



11 MAY 2017

Shiraz, Iran

## مقایسه‌ی آلودگی هوای شرق و غرب شهر تهران با استفاده از یک روش آماری جدید

مسعود گنجی<sup>۱</sup>، اکبر آبروش<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه محقق اردبیلی، mganji@uma.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشگاه محقق اردبیلی، akbar.abravesht@uma.ac.ir

### چکیده

در این مقاله با یک روش آماری جدید و با استفاده از روش‌های آمار بیزی میزان آلودگی هوای شرق (منطقه ۴) و غرب (منطقه ۲۲) شهر تهران بر حسب شاخص آلودگی هوا<sup>۱</sup> با هم مقایسه می‌شوند. ابتدا داده‌های شاخص آلودگی هوا مربوط به این دو منطقه با یک توزیع آماری مناسب مدل‌بندی شده و سپس احتمال اینکه غرب تهران آلودگی هوای بیشتری از شرق تهران داشته باشد، با استفاده از یک روش بیزی بدست می‌آید. هم‌چنین، یک بازه‌ی باورمند بیزی نیز برای این احتمال بدست می‌آید.

### واژه‌های کلیدی

بازه‌های باورمند بیزی؛ توزیع آماری؛ روش بیزی؛ شاخص آلودگی هوا.

### مقدمه

آلودگی هوا یک مسأله محیطی جهانی است که تأثیر زیادی بر سلامتی شهروندان دارد. بنابر مطالعاتی که در این زمینه انجام گرفته، قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آلودگی هوا، سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. استنشاق ذرات آلوده معلق در هوا ابتدا به سرطان ریه و بیماری‌های قلبی عروقی را افزایش می‌دهد [۷]. هم‌چنین، در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که آلودگی هوا رابطه‌ی مستقیمی با مرگ و میر ناشی از سرطان ریه و بیماری‌های قلبی دارد [۱].

میزان آلودگی هوا توسط یک شاخص استاندارد تعریف می‌شود. این شاخص که به شاخص آلودگی هوا معروف است برای بیان سطح خطر سلامتی مرتبط با ذرات و گازهای آلوده‌ی هوا بکار می‌رود [۴]. در حالت کلی شاخص آلودگی هوا بر اساس ترکیبی از چند زیرشاخص آلوده کننده‌ی مونوکسید کربن<sup>۲</sup>، دی اکسید گوگرد<sup>۳</sup>، دی اکسید نیتروژن<sup>۴</sup>، ازن<sup>۵</sup> و ذرات معلق<sup>۶</sup> است. چنین شاخصی برای توصیف شرایط هوا در مراکز شهری بزرگ مناسب است [۵].

شهر تهران، پایتخت ایران و پر جمعیت‌ترین شهر ایران است. در مطالعاتی که در سال‌های اخیر پیرامون آلودگی هوای این شهر انجام گرفته است، این شهر از لحاظ آلودگی هوا از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۲ انجام شد، میانگین سالانه‌ی زیرشاخص‌های ذرات معلق و دی اکسید نیتروژن در تهران به ترتیب ۴.۵ و ۲.۱ برابر مقدار جهانی بود. [۶]. اگر از یک دید آماری به مسأله آلودگی هوای شهر تهران توجه شود، به نظر می‌رسد آلودگی هوا بین مناطق مختلف شهر تهران با هم متفاوت باشد. بدین منظور، در این مقاله آلودگی هوای منطقه ۴ (شرق تهران) با منطقه ۲۲ (غرب تهران) مقایسه می‌شود. منطقه ۴ (شرق تهران) پر جمعیت‌ترین منطقه تهران است. جمعیت این منطقه طبق سرشماری سال ۱۳۹۰، که توسط مرکز آمار ایران انجام شد، برابر ۸۶۱۲۸۰ نفر است. این دو منطقه از لحاظ مساحت نیز جزو بزرگترین مناطق تهران به شمار می‌روند. لذا بررسی میزان آلودگی هوای این دو منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شاید تنها پاسخ به این سوال که آیا آلودگی هوای این دو منطقه با هم متفاوت است یا نه، کافی نباشد. بنابراین در تحقیق حاضر، علاوه بر پاسخ به سوال بالا، با یک روش آماری جدید، احتمال اینکه غرب تهران آلوده‌تر از شرق تهران باشد بدست می‌آید. مقدار این احتمال می‌تواند به عنوان یک معیار برای نسبت اعمال برخی محدودیت‌ها (محدودیت‌های ترافیکی و محیط زیستی) و تخصیص بودجه‌های مربوط به مشکلات ناشی از آلودگی هوا (ایجاد فضاهای سبز، درختکاری و احداث بیمارستان‌های تخصصی مربوط به مشکلات آلودگی هوا)، بدیهی است که حضور و زندگی در منطقه‌ی آلوده‌تر به نسبت این مقدار احتمال، شانس بروز مشکلات ناشی از آلودگی هوا را افزایش می‌دهد. در بخش بعد این روش آماری به طور کامل توضیح داده شده و مزایای آن نسبت به روش‌های آماری دیگر بیان می‌شود.

### داده و روش آماری

فرض کنید  $X$  و  $Y$  متغیرهای تصادفی باشند که به ترتیب مقادیر شاخص آلودگی هوا را برای منطقه ۴ (شرق تهران) و منطقه ۲۲ (غرب تهران) نشان دهند. برای زوج  $(X, Y)$  هر سه حالت  $X < Y$ ،  $X = Y$  و  $X > Y$  می‌تواند رخ دهد. بنابراین  $R = P(Y > X)$  برابر احتمال اینکه غرب تهران آلودگی هوای بیشتری نسبت به شرق

<sup>1</sup> Air Quality Index (AQI)

<sup>2</sup> CO

<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>

<sup>4</sup> NO<sub>2</sub>

<sup>5</sup> O<sub>3</sub>

<sup>6</sup> PM