مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال پانزدهم، شمارهٔ اوّل، بهار و تابستان ۱۳۹٦، شمارهٔ پیاپی ۲۸

DOI: 10.22067/geography.v15i1.57882

عوامل مؤثّر بر رخداد روزهای همراه با هوای پاک در تهران

فاطمه درگاهیان (استادیار اقلیم شناسی مؤسّسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران)
fatemeh.dargahian@gmail.com

صص ۲۱۱ - ۱۹۳

چکیده

اهداف: با توجّه به اهمّیت رخداد هوای پاک و نقش آن در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای کارهای حسّاس به آلودگی هوا، در این پژوهش علّت رخداد روزهای همراه با هوای پاک به‌منظور امکان پیش‌بینی آنها بررسی شده است.

روش: در این تحقیق، داده‌های مربوط به کیفیت هوای پاک، از بانک اطّلاعات مربوط به شرکت کنترل کیفیت هوا و داده‌های اقلیمی مربوط به بارش و سمت و سرعت باد از سازمان هواشناسی کشور در دورهٔ آماری ۱۳۹۳ــ ۱۳۸۷ اخذ گردید. داده‌ها براساس یک الگوریتم به روش توصیفی ـ آماری تجزیه‌وتحلیل شدند.

یافته‌ها/ نتایج: بررسی توزیع فراوانی سالانهٔ رخداد روزهای همراه با هوای پاک نشان داد که از توزیع خاصّی پیروی نکرده و روند تغییرات معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. توزیع ماهانهٔ رخدادها بیشترین فراوانی را در فروردین‌ماه و سپس ماه‌هایی که ناپایداری‌های جوّی بیشتر است، نشان داد. بنابراین رخداد هوای پاک را در دو عامل کلّی، شامل عوامل طبیعی ـ اقلیمی، سمت و سرعت باد و بارش و نیز عامل انسانی، روز تعطیلی جست‌وجو کردیم. براساس این عوامل، ۱۳ ویژگی در یک الگوریتم تعریف و علّت اصلی شرایطِ رخدادِ روز همراه با هوای پاک استخراج شد. درصد فراوانی هریک از ویژگی‌ها محاسبه و سهم هریک از عوامل استخراج گردید. با ترکیب ۱۳ ویژگی، سه عامل به‌صورت انفرادی و چهار عامل به‌صورت ترکیبی و یک عامل هم به‌صورت جداگانه تعیین گردید.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹٦/۰٤/۰٤

نتیجه‌گیری: در تعیین علل رخداد روز همراه با هوای پاک، در بین عوامل انفرادی، عامل تعطیلی و در بین عوامل ترکیبی، عامل تعطیلی همراه با بارش بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد بعد از یک روز تعطیل همراه با بارش، رخداد یک روز همراه با هوای پاک جهت هرگونه برنامه‌ریزی از سطح کلان و ناحیه‌ای گرفته تا برنامه‌ریزی‌های روزمرّهٔ افراد، به‌احتمال زیاد قابل‌پیش‌بینی است.

کلیدواژه‌ها: هوای پاک، عوامل اقلیمی، روزهای تعطیل

۱. مقدّمه

درزمینهٔ اهمّیت کیفیت هوا همین بس که انسان می‌تواند چند روز را بدون آب و غذا تحمّل کند، امّا چند لحظه بیشتر بدون هوا نمی‌تواند زنده بماند. بنابراین کیفیت هوایی که لحظه‌به‌لحظه تنفّس می‌شود، در سلامت انسان مهم بوده و تمام فعّالیت‌های او را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ساکنان شهرهای بزرگ به‌علّت آلوده‌بودن هوا، اغلب به ناراحتی‌های دستگاه تنفّسی، قلبی، چشمی، آلرژی یا آسم مبتلا هستند. هوای این شهرهای بزرگ و آلوده، موجب سوزش ریه‌ها می‌شود. عفونت قسمت‌های فوقانی دستگاه تنفّس، برونشیت و التهاب ریوی، به‌دلیل وجود ذرّات معلّق در هواست. آلودگی هوا احتمال ابتلا به سرطان را افزایش می‌دهد و ضریب هوشی کودکان را پایین می‌آورد. سردرد، ضعف، سرگیجه، تهوّع، اختلال در انتقال اکسیژن به بافت‌های بدن، ضربان شدید قلب، سکتهٔ قلبی و کاهش ظرفیت شُشی، از دیگر اثرات آلودگی هوا بر سلامت است.

به‌منظور اطّلاع‌رسانی مستمر و روزانه به مردم درمورد کیفیت هوای محیط از شاخصی به نام شاخص کیفیت هوا[1] استفاده می‌شود. این شاخص شامل اندازه‌گیری پنج آلایندهٔ مونوکسیدکربن، ازون، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و ذرّات معلّق می‌باشد. این شاخص جهت پیش‌بینی روزانهٔ کیفیت هوا استفاده می‌شود و به افراد جامعه درزمینهٔ فهم معنای کیفیت هوای محلّی بر سلامت کمک می‌کند. این شاخص نشان می‌دهد هوا پاک یا آلوده است و میزان ارتباط آن با سطوح سلامتی انسان چگونه است و در شش گروه طبقه‌بندی شده است.

1. Air Quality Index(AQI)

۲. پیشینهٔ تحقیق

آلودگی شهر تهران بیشتر ناشی از وسایل حمل‌ونقل می‌باشد. ۸۵ درصد آلودگی هوای تهران ناشی از منابع متحرّک است (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹٤). بیش از ۲۰ درصد انرژی کل کشور در تهران مصرف می‌شود؛ زیرا بیش از ۳ میلیون خودرو در آن تردّد می‌کند (معاونت حمل‌ونقل شهرداری تهران، ۱۳۹٤). در حال حاضر، بسیاری از شهرها حتّی در کشورهای توسعه‌یافته دارای سطوح خطرناکی از آلودگی هوا هستند. در تهران عوامل اقلیمی و مورفولوژی این معضل بزرگ را تشدید می‌کند. قرارگیری تعداد زیادی از منابع آلاینده در غرب تهران و جهتِ بادِ غالب غربی با سرعت کم، سبب انتقال و ماندگاری آلاینده‌ها به آسمان تهران که مورفولوی کاسه‌مانند نامنظّمی دارد، می‌شوند. امّا اگر سرعت وزش باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه و یا ۳٦ کیلومتر در ساعت شود، می‌تواند به بهترشدن کیفیت هوا کمک کند و درصورت تداوم، هوا را به کیفیت سالم و حتّی برخی مواقع به کیفیت پاک برساند. **شبیه**سازی عددی رفتار آلودگی تهران براساس الگوی باد نشان داد با توجّه به اینکه سرعت باد جز در موارد محدود، کمتر از ۱۰ متر بر ثانیه بوده است، آلودگی در سیکل بسته‌ای در تهران گرفتار می‌آید و برای مدّت طولانی از سطح شهر تخلیه نمی‌شود (قنبری و عزیزی، ۱۳۸۸، ص. ۱۵). بررسی ارتباط پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌ها نشان می‌دهد که در ایستگاه مؤسّسهٔ ژئوفیزیک، اغلب افزایش سرعت بادِ جنوب‌غربی باعث کاهش آلودگی می‌شود و در ماه‌های فصل سرد این ارتباط آشکارتر است. همچنین کاهش رطوبت نسبی هوا و یا افزایش خشکی هوا باعث افزایش آلودگی در ماهای فصل سرد می‌شود (شرعی‌پور و بیدختی، ۱۳۸٤، ص. ۱).

بدیهی است که بارش در کیفیت هوا مؤثّر است و می‌تواند هوا را به کیفیت سالم برساند. مطالعهٔ بررسی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی نشان داد که بارش برف و باران باعث کاهش آلودگی هوا می‌شود (شرعی‌پور و بیدختی، ۱۳۸٤، ص. ۳). مطالعهٔ بررسی نقش عوامل اقلیمی، انسانی و جغرافیایی در آلودگیِ هوای شهر بجنورد نشان داد که به‌دلیل کاهش وزش باد و ریزشِ کمِ نزولات جوّی، میزان آلاینده‌های هوا مانند منوکسیدکربن و گرد و غبار در سال ۹۰ بیشتر از سال ۸۹ بوده است (معتمدی و معماریانی، ۱۳۹۲، ص. ۱). در تحلیل اثر الگوی سینوپتیکی رخداد مخاطره‌آمیز موج گرمای تابستان،

آلودگی هوا در شرایط استقرار الگوهای فشاری خاص تشدید می‌شود. شرایط کیفیت هوا براساس شرایط الگوهای سینوپتیک قابل‌پیش‌بینی می‌باشد (ادر[1] ، ۲۰۱۰، ص. ۳۱۳؛ گارنر و تامپسون[2]، ۲۰۱۲، ص. ٦۹) ارتباط مدل کیفیت هوا براساس مدل‌های هواشناسی برای فصل زمستان در خلیج سانفرانسیسکو و کالیفرنیا ارزیابی و مدل‌سازی شده است (روگرز و همکاران[3]، ۲۰۱۳، ص. ۱۹۵۳) کاربرد مدل‌های پیش‌بینی هوا در پیش‌بینی کیفیت هوا نیز نشان می‌دهد که شرایط و الگوهای خاص هواشناسی هم می‌تواند در آلودگی هوا (سیستم‌های همراه با پایداری هوا) و هم در پاک‌بودن آن (سیستم‌های ناپایدار همراه با باد و بارش) مؤثّر باشد (بیور و همکاران[4]، ۲۰۱۰، ص. ۲۰۷۷). تحلیل اثر الگوی سینوپتیکی رخداد مخاطره‌آمیز موج گرمای تابستان ۱۳۹۲و فوت ناشی از آلودگی شهر تهران نشان داد که استقرار زبانه‌های کم‌فشار گنگ در سطح زمین و پُرفشار آزور و لایهٔ وارونگی در تراز میانی و بالای جو، سبب پایداری و افزایش دما و در پی آن حبس‌شدن آلاینده‌ها در سطح زمین و کاهش کیفیت هوا در تهران شد (ثنایی، خان‌محمّدی، و محمّدی، ۱۳۹٤، ص. ٦۷). عوامل متعدّدی بر روی کیفیت هوا مؤثّر است از روش تحلیل عاملی جهت شناسایی این عوامل نیز می‌توان استفاده کرد (چو[5]، پارک[6]، ۲۰۱۵، ص. ۵۳). تاکنون درزمینهٔ رخداد روزهای همراه با هوای پاک و دلایل وقوع آن در کلان‌شهر تهران مطالعه‌ای انجام نشده و بیشتر مطالعات مربوط به هوای تهران، چه کمّی و چه کیفی درزمینهٔ بررسی آلودگی هوای تهران از دیدگاه شرایط اقلیمی مناسب برای آن و یا درزمینهٔ ارتباط آلودگی‌ها با برخی از بیماری‌ها با عناوین مختلفی بوده است. بررسی سطوح وارونگی در آلودگی‌های شهر تهران (یاوری و سلیقه، ۱۳۹۰، ص.۸۹)، ارتباط بین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا و پارامترهای هواشناسی در تهران (جوانبخت امیری و خاتمی، ۱۳۹۱، ص. ۱۵)، شناسایی و تجزیه‌وتحلیل الگوهای تراز میانی جو مؤثّر در آلودگی هوای شهر اصفهان (عطایی و هاشمی‌نسب، ۱۳۹۰، ص.۹۷)، تحلیل سینوپتیکی آلودگی هوای شهر تهران(اسکانی کزازی و لاله‌سیاه پیرانی، ۱۳۸۹، ص. ۱۳۵)، تحلیل الگوی سینوپتیکی

1. Eder
2. Garner &
3. Rogers & et al
4. Beaver & et al
5. Choi
6. Park

اینورژن‌های شدید شهر تهران (لشگری و هدایتی، ۱۳۸۵، ص. ٦٥)، بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران (صفوی و علیجانی، ۱۳۸۵، ص.۹۹)، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های مربوط به آلودگی آلاینده‌های هوای تهران (احمدی‌مقدّم و محمودی، ۱۳۹۲، ص.۳۳) در آینده در شرایط تغییر اقلیم بر مقدار آلودگی هوا افزوده می‌شود (ژو[1]، چن[2]، کلیمن[3]، تایری[4] و کایان[5]، ۲۰۱۱، ص. ۳۳٤٤؛ تاها،[6] ۲۰۱۵، ص. ١٦٣) و تعداد روزهای همراه با هوای پاک کم می‌شود. در این پژوهش، با توجّه به اهمّیت رخداد هوای پاک و نقش آن در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای در کارهای حسّاس به آلودگی، پس از بررسی فراوانی رخداد روزانهٔ ماهانه و سالانه، علّت رخداد روزهای همراه با هوای پاک به‌منظور پیش‌بینی رخداد آن، بررسی شده است. به علّت فراوانی زیاد رخداد روزهای آلوده و خسارات زیان‌بار آن بر تمام جنبه‌های زندگی انسان و محیط‌زیست آن بیشتر مطالعات تاکنون درزمینهٔ بررسی آلودگی هوای تهران با عناوین مختلف بوده است، امّا تاکنون علّت رخداد روزهای همراه با هوای پاک، به‌منظور پیش‌بینی وقوع آنها بررسی نشده است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳. ۱. روش تحقیق

در این تحقیق، داده‌های روزانه مربوط به شاخص کیفیت هوا از شرکت کنترل کیفیت هوای تهران و داده‌های اقلیمی مربوط به بارش و سمت و سرعت باد از سازمان هواشناسی کشور برای یک دورهٔ ١٦ ساله از سال ۱۳۹۳ــ۱۳۷۸ اخذ گردید. با توجّه به موضوع موردمطالعه، از بین ٦ گروه مربوط به کیفیت هوا، روزهایی که در آن مقدار شاخص ۰ تا ۵۰ بود، به‌عنوان روز همراه با هوای پاک تفکیک و انتخاب گردید. ابتدا توزیع فراوانی روزانه، ماهانه و سالانهٔ تعداد روزهای همراه با هوای پاک بررسی و به شکل نمودار نشان داده شد. به‌منظور بررسی شرایط رخداد روزهای همراه با هوای پاک، دو عامل کلّی؛ یعنی عدم وجود منابع آلوده‌کننده و شرایط اقلیمی درنظر گرفته شد. با توجّه به اینکه مهم‌ترین منبع آلایندهٔ هوا

1 .Zhao
2. Chen
3. Kleeman
4. Tyree
5. Kayan
6. Taha

در تهران، منابع متحرّک یا همان وسایل نقلیه می‌باشد. به‌علّت کاهش فعّالیت منابع آلوده‌کننده، روزهای تعطیل به‌عنوان عامل اوّل درنظر گرفته شد و برای عامل دوم دو پارامتر مهم و مؤثّر در کیفیت هوا، یعنی سمت و سرعت باد و بارش انتخاب شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل عوامل در شرایط مختلف، هرکدام از داده‌ها به‌صورت کدهای جداگانه به شرح ذیل تعریف گردید (جدول ۱).

کد ۱: اگر سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه باشد؛ کد ۲: اگر سمت باد غرب و شمال غرب باشد؛ کد ۳: اگر بارش در همان روز(روز هوای پاک)رخ داده باشد؛ کد ٤: اگر همان روز بارش نباشد، امّا روز قبل بارش رخ داده باشد؛ کد ٥: اگر همان روز بارش باشد، امّا روز قبل بارش رخ نداده باشد؛ کد ٦: نه همان روز و نه روز قبل بارش رخ نداده باشد؛ کد ۷: اگر همان روز و روز قبل، هر دو بارش رخ داده است؛ کد ۸: اگر در روز قبل، سرعت باد بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و یا جهت آن از سمت غرب و شمال غرب باشد؛ کد ۹: اگر همان روز تعطیل باشد؛ کد ۱۰: اگر روز قبل تعطیل باشد؛ کد ۱۱: اگر همان روز و روز قبل، هر دو تعطیل باشند؛ کد ۱۲: اگر همان روز و روز قبل، هر دو تعطیل نبوده باشند؛ کد ۱۳: اگر همان روزِ رخدادِ هوای پاک، تعطیل یا روز قبل تعطیل بوده است. با استخراج ۱۳ ویژگی در غالب سه عامل باد، باران و روز تعطیل، داده‌ها تجزیه‌وتحلیل شدند و به دو گروه داده‌های انفرادی، یعنی باد، بارش و روز تعطیل هرکدام به تنهایی و داده‌های ترکیبی، یعنی باد و باران، باد و تعطیلی، باران و تعطیلی و باد، باران و تعطیلی تقسیم شدند(شکل ۱) تا عوامل مؤثّر بر رخداد هوای پاک به‌ترتیب اولویت مشخّص و شناسایی گردد و به‌این‌ترتیب پیش‌بینی احتمال رخداد یک روز با هوای پاک در تهران تاحدودی امکان‌پذیر شو

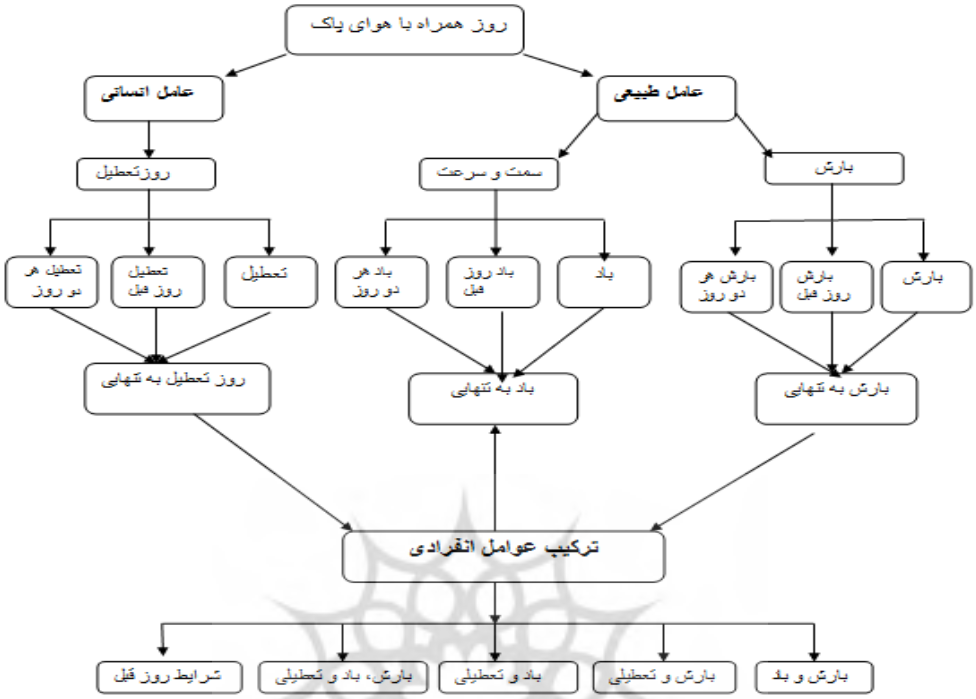
جدول ۱ـ ویژگی عوامل مؤثّر بر رخداد روز همراه با هوای پاک

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹٤

کد	ویژگی
کد ۱	سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه باشد.
کد ۲	سمت باد غرب و شمال غرب باشد.
کد ۳	بارش در روز همراه با هوای پاک رخ داده باشد.
کد ٤	رخداد بارش در روز قبل از رخداد هوای پاک
کد ٥	در روز رخداد هوای پاک بارش باشد، امّا روز قبل بارش رخ نداده باشد.
کد ٦	نه روز رخداد هوای پاک و نه روز قبل، بارش رخ نداده باشد.
کد ۷	روز رخداد هوای پاک و روز قبل، هر دو بارش رخ داده است.
کد ۸	اگر در روز قبل از رخداد هوای پاک سرعت باد بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و یا جهت آن از سمت غرب و شمال غرب باشد.
کد ۹	روز رخداد هوای پاک، روز تعطیل باشد.
کد ۱۰	اگر روز قبل از رخداد هوای پاک، تعطیل باشد.
کد ۱۱	اگر روز رخداد هوای پاک و روز قبل، هر دو تعطیل باشند.
کد ۱۲	اگر روز رخداد هوای پاک و روز قبل، هر دو تعطیل نبوده باشند.
کد ۱۳	یا روز رخداد هوای پاک یا روز قبل تعطیل بوده است.

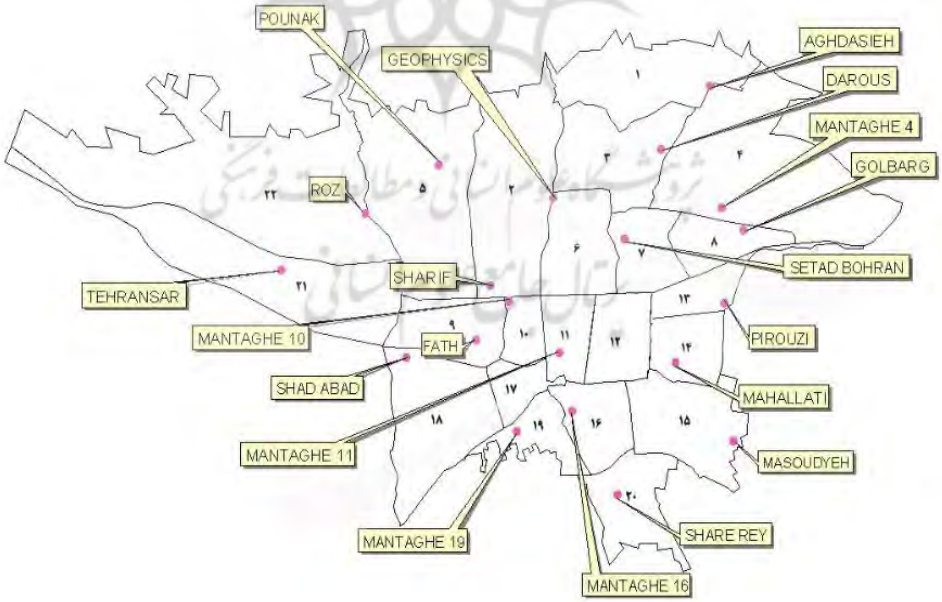
۲.۳. منطقهٔ موردمطالعه

در این پژوهش، منطقهٔ موردمطالعه تهران بزرگ با ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول جغرافیایی در نیمکرهٔ شرقی و ۳۸ درجه و ٤۱ دقیقه عرض جغرافیایی در نیمکرهٔ شمالی می‌باشد. این کلان‌شهر یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا ازلحاظ کیفیت هوا می‌باشد. درمجموع ۲۰ ایستگاه پایش مربوط به شرکت کنترل کیفیت هوا وجود دارد (شکل ۲). در این پژوهش، از شاخص کیفیت هوای مجموع کل ایستگاه‌ها و از اطّلاعات مربوط به هواشناسی ایستگاه مهرآباد استفاده شده است.



شکل ۱ـ الگوریتم رخداد روز همراه با هوای پاک به‌منظور امکان احتمال پیش‌بینی آن

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹٤



شکل ۲ـ منطقهٔ موردمطالعه

مأخذ: وبسایت شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹٤

٤. مبانی نظری تحقیق

شاخص استاندار کیفیت هوا در شش گروه طبقه‌بندی شده است:

هوای پاک: مقدار ۰ ـ ۵۰ این شاخص بیانگر هوای پاک می‌باشد. با توجّه به رشد روزافزون جمعیت و منابع آلوده‌کننده، نظیر وسایل حمل‌ونقل، افزایش جمعت کلان‌شهرهایی نظیر تهران و درنتیجه ترویج فرهنگ شهرنشنی که منجر به افزایش ترافیک شهری و سفرهای درون‌شهری شده، تعداد روزهای با کیفیت پاک در کلان‌شهر تهران دارای روند کاهشی است. در شکل (۳) مقدار شاخص استاندارد آلودگی در یک روز پاک، در ایستگاه‌های کنترل کیفی هوای شهر تهران نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، غیر از دو ایستگاه که در مرکز شهر واقع شده و همیشه به‌علّت تراکم بالای جمعیت و منابع آلوده‌کننده دارای آلودگی بیشتری نسبت به سایر نقاط هستند، در اغلب ایستگاه‌ها مقدار این شاخص کمتر از ۵۰ است.

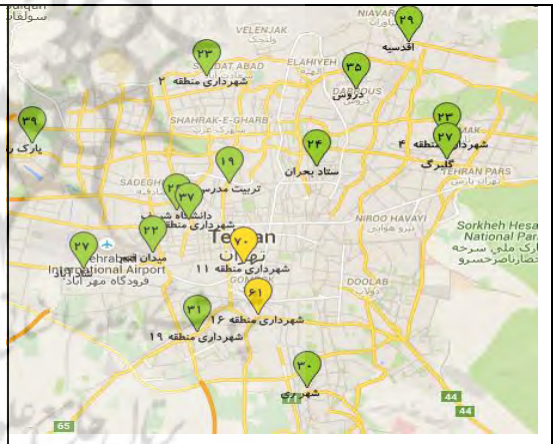
هوای سالم: مقدار ۵۱ ـ ۱۰۰ این شاخص به این معنی است که کیفیت هوا متوسط است و برای افراد، چه سالم و چه مریض، مشکل‌ساز نمی‌باشد؛ هرچند در چنین شرایطی افرادِ خیلی حسّاس باید فعّالیت‌های طولانی یا خیلی سنگین را در خارج از منزل کاهش دهند. تعداد این روزها از روزهای همراه با هوای پاک در آسمان تهران بیشتر است، امّا با استانداردهای جهانی فاصله دارد. شکل (٤) یک روز که شاخص آلودگی در حد سالم بوده است را نشان می‌دهد.

ناسالم برای گروه‌های حسّاس: مقادیر مربوط به کیفیت ۱۰۱ ــ ۱۵۰ این شاخص مبیّن هوای ناسالم برای گروه‌های حسّاس است. به این معنی که اگر شاخص کیفیت هوا در این سطح باشد، تأثیر منفی بر عموم مردم ندارد، امّا می‌تواند افرادی با بیماری ریوی یا بیماری قلبی، کودکان و زنان باردار را در معرض خطر قرار دهد (شکل ۵).

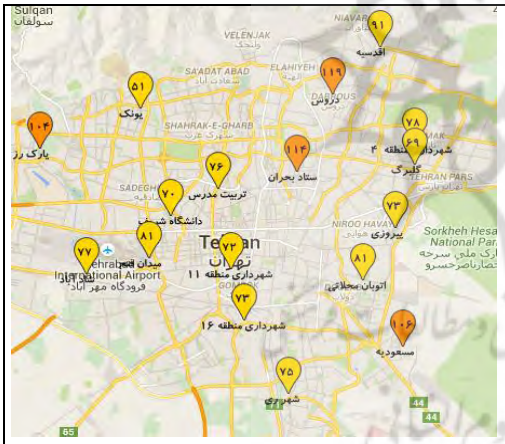
ناسالم برای همهٔ افراد: شاخص کیفیت هوای بین ۱۵۱ ــ ۲۰۰ برای همهٔ افراد جامعه، ناسالم می‌باشد و قرارگیری و انجام فعّالیت در چنین شرایطی برای انسان مضر است. درخصوص تعداد روزهای ناسالمِ استانداردِ سازمان بهداشت جهانی عدد ۱ است و این در حالی است که ما درزمینهٔ تعداد روزهای ناسالم در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، شاهد ۲۱۵ و ١٤٦ روز ناسالم بوده‌ایم (گزارش کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۳، ص. ۵) که این رقم به معنای فاصله

داشتن بسیار زیاد از استانداردهای بهداشت جهانی در این زمینه است (شکل(٦) (**بسیار ناسالم**: شاخص کیفیت هوا بین ۲۰۱ ـ ۳۰۰ هوای بسیار ناسالم می‌باشد که می‌تواند به همهٔ افراد جامعه، آسیب جدّی وارد کند. در بیشتر سال‌های موردمطالعه رخ داده است، امّا خوشبختانه فراوانیِ وقوع آن کم بوده و در بیشتر سال‌ها، تنها یک روز بوده و بیشترین رخداد آن در سال ۱۳۹۰ با سه روز فراوانی بوده است (شکل۷).

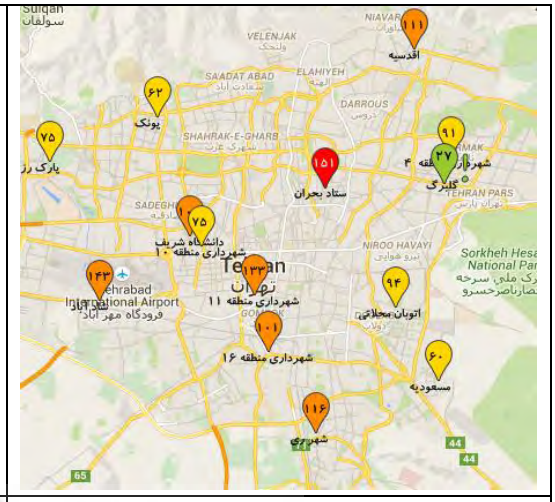
خطرناک: کیفیت هوا بیشتر از ۳۰۱ خطرناک است که اثرات جبران‌ناپذیری بر سلامت افراد دارد. البته خوشبختانه فراوانی رخداد آن کم است و در طول دورهٔ آماری موردمطالعه، تنها در سال ۱۳۸۸ با فراوانی یک روز رخ داده است. درصورت رخداد شرایط خطرناک، نه‌تنها کودکان، بیماران آسمی و افرادی که بیماری‌های ریوی و قلبی ـ عروقی دارند، باید از منزل خارج نشوند، بلکه سایر افراد سالم نیز باید از فعّالیت‌های بیرون از منزل اجتناب کنند (شکل ۸)



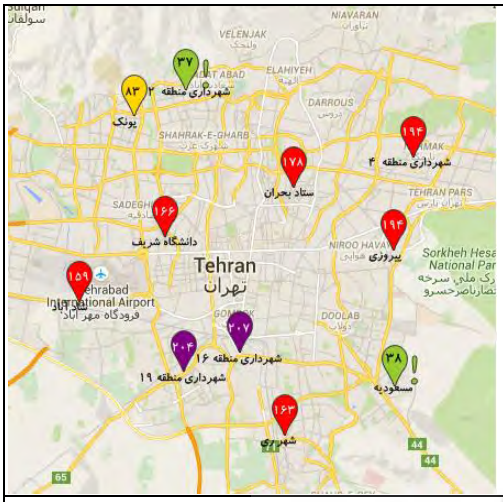
شکل ۳ـ مقدار AQI در یک روز با هوای پاک



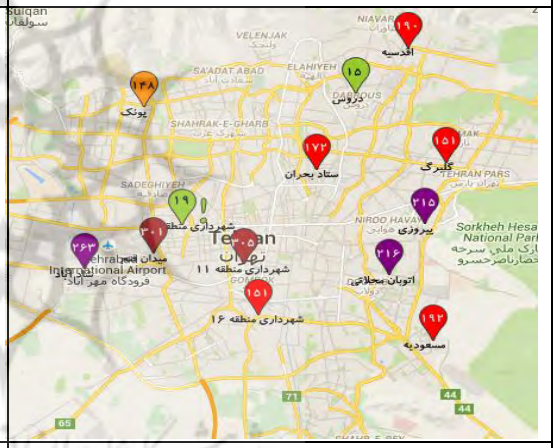
شکل ٤ـ مقدار AQI در یک روز با هوای سالم



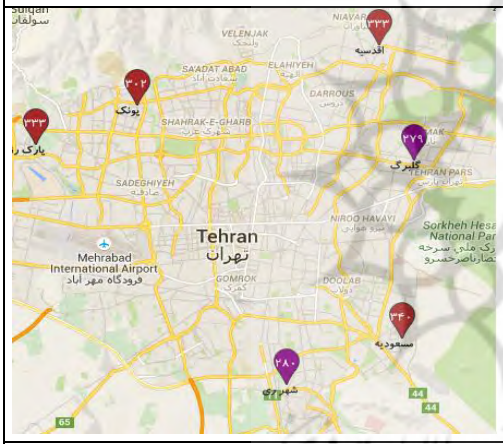
شکل۵ـ مقدار AQI سالم برای گروه‌های حسّاس



شکل٦ـ مقدار AQI ناسالم برای همهٔ افراد



شکل۷ـ مقدار AQI در یک روز بسیار ناسالم



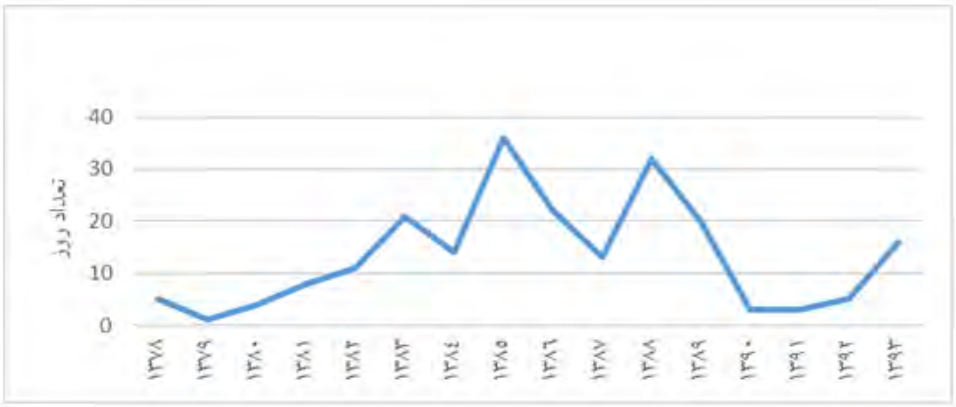
شکل۸ـ مقدار AQI در یک روز خطرناک

مأخذ: وبسایت شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹٤

۵. یافته‌های تحقیق

بررسی روند سالانهٔ تعداد روزهای همراه با هوای پاک در سال‌های ۱۳۷۸ـ۱۳۹۳

رخداد روز همراه با هوای پاک در تهران به عوامل متعدّدی بستگی دارد. بنابراین وقوع روزهای همراه با هوای پاک روند مشخّصی ندارد و با توجّه به تغییرات این عوامل که خود نیز متغیّر بوده، از سالی به سال دیگر متفاوت است؛ به‌طوری‌که در برخی از سال‌ها ازجمله ۱۳۷۹ تعداد روز همراه با هوای پاک، یک روز و در سال ۱۳۸۵، ۳٦ روز گزارش شده است (شکل ۹).



شکل ۹ـ توزیع سالانهٔ تعداد روزهای همراه با هوای پاک (۱۳۹۳ـ۱۳۷۸)

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹٤

توزیع ماهانهٔ تعداد روزهای همراه با هوای پاک در سال‌های ۱۳۹۳ـ۱۳۷۸

بررسی توزیع آماری ماهانهٔ فراوانی روزهای همراه با هوای پاک طی دورهٔ آماری ۱٦ساله نشان می‌دهد که بیشترین روزهای همراه با هوای پاک در فروردین‌ماه است. در ماه‌های زمستان ازجمله بهمن که پرباران‌ترین ماه زمستان است، تعداد روزهای پاک از فراوانی بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها برخوردارند. پس از بهمن در سایر ماه‌های پُرباران، تعداد روزهای همراه با هوای پاک نسبت به ماه‌های بدون بارش و کم‌بارش بیشتر است (شکل ۱۰).

شکل ۱۰ـ توزیع ماهانهٔ روزهای همراه با هوای پاک(۱۳۹۳ـ۱۳۷۸)

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹٤

عوامل مؤثّر بر تعداد روزهای همراه با هوای پاک

رخداد یک روز همراه با هوای پاک در طول سال، در تهران یک پدیدهٔ نادر و با فراوانی وقوع بسیار کم است. علّت رخداد آن دو دسته عوامل طبیعی، یعنی بارش و باد و عوامل انسانی درنظر گرفته شده است. در بین عوامل طبیعی در تمام فصول سال، الگوهای هواشناسیِ حاکم با توجّه به ویژگی‌های خود که با عوارض متعدّدی، مانند صعود هوا یا نزول و وارونگی هوا همراه هستند، نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت هوا دارند. مهم‌ترین منبع آلاینده‌های هوا اتومبیل‌ها هستند که روزانه تقریباً به‌طور ثابت، آلاینده‌ها را به داخل جو منتقل می‌کنند. بنابراین شاید بتوان ادّعا کرد که حالت‌های خاص سینوپتیکی حاکم بر منطقه، میزان پاک‌بودن هوا را تعیین می‌کند. به این معنی که درصورت حاکمیت الگوهای پُرفشار به‌خصوص در اواخر پاییز و اوایل زمستان به‌دلیل پایداری هوا و ظهور پدیدهٔ وارونگی دما، پتانسیل آلودگی بالاتر رفته و سبب به‌دام‌افتادن آلاینده‌های جوّی می‌شود. بنابراین هواشناسی می‌تواند در شناخت و پیش‌بینی چنین شرایطی ایفای نقش کند. از طرفی پیش‌بینی سمت و سرعت باد و رخداد بارش نیز که منجر به پاک‌بودن هواست، امکان‌پذیر می**باشد**. امّا بررسی روزهای همراه با هوای پاک نشان می‌دهد که باد و باران در بهبود کیفیت هوا مؤثّر است. امّا همیشه نمی‌تواند آن را به شرایط هوای پاک برساند و ممکن است عوامل دیگری با تأثیرگذاری بیشتری وجود داشته باشند.

عوامل طبیعی ـ اقلیمی

بارش: بارش می‌تواند منجر به کاهش آلودگی هوا شده و آن را در شرایط سالم و حتّی پاک قرار دهد. اما آلودگی هوا نمی تواند مانع از رخداد بارش شود (آلبرت،[1] هالفون،[2] لیون[3]، ۲۰۰۸، ص.۹۳۳) بررسی روزهای همراه با بارش و ارتباط آن با کیفیت هوای روزانه نشان می‌دهد که بارش به‌تنهایی می‌تواند هوا را به شرایط سالم برساند، امّا به‌ندرت می‌تواند هوا را به شرایط پاک برساند. بنابراین یک روز همراه با بارش می‌تواند منجر به وقوع یک روز همراه با هوای پاک شود، امّا هر روز همراه با بارش، حتماً پاک نمی‌باشد. در بین تمام روزهای همراه با هوای پاک، تنها در ۵۲ درصدِ موارد بارش و در ۲۲ درصد موارد، روز قبل بارش بوده است.

1. Alpert
2. Halfon
3. Levin

امّا در ۳۷ درصدِ موارد، همزمان هم روز پاک و هم روز قبل از آن بارش بوده است. در ۸/۸ درصدِ موارد نه روز هوای پاک و نه روز قبل از آن بارش بوده است. آستانهٔ خاصی از مقدار بارش که بتواند هوا را در شرایط پاک قرار دهد، نمی‌توان تعریف کرد؛ چون پاک‌بودن هوا به عوامل دیگری نیز بستگی دارد.

سمت و سرعت باد: باد با حرکت افقی خود می‌تواند آلودگی هوا را کاهش دهد.باوجودی که در شهر تهران، باد از الگوهای متفاوتی حتّی در طول شبانه‌روز تبعیت می‌کند، امّا معمولاً در سمت غرب، سرعت بیشتری نسبت به شرق آن دارد (قنبری و عزیزی، ۱۳۸۸، ص. ۱۵) و در مرکز، بیشتر به‌خاطر شکلِ مورفولوژی آن و شاید دلایل دیگر سرعت آن افت می‌کند و منجر به ماندگاری بیشتر آلودگی هوا در آن مناطق می‌شود و مناطق بحرانی از نظر آلودگی را پدید می‌آورد. در فصل بارندگی به‌علّت نفوذ سیستم بادهای غربی، فراوانیِ رخدادِ روزهای پاک به‌علّت وجود وزشِ باد با آستانه‌های مناسب برای پاک‌کردن هوا بیشتر از فصول بی‌بارش است. بنابراین باد می‌تواند نقش دوگانه‌ای را در پاکی و آلودگی هوا داشته باشد: در سرعت‌های پایین از طریق انتشار آرام و ماندگاریِ آن، سبب آلودگی هوا می‌شود و در سرعت‌های بالا آلودگی را از شهر دور کرده و منجر به پاک‌شدن هوا می‌شود. اگر سرعت باد به بیش از ۱۰ ـ ۱۵ متر بر ثانیه برسد، می‌تواند هوا را به وضعیت سالم تا پاک برساند. بررسی آمار مربوط به سمت و سرعت باد در شهر تهران نشان می‌دهد که در بیشتر موارد، باد آرام و ضعیف بوده و به کمتر از ۳ متر بر ثانیه می‌رسد. اغلب بادهای ضعیف سبب ماندگاری آلاینده‌ها در سطوح پایین جو شده و باعث تداوم آلودگی هوا می‌شوند. امّا اگر سرعت باد به حد قابل‌ملاحظه‌ای برسد، می‌تواند منجر به پاک‌شدن هوا شود. بررسی روزهای همراه با هوای پاک و ارتباط آن با سمت و سرعت باد نشان داد یک آستانهٔ مشخصّی از باد که به‌تنهایی بتواند منجر به پاک‌شدن هوا شود، به‌طور دقیق نمی‌توان ارائه داد؛ چراکه علاوه بر باد، عوامل دیگری نیز در پاک‌بودن هوا مؤثّرند. در ٤١/٥ درصد موارد هوای پاک، سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه بوده است. بنابراین سرعت باد بیش از ۱۰ متر در ثانیه می‌تواند در سالم‌بودن و پاک‌شدن هوا مؤثّر باشد، امّا هر روز همراه با هوای پاک، معلول وزش باد نیست و عوامل دیگری نیز می‌تواند در آن تأثیر داشته باشند. باد غالب تهران غربی می‌باشد در روزهای همراه با هوای

پاک در ۷۰ درصد موارد، باد از سمت غرب و در درجهٔ دوم از سمت شمال غرب وزیده است.

عوامل انسانی؛ روزهای تعطیل

۸۵ درصد از آلودگی هوای تهران، ناشی از منابع متحرّک و خودروها است. وسایل نقلیه با تولید گازهای مونوکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن علاوه بر گرم‌شدن زمین، خطر بروز بیماری‌های قلب و عروق، انواع سرطان و... را افزایش می‌دهند. بررسی تعداد روزهای همراه با هوای پاک نشان داد که فروردین‌ماه دارای بیشترین روزهای همراه با هوای پاک است. در این ماه به‌علّت تعطیلی‌های رسمی و غیررسمیِ بیشتر نسبت به ماه‌های دیگر، به‌دلیل کم‌شدن منابع آلاینده که به‌طور عمده همان وسایل نقلیه می‌باشد، تعداد فراوانی روزهای همراه با هوای پاک زیاد می‌شود. در میان منابع گوناگون انتشار، خودروها عامل انتشار ۷۵ درصد از ذرّات معلّق (مهم‌ترین آلاینده‌های هوای تهران)، ۹۵ درصد منواکسیدکربن و ٦۰ درصد اکسیدهای ازت هستند (گزارش کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۳، ص.٦). بررسی روزهای همراه با هوای پاک و ارتباط آن با روزهای تعطیل نشان داد که در ۵۳ درصد موارد رخداد روزهای پاک، تعطیل بوده و در ۵۱ درصد موارد، روز قبل از روز هوای پاک تعطیل بوده است و پاک‌بودن هوا با یک روز تأخیر اتّفاق افتاده است. بنابراین درمجموع، در ۷۰ درصد از روزهای همراه با هوای پاک یا همان روز تعطیل بوده و یا روز قبل تعطیل بوده است.

مهم‌ترین عوامل پاک‌کنندهٔ هوای تهران

با توجّه به آلودگی شدید این کلان‌شهر، گاهی تنها یک عامل به‌تنهایی نمی‌تواند حجم عظیم آلودگی را از بین ببرد و هوا را به مرحلهٔ استانداردِ شاخص پاک برساند. بررسی هوای روزهای پاک نشان می‌دهد که در بیشتر موارد، ترکیبی از عوامل با کمک هم توانسته‌اند به پاک‌شدن هوا کمک کنند. عوامل باد، بارش و روز تعطیل هرکدام به‌ترتیب ۸/۹ درصد، ۹/۹ درصد، و ۱۹/۲ درصد از روزهای همراه با هوای پاک را شامل می‌شوند. درمجموع، ۳۸ درصد روزهای پاک تنها توسط یک عامل به‌تنهایی به شرایط هوای پاک رسیده است. ترکیب عوامل که به‌صورت باد و باران ۵/٦ درصد، باد و تعطیلی ۱۰/۳ درصد، باران و تعطیلی ۲۳ درصد، باد باران و تعطیلی ۱٤/۱ درصد است که در مجموع ۵۳/۱ درصد موارد هوای پاک را شامل

می‌شود. در ۸/۹ درصد موارد دیگر، با توجّه به شرایط همین سه عامل اصلی، با یک روز تأخیر بستگی دارد.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

رخداد روز همراه با هوای پاک در تهران پدیده‌ای نادر است. کیفیت هوا بر روی تمام فعّالیت‌های بشر تأثیر دارد. آگاهی از رخداد هوای پاک می‌تواند به برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای در سطح کلان تا برنامه‌ریزی‌های روزمرّهٔ افراد کمک کند. عوامل متعدّدی می‌تواند در پاک‌بودن کیفیت هوای تهران مؤثّر باشند. عوامل مؤثّر بر پاک‌بودن هوا به دو عامل طبیعی و انسانی تقسیم شدند. در بین عوامل طبیعی، دو عامل اقلیمیِ بارش و سمت و سرعت باد درنظر گرفته شد، امّا با علم به این مهم که مهم‌ترین منبع آلایندهٔ هوای شهر تهران، منابع متحرّک آن می‌باشد و فعّالیت منابع متحرّک در روزهای تعطیل به حداقل ممکن می‌رسد، روزهای تعطیل نیز به‌عنوان یک عامل مهم که انسان عامل اصلی آن است، درنظر گرفته شد. توزیع سالانهٔ فراوانی تعداد روزهای همراه با هوای پاک نشان داد که بیشترین تعداد آن در سال ۱۳۸۵ با ۳٦ روز و کمترین فراوانی در سال ۱۳۷۹ با یک روز می‌باشد. بنابراین فراوانی تعداد رخدادها در سال‌های مختلف از توزیع خاصّی پیروی نکرده و روند تغییرات معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. توزیع ماهانهٔ روزهای همراه با هوای پاک، بیشترین فراوانی را در فروردین‌ماه که دارای بیشترین روزهای تعطیل رسمی و غیررسمی است، نشان می‌دهد و بعد ماه‌هایی که بیشتر با ناپایداری‌های جوّی همراه هستند، در درجهٔ دوم اهمّیت قرار دارند. به‌منظور شناسایی عوامل مؤثّر بر رخداد هوای پاک در تهران به‌ترتیب اولویت، تمام ویژگی‌های روزهای همراه با هوای پاک در یک الگوریتم براساس سه عامل بارش، سمت و سرعت باد، و روز تعطیل به ۱۳ کد تقسیم شدند، درصد فراوانی هریک از عوامل استخراج و تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد که در ۵۲ درصد موارد، وجود بارندگی در همان روز رخداد هوای پاک و ۲۲ درصد موارد با تأخیر یک‌روزه می‌تواند در پاک‌بودن هوا مؤثّر باشد. بنابراین بارندگی می‌تواند منجر به پاک‌شدن هوا شود. امّا هر روز همراه با بارش، هوای پاک به‌همراه ندارد و بارندگی تنها می‌تواند هوا را به کیفیت سالم برساند. بررسی ارتباط روزهای همراه با هوای پاک با سرعت وزش باد نشان داد که در ٤۱/۵ درصد روزهای پاک، سرعت باد بیشتر از ۱۰ متر بر ثانیه بوده

و در ۷۲ درصد موارد، سمت آن غرب و شمال غرب بوده است. امّا در بسیاری از روزها باوجود سمت و سرعت مناسب باد، هوایی با کیفیت پاک وجود ندارد که این امر بیانگر این مهم است که سمت و سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه می‌تواند به پاک‌بودن کیفیت هوا کمک کند، امّا هوا در هر روزی که این ویژگیِ سمت و سرعت را داشته باشد، پاک نیست و باید دلیل را در عوامل انفرادی و ترکیبی دیگری نیز جست‌وجو کرد.

بررسی روزهای همراه با هوای پاکِ تهران نشان داد که در برخی از روزها، علی‌رغم پاکی هوا شرایط مناسبی از نظر بارش و سمت و سرعت باد وجود ندارد. با علم به این موضوع که بیشترین منبع آلودگی هوای شهر تهران منابع متحرّک خودروها می‌باشند، روز تعطیل به‌عنوان یکی از عوامل مؤثّر بر پاک‌بودن هوا تشخیص داده شد. نتایج نشان داد که در ۵۳ درصد موارد رخدادِ روزهای همراه با هوای پاک، در روزِ تعطیل بوده و در ۵۱ درصد موارد دیگر، روز قبل از روز همراه با هوای پاک، تعطیل بوده است و پاک بودن هوا با یک روز تأخیر رخ داده است. در مقایسه با دو عامل دیگر، در ۷۲ درصد موارد روز همراه با هوای پاک، در روزی رخ داده که تعطیل بوده و یا روز قبل از آن، تعطیل بوده است. رخداد روز همراه با هوای پاک در برخی موارد، بیشتر معلول یک عامل و در برخی موارد، معلول چند عامل به‌طور همزمان است. نتایج نشان داد در بین عوامل به‌طور منفرد، عامل تعطیلی با بیشترین درصد در درجهٔ اوّل اهمّیت قرار دارد. در بین عوامل ترکیبی، عامل تعطیلی همراه با بارش بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است. درنهایت با توجّه به عوامل انفرادی و ترکیبی می‌توان نتیجه گرفت که مهم‌ترین عامل در رخداد هوای پاک در تهران برخلاف تصوّر عامّه که بارش و باد را عامل آن می‌دانند، روز تعطیل است.

کتابنامه

۱. احمدی مقدّم، م؛ محمودی، پ.(۱۳۹۲). تحلیل داده‌های آلودگی هوای تهران در دههٔ اخیر(۱۳۸۸ـ۱۳۷۹). *فصلنامهٔ سلامت و محیط*، ٦ (۱)، ۳۳ـ٤٤.

۲. اسکانی کزّازی، غ؛ لاله‌سیاه پیرانی، م. (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیکی آلودگی هوای شهر تهران. *فصلنامهٔ علمی پژوهشی جغرافیا*، ٦(٤)، ۱۳۵ـ۱٦۱.

۳. ثنایی، م.؛ خان‌محمّدی، م.؛ و محمّدی، ح. (۱۳۹٤). تحلیل اثرِ الگوی سینوپتیکی رخداد مخاطره‌آمیز موج گرمای تابستان ۱۳۹۲ و فوت ناشی از آلودگی شهر تهران. *نشریهٔ دانش مخاطرات*، *۱*(۲)، ۷۳ـ٦۷.

٤. جوانبخت امیری، س.؛ خاتمی، ه.(۱۳۹۱). بررسی ارتباط بین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا و پارامترهای هواشناسی در تهران با رویکرد آنالیز رگرسیون. *نشریهٔ انسان و محیط‌زیست*، ۲۰(۳۱)، ۲۸ـ۱۵.

۵. شرعی‌پور، ز.؛ بیدختی، ع.(۱۳۸٤). بررسی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی. *اوّلین همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت*. تهران: مؤسّسهٔ زیست‌محیط پاک، ۲۵ـ۱.

٦. شرکت کنترل کیفیت هوا. (۱۳۹۳). *گزارش سالانهٔ کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۲*. چاپ اوّل.

۷. صفوی، ی.؛ علیجانی، ب.(۱۳۸۵). بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران. *پژوهش‌های جغرافیایی*، *۳۸*(۵۸)، ۹۹ـ۱۱۲.

۸. عطایی، ه.؛ هاشمی‌نسب، س. (۱۳۹۰). شناسایی و تجزیه‌وتحلیل الگوهای تراز میانی جو مؤثّر در آلودگی هوای شهر اصفهان. *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۲(٤)، ۹۷ـ۱۱۲.

۹. قنبری، ح.؛ عزیزی، ق. (۱۳۸۸). شبیه‌سازی عددی رفتار آلودگی تهران براساس الگوی باد. *نشریهٔ پژوهش های جغرافیای طبیعی*، ٤۰(٦۸)، ۱۵ـ۲۲.

۱۰. لشگری، ح.؛ هدایت، پ. (۱۳۸۵). تحلیل الگوی سینوپتیکی اینورژن‌های شدید شهر تهران. *پژوهش های جغرافیایی*، ۳٦(۵٦)، ٦۵ـ۸۲.

۱۱. معتمدی، م.؛ معماریانی، ف. (۱۳۹۲). بررسی نقش عوامل اقلیمی، انسانی و جغرافیایی در آلودگی هوا. *دومین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات محیطی*. تهران: دانشگاه خوارزمی، ۱ـ۱۲.

۱۲. وب سایت شرکت کنترل کیفیت هوای تهران. (۱۳۹٤). گزارش سالانه کیفیت هوا. خرداد ۱۳۹۵. https://air.tehran.ir

۱۳. یاوری، ح.؛ سلیقه، م.(۱۳۹۰). سطوح وارونگی در آلودگی‌های شهر تهران. *نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، *۱۷*(۲۰)، ۸۹ـ۱۰۵.

14. Alpert, P., Halfon, N., & Levin, Z. (2008). Does air pollution really suppress precipitation in Israel? *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *47*(4), 933-943.

15. Beaver, S., Tanrikulu, S., Palazoglu, A., Singh, A., Soong, S. T., Jia, Y., & Steyn, D. G. (2010). Pattern-based evaluation of coupled meteorological and air quality models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *49*(10), 2077-2091.

16. Choi, J., Park, Y. S., & Park, J. D. (2015). Development of an aggregate air quality index using a PCA-based method: A case study of the US transportation sector. *American Journal of Industrial and Business Management, 5*(2), 53-65.
17. Eder, B., Kang, D., Rao, S. T., Mathur, R., Yu, S., Otte, T., & McQueen, J. (2010). Using national air quality forecast guidance to develop local air quality index forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society, 91*(3), 313-326.
18. Garner, G. G., & Thompson, A. M. (2012). The value of air quality forecasting in the mid-Atlantic region. *Weather, Climate, and Society, 4*(1), 69-79.
19. Rogers, R. E., Deng, A., Stauffer, D. R., Gaudet, B. J., Jia, Y., Soong, S. T., & Tanrikulu, S. (2013). Application of the weather research and forecasting model for air quality modeling in the San Francisco Bay area. *Journal of Applied Meteorology and Climatology, 52*(9), 1953-1973.
20. Taha, H. (2015). Cool cities: Counteracting potential climate change and its health impacts. *Current Climate Change Reports, 1*(3), 163-175.
21. Zhao, Z., Chen, S. H., Kleeman, M. J., Tyree, M., & Cayan, D. (2011). The impact of climate change on air quality‐related meteorological conditions in California, part I: Present time simulation analysis. *Journal of Climate, 24*(13), 3344-3361.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی