Journal of Structural and Construction Engineering, 10(1), 2023, pp. 172-189

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Housing Price Estimation Models for the City of Tehran to Manage the Risk of Construction Projects

Shiva Hoseini Ramandi[1], Hamed Kashani[2]*

1- PhD Candidate, Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

ABSTRACT

This study explores multiple mathematical models for estimating house prices in Tehran, Iran. Estimation of house prices is vital from various perspectives. Estimated prices can be used in the planning, design, and construction of residential building projects. Based on the estimated future prices of residential units, investors and constructors can conduct an investment analysis and mitigate the risk of the financial failure of residential projects. Reducing the investment risk of residential projects can lead to jobs creation and economic growth. Several factors such as previous house prices, population changes, house construction costs, and seasonal effects can significantly affect house prices. In this research, first, the macro and microeconomic factors that affect house prices were reviewed, and relevant data were collected. The next step was data preparation and pre-processing. Then, the data was used to train several models using regression and time series analysis models, namely Autoregressive Integrated Moving Average and Vector Autoregression. The current house prices can be estimated using the regression model based on a set of independent variables such as the age of the building. The ARIMA model receives the output of the regression model and estimate house price in the subsequent year. Alternatively, the Vector Autoregression model can be used independently to estimate future prices. To compare the performance of the models, their error was measured by two methods: Mean Absolute Percentage Error and Relative Standard Error. The error of the Autoregression model is less than the combination of regression and ARIMA models because in the Autoregression model, the effect of independent variables is directly applied in the model. The models developed in this research can help decision-makers, investors, developers, homebuyers, and financial institutes obtain appropriately estimated prices and make informed decisions in construction projects.

ARTICLE INFO

Receive Date: 18 July 2021
Revise Date: 21 February 2022
Accept Date: 28 June 2022

Keywords:
Estimation
House Price
Regression
ARIMA
Vector Regression

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2022.294445.2496

*Corresponding author: Hamed Kashani
Email address: hamed.kashani@sharif.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

مدلی ترکیبی برای تخمین قیمت مسکن: مطالعه موردی شهر تهران

شیوا حسینی رامندی[۱]، حامد کاشانی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

۲-استادیار، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

چکیده

هدف این مطالعه ایجاد مدل ترکیبی برای تخمین قیمت مسکن در شهر تهران است. تخمین قیمت مسکن از جنبه‌های متعدد مهم است. قیمت تخمینی مسکن بر نحوه‌ی برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت مسکن تأثیر می‌گذارد. با آگاهی از قیمت تخمینی مسکن، سرمایه‌گذاران و سازندگان مسکن می‌توانند میزان سود یا ضرر خود را تخمین بزنند و با ریسک کمتری سرمایه‌گذاری کنند. کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در مسکن باعث ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر، رشد اقتصادی و کاهش معضل‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از کمبود مسکن با کیفیت و قیمت مناسب می‌شود. عوامل متعددی مانند قیمت دوره‌ی قبل مسکن، تغییرات جمعیت، هزینه‌ی ساخت مسکن و تغییرات فصل تأثیر معناداری بر قیمت مسکن دارند. در این پژوهش، ابتدا عوامل کلان و اقتصاد خرد که بر قیمت مسکن تأثیر می‌گذارند بررسی و داده‌های مربوطه جمع‌آوری شد. در مرحله بعدی، داده‌ها غربال‌گری و آماده‌سازی شد. سپس، از داده‌ها برای توسعه مدل‌های رگرسیون[۱] و مدل‌های سری زمانی شامل میانگین متحرک خودهمبسته‌ی یکپارچه (آریما)[۲] و اتورگرسیون برداری[۳] استفاده شد. با استفاده از مدل رگرسیون می‌توان قیمت مسکن در سال‌های مختلف را بر اساس مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل محاسبه کرد. مدل آریما خروجی مدل رگرسیون را دریافت می‌کند و قیمت مسکن را در سال‌های بعد تخمین می‌زند. از طرف دیگر، مدل اتورگرسیون برداری نیز می‌تواند به‌صورت مستقل برای تخمین قیمت مسکن استفاده شود. برای مقایسه عملکرد مدل‌ها، میزان خطای آن‌ها به دو روش درصد میانگین مطلق خطا[۴] و خطای استاندارد نسبی[۵] اندازه‌گیری شد براساس این اندازه‌گیری، میزان خطای مدل اتورگرسیون برداری از ترکیب مدل رگرسیون و آریما کمتر است زیرا در مدل اتورگرسیون برداری، تأثیر متغیرهای مستقل به‌طور مستقیم در مدل اعمال شده است. مدل‌های ساخته‌شده در این پژوهش به سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران، توسعه‌دهندگان، خریداران مسکن و مؤسسات مالی کمک می‌کند تا قیمت مسکن را تخمین بزنند و آگاهانه در خصوص سرمایه‌گذاری در مسکن تصمیم بگیرند.

کلمات کلیدی: تخمین، قیمت مسکن، رگرسیون، آریما، اتورگرسیون برداری.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	doi:	https://doi.org/10.22065/jsce.2022.294445.2496
۱۴۰۰/۰۴/۲۷	۱۴۰۰/۱۲/۰۲	۱۴۰۱/۰۴/۰۷	۱۴۰۱/۰۴/۰۷	۱۴۰۲/۰۲/۳۱		10.22065/jsce.2022.294445.2496

***نویسنده مسئول:** حامد کاشانی

پست الکترونیکی: hamed.kashani@sharif.ir

[1] Regression
[2] Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)
[3] Vector Autoregression (VAR)
[4] Mean Absolute Percentage Error (MAPE Error)x
[5] Mean Absolute Percentage Error (MAPE Error)
[5] Relative Standard Error (RSE Error)

۱- مقدمه

تخمین قیمت مسکن یکی از ورودی‌های مهم در فرآیند برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت ساختمان‌های مسکونی و نیز بازاریابی، فروش و پیش‌فروش آن‌ها است. با توجه به سهم قابل‌توجه مسکن در سبد دارایی بسیاری از عاملان اقتصادی، درک، شناخت، پیش‌بینی و استخراج دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن می‌تواند برای خریداران مسکن و یا سرمایه‌گذاران بالقوه مسکن مفید باشد. تخمین مناسب از قیمت مسکن به سرمایه‌گذاران و سازندگان در اخذ تصمیم‌های مؤثر و بهینه یاری می‌رساند. سرمایه‌گذاران و سازندگان با آگاهی از قیمت تخمینی مسکن می‌توانند تحلیل کنند که آیا سود حاصل از فروش مسکن در سطح مطلوب است یا خیر؛ بنابراین، با آگاهی از قیمت مسکن، سرمایه‌گذاران می‌توانند در مورد زمان و چگونگی تخصیص سرمایه به پروژه‌های ساختمانی مسکونی و نیز متناسب‌سازی پروژه‌ها با نیازها و توانایی مالی خریداران تصمیم‌گیری کنند [۱]. بانک‌ها نیز می‌توانند بر اساس قیمت تخمینی واحدهای مسکونی، در خصوص ارائه تسهیلات برای ساخت و خرید مسکن تصمیم‌گیری کنند [۲]. به‌علاوه، تخمین قیمت مسکن صاحبان املاک را از ارزش دارایی خود آگاه می‌سازد و به خریداران مسکن نیز کمک می‌کند که ارزش واحدهای مسکونی مدنظر خود را تعیین کنند. به‌این‌ترتیب، تخمین قیمت واحدهای مسکونی می‌تواند به ذی‌نفعان و فعالان بازار مسکن در تصمیم‌گیری در خصوص خرید یا فروش واحدهای مسکونی یاری رساند. افزایش دقت تخمین قیمت ساختمان‌ها می‌تواند منافع بسیاری برای ذی‌نفعان داشته باشد. افزایش دقت تخمین‌ها و کاهش خطاهای تخمین، می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری در بازار مسکن را کاهش و جذابیت این بازار را برای سرمایه‌گذاران افزایش دهد. کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و افزایش سرمایه‌گذاری در بازار مسکن می‌تواند مزایای متعدد ازجمله ایجاد فرصت‌های شغلی، رشد اقتصادی و کاهش‌های معضل‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از کمبود مسکن با کیفیت و قیمت مناسب داشته باشد.

در چند دهه‌ی گذشته، قیمت مسکن در تهران و شهرهای بزرگ کشور نوسان زیادی داشته است و چندین دوره رشد قیمت را تجربه کرده است [۳]. عواملی مانند قیمت دوره‌ی قبل مسکن، بازدهی سایر بازارها مانند رشد شاخص قیمت مصرف‌کننده تعدیل‌شده، تغییرات جمعیت، میزان عرضه مسکن یا پروانه‌های ساختمانی صادرشده و تغییرات فصل اثر معناداری بر تغییرات قیمت مسکن دارند. هزینه‌های ساخت‌وساز ساختمان‌های مسکونی نیز بر قیمت مسکن مؤثر است [۴]–[۶]. هزینه‌های ساخت‌وساز به دلیل عوامل مختلفی ازجمله تورم، تغییر در هزینه‌های مواد و نیروی کار، پویایی عرضه و تقاضا و تبادل ارز، دچار نوسان‌های قابل‌توجهی می‌شود [۵]. عواقب این نوسان‌ها نیز قابل‌توجه است. به‌عنوان‌مثال، افزایش هزینه‌های ساخت‌وساز می‌تواند منجر به افزایش قیمت واحدهای مسکونی نوساز شود که به‌نوبه خود ممکن است منجر به کاهش تقاضای تسهیلات مسکن و کاهش بازدهی سرمایه‌گذاری شود. نتایج تحلیلی با استفاده از مدل اتورگرسیون برداری[6] نشان می‌دهد که تکانه واردشده از قیمت نفت به‌اندازه ۷۸ درصد باعث افزایش قیمت مسکن در ایران در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۶۳ شده است. تکانه واردشده از سمت نرخ ارز و تحریم باعث افزایش ۱۷۴ و ۸۳ درصدی قیمت مسکن شده است [۷]. سیاست‌گذاران با آگاهی از نحوه و میزان تأثیر هرکدام از این عوامل بر قیمت مسکن، می‌توانند سیاست‌های مناسبی برای کنترل قیمت مسکن اتخاذ کنند.

پژوهشگران در مطالعات پیشین مدل‌های متنوعی را برای تخمین قیمت مسکن ارائه کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال، مطالعات پیشین قیمت مسکن را با استفاده از روش رگرسیون[7] در انگلستان [۸]، با کمک روش شبکه عصبی در کانادا، کره و ترکیه [۹]–[۱۱] و با روش آریما[8] در لیتوانی [۱۲] تخمین زده‌اند. در ایران نیز، برای تخمین قیمت مسکن مطالعاتی انجام‌شده است. برای این منظور، برخی از پژوهش‌های پیشین مانند امان‌پور و همکاران [۱۳] از روش رگرسیون استفاده کرده‌اند. برخی دیگر از پژوهش‌های پیشین نیز [۱۴]–[۱۷] به توسعه مدل‌هایی به روش هدانیک پرداخته‌اند. هم‌چنین، در مطالعات گذشته، از روش شبکه عصبی [۱۳], [۱۶]–[۱۹] و نیز روش سری زمانی [۴] برای تخمین قیمت مسکن استفاده‌شده است.

[6] Vector Autoregression (VAR)
[7] Regression
[8] Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

بررسی مدل‌های ارائه‌شده در ادبیات فنی نشان می‌دهد که کاستی‌هایی در مطالعات پیشین وجود دارد. اغلب مدل‌های موجود مانند مدل‌های ارائه‌شده توسط سعادت‌مهر [۱۴]، کوه‌پیما و همکاران [۲۰] و شریفی [۲۱] متغیرهای توصیف‌کننده[9] انگشت‌شماری مانند مشخصات ساختمان، قیمت زمین، هزینه ساخت و قیمت دوره قبل را به‌عنوان عوامل اثرگذار بر قیمت مسکن در نظر می‌گیرند. درحالی‌که عوامل زیادی مانند تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت، تولید ناخالص، تورم، نرخ غیررسمی ارز، جمعیت، پروانه ساخت و تسهیلات بانک مسکن نیز تأثیر قابل‌توجهی بر قیمت مسکن دارند [۲۲]، [۲۳]. هم‌چنین، اغلب مطالعات پیشین، خصوصاً مطالعاتی که با تمرکز بر تخمین قیمت مسکن در ایران ارائه‌شده‌اند، تغییرات قیمت و پارامترهای توصیف‌کننده در طول زمان مانند تولید ناخالص، تورم، نرخ غیررسمی ارز، جمعیت و هزینه‌ی ساخت را نادیده گرفته‌اند. این در حالی است که نادیده گرفتن رفتار و تغییرات عوامل توصیف‌کننده و توصیف‌شده[10] در طول زمان می‌تواند منجر به ساخت مدل‌هایی شود که در توصیف روندها و تغییراتی که در طول زمان اتفاق می‌افتند ناتوان هستند. هر مجموعه داده، از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرد. داده‌های سری زمانی تغییرات یک متغیر را در طول زمان و تحت تأثیر عوامل گوناگون نشان می‌دهند. به همین دلیل، ضروری است که علاوه بر مدل‌های رگرسیون، از مدل‌های سری زمانی قیمت مسکن برای تخمین این متغیر در آینده استفاده شود.

برای رفع کاستی مذکور، در این پژوهش از روش تحلیل سری‌های زمانی مانند آریما و اتورگرسیون برداری در کنار روش رگرسیون استفاده خواهد شد. هدف این پژوهش ارائه‌ی مدل‌هایی ترکیبی برای تخمین قیمت آینده مسکن در شهر تهران است. برای این منظور، ابتدا عوامل مؤثر بر قیمت مسکن بررسی و داده‌های مربوطه جمع‌آوری شد. پس از غربالگری و آماده‌سازی داده‌ها، از آن‌ها برای توسعه مدل‌های رگرسیون و مدل‌های سری زمانی شامل میانگین متحرک خودهمبسته‌ی یکپارچه (آریما) و اتورگرسیون برداری استفاده شد. درنهایت، عملکرد هر مدل نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. روش رگرسیون یک رابطه بین متغیر وابسته با یک یا چند متغیر مستقل برقرار می‌کند [۲۴]. مدل‌های آریما با کمک سه مؤلفه شامل مقادیر با تأخیر متغیر، مقادیر با تأخیر خطا و درجه ادغام مقدار متغیر را تخمین می‌زنند [۲۵]. روش اتورگرسیون برداری نیز با داشتن متغیرها با تأخیرهای زمانی یک مدل خطی بین متغیرهای سری زمانی ایجاد می‌کند. بر اساس نتیجه‌ی این پژوهش، برخی از متغیرهای مؤثر بر قیمت مسکن در شهر تهران عبارت‌اند از تولید ناخالص، تورم، تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت، نرخ غیررسمی ارز، جمعیت، پروانه ساخت، تسهیلات بانک مسکن و هزینه‌ی ساخت. بر اساس این متغیرها و با استفاده از مدل رگرسیون، قیمت مسکن در سال‌های مختلف محاسبه و سپس، با استفاده از مدل آریما، قیمت مسکن در سال بعد تخمین زده می‌شود. هم‌چنین، یک مدل دیگر برای تخمین قیمت مسکن با استفاده از روش اتورگرسیون برداری توسعه پیدا می‌کند. می‌توان قیمت مسکن را به هر دو روش تخمین زد و عملکرد آن‌ها را در مقایسه با یکدیگر مشاهده نمود. دستاورد این پژوهش چندین مدل ترکیبی است که با روش‌های مختلف توسعه پیدا کرده تا با استفاده‌ی ترکیبی از چند مدل، خطای تخمین کاهش یابد.

ساختار باقی‌مانده مقاله به شرح ادامه است. در ابتدا، مروری بر ادبیات فنی ارائه‌شده و خلأهای موجود در پژوهش‌های گذشته ذکرشده است. سپس، مدل‌های رگرسیون، آریما و اتورگرسیون برداری برای توسعه انتخاب می‌شوند. برای توسعه‌ی مدل‌ها، داده‌ها جمع‌آوری و آماده‌سازی می‌شوند. در آخر، بهترین مدل انتخاب‌شده و نتایج آن به‌صورت نمودار و جدول ارائه می‌شود.

۲- کارهای گذشته

طی سال‌های گذشته، مطالعات قابل‌توجهی در مورد مدل‌سازی و برآورد قیمت مسکن در سراسر دنیا و ایران انجام‌شده است. روش‌های تخمین در دو گروه مختلف به‌صورت کلاسیک و مدرن از هم تفکیک‌شده‌اند [۲۶]. روش رگرسیون چندگانه[11] [۸] و روش رگرسیون گام‌به‌گام[12][۲۷] برخی از نمونه‌های روش‌های کلاسیک است. روش رگرسیون چندگانه یک رابطه بین متغیر وابسته با چند متغیر مستقل برقرار می‌کند [۲۴]. در رگرسیون گام‌به‌گام، هر متغیر بنا به اهمیتی که در مدل رگرسیونی دارد، در مدل وارد می‌شود و در گام

[9] Explanatory Variables
[10] Explained Variable
[11] Multiple regression method
[12] Stepwise regression method

بعدی ممکن است به دلیل وجود ارتباط بین برخی از متغیرهای مستقل از مدل خارج شود [۲۸]. روش‌های مدرن روند فکری بازیگران بازار را شبیه‌سازی می‌کنند. روش‌های مدرن مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی[۱۳] [۲۹] و روش میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه (آریما) [۲۵] هستند. روش شبکه عصبی یکی از متداول‌ترین روش‌های استخراج داده است [۳۰]–[۳۳]. در مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با الهام گرفتن از مغز انسان، از ساختاری ریاضی استفاده می‌کنند و آن را بهینه کرده تا رفتار مناسبی از خود نشان دهد [۳۴]. مدل آریما برای تحلیل سری‌های زمانی به‌کار می‌رود و به شکل کلی ARIMA(p, d, q) نشان داده می‌شود. P بیانگر تعداد عبارات خودهمبسته، d نشانگر تفاضل موردنیاز برای ماناسازی سری زمانی و q میانگین متحرک خطای تخمین قبلی در مدل است [۳۵]. اخیراً بسیاری از محققان با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی، فرآیندهای مدیریت ساخت‌وساز ازجمله تخمین قیمت مسکن را مدل می‌کنند. علاوه بر این، در مطالعات گذشته، روش‌های دیگری نیز مانند رگرسیون نیمه پارامتری[۱۴] [۳۶]، روش دوگانه[۱۵] [۳۷] و منطق فازی[۱۶] [۳۸]–[۴۱] استفاده‌شده است.

در بسیاری از کشورهای سراسر جهان، مطالعاتی درباره‌ی قیمت مسکن انجام‌شده است. سیکویرا[۱۷][۹] با استفاده از روش شبکه عصبی قیمت ساختمان‌های فولادی پیش‌ساخته کوتاه مرتبه در کانادا را تخمین می‌زند. وی از داده‌هایی استفاده می‌کند که از ۷۵ پروژه ساختمانی طی یک دوره ۳ ماهه جمع‌آوری‌شده است. او یک سیستم نرم‌افزاری به نام ACE طراحی کرده است که می‌تواند به‌صورت خودکار و با توجه به مشخصات ساختمان، قیمت ساختمان را تخمین بزند.

کیم[۱۸] و همکاران [۱۰] مدلی مبتنی بر شبکه‌های مصنوعی عصبی که قیمت مسکن را تخمین می‌زند توسعه داده‌اند. آن‌ها از داده‌های ۵۳۰ ساختمان مسکونی ساخته‌شده در کره در یک دوره ۴ ساله از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۰ برای ارزیابی مدل استفاده کرده‌اند. بر اساس این پژوهش، عواملی ازجمله سال ساخت، مساحت طبقات، نوع سقف و نوع پی بر قیمت مسکن تأثیر دارند.

در پژوهش دیگری، لوو[۱۹] و همکاران [۸] قیمت مسکن در انگلستان را با توسعه مدل‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی تخمین زدند. آن‌ها از ۲۸۶ مجموعه داده که در انگلستان جمع‌آوری‌شده بود استفاده کردند. از ۴۱ متغیر مستقل استفاده شد و مشخص شد که پنج متغیر از بقیه مهم‌تر بودند. این متغیرها عبارت‌اند از مساحت داخلی، عملکرد، سن سازه، تأسیسات مکانیکی و شمع‌بندی سازه.

مطالعه مشابهی در ترکیه [۱۱] انجام‌شده است که مدل شبکه عصبی را آموزش می‌دهد و آزمایش می‌کند. این مدل برای تخمین قیمت سیستم‌های سازه‌ای بتنی مسلح در ساختمان‌های مسکونی ۴-۸ طبقه ساخته‌شده و با استفاده از داده‌های ۳۰ پروژه مورد آزمایش قرارگرفته است. در این پژوهش، هشت متغیر مستقل شامل مساحت ساختمان، تعداد طبقات و نوع پی برای مدل‌سازی مورداستفاده قرارگرفته و دقت تخمین ۹۳ درصد تعیین‌شده است.

هم‌چنین، جادویشوز[۲۰] و هاستون[۲۱] [۱۲] به بررسی تغییرات قیمت مسکن و تخمین آن در لیتوانی[۲۲] پرداخته‌اند. برای این منظور، از داده‌های سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۱۳ استفاده‌شده است. داده‌های ۱۲ ماه آخر برای اعتبارسنجی خارجی استفاده‌شده است. روش مورداستفاده در پژوهش آن‌ها آریما است. آن‌ها ثابت کرده‌اند که مدل آریما روش خوبی برای تخمین قیمت در آینده بر اساس داده‌های گذشته است.

در ایران نیز، از روش‌های مختلفی برای تخمین قیمت مسکن استفاده‌شده است. عسگری و قادری [۱۵] از مدل هدانیک برای تعیین قیمت روز مسکن در شهر تهران با توجه به ویژگی‌های آن استفاده کرده‌اند. داده‌های موردنیاز آن‌ها از پرسش‌نامه هزینه-درآمد

[13] Artificial neural networks (ANN)
[14] Semi-parametric regression
[15] Hedonic method
[16] Fuzzy logic
[17] Siqueira
[18] Kim
[19] Lowe
[20] Jadevicius
[21] Huston
[22] Lithuanian

۱۲۳۲۰ خانوار نمونه شهری کشور در سال ۱۳۷۹ به‌دست‌آمده است. آن‌ها از فرم‌های خطی، نیمه لگاریتمی، لگاریتمی دوبل و مدل کاکس-باکس استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد که اسکلت فلزی بودن بنا، سیستم حرارت مرکزی، بتن آرمه‌ای بودن اسکلت، کولر و گاز داشتن واحد مسکونی در تعیین قیمت مسکن دارای اهمیت هستند.

عسگری و الماسی [۶] در مطالعه‌ای به بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در بلندمدت و نوسان‌های آن در کوتاه‌مدت در بین استان‌های کشور و در دوره زمانی ۱۳۷۰-۱۳۸۵ پرداخته‌اند. برای این منظور، از روش داده‌های ترکیبی یا تابلویی استفاده کرده‌اند. بر اساس تحلیل آن‌ها، عواملی ازجمله شاخص قیمت بازار اوراق بهادار، سطح عمومی قیمت‌ها در دوره قبل، قیمت زمین، هزینه ساخت، قیمت نفت، مقدار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، مخارج خانواده و نرخ سود وام‌های بانکی بیشترین تأثیر را در نوسان قیمت مسکن دارند. قیمت مسکن در دوره‌های قبل، تعداد خانوار، شاخص بازار اوراق بهادار، مخارج خانوار و قیمت طلا و زمین نیز ازجمله عوامل مؤثر در بلندمدت هستند. هم‌چنین، قیمت زمین، سطح عمومی قیمت‌های دوره‌ی قبل، نرخ سود وام‌های بانکی و قیمت نفت عواملی هستند که به ترتیب بیشترین تأثیر را در قیمت مسکن و نوسان آن دارند.

سعادت‌مهر [۱۴] در پژوهشی، بر اساس ویژگی‌های فیزیکی، محیطی و دسترسی مسکن، تابع قیمت روز مسکن شهری در خرم‌آباد را ارائه کرده است. برای جمع‌آوری داده از اطلاعات معاملات انجام‌شده در بنگاه‌های شهر خرم‌آباد و در بازه زمانی نیمه دوم سال ۱۳۸۶ و نیمه اول سال ۱۳۸۷ استفاده‌شده است. او با استفاده از مدل هدانیک، قیمت روز مسکن شهری را تخمین زده است. نتایج تحقیق او نشان داد که امنیت اجتماعی، مساحت زمین، بر ساختمان، اسکلت، نما، عرض کوچه، فاصله تا مرکز شهر و پارکینگ، عمر ساختمان و تعداد اتاق‌ها بر قیمت مسکن تأثیر دارند.

در پژوهش دیگری، خلیلی‌عراقی و نوبهار [۱۶] نیز بر اساس عوامل فیزیکی، محیطی و دسترسی مسکن، قیمت مسکن در شهر تبریز را تخمین زده‌اند. جامعه آماری شامل ۳۳۰ نمونه از واحدهای مسکونی آپارتمانی شهر تبریز است. قیمت‌ها برای شش ماه اول سال ۱۳۸۹ و با کمک پرسش‌نامه یا مصاحبه مستقیم با مشاورین املاک جمع‌آوری‌شده است. از ۳۱۰ نمونه برای مدل‌سازی و از ۲۰ نمونه برای ارزیابی قدرت تخمین مدل استفاده‌شده است. آن‌ها از دو مدل رگرسیون هدانیک[۲۳] و شبکه عصبی مصنوعی استفاده، متغیر هدف را به اجزای تشکیل‌دهنده آن تجزیه و ارزش اجزای آن را در بازار مشخص کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تأسیسات رفاهی مانند سالن اجتماعات و استخر، تعداد اتاق‌ها، نمای ساختمان و نزدیکی به مراکز آموزشی از عوامل مهم تعیین‌کننده قیمت مسکن است.

امان‌پور و همکاران [۱۸]، عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در شهر اهواز را تعیین کرده‌اند و قیمت روز را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تخمین زده‌اند. در این پژوهش، قیمت ۲۳۳ واحد در سال ۱۳۹۲ و ۱۶ متغیر مؤثر بر آن مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی میزان تأثیرگذاری عوامل مختلف، از روش رگرسیون خطی گام‌به‌گام استفاده‌شده است. دقت شبکه عصبی مصنوعی در تخمین قیمت مسکن در شهر اهواز به میزان ۹۱ درصد تعیین شد و مقدار زیربنا و دسترسی به‌عنوان مؤثرترین عوامل مشخص شدند.

موسوی و درودیان [۴] در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر نوسان قیمت مسکن در تهران پرداخته‌اند. در پژوهش آن‌ها، تأثیر قیمت زمین، هزینه ساخت، نرخ بهره حقیقی، سرانه ساختمان‌های مسکونی تکمیل‌شده، نقدینگی و بازدهی بازارهای رقیب بر قیمت مسکن اندازه‌گیری شده است. برای این منظور، از داده‌های فصلی و روش سری‌های زمانی ساختاری و الگوریتم کالمن فیلتر استفاده‌شده است. بر اساس دستاوردهای این پژوهش، عوامل مؤثر بر قیمت مسکن عبارت‌اند از قیمت زمین، هزینه ساخت، نرخ بهره حقیقی، سرانه ساختمان‌های مسکونی تکمیل‌شده، نقدینگی و بازدهی بازارهای رقیب.

در پژوهشی دیگر، فضلی‌زاده و همکاران [۱۹] مدلی برای تخمین وضعیت آتی مسکن ارائه کرده‌اند. سری زمانی داده‌های متوسط قیمت فروش یک مترمربع زیربنای واحد مسکونی به تفکیک مناطق ۲۲گانه شهر تهران به‌عنوان متغیر هدف استفاده‌شده و ۲۲ متغیر تأثیرگذار بر قیمت مسکن به‌عنوان متغیرهای مستقل جمع‌آوری‌شده است. این داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۳ هستند. در این پژوهش، از ترکیب روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده است. حجم نقدینگی، تسهیلات پرداختی

[23] Hedonic Regression

بانک مسکن، جمعیت و هزینه ساخت ازجمله عوامل مؤثر در نظر گرفته‌شده در این پژوهش هستند. در این پژوهش، ساختمان‌ها به سه دسته حداقلی، متوسط و لوکس دسته‌بندی شده‌اند و نتیجه حاصل‌شده نشان می‌دهد که ساختمان‌های حداقلی و متوسط افت قیمت و رکود کمتری را تجربه می‌کنند.

امان‌پور و همکاران [۱۳] در ادامه مطالعات خود، روش شبکه عصبی مصنوعی را با روش رگرسیون چندمتغیره در تخمین قیمت مسکن در شهر اهواز مقایسه کرده‌اند. داده‌های مورداستفاده شامل ۲۳۳ واحد در سال ۱۳۹۲ و ۱۶ متغیر مستقل است. هم‌چنین، مقایسه شبکه عصبی مصنوعی با مدل هدانیک برای قیمت مسکن در شهر اهواز توسط قربانی و افقه [۱۷] نیز انجام‌شده است. این پژوهش با استفاده از داده‌های قیمت ۲۸۶ واحد مسکونی و ۲۷ متغیر مؤثر بر قیمت مسکن انجام‌شده است. نتایج این پژوهش‌ها نشان‌دهنده‌ی این است که روش شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بیشتری نسبت به روش رگرسیون چندمتغیره و هدانیک است.

اثنی‌عشری و همکاران [۴۲] به بررسی عوامل تعیین‌کننده قیمت مسکن پرداخته‌اند. برای این منظور، از داده‌های موجود در ماه‌نامه‌های آماری مرکز آمار ایران و سایت مرکز آمار در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ و یک فصل از سال ۱۳۹۶ استفاده کرده‌اند. آن‌ها از مدل‌های اقتصادسنجی و سیستم دینامیکی استفاده کرده‌اند. ضرایب مدل ساختاری اقتصادسنجی را تخمین زده و مدل‌ها را مقایسه کرده‌اند. سپس، از مدل خطی لگاریتمی بهره برده‌اند. درنهایت، با محاسبه ضرایب کوتاه و بلندمدت، جواب عمومی معادله سیستم‌های دینامیکی را تعیین کرده‌اند. قیمت زمین، نرخ بهره، درآمد خانوار، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دستمزد کارگران به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قیمت مسکن شناسایی شدند.

کوه‌پیما و همکاران [۲۰] چگونگی تغییرات قیمت مسکن در شهر تهران را بر اساس پارامترهای مؤثر مختلف بررسی و با استفاده از رگرسیون خطی و وزن‌دار جغرافیایی، مدلی برای تخمین قیمت مسکن در منطقه ۶ شهر تهران ارائه کرده‌اند. برای این منظور، از قیمت مسکن در سال ۱۳۹۷ استفاده‌شده است. پارامترهای مؤثر شامل سن بنا، روز سال، زیربنا، آسانسور، طبقه و موقعیت جغرافیایی هستند. بر اساس نتایج این پژوهش، روش رگرسیون جغرافیایی نتایج دقیق‌تری نسبت به رگرسیون معمولی دارد.

شریفی [۲۱] با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین، مدل‌هایی برای تخمین قیمت واحدهای مسکونی ارائه داده است. اطلاعات واحدهای مسکونی مناطق ۲۲گانه شهر تهران از اواخر سال ۱۳۹۸ تا اواسط سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری شدند و برای مدل‌سازی مورداستفاده قرار گرفتند. عملکرد مدل‌های ایجادشده بررسی و مقایسه شدند تا بهترین مدل مشخص شود. این مدل مشخصات ساختمان شامل مساحت زیربنا، تعداد طبقات، نوع مصالح، موقعیت ساختمان و مانند آن را دریافت می‌کند و قیمت فروش را با توجه به شرایط بازار تخمین می‌زند. در جدول ۱، خلاصه‌ای از برخی کارهای انجام‌شده در ایران در سال‌های گذشته آورده شده است:

جدول ۱: خلاصه برخی از مطالعات انجام‌شده در ایران.

عنوان	روش	نمونه متغیرهای مستقل
مدل‌های یادگیری ماشین برای تخمین قیمت مسکن (شریفی، ۱۴۰۰)	الگوریتم یادگیری ماشین	مساحت زیربنا، تعداد طبقات، نوع مصالح و موقعیت ساختمان
تخمین قیمت آپارتمان با استفاده از رگرسیون خطی و وزن‌دار جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ۶ شهر تهران) (کوه‌پیما و همکاران، ۱۳۹۹)	رگرسیون خطی و وزن‌دار جغرافیایی	سن بنا، روز سال، زیربنا، آسانسور، طبقه و موقعیت جغرافیایی
مدل‌سازی قیمت مسکن و بررسی عوامل مؤثر بر آن با به‌کارگیری روش‌های اقتصادسنجی و سیستم‌های دینامیکی (اثنی‌عشری و همکاران، ۱۳۹۸)	مدل‌های اقتصادسنجی و سیستم دینامیکی- مدل خطی لگاریتمی	قیمت زمین، نرخ بهره، درآمد خانوار، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دستمزد کارگران ساختمانی
پیش‌بینی قیمت مسکن برای شهر اهواز: مقایسه مدل هدانیک با مدل شبکه عصبی مصنوعی (قربانی، افقه، ۱۳۹۶)	هدانیک –شبکه عصبی مصنوعی	بالکن، آسانسور، پارکینگ، قدمت، اتاق، دسترسی و موقعیت مکانی

مقایسه عملکرد شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره در تخمین قیمت مسکن (مطالعه موردی: شهر اهواز) (امان پور و همکاران، ۱۳۹۶)	شبکه عصبی مصنوعی - رگرسیون چندمتغیره	زیربنای ساختمان (متراژ)، دسترسی، نرخ جمعیت، متراژ، قدمت، واحد، اتاق، آسانسور
ارائه مدلی به‌منظور پیش‌بینی چرخه‌های تجاری بازار سرمایه‌گذاری مسکن به کمک متغیرهای اقتصادی پیشرو با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک (فضلی زاده و همکاران، ۱۳۹۵)	شبکه‌های عصبی مصنوعی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک	جمعیت، تعداد خانوار، پروانه‌های ساختمانی، تسهیلات بانک مسکن، قیمت سکه
تحلیل عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در شهر تهران (موسوی، درودیان، ۱۳۹۴)	سری‌های زمانی ساختاری و الگوریتم کالمن فیلتر	قیمت زمین، هزینه ساخت، نرخ بهره حقیقی، سرانه ساختمان‌های مسکونی تکمیل‌شده، نقدینگی و بازدهی بازارهای رقیب
تخمین قیمت مسکن شهر اهواز با استفاده از شبکه عصبی (امان‌پور و همکاران، ۱۳۹۳)	شبکه عصبی مصنوعی	زیربنای ساختمان (متراژ)، دسترسی، نرخ جمعیت، متراژ، قدمت، واحد، اتاق، آسانسور
پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر تبریز: کاربرد مدل‌های قیمت هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی (خلیلی عراقی، نوبهار، ۱۳۹۰)	هدانیک- شبکه عصبی مصنوعی	دارا بودن سالن اجتماعات، دارا بودن استخر، تعداد اتاق‌ها، نمای ساختمان، فاصله تا مراکز آموزشی
تخمین تابع قیمت هدانیک مسکن شهری خرم‌آباد با داده‌های مقطعی (سعادت‌مهر، ۱۳۸۹)	هدانیک	امنیت اجتماعی، مساحت زمین، بر ساختمان، اسکلت، نما، عرض کوچه، فاصله تا مرکز شهر و پارکینگ، عمر ساختمان و تعداد اتاق‌ها
بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در مناطق شهری کشور به روش داده‌های تابلویی (طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۵) (عسگری، الماسی، ۱۳۸۸)	داده‌های تابلویی	شاخص قیمت بازار اوراق بهادار، سطح عمومی قیمت‌ها در دوره قبل، قیمت زمین، هزینه ساخت، قیمت نفت
مدل هدانیک تعیین قیمت مسکن در مناطق شهری ایران (عسگری، قادری، ۱۳۸۱)	هدانیک	اسکلت ساختمان، سیستم حرارت مرکزی، کولر و گاز

یکی از کاستی‌های مطالعات موجود این است که اکثر آن‌ها تعداد کمی از متغیرهای مستقل را برای مدل‌سازی انتخاب کرده‌اند. درواقع، بسیاری از پژوهش‌های پیشین عوامل محدودی را به‌عنوان عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در نظر می‌گیرند. هم‌چنین، بسیاری از مطالعات درزمینه‌ی تخمین قیمت مسکن در ایران تغییرات قیمت و پارامترهای توصیف‌کننده‌ی آن را در طول زمان در نظر نگرفته‌اند و مدل‌سازی نکرده‌اند. روش‌های مبتنی بر تحلیل سری‌های زمانی می‌توانند تغییرات یک متغیر را در طول زمان و تحت تأثیر عوامل گوناگون مدل‌سازی کنند. استفاده از روش‌های مبتنی بر سری‌های زمانی در کنار روش‌هایی مانند رگرسیون ممکن است منجر به تخمین بهتر قیمت مسکن شود. در این پژوهش، با استفاده از روش رگرسیون و نیز تحلیل سری‌های زمانی مدل‌هایی برای تخمین قیمت مسکن در آینده توسعه‌یافته است. ابتدا، یکی از این مدل‌ها با استفاده از روش رگرسیون قیمت مسکن در سال‌های مختلف را محاسبه می‌کند. سپس، با کمک یک مدل آریما، قیمت مسکن در سال‌های بعد تخمین زده می‌شود. مدل دیگری با استفاده از روش اتورگرسیون برداری برای تخمین قیمت آینده مسکن به‌طور جداگانه استفاده می‌شود. درنهایت، عملکرد مدل‌ها با یکدیگر مقایسه شده است.

۳- روش تحقیق

بعد از مرور کارهای گذشته و شناسایی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن، روند مدل‌سازی و تخمین قیمت مسکن را می‌توان در پنج مرحله دسته‌بندی کرد: جمع‌آوری داده‌ها، آماده‌سازی داده‌ها، تحلیل داده‌ها، توسعه‌ی مدل و اعتبارسنجی آن. این مراحل در شکل ۱ آورده شده‌اند. در مرحله‌ی جمع‌آوری داده، انبوهی از داده‌های اقتصاد خرد و کلان مربوطه جمع‌آوری می‌شود. بسیاری از داده‌ها باید به‌صورت داده‌های سری زمانی جمع‌آوری شوند. در مرحله‌ی بعد، باید اقداماتی برای آماده‌سازی داده‌ها انجام شود. به‌عنوان‌مثال، باید داده‌های پرت حذف شوند. در مرحله‌ی سوم، باید تحلیل داده انجام شود تا تعیین شود که آیا داده‌ها شرایط لازم مانند همبستگی و ایستایی[۲۴] برای

[24] Stationarity

مدل‌سازی را دارند. سپس، داده‌ها موردبررسی قرار می‌گیرند تا مشخص شود که آیا رابطه‌ی علیت و الگوهای زمانی با استفاده از روش‌های رگرسیون و تحلیل سری زمانی وجود دارد. در مرحله چهارم، مدل‌ها توسعه می‌یابند و در مرحله‌ی اعتبارسنجی نیز، عملکرد مدل‌ها با کمک بررسی دقت تخمین آن‌ها ارزیابی می‌شود. این مراحل در ادامه شرح داده‌شده‌اند:

شکل ۱: مراحل انجام تحقیق.

الف. جمع‌آوری داده‌ها

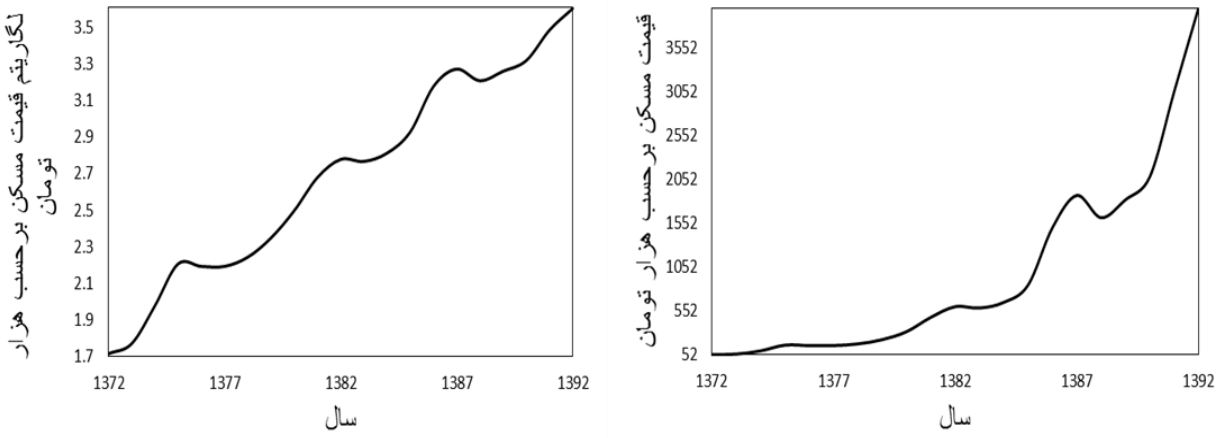
ابتدا با استفاده از مطالعات موجود در داخل ایران، متغیرهای مستقل شناسایی شدند. برخی از این متغیرها عبارت‌اند از: قیمت مسکن، تولید ناخالص، تورم، تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت، نرخ غیررسمی ارز، جمعیت، پروانه ساخت، تسهیلات بانک مسکن و هزینه‌ی ساخت. سپس، داده‌های مربوط به آن‌ها و هم‌چنین قیمت مسکن جمع‌آوری شد. منابع مختلف داده‌هایی را در مورد قیمت مسکن ارائه می‌دهند. درگاه ملی آمار [۴۳] و گروه سرمایه‌گذاری مسکن [۴۴] نمونه این منابع هستند. برای این مطالعه، داده‌های مربوط به قیمت ساختمان‌های مسکونی در تهران از گروه سرمایه‌گذاری مسکن جمع‌آوری و به‌عنوان داده‌های ورودی استفاده شدند. داده‌های جمع‌آوری‌شده مربوط به سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ است.

ب. آماده‌سازی داده

داده‌ها ممکن است نیاز به آماده‌سازی داشته باشند. به‌عنوان‌مثال، برخی از آن‌ها ممکن است پرت باشند که نیاز است حذف شوند. قبل از تحلیل داده‌ها و توسعه‌ی مدل، لازم است داده‌ها را از این لحاظ بررسی و غربالگری کرد. این اقدامات برای انواع داده‌های جمع‌آوری‌شده در این پژوهش انجام‌شده است.

ج. تحلیل داده

بسیاری از داده‌های سری زمانی به‌صورت فصلی توزیع می‌شوند. این نوع داده‌ها الگوریتم نوسان دوره‌ای دارند. در این مطالعه، قیمت مسکن در طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ در شکل ۲ رسم شده است و مشخص است که داده‌ها روند فصلی دارند. سپس، بسیاری از ترکیبات داده‌ها، ازجمله لگاریتم آن‌ها، اختلاف مرتبه اول، اختلاف مرتبه دوم و توان‌های مختلف داده‌ها ساخته‌شده است. علاوه بر داده‌های قیمت مسکن، لگاریتم آن‌ها نیز در شکل ۲ رسم شده است.



الف ب

شکل ۲ : (الف) قیمت مسکن در هرسال. (ب) لگاریتم قیمت مسکن در هرسال.

داده‌های موجود به دو دسته تقسیم می‌شوند: قسمت اول که شامل ۹۰ درصد داده‌ها است، برای ساخت مدل و ۱۰ درصد باقی داده‌ها برای اعتبارسنجی مدل استفاده می‌شوند؛ یعنی ابتدا مدل بر اساس قسمت اول این داده‌ها به‌دست‌آمده است. سپس، برای اندازه‌گیری دقت و اعتبارسنجی مدل و برای مقایسه قیمت‌های واقعی با خروجی مدل، از قسمت دوم داده‌ها استفاده‌شده است.

د. توسعه و اعتبارسنجی مدل‌ها

بعد از آماده‌سازی و تحلیل داده‌ها، زمان مدل‌سازی روند حرکت داده‌ها است. برای انجام این کار سه روش رگرسیون، آریما و اتورگرسیون برداری اتخاذشده است. مدل‌های مذکور با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده توسعه می‌یابند. نحوه استفاده از مدل‌ها به این شکل است که ابتدا با استفاده از مدل رگرسیون قیمت امسال و سال‌های قبل به‌دست می‌آید و سپس، با استفاده از مدل آریما قیمت سال بعد تخمین زده می‌شود. روش دوم برای تخمین قیمت سال آینده استفاده از مدل اتورگرسیون برداری است. در مرحله‌ی آخر، اعتبار مدل‌ها نیز سنجیده می‌شود. در قسمت بعدی نتایج حاصل از این سه روش مدل‌سازی بیان می‌شود.

۴- بحث بر روی نتایج

بعد از طی کردن پنج مرحله‌ی مدل‌سازی برای تخمین قیمت مسکن، مدل‌های توسعه‌یافته‌شده و اعتبارسنجی‌شده آماده‌ی ارائه هستند. برای این کار، مدل‌های زیادی ساخته شده و از بین آن‌ها، مدل‌هایی که بهترین رفتار را در نشان دادن روند حرکت داده‌ها داشته‌اند انتخاب‌شده‌اند. مدل‌های ساخته‌شده‌ی منتخب برای تخمین قیمت مسکن در ادامه شرح داده‌شده است:

مدل رگرسیون خطی

در مدل رگرسیون، تخمین مقدار یک متغیر با استفاده از پارامترهای مؤثر بر آن انجام می‌شود. فرم کلی مدل رگرسیون خطی در معادله (۱) نشان داده‌شده است. برای ساخت مدل رگرسیون، مطالعاتی روی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن انجام و این عوامل شناسایی شد. این عوامل عبارت‌اند از تولید ناخالص، تورم، تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت، نرخ غیررسمی ارز، جمعیت، پروانه ساخت صادرشده، تسهیلات مسکن داده‌شده به مشتریان توسط بانک‌ها و هزینه‌های ساخت. مدل به دو صورت با عرض از مبدأ و بدون عرض از مبدأ ساخته‌شده و آماره‌های خروجی این دو مدل به ترتیب در جدول ۲ و جدول ۳ نشان داده‌شده است.

$$Y = \theta_0 + \sum_i \theta_i X_i \qquad (۱)$$

جدول ۲: آماره‌های مدل منتخب (بدون عرض از مبدأ).

	تولید ناخالص	تورم	تعداد مجوز برای ساخت	نرخ غیررسمی ارز	جمعیت	پروانه (سطح زیربنا)	تسهیلات بانک مسکن	هزینه ساخت
میانگین آماره‌ها	-۰٫۸۷۲۹	۰٫۳۴۲۴	۰٫۲۲۸۶	۰٫۴۸۶۰	۱٫۱۶۰۰	۰٫۶۳۴۹	-۰٫۶۳۰۶	۰٫۷۲۳۷
میانگین اصلاح‌شده‌ی آماره‌ها	-۰٫۷۴۳۸	۰٫۳۴۲۴	۰٫۲۲۸۶	۰٫۶۳۳۴	۰٫۸۹۵۰	۰٫۶۱۴۰	-۰٫۶۳۰۶	۰٫۷۲۳۷
انحراف از معیار آماره‌ها	۰٫۳۰۱۸	۰٫۱۱۸۶	۰٫۰۹۲۲	۰٫۲۶۳۳	۰٫۴۲۸۶	۰٫۲۷۴۷	۰٫۲۶۷۸	۰٫۱۴۵۷

جدول ۳: آماره‌های مدل منتخب (با عرض از مبدأ).

	تولید ناخالص	تورم	تعداد مجوز برای ساخت	نرخ غیررسمی ارز	جمعیت	پروانه (سطح زیربنا)	تسهیلات بانک مسکن	هزینه ساخت	عرض از مبدأ
میانگین آماره‌ها	-۱٫۱۳۹۹	۰٫۳۲۸۸	-۰٫۲۳۲۶	-۰٫۴۱۷۶	۰٫۱۶۰۰	۰٫۶۳۱۳	-۰٫۶۱۷۱	۰٫۷۵۷۸	۱٫۰۳۷۲
انحراف از معیار آماره‌ها	۱٫۱۰۹۵	۰٫۱۳۶۴	۰٫۰۹۸۷	۰٫۳۸۹۲	۴٫۰۰۵۹	۰٫۲۹۰۶	۰٫۲۸۸۰	۰٫۲۰۵۰	۴٫۱۲۸۳

فرم معادله‌ی رگرسیون در معادله‌ی (۲) و (۳) موجود است. در این معادله، Y قیمت هر متر مسکن، X_1 تولید ناخالص، X_2 تورم، X_3 تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت، X_4 نرخ غیررسمی ارز، X_5 جمعیت، X_6 پروانه ساخت، X_7 تسهیلات بانک مسکن و X_8 هزینه‌ی ساخت است. مقدار R-factor برای این دو مدل نیز به ترتیب برابر با ۰٫۹۹۲۵۱۱ و ۰٫۹۹۲۵۷ است. درنتیجه، مدل با عرض از مبدأ بهتر از مدل بدون عرض از مبدأ توانسته بر داده‌ها منطبق شود.

$$Y = -0.8729X_1 + 0.3424X_2 + 0.2286X_3 + 0.4860X_4 + 1.1600X_5 + 0.6349X_6 - 0.6306X_7 + 0.7237X_8 \qquad (۲)$$

$$Y = -1.1399X_1 + 0.3288X_2 - 0.2326X_3 - 0.4176X_4 + 0.1600X_5 + 0.6313X_6 - 0.6171X_7 + 0.7578X_8 + 1.0372 \qquad (۳)$$

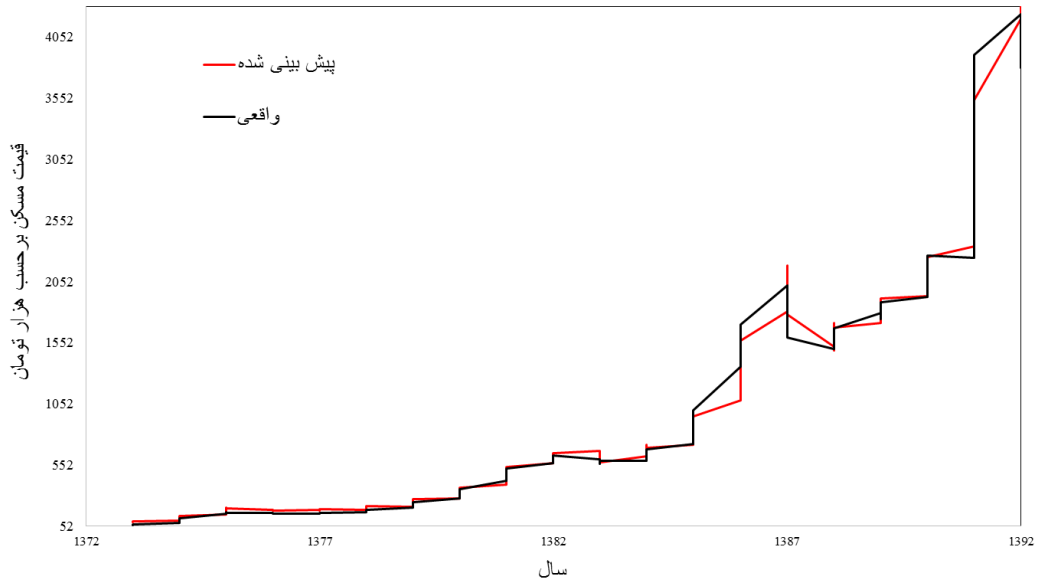
مدل آریما

روش دیگر مورداستفاده در این پژوهش روش مدل‌سازی آریما است. مدل‌های آریما یکی از محبوب‌ترین رویکردها برای تخمین یک پارامتر و عمومی‌ترین کلاس مدل‌ها برای تخمین یک سری زمانی است. از این مدل‌ها اخیراً به‌طور گسترده‌ای در تحلیل مسائل

اقتصادی استفاده‌شده است. مدل‌های آریما از سه مؤلفه تشکیل‌شده‌اند: مقادیر با تأخیر متغیر، مقادیر با تأخیر خطا و درجه ادغام [۲۵]. یک مدل آریما به‌عنوان یک مدل "ARIMA(p, d, q)" طبقه‌بندی می‌شود که p تعداد ترم‌های خود همبسته، d تعداد اختلافات غیر فصلی موردنیاز برای رسیدن به ایستایی و q تعداد خطاهای تخمین با تأخیر در مدل تخمین است.

مدل آریما ساخته‌شده بر روی داده‌های مربوط به قیمت به‌صورت ARIMA (1, 1, 0) بوده که مرتبه‌ی p و d برابر با ۱، مرتبه‌ی q در آن برابر با ۰ است. P=1 بیانگر این موضوع است که یک ترم دارای اتورگرسیون (وابستگی زمانی یک متغیر به متغیرهای پیشین خود) بوده و این پارامتر بیانگر خودهمبستگی داده‌ها است. d=1 بیانگر این موضوع است که برای ایستا نمودن داده‌ها بایستی یک مرتبه از آن تفاضل گرفت، بدین‌صورت که باید داده‌ی فعلی را از داده‌ی قبلی کم کرده و از تفاضل آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده نمود. به عبارتی، تعداد تفاضل‌های موردنیاز جهت ایستا نمودن داده‌ها را بیان می‌کند و معیاری جهت سنجش میزان یکپارچگی داده‌ها است. q=0 بیان می‌کند که برای تحلیل داده‌ها نیاز به تأخیر زمانی نیست. این پارامتر در اصل بیانگر تأثیر زمان بر نقش متغیرها است. فرمول محاسبه‌ی قیمت بر اساس قیمت سال‌های گذشته به‌صورت رابطه‌ی (۴) است. مقایسه قیمت واقعی و تخمین‌زده‌شده مسکن در تحلیل آریما با زبان برنامه‌نویسی R [۴۵] در شکل ۳ نشان داده‌شده است.

$$Y_t = 27.6061 + Y_{t-1} + 0.4315(Y_{t-1} - Y_{t-2}) \quad (۴)$$



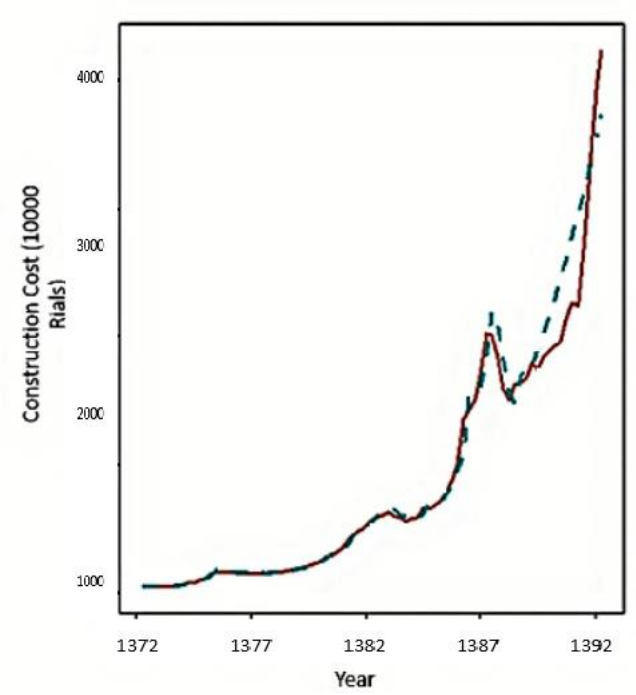
شکل ۳: قیمت واقعی و تخمین‌زده‌شده مسکن در مدل آریما با زبان برنامه‌نویسی R. [۴۵].

در مرحله‌ی بعد، مدل آریما بر روی لگاریتم داده‌های قیمت مسکن ایجاد شده و نتیجه به‌صورت ARIMA (2, 1, 1) است. مدل ساخته‌شده در معادله‌ی (۵) نشان داده‌شده است. شکل ۴ نیز خروجی مدل آریما بر روی لگاریتم داده‌های قیمت را نشان می‌دهد. درنهایت، داده‌های واقعی و قیمت تخمین‌زده‌شده چند سال آخر در

جدول ۴ **جدول ۲**و لگاریتم داده‌های واقعی و تخمین‌زده‌شده در

جدول ۵ **جدول ۳**نشان داده‌شده است.

$$Y_t = Y_{t-1} + 0.1655(Y_{t-1} - Y_{t-2}) + 0.1044(Y_{t-2} - Y_{t-3}) + 0.1656(e_{t-1}) + 0.0071 \quad (۵)$$



شکل ۴: لگاریتم قیمت واقعی و تخمین‌زده‌شده مسکن در مدل آریما.

جدول ۴: قیمت واقعی و تخمین‌زده‌شده مسکن در مدل آریما.

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
قیمت مسکن واقعی (هزار تومان)	۱۶۱۲	۱۸۱۶,۵	۲۰۷۶,۷۵	۳۰۴۷	۳۹۹۸,۵
قیمت مسکن تخمین‌زده‌شده (هزار تومان)	۱۵۰۸,۸۳	۱۷۰۰,۲۴	۱۹۴۳,۸۴	۲۸۵۱,۹۹	۳۷۴۲,۶۰

جدول ۵: لگاریتم قیمت واقعی و تخمین‌زده‌شده مسکن در مدل آریما.

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
لگاریتم قیمت مسکن واقعی (هزار تومان)	۳,۲۱	۳,۲۶	۳,۳۲	۳,۴۷	۳,۶۰
لگاریتم قیمت مسکن تخمین‌زده‌شده (هزار تومان)	۲,۹۳	۲,۹۸	۳,۰۳	۳,۱۸	۳,۲۹

خطای مدل‌های ارائه‌شده در جدول ۶ آورده شده است. برای محاسبه‌ی خطا از میانگین خطای مطلق[25] استفاده‌شده است [۴۶]. با مقایسه خطاهای دو مدل، بدیهی است که مدل آریما ساخته‌شده بر روی داده‌های خام، برای تخمین قیمت مناسب‌تر است؛ بنابراین، می‌توان از این مدل برای تخمین قیمت برای آینده نزدیک استفاده کرد.

[25] Mean Absolute Error (MAE Error)

جدول ۶: خطای مدل‌های آریما ارائه‌شده.

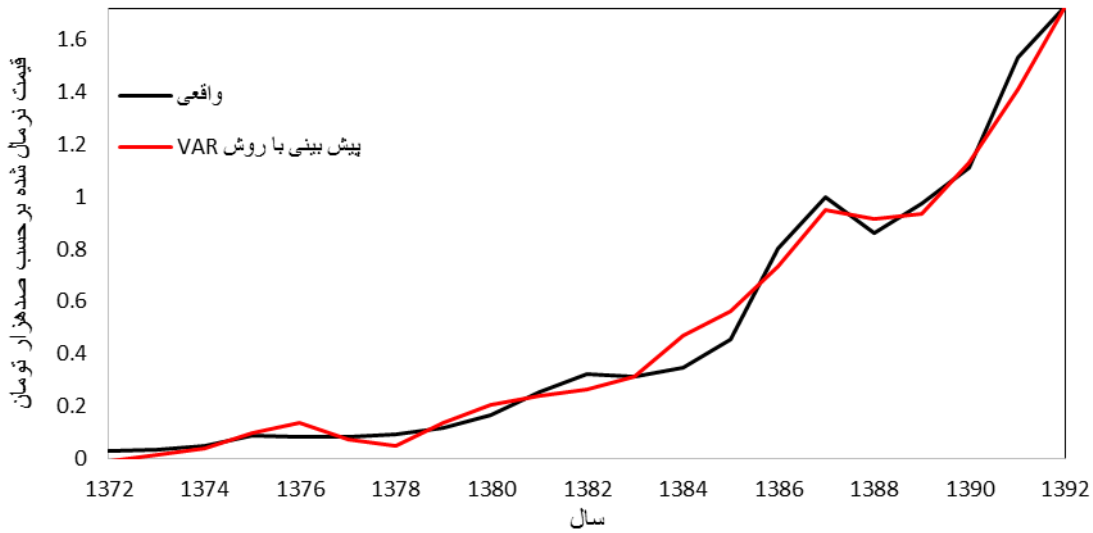
مدل	ترکیب داده	میانگین خطای مطلق (هزار تومان)
آریما	قیمت مسکن	۲۴۰
آریما	لگاریتم قیمت مسکن	۳۲۰

مدل اتورگرسیون برداری

روش اتورگرسیون برداری جهت ساخت مدل خطی بین متغیرهای سری زمانی به کار می‌روند. متغیرها با تأخیرهای زمانی وارد معادله می‌شوند. در این روش، به تمامی اطلاعات یک متغیر نیازی نداریم بلکه با دانستن مقادیر چند دوره‌ی گذشته‌ی آن‌ها می‌توان به مدل مناسبی دست‌یافت. در روش اتورگرسیون برداری، به ازای مجموعه‌ی k عضوی از متغیرهایی با دوره‌های زمانی مشابه می‌توان به معادله‌ی خطی مبتنی بر مقادیر متغیرها در ادوار گذشته دست‌یافت.

در این روش، داده‌ها بایستی ایستا باشند. به همین منظور، باید مرتبه‌ی تفاضل لازم جهت تبدیل داده‌های غیر ایستا به ایستا پیدا شود. پس از یافتن متغیرهای مناسب، مرتبه‌ی تفاضل مربوط به هر متغیر و تعداد تأخیرهای زمانی مربوط به رگرسیون پیدا می‌شود که فرمول معادله به‌دست آمده به شرح رابطه‌ی (۶) است. در این معادله، Y قیمت هر متر مسکن، X_1 قیمت سال پیشین، X_2 تولید ناخالص سال پیشین، X_3 تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت در سال پیشین، X_4 نقدینگی سال پیشین، X_5 شاخص مسکن سال پیشین، X_6 هزینه‌ی ساخت سال پیشین، X_7 بیکاران سال پیشین و X_8 درآمد خالص سال پیشین است. داده‌های تخمین‌زده‌شده با این معادله در نمودار شکل ۵ آورده شده است.

$$Y = -0.1878X_1 - 0.3789X_2 - 0.2007X_3 + 1.2619X_4 - 0.3855X_5 + 0.2753X_6 + 0.5163X_7 + 0.0007X_8 + 0.0679 \quad (۶)$$



شکل ۵: قیمت‌های واقعی و تخمین‌زده‌شده با روش اتورگرسیون برداری.

بعد از ساخت مدل، لازم است برای بررسی عملکرد آن از اعتبارسنجی استفاده کرد. اعتبارسنجی انواع مختلفی دارد و به اشکال متفاوت انجام می‌شود. یکی از این اشکال اعتبارسنجی برای مدل‌های رگرسیون، عبارت است از چک کردن علامت ضرایب به‌دست آمده برای رگرسیون [۴۷]. با بررسی مدل به‌دست آمده، می‌توان دریافت که متغیرهای تورم، جمعیت، پروانه (سطح زیربنا) و هزینه ساخت دارای تأثیر مثبت و متغیرهای تولید ناخالص، تعداد مجوز برای ساخت، نرخ غیررسمی ارز و تسهیلات بانک مسکن دارای تأثیر منفی روی قیمت

مسکن در شهر تهران هستند که این موضوع با واقعیت هم‌خوانی دارد. روش دوم این است که از داده‌های دیگری که در مدل‌سازی استفاده نشده‌اند برای اعتبارسنجی استفاده شود. به این نوع اعتبارسنجی، اعتبارسنجی متقابل[۲۶] یا اعتبارسنجی خارجی[۲۷] می‌گویند [۴۷], [۴۸]. از این منظر، اعتبارسنجی به دو نوع داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شود. منظور از اعتبارسنجی داخلی[۲۸] این است که عملکرد مدل با استفاده از مجموعه داده‌های مورداستفاده برای مدل‌سازی سنجیده شود. درحالی‌که در اعتبارسنجی خارجی، با استفاده از داده‌هایی خارج از مجموعه داده‌های موردبررسی، عملکرد مدل سنجیده می‌شود [۴۸]. اعتبارسنجی خارجی کارایی بهتری در سنجش مدل دارد زیرا مدل با داده‌هایی ارزیابی می‌شود که با آن‌ها ساخته نشده است [۴۷], [۴۸]. به همین دلیل، در این پژوهش نیز از اعتبارسنجی خارجی استفاده‌شده است. به این صورت که داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ جمع‌آوری‌شده و به دو قسمت تقسیم‌شده است. قسمت اول که شامل ۹۰ درصد داده‌ها است برای مدل‌سازی و قسمت دوم که شامل ۱۰ درصد باقی‌مانده است برای اعتبارسنجی مدل استفاده‌شده است.

برای اعتبارسنجی مدل‌ها، عملکرد آن‌ها با استفاده از تخمین قیمت سال‌های آخر سنجیده شد. به این منظور، ابتدا با استفاده از مدل رگرسیون قیمت مسکن در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ محاسبه شد. سپس، با استفاده از مدل آریما و قیمت‌های به‌دست‌آمده توسط مدل رگرسیون، قیمت سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ تخمین زده شد. برای تخمین قیمت مسکن در سال ۱۳۹۲ دو گزینه برای انتخاب قیمت سال ۱۳۹۱ وجود داشت. یکی از گزینه‌ها قیمت تخمین‌زده‌شده با استفاده از مدل رگرسیون و گزینه دیگر قیمت تخمین‌زده‌شده با استفاده از مدل آریما بود. سپس، برای مقایسه عملکرد دو سری مدل‌ها –سری اول شامل رگرسیون و آریما، سری دوم شامل اتورگرسیون برداری– قیمت مسکن در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ با استفاده از روش اتورگرسیون برداری نیز تخمین زده شد. درنهایت، با استفاده از داده‌های واقعی، خطای مدل‌ها به‌دست آمد. برای محاسبه خطا از دو روش درصد میانگین مطلق خطا[۲۹] و خطای استاندارد نسبی[۳۰] استفاده‌شده است [٤٦]. نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، مشخص است که میزان خطای مدل آریما در حالتی که قیمت سال‌های قبل با استفاده از رگرسیون به‌دست آمده باشد کمتر از زمانی است که قیمت سال‌های قبل با استفاده از مدل آریما به‌دست آمده است زیرا مدل‌های آریما برای تخمین‌های کوتاه‌مدت نتایج بهتری می‌دهند. به همین دلیل، مدل آریما در تخمین قیمت یک سال بعد موفق‌تر از تخمین قیمت دو سال بعد عمل می‌کند. هم‌چنین، همان‌طور که انتظار می‌رفت، میزان خطای مدل اتورگرسیون برداری از ترکیب مدل رگرسیون و آریما کمتر است زیرا در مدل اتورگرسیون برداری، تأثیر متغیرهای مستقل به‌طور مستقیم در مدل اعمال شده است.

جدول ۷: مقایسه خطای مدل‌ها.

مدل	قیمت برحسب هزار تومان (خطای مطلق برحسب هزار تومان)				MAPE Error	RSE Error
	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹۱	سال ۱۳۹۲		
رگرسیون	۱۶۴۱٫۳	۲۴۶۷٫۷	۳۳۳۸٫۹	-	۱۲٫۷	۱۱٫۷
آریما	-	-	۲۸۵۱٫۹	۳۷۴۲٫۶۰ (*) ۳۰۴۵٫۳ (**)	۶٫۴	۶٫۸
اتورگرسیون برداری	-	-	۲۸۲۲٫۴	۳۸۳۱٫۱	۵٫۸	۶٫۱
داده واقعی	۱۸۱۶٫۵	۲۰۷۶٫۷۵	۳۰۴۷	۳۹۹۸٫۵	-	-

[26] Cross-Validation
[27] External Validation
[28] Internal Validation
[29] Mean Absolute Percentage Error (MAPE Error)
[30] Relative Standard Error (RSE Error)

* برای محاسبه قیمت سال ۱۳۹۲، قیمت سال قبل با استفاده از روش رگرسیون محاسبه‌شده است.

** برای محاسبه قیمت سال ۱۳۹۲، قیمت سال قبل با استفاده از روش آریما محاسبه‌شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مدلی ترکیبی برای تخمین قیمت مسکن در تهران ساخته شد. بسیاری از متغیرها ازجمله تولید ناخالص، تورم، نرخ ارز، قیمت مواد، تعداد مجوزهای صادرشده برای ساخت و جمعیت بر تعیین قیمت مسکن تأثیر می‌گذارند. این متغیرها تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارند و گاهی اوقات یکدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ بنابراین، تعیین چگونگی تأثیر هر عامل بر عامل دیگر و بر قیمت مسکن پیچیده است. در این پژوهش، ابتدا معادله قیمت مسکن بر اساس متغیرهای مؤثر بر آن و با کمک روش رگرسیون تعیین شد. فرم معادله‌ی رگرسیون در معادله‌ی (۲) و (۳) موجود است. سپس، با استفاده از روش آریما، معادله‌ی دیگری برای تخمین قیمت آینده مسکن به دست آمد که در رابطه‌ی (۴) نشان داده شده است. روش آریما بر این اصل استوار است که سری زمانی داده‌های قیمت مسکن شامل متغیرهای مؤثر و هم‌چنین تأثیر آن‌ها بر قیمت است. اگر از سری‌های زمانی در یک مدل استفاده شود، می‌توان اطمینان حاصل کرد که تمام متغیرهای تأثیرگذار و تأثیرات آن‌ها در نظر گرفته می‌شوند و احتمال از دست دادن برخی از متغیرها و میزان خطا کاهش می‌یابد. درنهایت، مدلی با کمک روش اتورگرسیون برداری ساخته شد که در رابطه‌ی (۶) آورده شده است.

برای مقایسه عملکرد مدل‌ها، میزان خطای آن‌ها به دو روش درصد میانگین مطلق خطا و خطای استاندارد نسبی اندازه‌گیری شد. براساس این خطاها، مدل آریما در حالتی که قیمت سال‌های قبل با استفاده از رگرسیون به‌دست آمده باشد نسبت به زمانی که قیمت سال‌های قبل با استفاده از مدل آریما به‌دست آمده است خطای کمتری دارد زیرا مدل‌های آریما برای تخمین‌های کوتاه‌مدت نتایج بهتری می‌دهند. به همین دلیل، مدل آریما در تخمین قیمت یک سال بعد موفق‌تر از تخمین قیمت دو سال بعد عمل می‌کند. هم‌چنین، خطای ترکیب مدل رگرسیون و آریما براساس روش درصد میانگین مطلق خطا برابر با ۶٫۴ و براساس روش خطای استاندارد نسبی برابر با ۶٫۸ محاسبه شده است. خطای مدل اتورگرسیون برداری نیز با استفاده از روش درصد میانگین مطلق خطا به اندازه ۵٫۸ و با استفاده از روش خطای استاندارد نسبی به اندازه ۶٫۱ محاسبه شد. درنتیجه، میزان خطای مدل اتورگرسیون برداری از ترکیب مدل رگرسیون و آریما کمتر است زیرا در مدل اتورگرسیون برداری، تأثیر متغیرهای مستقل به‌طور مستقیم در مدل اعمال شده است. در پژوهش‌های آینده، می‌توان با استفاده از روش بیژین کار تخمین را انجام داد. هم‌چنین، می‌توان از روش‌های موجود در ادبیات فنی برای انتخاب دقیق‌تر متغیرهای مؤثر بر قیمت مسکن نیز بهره برد.

مراجع

[1] Al-Zwainy, F. M. S. and Hadhal, N. T. (2015). Investigation and Evaluation of the Cost Estimation Methods of Iraqi Communication Projects. *Int. J. Eng. Manag. Res.*, 5 (6), 41–48.

[2] Miles, W. (2008). Boom–Bust Cycles and the Forecasting Performance of Linear and Non-Linear Models of House Prices. *Real Estate Financ. Econ. J.*.

[3] Lavasani, K. S. and AbbasiNejad, H. (2015). Forecasting the Hosing Booms or Busts Using Wavelet Decomposition and Artificial Neural Networks.

[4] Mousavi, M. and Doroodian, H. (2015). Analyzing the Determinants of Housing Prices in Tehran City. *Econ. Model.*, 9, 103–127.

[5] Assaf, S. Bubshait, A. and Al-Muwasheer, F. (2010). Factors Affecting Affordable Housing Cost in Saudi Arabia. *Int. J. Hous. Mark. Anal.*, 3, 290–307, doi: 10.1108/17538271011080628.

[6] Asgari, H. and Almasi, I. (2011). Factors Affecting the Price of Housing in Urban Areas Using Panel Data (1370-1385). *Econ. Res. Rev.*, 2 (41), 201–224.

[7] Dehkordi, P. K. (2021). Analysis of the Effect of Currency Shock, Economic Sanctions and Oil Prices on the Housing Market (Using Structural Vector-Autoregressive SVAR). *Appl. Theor. Econ.*, 7 (7), 27–56.

[8] Lowe, D. J. Emsley, M. W. and Harding, A. (2006). Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques. *J. Constr. Eng. Manag.*, 132 (7), 750–758.

[9] Siqueira, I. (1999). "Neural Network-based Cost Estimating. Concordia University.

[10] Kim, G. H. Yoon, J. E. An, S. H. Cho, H. H. and Kang, K. I. (2004). Neural Network Model Incorporating a Genetic Algorithm in Estimating Construction Costs. *Build. Environ.*, 39 (11), 1333–1340.

[11] Günaydın, H. M. and Dogan, S. Z. (2007). A Neural Network Approach for Early Cost Estimation of Structural Systems of Buildings. *Int. J. Proj. Manag.*, 22 (7), 595–602.

[12] Jadevicius, A. and Huston, S. (2015). ARIMA Modelling of Lithuanian House Price Index. *Int. J. Hous. Mark. Anal.*, 8 (1), 135–147.

[13] Amanpour, S. Soleimanirad, I. Keshtkar, L. and Mokhtari, S. (2018). Comparing the Performance of Neural Networks and Multivariate Regression in the Estimation of Housing Prices (Case Study: Ahvaz City). *Geogr. Environ. Stud.*.

[14] Saadatmehr, M. (2011). Estimation of Hedonic Price Function for Khoramabad Urbun Housing. *Knowl. Dev.*, 17, 313–339.

[15] Asgari, A. and Ghaderi, J. (2002). Determination of Housing Price in Urban Areas of Iran by Using Hedonic Price Method (Hpm). *J. Sustain. Growth Dev. (The Econ. Res.*, 1 (4), 91–108.

[16] Khalili Araghi, E. Nobahar, M. (2011). Predicting Housing Prices for the City of Tabriz: Application of the Hedonic Pricing and Artificial Neural Network Models. *J. Econ. Res. Policies*, 19 (60), 113–138.

[17] Ghorbani, S. M. Afgheh, S. (2017). Forecasting the House Price for Ahvaz City: The Comparison of the Hedonic and Artificial Neural Network Models. *J. Urban Econ. Manag.*, 29–44.

[18] Amanpour, S. Soleymani Rad, E. Keshtkar, L. and Mokhtari Chelcheh, S. (2015). Using Neural Network to Estimation the Cost of Housing in Ahwaz. *J. Urban Econ. Manag.*, 3 (9), 45–57.

[19] Fazlizadeh, H. Ravanshadnia, M. and Kashani, H. (2016). Provide a Model to Predict the Business Cycles of the Housing Investment Market with the Help of Forthcoming Economic Variables Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms. in *Housing Economics Quarterly*, p. 11.

[20] Koohpayma, J. Argany, M. and Neisany Samani, N. (2020). Apartments Price Estimation Using Linear and Geographically Weighted Regression (Case Study: District Six of Tehran City). *Geogr. Urban Plan. Res.*, 8 (2), 347–369.

[21] Sharifi, M. (2021). Machine Learning Models for Estimating House Prices. Sharif University of Technology.

[22] Momeni, M. (2016). Assessing the Factors Affecting Housing Prices in Iran.

[23] Salemi, A. Sadrabadi, M. E. and Kimiagari, A. M. (2017). Investigating the Factors Affecting Housing Prices in Tehran in the Last Ten Years.

[24] Reybod, A. (2020). Multiple Linear Regression.

[25] Crawford G. W. and Fratantoni, M. C. (2003). Assessing the Forecasting Performance of Regime-Switching, ARIMA and GARCH Models of House Prices. *Real Estate Econ.*, 31 (2), 223–243.

[26] Pagourtzi, E. Assimakopoulos, V. Hatzichristos, T. and French, N. (2003). Real Estate Appraisal: A Review of Valuation Methods. *J. Prop. Invest. Financ.*, 21 (4), 383–401.

[27] Trost S. M. and Oberlender, G. D. (2003). Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and multivariate Regression. *J. constr. Eng. Manag.*, 129 (2), 198–204.

[28] Reybod, A. (2021). Hierarchical Regression in SPSS.

[29] Attala M. and Hegazy, T. (2003). Predicting Cost Deviation in Reconstruction Projects: Artificial Neural Networks Versus Regression. *J. Constr. Eng. Manag.*, 129 (4), 405–411.

[30] McGreal, S. Adair, A. McBurney, D. and Patterson, D. (1998). Neural Networks: The Prediction of Residential Values. *J. Prop. Valuat. Invest.*, 16 (1), 57–70.
[31] Connellan O. and James, H. (1998). Estimated Realization Price by Neural Networks: Forecasting Commercial Property Values. *J. Prop. Valuat. Invest.*, 16 (1), 71–86.
[32] Bee-Hua, G. (2000). Evaluating the Performance of Combining Neural Networks and Genetic Algorithms to Forecast Construction Demand: The Case of the Singapore Residential Sector. *Constr. Manag. Econ.*, 18 (2), 209–218.
[33] Nguyen N. and Cripps, A. (2001). Predicting Housing Value: A Comparison of Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Networks. *J. Real Estate Res.*, 22 (3), 313–336.
[34] Kalami, M. (2021). Neural Networks 0 to 100.
[35] Hesaraki, E. (2019). Stock Price Forecast with ARIMA Models in Python and R - Practical Guide.
[36] Bin, O. (2004). A Prediction Comparison of Housing Sales Prices by Parametric Versus Semi-parametric Regressions. *J. Hous. Econ.*, 13, 68–84.
[37] Hill, R. (2013). OECD Statistics Working Papers 2011 / 01 Hedonic Price Indexes for Housing.
[38] Byme, P. (1995). Fuzzy Analysis: A Vague Way of Dealing with Uncertainty in Real Estate Analysis. *J. Prop. Valuat. Invest.*, 13 (3), 22–41.
[39] Bagnoli, C. Smith, B. and Halbert, C. (1998). The Theory of Fuzzy Logic and its Application to Real Estate Valuation. *J. Real Estate Res.*, 16 (2), 169–200.
[40] Kusan, H. Aytekin, O. and Ozdemir, I. (2010). The Use of Fuzzy Logic in Predicting House Selling Price. *Expert Syst. Appl.*, 37, 1808–1813.
[41] Guan, J. Zurada, J. and Levitan, A. S. (2008). An Adaptive Neuro-fuzzy Inference System Based Approach to Real Estate Property Assessment. *J. Real Estate Res.*, 30 (4), 395–421.
[42] Asnaashari, M. Darbandi, M. Motalam, S. and Kianfar, F. (2020). Modeling Housing Prices and Examining the Factors Affecting It Using Econometric Methods and Dynamic Systems.
[43] Statistical Center of Iran. Available at: https://www.amar.org.ir/ [accessed Jun. 01, 2020].
[44] Housing Investment Group Co. Available at: https://www.maskanco.ir/ [accessed Jun. 01, 2020].
[45] R Core Team, (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, [Online]. Available: https://www.r-project.org/.
[46] Willmott C. J. and Matsuura, K. (2005). Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) Over the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Average Model Performance. *Clim. Res.*, 30 (1), 79–82, doi: 10.3354/cr030079.
[47] Snee, R. D. (1977). Validation of Regression Models: Methods and Examples. *Technometrics*, 9 (4), 415–428.
[48] Rendón, E. Abundez, I. Arizmendi, A. and Quiroz, E. M. (2011). Internal Versus External Cluster Validation Indexes. *Int. J. Comput. Commun.*, 5 (1).