



## پیش‌بینی قیمت مسکن برای شهر اهواز: مقایسه مدل هدانیک با مدل شبکه عصبی مصنوعی

سالار قربانی\*

کارشناسی‌ارشد علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

سیدمرتضی افقه

دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۴

**چکیده:** تعیین و برآورد قیمت مسکن در مناطق شهری، از اهمیت زیادی برای دولت، سرمایه‌گذاران خصوصی و دولتی و افراد عادی برخوردار است. این تخمین می‌تواند در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های آینده در بسیاری از سیاست‌های شهری و منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا به دلیل اهمیت بالای قیمت مسکن در دهه‌های اخیر، استفاده از توابع قدرتمند و کارا برای پیش‌بینی و تخمین قیمت مسکن مرسوم شده است. پژوهش حاضر، با هدف ارائه مدلی بهینه برای پیش‌بینی قیمت مسکن و تعیین عوامل تأثیرگذار بر قیمت مسکن در کلان‌شهر اهواز و نیز مقایسه‌ای بین دو مدل هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی انجام شده است. ماهیت پژوهش، توسعه‌ای-کاربردی و روش انجام آن، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش، ۲۸۶ نمونه واحد مسکونی در سال ۱۳۹۴ براساس ۲۷ متغیر مربوطه به منظور پیش‌بینی قیمت مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این تحقیق از تابع هدانیکی نیمه‌لگاریتمی و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) استفاده شده است. برای مقایسه دو مدل از لحاظ توانایی پیش‌بینی، از معیارهای  $R^2$ ، MSE، RMSE، MAPE، MAE و ضریب TIC استفاده شده است. نتایج مدل هدانیک نشان دادند از میان ۲۷ متغیر مدل، ۱۸ متغیر معنی‌دار بودند و با مقایسه نتایج و مقدار برآوردها، مشخص شد که قیمت مسکن در اهواز بیشتر از عوامل فیزیکی و ساختاری تأثیر می‌پذیرد. برای بررسی تفاوت در دقت پیش‌بینی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز، از آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده از آزمون نشان دادند که تفاوت قدرت پیش‌بینی دو مدل از لحاظ آماری نیز معنی‌دار است که نشان‌دهنده کارایی بهتر و عملکرد مناسب‌تر شبکه عصبی مصنوعی (۹۸ درصد) نسبت به مدل رگرسیون هدانیک (۸۸ درصد) است.

**واژگان کلیدی:** پیش‌بینی، قیمت مسکن، مسکن، شهر اهواز، مدل هدانیک، مدل شبکه عصبی مصنوعی

**طبقه‌بندی JEL:** C45, D12, R29, A13

## ۱- مقدمه

پیش‌بینی عوامل تأثیرگذار اقتصادی، یکی از مسائل اصلی علم اقتصاد و تجارت می‌باشد؛ از این رو مسئله پیش‌بینی در تعیین سیاست‌های پولی و تجزیه و تحلیل‌های سرمایه‌گذاری، نمود بیشتری دارد. سرمایه‌گذاری در بخش مسکن و زمین همواره مورد توجه فعالان بازار سرمایه بوده است. علاوه بر سرمایه‌گذاران، خانوارها نیز منازل مسکونی خود را نه تنها به‌عنوان مکانی برای زندگی در نظر نمی‌گیرند بلکه آن را به‌عنوان یک دارایی در سبد دارایی‌های خود قرار می‌دهند. در واقع در کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی، مسکن، مهم‌ترین بخش ثروت خانوار را تشکیل می‌دهد (Case et al., 2004).

در بعد اقتصاد کلان، مسکن دارای اهمیت ویژه‌ای است. نوسانات قیمت مسکن می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر اقتصاد کشورها داشته باشند. گرین‌وود و هرکویتز در سال ۱۹۹۱ دریافته‌اند که ارزش کل دارایی‌های مسکونی، بیش از سرمایه تجاری است و به‌طور معمول، ارزش سرمایه‌گذاری صورت گرفته در بخش مسکن، بیش از بخش تجاری است؛ از این رو تلقی مسکن به‌عنوان یک کالای مصرفی، بسیار ساده‌انگارانه می‌باشد. تأثیر ثروت مسکن بر مصرف، قابل توجه است و کاهش قیمت مسکن، منجر به کاهش مصرف خواهد شد. همچنین تغییرات در بازار مسکن، نقش بسیار مهمی در چرخه‌های تجاری ایفا می‌کنند؛ زیرا سرمایه‌گذاری در مسکن، جزئی از تقاضاست و بر مصرف و سرمایه‌گذاری، تأثیرگذار است.

از طرف دیگر، مطالعات گسترده‌ای در اقتصاد کلان و مالی وجود دارد که نشان می‌دهد متغیرهای مالی، پیش‌بینی‌کننده خوبی برای فعالیت‌های حقیقی اقتصاد و تورم می‌باشند. با توجه به تحقیقات، قیمت دارایی‌ها به پیش‌بینی این دو متغیر کمک می‌کنند

(Forni et al., 2003)، (Stock & Watson, 2003)،

(Das Gupta et al., 2009).

ایران از جمله کشورهایی است که در حال گذار از توسعه‌نیافتگی به توسعه است که یکی از تبعات آن، گسترش مهاجرت از روستاها و شهرهای کوچک به شهرها و کلان‌شهرهاست. از طرف دیگر، ساختار جمعیت کشور به‌گونه‌ای است که بخش عمده جمعیت در سن ازدواج و تقاضای شغل قرار گرفته‌اند. این دو ویژگی باعث شده تقاضا برای مسکن به‌خصوص در شهرهای بزرگ، از دغدغه‌های سیاست‌گذاران کشور باشد. شهر اهواز به دلایل مختلفی (از قبیل مهاجرپذیر بودن به دلیل سرمایه‌گذاری‌های وسیع در فعالیت‌های اقتصادی بزرگ و ملی، آثار به جا مانده از مهاجرت‌های اجباری دوره جنگ)، از جمله شهرهایی است که بیش از بسیاری از شهرهای کشور با موضوع تقاضای مسکن مواجه است. از این رو در چند سال اخیر، برنامه‌های متعددی از قبیل مسکن مهر و بازسازی مناطق فرسوده شهری، برای رهایی از کمبود تقاضای مسکن انجام شده‌اند؛ ولی با توجه به مشکلات خاص این طرح‌ها مانند: دوری از شهر و مراکز خرید، نبود امکانات آموزشی، فرهنگی، ورزشی و پارک، به‌طور مطلوبی نتوانسته‌اند توازن خوبی بین عرضه و تقاضا برای مسکن به ویژه در کلان‌شهر اهواز ایجاد کنند و همچنان مسکن جزو دغدغه‌های اصلی مردم است. با توجه به این که هر واحد مسکونی دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشد، در بحث تقاضا برای مسکن باید به سلیقه‌های مصرف‌کنندگان و همچنین توانایی پرداخت آنها برای مؤلفه‌های هر واحد مسکونی نیز توجه کرد.

با توجه به مطالب بیان شده می‌توان میزان فعالیت در بخش مسکن را به‌عنوان نشانگری پیشرو از فعالیت‌های بخش حقیقی اقتصاد دانست و از قیمت مسکن برای پیش‌بینی فعالیت حقیقی اقتصاد، تورم یا هر دو استفاده کرد و سیاست‌گذاران نیز برای اتخاذ سیاستی مناسب و کارا برای حل مشکلات جامعه از آن

با استفاده از شبکه عصبی توسعه دادند. نتایج نشان دادند که بهترین مدل برای پیش‌بینی مسکن ارزان با استفاده از شبکه عصبی آن است که ۰/۷ داده‌ها برای آموزش شبکه و نیز ۰/۳ برای سنجش کارایی مدل مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مقدار MAPE برای مقایسه داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده، ۲/۶۳ درصد به‌دست آمد.

دیورت و هندریکس<sup>۶</sup> (۲۰۱۱)، مطالعه‌ای با عنوان «تجزیه شاخص قیمت خانه به زمین و اجزای واحد مسکونی» با دو نوع رگرسیون هدانیک خطی و غیرخطی انجام دادند. نتایج به‌دست آمده از دو نوع رگرسیون با هم مقایسه شدند که نشان‌دهنده کارایی و عملکرد بهتر رگرسیون غیرخطی در مقایسه با رگرسیون خطی بود.

کاونبرگ و زوینکلس<sup>۷</sup> (۲۰۱۴)، مدلی اقتصادسنجی برای پیش‌بینی بازار مسکن در ایالات متحده ارائه دادند. این مدل تحت تأثیر دو مؤلفه می‌باشد که وزن‌های آن به صورت پویا و با زمان تغییر می‌کند.

پلاکاندارس<sup>۸</sup> و همکارانش (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای به پیش‌بینی شاخص قیمت مسکن در ایالات متحده پرداختند و نتیجه گرفتند که در سال ۲۰۰۶ رکود ناگهانی قیمت مسکن، موجب وقوع بحران مالی در سال ۲۰۰۷ گردید. در این مطالعه، از روش ترکیبی استفاده شد. نتایج این مطالعه، منجر به ارائه سیستم هشداردهنده برای پیش‌بینی افت ناگهانی قیمت مسکن در ایالات متحده شد.

#### ب) پژوهش‌های داخلی

وارثی و موسوی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای، عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در منطقه ۳ شهرداری یزد با استفاده از مدل هدانیک قیمت را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که مساحت زمین، مساحت زیربنا و تعداد طبقات، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در شهر یزد هستند؛ به طوری که به ازای افزایش یک درصد در

بهره گیرند. برای مثال بحران مالی اخیر در آمریکا، با ترکیدن حباب قیمتی به‌وجود آمده در بخش مسکن آغاز شد و به بخش حقیقی اقتصاد منتقل شد و رکود را بر این بازار حاکم ساخت.

برای پیش‌بینی قیمت مسکن، از روش‌های مختلفی استفاده شده است. یکی از این روش‌ها، شبکه عصبی<sup>۱</sup> است. در این پژوهش سعی شده است با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) با الگوریتم پس‌انتشار خطا مقایسه‌ای بین نتایج رگرسیون هدانیک<sup>۲</sup> و شبکه عصبی، مدلی برای پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز ارائه شود. پس از به‌دست آمدن نتایج دو مدل پیش‌بینی‌کننده (رگرسیون هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی)، با استفاده از داده‌های مشابه، عملکرد دو مدل با استفاده از معیارهای تعیین دقت مدل، سنجیده و با یکدیگر مقایسه شدند. در نهایت، مدلی که بهترین عملکرد را دارد به عنوان مدلی بهینه برای تخمین قیمت مسکن در اهواز انتخاب شد.

#### ۲- پیشینه تحقیق

##### الف) پژوهش‌های خارجی

پترسون و فلانگان<sup>۴</sup> (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری نمونه‌ای به حجم ۴۶۴۶۷ از واحدهای مسکونی معامله شده طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۹ در ویک کانتی شمال کالیفرنیا، به مقایسه مدل‌های هدانیک خطی و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج نشان دادند که مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل هدانیک خطی به‌طور معناداری، خطای پیش‌بینی کمتری نشان می‌دهد و دقت پیش‌بینی خارج از نمونه‌ای بالای دارد.

زاینن<sup>۵</sup> و همکارانش (۲۰۱۱) مدلی را در مطالعه‌شان برای تقاضای مسکن ارزان قیمت در پاهانگ

- 1- Neural Network
- 2- Multi Larger Perceptron
- 3- Regression Hedonic
- 4- Peterson and Flanagan
- 5- Zainun

- 6- Dwert and Hendriks
- 7- Kuwenberg and Zwinkels
- 8- Bakandaras

مساحت زمین و مساحت زیربنا، به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۳۸ درصد در قیمت مسکن، تغییر ایجاد می‌شود.

نتایج مطالعه خلیلی عراقی و نوبهار (۱۳۹۰)، نشان دادند که براساس تمام معیارها، مدل شبکه عصبی مصنوعی، خطای کمتر و در نتیجه، کارایی بیشتری در پیش‌بینی قیمت هدانیک مسکن داشته است.

عطریان‌فر و همکارانش (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای به ارزیابی روش‌های ترکیب پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر تهران پرداختند. نتایج پژوهش نشان دادند استفاده از اطلاعات متغیرهای گوناگون به وسیله تکنیک‌های ترکیب پیش‌بینی می‌تواند باعث افزایش دقت پیش‌بینی گردد. همچنین دقت روش‌های ساده ترکیب، از روش وزن‌های بهینه، بیشتر است.

امان‌پور و همکارانش (۱۳۹۳)، در پژوهشی به بررسی و تخمین قیمت مسکن شهر اهواز با استفاده از شبکه عصبی پرداختند. نتایج به‌دست آمده، نشان‌دهنده دقت ۹۱ درصدی شبکه عصبی در تخمین قیمت واحد مسکونی شهر اهواز بود. همچنین از بین عوامل تأثیرگذار بر قیمت مسکن در این شهر، زیربنای ساختمان (متر<sup>۲</sup>) و دسترسی، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند.

ممبینی و همکارانش (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به ارائه مدلی برای پیش‌بینی قیمت مسکن براساس روش آریماد در شهر تهران پرداختند. سه فرضیه اصلی پژوهش بر این دیدگاه استوار بود که پیش‌بینی قیمت مسکن در آینده، تابعی از قیمت‌های گذشته می‌باشد؛ به‌طوری که با داشتن داده‌های تاریخی مربوط به قیمت مسکن می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد. مدل ارائه شده پیش‌بینی می‌کند که روند افزایش قیمت به صورت تدافعی است و مدل برازش‌شده دارای ضریب تعیین ۹۹/۷ درصد می‌باشد که برای اهداف پیش‌بینی، بسیار مناسب می‌باشد.

براساس بررسی مطالعات انجام شده داخلی و خارجی، مشاهده گردید که اکثر این مطالعات تنها به پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از یک مدل

پرداخته‌اند. ممبینی و همکارانش (۱۳۹۴)، به ارائه مدل پیش‌بینی قیمت براساس روش آریماد، امان‌پور و همکارانش (۱۳۹۳) و زاینن و همکارانش (۲۰۱۱)، به تخمین قیمت مسکن با استفاده از روش شبکه عصبی، وارثی و موسوی (۱۳۸۹)، پتروسن و فلانگان (۲۰۰۹) و دیورت و هندریکس (۲۰۱۱)، به بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن با استفاده از روش هدانیک، عطریان‌فر و همکارانش (۱۳۹۲)، به پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از روش‌های ترکیبی، کاونبرگ و زوینکلس (۲۰۱۴) و پلاکاندارس و همکارانش (۲۰۱۵)، به ارائه مدل پیشنهادی برای پیش‌بینی قیمت مسکن پرداختند و تنها در مطالعه انجام شده توسط خلیلی عراقی و نوبهار (۱۳۹۰)، به پیش‌بینی قیمت مسکن و مقایسه دو روش شبکه عصبی و مدل هدانیک در شهر تبریز پرداخته شده است. بنابراین انجام چنین پژوهشی در اهواز به دلایل مختلفی؛ از جمله مهاجرپذیر بودن به دلیل سرمایه‌گذاری‌های وسیع در فعالیت‌های اقتصادی بزرگ و ملی و آثار به جا مانده از مهاجرت‌های اجباری دوره جنگ، بیش از بسیاری از شهرهای کشور با موضوع تقاضای مسکن مواجه است، الزامی است تا خلاء تحقیقاتی موجود در این زمینه را پر نماید. مقایسه بین مدل‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت مسکن و تعیین مدلی که دارای خطای کمتر و دقت بالایی باشد تاکنون در کلان‌شهر اهواز صورت نگرفته است. این سبب می‌شود سیاست‌گذاران بخش مسکن و سرمایه‌گذاران این حوزه از اقتصاد پژوهش در کلان‌شهر اهواز، از طریق مقایسه انجام شده در این پژوهش، با اطمینان و اعتماد بیشتری به انتخاب مدل‌های پیش‌بینی قیمت مسکن اقدام کنند. همچنین در این پژوهش، به بررسی ۲۷ متغیر تأثیرگذار بر قیمت مسکن پرداخته شده است که متغیرها براساس سه مؤلفه مهم و تأثیرگذار عوامل ساختاری، محیطی و دسترسی، تفکیک شده‌اند که در پژوهش‌های دیگر به بسیاری از آن‌ها اشاره نشده و این تفکیک صورت نگرفته است.

### ۳- مبانی نظری

مفهوم و روش هدانیک، بر پایه نظریات گرلیچس<sup>۱</sup> (۱۹۷۱) و روزن (۱۹۷۴) گسترش یافته است. از زمان انتشار مقاله روزن، روش هدانیک برای تحلیل بسیاری از جنبه‌های بازار مسکن در غرب؛ از جمله مالیات‌ها، قیمت کالاها و تسهیلات عمومی، تبعیض نژادی و کیفیت مسکن‌سازی استفاده شده است اما دامنه کاربرد این تکنیک در مطالعات اقتصاد شهری و بازار مسکن جهان سوم هنوز گسترش چندانی نیافته و فقط برای بررسی تأثیرات قیمتی، شاخص‌بندی کیفیت مسکن و تقاضای مسکن استفاده شده است (اکبری و همکاران، ۱۳۸۳).

مدل‌های هدانیک، شکل خلاصه شده مدل‌های آماری هستند که برای مطرح شدن در مقطعی در زمان مطرح می‌شوند. از دهه ۱۹۵۰ تاکنون، کاربردهای فراوانی برای این مدل‌ها ارائه شده است؛ بدین گونه که مسکن را به عنوان کالایی چندبعدی در نظر می‌گیرند و تفاوت قیمتی که برای واحدهای مسکونی وجود دارد ناشی از عواملی مانند: کیفیت ساختاری مسکن، قابلیت دسترسی به مراکز خرید، خدمات شهری و همچنین تسهیلات رفاهی محیط مربوط به ملک می‌باشد.

مطالعات هدانیک بر این فرض استوارند که قیمت مسکن، منعکس‌کننده تمایل به پرداخت ساکنان آن به منظور دستیابی به امکانات رفاهی مورد نیاز داخل و خارج از مسکن (عوامل محیطی و دسترسی) می‌باشد. به عبارتی، در این روش فرض می‌شود که تفاوت‌ها در قیمت املاک به دلیل اختلاف در خصوصیات مسکن است. بر این اساس، قیمت مسکن، نشانگر حداکثر پولی است که مردم حاضرند برای کیفیت بهتر محیط، میزان خاصی از امکانات داخلی، وضعیت ساختمان، میزان دسترسی و امکانات و خدمات شهری بپردازند (Tyrväinen, 1997).

تئوری هدانیک، ویژگی‌های متنوع و متعدد یک واحد مسکونی را در نظر می‌گیرد. براساس این تئوری، مطلوبیت هر فرد، تابعی از کالاهای مصرفی مختلف (X)، برداری از ویژگی‌های رفاهی محیط مانند: آلودگی هوا و آلودگی صوتی (Q)، برداری از ویژگی‌های ساختاری مربوط به ساختمان خریداری شده توسط فرد مانند: اندازه و تعداد اتاق‌ها، قدمت و نوع ساختمان (S) و برداری از ویژگی‌های همسایگی که واحد مسکونی در آن قرار دارد مانند: کیفیت آموزشگاه‌های علمی محل، میزان دسترسی به مراکز فرهنگی- ورزشی، پارک و همچنین میزان نرخ جرم جنایت در آن منطقه (N) است (Batalhone et al., 2002).

هر خانوار، دسته‌ای از ویژگی‌های مسکن و دیگر کالاها را مصرف می‌کند. این انتخاب، دربرگیرنده سطوحی از رفاه و مطلوبیت برای مصرف‌کننده است. این مطلوبیت با تابع U به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$U = U(X, Q_j, S_j, N_j) \quad (1)$$

خط بودجه مصرف‌کننده به صورت زیر است:

$$Y = X + P(Z) \quad (2)$$

که در آن P(Z) ارزش ویژگی‌های واحد مسکونی است که تابعی از ویژگی‌های مورد استفاده در واحد مسکونی مورد تقاضای خانوار است. این تابع، تابع قیمت هدانیک نامیده می‌شود و به صورت زیر است:

$$PH_i = P(Z) = P(Q_j, S_j, N_j) \quad (3)$$

i، نشان‌دهنده واحد مسکونی مورد نظر و j، نشان‌دهنده ویژگی‌های مورد نظر در تابع قیمت هدانیک است. از آنجایی که مصرف‌کنندگان، مطلوبیت‌شان را با توجه به سطح بودجه، حداکثر می‌کنند، خواهیم داشت:

$$\left( \frac{\partial u}{\partial q_j} \right) = \frac{\partial p h_i}{\partial q_j} \quad (4)$$

که در آن  $\frac{\partial u}{\partial q_j}$  برابر با مطلوبیت اضافی حاصل از

مصرف یک واحد اضافی ویژگی‌های مورد نظر، برابر با  $\frac{\partial u}{\partial x}$

1- Gilliches  
2- Rsen

مطلوبیت اضافی حاصل از مصرف یک واحد اضافی کالاهای مصرفی و  $\frac{\partial ph_i}{\partial q_j}$  برابر ارزش نهایی ویژگی  $q_j$  است.

رابطه ۴ نشان می‌دهد شرط لازم بهینه‌سازی مقید تابع هدانیک برای یک منطقه ایجاب می‌کند که تغییرات تابع قیمت هدانیک در اثر تغییر در ویژگی‌های مختلف مسکن با تغییر در ترجیحات مصرف‌کننده نسبت به خرید مسکن و خرید سایر کالاها برابر باشد. مشتق جزئی تابع هدانیک نسبت به هر ویژگی، ارزش نهایی ضمنی آن ویژگی را نشان می‌دهد.

شبکه عصبی (ANN)، رویکردی است که سعی در تقلید از توانایی‌های پردازشی ویژه مغز انسان دارد که براساس یادگیری مغز انسان، طراحی شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی، از جمله روش‌هایی هستند که قادر به تخمین موارد غیرخطی متعدد داده‌ها بوده و چارچوب محاسبه‌ای انعطاف‌پذیری برای دامنه وسیعی از مسائل غیرخطی هستند. یکی از مزیت‌های بارز این‌گونه از مدل‌ها نسبت به مدل‌های غیرخطی دیگر این است که شبکه‌های عصبی مصنوعی، نوعی تقریب‌زننده جهانی هستند که می‌توانند هر نوع تابعی را با دقت دلخواه تقریب بزنند. این‌گونه از شبکه‌ها به هیچ‌گونه پیش‌فرضی در مورد شکل مدل در فرایند مدل‌سازی نیاز ندارند و به طور کلی، یک مدل مبتنی بر داده هستند (گودرزی و امیری، ۱۳۹۲).

شبکه‌های عصبی مصنوعی، تکنیک‌های محاسباتی یادگیر هستند که به کمک آن‌ها می‌توان یک نگاهت خاص را تقریب زد یا داده‌های مختلفی را دسته‌بندی کرد. یک شبکه عصبی، از ترکیبی از چند نرون حاصل می‌شود. در شبکه عصبی تک‌لایه، به جای هر ورودی، از یک نرون استفاده می‌شود و وزن‌ها، نقش اتصال هر نرون به نرون خروجی را ایفا می‌کنند (جلالی و ستاری، ۱۳۹۰).

شبکه عصبی می‌تواند با استفاده از پردازش‌های موازی انبوه، به فراگیری موجود در داده‌ها بپردازد. همچنین فناوری شبکه عصبی می‌تواند با موفقیت در مسائل تجاری به کار گرفته

شود و در اکثر مواقع بر سایر تکنیک‌ها و فناوری‌های سنتی برتر بوده است.

به طور کلی، ساختار شبکه‌های عصبی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی نمود: شبکه‌های پیش‌خور (FFN)<sup>۱</sup> و شبکه‌های پس‌خور (RNN)<sup>۲</sup>. شبکه‌های پیش‌خور دارای ساختار ساده‌ای هستند و مشکل پایداری شبکه‌های پس‌خور را ندارند. شبکه‌های پیش‌خور دارای انواع متفاوتی هستند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به شبکه پرسپترون چندلایه اشاره کرد.

بازار مسکن ایران در پانزده سال گذشته، یکی از پرنوسان‌ترین بخش‌های اقتصادی ایران بوده است (جعفری صمیمی و همکاران، ۱۳۸۶). مسکن، کالایی ناهمگن، بادوام، غیرمنقول، سرمایه‌ای و مصرفی است که سهم زیادی از بودجه خانوارها، هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص ملی را به خود اختصاص داده و نقش زیادی در اشتغال و ارزش‌افزوده کشورها دارد (Laurice & Bhattacharya, 2005). مسکن از عناصر مهم در برآوردن نیازهای زیستی، اقتصادی و اجتماعی هر خانوار محسوب می‌شود. رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرها، مهاجرت از روستا به شهر، استهلاک ساختمان‌های قدیمی و تخریب آن‌ها، کوچک شدن بُعد خانوارها و مسائلی از این قبیل، تأمین مسکن را به یکی از مشکلات بزرگ در بسیاری از شهرهای کشورهای جهان سوم تبدیل کرده است (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

مسکن، یکی از کالاهای مهم اقتصادی است که به طور کلی دو نوع تقاضا برای آن وجود دارد: تقاضا به عنوان سرپناه و تقاضا به عنوان دارایی. درباره نخستین نوع تقاضا می‌توان گفت مسکن یکی از نیازهای اساسی تمامی خانوارها است. افراد به مسکن به مثابه دارایی نیز توجه دارند به این منظور که ساختمان با هدف

1- Feed Forward Network  
2- Return Neural Network

در پژوهش‌هایی که از روش‌های تمایل به پرداخت استفاده شده است، الگوهای رایج حجم نمونه به کار گرفته نمی‌شوند. میشل و کارسون در سال ۱۹۸۹، روشی را برای این‌گونه مطالعات که متکی بر انتخاب پژوهشگر است ابداع نمودند که مبتنی بر میزان انحراف قابل قبول مقدار تخمین زده شده از مقدار واقعی می‌باشد. اندازه نمونه انتخاب شده، به دقت آماری و انحراف از میانگین واقعی جامعه با توزیع نرمال (U) در سطح اطمینان معین و متفاوت بین تمایل به پرداخت واقعی و تمایل به پرداخت برآورد شده بستگی داشته و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$n = \left( \frac{1 - \frac{a}{2}}{D} \right)^2 \cdot V \quad (5)$$

در رابطه بالا n حجم نمونه، v خطای معیار نسبی،  $1 - \frac{a}{2}$  سطح اطمینان، D تفاوت تمایل به پرداخت واقعی و تمایل به پرداخت برآورد شده که به صورت درصدی از تمایل به پرداخت واقعی بیان می‌شود.

V خطای نسبی، a سطح اطمینان و D میزان انحراف مقدار پیش‌بینی شده از مقدار واقعی است که در این تحقیق،  $v=1/5$ ،  $a=0/10$  و  $D=0/15$  در نظر گرفته شده و از حجم نمونه ۲۸۶ تایی استفاده شده است. این حجم از نمونه در سطح داده شده‌ای از دقت این اطمینان را به وجود می‌آورد که تمایل به پرداخت تخمین زده شده، ۹۰ درصد مواقع در فاصله بین ۱۵ درصد از تمایل به پرداخت قرار خواهد گرفت. برای افزایش دقت می‌توان حجم نمونه را افزایش داد، اما در این مطالعه به دلیل این که جمع‌آوری داده‌ها نیاز به زمان و هزینه زیادی دارند، به همین سطح از دقت بسنده شده و با استفاده از همین تعداد، تخمین زده شده است.

به منظور حذف اثر زمان در این تحقیق، تنها از داده‌های مقطعی مربوط به سال ۱۳۹۴ استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده برای این تحقیق، از طریق

سرمایه‌گذاری در این بخش، خرید و فروش می‌شود (Benjamin et al., 2004). تقاضای مصرفی مسکن به واسطه فقدان جانشین، باثبات و قابل پیش‌بینی است و تقاضای سرمایه‌ای تحت تأثیر عوامل گوناگون و پیچیده‌ای و به شدت بی‌ثبات است؛ از این رو تقاضای مسکن، پرنوسان است. مسکن در ایران از جنبه دیگری نیز دارای اهمیت است. جذابیت و اهمیت مسکن در ایران به عنوان گزینه‌ای برای سرمایه‌گذاری قابل چشم‌پوشی نیست. در سال‌های قبل از ۱۳۸۸، تزریق حجم بالای نقدینگی به اقتصاد کشور، در غیاب عملکرد مناسب بازار سرمایه و رشد اقتصادی پایین، سبب هدایت منابع مالی به بخش مسکن و شکل‌گیری روندهای صعودی در قیمت این کالا شد. بنابراین علاوه بر جنبه مصرفی مسکن، بعد سرمایه‌ای آن نیز کاملاً واضح است (قدوسی، ۱۳۸۸).

مقوله مسکن به دلیل داشتن ابعاد مختلف و پیچیدگی آن و همچنین اهمیت بسزای آن در زندگی مردم، نیاز به دقت عمل و توجه فراوانی دارد. از یک‌سو، اهمیت اجتماعی و اقتصادی مسکن، این بخش را در کانون توجهات عمومی قرار داده است و از سوی دیگر، به دلیل اشتغال‌زایی این بخش و ارتباط آن با بسیاری از بخش‌های دیگر اقتصادی، به عنوان ابزاری مناسب در راستای تحقق سیاست‌های اقتصادی تلقی می‌شود (عزیزی، ۱۳۸۲). بازار مسکن در هر منطقه علاوه بر تأثیرپذیری از فاکتورهای ملی به طور وسیعی تحت تأثیر عوامل محلی نیز قرار دارد که تحلیل عملکرد بازار مسکن در سطح منطقه‌ای را موجه‌تر می‌سازد (Oikarinen, 2014).

#### ۴- روش تحقیق

ماهیت پژوهش حاضر، توسعه‌ای- کاربردی و روش انجام آن، توصیفی- تحلیلی است. جامعه آماری این تحقیق، کلیه واحدهای مسکونی کلان‌شهر اهواز می‌باشد.

سنجش کارایی دو مدل به کمک ۱۵ درصد باقی مانده داده‌ها انجام شده است. در جدول ۱، متغیرهای توضیحی آورده شده است.

مراجعه مستقیم به مشاوران املاک و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شده است. قابل ذکر است ۸۵ درصد داده‌های مورد استفاده به منظور آموزش شبکه عصبی و تعیین معادله رگرسیون هدانیک مورد استفاده قرار گرفته و

جدول ۱- متغیرهای توضیحی

نام متغیر	تعریف	علامت انتظاری
<b>متغیرهای فیزیکی یا ساختاری</b>		
Price2	قیمت هر مترمربع زمین به عنوان متغیر مستقل	مثبت
Mas1	مساحت زیربنای واحد مسکونی بر حسب مترمربع به عنوان متغیر مستقل	مثبت
Mas2	مساحت زمینی که واحد مسکونی در آن بنا شده است به عنوان متغیر مستقل	مثبت
Omr2	متغیر مجازی برای قدمت ساختمان (بیش از ۱۰ سال: ۱، در غیر این صورت: ۰)	منفی
Otagh2	متغیر مجازی برای تعداد اتاق‌ها (۳ اتاق و بیشتر: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Nama2	متغیر مجازی برای نمای بیرونی ساختمان (نمای لوکس: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Parking	متغیر مجازی برای داشتن پارکینگ (وجود: ۱، عدم وجود: ۰)	مثبت
Asansor	متغیر مجازی برای آسانسور (وجود: ۱، عدم وجود: ۰)	مثبت
Tazinat2	متغیر مجازی برای تزئینات داخلی (لوکس: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Sarma	متغیر مجازی برای سیستم سرمایشی (کولر گازی: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Balkon	متغیر مجازی برای داشتن بالکن (دارد: ۱، ندارد: ۰)	مثبت
<b>متغیرهای دسترسی و محیطی</b>		
Medical	متغیر مجازی برای دسترسی به مراکز بهداشتی (دارد: ۱، ندارد: ۰)	مثبت
Mazhab	متغیر مجازی برای دسترسی مراکز مذهبی (دارد: ۱، ندارد: ۰)	منفی
Amozesh	متغیر مجازی برای دسترسی به مراکز آموزشی (خیلی نزدیک: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Markazsh	متغیر مجازی برای دسترسی به مرکز شهر و خرید (دارد: ۱، ندارد: ۰)	مثبت
Makani 1	متغیر مجازی برای موقعیت مکانی ساختمان (خیابان: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Makani 2	متغیر مجازی برای موقعیت مکانی ساختمان (کوچه، بن‌بست: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت
Arz	متغیر مجازی برای عرض کوچه یا خیابان (بیش از ۱۰ متر: ۱، در غیر این صورت: ۰)	مثبت

منبع: (یافته‌های نگارندگان)

## ۵- یافته‌های تحقیق

### انتخاب فرم تابعی مدل هدانیک و تخمین مدل

برای تعیین عوامل مؤثر بر قیمت مسکن از تابع قیمت هدانیک استفاده شده است. در کالاهایی که قیمت، تابعی از ویژگی‌های کالا است، این تابع در تخمین قیمت به کار گرفته می‌شود. در این تحقیق به دلیل دسترسی آسان به اطلاعات، بیشتر از بردارهای ویژگی‌های فیزیکی مسکن استفاده شده است. برای

برآورد تابع هدانیک قیمت، از فرمول مطلوب تابع به

صورت نیمه‌لگاریتمی استفاده شده است (Ara, 2007):

$$\ln p = a_0 + \sum \beta_i X_i \quad (6)$$

نتایج حاصل از برآورد تابع هدانیک برای واحدهای مسکونی شهر اهواز با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews6 در جدول ۲ آمده است.



جدول ۲- تخمین مدل هدائیک

نام متغیر	آماره t	احتمال	نام متغیر	آماره t	احتمال
Price2	۱۷/۶۷	۰/۰۰۰	Asansor	۱/۸۱۵	۰/۰۷۰
Mas1	۲/۲۱	۰/۰۲۱	Tazinat1	۰/۸۴۶	۰/۳۹۸
Mas2	۲/۴۵	۰/۰۳۳	Tazinat2	۴/۲۶	۰/۰۰۰
Omr1	۰/۳۱۶	۰/۷۵۲	Sarma	۲/۵۷	۰/۰۱۰
Omr2	-۱/۹۶	۰/۰۴۷	Balkon	۳/۴۹	۰/۰۰۰
Asansor	۱/۸۱۵	۰/۰۷۰	Medical	۲/۸۵	۰/۰۰۴
Tazinat1	۰/۸۴۶	۰/۳۹۸	Mazhab	-۳/۹۶	۰/۰۰۰
Tazinat2	۴/۲۶	۰/۰۰۰	Amozesh	۱/۶۷	۰/۰۹۴
Sarma	۲/۵۷	۰/۰۱۰	Markazsh	۲/۸۶	۰/۰۰۴
Asansor	۱/۸۱۵	۰/۰۷۰	Makani1	۳/۲۲	۰/۰۰۱
Tazinat1	۰/۸۴۶	۰/۳۹۸	Makani2	۳/۵۸	۰/۰۰۰
Tazinat2	۴/۲۶	۰/۰۰۰	Arz	۲/۳۵	۰/۰۱۹
Sarma	۲/۵۷	۰/۰۱۰	Prob (F-statistic)=000	DW=۱/۸۵	R <sup>2</sup> =۰/۸۸
Garma	-۰/۵۵	۰/۵۵۷	-	-	-

منبع: (محاسبات نگارندگان)

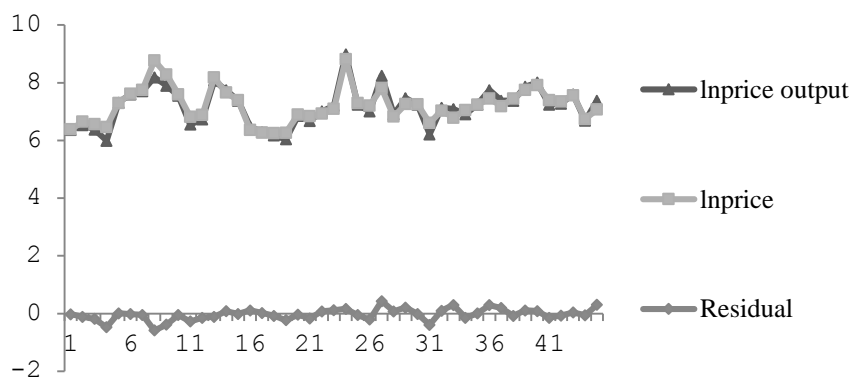
جدول ۲ نشان‌دهنده مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر قیمت مسکن در شهر اهواز می‌باشد. همان‌طور که مشخص است از ۲۷ متغیر، ۹ متغیر تأثیر معنی‌داری نداشته و ۱۸ متغیر دیگر که در تخمین نهایی از طریق تابع خطی نیمه‌لگاریتمی که به عنوان مدل ساختاری برای تخمین قیمت هدائیک مسکن در شهر اهواز استفاده شده است، تأثیر معنی‌داری بر قیمت مسکن در شهر اهواز داشته‌اند. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر قیمت واحدهای مسکونی در شهر اهواز به ترتیب قیمت زمین، مساحت زمین، مساحت زیربنا، قدمت ساختمان، تعداد اتاق‌ها، نمای ساختمان، آسانسور، پارکینگ و تزیینات داخلی هستند. از بین عوامل فیزیکی یا ساختاری، قیمت زمین، مهم‌ترین تأثیر را بر قیمت واحد مسکونی دارد. همچنین عوامل محیطی و دسترسی تأثیرگذار بر قیمت مسکن در شهر اهواز به ترتیب عبارتند از: دسترسی به مراکز بهداشتی، آموزشی، مرکز شهر و مراکز خرید که مهم‌ترین عامل، دسترسی به مراکز بهداشتی است. بنابراین بررسی‌ها نشان دادند که عوامل فیزیکی یا ساختاری، بیش از عوامل محیطی بر قیمت واحدهای

آپارتمانی شهر اهواز تأثیرگذار هستند؛ بنابراین توصیه می‌شود که در برنامه‌ریزی‌های ساخت‌وساز واحدهای مسکونی، به عوامل فیزیکی، بیش از سایر عوامل اهمیت داده شود.

پس از به‌دست آوردن مدل رگرسیون هدائیک به منظور تعیین کارایی مدل، با استفاده از ۴۶ داده واقعی، قیمت‌ها را پیش‌بینی نموده و نتایج به‌دست آمده، با مقادیر واقعی، مقایسه می‌شوند. بنابراین به‌منظور به‌دست آوردن مدلی که علاوه بر دقت، از سادگی نیز برخوردار باشد، کارایی هر دو مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به نمودار ۱ می‌توان گفت که مدل هدائیک، برآزش و پیش‌بینی قابل‌قبولی برای قیمت مسکن در اهواز ارائه می‌دهد؛ بنابراین از این مدل می‌توان برای پیش‌بینی استفاده کرد. در ادامه با مقایسه مدل هدائیک با مدل شبکه عصبی مصنوعی، مدلی که حداکثر کارایی را در این زمینه دارد معرفی شده است. مقایسه قیمت‌های واقعی و نتایج حاصل از پیش‌بینی قیمت در داده‌های مربوط به تست به کمک مدل رگرسیون هدائیک نیمه‌لگاریتمی، به شرح نمودار ۱ است. در نهایت

$R^2$ ، بیانگر آن است که ۸۸ درصد کل تغییرات متغیرهای وابسته، توسط متغیرهای مستقل توضیح داده شده‌اند. به عبارت دیگر، قدرت تشریح الگو توسط متغیرهای آن حدود ۸۸ درصد است.

معیارهای خطای مورد نظر در جدول ۳ آورده شده است. نتایج به دست آمده از تخمین نهایی تابع قیمت هدانیک مسکن که در جدول ۳ ارائه شده نشان می‌دهد که ضرایب تمام متغیرهای تخمین نهایی الگو در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ معنی دار بوده‌اند. ضریب تعیین



نمودار ۱- مقایسه قیمت هدانیک با قیمت‌های واقعی

منبع: (محاسبات نگارندگان)

جدول ۳- بررسی کارایی مدل هدانیک

ضریب هدانیک	معیارهای خطا
۰/۸۸	$R^2$
۰/۰۴۱۱	MSE
۰/۲۰۲۷	RMSE
۲/۱۲۲۱	MAPE
۰/۱۵۱۳	MAE
۰/۰۱۴	ضریب TIC

منبع: (محاسبات نگارندگان)

در این پژوهش، از یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) با الگوریتم پس‌انتشار خطا برای پیش‌بینی قیمت مسکن برای شهر اهواز استفاده شده است. برای انتخاب پارامترهای مدل و طراحی شبکه بهینه، از فرایند هشت مرحله‌ای توسط کاسترا و بوید (۱۹۹۶) استفاده شده است. آنها در مقاله خود بیان کردند که شبکه‌های عصبی با یک لایه پنهان، دارای توانایی‌های بالاتری نسبت به شبکه‌های عصبی دو لایه هستند. مطابق تئوری،

پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از مدل شبکه

#### عصبی مصنوعی

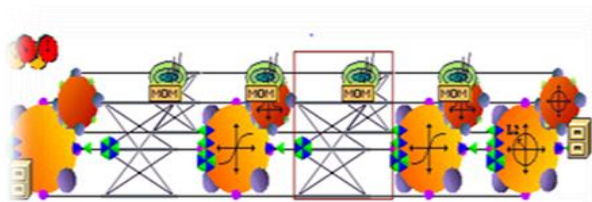
در طراحی ساختار و معماری شبکه عصبی، تعداد عناصر بردار ورودی از صورت مسئله مورد بررسی مشخص شده و به انتخاب طراح نیست، اما تعیین تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون‌ها، نوع ارتباطات بین نرون‌ها، نوع تابع فعال‌سازی، تعداد تکرارها و از این قبیل، به انتخاب طراح است؛ بنابراین یک طراحی بهینه، ضروری است (Vellido et al., 1999).

هرچه روابط بین متغیرها پیچیده‌تر باشد باید تعداد نرون‌های لایه پنهان، افزایش یابد. لازم به ذکر است که صرف‌نظر از روش مورد استفاده برای تعیین بازه تعداد نرون‌های پنهان که برای آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند همواره باید شبکه‌ای انتخاب شود که بهترین عملکرد را در مجموعه آزمون داشته است (خلیلی عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰).

در این مطالعه  $K=28$  و  $L=1$  می‌باشد، بنابراین  $M=(28)^{1/5}=5/3$  است، پس داریم:  $10/6 < M^* < 2/15$ . بنابراین شبکه با یک و دو لایه پنهان با ۳ تا ۱۰ نرون در لایه پنهان ساخته شده و نتایج دو مدل با هم مقایسه شدند. نتایج نشان دادند استفاده از یک لایه پنهان، کارایی و عملکرد بهتری نسبت به بقیه دارد. همچنین تابع فعال‌سازی مورد استفاده در این مطالعه، تابع تانژانت هذلولی است و حداکثر دوره آموزش برای نرم‌افزار، ۱۰۰۰ دوره است. نرم‌افزار مورد استفاده در این بخش نیز نرم‌افزار neurosolution5 می‌باشد که برای این منظور ۱۵ درصد داده‌ها برای تست مدل و ۸۵ درصد برای آموزش شبکه، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

شکل ۱ فرایند پیش‌بینی قیمت مسکن برای کلان‌شهر اهواز با استفاده از نرم‌افزار neurosolution5 را نشان می‌دهد.

یک شبکه عصبی با یک لایه پنهان و تعداد نرون‌های کافی در لایه پنهان قادر است هر تابعی را با دقت دلخواه تخمین بزند. در عمل، شبکه‌های عصبی با یک یا در مواردی دو لایه پنهان به‌طور وسیع به کار می‌روند و عملکرد بسیار خوبی دارند؛ لذا توصیه کردند که تمام شبکه‌های عصبی، کار خود را با یک یا حداکثر دو لایه پنهان آغاز کنند. تئوری و اکثر مطالعات تجربی بیان می‌کنند استفاده از شبکه‌های عصبی با بیش از چهار لایه (بیش از دو لایه پنهان)، بهبودی در نتایج، ایجاد نخواهند کرد. همچنین، علی‌رغم اهمیت تعداد نرون‌های لایه پنهان در کارایی شبکه عصبی، فرمول دقیقی برای تعیین تعداد بهینه آن وجود ندارد. از این رو، برخی قواعد برای تعیین تعداد نرون‌های پنهان، گسترش یافته است. یکی از این قواعد، استفاده از رابطه  $M = \sqrt{K \times L}$  برای شبکه‌های سه‌لایه است که در این رابطه  $M$ ، تعداد نرون‌های لایه پنهان،  $K$ ، تعداد نرون‌های لایه ورودی و  $L$ ، تعداد نرون‌های لایه خروجی می‌باشد. تعداد واقعی نرون‌ها لایه پنهان ( $M^*$ ) با توجه به پیچیدگی مسأله، می‌تواند در بازه  $\frac{1}{2} M < M^* < M$  قرار گیرد.

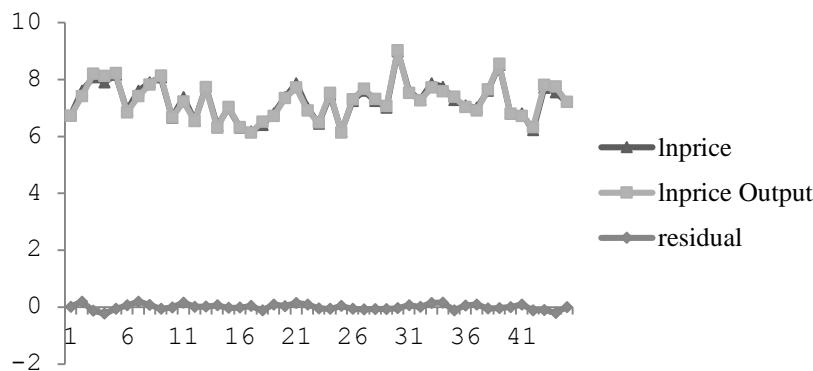


شکل ۱- فرایند پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

منبع: (محاسبات نگارندگان)

مدل شبکه عصبی مصنوعی در نمودار ۲ آورده شده است.

مقایسه قیمت‌های واقعی و نتایج حاصل از پیش‌بینی قیمت در داده‌های مربوط به تست به کمک



نمودار ۲- مقایسه قیمت پیش‌بینی شده با قیمت‌های واقعی  
منبع: (محاسبات نگارندگان)

در ادامه با استفاده از نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی، کارایی مدل تعیین شده، سپس با استفاده از ۴۶ داده واقعی، قیمت‌ها پیش‌بینی شده و نتایج به‌دست آمده با مقادیر واقعی مقایسه گردید که معیارهای ارزیابی در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

جدول ۴- بررسی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی

ضریب شبکه عصبی مصنوعی	معیارهای خطا
۰/۹۸	R <sup>2</sup>
۰/۰۰۹۴	MSE
۰/۰۹۶	RMSE
۱/۰۶۳	MAPE
۰/۰۷۸۱	MAE
۰/۰۰۶۶	ضریب TIC

منبع: (محاسبات نگارندگان)

قدرت تشریح الگو توسط پارامترهای موجود در الگو می‌باشد و مدل، عملکرد بهتری خواهد داشت.

مقایسه عملکرد مدل هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از دو روش رگرسیون هدانیک و رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی، برای پیش‌بینی قیمت مسکن در کلان‌شهر اهواز، به مقایسه عملکرد این دو مدل پرداخته شده است (جدول ۵).

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی مدل رگرسیون هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی، از معیارهای ضریب تعیین (R<sup>2</sup>)، میانگین مربع خطا (MSE)<sup>۱</sup>، ریشه میانگین مربع خطا (RMSE)<sup>۲</sup>، میانگین قدر مطلق خطاها (MAPE)<sup>۳</sup>، میانگین قدر مطلق انحراف (MAE)<sup>۴</sup> و ضریب TIC استفاده شده است. روابط این شاخص‌ها به صورتی است که هرچه R<sup>2</sup> به عدد یک و دیگر پارامترها به عدد صفر نزدیکتر باشند، نشان‌دهنده

1- Mean Square Error  
2- Root Mean Square Error  
3- Mean Absolute Percentage Error  
4- Mean Absolute Error

جدول ۵- مقایسه عملکرد روش هدانیک و شبکه عصبی برای پیش‌بینی قیمت مسکن اهواز

ضریب هدانیک	ضریب شبکه عصبی	معیارهای خطا
۰/۸۸	۰/۹۸	R <sup>2</sup>
۰/۰۴۱۱	۰/۰۰۹۴	MSE
۰/۲۰۲۷	۰/۰۹۶	RMSE
۲/۱۲۲۱	۱/۰۶۳	MAPE
۰/۱۵۱۳	۰/۰۷۸۱	MAE
۰/۰۱۴	۰/۰۰۶۶	ضریب TIC

منبع: (محاسبات نگارندگان)

نتیجه، کارایی بیشتری در پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز داشته است.

برای بررسی این مسئله که آیا تفاوت در دقت پیش‌بینی مدل‌های مختلف از نظر آماری نیز معنی‌دار است، با استفاده از آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد (MGN) توانایی دو مدل در پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز مقایسه شده است. نتایج این آزمون در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود معیارهای R<sup>2</sup>، MSE، RMSE، MAPE، MAE و ضریب TIC برای دو مدل برآورد شده است.

معیارهای ارائه شده نشان می‌دهند که بهترین عملکرد مربوط به شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در مقایسه با رگرسیون هدانیک است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل شبکه عصبی مصنوعی خطای کمتر و در

جدول ۶- نتایج آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد برای تفاوت در پیش‌بینی

ارزش احتمال	مقدار آماره آزمون
۰/۰۰۰	۵/۲۷

منبع: (محاسبات نگارندگان)

عنوان یک دارایی، توجه صاحبان سرمایه را به خود معطوف کرده است؛ بنابراین پیش‌بینی دقیق قیمت مسکن برای صاحب‌خانه‌ها، سرمایه‌گذاران، دولت، شرکت‌های فعال در زمینه ساخت‌وساز و سایر مشارکت‌کنندگان در بازار این دارایی غیرمنقول، حائز اهمیت است. مسکن یکی از نیازهای اساسی خانواده‌هاست که نه تنها سرپناه بلکه یک دارایی مهم نیز تلقی می‌گردد و از ارزش بالای اقتصادی و اجتماعی (در تعیین منزلت اجتماعی افراد) برخوردار می‌باشد؛ بنابراین، وجود یک مدل پیش‌بینی قیمت دقیق و کارآمد، موجب پر شدن خلاء اطلاعاتی موجود شده و عدم اطمینان ناشی از کمبود یا نبود اطلاعات را کاهش می‌دهد و به تبع آن، باعث بهبود کارایی بازار این دارایی می‌شود.

نتایج حاصل از آزمون نشان دادند که فرضیه صفر آزمون، مبنی بر عدم برابری قدرت پیش‌بینی دو مدل و همچنین توانایی مدل‌ها برای پیش‌بینی قیمت مسکن، رد نمی‌شود؛ از این رو تفاوت قدرت پیش‌بینی دو مدل از لحاظ آماری نیز معنی‌دار است که نشان‌دهنده کارایی و عملکرد بهتر مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل هدانیک در پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز می‌باشد.

#### ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

همواره در ادبیات اقتصادی، مسکن به عنوان کالایی با خواص دوگانه معرفی می‌شود. مسکن علاوه بر آن که دارای ارزش مصرفی است، از منظر اقتصادی نیز به

می‌تواند به علت وجود ویژگی‌هایی چون پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف‌پذیری در این شبکه‌ها باشد.

#### ۷- منابع

اسماعیلی، حسین؛ خورشیدنام، محمدحسین؛ شعبانی، پژمان؛ نایبی، امین؛ معصومی، محمد؛ کیمیگری، علی محمد. (۱۳۹۵). مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی - مطالعه موردی استان یزد. *چهارمین کنفرانس ملی مدیریت اقتصاد و حسابداری*، سازمان مدیریت صنعتی آذربایجان شرقی، دانشگاه تبریز.

اکبری، نعمت‌الله؛ عمادزاده، مصطفی؛ رضوی، سیدعلی. (۱۳۸۳). بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در شهر مشهد. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، ۴(۱۱-۱۲)، ۹۷-۱۱۷.

امان‌پور، سعید؛ سلیمانی‌راد، اسماعیل؛ کشتکار، لیلی؛ مختاری چلچله، صادق. (۱۳۹۳). تخمین قیمت مسکن شهر اهواز با استفاده از شبکه عصبی. *فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری*، ۳(۹)، ۴۵-۵۷.

پورمحمدی، محمدرضا؛ قربانی، رسول؛ تقی‌پور، علی‌اکبر. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در شهر تبریز با استفاده از مدل هدانیک، *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۳(۹)، ۸۳-۱۰۴.

جعفری‌صمیمی، احمد؛ علمی، زهرا؛ هادی‌زاده، آرش. (۱۳۸۶). عوامل مؤثر بر تعیین رفتار شاخص قیمت مسکن در ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، ۹(۳۲)، ۳۱-۵۳.

جلالی، سیدعبدالمجید؛ ستاری، امید. (۱۳۹۰). بررسی و پیش‌بینی اثر جهانی شدن اقتصاد بر توزیع درآمد در جامعه شهری ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. *فصلنامه علمی پژوهشی رشد و توسعه اقتصادی*، ۱(۴)، ۱۱۷-۱۴۴.

خلیلی عراقی، منصور؛ نوبهار، الهام. (۱۳۹۰). پیش‌بینی قیمت مسکن برای کلان‌شهر تبریز: کاربرد مدل‌های قیمت هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی. *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۱۹(۶۰)، ۱۱۳-۱۳۸.

در این مقاله با استفاده از دو روش هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی و ۲۷ متغیر، به پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر اهواز پرداخته شد. در ابتدا مدل هدانیک بررسی شد، سپس متغیرهای مورد استفاده معرفی شدند. در ادامه فروض کلاسیک برای رگرسیون مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج فروض کلاسیک حاکی از عدم‌نقض این فروض بودند، سپس کار پیش‌بینی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. در این روش، معیارهای ارزیابی  $MAP$  و  $MAE$ ،  $RMSE$ ،  $MSE$  و داده شد که برای مقایسه قدرت و بررسی کارایی دو مدل مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج مدل هدانیک نشان دادند از میان ۲۷ متغیر مدل، ۱۸ متغیر، معنی‌دار بودند و با مقایسه نتایج و مقدار برآوردها، مشخص شد که قیمت مسکن در اهواز، بیشتر از عوامل فیزیکی و ساختاری تأثیر می‌پذیرد. در نهایت با استفاده از آزمون مورگان-گرنجر-نیوبلد و معیارهای ارزیابی، به مقایسه عملکرد دو مدل پرداخته شد که نتایج نهایی نشان‌دهنده کارایی بهتر شبکه عصبی مصنوعی (۹۸ درصد) نسبت به مدل هدانیک (۸۸ درصد) بود که در مقایسه با پژوهش مشابه انجام شده توسط خلیل عراقی و نوبهار (۱۳۹۰) در تبریز، قدرت پیش‌بینی قیمت مسکن توسط شبکه عصبی مصنوعی در اهواز ۱۷ درصد بیشتر بوده است.

عملکرد مناسب‌تر مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل رگرسیون هدانیک، بیان‌کننده وجود روابط غیرخطی از درجه‌ای است که به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی باعث بهبود پیش‌بینی‌ها می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و مطالعات مشابه مانند: خلیل عراقی و نوبهار، (۱۳۹۰)، امان‌پور و همکارانش (۱۳۹۳) و زاین و همکارانش (۲۰۱۱) نشان می‌دهند که در اکثر موارد، شبکه‌های عصبی مصنوعی با دقت بالاتری قادرند پیش‌بینی‌های بهتر و دقیق‌تری را نسبت به روش‌های اقتصادسنجی ارائه دهند که این

- wealth in housing?. *Journal of Real Estate Research*, 26(4), 329-344.
- Bernanke, B. S., & Gertler, M. (1995). *Inside the black box: the credit channel of monetary policy transmission* (No. w5146). National bureau of economic research.
- Case, B., Clapp, J., Dubin, R., & Rodriguez, M. (2004). Modeling spatial and temporal house price patterns: A comparison of four models. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 29(2), 167-191.
- Chen, M. C., & Patel, K. (1998). House price dynamics and Granger causality: an analysis of Taipei new dwelling market. *Journal of the Asian Real Estate Society*, 1(1), 101-126.
- Das Gupta, M., Desikachari, B. R., Somanathan, T. V., & Padmanaban, P. (2009). *How to improve public health systems: lessons from Tamil Nadu*.
- Diewert, W. E., & Hendriks, R. (2011). The decomposition of a house price index into land and structures components: A hedonic regression approach. *The Valuation Journal*, 6(1), 58-105.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M., & Reichlin, L. (2003). Do financial variables help forecasting inflation and real activity in the euro area?. *Journal of Monetary Economics*, 50(6), 1243-1255.
- Greenwood, J., & Hercowitz, Z. (1991). The allocation of capital and time over the business cycle. *Journal of political Economy*, 99(6), 1188-1214.
- Griliches, Z. (1971). *Price indexes and quality change*. Harvard University Press.
- Kaasra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing*, 10(3), 215-236.
- Kouwenberg, R., & Zwinkels, R. (2014). Forecasting the US housing market. *International Journal of Forecasting*, 30(3), 415-425.
- Laurice, J., & Bhattacharya, R. (2005). Prediction Performance of a Hedonic Pricing Model for Housing. *Appraisal Journal*, 73(2), 111-120.
- طیبی، کمیل؛ آذربایجانی، کریم؛ بیاری، لیلی. (۱۳۸۸). مقایسه مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و سری‌های زمانی برای پیش‌بینی قیمت گوشت در ایران. *پژوهشنامه علوم اقتصادی*، ۹(۱).
- عزیزی، محمدمهدی. (۱۳۸۲). جایگاه شاخص‌های مسکن در فرایند برنامه‌ریزی مسکن. *نشریه هنرهای زیبا*، شماره ۱۷، ۳۱-۴۲.
- عطریان‌فر، حامد؛ برکچیان، مهدی؛ فاطمی، فرشاد. (۱۳۹۲). ارزیابی روش‌های ترکیب پیش‌بینی (مطالعه موردی قیمت مسکن در شهر تهران). *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی در ایران*، ۲(۶).
- قدوسی، نوید. (۱۳۸۸). *مطالعه و بررسی کارایی بازار مسکن ایران*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف.
- گودرزی، میلاد؛ امیری، بهزاد. (۱۳۹۲). ارائه مدلی برای شناسایی عوامل مؤثر بر قیمت آتی سکه به روش شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با مدل‌های رگرسیونی. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۴(۱۵)، ۳۴-۱۷.
- ممبینی، حسین؛ هاشم‌پور، مرتضی؛ روشندل، شهلا. (۱۳۹۴). پیشنهاد مدلی برای پیش‌بینی قیمت مسکن براساس روش آریمما (مطالعه موردی شهر تهران). *فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری*، ۴(۱۴)، ۲۸-۱۵.
- وارثی، حمیدرضا؛ موسوی، میرنجف. (۱۳۸۹). بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن با استفاده از مدل هدانیک قیمت (مورد مطالعه: منطقه سه شهر یزد). *فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۱(۳)، ۵-۱۲.
- Ara, S. (2007). *The influence of water quality on the demand for residential development around Lake Erie* (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- Batalhone, S. A., Nogueira, J. M., & Mueller, B. P. M. (2002). Economics of air pollution: hedonic price model and smell consequences of sewage treatment plants in urban areas. *Brasília, DF: Universidade de Brasília*.
- Benjamin, J., Chinloy, P., & Jud, D. (2004). Why do households concentrate their

- Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Resources for the Future.
- Oikarinen, E. (2014). *Studies on housing price dynamics*.
- Peterson, S., & Flanagan, A. (2009). Neural network hedonic pricing models in mass real estate appraisal. *Journal of Real Estate Research*, 31(2), 147-164.
- Plakandaras, V., Gupta, R., Gogas, P., & Papadimitriou, T. (2015). Forecasting the US real house price index. *Economic Modelling*, 45, 259-267.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of political economy*, 82(1), 34-55.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2003). Forecasting output and inflation: The role of asset prices. *Journal of Economic Literature*, 41(3), 788-829.
- Topel, R., & Rosen, S. (1988). Housing investment in the United States. *Journal of Political Economy*, 96(4), 718-740.
- Tyrväinen, L. (1997). The amenity value of the urban forest: an application of the hedonic pricing method. *Landscape and Urban planning*, 37(3-4), 211-222.
- Vellido, A., Lisboa, P. J., & Vaughan, J. (1999). Neural networks in business: a survey of applications (1992-1998). *Expert Systems with applications*, 17(1), 51-70.
- Werbos, P. J. (1974). *Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences*. Doctoral Dissertation, Applied Mathematics, Harvard University, MA.
- Zainun, N. Y., Rahman, I. A., & Eftekhari, M. (2011). Forecasting low-cost housing demand in Pahang, Malaysia using Artificial Neural Networks. *Journal of Surveying, Construction and Property*, 2(2), 83-88.