

فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران / سال دوازدهم / شماره ۳۷ / زمستان ۱۳۸۷ / صفحات ۱۷۱-۱۹۲

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)

دکتر سید کمال صادقی^۱

دکتر رحمان خوش اخلاق^۲

دکتر مصطفی عمادزاده^۳

دکتر رحیم دلالی اصفهانی^۴

دکتر مهدی نفر^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۲۹

تاریخ ارسال: ۱۳۸۷/۲/۷

چکیده

در این پژوهش از روش تجزیه و تحلیل قیمت هدانیک دارایی‌ها برای برآورد ارزش هوای پاک از دیدگاه خانوارهای ساکن کلان‌شهر تبریز بهره جسته‌ایم. نتایج به‌دست آمده از ترکیب داده‌های مربوط به قیمت اجاره‌بهای منازل و ویژگی‌های مربوط به آنها - که از نمونه‌گیری‌های خانوارهای تبریزی به‌دست آمده‌است - و نیز داده‌های مربوط به میزان متوسط آلاینده‌های هوای این شهر، نشان می‌دهد که کیفیت هوا بر قیمت اجاره‌بهای منازل اثر می‌گذارد، به بیان دیگر، افراد در انتخاب منزل مسکونی به مطبوعیت‌های زیست‌محیطی اهمیت می‌دهند. همچنین، بخش‌بندی بازار مسکن نشان می‌دهد که تمایل به پرداخت برای حفظ و بهبود کیفیت هوا در خانوارهای با درآمد بالا که واحدهای وسیع خانگی را اشغال کرده‌اند، نسبت به خانوارهای کم درآمد ساکن در واحدهای کوچک، بیشتر است. افزون بر این، سطح تحصیلات خانوارها نیز بر تمایل به پرداخت آنها مؤثر است.

طبقه بندی JEL: Q53 ; C14 ; R22

واژگان کلیدی: مدل قیمت هدانیک، آلودگی هوای شهر، تبدیل باکس - کاکس.

E-mail: seyedghi@yahoo.com

E-mail: rahman@ui.ac.ir

E-mail: emadz@ui.ac.ir

E-mail: dallaly@ui.ac.ir

E-mail: nafar@ui.ac.ir

۱. استادیار دانشگاه تبریز

۲. دانشیار دانشگاه اصفهان

۳. استاد دانشگاه اصفهان

۴. استادیار دانشگاه اصفهان

۵. استادیار دانشگاه اصفهان

مقدمه

از اوایل دهه ۱۹۹۰، آلودگی هوای شهرها، به‌ویژه در کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه به عنوان مهم‌ترین نگرانی‌های زیست‌محیطی جهان شناخته شده است.^۱ با گذشت یک دهه، به‌رغم وجود شاخص‌های متعدد برای سنجش کیفیت محیط‌زیست،^۲ هنوز وضعیت نامناسب هوا در کشورهای در حال توسعه ادامه دارد^۳ و اجرای مؤثر سیاست‌های آلودگی هوا در این کشورها با مشکل مواجه است. اصلی‌ترین مشکل موجود در موفقیت اجرای چنین سیاست‌هایی این است که هوای پاک، کالایی لوکس بوده و بیشتر مردم این کشورها، به ندرت ارزش مصرف چنین کالایی را می‌دانند. بدین روی، ارزش سیاست آلودگی هوا برای آنها ناچیز جلوه نموده و اجرای این قبیل سیاست‌ها را در اولویت قرار نمی‌دهند که این ادعا باید آزمون شود. در این پژوهش با برآورد میزان تأثیر آلاینده‌های هوا بر قیمت اجاره‌بهای اماکن مسکونی در مناطق مختلف شهری، این فرضیه را که "آیا در ایران، به عنوان یک کشور در حال توسعه، هوای پاک برای مردم اهمیت و ارزشی دارد؟" مورد آزمون قرار می‌دهیم. در این راستا، کلان‌شهر تبریز به عنوان یکی از هفت شهر آلوده کشور را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. از دلایل این انتخاب می‌توان به اسکان جمعیت یک و نیم میلیون نفری در این شهر، دسترسی به داده‌های مربوط به آلاینده‌های هوا و از همه مهم‌تر رسیدن میزان آلاینده‌های هوا به سطح هشداردهنده برای این شهر اشاره کرد.

۱. ارزیابی کالاهای زیست‌محیطی

ارزش‌گذاری بر مطبوعیت‌های زیست‌محیطی مانند هوای پاک، پیچیدگی‌های خاص خود را دارد. چرا که بیشتر کالاهای زیست‌محیطی در بازار عرضه نمی‌شوند، از این رو نمی‌توان به آسانی قیمت مناسبی برای آنها تشخیص داد. از روش‌های ارزش‌گذاری‌های زیست‌محیطی می‌توان به روش رجحان بیان شده^۴ (یا مستقیم) اشاره کرد. در این روش، پژوهشگر تلاش می‌کند تا ارزش‌های زیست‌محیطی را به صورت مستقیم و از طریق پرسیدن از افراد درباره ترجیحات آنها نسبت به کالا یا خدمات زیست‌محیطی مشخص شده، استنتاج کند (مانند روش ارزشیابی مشروط^۵). ولی اقتصاددانان، بیشتر تمایل به استفاده از روشی دارند که شیوه رجحان آشکار شده^۶ (یا غیرمستقیم) نامیده می‌شود. در این روش، پژوهشگر اطلاعات را به طور غیرمستقیم از طریق مشاهده رفتارهای افراد در بازارهای واقعی استنتاج می‌کند. یکی از روش‌های غیرمستقیم، روش قیمت هدانیک است که در آن، ارزش یک کالای غیربازاری مانند هوای پاک از طریق تحلیل میزان تأثیرپذیری قیمت یک کالای بازاری مانند اجاره‌بهای اماکن مسکونی

1. UNEP and WHO
 2. World Development Indicators, 2004.
 3. World Bank, 2004.
 4. Stated preference
 5. Contingent Valuation Method (CVM)
 6. Revealed preference

مناطق مختلف شهری از آلاینده‌های هوا استنتاج می‌شود (پیرس^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). روش هدانیک چون از رفتارهای واقعی مشاهده شده افراد در بازارهای واقعی استفاده می‌کند، بر روش‌های مستقیم مانند CVM که از حالت‌های فرضی (که شاید باعث تورش در استخراج ارزشگذاری افراد شود) استفاده می‌کنند، برتری دارد.

۲. پژوهش‌های هدانیکی انجام شده در زمینه تأثیر کیفیت هوا بر ارزش دارایی‌ها

پژوهش‌های بسیار زیادی به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته برای پی‌بردن به تأثیر کیفیت هوا در ارزش دارایی‌ها (املاک) انجام شده است؛ به طوری که اسمیت و هونگ^۲ در سال ۱۹۹۵ خلاصه‌ای از پنجاه مطالعه تحلیل هدانیک را که برای شهرهای ایالت متحده در طول سال‌های ۱۹۶۷ تا ۱۹۸۸ انجام شده بود، تهیه کردند. در این پژوهش، مدل تحلیل متا^۳ جامع هدانیک ارزش املاک برای بررسی تأثیر کیفیت هوا در بازار مسکن از طریق اندازه‌گیری تراکم ذرات ریز معلق در هوا به‌کار گرفته شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تمایل نهایی به پرداخت^۴ به ازای یک واحد کاهش در ذرات معلق بین صفر تا ۹۸ دلار متغیر است.

موردوچ و تایر^۵ در سال ۱۹۸۸ در پژوهشی با عنوان معادله قیمت هدانیک متغیر کیفیت هوای شهری، به آزمون فرضیه اعتبار استفاده از میانگین‌های آلودگی هوا در مدل هدانیک در مقابل فرضیه مربوط به استفاده از احتمالات مربوط به سطوح آلودگی هوا پرداخته‌اند.

بولس^۶ و همکارانش در سال ۱۹۹۷ با انجام پژوهشی با عنوان زندگی در خیابان‌های شلوغ و خاک آلوده (راهبردهایی برای ارزیابی محیط‌زیست) با استفاده از مدل هدانیک برای ارزشیابی مطلوبیت و لذت خاطر محیط‌زیست سالم و غیرسالم پرداختند. در این پژوهش از دو روش مقایسه بین خانه‌های واقع در یک محله شلوغ و آلوده و خانه‌های واقع در یک محله ساکت و تمیز و نیز بررسی اثرات آلودگی هوا و آلودگی صوتی بر روی مسکن استفاده شده است.

ژئوفگان، ونگر و بوکستابل^۷ در سال ۱۹۹۷، در مطالعه‌ای با به‌کارگیری دو شاخص برای چشم‌اندازهای محیطی از مدل هدانیک فضایی برای توضیح ارزش‌های مسکونی در ناحیه‌ای تا شعاع ۳۰ مایلی واشنگتن دی‌سی استفاده کردند.

1. Pearce et al
2. Smith and Huang
3. Meta-Analysis
4. Marginal Willingness To Pay (MWTP)
5. Murdouch and Thayer
6. Boules
7. Geoghegan , Wainger and Bockstael

بویل و کیل (۲۰۰۱)^۱ با بررسی پژوهش‌های انجام شده برای دوازده شهر ایالات متحده به این نتیجه رسیدند که اثر منفی و اصلی آلودگی هوا بر ارزش املاک آشکار بوده و تمایل به پرداخت افراد برای بهبود کیفیت هوا بر این امر دلالت دارد.

کیم، فیپس و انسلین (۲۰۰۳)^۲ نیز از طریق ترکیب شیوه‌های اقتصادسنجی فضایی با مدل قیمت هدانیک، منافع ناشی از بهبود کیفیت هوا را در شهر سئول کره اندازه‌گیری کردند. اصلی‌ترین نتیجه پژوهش اینکه تمایل نهایی به پرداخت هر خانوار (مالک) برای چهار درصد بهبود در کیفیت هوا در حدود ۳۰۰۰ تا ۳۳۰۰ دلار (۱/۲ تا ۱/۵ درصد قیمت مسکن) بوده‌است.

ابونوری و رمضانی وکیل کندی (۱۳۸۱) در پژوهشی با عنوان "برآورد تابع تقاضای مسکن با استفاده از مدل هدانیک" به بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی، مکانی و محیطی منازل مسکونی بر قیمت هر واحد از آنها در شهرستان ساری پرداخته‌اند. در این پژوهش، تابع تقاضا برای هریک از ویژگی‌ها بر حسب درآمد خانوار، متوسط تحصیلات خانوار، قیمت‌های ضمنی سطح زیربنا، مساحت زمین و جز اینها برآورد شده است.

حسن شاهی (۱۳۸۱) در پژوهشی با عنوان "تخمینی از خسارت اقتصادی آلودگی هوا در شهر شیراز" پرداخته است. در بخشی از این رساله که به روش هدانیک اختصاص یافته، کاهش ارزش منازل مسکونی ناشی از آلودگی هوا را مورد بررسی قرار داده‌است. در این پژوهش، کل خسارت وارد بر منازل این شهر به ازای یک درصد افزایش در میزان ذرات معلق^۳ در هوا سالانه در حدود ۲۲۱ میلیارد تومان برآورد شده است.

همچنین، زابل و کیل^۴ (۲۰۰۰)، بتالهون^۵ (۲۰۰۲)، کیل و ویلیامز^۶ (۲۰۰۳)، مورتی و همکاران^۷ (۲۰۰۳)، برنسنیگتون و هایت^۸ (۲۰۰۴)، معاذ^۹ (۲۰۰۵)، کیل (۲۰۰۶)^{۱۰} و افراد دیگر به بررسی تأثیر آلودگی هوا بر ارزش اماکن مسکونی پرداخته‌اند.

۳. مبانی نظری روش هدانیکی ارزش املاک و کیفیت هوا

مفهوم روش قیمت هدانیک، بر پایه نظریات گرلیچز^{۱۱} (۱۹۷۱) و روزن^{۱۲} (۱۹۷۴) بنا شده است. بر این اساس بسیاری از ویژگی‌هایی که بر کیفیت زندگی تأثیر می‌گذارند، در هنگام خرید خانه مد نظر

1. Boyle and Kiel
2. Kim, Phipps and Anselin
3. Total Suspended Particulate (TSP)
4. Zabel and Kiel
5. Batalhone
6. Kiel and Williams
7. Murty, M.N, S.C.Gulati and Avishek Banerjee
8. Bransington and Hite
9. Moaz
10. Kiel
11. Griliches
12. Rosen

قراری می‌گیرند. به بیان دیگر علاقه مشتریان در مورد هر یک از ویژگی‌های منزل، در قیمتی که مایلند برای خرید (یا اجاره) آن پردازند، خود را نشان می‌دهد. این ویژگی‌ها شامل مشخصه‌های ساختاری یا فیزیکی (مانند تعداد اتاق‌ها، مصالح به کار برده شده، مساحت زیربنا)، مشخصه‌های محلی (مانند موقعیت منزل، دسترسی به مراکز آموزشی، درمانی و بهداشتی، امنیت محل)، مشخصه‌های زیست‌محیطی (مانند غبار، دود و ذرات سوخته مواد، منوکسید کربن) و مشخصه‌های دیگر است. به طور مثال، مشتری ممکن است مایل باشد مبلغ بیشتری برای خرید خانه‌ای که دور از آلودگی هوا باشد، بپردازد؛ در حالی که مشخصه‌های دیگر ثابت نگهداشته شود.^۳

روزن معتقد است مدل قیمت هدانیک بر این اساس است که افراد در هنگام خرید منزل، به دنبال حداکثر نمودن مطلوبیت خودشان بوده که این خود، تابع موارد بسیاری است (فریمن^۴، ۲۰۰۳). اشخاص در زمان خرید (یا اجاره) خانه، با توجه به ویژگی‌های منزل مورد نظر، در جستجوی حداکثر کردن تابع مطلوبیت کل خویش هستند. تابع مطلوبیت کل با توجه به قیمت کالاها، درآمد خانوار و عوامل دیگر مانند زمان حاصل می‌شود. همچنین، مطلوبیت نهایی حاصل از صرف هر واحد پولی برای هر یک از مشخصه‌های منزل، در نقطه بهینه، مقدار یکسانی است. تمایل به پرداخت افراد برای هر یک از ویژگی‌های خانه، می‌تواند برای به دست آوردن تابع پیشنهاد^۵ استفاده شود. همچنین، تابع پیشنهادی سازندگان مسکن از طریق حداکثر کردن تابع سود آنها با توجه به ویژگی‌های تابع تولید و هزینه نهاده‌های تولید به دست می‌آید. در نهایت، قیمت فروش یا اجاره‌بها، از تقابل توابع پیشنهادی فروشندگان و خریداران در بازار مسکن، حاصل می‌شود. بنابراین، قیمت هدانیک به تقابل میان عرضه و تقاضای بازار بستگی دارد.

در روش هدانیک چند فرض مهم وجود دارد که به صورت تجربی و از طریق پرسش در بازار مورد بررسی قرار می‌گیرند (کیل، ۲۰۰۶):^۶

۱. قیمت‌های مشاهده شده در شرایط تعادلی، نشان‌دهنده حداکثر مطلوبیت خریداران و حداکثر سود فروشندگان است، یعنی چنانچه قیمت‌ها به سرعت تعدیل شوند، ضریب برآورد شده باید ترجیحات خریداران و فروشندگان را نشان دهد (فریمن، ۲۰۰۳). بنابراین، بررسی تأثیر یک عامل ناخوشایند زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا در پایین آمدن ترجیحات خریداران، از طریق پرسش در بازار امکان‌پذیر است.

۲. در روش هدانیک فرض می‌شود که خریدار و فروشنده اطلاعات یکسانی از تمام ویژگی‌های خانه دارند، به شکلی که ارزش این ویژگی‌ها در قیمت خرید خانه جمع است. اگر خریدار یا مستأجر از

۱. صادقی، سید کمال، ۱۳۸۶.

2. Freeman

3. Bid Function

4. Kiel

ویژگی‌های خانه (مانند شرایط زیست‌محیطی) بی‌اطلاع باشد، قیمتی که پرداخت می‌شود ممکن است ارزش واقعی خانه را منعکس نکند. بنابراین، بررسی میزان اطلاعات خریدار از ویژگی‌های خانه نیز یک پرسش تجربی بوده و از طریق پرسش در بازار امکان‌پذیر است.

۳. بازار مسکن مورد بررسی باید یک بازار یکپارچه بوده، چرا که شرایط تعادلی، نیازمند یک بازار واحد و یکپارچه است نه یک بازار چند بخشی (تیلور، ۲۰۰۳).^۱ پژوهشگران می‌توانند در صورت وجود بازار چند بخشی، این فرض را مورد آزمون قرار دهند.

۴. مشخصه‌های اقتصادی-اجتماعی و مشخصه‌های دیگر خریدار از نشانه‌های تمایز در بازار مسکن است که بر قیمت خانه تأثیر می‌گذارد (زابل و کیل، ۲۰۰۶).^۲ لذا فرض نبود تمایز در بازار مسکن، باید به صورت تجربی و از طریق پرسش در بازار مورد بررسی قرار گیرد.

مدل قیمت هدانیک برای اجاره مسکن و کیفیت هوا

مدل قیمت هدانیک به صورت شکل‌های تابعی مختلفی برای برآورد تأثیرات متغیرهای مستقل به کار گرفته می‌شود. شکل عمومی تابع قیمت هدانیک را می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

$$P = P(H, N, E, D) \quad (1)$$

که در آن، P قیمت فروش یا اجاره‌بهای منزل، H ویژگی‌های ساختاری خانه، N مشخصه‌های محلی، E ویژگی‌های زیست‌محیطی و D مشخصه‌های دیگر هستند. چنانچه همه این مشخصه‌ها را با بردار X نمایش دهیم، شکل عمومی تابع قیمت هدانیک، می‌تواند به صورت رابطه زیر بیان شود (برایچینگر):^۳

$$P = f(X) \quad X = (X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_n) \quad (2)$$

که در آن، P اجاره بهای مسکن و X بردار متغیرهای مستقل از جمله کیفیت هوا هستند. با محاسبه مشتق جزئی این تابع، قیمت ضمنی هر یک از مشخصه‌های مسکن، به دست می‌آید:

$$\frac{\partial P}{\partial X_k}(X) = \frac{\partial f}{\partial X_k}(X) \quad (k = 1, \dots, K) \quad (3)$$

قیمت ضمنی به دست آمده، حداکثر تمایل به پرداخت یا پیشنهاد پرداخت برای یک واحد افزایش در متغیر مستقل، با فرض ثابت ماندن سایر ویژگی‌های مسکن در سطح بهینه است. به بیان دیگر، قیمت ضمنی، اضافه مبلغ پولی است که باید هر خانواده پرداخت کند تا به گروهی بالاتر از مشخصه مورد نظر وارد شود.

جدول ۱، انواع شکل‌های تابعی مدل قیمت هدانیک به همراه مشتق جزئی هر یک از شکل‌ها (که نشان‌دهنده قیمت ضمنی یا تمایل نهایی به پرداخت افراد است) را نشان می‌دهد:

1. Taylor

2. Zabel and Kiel

3. Brachinger, H. Wolfgang

جدول ۱- انواع شکل‌های تابع قیمت هدانیک

نوع شکل	معادله	قیمت ضمنی
۱. خطی ^۱	$P = \alpha_0 + \sum \beta_i X_i$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i$
۲. شبه لگاریتمی ^۲	$\text{Ln}P = \alpha_0 + \sum \beta_i X_i$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i P$
۳. خطی لگاریتمی ^۳	$P = \alpha_0 + \sum \beta_i \text{Ln}X_i$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i / X_i$
۴. لگاریتمی دو طرفه ^۴	$\text{Ln}P = \alpha_0 + \sum \text{Ln}\beta_i X_i$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i \cdot \frac{P}{X_i}$
۵. درجه دوم ^۵	$P = \alpha + \sum \beta_i X_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{ij} X_i X_j$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i + \sum_{j \neq i} \delta_{ij} X_j + \delta_{ii} X_i$
۶. باکس-کاکس خطی ^۶	$P^{(\theta)} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i^{(\lambda)}$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i X_i^{\lambda-1} P^{1-\theta}$
۷. باکس-کاکس درجه دوم ^۷	$P^{(\theta)} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i^{(\lambda)} + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N \delta_{ij} X_i^{(\lambda)} X_j^{(\lambda)}$	$\frac{\partial P}{\partial X_i} = (\beta_i X_i^{\lambda-1} + \sum_{j=1}^N \delta_{ij} X_i^{(\lambda-1)} X_j^{(\lambda)}) P^{1-\theta}$

مأخذ: شیومی (۲۰۰۷)^۸

۵. مدل باکس کاکس درجه دوم تابع قیمت هدانیک

عمومی‌ترین شکل تابعی انعطاف‌پذیر مورد استفاده در ادبیات هدانیک، فرم درجه دوم باکس-کاکس است که شکل کلی آن بر اساس جدول ۱، به شکل زیر است:

$$P^{(\theta)} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i^{(\lambda)} + 0.5 \sum_{i,j=1}^N \delta_{ij} X_i^{(\lambda)} X_j^{(\lambda)} \quad (۴)$$

1. Linear
2. Semi-Log
3. Log-Linear
4. Double-Log
5. Quadratic
6. Linear Box-Cox
7. Quadratic Box-Cox
8. Shihomi

در این رابطه، $P(\theta)$ و $X^{(\lambda)}$ تبدیلات باکس-کاکس قیمت کالا (P)، مشخصه‌های کالای مورد مطالعه (X_i) ، β_i و ضرایب رگرسیونی هستند که به ازای مقادیر مختلف θ و λ به صورت زیر تعریف می‌شوند:^۱

$$\begin{cases} P(\theta) = \frac{P^\theta - 1}{\theta} & , \text{ for all } \theta \neq 0 \\ = \ln P & , \text{ for } \theta = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} X_i^{(\lambda)} = \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda} & , \text{ for all } \lambda \neq 0 \\ = \ln X_i & , \text{ for } \lambda = 0 \end{cases}$$

با وارد کردن مقادیر مختلف برای پارامترهای θ و λ ، شکل‌های مختلف رابطه ۴ به دست می‌آید که برخی از آنها در جدول ۱ بیان شده است. با اضافه کردن جمله اختلال تصادفی به رابطه ۱، داریم:

$$P(\theta) = \alpha + \sum_{i=1}^K \beta_i X_i^{(\lambda)} + 0.5 \sum_i \sum_j \delta_{ij} X_i^{(\lambda)} X_j^{(\lambda)} + \varepsilon_i \quad (6)$$

چنین فرض می‌شود که پارامترهای θ و λ دارای توزیع نرمال و مستقل، با میانگین صفر و واریانس ثابت است. با توجه به غیرخطی بودن رابطه ۶ نسبت به هر یک از پارامترها، بهتر است مقادیر θ ، λ ، α ، β_i و δ_{ij} همگی از طریق روش حداکثر راستنمایی برآورد شوند. پارامترهای θ و λ به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که تابع لگاریتم راستنمایی را برای مشاهدات نمونه حداکثر کنند. بیشتر بسته‌های نرم‌افزاری از جمله Stata، SAS و جز اینها قابلیت محاسبه این برآوردها را دارند. سطح معناداری θ و λ در رگرسیون‌های مربوطه، به وسیله آزمون کای-دو^۲ آماره والد^۳ تعیین می‌شوند. همین آزمون برای سطح معناداری پارامترهای دیگر رابطه بالا انجام می‌شود. سپس، آزمون نسبت راستنمایی (نسبت حداکثر تابع راستنمایی تحت فرضیه H_0 برای مقادیر استاندارد θ و λ ($\theta = \lambda = 0$)، نسبت $\theta = \lambda = -1$ ، $\theta = \lambda = 1$) به حداکثر تابع راستنمایی بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های فرضیه H_0 اعمال می‌شود.

۶. تصریح مدل

بر اساس پژوهش‌های انجام شده توسط کروپر، دک و مک کونل^۴ (۱۹۸۸) بر روی شکل‌های تابعی مدل هدانیک، زمانی که همه مشخصه‌های کالای مورد بررسی، بدون خطا مشاهده می‌شوند، شکل‌های تابعی

۱. ر.ک. صادقی، سید کمال، ۱۳۸۶.

2. Chi-Squared

3. Wald- statistics

4. Cropper, Deck and McConnell

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن

ترکیبی مانند فرم درجه دوم، باکس-کاکس خطی و باکس-کاکس درجه دوم می‌تواند برای برآورد دقیق قیمت ضمنی به کار رود. چنانکه برخی از متغیرها مشاهده‌نشده یا با متغیرهای تقریبی جایگزین شوند، شکل‌های ساده‌تر مانند خطی، شبه‌لگاریتمی، لگاریتمی دو طرفه و باکس-کاکس خطی برای برآورد قیمت ضمنی برتری دارند. با توجه به ویژگی‌های شکل باکس-کاکس خطی در صورتی که همه مشخصه‌ها به درستی اندازه‌گیری شوند و یا اینکه در تعیین مشخصه‌های تابع هدانیک اشتباهی صورت گیرد، شکل باکس-کاکس خطی مناسب‌ترین شکل تابعی برای برآورد قیمت نهایی ضمنی است. لذا، این شکل تابعی را برای استفاده در این پژوهش انتخاب کرده‌ایم:

$$P(\theta) = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i^{(\lambda)} + u_t \quad (7)$$

$$= \alpha + \beta_1 X_1^{(\lambda)} + \beta_2 X_2^{(\lambda)} + \beta_3 X_3^{(\lambda)} + \dots + \beta_N X_N^{(\lambda)} + u_t$$

که در آن، P مقدار اجاره‌بهای ماهانه منزل و X_i متغیرهایی که باید به متغیرهای قابل استفاده در محاسبات تبدیل شوند (مانند مساحت زیربنا، تعداد اتاق‌ها، فاصله از مرکز شهر و میزان آلاینده‌های هوا) در نظر گرفته شده‌است. مقادیر α ، β_i نشان‌دهنده ضرایب برآورد و θ و λ پارامترهای تبدیل هستند (زمانی که $\lambda = 1$ باشد تابع خطی و زمانی که $\lambda = 0$ باشد تابع لگاریتمی خواهد بود). پارامترهای مدل با استفاده از روش حداکثر راست‌نمایی برآورد می‌شوند (گرین، ۲۰۰۰، هب و مک کونل، ۲۰۰۲)^۱، چون تبدیلات مدل، تنها برای مقادیر مثبت P و X اعمال شده، لذا مقادیر ثابت و متغیرهای مجازی تبدیل نمی‌شوند و تنها متغیرهایی در مدل، مورد استفاده قرار می‌گیرند که در آماره والد معنادار هستند.

۷. جامعه آماری

مجموعه خانوارهای اجاره‌نشین ساکن شهر تبریز بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۵ را به عنوان جامعه آماری این پژوهش در نظر گرفته‌ایم. داده‌های مربوط به متغیر وابسته (اجاره‌بهای اماکن استیجاری)، مشخصه‌های ساختاری یا فیزیکی، مشخصه‌های محلی و مشخصه‌های دیگر را از طریق توزیع پرسشنامه بین خانوارهای اجاره‌نشین در تبریز به دست آورده و داده‌های مشخصه‌های زیست‌محیطی مربوط به متغیرهای آلاینده هوا را از گزارش‌های منتشرشده توسط اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی استخراج کرده‌ایم.

۸. روش تعیین اندازه نمونه

روش‌های مختلفی برای تعیین حجم مناسب نمونه وجود دارد. میشل و کارسون^۲ (۱۹۸۹) برای تعیین حجم نمونه مناسب در برآورد تمایل به پرداخت، روشی پیشنهاد کرده‌اند که در آن اندازه نمونه، به

1. Greene, Haab and McConnell
2. Mitchell and Carson

انحراف معین تمایل به پرداخت برآورد شده از تمایل به پرداخت واقعی وابسته است، به طوری که در ۹۰ تا ۹۵ درصد مشاهدات، WTP برآورد شده به اندازه D درصد از WTP واقعی انحراف داشته باشد. اندازه نمونه انتخاب شده، به دقت آماری و انحراف از میانگین واقعی جامعه با توزیع نرمال (U) در سطح اطمینان معین و تفاوت بین تمایل به پرداخت واقعی و تمایل به پرداخت برآورد شده بستگی داشته و به شکل زیر بیان می‌شود:

$$n = \left(\frac{U_{1-\alpha/2} \cdot V}{D} \right)^2 \quad (۸)$$

در این رابطه، n اندازه نمونه، V خطای معیار نسبی $1 - \frac{\alpha}{2}$ ، سطح اطمینان^۲ و D تفاوت بین تمایل به پرداخت واقعی و تمایل به پرداخت برآورد شده است که به صورت درصدی از تمایل به پرداخت واقعی بیان می‌شود. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده، مقدار خطای معیار نسبی (V)، عددی بین ۰/۷۵ و ۰/۶ و سطح معناداری را معمولاً ۵ درصد یا ۱۰ درصد انتخاب می‌کنند. در این پژوهش برای خطای معیار نسبی عدد ۲ و سطح معناداری ۱۰ درصد و نیز با ده درصد تفاوت بین تمایل به پرداخت واقعی و تمایل به پرداخت برآورد شده اندازه نمونه را ۱۰۸۳ تعیین کرده‌ایم.

$$n = \left(\frac{U_{0.95} \times 2}{0.1} \right)^2 = \left(\frac{1.645 \times 2}{0.1} \right)^2 \approx 1083$$

البته برای بالابردن دقت برآورد می‌توان از اندازه نمونه بزرگتری استفاده کرد. اما به دلیل اینکه در این پژوهش، جمع‌آوری اطلاعات مستلزم صرف زمان و هزینه زیادتری است، بنابراین با توجه به شرایط، به همین سطح دقت بسنده کرده‌ایم. این حجم نمونه در سطح داده شده‌ای از دقت، این اطمینان را به وجود می‌آورد که WTP برآورد شده، در ۹۰ درصد مشاهدات در فاصله بین ۱۰ درصد از WTP واقعی قرار خواهد گرفت.

نمونه‌گیری از خانوارهای تبری‌زی به صورت تصادفی ساده بدون جایگذاری از مناطق ۸ گانه (به نمایندگی از کل شهر) انجام شده و بازدید و مصاحبه از ۱۰۸۳ خانوار به صورت پرسشنامه (شامل دسته‌بزرگی از متغیرهای پیشنهاد شده توسط آثار تجربی و نظریه‌های تخصصی پژوهشگران دانشگاه) صورت گرفته است. تعداد ۶۰ عدد از پاسخنامه‌های نمونه به لحاظ ناقص بودن پاسخ‌ها، قابل استفاده نبوده است.

۹. داده‌ها

در مطالعات هدانیکی قیمت یا اجاره‌بهای خانه‌ها به عنوان متغیر وابسته به کار می‌رود. از آنجا که قیمت یا اجاره‌بهای خانه‌ها ذاتاً ارزش کنونی خانه‌ها را نشان می‌دهند، یکی از آنها می‌تواند به عنوان متغیر

1. Relative Standard Error

2. Confidence Level

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن

وابسته انتخاب شود. بازار اماکن مسکونی استیجاری به دلیل قراردادهای یکساله بین مالکین و مستأجرین، از حساسیت بیشتر نسبت به آلاینده‌های هوا برخوردار است. به‌طور مثال، اگر مستأجری در انتخاب مسکن خود اشتباه کرده‌باشد، امکان گزینش مکان دیگر بعد از پایان قرارداد یکساله وجود دارد. همچنین، مبلغ اجاره‌بها نسبت به قیمت مسکن خریداری‌شده بسیار پایین است، لذا خانوار مستأجر در صورت گزینش اشتباه برای سکونت با متحمل‌شدن هزینه مختصر، می‌تواند مطلوبیت خود را با گزینش جدید به حداکثر برساند. همچنین به‌لحاظ وجود تعداد انتخاب بیشتر و سهل‌تر برای مستأجرین در مقایسه با خریداران اماکن مسکونی، از نظر فروض مطرح در مباحث نظری، در نظرگرفتن اجاره‌بهای ماهانه اماکن مسکونی استیجاری به عنوان متغیر وابسته دقیق‌تر است. افزون بر این، قیمت اماکن مسکونی مورد معامله تحت تأثیر عواملی نظیر سیاست‌های پولی دولت، میزان مهاجرت و جز اینها قرار دارد که در مطالعات هدانیک به آن توجه نمی‌شود. در حالی که تأثیر این نوع متغیرها در اجاره‌بهای ماهانه اماکن مسکونی استیجاری، اندک است. بدین روی، در نظرگرفتن این متغیر به عنوان متغیر وابسته باعث شفاف‌ترشدن نقش متغیرهای مطرح در مطالعات مدل هدانیک از جمله متغیرهای آلاینده هوا می‌شود. بنابراین، در این پژوهش، اجاره‌بهای ماهانه اماکن مسکونی را به عنوان متغیر وابسته در نظرگرفته‌ایم. اجاره ماهانه به‌کار رفته در معادله هدانیکی بر حسب ریال است.

متغیرهای مستقل به‌کاررفته در این پژوهش، متغیرهایی است که در ادبیات تحلیل ارزش هدانیک دارای‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، انتخاب متغیرها به میزان در دسترس‌بودن داده‌ها بستگی دارد. این متغیرها در چهار گروه از مشخصه‌ها، به صورت زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

۱. **مشخصه‌های زیست‌محیطی**^۱: شامل مواد با ذرات ریز با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون مانند غبار، دود و ذرات سوخته مواد (PM_{10})، میزان منوکسید کربن موجود در هر متر مکعب هوا (CO) و ازون موجود در سطح زمین که از اجزاء اساسی مه-دود غلیظ است (O_3).

۲. **مشخصه‌های محلی**^۲: شامل مجاورت با کارخانه آلاینده هوا یا هر آلاینده دیگر بجز آلاینده‌های سیار (X_1)، دسترسی به تفرجگاه (X_2)، دسترسی به مراکز تجاری (X_3)، دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی (X_4)، منظره‌دید منزل (X_5)، امنیت محل یا مکان منزل (X_6)، وجود کارگاه‌های تولیدی کوچک در محل (X_7).

۳. **مشخصه‌های ساختاری یا فیزیکی**^۳: شامل تعداد اتاق‌های مسکونی منزل (X_8)، پلان (نقشه معماری) ساختمان از لحاظ سنتی یا مدرن بودن (X_9)، مساحت زیربنا (X_{10})، کیفیت مصالح به‌کار برده شده در ساخت منزل (X_{11})، داشتن پارکینگ (X_{12}).

1. Environmental Characteristics

2. Location Characteristics

3. Structural Characteristics

۴. **مشخصه‌های اقتصادی - اجتماعی^۱ مستأجرین:** شامل نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر (X_{13})، بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر (X_{14}). کیفیت هوا با سنجش میزان پنج آلاینده مختلف یاد شده توسط مرکز کنترل آلودگی هوای شهر تبریز، اندازه‌گیری می‌شود. بر اساس گزارش این مرکز، آلودگی اصلی هوای شهر تبریز در سال ۱۳۸۴، مربوط به آلاینده‌های PM_{10} و CO بوده و آلاینده O_3 از نظر میانگین غلظت ماهانه و یک‌ساعته از استاندارد حد مجاز پایین‌تر بوده و مشکلی از لحاظ آلاینده‌ها به وجود نمی‌آورد. تنها مقادیر حداکثر یک‌ساعته آن به حد غیرمجاز نزدیک می‌شود. لذا دو آلاینده SO_2 و NO_2 در برآوردهای این پژوهش آورده نشده است.

۱۰. تحلیل نتایج

در این پژوهش سعی کرده‌ایم تا میزان درک عمومی افراد از کیفیت هوا مورد ارزیابی قرار دهیم. با توجه به این نکته که در حالت کلی هریک از آلاینده‌های هوا، برای بیشتر مردم، به تنهایی هوای کثیف محسوب می‌شود، بنابراین، برای پی‌بردن به تأثیرات آلاینده‌های هوا کافی است که به این موضوع که "مردم به طور کلی هوای کثیف را دوست ندارند" توجه کرد. بدین منظور در برآوردهای صورت‌گرفته، علاوه بر در نظر گرفتن همه متغیرهای آلاینده در یک معادله، معادله جداگانه‌ای برای هریک از آلاینده‌ها برآورد شده است.

بر اساس نتایج برآوردهای معادله رگرسیون باکس-کاکس خطی اجاره‌بهای اماکن مسکونی که در جدول ۳ ضمیمه آمده است، تمام ضرایب متغیرهای آلاینده هوا منفی بوده و نشان می‌دهند که اجاره‌بهای اماکن مسکونی، تحت تأثیر آلاینده‌های هوا کاهش یافته است. این مطلب از ارزش بالای دارایی‌ها (املاک) در جاهایی که کیفیت هوا بهتر است اشاره دارد. این نتیجه نظریه‌ای را که ادعا می‌کند در کشورهای در حال توسعه، افراد نسبت به کیفیت هوا بی‌تفاوت هستند، به صراحت نقض می‌کند. علامت همه مشخصه‌های محلی و ساختاری خانه‌ها، در سطح معناداری ۱۰ درصدی، با علامت مورد انتظار مطابقت دارد. ضریب منفی متغیر X_1 وجود کارخانه‌های آلاینده هوا در همسایگی اماکن مسکونی را به‌عنوان عامل منفی و تأثیرگذار بر اجاره‌بهای آنان بیان می‌کند. همچنین، ضریب منفی متغیر X_7 ، نشانگر تأثیر منفی وجود کارگاه‌های تولیدی کوچک در محل بر میزان اجاره‌بهای اماکن مسکونی است. ویژگی‌های اقتصادی اجتماعی خانوار مستأجر، بر میزان اجاره‌بهای اماکن مسکونی اثر مثبت دارد. با مقایسه چهار معادله جدول ۳، می‌توان گفت که علامت متغیرها از لحاظ نظری صحیح بوده و تنها تفاوت متغیرها، مربوط به شدت اثرگذاری آنها بر روی میزان اجاره‌بهای اماکن مسکونی است. در تمام برآوردهای صورت‌گرفته، آزمون نسبت راست‌نمایی بر روی همه متغیرهای

1. Socio-economic Characteristics

مستقل انجام شده و از نظر همگرایی^۱ هیچ مشکلی وجود نداشته است. همچنین، این آزمون به منظور سنجش فرضیه برای H_0 مقادیر استاندارد θ و λ ($\theta = \lambda = 0$ ، $\theta = \lambda = -1$ ، $\theta = \lambda = 1$) در مقابل فرضیه مخالف انجام گرفته و نتایج در جدول ۷ ضمایم آمده است.

۱۱. تحلیل نتایج بخش بندی بازار مسکن

در این پژوهش، مساحت زیربنای اماکن مسکونی، درآمد مستأجرین و میزان تحصیلات به عنوان سه متغیر مهم تأثیرگذار بر اجاره‌بهای منزل، پس از آلاینده‌های هوا شناسایی شده‌اند. برای آزمون فرض‌های مطرح در روش قیمت هدانیک که پیشتر به آنها اشاره شد، این متغیرها به‌عنوان شاخص‌های بخش بندی بازار به شکل زیر تعریف و وارد مدل شده‌اند:

۱. برآورد مدل با حذف منازل دارای مساحت زیر بنای بیش از ۷۰ متر مربع،

۲. برآورد مدل با حذف مشاهدات دارای درآمد بالای ۸۰۰۰۰۰۰ ریال،

۳. برآورد مدل با حذف مشاهدات دارای تحصیلات بالاتر از مقطع کاردانی.

با بخش بندی بازار مسکن، تعداد مشاهدات برای حالت‌های ۱، ۲ و ۳ از تعداد اولیه (۱۰۲۳ نمونه) به ترتیب به ۵۹۳، ۷۵۱ و ۵۸۰ کاهش یافته است. نتایج برآورد مدل (جدول ۴، ۵ و ۶ ضمایم) نشان می‌دهد که تعداد نمونه‌ها و ضرایب متغیرها با فرض‌های علمی روش هدانیک، مطابقت دارند. ضرایب متغیرهای آلاینده هوا در این معادلات نیز منفی بوده و نشان از تأثیرپذیری اجاره‌بهای خانه‌های مناطق مختلف شهر، از کیفیت هوا دارد. تفاوت در شدت اثرگذاری آلاینده‌های هوا در مقایسه با مقادیر همین متغیرها در جدول ۳، ناشی از اختلاف میزان آلاینده‌ها در مناطق مختلف کلان‌شهر تبریز است. با حذف منازل با مساحت زیربنای بالای ۷۰ متر مربع از مشاهدات، ضریب متغیر X_{10} (مساحت زیر بنا) در جدول ۴، افزایش یافته است. این تغییر، بیانگر بالابودن اجاره‌بها در منازل با مساحت زیربنای زیر ۷۰ متر مربع در مناطق با کیفیت هوای ناسالم^۲ است. به بیان دیگر، در این مناطق، بخشی از خسارت و هزینه‌های ناشی از آلودگی هوا از سوی مالکین به مستأجرین تحمیل می‌شود. افزایش ضریب متغیر X_{13} (نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر) در معادلات بخش بندی بازار مسکن نسبت به برآوردهای جدول ۴، بیانگر تأثیرپذیری اجاره‌بهای اماکن مسکونی از درآمد ماهانه خانوارهای مستأجر است. به بیان دیگر، در درآمدهای پایین درصد بیشتری از درآمد ماهانه خانوار، به اجاره خانه تخصیص یافته است.

1. Convergence

۲. تقسیم بندی بر اساس جدول شاخص هوا (در بخش ضمایم) انجام شده است.

علامت ضریب متغیر X_{14} (بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر) در معادلات، بیانگر تأثیر مثبت سطح تحصیلات خانوارهای مستأجر بر اجاره‌بهای اماکن مسکونی است. با پایین آمدن مقطع تحصیلی خانوارهای مستأجر از تأثیرات آن نیز کاسته می‌شود.

۱۲. تمایل نهایی به پرداخت یا تابع نهایی بهای ضمنی کیفیت هوا

بر اساس جدول ۱، مشتقات جزئی تابع هدانیک مسکن نسبت به هر مشخصه، قیمت حاشیه‌ای ضمنی آن مشخصه را به دست می‌دهد. این قیمت، مقدار پولی است که باید هر خانوار پرداخت کند تا به گروه با یک درجه بالاتر از همان مشخصه، صعود کند. بنابراین، تابع نهایی قیمت ضمنی کیفیت هوا برای یک آلاینده هوا نظیر X_i ، بر اساس فرم باکس-کاکس خطی به شرح زیر است:

$$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i X_i^{\lambda-1} P^{1-\theta} \quad (9)$$

یعنی افزایش هر واحد در میزان آلاینده X_i ، کاهش اجاره‌بها به میزان $\beta_i X_i^{\lambda-1} P^{1-\theta}$ واحد پولی را در برخواهد داشت. با در نظر گرفتن مبلغ ۱۷۵۰۰۰۰ ریال برای متوسط اجاره‌بها، تمایل نهایی به پرداخت (MWTP) برای هر یک از آلاینده‌های هوا به صورت زیر به دست می‌آید:

جدول ۲- تمایل نهایی به پرداخت آلاینده‌های هوا

آلاینده	β	λ	θ	حد مجاز	MWTP
PM ₁₀	۱/۱۵۸۴	۰/۴۸۲۶	۰/۱۱۰۲	۱۵۰	۳۱۱۱۷
CO	۰/۲۶۱۳	۰/۴۸۸۱	۰/۱۱۰۲	۹	۳۰۴۵۹
O ₃	۰/۹۵۴۱	۰/۴۸۳۱	۰/۱۱۰۲	۱۲۰	۲۸۸۳۵

۱. MWTP برای یک واحد کاهش در میزان مواد با ذرات ریز (PM_{10}) حدود ۳۱۱۱۷ ریال است.
۲. MWTP برای یک واحد کاهش در غلظت منوکسیدکربن موجود در هر متر مکعب هوا (CO) حدود ۳۰۴۵۹ ریال است.
۳. MWTP برای یک واحد کاهش در غلظت ازون موجود در سطح زمین (O_3) حدود ۲۸۸۳۵ ریال است.

این مبالغ برای مناطقی محاسبه شده که تنها یکی از آلاینده‌های هوا در آن منطقه از حد مجاز فراتر می‌رود. این محاسبه بر اساس فرضی که در ابتدای این بخش مطرح شد، صورت گرفته است. چون ممکن است در مناطقی از شهر، میزان هر سه آلاینده هوا، از حد مجاز بیشتر شود، لذا MWTP برای چنین مناطقی، از معادله ۷ جدول ۳ که هر سه متغیر آلاینده در آن وارد شده‌اند، به دست می‌آید که حدود ۹۳۰۲۵ ریال است.

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن

بر اساس رابطه ۹ در فرم باکس-کاکس خطی، میزان تمایل نهایی به پرداخت (برای مقادیر $0 < \theta, \lambda < 1$) با میزان اجاره‌بها رابطه مستقیم و با مقدار غلظت آلاینده‌های هوا رابطه معکوس دارد. لذا برای مناطق با کیفیت هوای پاک به لحاظ بالابودن اجاره‌بها و پایین بودن متوسط آلاینده‌های هوا، میزان تمایل نهایی به پرداخت بیشتر افزایش می‌یابد.

میزان تمایل نهایی به پرداخت در معادلاتی که با بخش‌بندی مناطق برآورد شده‌اند، با توجه به مقادیر β, θ, λ ، میزان متوسط اجاره‌بها و میزان متوسط غلظت آلاینده‌ها تعیین می‌شود. برای مناطق با کیفیت هوای ناسالم، با وجود اینکه ضرایب متغیرهای آلاینده هوا (β) افزایش یافته‌اند، ولی به لحاظ پایین بودن متوسط اجاره‌بها در مقایسه با مناطق با کیفیت هوای پاک، میزان تمایل نهایی به پرداخت ساکنان این مناطق کمتر است. بنابراین، می‌توان گفت که خانوارهای پردرآمد که در واحدهایی با وسعت و اجاره‌بهای بیشتر سکونت دارند، نسبت به خانوارهای کم درآمد ساکن واحدهای کوچک، دارای تمایل نهایی به پرداخت بیشتری هستند.

۱۳. خلاصه و نتیجه‌گیری

این پژوهش، تلاشی برای تعیین جایگاه ارزش هوای پاک از دیدگاه مردم تبریز و بررسی اهمیت کیفیت هوای محل زندگی از نظر ساکنان مختلف آن است. در این راستا این فرضیه که اگر افراد نسبت به کیفیت هوای محل زندگی خود دقیق باشند، کیفیت هوا (هوای پاک) باید یکی از مشخصه‌ها و امتیازات مهم محل سکونت باشد، مورد آزمون قرار دادیم. چون در متون اقتصادی، تحلیل ارزش‌داری هدائیکی می‌تواند به طور غیرمستقیم، ترجیحات افراد را درباره کیفیت هوا، از روی اجاره‌بهای که به اماکن مسکونی می‌پردازند، استخراج کند، فرم هدائیک باکس کاکس خطی را به دلیل ویژگی‌های گفته شده برای این منظور انتخاب کردیم. نتایج پژوهش نشان می‌دهد اجاره‌بهای مناطق با کیفیت هوای پاک بیشتر از مناطق با کیفیت هوای ناسالم است. همچنین، پایین بودن اجاره‌بها در مناطق با کیفیت هوای ناسالم نسبت به مناطق با کیفیت هوای پاک، بیانگر میزان خسارت و هزینه‌ای است که به صاحبان این اماکن وارد می‌شود، لذا با افزایش آگاهی عمومی، می‌توان انتظار داشت که آنان حاضر باشند برای کاستن از میزان این خسارت‌ها، قسمتی از هزینه اجرای سیاست‌های بهبود کیفیت هوا را بپردازند.

همچنین، نتایج برآورد نشان می‌دهد که از آلاینده‌های هوا، آلاینده PM_{10} رابطه منفی فوق‌العاده شدیدی با ارزش املاک دارد. از منابع انتشار این آلاینده، می‌توان به کمبود فضای سبز و پارک‌های جنگلی، عدم وجود پوشش گیاهی مناسب در کوه‌های مجاور شهر (از جمله کوه عون بن علی) اشاره کرد. تمامی این عوامل در تشدید غلظت ذرات معلق به هنگام وقوع طوفان و باد شدید مؤثرند.

نتیجه کاربردی پژوهش این مطلب را می‌رساند که منافع هر تلاشی که در کاهش آلودگی هوای تبریز صورت گیرد، بر هزینه‌های مالی آن برتری داشته و باعث افزایش رفاه شهروندان خواهد شد. بنابراین، دستیابی به هوای پاک، بدون استمرار تلاش‌های مؤثر برای کاهش آلودگی هوا به صورت یکنواخت و برنامه‌ریزی شده ممکن نیست. به یقین پژوهش‌های بعدی در این زمینه، مفید و ارزشمند خواهد بود.

منابع

ابونوری، اسمعیل و رضانی وکیل کندی، رسول. (۱۳۸۱). برآورد تابع تقاضای مسکن با استفاده از مدل هدائیک (مطالعه موردی شهرستان ساری). پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی، شماره چهارم.

حسن‌شاهی، مرتضی. (۱۳۸۱). تخمینی از خسارتهای اقتصادی آلودگی هوا در شهر شیراز. رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.

شاکری، مسعود. (۱۳۸۴). وضعیت آلودگی هوای کلانشهر تبریز در سال ۱۳۸۴. اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی.

صادقی، سید کمال. (۱۳۸۶). برآورد خسارتهای ناشی از آلودگی هوا (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز در سال ۱۳۸۴). رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.

Anselin, Luc. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Boston: Kluwer Academic.

Batalhone Sérgio. Et alli. (2002). Hedonic Price Model and Smell Consequences of Sewage Treatment Plants in Urban Areas, Universidade de Brasília.

Boules, T. , Gagne, R. and Lanoie, P. (1997). Living on a Noisy and Dusty Street: Iimplications for Environmental Evaluation. Montreal.

Boyle, M. A., and Kiel, K. A. (2001). A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities. *Journal of Real Estate Literature*, 9(2), pp.117-144.

Brachinger, H. Wolfgang. Staiscal Theory of Hedonic Price Indices. [Http://www.google.Working Paper](http://www.google.Working Paper)

Bransington, D. M. and Hite, D. (2004). Demand for Environmental Quality: a Spatial Hedonic Analysis. *Regional Science and Urban Economics*, article in press.

Cropper, M. L., Deck, L.B. and McConnell, K.E. (1988). On the choice of Functional Form for Hedonic Price Functions. *The Review of Economics and Statistics*, 70(4),pp.668-675.

Dubin, R. A. (1992). Spatial Autocorrelation and Neighborhood Quality. *Regional Science and Urban Economics*, 22(3),pp. 433-452.

Dubin, R. A. (1988). Estimation of Regression Coefficients in the Presence of Spatially Autocorrelated Error Terms. *Review of Economics and Statistics*, 70(3),pp. 466-474.

Freeman, A.Myrick.(2003).The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods, Resources For The Future. Washington, DC.

Geoghegan, J. , Wainger, L. A. and Bockstael, N. E. (1997). Spatial Landscape Indices in a Hedonic Framework: An Ecological Economics Analysis Using GIS., 23(3),pp. 251-264.

Greene, William H. (2000), *Econometric Analysis*, Prentice Hall International, London ,pp.444-453.

- Griliches, Z. (1971), Price Indexes and Quality Change. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Haab, T. C., and McConnell, K. E. (2002). Valuing Environmental and Natural Resources: The Econometrics of Non-market Valuation, pp.254-256.
- Kiel, K. and Williams, M. (2003). The Impact of Superfund sites on local Property Values: Are all Sites the Same? Working paper, College of the Holy Cross.
- Kiel, K.(2006). Environmental Contamination and House Values. College Of The Holy Cross , Department of Economics Faculty Research Series , Paper No. 06-01.
- Kim, C. W., Phipps, T. T., and Anselin, L.(2003). Measuring the Benefits of Air Quality Improvement: A Spatial Hedonic Approach. Journal of Environmental Economics and Management, 45(1), pp.24-39.
- Mitchell, R. Cameron and Carson Richard T. (1989). Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Moaz A. A. (2005). Hedonic Valuation of Marginal Willingness to Pay for Air Quality in Metropolitan Damascus, Forum of International Development Studies, 30.
- Murdoch, J. C. and Thayer, M. J. (1988). Hedonic Price Estimation of Variable Urban Air Quality , Journal of Environmental Economics and Management 15(2), pp.143-46.
- Murty, M. N. , Gulati, S. C. and Banerjee, A. (2003). Hedonic Property Prices and Valuation of Benefits from Reducing Urban Air Pollution in India, Working paper No. E 237/2003, Institute of Economic Growth, Delhi.
- Murty, M. N. , Gulati, S. C. and Banerjee, A. (2004). Measuring Benefits from Reduced Air Pollution in Cities of Delhi and Kolkata in India Using Hedonic Property Prices Model.
- Pearce, D., Whittington, D, Georgiou, S., and Moran, D. (1995), Economic Values and the Environment in the Developing World , A Report to the United Nations Environment Program, UNEP.
- Rosen, S.(1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, Journal of Political Economy, 82(1): pp.34 55.
- Shihomi Ara, B.A., M.A.(2007). The Influence Of Water Quality On The Demand For Residential Development Around Lake Erie.
- Smith, V. K. and Huang, J. (1995). Can Markets Value Air Quality? A Meta-analysis of Hedonic Property Value Models. Journal of Political Economy, 103(1), 209-227.
- UNEP(The United Nations Environment Programme) and WHO (World Health Organization)(1992), WRI, et al. 1998.
- World Bank (2004). *World Development Indicators*.
- Zabel, J. and Kiel, K. (2000). *Estimating the Demand for Air Quality in Four Cities in the United States, Land Economics*, 78, pp.174 – 194.

ضمائم:

جدول ۳. ضرایب معادله رگرسیون باکس-کاکس خطی اجاره‌بهای اماکن مسکونی کلان‌شهر تبریز (۱۰۲۳=تعداد نمونه‌ها)

متغیرها (علامت موردانتظار)		ضرایب متغیرها			
		معادله ۱	معادله ۲	معادله ۳	معادله ۴
مشخصه‌های زیست محیطی	PM ₁₀ : مواد با ذرات ریز شامل غبار، دود و ...	۱/۱۵۸۴			-۱/۲۹۴۱
	CO: میزان منوکسید کربن		-۰/۲۶۱۳		-۰/۲۷۰۲
	O ₃ : ازون موجود در سطح زمین			۰/۹۵۴۱-	-۰/۸۱۷۸
مشخصه‌های محلی	X ₁ : مجاورت با کارخانه آلاینده هوا	۰/۰۲۶۳	-۰/۰۲۶۹	-۰/۰۳۵۲	-۰/۰۲۱۸
	X ₂ : دسترسی به تفرجگاه	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۰۵	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۳۴
	X ₃ : دسترسی به مراکز تجاری	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۵۱	-۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۱۴
	X ₄ : دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی	۰/۰۳۷۹	۰/۰۲۸۰	۰/۰۴۸۸	۰/۰۱۰۱
	X ₅ : منظره دید منزل	۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۲۹	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۳
	X ₆ : امنیت محل یا مکان منزل	۰/۰۳۶۴	۰/۰۳۷۱	۰/۰۲۶۷	۰/۰۱۵۷
	X ₇ : وجود کارگاه‌های تولیدی کوچک در محل	۰/۰۳۱۱	-۰/۰۲۲۲	-۰/۰۱۷۹	-۰/۰۳۳۴
مشخصه‌های ساختاری یا فیزیکی	X ₈ : تعداد اتاق‌های مسکونی منزل	۰/۰۲۴۴	۰/۰۲۵۲	۰/۰۰۹۴	۰/۰۰۵۴
	X ₉ : پلان ساختمان	۰/۰۲۲۸	-۰/۰۱۱۸	-۰/۰۱۷۰	-۰/۰۰۴۳
	X ₁₀ : مساحت زیربنای منزل	۰/۰۳۲۱	۰/۰۴۹۳	۰/۰۴۶۱	۰/۰۲۲۰
	X ₁₁ : کیفیت مصالح بکار برده شده در ساخت منزل	۰/۰۱۸۷	۰/۰۲۲۲	۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۹۲
	X ₁₂ : داشتن پارکینگ	۰/۰۳۶۱	۰/۰۱۴۷	۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۷۹
مشخصه‌های اقتصادی-اجتماعی	X ₁₃ : نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر (+)	۰/۰۸۰۷ (۱۰/۲۹)	۰/۰۵۳۵ (۷/۱۸)	۰/۰۲۷۵ (۳/۶۰)	۰/۰۳۵۵ (۶/۶۷)
	X ₁₄ : بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر (+)	۰/۰۵۹۳ (۸/۵۲)	۰/۰۴۲۹ (۵/۵۷)	۰/۰۲۷۳ (۳/۱۹)	۰/۰۳۵۷ (۳/۵۱)
عرض از مبدأ		۱/۰۲۳۴	۱۷/۳۷۸۷	۶/۲۷۱	۶۵/۶۰۴
R ²		۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۷۱
Theta (θ)		۰/۱۱۰۲			
Lambda (λ)		۰/۴۸۲۶	۰/۴۸۸۱	۰/۴۸۳۱	۰/۴۸۹۴
Log Likelihood		۱/۰۲۳	۹۵۸/۰۷۷	۱/۵۲۲	۱/۳۱۰
LR chi-squared		۱/۰۸۵	۱/۱۹۳	۱/۰۸۴	۱/۶۵۳

ضرایب در سطح کمتر از ۰/۱۰ معنادار هستند.

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن

جدول ۴. ضرایب معادله رگرسیون باکس-کاکس خطی اجاره‌بهای اماکن مسکونی
با حذف منازل دارای مساحت زیر بنای بیش از ۷۰ متر مربع (۵۹۳ = تعداد نمونه‌ها)

متغیرها (علامت موردانتظار)	ضرایب متغیرها				
	معادله ۱	معادله ۲	معادله ۳	معادله ۴	
مشخصه‌های زیست محیطی	PM ₁₀ : مواد با ذرات ریز شامل غبار، دود و ...	۱/۱۷۸۳			-۱/۳۰۹۲
	CO: میزان منوکسید کربن		-۰/۲۷۲۱		-۰/۲۷۰۹
	O ₃ : ازون موجود در سطح زمین			-۰/۹۶۳۶	-۰/۸۲۱۱
مشخصه‌های محلی	X ₁ : مجاورت با کارخانه آلاینده هوا	۰/۰۳۴۴	-۰/۰۲۸۳	-۰/۰۳۹۷	-۰/۰۲۰۲
	X ₂ : دسترسی به تفرجگاه	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۲۰
	X ₃ : دسترسی به مراکز تجاری	۰/۰۲۴۴	۰/۰۱۵۸	-۰/۰۱۶۰	۰/۰۱۱۸
	X ₄ : دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی	۰/۰۳۶۷	۰/۰۲۵۵	۰/۰۵۱۴	۰/۰۰۸۶
	X ₅ : منظره دید منزل	۰/۰۲۰۵	۰/۰۲۱۵	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۶
	X ₆ : امنیت محل یا مکان منزل	۰/۰۳۱۴	۰/۰۳۹۲	۰/۰۲۵۹	۰/۰۱۵۵
	X ₇ : وجود کارگاه‌های تولیدی کوچک در محل	۰/۰۳۶۱	-۰/۰۲۴۸	-۰/۰۱۷۶	-۰/۰۳۱۵
مشخصه‌های ساختمانی یا فیزیکی	X ₈ : تعداد اتاق های مسکونی منزل	۰/۰۲۶۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۱۳۰	۰/۰۰۷۶
	X ₉ : پلان ساختمان	۰/۰۲۲۶	-۰/۰۰۸۸	-۰/۰۱۹۳	-۰/۰۰۴۵
	X ₁₀ : مساحت زیربنای منزل	۰/۰۳۶۶	۰/۰۴۹۸	۰/۰۵۱۳	۰/۰۲۳۰
	X ₁₁ : کیفیت مصالح بکار برده شده در ساخت منزل	۰/۰۲۰۹	۰/۰۲۱۰	۰/۰۲۲۴	۰/۰۱۱۲
	X ₁₂ : داشتن پارکینگ	۰/۰۲۷۱	۰/۰۱۴۴	۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۶۹
مشخصه‌های اقتصادی- اجتماعی	X ₁₃ : نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر (+)	۰/۰۸۱۵ (۸/۱۱)	۰/۰۵۵۲ (۶/۰۴)	۰/۰۲۹۳ (۳/۱۰)	۰/۰۴۰۴ (۵/۹۳)
	X ₁₄ : بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر (+)	۰/۰۵۹۸ (۶/۴۵)	۰/۰۴۱۴ (۴/۱۱)	۰/۰۲۶۴ (۲/۴۳)	۰/۰۳۱۲ (۲/۳۱)
عرض از مبدأ		۱/۴۹۳۹	۱۶/۴۳	۶/۹۷	۶۶/۴۳
R ²		۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۸
Lambda (λ)		۰/۴۸۰۶	۰/۴۸۶۸	۰/۴۸۱۳	۰/۴۸۷۱
Log Likelihood		۱/۲۸۹	۵۸۲/۴۷۴	۶۶۶/۵۸۹	۹۱۱/۰۷۷
LR chi-squared		۱/۴۵۴	۱۸۲۴	۱۰۵۴	۱۰۳۰

ضرایب در سطح کمتر از ۰/۱۰ معنادار هستند.

جدول ۵- ضرایب معادله رگرسیون باکس- کاکس خطی اجاره‌بهای اماکن مسکونی با حذف مشاهدات دارای درآمد بالای ۸۰۰۰۰۰۰ ریال (تعداد نمونه‌ها)

متغیرها	ضرایب متغیرها				
	معادله ۱	معادله ۲	معادله ۳	معادله ۴	
مشخصه‌های زیست محیطی	(علامت مورد انتظار)				
	PM ₁₀ : مواد با ذرات ریز شامل غبار، دود و ...	۱/۱۵۹۷			-۱/۲۹۵۵
	CO: میزان منوکسید کربن		-۰/۲۶۳۳		-۰/۲۷۵۲
	O ₃ : ازون موجود در سطح زمین			-۰/۹۶۴۱	-۰/۸۲۰۹
مشخصه‌های محلی	X ₁ : مجاورت با کارخانه آلاینده هوا	۰/۰۲۴۵	-۰/۰۲۷۱	-۰/۰۳۱۵	-۰/۰۱۸۶
	X ₂ : دسترسی به تفرجگاه	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۱۶
	X ₃ : دسترسی به مراکز تجاری	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۳۶	-۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۴۴
	X ₄ : دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی	۰/۰۳۷۸	۰/۰۲۸۸	۰/۰۴۴۵	۰/۰۰۹۸
	X ₅ : منظره دید منزل	۰/۰۲۳۹	۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۶۵
	X ₆ : امنیت محل یا مکان منزل	۰/۰۳۴۹	۰/۰۳۵۱	۰/۰۲۶۲	۰/۰۱۵۶
	X ₇ : وجود کارگاه‌های تولیدی کوچک در محل	۰/۰۳۱۲	-۰/۰۲۱۵	-۰/۰۱۸۵	-۰/۰۳۱۴
مشخصه‌های ساختمانی یا فیزیکی	X ₈ : تعداد اتاق های مسکونی منزل	۰/۰۲۵۷	۰/۰۲۶۵	۰/۰۱۰۱	۰/۰۰۷۰
	X ₉ : پلان ساختمان	۰/۰۲۱۰	-۰/۰۱۱۹	-۰/۰۱۷۵	-۰/۰۰۶۰
	X ₁₀ : مساحت زیربنای منزل	۰/۰۲۹۴	۰/۰۴۹۳	۰/۰۴۵۷	۰/۰۲۱۹
	X ₁₁ : کیفیت مصالح بکار برده شده در ساخت منزل	۰/۰۱۸۰	۰/۰۲۴۱	۰/۰۱۹۹	۰/۰۰۷۹
	X ₁₂ : داشتن پارکینگ	۰/۰۳۵۸	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۶۹
مشخصه‌های اجتماعی	X ₁₃ : نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر (+)	۰/۰۸۰۵	۰/۰۵۵۶	۰/۰۲۸۵	۰/۰۳۷۴
	X ₁₄ : بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر (+)	۰/۰۶۰۱	۰/۰۴۴۶	۰/۰۲۷۵	۰/۰۳۴۹
	عرض از مبدأ	۲۳/۰۵	۱۷/۵۲	۶/۲۵	۶۵/۲۳
	R ²	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۰
	Lambda (λ)	۰/۴۸۱۲	۰/۴۸۷۶	۰/۴۸۱۶	۰/۴۸۶۹
	Log Likelihood	۱/۴۰۰	۷۰۴/۷۹۷	۸۰۷/۲۷۵	۱/۷۸۶
	LR chi-squared	۰/۰۹	۱۸۰۲	۱/۷۶۰	۱/۷۸۲

ضرایب در سطح کمتر از ۰/۱۰ معنادار هستند.

تأثیر آلودگی هوا بر ارزش مسکن

جدول - ۶. ضرایب معادله رگرسیون باکس - کاکس خطی اجاره‌بهای اماکن مسکونی با حذف مشاهدات دارای تحصیلات بالاتر از مقطع کاردانی (۵۸۰ = تعداد نمونه‌ها)

متغیرها (علامت موردانتظار)	ضرایب متغیرها				
	معادله ۱	معادله ۲	معادله ۳	معادله ۴	
مشخصه‌های زیست محیطی	PM ₁₀ : مواد با ذرات ریز شامل غبار، دود و ...	۱/۱۶۸۰			-۱/۲۸۷۷
	CO: میزان منوکسید کربن		-۰/۲۶۶۶		-۰/۲۷۲۸
	O ₃ : اوزون موجود در سطح زمین			-۰/۹۲۱۹	-۰/۷۹۸۳
مشخصه‌های محلی	X ₁ : مجاورت با کارخانه آلاینده هوا	۰/۰۲۳۶	-۰/۰۲۸۶	-۰/۰۳۴۰	-۰/۰۱۹۲
	X ₂ : دسترسی به تفرجگاه	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۲۲
	X ₃ : دسترسی به مراکز تجاری	۰/۰۲۱۱	۰/۰۱۹۷	-۰/۰۱۴۳	۰/۰۱۱۱
	X ₄ : دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی	۰/۰۴۰۸	۰/۰۳۱۶	۰/۰۴۵۸	۰/۰۰۷۸
	X ₅ : منظره دید منزل	۰/۰۲۴۶	۰/۰۲۴۴	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۵
	X ₆ : امنیت محل یا مکان منزل	۰/۰۳۲۱	۰/۰۳۷۳	۰/۰۳۰۷	۰/۰۱۳۳
	X ₇ : وجود کارگاههای تولیدی کوچک در محل	۰/۰۳۵۱	-۰/۰۲۳۱	-۰/۰۱۷۱	-۰/۰۳۲۷
مشخصه‌های ساختاری یا فیزیکی	X ₈ : تعداد اتاق های مسکونی منزل	۰/۰۲۷۶	۰/۰۱۹۳	۰/۰۱۱۶	۰/۰۰۶۵
	X ₉ : پلان ساختمان	۰/۰۲۳۲	-۰/۰۱۱۶	-۰/۰۲۰۳	-۰/۰۰۵۹
	X ₁₀ : مساحت زیربنای منزل	۰/۰۲۸۸	۰/۰۴۸۹	۰/۰۴۷۳	۰/۰۲۰۴
	X ₁₁ : کیفیت مصالح بکار برده شده در ساخت منزل	۰/۰۱۸۵	۰/۰۲۳۱	۰/۰۲۴۷	۰/۰۰۸۷
	X ₁₂ : داشتن پارکینگ	۰/۰۲۶۶	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۱۵	۰/۰۰۵۶
مشخصه‌های اقتصادی - اجتماعی	X ₁₃ : نسبت اجاره‌بها به درآمد ماهانه خانوار مستأجر (+)	۰/۰۸۰۳ (۷/۷۹)	۰/۰۵۰۹ (۵/۵۴)	۰/۰۳۰۶ (۳/۱۶)	۰/۰۴۰۵ (۵/۷۳)
	X ₁₄ : بالاترین سطح تحصیلات خانوار مستأجر (+)	۰/۰۶۰۱ (۶/۳۳)	۰/۰۴۳۷ (۴/۳۲)	۰/۰۲۷۷ (۳/۳۹)	۰/۰۳۴۷ (۲/۵۰)
عرض از مبدأ		۲۴/۳۴	۱۷/۲۶	۷/۸۱	۶۵/۸۱
R ²		۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۹
Lambda (λ)		۰/۴۸۱۱	۰/۴۸۵۱	۰/۴۸۱۰	۰/۴۸۶۱
Log Likelihood		۱/۶۱	۵۴۵/۱۵۱	۶۲۵/۸۹۱	۸۴۳/۹۵۲
LR chi-squared		۱/۲۷۵	۱/۲۵۴	۱/۳۳۴	۱/۸۵۵

ضرایب در سطح کمتر از ۰/۱۰ معنادار هستند.

جدول - ۷. آزمون نسبت راست‌نمایی (Likelihood ratio test)

آزمون H_0	log Likelihood با	chi-squared آماره
$\theta = -1$	-۱۲۴۶۵.۳۰۵	*۱۱۵۱.۱۶
$\theta = 0$	-۱۰۲۵۴.۱۰۵	*۳۴۸.۲۲
$\theta = 1$	-۱۴۳۵۶.۰۰۷	*۵۰۵۱.۲۶

* در سطح کمتر از ۰/۱۰ معنادار هستند.

جدول - ۸. شاخص آلودگی هوا

PSI	concentration				
	CO (ppm)	O ₃ (ppb)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	PM ₁₀ (micro gr/m ³)
	8 HOURS	1 HOUR	1 HOUR	24 HOURS	24 HOURS
0	0	0	0	0	0
50	4.5	60	150	30	75
100	9	120	300	140	150
200	15	200	600	300	375
300	30	400	1200	600	625
400	40	500	1600	800	875
500	50	600	2000	1000	1000

مأخذ: اداره کل حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی.

جدول شاخص هوا معیاری برای گزارش روزانه آلودگی هوا براساس سطوح پاک، سالم، ناسالم، خیلی ناسالم و خطرناک که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) تدوین شده است.

PSI	وضعیت
۰-۵۰	پاک
۵۰-۱۰۰	سالم
۱۰۰-۲۰۰	ناسالم
۲۰۰-۳۰۰	بسیار ناسالم
>۳۰۰	خطرناک