

## بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت هوا در راستای مدیریت بحران آلودگی هوای شهر اصفهان

محمد رضا محبوب فر - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

محمد حسین رامشت\* - استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

حجت الله یزدان پناه - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

مه‌ری اذانی - استادیار گروه جغرافیای شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، نجف آباد، ایران

### چکیده

میانگین شاخص کیفی هوای شهر اصفهان در ماه آبان برابر ۱۶۷ با وضعیت هوای آلوده و ناسالم برای عموم بوده است. با افزایش غلظت آلاینده‌ها در همین ماه و ماه‌های آذر و دی و با بروز و ظهور پدیده وارونگی هوا، هوای اصفهان بسیار ناسالم‌تر شد و میزان آلاینده‌های این شهر از مرز هشدار گذشت و به حالت کشنده رسید. ۷۰ درصد آلاینده‌های این کلانشهر را وسایل نقلیه موتوری و ۳۰ درصد دیگر را صنایع تولید می‌کنند. مسئله اصلی در این تحقیق این است که چگونه با تمسک به اقدامات مدیریت هوا می‌توان شرایطی فراهم کرد که آلودگی هوا به مرز بحران نرسد؟ براساس نتایج این پژوهش، اصفهان به طور متوسط در سال ۱۲ روز دارای آلودگی بحرانی جوی است که از حد آستانه می‌گذرد. از این ۱۲ روز، ۴ روز در آبان، ۶ روز در آذر و ۲ روز در دی ماه گزارش گردیده است. روند افزایشی آلودگی هوا نیز از غرب به هسته مرکزی شهر و سپس به سوی شرق اصفهان است. در ماه آبان و آذر با کنترل ترافیک و در دی ماه با کنترل آلوده کننده‌های صنعتی می‌توان از عبور شاخص کیفیت از حد مجاز جلوگیری کرد.

واژگان کلیدی: شاخص کیفیت هوا، آلودگی هوا، مدیریت بحران، اصفهان.

### Investigating the Process of Changes in the Air Quality Index in order to Manage the Air Pollution Crisis in the City of Isfahan

#### Abstract

Poor air quality has a lot of damage on the environment and humans. Awareness of the air quality situation reduces health effects of air pollution. Isfahan, one of the most populous cities in Iran, is facing air pollution due to motor vehicle emissions and industries. Therefore, this study aimed to evaluate the variations in Air Quality Index (AQI) during the year 2016 and its spatial zoning with Surfer. This study was performed with the aim of the comparative investigation of Air Quality Index in critical days in major city Isfahan. This study was a descriptive-analytic one. First, the required data of five criteria pollutants were taken from Department of Environment in Isfahan. The air quality index was measured based on the instructions and classified into Good, Average, Unhealthy for sensitive groups, Unhealthy, So unhealthy and Dangerous degrees according to the air quality standard tables. Based on the results, the air quality of Isfahan was found to be critical in 12 days of the year. According to the zoning maps, AQI values were found to be in critical conditions in the core towards east of Isfahan. Other results of this research indicate that urban management can be used to reduce the traffic of vehicles and reduce the activity of polluting industries in relation to reducing air pollution in Isfahan.

**Keywords:** Air pollution, AQI, Crisis Management, Isfahan.

## مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهمترین مشکلات جهان امروز به شمار می‌رود به طوری که اکثر شهرهای بزرگ جهان، کم و بیش با این پدیده مواجه هستند. بسیاری از روزهای سال، اصفهان دچار بحران آلودگی هوا است. البته آلودگی هوا در مناطق شهری در اکثر شهرهای دنیا وجود دارد و از آن به عنوان یک مشکل نام برده می‌شود ولی کمتر شهرهایی هستند که در آنها این مشکل تبدیل به یک بحران شود. بحران اصولاً به حالتی اطلاق می‌شود که یک مشکل به اندازه‌ای بزرگ می‌شود که انجام امور روزمره را مختل می‌سازد و سازمان‌هایی که بطور معمول مسئولیت مقابله با آن را دارند به تنهایی از عهده حل آن بر نمی‌آیند. وضعیت آلودگی هوای اصفهان اکنون بر مبنای همین تعریف ساده «وضعیتی بحرانی» پیدا نموده است.

بر اساس آمارهای مرکز پایش آلودگی اصفهان، میانگین شاخص کیفی هوای شهر اصفهان طی دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۸۰ و در ماه آبان برابر ۱۶۷ با وضعیت هوای آلوده و ناسالم برای عموم بوده است. با افزایش غلظت آلاینده‌ها در همین ماه و ماه‌های آذر و دی و با بروز و ظهور پدیده‌ی وارونگی هوا، هوای اصفهان بسیار ناسالم‌تر شد و میزان آلاینده‌های این شهر از مرز هشدار گذشت و به حالت کشنده رسید. بر اساس مستندات موجود، ۷۰ درصد آلاینده‌های این کلانشهر را وسایل نقلیه موتوری همچون خودروها و ۳۰ درصد دیگر را صنایع و واحدهای تجاری و خانگی تولید می‌کنند (اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، ۱۳۹۵).

اکنون اگر بتوان پذیرفت که آلودگی هوا در اصفهان یکی از مخاطرات شهری است که می‌تواند بحران‌زا باشد، لازم است مدیریت آن در چارچوب‌های پذیرفته شده مدیریت بحران انجام گیرد. در این چهارچوب، مدیریت بحران فقط منحصر به مقابله با بحران هنگام وقوع نبوده، بلکه تدابیر آمادگی و پیشگیری نیز به آن افزوده می‌شود. موضوع آلودگی هوای اصفهان موضوعی نیست که به آن پرداخته نشده باشد، ولی نحوه مدیریت این بحران در یک دوره زمانی پرخطر از سال موضوع این پژوهش است. این تحقیق به بررسی آستانه بحران آلودگی هوا در شهر اصفهان می‌پردازد و قصد دارد با ارائه راه حلی آستانه آلودگی هوا را به نحوی که به مرز بحران نرسد کنترل نماید. مسئله اصلی در این تحقیق این است که آیا امکان مدیریت آلودگی هوای اصفهان به نحوی که بتوان از بحران‌زا بودن آن جلوگیری کرد وجود دارد یا خیر؟ و چگونه با تمسک به اقدامات مدیریت هوا می‌توان شرایطی فراهم کرد که آلودگی هوا به مرز بحران نرسد؟ به عبارت دیگر، بحرانی شدن غلظت

آلودگی هوا مسئله اصلی این پژوهش است. این تحقیق به بررسی آستانه بحران آلودگی هوا در شهر اصفهان می‌پردازد و قصد دارد با ارائه راه حلی آستانه آلودگی هوا را به نحوی که به مرز بحران نرسد کنترل نماید.

## پیشینه تحقیق

آلاینده‌ها عناصری هستند که وجود آنها در جو در شرایط و مقادیر معین سبب صدمه به انسان، حیوان، نبات و حیات میکروبی است. آلاینده‌های شیمیایی در لایه تروپوسفر همراه با آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های بشری، نسبت ترکیبات هوا را تغییر داده و روی هوای محلی، منطقه‌ای و اقلیم جهانی تأثیر می‌گذارند. در شهرها آلاینده‌های متعددی تولید می‌شود که مجموع آنها مه دود شهری را تشکیل می‌دهند و همان ابر تیره رنگی است که اغلب صبح‌ها بر فراز کلان شهرها مشاهده می‌شود. عمده‌ترین آلاینده‌های تشکیل دهنده مه دود شهری عبارتند از: منواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ازن و غبار. در تشکیل مه دود، عناصر آب و هوایی مثل تابش، دما، رطوبت، پایداری جو، وارونگی دما، سمت و سرعت باد مؤثرند. اگر هوا پایدار بوده و ارتفاع لایه وارونگی دما پائین باشد آلاینده‌ها متراکم شده و غلظت آلودگی بالا می‌رود. اگر جو، ناپایدار باشد و باد بوزد، مواد زاید از جو شهری خارج شده و پس از صعود به سمت لایه‌های بالاتر، با هوای آن لایه‌ها مخلوط شده و رقیق می‌گردند (بوتکین و کلر، ۱۳۷۱، صص ۱۱۷-۱۱۱).

منابع عمده آلودگی هوا عبارتند از: منابع طبیعی و منابع مصنوعی و لیکن تقسیم بندی آنها ممکن است بر اساس ترکیب و حالت ماده، متفاوت باشد. اما با توجه به توسعه و پیشرفت صنایع و تکنولوژی، توسعه شهرها، ازدیاد جمعیت و افزایش وسایل نقلیه موتوری، سهم آلاینده‌های مصنوعی که به محیط زیست رها می‌شوند، به مراتب بیشتر از منابع طبیعی می‌باشد. طوفان‌ها و گرد و غبار، فعالیت آتشفشانی، دود و خاکستر آتش سوزی‌های جنگلی، شهاب‌های آسمانی، چشمه‌های آبگرم معدنی، منابع گیاهی و حیوانی به عنوان منابع طبیعی آلودگی هوا محسوب می‌شوند. منابع مصنوعی که به دست بشر به وجود آمده و مورد استفاده روزمره می‌باشد، شامل: وسایل نقلیه، صنایع، منابع تجاری و خانگی می‌باشد. وسایل نقلیه موتوری مشکلی اساسی هستند که دی اکسید نیتروژن که مهمترین آلوده کننده هوا است را تولید می‌کنند. سایر منابع مصنوعی آلوده کننده هوا عبارت اند از: زغال سنگ، کوره‌ها، آلودگی‌های ناشی از سوزاندن بقایای کشاورزی و... (گلکار و

فرهمنده، ۱۳۸۹، صص ۵۳-۵۱).

آلاینده‌های خروجی از منابع طبیعی و مصنوعی می‌تواند شامل موارد ذیل باشد:

۱. منواکسیدکربن(CO): این گاز از وسایل نقلیه موتوری، احتراق ناقص سوخت در مراکز تجاری و خانگی، سوزاندن زباله‌ها در محیط، آتش سوزی جنگل‌ها و صنایعی نظیر: ریخته‌گریها، مراکز تولید برق، کوره‌های ذوب فلزات و غیره وارد اتمسفر می‌شوند.

۲. اکسیدهای ازت(Nox): از وسایل نقلیه موتوری، مراکز تولید نیرو، سوزاندن گاز طبیعی، کوره‌های نفت سوز، تخلیه الکتریکی در جو، فرایندهای بیولوژیکی توسط باکتری‌ها و کارخانجات تولید مواد شیمیایی مانند اسید نیتریک، به فضا منتشر می‌گردد.

۳. انیدرید سولفورو(SO<sub>2</sub>): از طریق آتشفشان‌ها، احتراق، سوخت‌های فسیلی برای گرمایش، صنایع نفت، مراکز تولید نیرو، ذوب سنگهای معدنی گوگردار، کارخانجات تولید اسید سولفوریک وارد اتمسفر می‌شود.

۴. هیدروژن سولفورو(SH<sub>2</sub>): از طریق آتشفشان‌ها، تجزیه بی‌هوازی مواد آلی در باتلاق‌ها، دریاها، اقیانوس‌ها و صنایعی نظیر: کاغذ سازی، پالایش نفت و گاز، ایجاد آلودگی می‌نماید.

۵. هیدروکربنها(HC): از طریق تبخیر فرآورده‌های نفتی و حلال‌های آلی صنعتی، سوختن چوب، مراحل تهیه کک، احتراق زغال سنگ و فرآورده‌های نفتی، مراحل تقطیر و پالایش نفت، مخزن سوخت، کاربراتور، آگزوز ماشین‌ها و همچنین از صنایعی نظیر: رنگ کاری و لعاب کاری ممکن است وارد اتمسفر گردند.

۶. اکسید کننده‌های فتوشیمیایی: روزانه مقدار زیادی هیدروکربن و به مقدار کمتر، ولی پراهمیت تر، اکسیدهای ازت وارد هوا می‌شوند که در اثر تابش نور خورشید وارد زنجیره طولانی واکنش‌های شیمیایی می‌شوند که حاصل آن تولید آلوده کننده‌های ثانویه در سطح بالای جو می‌باشد، که اثر اولیه آنها جذب فوقانی و تفرق مولکولی می‌باشد، که نخستین مرحله واکنش شیمیایی و اساس تشکیل مه دود فتوشیمیایی است.

۷. پراکسی استیل نترات(PAN): به عنوان آلوده کننده‌های ثانویه مطرح هستند که در اثر واکنش‌های فتوشیمیایی، اتم‌های فعال اکسیژن با هیدروکربنها واکنش می‌دهند.

این آلاینده‌ها مایع بی‌رنگ و محرک چشم‌ها می‌باشد. ۸. ازن(O<sub>3</sub>): به عنوان آلوده کننده ثانویه در لایه استراتوسفر جو مطرح می‌باشد. تخلیه الکتریکی در جو از عوامل طبیعی تولید ازن است. ضمناً این گاز در اثر تشعشعات خورشیدی(اشعه ماوراء بنفش) در منطقه استراتوسفر تولید می‌شود.

۹. ذرات(Dust or Particles): ممکن است از طریق گرد و غبار ناشی از طوفانها، بادها، آتش سوزی جنگل‌ها، ویروس‌ها، باکتری‌ها، گرده‌های گیاهی، احتراق مواد سوختنی، ذوب فلزات، سرب حاصل از آگزوز خودورها، ذرات ناشی از انفجار اتمی، آئروسول حاصل از صنایع مختلف، ذرات حاصل از خرد کردن و سائیدن مواد مانند: عملیات ساختمانی، کشاورزی و یا صنایع سرامیک سازی و سیمان به اتمسفر وارد گردد(همان منبع، صص ۵۳-۵۱).

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA) برای سنجش کیفیت هوا از معیاری به نام «ضریب کیفیت هوا»<sup>۱</sup> استفاده می‌کند که بر حسب شدت آلودگی از صفر تا ۵۰۰ درجه بندی می‌شود. این شاخص عمدتاً میزان ازن در سطح زمین و ذرات معلق(به جز شمار گرده‌های گیاهی) را می‌سنجد، اما ممکن است اندازه دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن هم در آن لحاظ شود. AQI شاخصی است که برای گزارش روزانه‌ی کیفیت هوا به کار می‌رود و نشان می‌دهد که هوای اطراف چقدر پاک یا آلوده است و این حد از آلودگی چه اثراتی ممکن است بر سلامتی انسان‌ها داشته باشد. این شاخص بر اثراتی متمرکز است که ممکن است چند ساعت یا چند روز بعد از تنفس در این هوا با آنها مواجه شوید. این شاخص برای ۶ آلاینده‌ی هوا اندازه‌گیری و روزانه گزارش می‌شود: منواکسیدکربن(CO)، ازن(O<sub>3</sub>)، دی‌اکسید نیتروژن(NO<sub>2</sub>)، دی‌اکسید گوگرد(SO<sub>2</sub>)، ذرات معلق زیر ۲.۵ میکرون(PM<sub>2.5</sub>) و ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون(PM<sub>10</sub>). بالاترین شاخص در بین این شش مقدار، به عنوان شاخص کلی آن روز گزارش می‌شود (پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۹۲، صص ۶-۲). مقصود AQI جهت کمک به انسان در زمینه فهم معنای کیفیت هوای محلی بر سلامت او است. برای فهم ساده‌تر شدت آلودگی، AQI کیفیت هوا را در شش گروه قرار می‌دهد (جدول شماره ۱).

1. EPA

2. Air Quality Index(AQI)

جدول ۱. ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی و رنگ‌های متناظر با آن؛ ماخذ: مرکز تحقیقات آلودگی هوای دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۹۲.

شاخص کیفیت هوا	سطح اهمیت بهداشتی	رنگ‌ها
وقتی که شاخص کیفیت هوا در گستره زیر است:	کیفیت هوا را این گونه توصیف می‌کنیم:	و با رنگ زیر نمایش می‌دهیم:
۰-۵۰	خوب	سبز
۵۱-۱۰۰	متوسط	زرد
۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه‌های حساس	نارنجی
۱۵۱-۲۰۰	ناسالم	قرمز
۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم	بنفش
بالتر از ۳۰۰	خطرناک	خرمایی

خویش تجربه کند.

**خطرناک:** ارزش AQI بالاتر از ۳۰۰، هشدار جدی برای سلامتی و اعلام وضعیت اضطراری است. احتمالاً تمام افراد تحت تأثیر این میزان آلودگی قرار می‌گیرند (مرکز تحقیقات آلودگی هوای دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۹۲).

افزایش سطح AQI از عدد ۱۵۰ آستانه بحرانی آلودگی هوا (مرز هشدار دهی) در جوامع شهری است. اگر شاخص کیفیت هوا از آستانه بحران یعنی ۱۵۰ فراتر رود آلودگی هوا بسیار اهمیت می‌نماید. پیشینه موضوع تحقیق از سه جنبه‌ی مطالعات خارجی، مطالعات ملی و مطالعات منطقه‌ای قابل مطالعه و بررسی است.

مه سال ۱۹۵۲ لندن، نقش آلودگی هوا را در افزایش مرگ و میر مرتبط با این پدیده نمایان ساخت؛ ولی در دهه ۷۰ و ۸۰ میلادی مطالعات متعدد نتوانستند ارتباط مناسبی میان آلودگی هوا و مرگ و میر وابسته به آن برقرار سازند. در اوایل سال ۱۹۹۰، مطالعات سری زمانی انجام گرفته در نقاط مختلف دنیا نشان دادند که سطح آلودگی هوا حتی در غلظت‌های پایین با افزایش مرگ و میر و ابتلا در شهرهای مختلف اروپا و آمریکا همراه بوده است (قربانی و یونسیان، ۱۳۸۹، ص ۴۴). بیتی یو کوا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان «آلودگی جوی شهرهای روسیه؛ تخمین میزان انتشار آلاینده‌ها بر اساس اطلاعات آماری» اعلام می‌کنند: در روسیه قریب به ۶۰ میلیون نفر در شهرهایی با میزان بالایی از آلودگی هوا زندگی می‌کنند. تحلیل

با عنایت به جدول فوق، سطوح مرتبط با سلامتی بر اساس شاخص AQI عبارتند از:

**خوب:** میزان AQI در این سطح بین ۰ تا ۵۰ است. کیفیت هوا رضایتمندانه است و آلودگی هوا خطری نداشته یا با حداقل خطرات همراه می‌باشد.

**متوسط:** میزان AQI در این سطح بین ۵۱ تا ۱۰۰ است. کیفیت هوا قابل قبول است. اگر چه تعدادی از آلاینده‌ها ممکن است برای تعداد کمی از افراد با توجهات بهداشتی همراه باشد. بعنوان مثال افرادی که تجربه علائم تنفسی بسیار حساس به ازن دارند.

**ناسالم برای گروه‌های حساس:** ارزش AQI در این سطح بین ۱۰۱ تا ۱۵۰ است. بعضی از گروه‌های حساس ممکن است تأثیرات بهداشتی را در این سطح تجربه کنند و این به معنی آن است که احتمالاً این افراد برای مثال افراد با بیماری ریوی، با در معرض اوزن قرار گرفتن، خطر بیشتری را متحمل می‌شوند؛ در حالیکه افرادی با همین بیماری ریوی یا قلبی، زمانی که ذرات آلاینده زیاد است بیشتر در معرض خطر قرار دارند. بطور کلی زمانی که AQI در این میزان قرار دارد، احتمال اثرات منفی بر عموم مردم وجود ندارد.

**ناسالم:** هر فردی ممکن است اثرات بهداشتی AQI را زمانی که بین ۱۵۱ تا ۲۰۰ است را شروع به تجربه نماید. عده‌ای از گروه‌های حساس بیشتر از سایرین اثرات جدی سلامتی را تجربه می‌کنند.

**خیلی ناسالم:** ارزش AQI بین ۲۰۱ تا ۳۰۰، جرقه هشدار برای سلامتی است و به این معنی است که هر کسی ممکن است بیش از اثرات جدی را بر سلامتی

آماری تطبیقی از انتشار و یا عدم انتشار آلاینده‌های هوا در ۱۰۹۹ شهر کشور، نقش اقلیم و عوامل مرتبط با محیط زیست، ترکیب و نوع سوخت، و تأثیر تراکم و توپوگرافی شهری را بر روی نحوه توزیع آلاینده‌ها در اتمسفر شهرها نمایان می‌سازد. در ۸۰ درصد شهرهای روسیه، آلودگی هوا مربوط به منابع انسانی است. در ۵ درصد شهرها، میزان آلودگی هوای شهری پایین‌تر از حد استاندارد و در ۱۵ درصد موارد، شرایط طبیعی اثر منابع انسانی آلودگی هوا را تقویت و شدت می‌بخشد. بخش قابل توجهی از آلودگی هوای شهری ناشی از منابع انسانی را تعداد قابل توجهی از صنایع آلاینده قدیمی و منسوخ شده و شبکه حمل و نقل شهری شامل می‌گردد. عمار سایکان<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی آلودگی هوا در شهر اولان باتار مغولستان پرداخت و مدعی شد آلودگی هوا به مشکل اصلی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تبدیل شده است. رندون<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به ارتباط بین وارونگی هوا و کیفیت هوا در در مناطق شهری آلمان پرداخت. در این تحقیق از وسایل حمل و نقل به عنوان آلوده کننده‌های هوا نام برده شده است. همچنین نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که در زمان استمرار پدیده اینورژن، جزیره گرمایی شهری نیز گسترش می‌یابد که در تجمیع آلاینده‌های جوی مؤثر است.

شاید بتوان گفت که در ایران از دهه ۱۳۴۰ همزمان با احداث اکثر صنایع بزرگ و افزایش ورود وسایل نقلیه موتوری، مسئله آلودگی هوا مطرح گردید. در سال ۱۳۵۰ سمپوزیومی در تهران تحت عنوان «بررسی آلودگی هوا» برگزار شد که در آن حدود ۴۰ مقاله توسط محققان ارایه گردید (بلوکی، ۱۳۷۹، ص ۱۱). روشن و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان «تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران» اعلام می‌کنند که گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها به همراه افزایش شتابان جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی با مصرف بی رویه سوخت‌های فسیلی به شدت آلودگی‌ها را افزایش داده است که عواقب آن در درجه اول به صورت امراض و بیماری‌های تنفسی، تشدید بیمار ی‌های قلبی و ریوی، متوجه ساکنان شهرها می‌شود و در مرحله بعد، به عنوان عاملی در تشدید نوسانات

4. saikhan  
5. Rendon

اقلیمی و تأثیرات زیست محیطی، نقش ایفا می‌نماید. مطابق با مطالعه نصرالهی و غفاری گولک (۱۳۸۹) تحت عنوان «آلودگی هوا و عوامل مؤثر بر آن»، توسعه اقتصادی به عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست‌های هر کشور، از یک سو با صنعت، تکنولوژی و از سویی دیگر با آلودگی‌های زیست محیطی، ارتباطی نزدیک دارد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که آلودگی هوا تابعی مثبت از مصرف انرژی، حجم فعالیت‌های صنعتی و حجم سرمایه فیزیکی و نیز تابعی منفی از بهره وری نیروی کار، قیمت سوخت‌های فسیلی و شدت مهارت نیروی انسانی است.

عیسی لو و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان «آسیب پذیری فضایی و بحران آلودگی هوا در کلانشهر تهران» عنوان می‌کنند: یکی از مهمترین چالش‌های زیست محیطی کلانشهر تهران، آلودگی هوا می‌باشد که از این حیث در ردیف آلوده‌ترین شهرهای دنیا قرار دارد. تمرکز بالای منابع آلاینده هوا (ثابت و متحرک) از یک سو و توزیع نامتعادل آن در سطح شهر تهران از سوی دیگر سبب گردیده که در حال حاضر نواحی مختلف شهر دارای سطوح متفاوتی از کیفیت هوا باشند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نواحی غرب و جنوب شهر تهران به سبب تراکم بالای جمعیت و همچنین منابع آلاینده، آسیب پذیری بیشتری را نسبت به سایر بخش‌های شهر از خود نشان می‌دهد که می‌تواند زنگ خطری برای سلامت شهروندان ساکن در این بخش از شهر باشد.

سینگری و بدری بنام (۱۳۹۱) در مقاله‌ای تحت عنوان «امکان سنجی بهره‌گیری از سامانه‌های بام سبز در میان مناطق مختلف شهرداری تبریز»، مطرح می‌کنند: در عصر حاضر به دنبال افزایش آلودگی هوای ناشی از مدرنیته شدن بشر، مشکلات فراوانی دامنگیر شهرنشینان شده است. روند صعودی شیوع بیماری آسم در میان کودکان و افزایش تعداد بیماران ریوی، صحنه بر این گفته می‌باشد. با توجه به مشکلات ناشی از کمبود فضاهای سبز شهری، بافت فشرده مسکونی و عدم امکان تغییر و تحول بنیادی در بافت شهرها، پائین بودن سرانه فضای سبز و لزوم حفظ انرژی، بهره‌گیری از سامانه سبز به عنوان راهکاری در جهت تحقق توسعه پایدار شهری پیشنهاد می‌شود. این مطالعه با هدف امکان سنجی استفاده از سامانه بام سبز در مناطق مختلف کلانشهر

تبریز، با نظر بر شرایط ویژه موجود و میزان آلودگی در هر منطقه، صورت گرفته است.

روشن و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان «تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران» اعلام می‌کنند که گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها به همراه افزایش شتابان جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی با مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی به شدت آلودگی‌ها را افزایش داده است که عواقب آن در درجه اول به صورت امراض و بیماری‌های تنفسی، تشدید بیماری‌های قلبی و ریوی، متوجه ساکنان شهرها می‌شود و در مرحله بعد، به عنوان عاملی در تشدید نوسانات اقلیمی و تأثیرات زیست محیطی، نقش ایفا می‌نماید.

مطابق با مطالعه نصرالهی و غفاری گولک (۱۳۸۹) تحت عنوان «آلودگی هوا و عوامل مؤثر بر آن»، توسعه اقتصادی به عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست‌های هر کشور، از یک سو با صنعت، تکنولوژی و از سویی دیگر با آلودگی‌های زیست محیطی، ارتباطی نزدیک دارد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که آلودگی هوا تابعی مثبت از مصرف انرژی، حجم فعالیت‌های صنعتی و حجم سرمایه فیزیکی و نیز تابعی منفی از بهره‌وری نیروی کار، قیمت سوخت‌های فسیلی و شدت مهارت نیروی انسانی است.

عیسی‌لو و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان «آسیب‌پذیری فضایی و بحران آلودگی هوا در کلانشهر تهران» عنوان می‌کنند: یکی از مهمترین چالش‌های زیست محیطی کلانشهر تهران، آلودگی هوا می‌باشد که از این حیث در ردیف آلوده‌ترین شهرهای دنیا قرار دارد. تمرکز بالای منابع آلاینده هوا (ثابت و متحرک) از یک سو و توزیع نامتعادل آن در سطح شهر تهران از سوی دیگر سبب گردیده که در حال حاضر نواحی مختلف شهر دارای سطوح متفاوتی از کیفیت هوا باشند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نواحی غرب و جنوب شهر تهران به سبب تراکم بالای جمعیت و همچنین منابع آلاینده، آسیب‌پذیری بیشتری را نسبت به سایر بخش‌های شهر از خود نشان می‌دهد که می‌تواند زنگ خطری برای سلامت شهروندان ساکن در این بخش از شهر باشد.

سینگری و بدری بنام (۱۳۹۱) در مقاله‌ای تحت عنوان «امکان سنجی بهره‌گیری از سامانه‌های بام سبز در میان مناطق مختلف شهرداری تبریز»، مطرح می‌کنند:

در عصر حاضر به دنبال افزایش آلودگی هوای ناشی از مدرنیته شدن بشر، مشکلات فراوانی دامنگیر شهرنشینان شده است. روند صعودی شیوع بیماری آسم در میان کودکان و افزایش تعداد بیماران ریوی، صحنه بر این گفته می‌باشد. با توجه به مشکلات ناشی از کمبود فضاهای سبز شهری، بافت فشرده مسکونی و عدم امکان تغییر و تحول بنیادی در بافت شهرها، پائین بودن سرانه فضای سبز و لزوم حفظ انرژی، بهره‌گیری از سامانه سبز به عنوان راهکاری در جهت تحقق توسعه پایدار شهری پیشنهاد می‌شود. این مطالعه با هدف امکان‌سنجی استفاده از سامانه بام سبز در مناطق مختلف کلانشهر تبریز، با نظر بر شرایط ویژه موجود و میزان آلودگی در هر منطقه، صورت گرفته است.

زیاری و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان «تحلیلی بر بحران زیست محیطی و توزیع مکانی فضای سبز شهر تهران» عنوان می‌کنند: رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت در شهر تهران در طی سال‌های مختلف، و وجود آلودگی‌های زیست محیطی در این شهر نیاز به فضای سبز و گسترش آن را به عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر در کاهش آلاینده‌ها مطرح می‌کند. عملکردهای مختلف فضای سبز، تحلیل توزیع مکانی آن را در شهر تهران ضروری می‌سازد. پارک‌ها به عنوان بخشی از فضای سبز، نقش مهمی در زندگی شهروندان و زیبایی و سلامت آنها ایفا می‌کنند.

پورعزت و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان «چالش‌های مدیریت بحران آلودگی هوای کلانشهر تهران» اعلام می‌کنند: در دنیای امروز، انسان در معرض انواع آلودگی‌های محیطی نظیر آلودگی آب، هوا و صدا قرار دارد و بر اساس نوع آلودگی‌ها ممکن است دچار امراض گوناگون شود. از جمله آلودگی‌های محیطی که اثرات پیدا و پنهان زیادی بر جسم و روان شهروندان دارد، آلودگی هوا است و به گفته سازمان بهداشت جهانی (۱۹۹۲) آلودگی هوا یک بحران جدی و اولویت‌دار محیطی است. افزایش ازدحام جمعیت، رشد اقتصادی و همچنین رشد سریع تعداد وسایل نقلیه، از جمله عوامل اثرگذار در افزایش میزان آلودگی هوای شهرهای در حال توسعه اند.

مطابق با نتایج پژوهش کرمانشاهی پور<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) تحت عنوان «مطالعه اثرات وضع مالیات

آلاینده‌گی محیط زیست وسایل نقلیه بر کاهش آلاینده‌های هوای شهر تهران از نقطه نظر مدیریت شهری»، اکنون همه‌ی اجزای محیط زیست از فعالیت‌های انسانی متأثر گردیده است. فعالیت‌های انسانی منجر به اثرات ناخوشایندی مانند تغییرات اقلیمی در کره‌ی زمین شده است. بر اساس باور همگانی که اکنون در بین شهروندان تهرانی وجود دارد، وضع مالیات آلاینده‌گی محیط زیست وسایل نقلیه در کاهش آلاینده‌های هوای شهری مؤثر بوده است. همچنین ایجاد یک فرهنگ صحیح و اطلاع‌رسانی به شهروندان در رابطه با مزایای وضع قوانین مالیاتی آلاینده‌گی محیط زیست و اثرات آن بر روی کاهش آلاینده‌های هوای شهر تهران، بسیار تأثیرگذار بوده است.

براساس نتایج مطالعه صنیعی (۱۳۹۴) تحت عنوان «برنامه‌ریزی و مدیریت بحران آلودگی هوای شهر تهران»، آلودگی هوای شهر تهران از افق برنامه‌ریزان شهری مورد توجه قرار گرفته و بیان شده پدیده آلودگی هوای شهرها در قرن حاضر چالش اصلی بسیاری از کلان شهرهای دنیا از جمله تهران است. متأسفانه این شهر به سبب شرایط خاص مدیریتی و محیطی واجد شرایطی از آلودگی هوا است که به اذعان بسیاری از صاحب‌نظران در مسیر حرکت از مخاطره محیطی به بحران زیست محیطی قرار دارد. این مطالعه اذعان می‌دارد که غلظت آلاینده‌ها در تهران از توپوگرافی شهری تبعیت نموده و کانون‌های بحران‌زا در نقاط کم ارتفاع دشت تهران واقع شده‌اند و از طرفی، به سبب عدم امکان تعدیل عوامل جبری زایش آلودگی هوا (شرایط جوی و باد)، تغییر در الگوی مدیریت کلان شهری و برنامه‌ریزی شهری منطبق بر کارکردهای انسانی و الگوی فضایی می‌تواند با حفظ ساختارها- کارکردها و جمعیت، الگوی زیست محیطی مناسب و نسبتاً سازگاری برای شهر تهران فراهم آورد. اولین بررسی جامع از شرایط آلودگی هوای اصفهان مربوط به پایان نامه کارشناسی ارشد محمود سلطانی (۱۳۷۳) می‌باشد. بنا بر نتایج این مطالعه، موقعیت شهر اصفهان به گونه‌ای است که در کانون یک قطب بزرگ جمعیتی و صنعتی متشکل از چندین شهر کوچک و بزرگ، ده‌ها روستا و همچنین صدها واحد صنعتی و تولیدی قرار گرفته است؛ به همین علت کیفیت محیط آن تحت تأثیر فعالیت‌های اقتصادی، رفت و آمد وسایل نقلیه‌ی موتوری، منابع خانگی و تجاری،

مراکز صنعتی و واحدهای خدماتی می‌باشد که هر روز مقدار قابل توجهی سوخت فسیلی (نفت سفید، نفت گاز، بنزین، مازوت، گاز طبیعی و...) را به مصرف می‌رسانند و زایدات آن به صورت اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای ازت، منوکسید کربن، هیدروکربن‌ها و ذرات معلق در هوای شهر منتشر می‌شود.

بلوکی (۱۳۷۹) در پایان نامه ای تحت عنوان «مطالعه و بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان» مطالبی در زمینه منابع آلاینده در شهر اصفهان، نوع انرژی مصرفی و میزان انتشار آلاینده از این منابع ارائه داده و نقش پارامترهای جوی در نحوه انتشار آلاینده‌ها را بررسی کرده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد: شهر اصفهان به عنوان یکی از شهرهای بزرگ کشور در سال‌های اخیر با مشکلات عدیده زیست محیطی رو به رو بوده است. در این شهر، روزانه بر اثر فعالیت صدها واحد تولیدی و صنعتی، تردد هزاران خودرو و نیز وجود جمعیتی انبوه که مصرف کننده سوخت می‌باشند، هزاران تن آلاینده وارد هوا می‌گردد. بر همین اساس می‌توان منابع عمده آلوده هوا در این شهر را به سه دسته‌ی کلی تقسیم نمود که عبارتند از: صنایع، وسایل نقلیه و منابع تجاری. چنین به نظر می‌رسد که از بین این منابع، وسایل نقلیه در آلودگی هوای شهر اصفهان نقش بیشتری را دارا باشند. علاوه بر عامل فوق، برخی از عوامل طبیعی از قبیل کمی بارش، خشکی هوا و فراوانی وقوع اینورژن یا وارونگی دما در این شهر، بر شدت آلودگی هوا می‌افزاید. البته عوامل اقلیمی دیگری از قبیل: دما، رطوبت و باد نیز در آلودگی هوای شهر، مؤثر می‌باشند که شاید بتوان گفت در این بین باد، بارندگی و اینورژن از اهمیت بیشتری برخوردارند و می‌توان از طریق مقایسه روند تغییرات غلظت آلاینده‌ها و روند تغییرات هر یک از این پارامترهای اقلیمی، به ارتباط موجود بین آنها پی برد.

اداره کل مدیریت بحران استانداری اصفهان (۱۳۹۱) در طی پژوهشی با عنوان «طرح جامع خطرپذیری و مدیریت بحران استان اصفهان- بحران‌های جوی: آلودگی هوا، وارونگی دما و گرد و غبار» به موضوع امکان سنجی مدیریت بحران‌های جوی استان اصفهان پرداخته است. در این تحقیق، ضمن شناسایی عوامل اثرگذار در آلودگی هوای استان اصفهان و به تبع آن شناخت بحران‌های آلودگی هوای محتمل در استان اصفهان، برنامه پیش‌پیش بینی آلاینده‌ها مطرح و ساختار مدیریت بحران آلودگی هوا در استان، تدوین یافته است.

براساس نتایج این پژوهش، اقدامات در وضعیت‌های هشدار، اضطراب و بحران، مهمترین دستورالعمل‌های مدیریتی در جهت سازماندهی گروه‌های مختلف درگیر در کنترل آلودگی هوا مطرح گردیده است. همچنین در این مطالعه، اصل حاکمیت دولت، اصل همکاری، اصل حمایت و حفاظت از محیط زیست، اصل پیشگیری یا جلوگیری، اصل احتیاطی، اصل اطلاع رسانی و کمک در حوادث اضطراری زیست محیطی و اصل اطلاع رسانی و مشاوره در رابطه با آثار برون مرزی؛ از مهمترین دستورالعمل‌های مدیریتی در جهت سازماندهی گروه‌های مختلف در کنترل بحران آلودگی هوا مطرح گردیده است.

اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان (۱۳۹۲) در طرح پژوهشی با عنوان «برنامه جامع کنترل کیفی هوای اصفهان» به موضوع اهمیت کنترل آلودگی هوا در اصفهان پرداخته و در همین راستا وظایف اجرایی سازمان‌ها و دستگاه‌های مرتبط در این خصوص را تبیین نموده است. در مقدمه این طرح پژوهشی آمده است: بدون تردید هوا یکی از عوامل اساسی حیات محسوب شده و بدون آن زندگی برای کليه موجودات زنده، غیرممکن است. در گذشته نه چندان دور، انسان و سایر زیست‌مندان از نعمت هوای پاک برخوردار بودند، لیکن با افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی، تغییر شیوه‌های زندگی، الگوی مصرف، فعالیت‌های اقتصادی، انرژی ارزان و فراوان، تقاضای روز افزون انرژی‌های فسیلی، پیامدهای تکنولوژیکی و... موجبات آلودگی تدریجی هوا فراهم گردید. در ادامه این مطالعه به اهمیت و ضرورت کنترل آلودگی هوا در شهر اصفهان اشاره گردیده و آورده شده است: اکنون در بسیاری از شهرها و نواحی جهان، آلودگی هوا به حدی رسیده که سلامتی انسان و سایر موجودات زنده مورد تهدید قرار گرفته است. ناگزیر برخی کشورهای جهان بویژه کشورهای پیشرفته صنعتی توجه خود را به آن معطوف داشته و با سیاستگذاری اصولی و برنامه‌ریزی‌های لازم، اقدامات اجرایی بنیادی را برای جلوگیری از گسترش آلودگی هوا به عمل آورده‌اند. اصفهان نیز که پایتخت فرهنگ و تمدن جهان اسلام تلقی می‌شود با گنجینه‌ای از آثار متعدد فرهنگی و هنری، متأسفانه امروزه در معرض خطرات زیست محیطی گوناگون مانند: بارانهای اسیدی، وارونگی دما، ریزگردها و آلاینده‌های آب و هوا می‌باشد که نه تنها بر سلامتی انسانها تأثیر بسزایی دارد بلکه میراث فرهنگی چند صد ساله این مرز و بوم را نیز تهدید می‌نماید.

بر اساس نتایج این طرح پژوهشی، یکی از اساسی‌ترین

راهکارهای جلوگیری و کاهش آلودگی هوا، جلب توجه افکار عمومی به آثار و تبعات ناشی از آلودگی هوا است که از طریق آموزش همگانی و ارتقاء فرهنگ عمومی در زمینه محیط زیست، محقق می‌گردد. گفتنی است؛ گزارش تدوین شده «برنامه جامع کنترل کیفی هوای اصفهان» که تلفیقی از سه گزارش «طرح جامع خطر پذیری و مدیریت بحران استان اصفهان» (اداره کل مدیریت بحران استانداری - دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۱)، «طرح آمایش سرزمین استانی» (استانداری - دانشگاه اصفهان) و «برنامه جامع کاهش آلودگی کلان شهر اصفهان» (اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، ۱۳۷۹) می‌باشد، ضمن گذری بر الزامات قانونی، دستورالعمل‌ها، آیین‌نامه‌ها، بخشنامه‌ها و استانداردهای مربوط به آلودگی هوا و تعاریف مربوطه، وضعیت موجود محدوده تحت پوشش و چشم انداز وضعیت مطلوب و اهداف برنامه در کنار تدابیر و راهکارها، مسئولیت و وظایف هر دستگاه که کاملاً براساس قوانین و مقررات، تدوین گردیده را تفکیک می‌نماید، و اداره کل حفاظت محیط زیست اصفهان به عنوان دبیرخانه ستاد پیگیری و ناظر مسئولیت‌ها و وظایف دستگاهی، به صورت فصلی پیشرفت فیزیکی برنامه را اخذ و ارزشیابی نموده و نتایج را به اطلاع مردم و اعضای شورای برنامه‌ریزی و توسعه استان خواهد رساند.

## روش شناسی پژوهش

تحقیق حاضر با هدف بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت بهداشتی هوا (AQI) در شهر اصفهان و شناخت نقش مدیریت بحران در ارتباط با کاهش مخاطرات محیطی و بطور اخص آلودگی هوا صورت گرفته است. در این تحقیق چون هدف، ترسیم نقشه توزیع شاخص کیفیت بهداشتی هوا در جهت مدیریت بحران آلودگی هوای شهر اصفهان می‌باشد، از روش کتابخانه‌ای و بررسی اسناد موجود در زمینه موضوع تحقیق و روش میدانی به طور همزمان استفاده شده است. اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا با مراجعه به سازمان حفاظت محیط زیست، کمیته کاهش آلودگی هوا، شرکت کنترل کیفیت هوا، معاونت حمل و نقل ترافیک شهرداری، ستاد معاینه فنی خودرو، مرکز آمار ایران و از سالنامه‌ها و بانک اطلاعات این سازمان‌ها استخراج گردیده است. جامعه آماری تحقیق، اطلاعات کسب شده از وضعیت هوای شهر اصفهان در ماه‌های دوره آماری سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۰ می‌باشد. این مطالعه بنا دارد تا

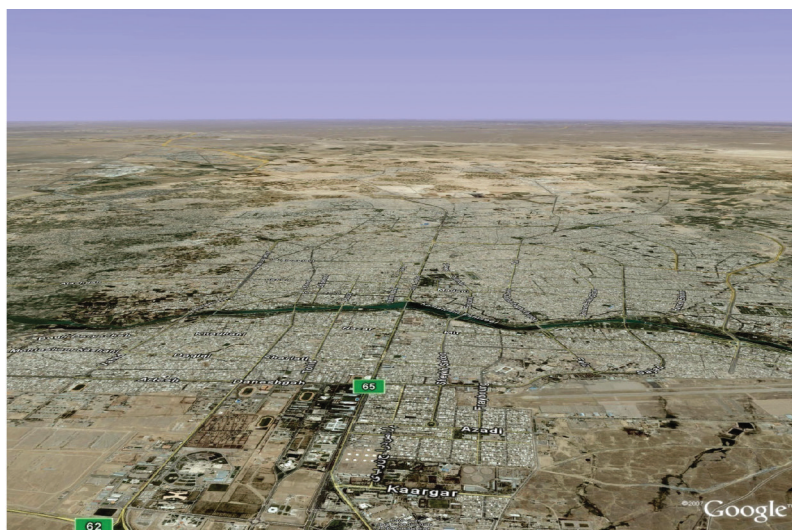


در یک نتیجه گیری کلی، با ارایه یک مدل کاربردی مدیریت بحران در کنترل و کاهش آلودگی هوای شهر اصفهان، کلیه کنشگران دستگاه‌ها و سازمان‌های اجرایی مرتبط و غیر مرتبط با کنترل آلودگی هوای کلان شهر اصفهان، صنایع بزرگ و متوسط استان و شهروندان را وارد چرخه مدیریت بحران آلودگی هوا نموده و به نوعی آن‌ها را در کاهش آلاینده‌های هوا مشارکت دهد. با توجه به اینکه برای دستیابی به اهداف تحقیق، موضوع آستانه‌های بحرانی آلودگی هوا مطرح است لذا داده‌های مورد استفاده و پهنه مورد استفاده شامل شهر اصفهان و مناطق اطراف آن به گستره دامنه شمالی تا میمه، دامنه جنوبی تا شهرضا، دامنه شرقی تا سجزی و دامنه غربی تا نجف آباد می‌باشد. محدوده زمانی تحقیق هم به واسطه آنکه میزان تراکم آلودگی‌ها در ماه‌های آبان، آذر و دی ماه گزارش شده، لذا داده‌های مربوط

استفاده قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در موقعیت جغرافیایی ریاضی ذیل قرار می‌گیرد:

- شمالی‌ترین نقطه منطقه مطالعاتی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه و ۵۰ ثانیه (میمه)
- جنوبی‌ترین نقطه منطقه مطالعاتی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه (شهرضا)
- شرقی‌ترین نقطه منطقه مطالعاتی، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۵۹ ثانیه (ورزنه)
- غربی‌ترین نقطه منطقه مطالعاتی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۴ ثانیه (نجف آباد)

با توجه به محدوده فوق الذکر می‌توان گفت که منطقه مطالعاتی طول جغرافیایی برابر ۱ درجه و ۱۷ دقیقه و ۵ ثانیه و عرض جغرافیایی شمال برابر ۱ درجه و ۲۶ دقیقه و ۲۰ ثانیه را دربر می‌گیرد (شکل شماره ۱).

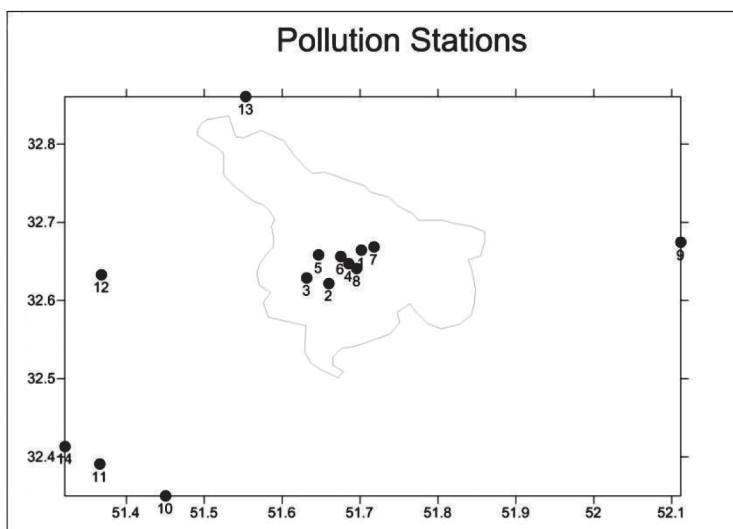


شکل ۱. موقعیت هوایی منطقه مورد مطالعه

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

براساس داده‌های ۱۴ ایستگاه سنجش آلودگی هوا مستقر در منطقه اصفهان (نقشه شماره ۱) و مطابق با گزارشات سازمان حفاظت محیط زیست مجموعاً اصفهان به طور متوسط در سال ۱۲ روز دارای آلودگی بحرانی است که از حد آستانه می‌گذرد ( $AQI > 150$ ). این ۱۲ روز در ماه‌های آبان، آذر و دی اتفاق افتاده است. از این ۱۲ روز، ۴ روز در آبان، ۶ روز در آذر و ۲ روز در دی ماه گزارش گردیده است (جدول شماره ۲).

به این مقطع زمانی مورد تحلیل قرار گرفته است. آمار آلودگی هوا از ۱۴ ایستگاه سنجش آلودگی هوا متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست اخذ گردید. آمارهای موجود آلودگی هوا مربوط به سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۵ بوده و مطالعات پژوهشگر روی روزهایی که آلودگی به آستانه بحران رسیده است، متمرکز گردید. روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز به صورت کمی و کیفی بوده است. نرم افزارهای کامپیوتری: Surfer, Arc Gis, Excel در Google Earth و Global Mapper در این پژوهش مورد

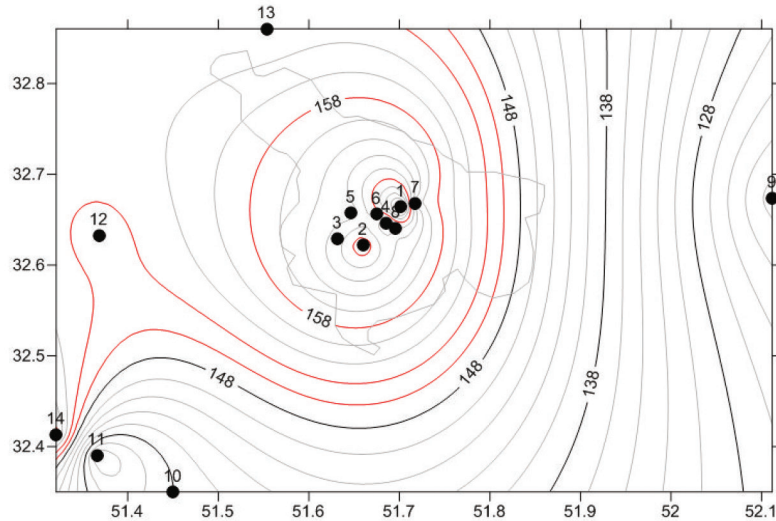


نقشه ۱. توزیع ایستگاه‌های سنجش شاخص کیفی آلودگی هوا (AQI) در منطقه اصفهان

جدول ۲. تعداد روزهای بحرانی آلودگی هوا در ماه‌های آبان، آذر و دی

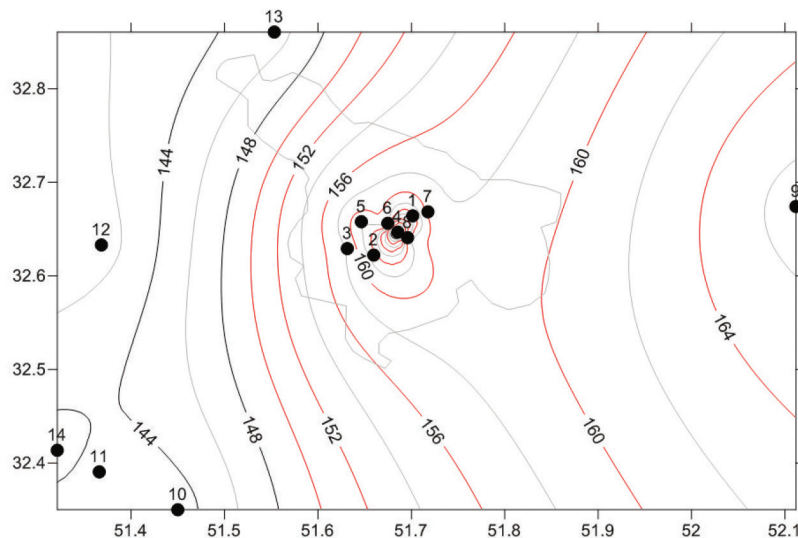
تعداد روزهای بحرانی آلودگی هوا در دی	تعداد روزهای بحرانی آلودگی هوا در آذر	تعداد روزهای بحرانی آلودگی هوا در آبان	نام ایستگاه
۱	۶	۴	میدان احمدآباد
۱	۳	۲	میدان آزادی
۱	۳	۲	خیابان رودکی
۱	۳	۲	خیابان چهارباغ خواجه
۲	۴	۲	بزرگراه شهید خرازی
۱	۴	۲	میدان امام حسین
۱	۳	۲	خیابان پروین
۱	۴	۲	میدان بزرگمهر
۲	۱	۰	شهر سگزی
۰	۰	۰	شهر مبارکه
۰	۰	۰	زرین شهر
۰	۰	۱	شهر نجف آباد
۰	۰	۱	شاهین شهر
۰	۰	۱	خمینی شهر

مطابق با جدول شماره ۲، در ماه آبان آلوده‌ترین ایستگاه، میدان احمدآباد با چهار روز و بعد از آن ایستگاه‌های داخل شهر (میدان آزادی، خیابان رودکی، خیابان چهارباغ خواجه، بزرگراه شهید خرازی، میدان امام حسین، خیابان پروین و میدان بزرگمهر) گزارش گردیده است. به طور کلی در ماه آبان، آلودگی منطقه اصفهان از زمین شهر به سمت مرکز شهر اصفهان افزایش و ناگهان در شرق اصفهان در محدوده سگزی به صفر میل می‌کند. با توجه به تغییرات تدریجی و براساس قانون همجواری (کریجینگ) نقشه روند تغییرات آلودگی هوا برای منطقه براساس تعداد روز ترسیم گردید (نقشه شماره ۲).



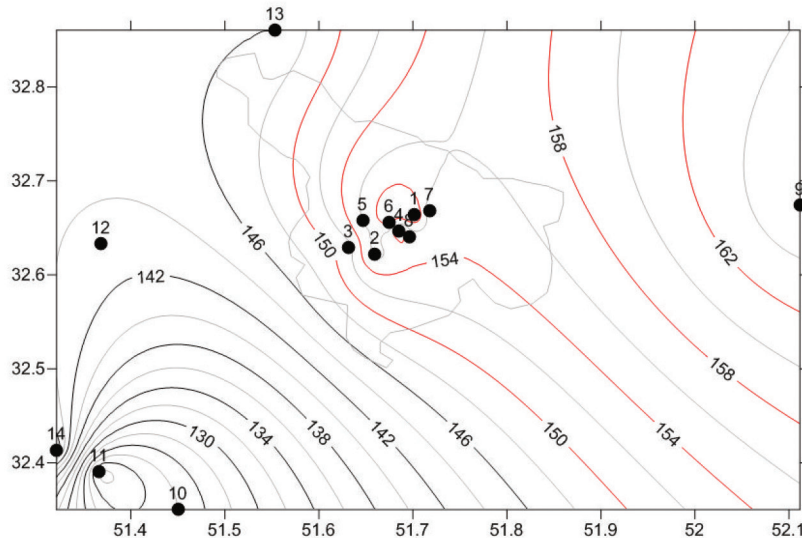
نقشه ۲. روند تغییرات روزانه شاخص آلودگی هوا برای منطقه مطالعاتی در ماه آبان

مطابق با جدول شماره ۲، در ماه آذر آلوده‌ترین ایستگاه، احمدآباد با شش روز و بعد از آن ایستگاه‌های داخل شهر (میدان آزادی، خیابان رودکی، خیابان چهارباغ خواجه، بزرگراه شهید خرازی، میدان امام حسین، خیابان پروین و میدان بزرگمهر) گزارش گردیده است. به طور کلی در ماه آذر، میزان درصد آلاینده‌های جوی که از آستانه می‌گذرند از غرب به شرق افزایش می‌یابد و برخلاف آبان ماه دارای روند نزولی در شرق نمی‌باشد. در یکی از شش روز آذر ماه و پر آلوده‌ترین روز این ماه، نقشه آلودگی هوا در شهر اصفهان به صورت نقشه شماره ۳ می‌باشد.



نقشه ۳. روند تغییرات روزانه شاخص آلودگی هوا برای منطقه مطالعاتی در ماه آذر

مطابق با جدول شماره ۲، در ماه دی آلوده‌ترین ایستگاه، بزرگراه شهید خرازی با دو روز و بعد از آن ایستگاه‌های داخل شهر (میدان آزادی، خیابان رودکی، خیابان چهارباغ خواجه، بزرگراه شهید خرازی، میدان امام حسین، خیابان پروین و میدان بزرگمهر) گزارش گردیده است. به طور کلی در ماه دی، میزان درصد آلاینده‌های جوی که از آستانه می‌گذرند از جنوب غرب به شمال شرق افزایش می‌یابد و دارای روند نزولی در شرق نمی‌باشد. در یکی از دو روز دی ماه و پر آلوده‌ترین روز این ماه، نقشه آلودگی هوا به صورت زیر می‌باشد (نقشه شماره ۴).



نقشه ۴. روند تغییرات روزانه شاخص آلودگی هوا برای منطقه مطالعاتی در ماه دی

### نتیجه گیری و جمع‌بندی

مطابق با جدول شماره ۲ می‌توان برای کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه آبان در ایستگاه‌های داخل شهر نسبت به کاهش یا حذف آلاینده‌های SO<sub>2</sub> یا CO از طریق تعدیل فعالیت صنایع یا کاهش ترافیک شهری اقدام نمود. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا طی ماه آبان در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه آبان؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

نام ایستگاه	شماره ایستگاه	کاهش یا حذف آلاینده‌ها
میدان احمدآباد	۱	SO <sub>2</sub> یا CO
میدان آزادی	۲	SO <sub>2</sub>
خیابان رودکی	۳	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
خیابان چهارباغ خواجه	۴	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
بزرگراه شهید خرازی	۵	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
میدان امام حسین	۶	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
خیابان پروین	۷	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
میدان بزرگمهر	۸	SO <sub>2</sub> یا NO <sub>2</sub> و O <sub>3</sub>
شهر سگری	۹	-
شهر مبارکه	۱۰	-
زرین شهر	۱۱	-
شهر نجف آباد	۱۲	NO <sub>2</sub> یا O <sub>3</sub>
شاهین شهر	۱۳	NO <sub>2</sub> یا O <sub>3</sub>
خمینی شهر	۱۴	NO <sub>2</sub> یا O <sub>3</sub>

جدول ۴. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه آذر؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق.

نام ایستگاه	شماره ایستگاه	کاهش یا حذف آلاینده ها
میدان احمدآباد	۱	NO2 و O3 یا SO2 یا CO
میدان آزادی	۲	SO2 و NO2 و O3
خیابان رودکی	۳	NO2 و O3
خیابان چهارباغ خواجو	۴	CO یا SO2
بزرگراه شهید خرازی	۵	NO2 و O3
میدان امام حسین	۶	SO2 یا NO2 و O3
خیابان پروین	۷	NO2 یا O3
میدان بزرگمهر	۸	SO2 یا NO2 و O3
شهر سگزی	۹	SO2 یا NO2 و O3
شهر مبارکه	۱۰	-
زرین شهر	۱۱	-
شهر نجف آباد	۱۲	-
شاهین شهر	۱۳	-
خمینی شهر	۱۴	-

اما در مورد ایستگاه‌های خارج شهر مانند مناطق شهری نجف آباد، شاهین شهر و خمینی شهر امکان کنترل آلودگی هوا تنها از طریق تعدیل فعالیت صنایع وجود دارد. شهرهای مبارکه، سگزی و زرین شهر نیز از این قاعده مستثنی بوده زیرا آلودگی آن‌ها به حد بحرانی نمی‌رسد. مطابق با جدول شماره ۲ می‌توان برای کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه آذر در ایستگاه‌های داخل شهر نسبت به کاهش یا حذف آلاینده‌های SO2 یا CO یا NO2 و O3 از طریق تعدیل فعالیت صنایع یا کاهش ترافیک شهری اقدام نمود. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه آذر در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است.

در مورد ایستگاه‌های خارج شهر، آلودگی در سگزی به حد بحرانی می‌رسد و امکان کنترل آلودگی هوا تنها از طریق تعدیل فعالیت صنایع وجود دارد. شهرهای مبارکه، زرین شهر، نجف آباد، شاهین شهر و خمینی شهر نیز از این قاعده مستثنی بوده زیرا آلودگی آن‌ها به حد بحرانی نمی‌رسد. مطابق با جدول شماره ۲ می‌توان برای کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه دی در ایستگاه‌های داخل شهر نسبت به کاهش یا حذف آلاینده‌های SO2 یا NO2 و O3 از طریق تعدیل فعالیت صنایع یا کاهش ترافیک شهری اقدام نمود. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه دی در جدول شماره ۵ ارائه گردیده است.

در مورد ایستگاه‌های خارج شهر، آلودگی در سگزی به حد بحرانی می‌رسد و امکان کنترل آلودگی هوا تنها از طریق تعدیل فعالیت صنایع وجود دارد. شهرهای مبارکه، زرین شهر، نجف آباد، شاهین شهر و خمینی شهر نیز از این قاعده مستثنی بوده زیرا آلودگی آن‌ها به حد بحرانی نمی‌رسد.

جدول ۵. نحوه کنترل شاخص کیفیت هوا در ماه دی؛ ماخذ: یافته‌های تحقیق..

نام ایستگاه	شماره ایستگاه	کاهش یا حذف آلاینده ها
میدان احمدآباد	۱	SO2 یا NO2 و O3
میدان آزادی	۲	NO2 یا O3
خیابان رودکی	۳	NO2 یا O3
خیابان چهارباغ خواجو	۴	NO2 یا O3
بزرگراه شهید خرازی	۵	NO2 یا O3
میدان امام حسین	۶	NO2 یا O3
خیابان پروین	۷	NO2 یا O3
میدان بزرگمهر	۸	NO2 یا O3
شهر سگزی	۹	NO2 و O3
شهر مبارکه	۱۰	-
زرین شهر	۱۱	-
شهر نجف آباد	۱۲	-
شاهین شهر	۱۳	-
خمینی شهر	۱۴	-

## منابع و ماخذ

- ۱۳- سینگری، مریم و نسبیبه بدری بنام (۱۳۹۱)، «امکان سنجی بهره گیری از سامانه های بام سبز در میان مناطق مختلف شهرداری تبریز»، مجموعه مقالات همایش جریان و آلودگی هوا، دانشگاه تهران
- ۱۴- صنیعی، راحله (۱۳۹۴)، برنامه ریزی و مدیریت بحران آلودگی هوای شهر تهران، پایان نامه دکترا، دانشگاه اصفهان.
- ۱۵- عیسی لو، علی اصغر؛ شاهمرادی، بهزاد؛ بهرامی، سیروان؛ آقامیری، معصومه سادات و حسن محمدیان مصمم (۱۳۹۰)، «آسیب پذیری فضایی و بحران آلودگی هوا در کلان شهر تهران»، سومین کنفرانس ملی عمران شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
- ۱۶- قربانی، مصطفی و مسعود یونسیان (۱۳۸۹)، «طرح های مطالعاتی در اپیدمیولوژی آلودگی هوا، مجله اپیدمیولوژی ایران»، دوره ۵، شماره ۴
- ۱۷- گلکار، فروغ و علیرضا فرهمند (۱۳۸۹)، آلودگی های محیط زیست، تهران: انتشارات ماندگار
- ۱۸- نصرالهی، زهرا و مرضیه غفاری گولک (۱۳۸۹)، «آلودگی هوا و عوامل مؤثر بر آن- مطالعه موردی: انتشار SPM و SO<sub>2</sub> در صنایع تولیدی ایران»، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، سال دهم، شماره سوم، پاییز

- 19- Bityukova, V. & Kasimov, N., (2012), Atmospheric pollution of Russia's cities: Assessment of emissions and immissions based on statistical data, the Journal of Geofizika, Vol. 29, pp. 53-67
- 20- Amarsaikhan, D., Battsengel, V., Nergui, B., Ganzorig1, M., Bolor, G., (2014), A Study on Air Pollution in Ulaanbaatar City, Mongolia, Journal of Geoscience and Environment Protection, Vol. 2, PP. 123-128
- 21- Rendon, A., Juan, F., Palaclo, C., (2014), Temperature Inversion Breakup with Impacts on Air Quality in Urban Valleys Influenced by Topographic Shading, Journal of Applied Meteorology and Climatology, Vol. 54, P. 302
- 22- Kermanshahi Pour, A., Givehchi. S. & Rezaee, A.A., (2013), Study of Effects of Tax on Vehicle on Reducing Tehran Air Pollutants from Viewpoint of Urban Management, Journal of Basic and Applied Scientific Research, Vol. 3(6), pp. 162-166

- ۱- اداره کل مدیریت بحران استانداری اصفهان (۱۳۹۱)، طرح جامع خطرپذیری و مدیریت بحران استان اصفهان- بحران های جوی: آلودگی هوا، وارونگی دما و گرد و غبار
- ۲- اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان (۱۳۹۲)، برنامه جامع کنترل کیفی هوای اصفهان
- ۳- اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان (۱۳۷۹)، طرح جامع کاهش آلودگی هوای شهر اصفهان
- ۴- بلوکی، میترا (۱۳۷۹)، مطالعه و بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان و عوامل اقلیمی مؤثر بر آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان
- ۵- بوتکین و کلر (۱۳۷۱)، مسائل محیط زیست، ترجمه: یونس کریم پور، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آستان قدس
- ۶- پورتال خبری پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، شاخص کیفیت هوا [www.ier.tums.ac.ir](http://www.ier.tums.ac.ir), AQI
- ۷- پورتال خبری مرکز تحقیقات آلودگی هوای دانشگاه علوم پزشکی تهران، ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی، [www.ier.tums.ac.ir](http://www.ier.tums.ac.ir)
- ۸- پورعزت، علی اصغر؛ صالحی شهبابی، نرگس و محدثه عظیمی (۱۳۹۱)، «چالش های مدیریت بحران آلودگی هوای کلانشهر تهران»، اولین کنفرانس مدیریت آلودگی هوا و صدا، دانشگاه صنعتی شریف
- ۹- روشن، غلامرضا؛ خوش اخلاق، فرامرز؛ نگهبان، سعید و جعفر میرکتولی (۱۳۸۸)، «تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران»، فصلنامه علوم محیطی، سال هفتم، شماره اول، پاییز
- ۱۰- زیاری، کرامت اله؛ واحدیان بیگی، لیلا و زیبا پرنون (۱۳۹۱)، «تحلیلی بر بحران زیست محیطی و توزیع مکانی فضای سبز شهر تهران»، فصلنامه مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال چهارم، شماره چهاردهم، پاییز
- ۱۱- سالنامه آماری اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، ۱۳۹۵
- ۱۲- سلطانی، محمود (۱۳۷۳)، آلودگی های صنعتی و اثرات آن بر محیط زیست شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه اصفهان.