤثر بر قیمت زمین با استفاده از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) (موردشناسی: شهر بابلسر)»، *جغرافیا و آمایش شهری ـ منطقه‌ای*، ۹(۳۱)، ص ۹۳ ـ ۱۱۲.

Bitter, C., Mulligan, G., & Dall'erba, S. (2007). "Incorporating Spatial Variation in Housing Attribute Prices: A Comparison of Geographically Weighted Regression and the Spatial Expansion Method", *Journal of Geographical Systems*, 9, pp. 7-27.

Foody, G.M. (2004). "Thematic map comparison: Evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70, pp. 627-633.

Fotheringham, A., Crespo, R., & Yao, J. (2015). "Exploring, modelling and predicting spatiotemporal variations in house prices", *The Annals of Regional Science*, 54, pp. 417-436.

Geng, J., Cao, K., Yu, L., & Tang, Y. (2011). "Geographically Weighted Regression model (GWR) based spatial analysis of house price in Shenzhen", Proceedings - 19th *International Conference on Geoinformatics, 2011*, pp. 1-5.

Hataminejad, H., Vahedian Beiki, L., Parnoon, Z. (2014). "The spatial distribution pattern of urban services measurement in fifth region of Tehran using Entropy and Williamson models", *GeoRes*, 29(3), pp.17-28. (in Persian)

Heyman, A. & Sommervoll, D. (2019). "House prices and relative location", *Cities*, 95, 102373.

Huang, B., Wu, B., & Barry, M. (2010). "Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices", *International Journal of Geographical Information Science*, 24(3), pp. 383-401.

Huang, B., Zhang, L., & Wu, B. (2009). "Spatiotemporal analysis of rural–urban land conversion", *International Journal of Geographical Information Science*, 23(3), pp. 379-398.

Kaghaziyan, S., Naghadi, Y., & Pashaei, H. (2015). "An Analysis of the Effects of Exchange Rate Fluctuations on Housing Investment in Iran", *Economic Strategy*, 4(12), pp. 181-196. (in Persian)

Koohpayma, J., Argany, M., & Samani, N. (2020). "Apartments Price Estimation using Linear and Geographically Weighted Regression (Case Study: District six of Tehran city)", *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 8(2), pp. 347-369. (in Persian)

Kozechi, H. (2014). *Investment strategy in the Iranian housing market Focus on developments and prospect for 2014 and 2015*, Tehran, The world of economy Press. (in Persian)

Liu, J., Yang, Y., Xu, S., Zhao, Y., Wang, Y., & Zhang, F. (2016). "A Geographically Temporal Weighted Regression Approach with Travel Distance for House Price Estimation", *Entropy*, 18, 303.

Maleki, B. (2016). *Iran housing market analysis*, Tehran, Industrial management institute Press. (in Persian)

Nemati, M., Salehi, R., & Hamidi, G. (2011). "Evaluation and ranking of urban development based on TOPSIS and GIS techniques (Case Study: Tehran's 22 regions)", *Geographic Thought*, 5(10), pp. 103-125. (in Persian)

Nikpour, A., Rezazadeh, M., & Allahgholi Tabar Nashli, F. (2019). "Analysis of the role of factors affecting land prices using geographically weighted regression model (A case study for Babolsar City, Iran)", *Journal of Geography and Urban Planning*, 9, pp. 93-112. (in Persian)

Pishgar, E. & Mohammadi, A. (2020). "An analysis of changes in housing indicators in the metropolis of Tehran during the period 2009-2019", *Urban Economics and Planning*, 1(2), pp. 106-118. (in Persian)

Pourmohammadi, M., Hakimi, H., & Mirzaie, A. (2018). "Studying the Relationship between Building Density and Land Price: Case Study of the Municipal Zone 1 of Tabriz Metropolis", *Journal of Geography and Urban Space Development*, 4, pp. 169-188. (in Persian)

Rahnama, M. R., Asadi, A., & Razavi, M. M. (2014). "Spatial Analysis of Mashhad's House Price Using Geographically Weighted Regression", *Urban ecology research*, 4, pp. 73-84. (in Persian)

Saremi, H., Heydari, M., & Aghaei, F. (2018). "A Spatial Analysis of Housing Prices Using Geographically Weighted Regression (A Case Study for District 2 of Tehran Metropolitan City, Iran)", *Urban Economics*, 3, pp. 19-38. (in Persian)

Shabanpoor, Z., Shokrgozar, A., & Jafarimehrabi, M. (2019). "Factors Affecting the Prices of Housing (A Case Study of Rasht)", *Territorial Planning*, 12(46), pp. 63-82. (in Persian)

Sori, D. & Moniri Javid, S. (2011). "Estate pricing model, an application of geographic
balanced regression", *Urban Management*, 9, pp. 28-27. (in Persian)

Tobler, W. R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46(sup1), pp. 234-240.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی