مقایسهٔ عملکرد رگرسیون‌های خطی چندگانه و جنگل تصادفی درجهت ارزیابی قیمت واحدهای مسکونی (موردشناسی: ولیعصر شمالی، شهر تبریز)

محمدعلی کوشش وطن* (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز)
اکبر اصغری زمانی (دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز)
محمد نعمتی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز)
فیروز پورمحمد (کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز)

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۱ بهمن ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۰ شهریور ۱۴۰۰
صفحات: ۶۴-۴۵

کلید واژه‌ها:
قیمت مسکن، رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون جنگل تصادفی، ولیعصر شمالی، شهر تبریز.

چکیده

اقتصاد مسکن یکی از مهم‌ترین ابعاد اقتصادی هر کشوری می‌باشد. چرا که تغییرات قیمتی آن تبعات مختلفی را در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر اقتصاد ملی در بر خواهد داشت؛ بنابراین، تعریف مدلی که بتواند قیمت مسکن را ارزیابی نماید بسیار ضروری است. در این راستا، اهداف پژوهش حاضر مقایسه رگرسیون‌های خطی چندگانه و جنگل تصادفی برای تعریف مدل ارزیابی قیمت واحدهای مسکونی و استخراج عوامل مؤثر بر قیمت واحدهای مسکونی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش حاضر کلیه واحدهای مسکونی محله‌های یک الی چهار کوی ولیعصر واقع در منطقه یک شهر تبریز به تعداد ۳۰۲۷۲ واحد می‌باشد. با استفاده از فرمول کوکران ۳۷۹ نمونه در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ضریب خطای ۵ درصد برآورد گردید. جهت مدل‌سازی مطلوب، اطلاعات ۴۰۰ واحد مسکونی به‌عنوان نمونه به‌صورت میدانی جمع‌آوری شد. به‌منظور حذف اثر زمان در این پژوهش، تنها از داده‌های شهریور سال ۱۳۹۹ استفاده شد. همچنین، جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcMap، SPSS و RStudio استفاده شد.

بر اساس نتایج، متغیرهای مساحت با ۲۴/۷۸ درصد، کل طبقات ساختمان با ۹/۸۶ درصد، سال ساخت با ۷/۹ درصد، فاصله از مراکز بهداشتی با ۶/۸۹ درصد، فاصله از تأسیسات شهری با ۶/۸۴ درصد، فاصله از فضای سبز با ۵/۰۳ درصد، فاصله از کاربری مذهبی با ۴/۴۸ درصد، فاصله از مراکز درمانی با ۴/۲۶ درصد، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی با ۳/۹۹ درصد و استقرار واحد در طبقه با ۳/۹۲ درصد به ترتیب ده متغیر مؤثر دررابطه‌با قیمت مسکن محله‌های ولیعصر شمالی می‌باشند.

بر پایه یافته‌های پژوهش مشخص گردید که رگرسیون جنگل تصادفی نسبت به رگرسیون خطی چندگانه قابلیت بالایی را در پیش‌بینی قیمت مسکن ولیعصر شمالی شهر تبریز دارا می‌باشد.

* نویسنده مسئول: محمدعلی کوشش وطن
پست الکترونیک: ali.kousheshvatan@tabrizu.ac.ir

مقدمه

اقتصاد مسکن از متغیرترین و غیرشفاف‌ترین حوزه‌های برنامه‌ریزی می‌باشد. چرا که مشخصه‌های عرضه و تقاضای آن پویا بوده و روندهای کوتاه و بلندمدت قیمت مسکن را دستخوش تغییر قرار می‌دهد. البته این مسئله در کشورهایی با اقتصاد تورم‌زا روند شتاب‌زده‌ای دارد. مسکن دارای ماهیت چندبعدی است. یعنی علاوه بر اینکه جنبه مصرفی دارد، دارای قابلیت سرمایه‌ای نیز می‌باشد. همچنین، بخش قابل‌توجهی از سرمایه کشورها به بخش مسکن تزریق می‌گردد. چرا که مسکن به دلیل خودکفا بودن، قدرت بالای جذب نقدینگی و وجود تقاضای ثابت در خرید و اجاره به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصادی کشورها شناخته می‌شود. بخش مسکن دارای روابط پیچیده و متعددی با بخش‌های مختلف اقتصادی و تولیدی است. در حقیقت، قیمت مسکن به‌نوعی وضعیت اقتصادی کشور و نظام سیاست‌گذاری و مدیریت زمین و مسکن را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در اقتصادهای با تورم پایین و کنترل‌شده، بیشتر تقاضای مسکن بر اساس وجه مصرفی آن شکل می‌گیرد. در نظام‌های اقتصادی همچون ایران که نقدینگی و تورم بالا وجود دارد، وجه سرمایه‌ای مسکن است که بیشتر تقاضا را تشکیل می‌دهد. در این راستا، شناخت عوامل مؤثر بر قیمت مسکن و همچنین تعریف مدل ارزیابی قیمت مسکن مهم می‌باشد. چرا که، قیمت مسکن مسئله مهمی برای صاحبان حقیقی و بالقوه آن است و شناسایی عواملی که در قیمت مسکن تأثیرگذار هستند در سیاست‌گذاری و مدیریت قیمت مسکن حائز اهمیت است. به‌طوری‌که به هر میزان حوزه قیمتی مسکن شفاف و معلوم باشد، برنامه‌ریزی جهت کنترل نوسان قیمت مسکن نیز تسهیل می‌گردد. علاوه بر این، مقوله قیمت مسکن برای بنگاه‌ها، بانک‌ها و تصمیم‌گیران نیز از اهمیت بالایی برخوردار است (Schulz & Werwatz, 2004: 37). از طرفی، تغییر قیمت مسکن نگرانی بزرگی برای همهٔ افراد جامعه و دولت‌ها است؛ زیرا وضعیت اجتماعی-اقتصادی را از خود متأثر ساخته و باعث ایجاد تأثیرات آتی در وضعیت اقتصاد ملی خواهد شد (Selim, 2009: 2843).

خانه‌های تحت مالکیت خانوارها نه‌تنها گزینه‌ای جهت مکانی برای زندگی در اختیار آنان قرار می‌دهد، بلکه به‌خاطر ناهمگن بودن، نقدینگی پایین، هزینه معاملات بالا و ثابت بودن در موقعیت مکانی خود، کالایی خاص در بازار تلقی می‌گردد. در حقیقت، مسکن نوعی پس‌انداز بوده و مهم‌ترین سهم را در سبد دارایی خانوار تشکیل می‌دهند. به‌طوری‌که اکثر مردم به آن به‌عنوان مهم‌ترین سرمایه‌گذاری نگاه می‌کنند. ازاین‌رو، توسعه و سرمایه‌گذاری در مسکن به‌عنوان یک فعالیت اقتصادی محلی محسوب می‌گردد (Cozmei & Onofrei, 2012: 604; Masri et al., 2016: 453). در واقع، در بیشتر کشورها املاک و مستغلات بزرگ‌ترین جزء دارایی خانوارها است. در این راستا، ارزش مسکن خانوارها تأثیر عمده‌ای در مصرف و فرصت‌های پس‌انداز آن‌ها دارد (Case et al., 2005: 7)؛ بنابراین تغییرات در قیمت مسکن موجب نوسانات قابل‌توجهی در دارایی خانوار خواهد شد (Leung, 2004: 251).

پیرو نظریهٔ مصرف‌کنندهٔ لنکستر[1]، کالا به‌خودی‌خود، هیچگاه سودمند نیست؛ بلکه ویژگی‌های آن است که باعث سودمندی آن کالا می‌شود. به عبارتی، نحوهٔ ارزش‌گذاری مسکن براساس ویژگی‌های آن است (Lancster, 1966, 107). کاملاً مشخص است که ارزش املاک و مستغلات وابسته به ویژگی‌های موقعیتی و بازاری آن است (Case et al., 2004: 167). به‌طوری‌که برای هر خانوار مسکن مجموعه‌ای از خدمات را ارائه می‌دهد؛ برخی از این ویژگی‌ها دررابطه

1iLancaster

با خصوصیات فیزیکی مسکن مانند مساحت، تعداد اتاق، وجود تراس و ویژگی‌هایی ازاین‌دست است (Sirmans et al., 2009: 3). بخش دیگری از ویژگی‌ها نیز دررابطه‌با خصوصیات محیطی مسکن است (Heyman et al., 2019: 1). در راستای موارد مطرح‌شده، اهداف پژوهش حاضر به شرح زیر است:

۱. مقایسهٔ رگرسیون‌های خطی چندگانه[1] و جنگل تصادفی[2] درجهت تعریف مدل ارزیابی قیمت واحدهای مسکونی؛

۲. استخراج عوامل مؤثر بر قیمت واحدهای مسکونی.

پیشینهٔ پژوهش

در زمینهٔ پیش‌بینی قیمت مسکن پژوهش‌های مختلفی انجام شده که برخی از آن‌ها به شرح زیر است.

پژوهش‌های داخلی

عراقی و نوبهار (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با عنوان «پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر تبریز: کاربرد مدل‌های قیمت هدانیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی» به پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از تابع هدانیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، امکانات داخلی بنا و همچنین متغیرهای دسترسی و فواصل است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که عوامل فیزیکی بیشتر از عوامل مکانی، قیمت واحدهای مسکونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، نتایج مقایسهٔ دو مدل نشان داده که شبکهٔ عصبی مصنوعی دارای خطای کمتر و کارایی بیشتری نسبت‌به مدل هدانیک است.

امان‌پور و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان «تخمین قیمت مسکن شهر اهواز با استفاده از شبکهٔ عصبی» به پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، اجتماعی، امکانات داخلی و خارجی بنا و دسترسی است. نتایج پژوهش ایشان نشان داده است که شبکهٔ عصبی مصنوعی دارای دقت ۹۱ درصدی در تخمین قیمت واحدهای مسکونی شهر اهواز است. همچنین، از بین عوامل تأثیرگذار بر قیمت مسکن در این شهر، زیربنای ساختمان و دسترسی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند.

تیموری و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان «برآورد قیمت مسکن شهری با استفاده از تابع هدانیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی» به پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از تابع هدانیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی در کوی ولیعصر شهر تبریز پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، امکانات داخلی بنا و فاصله از پارک، مسجد، مراکز خرید و ایستگاه حمل‌ونقل عمومی است. یافته‌های پژوهش ایشان نشان می‌دهد که تابع هدانیک در مقایسه با شبکهٔ عصبی مصنوعی از دقت کمتری در برآورد و پیش‌بینی قیمت مسکن برخوردار است. همچنین، بین متغیرهای فضایی و قیمت مسکن در محدودهٔ موردمطالعه همبستگی وجود دارد.

قربانی و افقه (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی قیمت مسکن برای شهر اهواز: مقایسهٔ مدل هدانیک با مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی» به تخمین قیمت مسکن پرداخته‌اند. در این راستا مدل‌های هدانیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی را مورد مقایسه قرار داده‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، امکانات داخلی بنا و دسترسی به مراکز بهداشتی، مذهبی، آموزشی و مرکز شهر است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که قیمت مسکن در اهواز بیشتر از عوامل فیزیکی و ساختاری تأثیر می‌پذیرد. همچنین، تفاوت قدرت پیش‌بینی دو مدل به لحاظ

1 Multiple Linear Regression
2 Random Forest Regression

آماری نیز معنی‌دار است. در این راستا، شبکهٔ عصبی مصنوعی با دقت ۹۸ درصد نسبت‌به تابع هدانیک با دقت ۸۸ درصد، کارایی بهتری از خود نشان داده است. روستایی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن شهری با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی» پیش‌بینی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن شهری با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی در منطقهٔ دو شهر تبریز پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در دسته‌بندی متغیرهای کالبدی و دسترسی‌های مختلف است. یافته‌های پژوهش ایشان نشان می‌دهد که سهم متغیرهای کالبدی در تعیین قیمت واحدهای مسکونی برابر با ۵۳/۸ درصد، سهم متغیرهای دسترسی برابر با ۳۹/۲ درصد و سهم متغیرهای محیطی برابر با ۷ درصد است. از بین کل متغیرها، مساحت زیربنا با ۲۸/۴ درصد، فاصله از مراکز درمانی با ۶/۴ درصد، فاصله از مراکز بهداشتی با ۵/۱ درصد و نمای ساختمان با ۴/۶ درصد بیشترین سهم متغیر وابسته قیمت مسکن را به خود اختصاص داده‌اند.

پژوهش‌های خارجی

سلیم[1] (۲۰۰۹) در پژوهشی با عنوان «عوامل تعیین‌کنندهٔ قیمت مسکن در ترکیه: رگرسیون هدانیک در مقابل شبکهٔ عصبی مصنوعی» به برآورد قیمت مسکن پرداخته است. در این راستا، قابلیت تابع هدانیک و شبکهٔ عصبی را در پیش‌بینی قیمت مسکن مقایسه کرده است. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در دسته‌بندی موقعیتی (شهری یا روستایی)، کالبدی، مشخصات و امکانات داخلی بنا قرار دارد. نتایج پژوهش وی نشان می‌دهد که داشتن آب لوله‌کشی، استخر، نوع واحد مسکونی، تعداد اتاق، مساحت، موقعیت و مصالح بیشترین تأثیر را بر قیمت مسکن دارند. همچنین، شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌دلیل دقت در تحلیل داده و برآوردهای آماری، می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تابع هدانیک در ترکیه باشد.

وارما[2] و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از یادگیری ماشینی و شبکه‌های عصبی» به تخمین قیمت مسکن در بمبئی هند پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، مشخصات و امکانات داخلی بنا قرار دارد. ایشان در پژوهش خود مدل‌های مختلف رگرسیون خطی، رگرسیون جنگل تصادفی، رگرسیون تقویت‌شده و شبکهٔ عصبی را با یکدیگر ترکیب کرده‌اند. در این راستا نتایج ایشان نشان می‌دهد که ترکیب مدل‌های مختلف خطای پایین و صحت بالایی را از خود نشان می‌دهد.

ونگ و وو[3] (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان «رویکرد یادگیری ماشینی جدید درجهت تخمین قیمت مسکن» به پیش‌بینی قیمت مسکن در ویرجینیای شمالی آمریکا پرداخته‌اند. بدین منظور از رگرسیون جنگل تصادفی و رگرسیون خطی استفاده کرده‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی است. نتایج ایشان نشان می‌دهد که رگرسیون جنگل تصادفی عملکرد بهتری نسبت‌به رگرسیون خطی داشته است.

چخ[4] و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «برآورد عملکرد جنگل تصادفی در مقابل رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی قیمت آپارتمان‌ها» به تخمین قیمت آپارتمان‌ها در لیوبلیانا[5] پایتخت اسلوونی پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، مختصات جغرافیایی،

1 Selim

2 Varma
3 Wang & Wu
4 Čeh
5 Ljubljana

ویژگی‌های طبیعی محل استقرار ملک، موقعیت ملک، مشخصات امکانات داخلی بنا و فاصله از کاربری‌های مختلف است. نتایج ایشان نشان می‌دهد که رگرسیون جنگل تصادفی عملکرد بهتری نسبت‌به تابع هدانیک داشته است.

ترنگ[1] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی قیمت مسکن ازطریق روش‌های بهبودیافته یادگیری ماشینی» به برآورد قیمت مسکن در پکن، پایتخت چین پرداخته‌اند. در این راستا، از تکنیک بهبودیافتهٔ یادگیری ماشینی استفاده کرده‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش در قالب متغیرهای موقعیت جغرافیایی، کالبدی، فاصله از مرکز شهر و مترو و همچنین مشخصات و امکانات داخلی بنا است. در پژوهش ایشان روش‌های مختلف یادگیری ماشینی شامل رگرسیون جنگل تصادفی[2]، XGBoost، LightGB، رگرسیون ترکیبی[3] و رگرسیون تعمیم انباشته[4] درجهت دستیابی به راه‌حل بهینه با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که هرکدام از روش‌های مذکور دارای نقاط قوّت و ضعف بوده و هر روش برای اهداف مختلف عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد.

جوی[5] و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان «پیش‌بینی قیمت مسکن با استفاده از رگرسیون خطی و جنگل تصادفی بر اساس تکنیک‌های یادگیری ماشینی» به برآورد قیمت مسکن در داکا[6] پایتخت بنگلادش پرداخته‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در دسته‌بندی امنیتی، کالبدی، جمعیت و مساحت منطقه است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که رگرسیون جنگل تصادفی عملکرد بهتری در پیش‌بینی قیمت مسکن نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه داشته است.

هونگ[7] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی قیمت مسکن بر اساس رویکرد جنگل تصادفی» به پیش‌بینی قیمت مسکن در سئول کرهٔ جنوبی پرداخته‌اند. در این راستا، از رگرسیون جنگل تصادفی و تابع هدانیک استفاده کرده‌اند. متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش ایشان در قالب متغیرهای کالبدی، اقتصادی، فاصله از پارک، دبیرستان، دانشگاه، بیمارستان عمومی، موزه، مترو و نواحی توسعهٔ مجدد است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که رگرسیون جنگل تصادفی عملکرد بهتری نسبت‌به تابع هدانیک از خود نشان داده است.

بررسی پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که دررابطه‌با قیمت مسکن، تابع هدانیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی بیشتر استفاده شده و از رگرسیون جنگل تصادفی در این مقوله بهره گرفته نشده است. در پژوهش‌های خارجی نیز از رگرسیون‌های خطی چندگانه و جنگل تصادفی درجهت پیش‌بینی قیمت مسکن بسیار استفاده شده است. متغیرهای پژوهش حاضر در راستای پیشینهٔ پژوهش بوده و بعد فراکتال شاخصی جدید در ادبیات پژوهش مربوط به پیش‌بینی قیمت مسکن است. همچنین، تیموری و همکاران در پژوهش خود کوی ولیعصر (محلهٔ ولیعصر چهار و بخشی از محلهٔ ولیعصر سه) واقع در منطقهٔ یک شهر تبریز، عراقی و نوبهار کل شهر تبریز و روستایی و همکاران نیز منطقه دو شهر تبریز را مورد بررسی قرار داده‌اند. در پژوهش حاضر نیز محله‌های یک الی چهار ولیعصر شمالی تبریز مورد بررسی قرار گرفته است.

1 Truong
2 Random Forest
3 Hybrid Regression
4 Stacked Generalization Regression
5 Jui
6 Dhaka
7 Hong

مبانی نظری

مسکن

در دومین اجلاس اسکان بشر سال ۱۹۹۶ که در استانبول برگزار شد، مسکن مناسب چنین تعریف شده است: سرپناه مناسب تنها به معنای وجود یک سقف بالای سر هر شخص نیست؛ سرپناه مناسب یعنی آسایش مناسب، فضای مناسب، دسترسی فیزیکی و امنیت مناسب، امنیت مالک، پایداری و دوام سازه‌ای، روشنایی، تهویه و سیستم گرمایی مناسب، زیرساخت‌های اولیهٔ مناسب ازقبیل آبرسانی، بهداشت و آموزش، دفع زباله، کیفیت مناسب زیست‌محیطی، عوامل بهداشتی مناسب، مکان مناسب و قابل‌دسترسی از نظر کار و تسهیلات اولیه است که همهٔ این موارد باید باتوجه‌به استطاعت مردم تأمین شود؛ بنابراین مسکن چیزی بیش از یک سرپناه فیزیکی است و همهٔ خدمات و تسهیلات عمومی لازم برای بهترزیستن انسان را شامل می‌شود (پورمحمدی، ۱۳۷۹: ۳-۴). درواقع تعریف و مفهوم عام مسکن یک واحد مسکونی نیست، بلکه کل محیط مسکونی را شامل می‌شود (مخبر، ۱۳۶۳: ۱۷).

نظریهٔ مصرف‌کنندهٔ لنکستر

از دید لنکستر، نظریه‌های سنتی رفتار مصرف‌کننده تغییرات پویای بازار را در نظر نمی‌گیرند. نظریهٔ وی در نتیجهٔ تلاش‌های انجام‌شده برای توصیف این پویایی شکل گرفته است. همچنین، در رویکرد سنتی، کالاها به‌طور مستقیم مطلوبیت قلمداد می‌شوند؛ اما منظور از مطلوبیت در نظریهٔ وی، مطلوبیت حاصل از ویژگی‌های کالا است. در این رویکرد فرض بر این است که مصرف یک فعالیت است که در آن کالاها به‌صورت جداگانه یا ترکیبی، ورودی بوده و در آن خروجی مجموعه‌ای از ویژگی‌ها است. همچنین، این رویکرد بین کالا و ترجیحات مصرف‌کننده قرار دارد. بدین معنی که ویژگی‌هایی که یک کالا یا ترکیبی از کالاها دارند برای همهٔ مصرف‌کننده‌ها یکسان است که این امر، برای کالاهایی که کیفیت مشابهی دارند یک واحد اندازه‌گیری در اختیار ما قرار می‌دهد؛ بنابراین عنصر شخصی در انتخاب مصرف‌کننده، ویژگی‌های کالاها نیست، بلکه انتخاب از بین ویژگی‌ها است (Lancaster, 1966: 56-57).

لنکستر اساس نظریهٔ خود را به شرح زیر خلاصه می‌کند:

۱. کالا به‌خودی‌خود برای مصرف‌کننده مطلوبیت ایجاد نمی‌کند؛ کالا دارای ویژگی‌هایی است و این ویژگی‌هاست که مصرف‌کننده را به مطلوبیت می‌رساند.

۲. به‌طورکلی، یک کالا بیش از یک ویژگی خواهد داشت و این تنوع ویژگی‌ها در بیش از یک کالا عرضه خواهد شد.

۳. ممکن است ویژگی‌های کالاها در صورت ترکیب متفاوت از ویژگی‌های کالاها در حالت غیرترکیبی و جداگانه باشد.

مسکن به‌عنوان کالایی چندبُعدی، سبدی از کالا و خدمات است. این کالا و خدمات را می‌توان در سه دستهٔ خدماتِ فیزیکی (تعداد اتاق، مصالح، قدمت و...) محیطی (موقعیت ملک، وضعیت همسایگی و...) و دسترسی (دسترسی به مراکز خرید، تسهیلات عمومی و...) دسته‌بندی کرد. این کالا و خدمات با یکدیگر ترکیب شده و در قالب واحد مسکونی تعریف می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۱). براین‌اساس، یک واحد مسکونی به‌وسیلهٔ برداری از n ویژگی قابل‌اندازه‌گیری توصیف می‌شود. قیمت واحد مسکونی در بازار برآیندی از ارزش ویژگی‌های آن است. در واقع هر یک از ویژگی‌ها از ارزش ضمنی برخوردارند و ترکیب این ویژگی‌ها با ارزش‌های متفاوت، قیمت مسکن در بازار را شکل می‌دهد (یزدانی و الیاسی، ۱۳۸۰: ۸).

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش آن توصیفی- تحلیلی است. داده‌ها از طریق مراجعهٔ مستقیم به مشاوران املاک و برداشت میدانی جمع‌آوری شد. جامعهٔ آماری کلیهٔ واحدهای مسکونی محله‌های یک تا چهارِ کوی ولیعصر واقع در منطقهٔ یک شهر تبریز به تعداد ۳۰۲۷۲ واحد است. با استفاده از فرمول کوکران، ۳۷۹ نمونه در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ضریب خطای ۵ درصد برآورد شد. به‌منظور مدل‌سازی مطلوب، اطلاعات ۴۰۰ واحد مسکونی به‌عنوان نمونه به‌صورت میدانی جمع‌آوری شد. به‌منظور حذف اثر زمان در این پژوهش، تنها از داده‌های شهریور سال ۱۳۹۹ استفاده شد. همچنین، برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcMap، SPSS و RStudio استفاده شد. جدول (۱) متغیرهای مستقل پژوهش را نمایش می‌دهد. قیمت مسکن نیز به‌عنوان متغیر وابسته پژوهش است.

جدول ۱. متغیرهای مستقل پژوهش

متغیرهای فیزیکی	منبع	متغیرهای دسترسی	منبع
مساحت زیربنا	Varma et al., 2018 Jui et al., 2020	فاصله از مراکز درمانی	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
نمای ساختمان	تیموری و همکاران، ۱۳۹۵ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹	فاصله از مراکز بهداشتی	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
سال ساخت (عمر بنا)	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰؛ Wang & Wu, 2018	فاصله از تأسیسات شهری	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
کل طبقات ساختمان	امان‌پور و همکاران، ۱۳۹۳	فاصله از تجهیزات شهری	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
تعداد واحد در هر طبقه	تیموری و همکاران، ۱۳۹۵ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹	فاصله از کاربری مذهبی	تیموری و همکاران، ۱۳۹۵؛ روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
استقرار واحد در طبقه	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹ Truong et al., 2020	فاصله از کاربری آموزشی	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰ قربانی و افقه، ۱۳۹۶
مصالح عمدهٔ ساختمانی	Selim, 2009 Čeh et al., 2018	فاصله از مراکز آموزش عالی	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹ Hong et al., 2020
شاخص فراکتال (منظم‌بودن قطعهٔ زمین)	کوشش وطن، ۱۳۹۷ اصغری زمانی، ۱۳۹۹	فاصله از پارک و فضای سبز	تیموری و همکاران، ۱۳۹۵ Hong et al., 2020
چند بری	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰ روستایی و همکاران ۱۳۹۹	فاصله از مراکز نظامی و انتظامی	روستایی و همکاران، ۱۳۹۹
جهت استقرار ساختمان	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰ تیموری و همکاران ۱۳۹۵		
عرض معبر	عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰		

مدل پژوهش

رگرسیون خطی چندگانه

مدل‌های رگرسیونی به‌خاطر سادگی، کم‌هزینه‌بودن، تفسیرپذیری بالا و تعمیم دقیق آن‌ها، به یکی از اولین ابزارهای حل مسئله در رشته‌های گوناگون تبدیل شده است (Caffo, 2019: 3). رگرسیون خطی چندگانه، یکی از روش‌های آماری است که به مدل‌سازی رابطهٔ بین متغیرهای مستقل و وابسته بر مبنای معادلهٔ خطی در داده‌های مشاهده‌شده می‌پردازد (Abrougui et al., 2019: 204). این رگرسیون مدل گسترش‌یافتهٔ

رگرسیون خطی ساده است؛ به‌طوری‌که رگرسیون خطی تأثیر یک متغیر بر روی یک متغیر وابسته را نشان می‌دهد و رگرسیون چندگانه تأثیر دو یا چند متغیر را بر یک متغیر وابسته نشان می‌دهد (Mayer, 2013: 398; Abbot, 2017: 418; George & Mallery, 2020: 208). متغیرهای رگرسیونی بسته به حوزهٔ کاربرد، اصطلاحات مختلفی دارند؛ به‌طوری‌که از متغیرهای مستقل[1]، همبسته[2]، رگرسورها[3] و توضیح کننده[4] برای توصیف متغیرهای پیش‌بینی‌کننده[5] استفاده می‌شود. همچنین، برای متغیر پاسخ[6]، عناوینی همچون متغیر وابسته[7]، تغییر کننده[8] و نتیجه[9] نیز استفاده می‌شود (Korosteleva, 2019: 1). معادلهٔ عمومی رگرسیون خطی چندگانه به شرح زیر است:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad (1)$$

در این معادله Y_i معرف میزان پیش‌بینی‌شده برای متغیر وابسته، X معرف متغیرهای پیش‌بین، β_0 معرف عرض از مبدأ، β معرف شیب خطوط و ε_i معرف خطای مدل است (Mayer, 2013, 409; Richardson, 2015: 71; Pal & Bharati, 2019: 13).

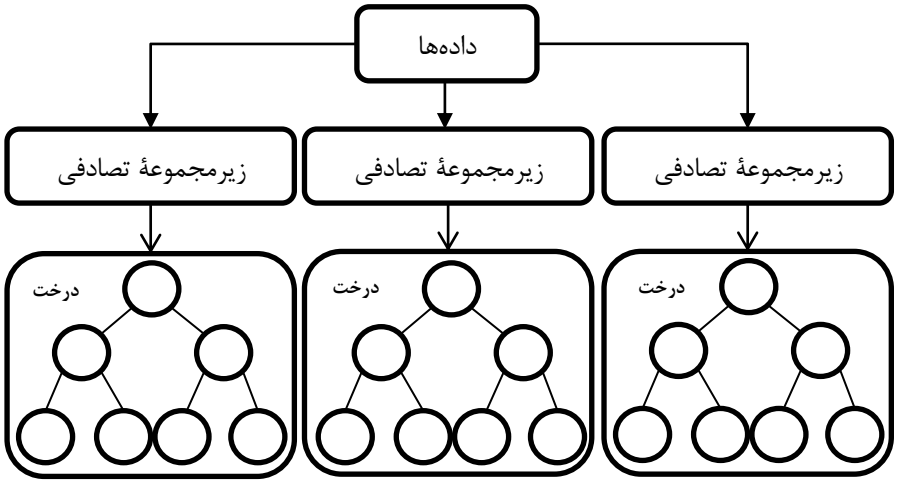
رگرسیون جنگل تصادفی

رگرسیون جنگل تصادفی یکی از بهترین الگوریتم‌های یادگیری ماشینی است که توسط بریمن[10] در سال ۲۰۰۱ ارائه شده است (Yeşilkanat, 2020: 3; Giussani, 2020: 91). این روش از نوع نظارت‌شده است که برای مسائل رگرسیون و طبقه‌بندی براساس توسعه درخت تصمیم ارائه شده است (Makhija et al., 2021: 258; Sharma & Rani, 2021: 506). زمانی که متغیر وابسته به‌صورت نسبتی- فاصله‌ای باشد، از درخت‌های رگرسیونی و هنگامی که متغیر وابسته اسمی- رتبه‌ای باشد، از درخت‌های طبقه‌بندی استفاده می‌شود (Sullivan, 2017: 43; Mahajan et al., 2021: 400).

این نوع رگرسیون ترکیبی از چندین درخت تصمیم است که در ساخت آن نمونه‌های خودسازمان‌یافته از داده‌ها شرکت دارند؛ منظور از روش خودسازمان‌یافته، روش نمونه‌گیری با جای‌گذاری است که در آن هیچ‌یک از داده‌های انتخاب‌شده از نمونه‌های ورودی برای تولید زیرمجموعه بعدی حذف نمی‌شود (میرهاشمی و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۳). این الگوریتم، نوعی از مدل‌های گروهی است که پیش‌بینی درخت‌های تصمیم‌گیری را برای دستیابی به پیش‌بینی دقیق ترکیب می‌کند (Truong et al., 2020: 437). این روش با استفاده از یک درخت تصمیم ضعیف، یک یادگیرندهٔ قوی‌تر تشکیل می‌دهد. همچنین، رگرسیون جنگل تصادفی، توانایی مناسبی را در راستایی کنترل داده‌های ازدست‌رفته و نامتوازن از خود نشان می‌دهد. علاوه‌بر این، آن‌ها در مقایسه با سایر الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، کمتر مستعد بیش برازش[11] هستند (Wlodarczak, 2020: 73-74). شکل (۱) یک جنگل تصادفی متشکل از سه درخت تصمیم را نمایش می‌دهد.

1 Independent
2 Covariates
3 Regressors
4 Explanatory
5 Predictor
6 Response
7 Dependent
8 Variate
9 Outcome
10 Breiman

11 Overfitting



شکل ۱. یک جنگل تصادفی متشکل از سه درخت تصمیم

(منبع: همان: ۷۴).

در پژوهش حاضر از ضریب تعیین[1] (۲)، خطای لگاریتمی جذر میانگین مربع[2] (۳)، خطای جذر میانگین مربع[3] (۴) و خطای میانگین قدرمطلق[4] (۵) برای ارزیابی عملکرد دو مدل رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی بهره گرفته شد. در فرمول‌های زیر N بیانگر تعداد مشاهدات، A_i، $\hat{P}_i$ و $\bar{A}$ به‌ترتیب بیانگر اعداد مشاهده‌شده، اعداد پیش‌بینی‌شده و میانگین اعداد مشاهده‌شده است (Ahmad et al., 2017: 82; Nair & Gopi, 2020: 20; Yeşilkanat, 2020: 3; Sharma & Rani, 2021: 508; Kotta et al., 2021: 98).

$$R^2\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(A_i-\hat{P}_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}(A_i-\bar{A})^2}\right) \quad (۲)$$

$$RMSLE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(log(A_i+1)-log(\hat{P}_i+1)\right)^2} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(A_i-\hat{P}_i)^2} \quad (۴)$$

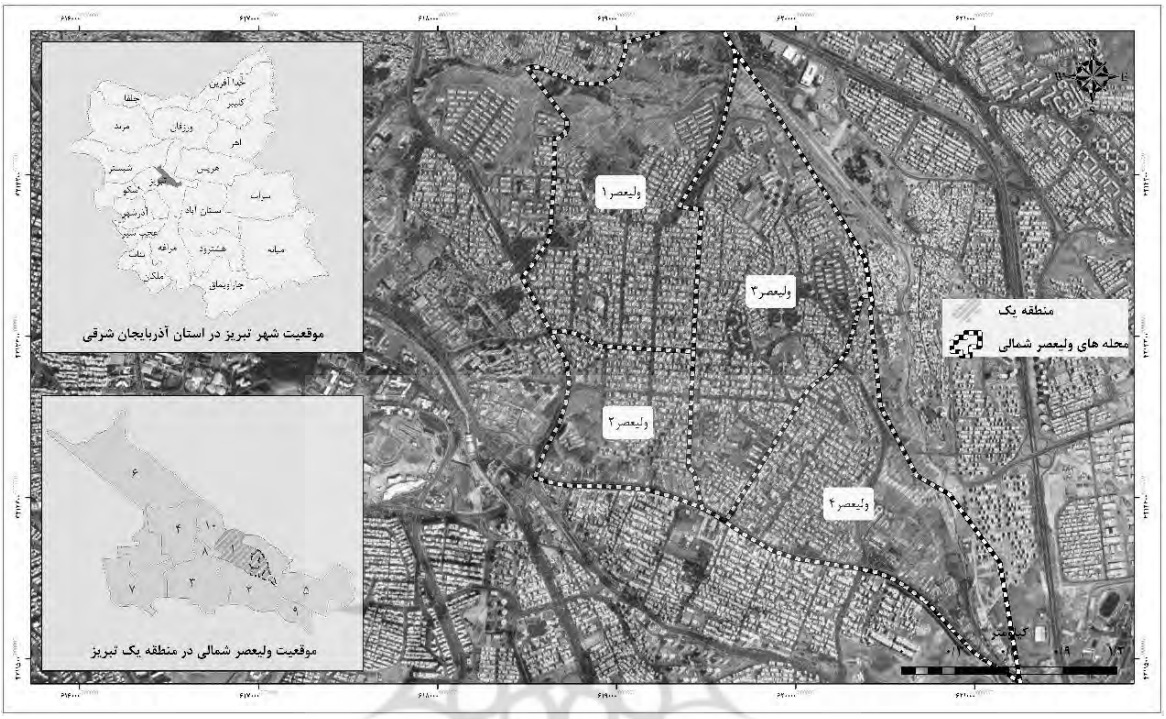
$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|A_i-\hat{P}_i\right| \quad (۵)$$

محدودهٔ موردمطالعه

شهرک ولیعصر در شمال‌شرقی تبریز و در حوزهٔ استحفاظی منطقهٔ یک قرار دارد. این شهرک در سال ۱۳۵۵ با حضور اعضای کمیسیون مادهٔ ۵ به تصویب رسید. ساخت آن توسط شرکت عمران و آبادی فیروز در اراضی به مساحت ۱۶۰۰۰۰۰ مترمربع آغاز شد (السادات میرایی، ۱۳۹۱: ۹۱). این منطقه در ابتدای تأسیس با عنوان کوی ولیعهد شناخته می‌شد که پس از پیروزی انقلاب به کوی ولیعصر تغییر نام یافت (شقاقی، ۱۳۹۳: ۵). شهرک ولیعصر یکی از مناطق بزرگ و پرجمعیت شهر تبریز است. این شهرک از جهت ارتفاع در مناطق مرتفع شهر قرار گرفته است. همچنین به‌لحاظ اقتصادی و اجتماعی نیز در سطح بالایی قرار دارد (مهندسین مشاور نقش محیط، ۱۳۹۱:

1 Coefficient Of Determination
2 Root Mean Squared Log Error (RMSLE)
3 Root Mean Squared Error (RMSE)
4 Mean Absolute Error (MAE)

۱۳۳). همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، این شهرک متشکل از چهار محله با نام‌های ولیعصر یک، دو، سه و چهار است که به‌ترتیب دارای مساحت ۱۵۰ هکتار، ۶۱ هکتار، ۱۵۲ هکتار و ۱۲۳ هکتار هستند. براساس بلوک‌های آماری شهر تبریز، جمعیت چهار محلهٔ مذکور بالغبر ۴۵۴۴۰ نفر است.



شکل ۲. موقعیت محدودهٔ موردمطالعه

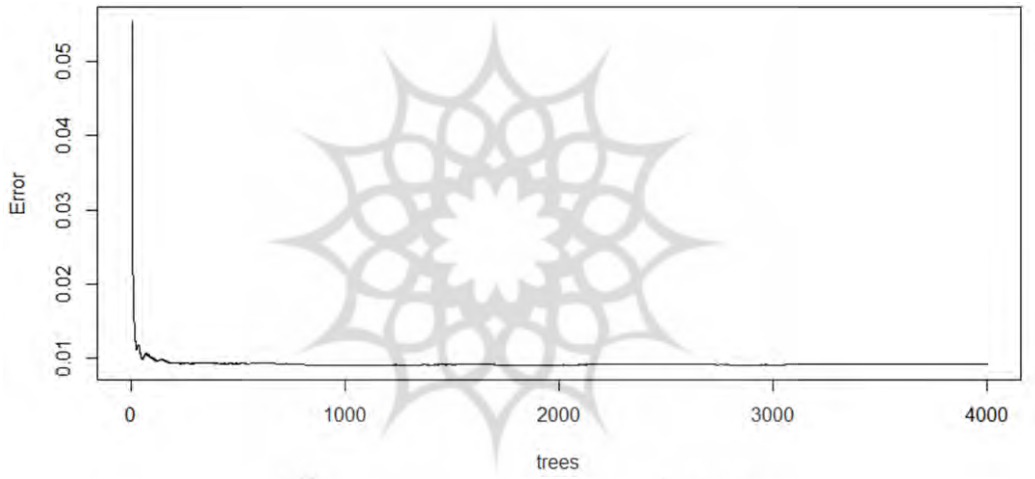
(ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹).

یافته‌ها

یافته‌های توصیفی پژوهش نشان می‌دهد که از کل نمونهٔ پژوهش، ۹۶/۵ درصد بین ۲ تا ۹ طبقه است. به لحاظ تعداد واحد در هر طبقه، ۱ واحد در هر طبقه با ۹۸ درصد دارای بیشترین سهم است. همچنین موقعیت جنوبی با ۵۷/۵ درصد دارای بیشترین سهم درجهت استقرار ساختمان است. به لحاظ چندبری، ۸۷/۳ درصد از کل نمونهٔ پژوهش را ساختمان‌های یک‌بر تشکیل داده است. همچنین ۹۲/۵ درصد از ساختمان‌های نمونه نیز دارای نمای گرانیتی است. به لحاظ مصالح عمدهٔ ساختمانی، ۶۷ درصد از کل نمونه دارای مصالح آجری - فلزی و ۳۲ درصد نیز دارای اسکلت بتنی است. همچنین ۵۶/۳ درصد از کل نمونه دارای مساحت زیربنای بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر است. به لحاظ عرض معبر، ۷۹/۵ درصد مشرف به معبر ۶ تا ۱۲ متری است. همچنین ۵۹/۵ درصد از کل نمونه دارای قدمت ۵ ساله است.

درجهت انجام پیش‌بینی با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه، داده‌ها به دو دستهٔ آزمایش (۳۰ درصد) و آموزش (۷۰ درصد) تقسیم شد. سپس مدل آموزش داده شده و تست شد. درجهت اجرای رگرسیون جنگل تصادفی نیز از بستهٔ randomForest در نرم‌افزار RStudio استفاده شد. در این مدل نیز داده‌ها به دو دستهٔ آزمایش (۳۰ درصد) و آموزش (۷۰ درصد)

تقسیم شد. پارامترهای مورداستفاده در رگرسیون جنگل تصادفی شامل ntree[1]، mtry[2] و max_depth[3] است. در این مدل هرچه تعداد درخت بیشتر باشد، عملکرد آن بهتر بوده و همچنین تخمین مناسبی از اهمیت متغیرها حاصل خواهد شد (Breiman, 2002: 3; Liaw & Wiener, 2001: 21). همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، در رگرسیون جنگل تصادفی پژوهش حاضر با افزایش تعداد درخت خطای مدل کاهش‌یافته است. این خطا بعد از ۳۰۰۰ درخت ثابت شده و دارای نوسان نیست. بدین‌جهت میزان ntree ۴۰۰۰ تعیین شد. میزان مناسب برای mtry از نسبت تعداد متغیرها بر سه حاصل می‌شود. البته عدد حاصل نقطهٔ شروعی درجهت تنظیم این پارامتر است که می‌توان بهینه شود (Wlodarczak, 2020: 73). در پژوهش حاضر میزان این پارامتر برابر با ۷ تعیین شد. برای max_depth نیز ۲۲ سطح تعیین شد. با تعیین اعداد موردنظر برای سه پارامتر مذکور، خطا مدل دیگر کاهش پیدا نکرد.



شکل ۳. رابطهٔ بین خطا و تعداد درخت در جنگل تصادفی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹).

۱ بیانگر تعداد درخت در جنگل تصادفی است.

۲ بیانگر تعداد متغیرهای موجود برای تقسیم در هر گره درخت است.

۳ بیانگر عمق و سطوح هر درخت در جنگل تصادفی است.

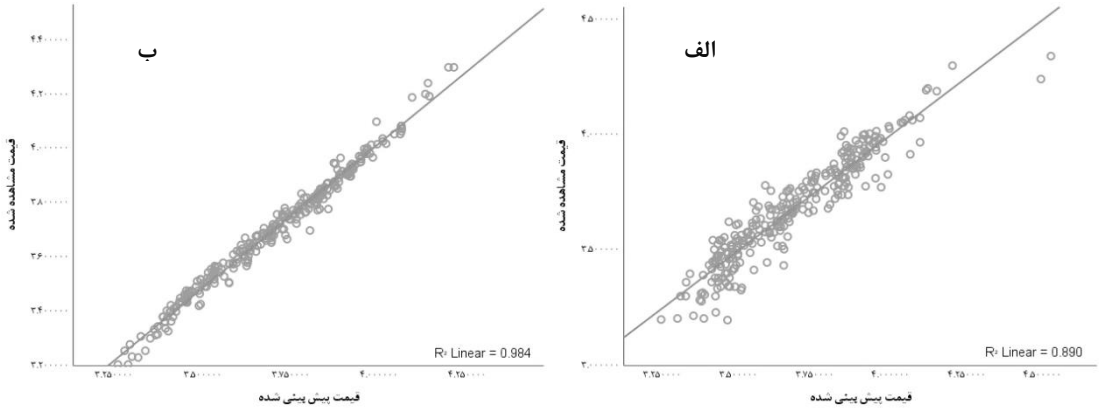
همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از داده‌های آموزش و آزمایش رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی آورده شده است. در این راستا، نتایج ضریب تعیین رگرسیون خطی چندگانه و جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۸۹۰۱ و ۰/۹۸۳۸ است. همچنین، نتایج ضریب تعیین در داده‌های آزمایش برای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱۲۶ و ۰/۹۸۲۴ است. براساس خطای RMSLE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۶۱ و ۰/۰۰۶۶ است. همچنین، خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۵۰ و ۰/۰۰۹۱ است. بر اساس خطای RMSE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۷۵۰ و ۰/۰۳۰۹ است. همچنین، خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶۹۴ و ۰/۰۴۰۶ است. براساس خطای MAE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۷۵ و ۰/۰۲۱۹ است. همچنین خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۱۷ و ۰/۰۲۹۸ است. بنا بر نتایج فوق، مشخص می‌شود که رگرسیون جنگل تصادفی با خطای کمتر نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه عملکرد بهتری از خود نشان داده است.

جدول ۲. عملکرد رگرسیون‌های خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی

مدل	رگرسیون خطی چندگانه	رگرسیون جنگل تصادفی	رگرسیون خطی چندگانه	رگرسیون جنگل تصادفی
شاخص	آموزش		آزمایش	
R^2	۰/۸۹۰۱	۰/۹۸۳۸	۰/۹۱۲۶	۰/۹۸۲۴
RMSLE	۰/۰۱۶۱	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۵۰	۰/۰۰۹۱
RMSE	۰/۰۷۵۰	۰/۰۳۰۹	۰/۰۶۹۴	۰/۰۴۰۶
MAE	۰/۰۵۷۵	۰/۰۲۱۹	۰/۰۵۱۷	۰/۰۲۹۸

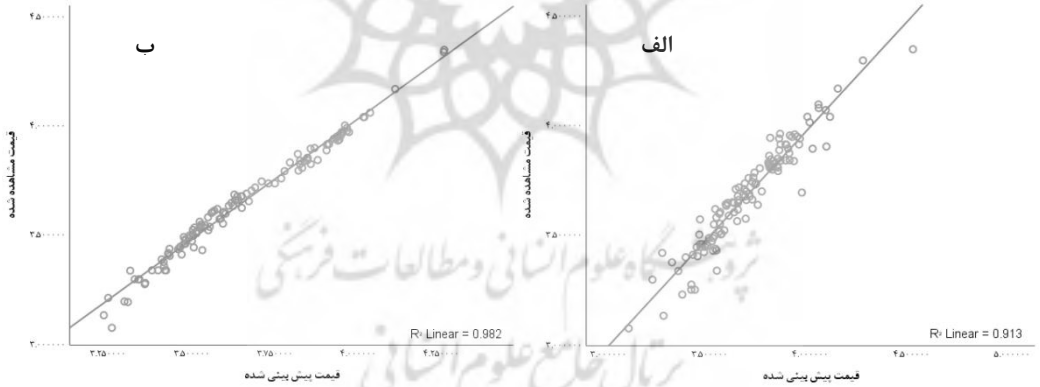
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹).

شکل (۴) نمودار ضریب تعیین رگرسیون خطی چندگانه و جنگل تصادفی را در داده‌های آموزش نشان می‌دهد. در این نمودارها محور X نشانگر قیمت پیش‌بینی‌شده و محور Y نشانگر قیمت مشاهده‌شده است. معادله خط داده‌های آموزش رگرسیون خطی چندگانه برابر با $y = 0/8901x + 0/4046$ است. همچنین، معادلهٔ خط داده‌های آموزش الگوریتم جنگل تصادفی نیز برابر با $y = 0/9215x + 0/2908$ است.



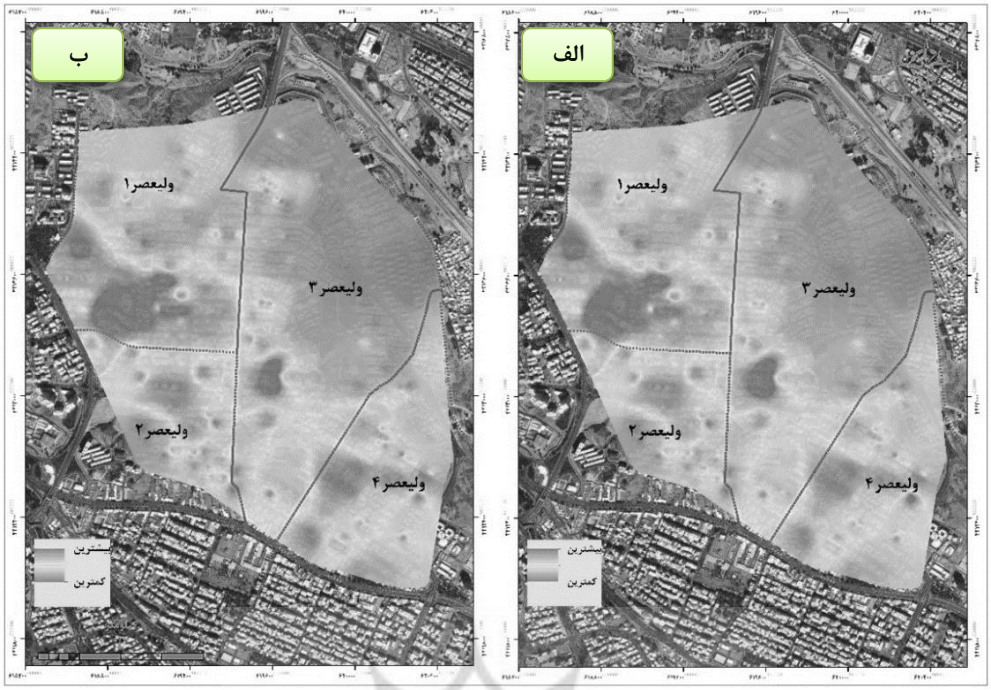
شکل ۴. الف) نمودار ضریب تعیین داده‌های آموزش رگرسیون خطی؛ ب) نمودار ضریب تعیین داده‌های آموزش الگوریتم جنگل تصادفی
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹).

شکل (۵) نمودار ضریب تعیین رگرسیون خطی چندگانه و جنگل تصادفی را در داده‌های آزمایش نشان می‌دهد. در این نمودارها محور X نشانگر قیمت پیش‌بینی شده و محور Y نشانگر قیمت مشاهده‌شده است. معادلهٔ خط داده‌های آزمایش رگرسیون خطی چندگانه برابر با $y = 0/9126x + 0/3227$ است. همچنین معادلهٔ خط داده‌های آزمایش الگوریتم جنگل تصادفی نیز برابر با $y = 0/8895x + 0/4028$ است.



شکل ۵. الف) نمودار ضریب تعیین داده‌های آزمایش رگرسیون خطی؛ ب) نمودار ضریب تعیین داده‌های آزمایش الگوریتم جنگل تصادفی
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹).

به جهت عملکرد بهتر رگرسیون جنگل تصادفی نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه، تنها نقشهٔ حاصل از آن ارائه شد. شکل (۶) نقشهٔ قیمت مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده توسط رگرسیون جنگل تصادفی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، می‌توان گفت که حدود مرکز و قسمت‌های غربی ولیعصر شمالی دارای قیمت بیشتری است؛ علاوه‌براین، پیش‌بینی صورت‌گرفته با جنگل تصادفی نیز الگوی فضایی یکسانی را با قیمت مشاهده‌شده دنبال کرده است. همچنین، همبستگی این دو نقشه نیز در حد همبستگی قوی ۰/۹۸ است.



شکل ۶. الف) نقشهٔ درون‌یابی قیمت مشاهده‌شده؛ ب) نقشهٔ درون‌یابی قیمت پیش‌بینی‌شده

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹).

ازآنجایی‌که رگرسیون جنگل تصادفی نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه عملکرد بهتری نشان داد، تنها متغیرهای مهم مستخرج از رگرسیون جنگل تصادفی ارائه می‌شود. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، متغیر مساحت با ۲۴/۷۸ درصد، متغیرهای کل طبقات ساختمان با ۹/۸۶ درصد، سال ساخت با ۷/۹ درصد، فاصله از مراکز بهداشتی با ۶/۸۹ درصد، فاصله از تأسیسات شهری با ۶/۸۴ درصد، فاصله از فضای سبز با ۵/۰۳ درصد، فاصله از کاربری مذهبی با ۴/۴۸ درصد، فاصله از مراکز درمانی با ۴/۲۶ درصد، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی با ۳/۹۹ درصد و استقرار واحد در طبقه با ۳/۹۲ درصد به‌ترتیب مؤثرترین ده متغیر دررابطه‌با قیمت مسکن محله‌های ولیعصر شمالی هستند.

جدول ۳. درصد اهمیت شاخص‌های پژوهش براساس رگرسیون جنگل تصادفی

متغیرهای فیزیکی	درصد اهمیت	متغیرهای دسترسی	درصد اهمیت
مساحت زیربنا	۲۴/۷۸	فاصله از مراکز درمانی	۴/۲۶
نمای ساختمان	۰/۹۲	فاصله از مراکز بهداشتی	۶/۸۹
سال ساخت (عمر بنا)	۷/۹	فاصله از تأسیسات شهری	۶/۸۴
کل طبقات ساختمان	۹/۸۶	فاصله از تجهیزات شهری	۱/۷۹
تعداد واحد در هر طبقه	۰/۷۶	فاصله از کاربری مذهبی	۴/۴۸
استقرار واحد در طبقه	۳/۹۲	فاصله از کاربری آموزشی	۳/۰۶
مصالح عمدهٔ ساختمانی	۰/۵۴	فاصله از مراکز آموزش عالی	۵/۷۹
شاخص فراکتال (منظم‌بودن قطعهٔ زمین)	۲/۱۶	فاصله از پارک و فضای سبز	۵/۰۳
چندبری	۰/۹۷	فاصله از مراکز نظامی و انتظامی	۳/۹۹
جهت استقرار ساختمان	۲/۲		
عرض معبر	۳/۸۶		

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

ساختمان‌های شهرک ولیعصر باتوجه‌به قدمت تأسیس و ساخت، از لحاظ فیزیکی مشابهت‌های زیادی به هم دارند، اما بااین حال تفاوت قیمتی نیز در بین آن‌ها کاملاً مشهود است. عموماً قیمت مسکن در مفهوم بازاری آن، قیمت به ازای هر متر مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که هرچقدر مساحت و زیربنای یک مسکن بیشتر باشد قیمت مسکن نیز بیشتر خواهد شد. ازآنجایی‌که شهرک ولیعصر تبریز، به‌عنوان یک بافت برنامه‌ریزی شده است، فراوانی مساحت قطعات نیز در بازهٔ معین قرار دارد؛ ازاین‌رو انتظارِ داشتن سهم بالای متغیر مساحت در تعیین قیمت مسکن، منطقی است. همان‌طور که مشاهده شد، متغیر مساحت در پژوهش‌های پیشین نیز در بین متغیرهای مهم دررابطه‌با قیمت مسکن مشخص شده است؛ علاوه‌براین، شهرک ولیعصر به‌دلیل ارزش منطقه‌ای بالایی که دارد، همواره موردتوجه آپارتمان‌سازی بوده و هست؛ به‌طوری‌که الگوی آپارتمان‌سازی، الگوی غالب ساختمان های مسکونی در این شهرک است. به هر میزان که تعداد طبقات یک ساختمان مسکونی افزایش یابد، قیمت کل آن ساختمان نیز افزایش خواهد داشت؛ علاوه‌براین، قیمت طبقات مختلف با یکدیگر متفاوت است، به‌طوری‌که قیمت طبقهٔ اول به‌نسبت کمتر از طبقه‌های بالاتر است. همچنین، با افزایش موقعیت واحد در طبقهٔ قیمت آن نیز با ضریب معینی افزایش پیدا می‌کند؛ ازاین‌رو متغیر کل طبقات ساختمان نیز در این پژوهش درجهٔ اهمیت بالایی به خود اختصاص داده است. همچنین، به میزانی که مسکن نوساز باشد، عمر مفید آن نیز بیشتر است؛ بنابراین این معادله در قیمت مسکن نیز حائز اهمیت است. ازآنجایی‌که عمر بنای ساختمان‌های مسکونی در این شهرک عمدتاً نوساز است (حدود ۶۰ درصد از نمونه‌ها دارای قدمت ۵ ساله است) و نوسازی نیز عمدتاً در محله‌هایی صورت می‌گیرد که ارزش منطقه ای بالایی داشته باشد؛ زیرا باید مسکن بتواند مرغوبیت کالبدی حاصل از نوسازی را در قیمت بازتاب دهد؛ ازاین رو، سال ساخت به عنوان سومین متغیر اثرگذار در قیمت مسکن شهرک ولیعصر تبریز حاصل شده است.

همچنین اکثر متغیرهایی که دارای پراکندگی کم‌تری در سطح نمونه هستند، توسط رگرسیون جنگل تصادفی دارای اهمیت کمتری شده‌اند. ازجمله متغیر تعداد واحد در هر طبقه است. همان‌طور که مشخص شد، اکثر نمونه‌های پژوهش آپارتمان‌های مسکونی تک‌واحدی (۹۸ درصد نمونه) هستند که بدین امر این متغیر دارای اهمیت کمتری دررابطه‌با قیمت زمین در این محدوده مشخص شده است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با دو هدف مقایسهٔ رگرسیون خطی چندگانه و جنگل تصادفی درجهت تعریف مدل ارزیابی قیمت واحدهای مسکونی و استخراج عوامل مؤثر بر قیمت واحدهای مسکونی طراحی شد. در این راستا متغیرهای پژوهش از ادبیات پژوهش استخراج شد. متغیرهای مورداستفاده در دو دستهٔ متغیرهای فیزیکی و دسترسی قرار داده شد.

داده‌های موردنیاز از طریق مراجعهٔ مستقیم به مشاوران املاک و برداشت میدانی جمع‌آوری شد. درجهت مدل‌سازی مطلوب، اطلاعات ۴۰۰ واحد مسکونی به‌عنوان نمونه توسط پیمایش جمع‌آوری شد. به‌منظور حذف اثر زمان در این پژوهش، تنها از داده‌های شهریور ۱۳۹۹ استفاده شد.

درجهت انجام پیش‌بینی، نمونه‌های پژوهش در دودستهٔ آزمایش (۳۰ درصد) و آموزش (۷۰ درصد) قرار داده شد. سپس هر دو مدل آموزش داده شده و آزمایش شدند. در این راستا، نتایج ضریب تعیین رگرسیون خطی چندگانه و جنگل تصادفی در داده‌های

آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۸۹۰۱ و ۰/۹۸۳۸ است. همچنین، نتایج ضریب تعیین در داده‌های آزمایش برای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱۲۶ و ۰/۹۸۲۴ است. براساس خطای RMSLE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۶۱ و ۰/۰۰۶۶ است. همچنین، خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۵۰ و ۰/۰۰۹۱ است. براساس خطای RMSE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۷۵۰ و ۰/۰۳۰۹ است. همچنین، خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶۹۴ و ۰/۰۴۰۶ است. براساس خطای MAE، خطای رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون جنگل تصادفی در داده‌های آموزش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۷۵ و ۰/۰۲۱۹ است. همچنین، خطای مذکور این دو مدل در داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۰۵۱۷ و ۰/۰۲۹۸ است. باتوجه‌به نتایج حاصل از خطاهای مذکور، مشخص شد که رگرسیون جنگل تصادفی با خطای کمتر نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه عملکرد بهتری از خود نشان داده است.

این نتیجه، هم‌راستا با نتایج ونگ و وو (۲۰۱۸)، چخ و همکاران (۲۰۱۸) و جوی و همکاران (۲۰۲۰) است. در این پژوهش‌ها رگرسیون جنگل تصادفی عملکرد بهتری نسبت‌به رگرسیون خطی چندگانه داشته است. براساس نتایج رگرسیون جنگل تصادفی، متغیر مساحت با ۲۴/۷۸ درصد، متغیرهای کل طبقات ساختمان با ۹/۸۶ درصد، سال ساخت با ۷/۹ درصد، فاصله از مراکز بهداشتی با ۶/۸۹ درصد، فاصله از تأسیسات شهری با ۶/۸۴ درصد، فاصله از فضای سبز با ۵/۰۳ درصد، فاصله از کاربری مذهبی با ۴/۴۸ درصد، فاصله از مراکز درمانی با ۴/۲۶ درصد، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی با ۳/۹۹ درصد و استقرار واحد در طبقه با ۳/۹۲ درصد به‌ترتیب مؤثرترین ده متغیر دررابطه‌با قیمت مسکن محله‌های ولیعصر شمالی هستند.

درنهایت می‌توان مشاهده کرد که نتایج فوق، هم‌راستا با نتایج امان‌پور و همکاران (۱۳۹۳)، قربانی و افقه (۱۳۹۶)، روستایی و همکاران (۱۳۹۹) و سلیم (۲۰۰۹) می‌باشد. در این پژوهش‌ها نیز مساحت زیربنا، فاصله از مراکز درمانی و بهداشتی به‌عنوان متغیرهای مهم دررابطه‌با قیمت مسکن گزارش شده‌اند.

منابع

اصغری زمانی، اکبر؛ روستایی، شهریور؛ کوشش وطن، محمدعلی. (۱۳۹۹). ارزیابی تفکیک اراضی مسکونی و تجاری از منظر شاخص‌های تفکیک زمین و ذی‌نفعان عرصهٔ زمین؛ مطالعهٔ موردی: منطقهٔ یک و سه شهر تبریز، جغرافیا و برنامه‌ریزی، صاحب امتیاز: دانشگاه تبریز، دورهٔ بیست‌وچهارم، شمارهٔ ۷۴، صص ۲۸-۱۳.

https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_10793.html.

اکبری، نعمت‌اله؛ خوش‌اخلاق، رحمان؛ سارا مردیها، سارا .(۱۳۹۲). سنجش و ارزش‌گذاری عوامل مؤثر بر انتخاب مسکن با استفاده از روش انتخاب تجربی از دیدگاه خانوارهای ساکن در بافت فرسودهٔ شهر اصفهان، فصلنامهٔ پژوهش‌های اقتصادی، صاحب امتیاز: دانشگاه علامه طباطبائی، دورهٔ سیزدهم، شمارهٔ ۳، صص ۴۷-۱۹.

https://ecor.modares.ac.ir/article-18-10602-fa.html.

امان‌پور، سعید؛ سلیمانی‌راد، اسماعیل؛ کشتکار، لیلا؛ مختاری چلچه، صادق. (۱۳۹۳). تخمین قیمت مسکن شهر اهواز با استفاده از شبکه عصبی، فصلنامه علمی - پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری، صاحب امتیاز: انجمن علمی اقتصاد شهری ایران، دوره سوم، شماره ۹، صص ۵۷-۴۵.

https://iueam.ir/browse.php?a_id=105&sid=1&slc_lang=fa.

پورمحمدی، محمدرضا. (۱۳۷۹). برنامه‌ریزی مسکن، تهران: انتشارات سمت.

https://samta.samt.ac.ir/content/10806.

تیموری، ایرج؛ سلطان قیس، نوید؛ قلی زاده؛ یاسر. (۱۳۹۶). برآورد قیمت مسکن شهری با استفاده از تابع هدانیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد شناسی: کوی ولیعصر شهر تبریز، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، صاحب امتیاز: دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره هفتم، شماره ۲۲، صص ۵۶-۴۱.

https://gaij.usb.ac.ir/article_2995.html.

خلیلی‌عراقی، منصور؛ نوبهار، الهام. (۱۳۹۰). پیش‌بینی قیمت مسکن در شهر تبریز: کاربرد مدل‌های قیمت هدانیک و شبکه عصبی مصنوعی، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، صاحب امتیاز: معاونت سیاست‌گذاری اقتصادی- وزارت امور اقتصادی و دارایی، دوره نوزدهم، شماره ۶۰، صص ۱۳۸-۱۱۳.

http://qjerp.ir/article-1-189-fa.html.

روستایی، شهریور؛ تیموری، ایرج؛ نعمتی، محمد. (۱۳۹۹). بررسی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن شهری با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی موردشناسی: منطقهٔ دو تبریز، فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، صاحب امتیاز: دانشگاه سیستان و بلوچستان، دورهٔ هجدهم، شمارهٔ ۵۹، صص ۱۴۸-۱۲۹.

https://gdij.usb.ac.ir/article_5464.html.

السادات میرایی، نفیسه. (۱۳۹۱). آسیب‌شناسی و ظرفیت‌سنجی شبکهٔ معابر شهری با رویکرد مدیریت بحران، مطالعهٔ موردی: شهرک ولیعصر تبریز، پایان‌نامهٔ ارشد، دانشگاه پیام‌نور تهران، دانشکدهٔ علوم اجتماعی.

https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/f37a8cc7cb3aee98dc778e10abf45462/search/fea4309690cb55816c5bc82ba8f61773.

شقاقی، حسن. (۱۳۹۳). تحلیلی بر نقش و جایگاه روشنایی معابر شهری در برنامه‌ریزی شهری، مطالعهٔ موردی: کوی ولیعصر و محلهٔ عباسی شهر تبریز، پایان‌نامهٔ ارشد، دانشگاه تبریز، پردیس ارس.

https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/6990d8bf49347c04a209b6947441fd6e/search/97eed76bdbb89481a2484fdcc25eb85d.

قربانی، سالار؛ افقه، سید مرتضی. (۱۳۹۶). پیش‌بینی قیمت مسکن برای شهر اهواز: مقایسهٔ مدل هدانیک با مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی، فصلنامهٔ اقتصاد و مدیریت شهری، صاحب امتیاز: انجمن علمی اقتصاد شهری ایران، دورهٔ پنجم، شمارهٔ ۱۹، صص ۴۴-۲۹.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=346973.

کوشش وطن، محمدعلی. (۱۳۹۷). بررسی تطبیقی نقش کیفیت تفکیک زمین در بهره‌وری بهینه از کاربری اراضی در مادرشهرهای ایران، نمونهٔ موردی: منطقهٔ یک و سه مادرشهر تبریز، کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/0da0e12bdf45730035babcac7d8a2f9f/search/75bb541ae1e937a22ae06535f0b38925.

مخبر، عباس. (۱۳۶۳). ابعاد اجتماعی مسکن، ترجمهٔ مرکز مدارک اقتصادی اجتماعی سازمان برنامه‌وبودجه، تهران.

https://www.gisoom.com/book/144209.

مهندسین مشاور نقش محیط. (۱۳۹۱). طرح توسعه و عمران شهر تبریز، گزارش مطالعات اجتماعی مرحلهٔ موجود.

میرهاشمی، حمید؛ یاراحمدی، داریوش؛ شرفی، سیامک؛ فرزین، سعید. (۱۳۹۸). بهبود عملکرد ماشین‌بردارپشتیبان و الگوریتم جنگل تصادفی در پیش‌بینی جریان رودخانهٔ خرم‌آباد با استفاده از نویززدایی غیریکنواخت داده‌ها و الگوریتم سیمپلکس، علوم مهندسی آبخیزداری ایران، صاحب امتیاز: انجمن آبخیزداری ایران، دورهٔ سیزدهم، شمارهٔ ۴۷، صص ۵۱-۴۰.

http://jwmsei.ir/article-1-846-fa.html.

یزدانی، فردین؛ الیاسی، طهمورث. (۱۳۸۰). بررسی اقتصادی عرضه و تقاضای مسکن در مناطق شهری استان اصفهان، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان، معاونت برنامه‌ریزی و هماهنگی.

Abbot, M. L. (2017). Using Statistics in the Social and Health Sciences with SPSS and Excel. John Wiley & Sons.

DOI: 10.1002/9781119121077.

Abrougui, K. & Gabsi, K. & Mercatoris, B. & Khemis, C. & Amami, R. & Chehaibi, Sa. (2019). Prediction of organic potato yield using tillage systems and soil properties by artificial neural network and multiple linear regressions. Soil and Tillage Research. Vol. 190. pp 202-208.

DOI: 10.1016/j.still.2019.01.011.

Ahmad, Muhammad & Mourshed, Monjur & Rezgui, Yacine. (2017). Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption. Energy and Buildings. 147.

DOI: 10.3846/ijspm.2020.11544.

Jui J.J., Imran Molla M.M., Bari B.S., Rashid M., Hasan M.J. (2020) Flat Price Prediction Using Linear and Random Forest Regression Based on Machine Learning Techniques. In: Mohd Razman M., Mat Jizat J., Mat Yahya N., Myung H., Zainal Abidin A., Abdul Karim M. (eds) Embracing Industry 4.0. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 678. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-6025-5_19.

Korosteleva, O. (2019). Advanced Regression Models with SAS and R. CRC Press.

DOI: 10.1201/9781315169828.

Kotta H., Pardasani K., Pandya M., Ghosh R. (2021) Optimization of Loss Functions for Predictive Soil Mapping. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds) Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1141. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_9 .

Lancaster K.J. (1966). A New Approach to Consumer Theory, Journal of Political Economy, Vol. 74. No. 2. Pages 132-157.

doi.org/10.1086/259131.

Leung, C. (2004). Macroeconomics and housing: a review of the literature, Journal of Housing Economics, Vol.13. Pages 249-267.

https://doi.org/10.1016/j.jhe.2004.09.002.

Liaw, Andy & Wiener, Matthew. (2001). Classification and Regression by RandomForest. RNews. 23.

https://www.researchgate.net/publication/228451484_Classification_and_Regression_by_RandomForest.

Mahajan U., Krishnan A., Malhotra V., Sharma D., Gore S. (2021). Predicting Competitive Weightlifting Performance Using Regression and Tree-Based Algorithms. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds) Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1141. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_36r

Makhija R., Ali S., Jaya Krishna R. (2021) Detecting Influencers in Social Networks Through Machine Learning Techniques. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds) Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1141. Springer, Singapore.

DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.04.038.

Breiman, L. (2002). Manual on setting up, using, and understanding random forests v3.1.

https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/Using_random_forests_V3.1.pdf

Caffo, B. (2019). Regression Models for Data Science in R: A companion book for the Coursera Regression Models class. Leanpub.

https://leanpub.com/regmods.

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, 167-191.

https://doi.org/10.1023/B:REAL.0000035309.60607.53 .

Case, K. & Quigley, J. & Shiller, R. (2005). «Comparing Wealth Effects: The Stock Market versus the Housing Market," Advances in Macroeconomics, Berkeley Electronic Press, vol. 5(1), pages 1-32. DOI: 10.3386/w8606.

Cozmei, C., & Onofrei, M. (2012). Impact of Property Taxes on Commercial Real Estate Competition in Romania, Journal of Procedia Economics and Finance, Vol3. Pages 604-610.

https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00202-X.

George, D. & Mallery, P. (2020). IBM SPSS Statistics 26 Step by Step: A Simple Guide and Reference. 16th Edition. Routledge: Taylor & Francis Group.

https://www.routledge.com/IBM-SPSS-Statistics-26-Step-by-Step-A-Simple-Guide-and-Reference/George-Mallery/p/book/9780367174354.

Giussani, Andrea (2020), Applied Machine Learning with Python, Milano, EGEA S.p.A.

https://books.google.com/books/about/Applied_Machine_Learning_with_Python.html?id=lN5AygEACAAJ.

Heyman, A., & Sommervoll, D.E. (2019). House prices and relative location. Cities, 95, 1-14.

https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.004.

Hong, Jengei & Choi, Heeyoul «Henry & Kim, Woo-sung. (2020). A house price valuation based on the random forest approach: the mass appraisal of residential property in South Korea. International Journal of Strategic Property Management. 24. 1-13.

Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1141. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_46.

Sirmans, G., MacPherson, D., & Zietz, E. (2009). The Composition of Hedonic Pricing Models. Journal of Real Estate Literature, 13, 3-43.

https://www.semanticscholar.org/paper/The-Composition-of-Hedonic-Pricing-Models-Sirmans MacPherson/2fde22eba11fad9e671eacb588353f123df0d3ac

Sullivan, W. (2017). Machine learning Beginners Guide Algorithms: Supervised & Unsupervised learning, Decision Tree & Random Forest Introduction. Healthy Pragmatic Solutions Inc.

https://books.google.com/books/about/Machine_Learning_For_Beginners_Guide_Alg.html?id=v6saxAEACAAJ&source=kp_book_description

Truong, Quang & Nguyen, Minh & Dang, Hy & Mei, B. (2020). Housing Price Prediction via Improved Machine Learning Techniques. Procedia Computer Science. 174. 433-442.

DOI: org/10.1016/j.procs.2020.06.111.

Varma, A., & Sarma, A., & Doshi, S., & Nair, R. (2018). House Price Prediction Using Machine Learning and Neural Networks, 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, Coimbatore, pp. 1936-1939.

DOI: org/10.1109/ICICCT.2018.8473231.

Wang, C. & Wu, H. (2018). A new machine learning approach to house price estimation. New Trends in Mathematical Science. 4. 165-171.

DOI: 10.20852/ntmsci.2018.327.

Wlodarczak, Peter (2020). Machine Learning and its applications, First edition. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.

DOI: 10.1201/9780429448782.

Yeşilkanat, C. (2020). Spatio-temporal estimation of the daily cases of COVID-19 in worldwide using random forest machine learning algorithm. Chaos, Solitons & Fractals. 140. 110210.

DOI: 10.1016/j.chaos.2020.110210.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_23.

Čeh Marjan & Kilibarda,) Milan & Lisec, Anka & Bajat, Branislav. (2018). Estimating the Performance of Random Forest versus Multiple Regression for Predicting Prices of the Apartments. ISPRS International Journal of Geo-Information. 7. 168.

DOI: 10.3390/ijgi7050168.

Masri, Hilmi & Nawawi, Abdul & Sipan, Ibrahim. (2016). Review of Building, Locational, Neighbourhood Qualities Affecting House Prices in Malaysia. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 234. 452-460.

DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.10.263.

Mayer, A. (2013). Introduction to Statistics and SPSS in Psychology, Edinburgh: Pearson Higher Ed.

https://books.google.com/books/about/Introduction_to_Statistics_and_SPSS_in_P.html?id=SDHtMgEACAAJ.

Nair S.N., Gopi E.S. (2020) Deep Learning Techniques for Crime Hotspot Detection. In: Kulkarni A., Satapathy S. (eds) Optimization in Machine Learning and Applications. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-15-0994-0_2.

Pal, M. & Bharati, P. (2019). Applications of Regression Techniques. Springer Singapore.

https://www.springer.com/gp/book/9789811393136.

Richardson, R. (2015). Business Applications of Multiple Regression, Second Edition - Quantitative approaches to decision making collection. Business Expert Press.

https://www.businessexpertpress.com/books/business-applications-multiple-regression-second-edition.

Schulz, R., Werwatz, A. (2004). A State Space Model for Berlin House Prices: Estimation and Economic Interpretation. The Journal of Real Estate Finance and Economics 28, 37-57.

https://doi.org/10.1023/A:1026373523075.

Selim, H. (2009). Determinants of House Prices in Turkey: Hedonic Regression versus Artificial Neural Network, Journal of Expert Systems with Applications, Vol.36. Issue 2. Part 2. Pages 2843-2852.

doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.044.

Sharma R., Rani S. (2021) A Novel Approach for Smart-Healthcare Recommender System. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی