پهنه‌بندی کیفیت هوای مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از GIS و روش‌های زمین آمار

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش نهایی مقاله:۹۷/۰۹/۱۸

فریبا سلیمانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران)
عباس ملک حسینی* (دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران)

چکیده

آلودگی هوا، به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی شهرها نمودی از باز خورد فعالیت‌های ناپایدار انسانی در سیستم‌های شهری محسوب می‌شود. تشخیص مشکلات ناشی از اثرات آلودگی در شهرها، ناکارآمدی برنامه‌های شهری مبتنی بر رهیافت‌های سنتی در مواجهه با اثرات آن و پیش‌بینی دقیق مناطق آلوده به عنوان بخشی از گام‌های مناسب می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای برنامه‌ریزان جهت مقابله با این مسئله ارائه نماید. در این مقاله، با توجه به معضل آلودگی هوا برای شناسایی دقیق‌تر وضعیت مناطق ۲۲ گانه شهر تهران و روند آلودگی، اقدام به ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی مناسب درطی سال‌های (۱۳۹۰-۱۳۹۵) شده است. هدف حرکت از تصورات ذهنی و خیالی به واقع‌گرایی است. روش تحقیق مطالعه "توصیفی- مقطعی" بوده و در آن به تحلیل فضایی میانگین (AQI) سالانه، ارائه شده توسط ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در شهر تهران پرداخته شده است. ابتدا از آمارهای روزانه آلودگی هوا بر اساس شاخص (AQI) طی سال‌های مزبور در شهر تهران میانگین گرفته و سپس در محیط (GIS) با استفاده از روش درون‌یابی (IDW) نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی هوا بدست آمد. همچنین با مدل آماری ضریب همبستگی اسپیرمن رابطه میان دو متغیر تصادفی ارتفاعات و آلودگی هوا بررسی شد. سپس با تحلیل نقشه‌های مزبور آلوده‌ترین مناطق شهری و دلایل آن بیان گردید. نتایج نشان داد که بیشترین پهنه آلودگی هوای تهران طی سال‌های مزبور"مناطق مرکزی و جنوب غربی" شهر تهران می‌باشد، رابطه معنی‌دار بین عامل ارتفاع و آلودگی هوای تهران وجود ندارد. بدین ترتیب با استفاده از شناسایی و تعمیم‌پذیری نظریه این پژوهش در خصوص آلودگی میسر شد و در نهایت با توجه به مناطق بیشتر آلوده شهر تهران، راه حل‌های سیستماتیک کارا ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: تهران، آلودگی هوا، شاخص AQI، درون‌یابی(IDW).

* نویسنده رابط: malekhoseini@yahoo.com

مقدمه

توسعه شهرها، افزایش ترافیک، مصرف بالای انرژی، عدم وجود مقررات و ضوابط به منظور محدود ساختن مناطق صنعتی و رعایت مقررات زیست محیطی باعث شده تا سلامت عمومی در شهرها، به علت کاهش قابل توجه کیفیت هوا به مخاطره بیفتد. امروزه نگرانی عمده برنامه‌ریزان شهری کنترل دقیق کیفیت هوا در شهرهای بزرگ است. در این میان، تهران به عنوان بزرگ‌ترین شهر ایران، یکی از کلان‌شهرهای آلوده دنیا محسوب می‌شود (نظریان و همکاران،۱۳۸۶). برای درک نقش محیط زیستی شهرها و اقداماتی که می‌توان برای کاهش آلودگی و اثرات آن بکار گرفت، لازم است شهرها را به عنوان جزئی از محیط زیست کلان در نظر داشت (ناهیدی،۱۳۹۰). کیفیت هوا در مناطق شهری به عواملی چون جریان هوا، موقعیت توپوگرافی، میزان آلاینده‌های منتشره از منابع مختلف، جمعیت و شرایط کالبدی بستگی دارد (حسامی و آویشن، ۱۳۸۵). تهران به عنوان یکی از ده کلان شهر توسعه نیافته در بین ۱۲۴ کلان شهر موجود در جهان با مشکلات این چنین مواجه است (فرهودی و همکاران،۱۳۹۰). امروزه، روش‌های مختلفی برای تخمین آلودگی هوا وجود دارد. یکی از این روش‌ها تلفیق اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی و روش‌های تحلیل فضایی(IDW Original) می‌باشد (تقی زاده، ۲۰۰۹).

اهداف پژوهش

هدف از این پژوهش شناسایی دقیق مناطق پر خطر در طی دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۹۵) در هوای شهر تهران و حرکت از تصورات ذهنی و خیالی به واقع گرایی است. لذا مطالعه دقیق روند آلودگی هوای مناطق می‌تواند راهکارهای مناسبی را در اختیار مسئولان شهری برای برنامه‌ریزی‌های آتی و پایدار شهر قرار دهد.

سؤالات و فرضیه‌های پژوهش

با توجه به مطالعات صورت گرفته، سؤالات پژوهش به شرح ذیل تدوین گردید:

- روند تغییرات کیفیت هوای شهر تهران در حدود سال‌های (۱۳۹۰- ۱۳۹۵) چگونه بوده است؟

- چه راه‌هایی برای کنترل آلودگی هوای مناطق پر خطر تهران وجود دارد؟

فرضیه‌های پژوهش نیز مبتنی بر موارد ذیل می‌باشد:

- به نظر می‌رسد بهترین روش جهت تشخیص پراکنش آلودگی در شهر تهران روش IDW باشد.
- تراکم آلاینده‌ها در مرکز و جنوب غرب شهر تهران بیش از سایر نقاط آن می‌باشد.
- عوامل ثابت و متحرک سبب افزایش آلودگی هوا در شهر تهران می‌گردد.

روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه (توصیفی- مقطعی) می‌باشد. معیار انتخاب تهران برمبنای پراکنش فضایی آلودگی روزانه هوا در طی دوره شش ساله بوده است. داده‌های اندازه‌گیری از ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و سازمان کنترل کیفیت هوا بدست آمده است. برای استخراج نقشه پهنه‌بندی از نرم افزار ARC GIS10/3و جهت تحلیل فضایی وضعیت آلودگی هوای مناطق شهر تهران از روش درون‌یابیIDW استفاده شده است.

ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

روهد و مولر در مقاله‌ای تحت عنوان آلودگی هوا در چین"نقشه برداری از غلظت و منابع" اطلاعات مربوط به آلودگی هوای ساعتی از جمله ذرات معلق ($PM_{2/5}$)، NO_2،SO_2 را از ۱۵۰۰ ایستگاه، با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ جهت تهیه نقشه‌های آلودگی بکار بردند. مطابق با یافته‌ها، سطح قابل توجهی از آلودگی در شرق و شمال چین گسترش یافته و در مرکز و در محدوده‌های شهرهای بزرگ پراکنده می‌شود. ۰/۳۸ میانگین غلظت‌های آلاینده‌های ناسالم در سال ۲۰۱۵ در هوای چین دیده شده. آلاینده $PM_{2/5}$ برابر ۵۲ میکروگرم در متر مکعب آلودگی را به وجود آورده است (روهد و مولر،۲۰۱۵[1]).

کامار و همکاران در مقاله‌ای با عنوان بکارگیری دستگاه‌های کم هزینه برای مدیریت آلودگی هوا در شهرها به بررسی رویکردهای معمول برای نظارت بر کیفیت هوا براساس شبکه‌های ثابت و کم هزینه شناسایی نقاط آلوده، برای توسعه استراتژی‌های زمان پرداختند. نتایج نشان داد که در صورت بکارگیری دستگاه در داخل اتومبیل رانندگان خود سعی در کاهش تولید آلاینده خواهند داشت (کامار و همکاران،۲۰۱۴[2]).

[1] . Rohed R.A., Muller
[2] .Kumar ,P et al

مهام و همکاران جهت نشان دادن تغییرات بارش و پیشنهاد بهترین مدل با استفاده از GIS در شمال غرب کشور با بررسی روش‌های درون‌یابی Kriging و IDW میانگین بارش سالیانه ۳۰ ساله ۱۳۵۹-۱۳۸۹ را از ۱۴ ایستگاه هواشناسی مورد محاسبه قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل‌های مزبور بهترین الگو برای"درون‌یابی میانگین بارش" در منطقه مطالعاتی است (مهام و همکاران،۱۳۹۳). شهبازی به ارزیابی روشIDW در توزیع فضایی مقدار آلودگی شهر تبریز پرداخته و عوامل مختلف طبیعی و غیر طبیعی مؤثر در آلودگی هوا را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است (شهبازی،۱۳۹۱). میری و همکاران جهت مقایسه و ارزیابی مدل‌های فضایی و آماری برای پیش بینی غلظت PM2/5 در مقیاس کلان در شهرستان مشهد از سه مدل "Ordinary Kriging،IDW ، Universal Kriging" استفاده کردند، نتایج نشان داد که بیشترین میانگین ماهیانه آلاینده PM۲/۵ مربوط به مهر ماه می‌باشد، کم‌ترین میانگین آلودگی مربوط به ایستگاه "طرقبه" در آبان ماه بوده است (میری و همکاران،۱۳۹۴). اسماعیل نژاد و همکاران آلاینده‌های(CO،NO،NO2، SO2،PM) را در بازه زمانی سال‌های۱۳۸۳-۱۳۹۲ از پنج ایستگاه سنجش آلاینده‌های هوای شهر تبریز گردآوری و سپس با استفاده نرم‌افزار ARC GISنقشه‌های درون‌یابی به دست آوردند. نتایج حاصل مقایسه گردیده همچنین وضعیت کیفیت هوای شهر در ایستگاه‌های مورد نظر تعیین و به نقش متقابل کاربری‌های اراضی مؤثر درکاهش یا افزایش آلودگی پرداخته شده است (اسماعیل نژاد، ۱۳۹۴). میرموسوی و میران به مطالعه کاربرد روش‌های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش استان کرمان پرداخته و با استفاده از روش‌هایKriging و IDW نسبت به درون‌یابی بارش در این استان اقدام نموده‌اند (میرموسوی و همکاران،۱۳۹۰). نور نورازیانا و همکاران در سال ۲۰۰۸ از روش‌های درون‌یابی و تکنیک‌های میانگین استفاده کرده و بیان داشتند که روش میانگیری "درون‌یابی خطی" بهترین نتایج را برای پیش بینی ارائه می‌دهد (نور و همکاران، ۲۰۰۸[1]).

مبانی نظری

کلیات آلودگی هوا

آلودگی هوا عبارت است از وجود یک یا چند آلوده کننده مانند گرد و غبار، گازها، بو، دود و بخارات در هوای آزاد با کمیت‌ها و ویژگی‌های مختلف که برای انسان، گیاه،

[1] .Noor et al

حیوان خطرناک باشد (پرکینز،۱۳۷۳،۴). در قانون آلودگی هوای کشور ماده ۲ مصوب ۱۳۷۴ ذکر گردیده است، منظور از آلودگی هوا عبارت است از وجود و پخش یک یا چند آلوده کننده در هوای آزاد به مقداری که کیفیت هوا را تغییر دهد (ساعد و تیلا، ۱۳۸۷).

منابع آلودگی هوا

الف– منابع متحرک

ترافیک ناشی از توسعه فیزیکی و کالبدی شهرها و ازدیاد وسایط نقلیه به خصوص تجمع کاربری‌های سفرزا در بخش مرکزی شهرها یکی از چالش‌های شهری است (نظریان و گودرزی،۱۳۹۲). آلودگی هوای ناشی از ترافیک شهری، مهم‌ترین چالش تهران محسوب می‌گردد. در این میان، بیشترین آلاینده‌ها مربوط به منابع متحرک بوده که خودرو و موتورسیکلت‌های فرسوده بیشترین آلودگی را تولید می‌کنند (سایت خبرگزاری همشهری،۱۳۹۵). منابع متحرک در سال ۱۳۹۳ از کل آلودگی هوا ۸۵ درصد و در سال ۸۱،۱۳۹۵ درصد از آلودگی هوای شهر تهران را به خود اختصاص داده‌اند. از ۷۲۶ هزار تن آلاینده‌ای که در سال۱۳۹۳ از دو منبع ثابت و متحرک در تهران تولیده شده، ۶۱۸ هزار تن سهم آلاینده‌های متحرک و۱۱۰ هزار تن سهم آلاینده‌های غیر متحرک است از ۶۱۸ هزار تن آلودگی از آلاینده‌های متحرک تولید شده ۴۵ درصد سهم منابع متحرک سواری، ۱۸ درصد آن سهم تاکسی‌ها، ۱۹درصد آن سهم موتورسیکلت‌ها، ۱۵ درصد متعلق به وانت‌ها و سه درصد مربوط به مینی بوس و اتوبوس‌ها بوده است (سایت خبری روزنامه دنیای اقتصاد، تهران،۱۳۹۸).

ب– منابع ثابت

منابع آلودگی ثابت از دیدگاه کاربری اراضی شهری شامل صنایع آلاینده، نیروگاه‌ها و پالایشگاه، ترمینال‌های شهری (پایانه‌های اتوبوسرانی، فرودگاه، راه آهن) جایگاه‌های سوخت رسانی، منابع خانگی و تجاری هستند. شدت و ضعف تولید آلاینده‌ها از این منابع وابستگی زیادی به شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیط طبیعی دارد. ۱۵درصد آلودگی در سال ۱۳۹۳سهم منابع ثابت (صنایع) در تهران بوده است. الگوی کاربری اراضی از دو طریق بر انتشار و تمرکز آلاینده‌ها مؤثر می‌باشد:

- از طریق تأثیر بر ترکیب کاربری‌های یک ناحیه.

- از طریق تأثیر بر جریان‌های ترافیک، تولید و جذب سفرهای شهری و متعاقب آن تولید آلاینده‌های ناشی از ترافیک.

تأثیر کاربری‌های اراضی بر تمرکز آلاینده‌ها بدین صورت عنوان می‌گردد که کاربری‌های (مسکونی، تجاری، اداری، آموزشی) به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی جهت اموری مثل گرمایش و پخت و پز تولید کننده آلاینده‌های(CO،NO2،NO) هستند و در فصول سرد سال شدت بیشتری دارند. در ضمن تأثیر برخی از این کاربری‌ها مثل کاربری‌های تجاری، اداری و آموزشی در طی ساعات روز بیشتر از زمان‌های دیگر است. کاربری‌های صنعتی، کارگاهی، تأسیسات، تجهیزات به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی تولید کننده آلاینده(CO،NO،NO2، SO2،PM) می‌باشند (محمدی و رحیمی، ۱۳۹۲).

جدول شماره ۱- جایگاه‌های سوخت رسانی در شهر تهران در سال ۱۳۹۵

محدوده	مرکزی	شمال	جنوب	غرب	شرق	شهر ری
تعداد	۲۰	۲۶	۳۵	۴۰	۳۶	۳۴

مأخذ: سایت شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۹۵

روش درون‌یابی IDW

این روش جزء روش‌های قطعی و جبری بوده و فاصله نقش عمده را در این روش ایفا می‌کند. کلیه روش‌های درون‌یابی بر مبنای این فرض توسعه یافته‌اند که نقاط نزدیک به یکدیگر نسبت به نقاط دورتر همبستگی و تشابه بیشتری دارند. در روش IDW فرض اساسی بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین نقاط با فاصله بین آن‌ها متناسب است، بدین صورت که به نقاط نزدیک به نقطهٔ برآورد وزن بیشتری داده می‌شود تا به نقاط دورتر. این روش، از فرضیات مربوط به ارتباط مکانی بین داده‌ها پیروی نمی‌کند (واریوگرام ندارد). تنها براین فرض متکی است که نقاط نزدیکتر به نقطهٔ برآورد، شباهت بیشتری به آن دارند تا نقاط دورتر. این روش در حالتی که نقاط نمونه به اندازه کافی با پراکنش مناسب در سطوح مقیاس محلی باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (مهام و همکاران،۱۳۹۳). در این پژوهش میانگین AQI سالانه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران به منظور تهیه نقشه‌های درون یابی (IDW) برای دستیابی به بهترین روش مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

تعیین شاخص کیفیت هوا (AQI)

شاخص کیفیت هوا (AQI) شاخصی جهت پیش بینی روزانه کیفیت هوا است. شاخص کیفیت هوا برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن، ازن، منواکسید کربن و دی اکسید گوگرد محاسبه می‌شود (شرکت کنترل آلودگی هوا، ۱۳۹۵). شاخص AQI به غیر از نمایش کیفیت هوا و دیدگاه سلامتی، کمک شایانی به تحلیل شرایط موجود و تدوین برنامه‌های آینده می‌نماید (سلیمانی و ملک حسینی، ۱۳۹۷).

معرفی محدوده مطالعاتی

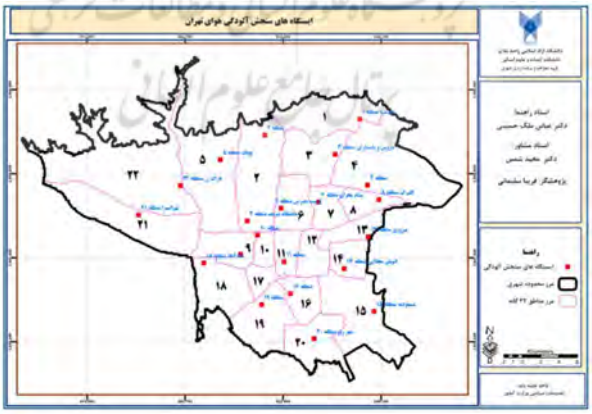
مشخصات جغرافیایی شهر تهران

شهر تهران طبق سرشماری سال ۱۳۹۵جمعیتی بالغ بر ۸،۶۹۳،۷۰۶ نفر و مساحت۷۳۰ کیلومتر مربع را داراست (نتایج سرشماری نفوس و مسکن، ۱۳۹۵). تهران از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۱۷ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۵ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی در جنوب رشته کوه البرز واقع شده است. این عامل در تشدید آلودگی و پدیده اینورژن درفصل سرد نقش اساسی داشته است (مرکز آمار ایران،۱۳۹۱). شرایط توپوگرافی بر بافت کالبدی و فضایی شهر به ویژه در قسمت‌های شمالی تأثیر مستقیم دارد. از سمت شمال به جنوب، ارتفاع زمین کاهش می‌یابد. توسعه فیزیکی تهران عمدتاً در منطقه کوه‌پایه و دشت در دامنه‌های جنوبی البرز صورت گرفته و بخش‌های جنوبی شهر در دشت وسیع و همواری رشد کرده است. شهر از سه جهت شمال، جنوب و شرق با محدودیت عوارض توپوگرافی و شیب تند روبرو است. هر چه از سمت شمال و شرق به سمت مرکز و جنوب شهر نزدیک شویم شیب زمین و به تبع آن شیب خیابان‌ها و معابر کمتر شده است. این کاهش در بخش جنوب غربی محسوس‌تر است. سمت غرب به علت تمرکز اصلی کاربری‌های صنعتی با محدودیت توسعه روبرو می‌باشد. این امر سبب شده هنگام وزش بادهای غربی- شرقی آلودگی‌های ناشی از صنایع به سمت شهر نفوذ کرده و اثرات جبران ناپذیری بر سلامت شهر بگذارد.

شکل شماره۱- موقعیت جغرافیایی تهران(مأخذ:تقسیمات سیاسی وزارت کشور)

جمع آوری داده‌های مورد نیاز

جهت پایش و اندازه‌گیری میزان آلودگی هوا از اطلاعات ایستگاه‌های فعال در سطح شهر تهران استفاده شده است. در این ایستگاه‌ها غلظت آلاینده‌های اصلی هوا و شاخص کیفیت (AQI) به صورت پیوسته اندازه‌گیری و بکار برده شده است. داده‌ها در بازده زمانی (۱۳۹۰- ۱۳۹۵) از ایستگاه‌های (اقدسیه -پارک رز- پیروزی- پونک -دروس -دانشگاه تربیت مدرس -دانشگاه شریف -ستاد بحران -شاد آباد –شهرری -شهرداری مناطق (دو، چهار،۱۹،۱۶،۱۱،۱۰)- گلبرگ- مسعودیه -میدان فتح –محلاتی -تهرانسر) تحت نظر سازمان حفاظت محیط زیست و در مقیاس روزانه جمع آوری گردیده است (سلیمانی و ملک حسینی، ۱۳۹۷).



شکل شماره ۲- ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای تهران
(مأخذ: شرکت کنترل کیفیت هوا،۱۳۹۴،۳۷)

رابطه میان ارتفاعات و آلودگی هوای تهران

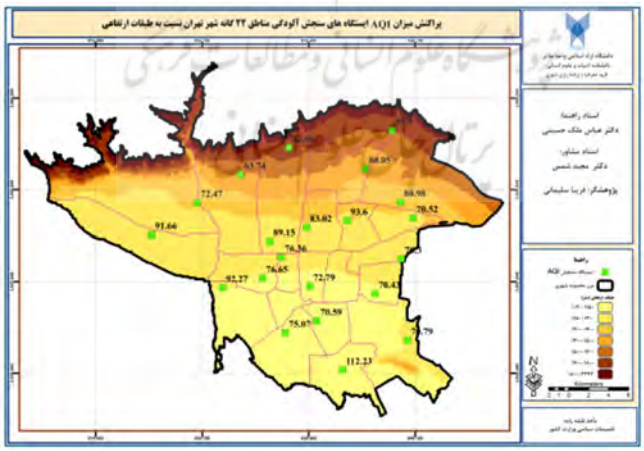
برای اطمینان از وجود رابطه معنی‌دار بین عامل ارتفاع و آلودگی هوای تهران از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شده است. نتایج بدست آمده از این آزمون (۰/۱۳۵- = ضریب همبستگی و ۰/۵۵۹ = سطح معناداری) نشان می‌دهد که به لحاظ آماری رابطه معناداری بین ارتفاع و آلودگی وجود ندارد. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاعات، آلودگی هوا کاهش نمی یابد یا برعکس. شایان ذکر است که این امر برای همه ایستگاه‌ها صادق نیست و در برخی از ایستگاه‌های ارتفاعات شمال تهران آلودگی به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کرده است.

جدول شماره۲- محاسبات همبستگی اسپیرمن، میان ارتفاعات و آلودگی هوا

	ارتفاعات	میزان آلودگی	سطح معناداری	حجم نمونه
ارتفاعات	۱	۰/۱۳۵-	۰/۵۵۹	۲۱
میزان آلودگی	۰/۱۳۵-	۱	۰/۵۵۹	۲۱

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۷

کوه‌های اطراف تهران مانع بسیار مؤثری در نفوذ توده هواهای مختلف هستند. به همین سبب هوای تهران از آرامش و سکون بیش‌تری نسبت به مناطق مجاور خود برخوردار است (سایت تحلیل پروژه‌های معماری،۱۳۹۷).



شکل شماره ۳- پراکنش میزان AQI ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر تهران نسبت به طبقات ارتفاعی مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۷

وضعیت جغرافیایی و اقلیمی شهر تهران به گونه‌ای است که تهران از تمامی جهات به غیر از بخشی از جنوب و جنوب شرق توسط کوه‌ها و تپه‌ها احاطه شده و تبادل هوا در این مناطق با مشکل مواجه است. در مناطقی که کوه و تپه وجود ندارد به لحاظ هم جواری با مناطق خشک و بیابانی، ذرات معلق وارد هوای تهران شده و میزان آلودگی هوا را افزایش می‌دهد به‌رغم وجود مشکلات اقلیمی باید اذعان داشت مهم‌ترین عامل آلودگی هوای تهران آلاینده‌های متحرک شناخته شده‌اند (مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۱۳۹۱، چکیده).

فرآوری داده‌ها

به منظور تجزیه داده‌های مربوط و برای بررسی میزان تغییر پذیری آلودگی هوا در ایستگاه‌های تحت کنترل سازمان حفاظت محیط زیست، از داده‌های اخذ شده شاخص AQI در مقیاس روزانه، میانگین سالانه گرفته شد، داده‌ها وارد نرم افزار Excel گردید و جدول میانگین داده‌های سالانه توسط نرم افزار GISبررسی و نقشه‌های درون‌یابی (IDW) استخراج و نتایج حاصل از آن مورد تحلیل قرار گرفت.

با توجه به برآورد میانگین شاخص AQI در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی هوا و ادغام آن با روش‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش ویژه‌ای در مطالعه و رسیدن به هدف داشته است. برای بررسی میزان تغییر پذیری آلودگی هوا پیشینه میانگین آلودگی در هر ایستگاه را به روش پهنه‌بندی IDW ترسیم نمودیم. از نقشه‌های پهنه‌بندی و تحلیل آمارهای ثبت شده در ایستگاه‌های شهر تهران می‌توان دریافت که تغییر پذیری آلودگی هوا در ایستگاه‌های مختلف متفاوت بوده است. هر چه به جنوب تهران برویم مقدار آلاینده در هوا بیشتر می‌گردد. ناحیه‌های ۱۷، ۱۹ و ۲۰ همواره از مناطق بسیار آلوده شناخته شده است.

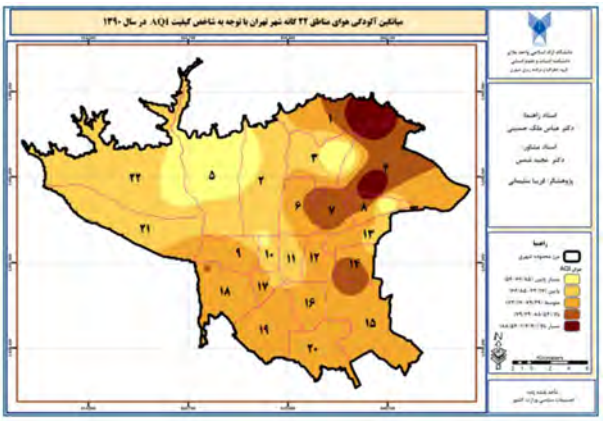
جدول شماره ۳- میانگین شاخص AQI مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

ردیف	نام ایستگاه، منطقه	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	کل
1	اقدسیه منطقه ۱	100/616	101/365	87/882	79/166	69/353	74/590	85/495
2	شریف منطقه ۲	-	88/608	84/395	84/003	90/988	97/729	89/14

-	ایستگاه دوم شهرداری منطقه۲	-	-	61/316	66/731	58/737	65/058	62/961
3	دروس و پاسدارن منطقه ۳	53/997	66/770	106/668	93/727	79/082	-	80/049
4	منطقه ۴	107/746	76/161	84/808	75/529	66/559	75/066	80/978
5	پونک منطقه ۵	55/655	67/539	62/897	62/15	64/356	69/867	63/744
6	تربیت مدرس منطقه ۶	-	88/5	87/672	75/474	66/717	96/722	83/017
7	ستاد بهران منطقه ۷	85/872	104/453	99/369	90/550	88/202	93/170	93/603
8	گلبرگ منطقه ۸	59/645	63/785	72/902	73/978	78/694	74/095	70/516
9	میدان فتح منطقه۹	77/432	80/281	78/070	71/934	74/737	77/444	76/650
10	منطقه ۱۰	65/132	77/418	101/377	69/654	62/933	81/628	76/357
11	منطقه ۱۱	70/444	84/857	61/068	79/371	76/936	64/088	72/794
-	ایستگاه دوم پارک رازی منطقه ۱۱	-	-	-	110/737	106/594	96/588	104/639
12	انقلاب اسلامی منطقه ۱۲	-	-	-	-	86/542	83/832	85/187
13	پیروزی منطقه ۱۳	70/186	87/391	72/796	47/619	63/534	80/250	70/296

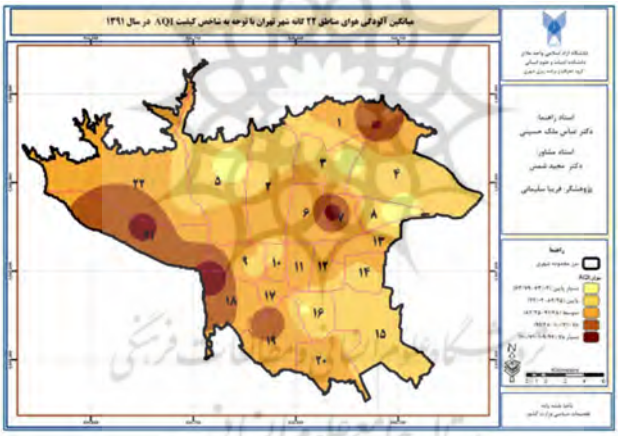
14	اتوبان محلاتی منطقه ۱۴	83/273	79/902	73/623	65/233	64/973	55/600	70/434
15	مسعودیه منطقه ۱۵	78/302	79/372	59/084	67/141	68/586	72/245	70/788
16	منطقه ۱۶	-	71/711	82/375	81/470	60/918	56/498	70/594
17	پارک سلامت منطقه ۱۷	-	-	-	103/78	99/420	97/932	100/377
18	شاد آباد منطقه ۱۸	79/641	109/941	94/309	85/931	79/658	104/126	92/267
19	منطقه ۱۹	74/601	97/223	87/058	84/163	67/974	39/411	75/072
20	شهر ری منطقه ۲۰	-	-	-	123/151	109/989	103/544	112/228
21	تهرانسر منطقه ۲۱	-	103/531	94/041	77/285	92/542	90/897	91/659
22	پارک رز منطقه ۲۲	65/452	77/751	70/103	76/774	74/541	70/193	72/469

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۶



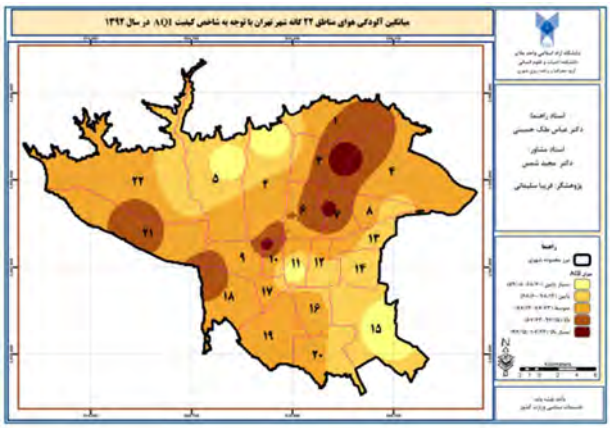
شکل شماره ۴- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۰.

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران سال ۱۳۹۰، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶



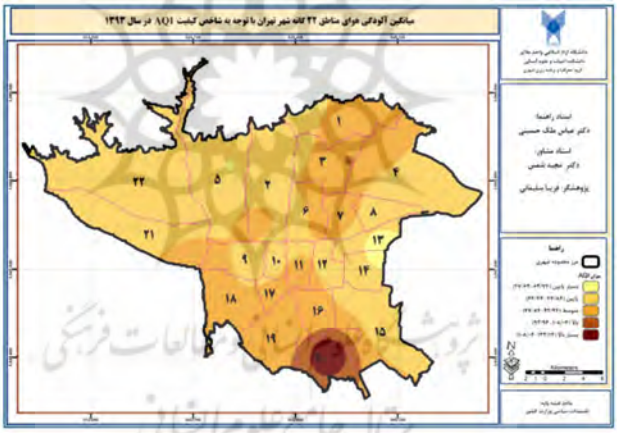
شکل شماره ۵- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۱

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران ۱۳۹۱، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶



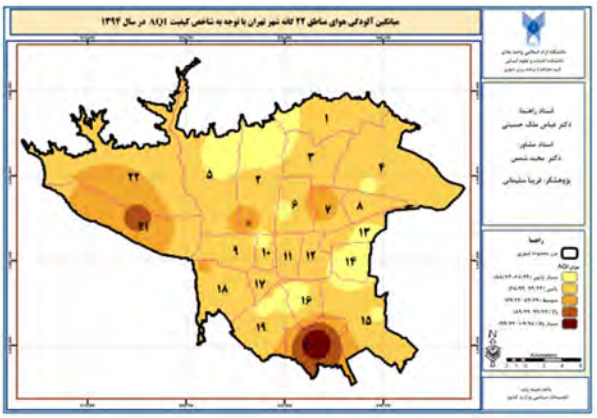
شکل شماره ۶- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۲

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران ۱۳۹۲، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶



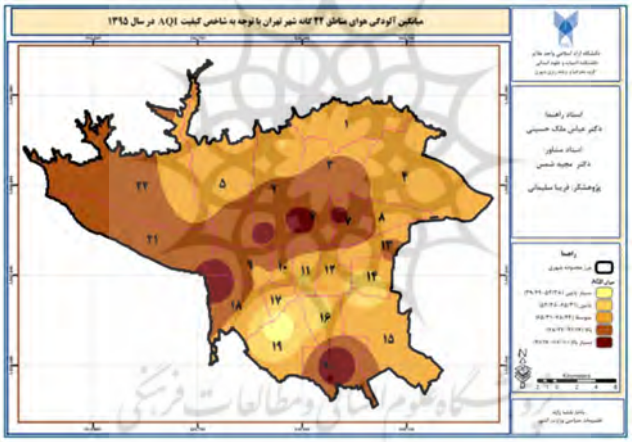
شکل شماره ۷- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۳

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران ۱۳۹۳، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶



شکل شماره ۸- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۴

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران ۱۳۹۴، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶



شکل شماره ۹- پهنه‌بندی آلودگی هوای مناطق شهر تهران با توجه به میانگین شاخص AQI در سال ۱۳۹۵

مأخذ: اطلاعات آماری شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران ۱۳۹۵، تهیه نقشه نگارندگان،۱۳۹۶

نقشه پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۰ بیشترین پراکنش آلودگی در نقاط حاشیه شرقی و مرکزی و جنوب شرقی، بخش‌هایی از منطقه‌های یک، چهار، هشت و ۱۴ (اقدسیه، منطقه چهار، گلبرگ و اتوبان محلاتی) را نشان داده و کم‌ترین آلودگی هوا را مناطق شمالی و شمال غربی دو، سه و پنج (شریف، دروس، پاسداران و پونک) شناخته است. در سال مزبور به دلیل جانمایی ناصحیح ایستگاه سنجش آلودگی

هوا در منطقه یک، میزان آلودگی هوا بالا گزارش شده است. همچنین ایستگاه منطقه چهار ترافیکی تشخیص داده شده و آلودگی هوا در این منطقه ناشی از احتراق بنزین و گازوئیل بوده و ایستگاه‌های شهری هشت و ۱۴ را نیز تحت الشعاع خود قرار داده است. بر خلاف تصور عموم در بعضی از سال‌های مورد مطالعه مناطقی از شمال شهر تهران نیز جز آلوده‌ترین مناطق دیده شدند. زیرا پراکنش ذرات معلق بر خلاف گازهای آلاینده مانند منواکسید کربن که بیشتر در مناطق مرکزی و پرتردد تجمع می‌یابند از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند و به عنوان مثال(دروس و پاسداران) در روزهای زیادی از سال ۱۳۹۰ جز آلوده‌ترین مناطق پایتخت شناخته شده‌اند.

نقشه پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۱ بیان می‌دارد بیشترین پراکنش آلودگی در نقاط مرکزی منطقه هفت (ستاد بحران) که شاهد پخشایش اثر آلودگی در مناطق مجاور و همچنین حاشیه غربی رخ داده است هستیم، منطقه یک نیز به دلیل ورود اولین ریزگردهای عربی از سال ۱۳۸۶ هوایی آلوده داشته، PM۲/۵ تحت تأثیر عوامل بیرونی بخصوص ریزگردها، کاهش یا افزایش می‌یابند. بنابراین از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۱ آلودگی هوا به طور آرام و یکنواخت در تمام مناطق شهر تهران پراکنده شده، کمترین آلودگی مربوط به مناطق شمال غربی پنج (پونک) و سه (دروس و پاسداران) بوده است.

در سال ۱۳۹۲ آلودگی هوا از روند ثابتی پیروی نمی‌کند. میزان آلودگی منطقه‌ای از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ در مناطق شمالی- مرکزی و غربی روندی مستمر را طی نموده است. پراکنش آلودگی در نقاط مرکزی (منطقه۱۰) و شمالی و همچنین بزرگراه‌های منطقه غرب تهران افزایش چشمگیری داشته است. کم‌ترین آلودگی مربوط به مناطق شمال غربی دو، پنج (شریف و پونک) به دست آمده است. منطقه ۱۲ تهران محدوده بازار تهران به دلیل وجود موتورسیکلت‌های کاربراتوری به ویژه در مناطق مرکزی شهر، عامل مؤثر آلودگی است. راه‌اندازی خط تولید موتورسیکلت برقی و جایگزین کردن موتورسیکلت کاربراتوری بنزین سوز به موتورسیکلت برقی در کاهش آلودگی هوا اثر جدی بجا گذاشته تراموای سبک در مناطق مرکزی شهرها و معابر پیاده محور، بسیار مؤثر است. زیرا در چنین نواحی تراموای الکتریکی می‌تواند قابلیت دسترسی بهتری برای پشتیبانی مغازه‌ها، دفاتر اداری و استقرار خدمات را که هماهنگ با رفت و آمد پیاده باشد، فراهم نماید. هم‌اکنون شهر تهران دارای خطوط تراموا نیست، اما در قالب طرح تفصیلی منطقه12، پیشنهادهایی برای ایجاد آن می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا گردد.

در بررسی سال ۱۳۹۳ مشخص گردیده که در مناطق ۲۲ گانه تهران، مناطق سه، ۲۰، ۱۱، ۱۷ (دروس، پاسداران، پارک سلامت و رازی) بیشترین میزان آلودگی و مناطق دو، پنج و ۱۳ (اقدسیه- شریف- پونک- پیروزی) تهران کم‌ترین فراوانی آلودگی هوا را به خود اختصاص داده‌اند در مناطق مرکزی و جنوب شهر با توجه به تردد بیشتر خودروها و ترافیک، آلودگی هوا روندی مستمر را طی نموده است. بالا بودن حجم جمعیت، ارزان بودن قیمت زمین و مسکن، جهت شیب تهران، استفاده از خودروهای فرسوده، نبود حداقل امکانات بنابر جبر تقسیمات شهری، نبود کمربند سبز، وجود صنایع مانند کارخانه مارگارین در محله تقی آباد و جریان‌های غربی که آلاینده‌ها را از غرب به مرکز شهر منتقل می‌کند دلایل اصلی ماند آلودگی در منطقه ۲۰ در سال ۱۳۹۳ شناخته شده‌اند.

در سال ۱۳۹۴ روند کاهشی اما مستمر را در کل محدوده به جز منطقه۲۰ شاهدیم. در مناطق۲۰، ۲۱ و ۱۷ (شهر ری، پارک سلامت و تهرانسر) میانگین شاخص AQIفراتر از حد مجاز است. آلودگی در مناطق جنوب و حاشیه‌ای تهران ثابت بوده است. مقایسه ایستگاه‌های ترافیکی با مناطق مسکونی بیانگر افزایش و شدت آلاینده‌ها در مناطق ترافیکی می‌باشد. کم‌ترین میزان آلودگی مربوط به منطقه ۱۰ مشخص شده است.

در سال ۱۳۹۵ در منطقه ۲۰ و ۱۸ (شهر ری و شاد آباد) میانگین شاخص AQIفراتر از حد مجاز است. آلودگی در مناطق جنوب و حاشیه‌ای تهران افزایش داشته که احتمال تأثیر بزرگراه‌های کمربندی و همچنین استفاده سوخت فسیلی در کارخانجات و صنایع اطراف دور از ذهن نمی‌باشد. همچنین، تراکم ترافیکی بیشتر، تهرانسر و شهر ری عامل آلودگی ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون در منطقه بوده است. آلوده بودن هوای مناطق ۱۸ و ۲۱ به دلیل وجود جاده کرج، فرودگاه مهرآباد و کارخانجات صنعتی از سایر مناطق بیشتر است. بنابراین، باید این موضع در مناطق مزبور به طور ویژه دیده شود و امتیاز سلامت برای شهروندان آن مناطق در نظر گرفته شود. کم‌ترین میزان آلودگی هوا مربوط به مناطق دو، پنج و۱۱ (شریف، پونک و منطقه ۱۱) بوده است. "سعادت آباد" سالم‌ترین و"شهرری، مرکز و جنوب غرب" آلوده‌ترین نقاط تهران شناخته شده‌اند. بنابراین، جابه‌جایی مکانی صنایع به محل‌های پیش بینی شده در طرح جامع باعث کاهش آلودگی خواهد شد. همچنین توقف فعالیت معادن شن و ماسه آبرفتی غرب تهران، تشدید برخورد با خودروهای دودزا شامل خودروهای دولتی و غیردولتی، تشدید برخورد با موتورسواران آلوده کننده شهر تهران از پیشنهادهایی است که برای کاهش آلودگی هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۵ شناخته شده است. همچنین، در سال ۱۳۹۵ میزان حجم و تراکم جمعیت در

مناطق شهری تهران نسبت به سال ۱۳۹۰ بالا رفته است. آلودگی هوا در ارتباط مستقیم با بی‌توجهی به معیارهای برنامه‌ریزی شهری و بارگذاری بیش از حد جمعیتی در بعضی از مناطق شهر تهران است. در کنار از بین رفتن باغات، بارگذاری بیش از اندازه در مناطقی مانند منطقه‌های (هشت، ۱۰، ۱۱، ۱۷ و ۱۵) و تراکم‌های سنگین، سبب ایجاد مشکلات پیچیده در شهر تهران شده است. ترافیک، آلودگی هوا و جمعیت با هم در رابطه مستقیم هستند. برای مطالعه بیشتر در رابطه با منطقه هشت به مرجع شماره ۱۷ مراجعه گردد(گنجی پور، ۱۳۹۵).

جدول شماره ۴- میزان فاکتورهای مربوط به جمعیت شهر تهران (۱۳۹۰- ۱۳۹۵)

مناطق	۱۳۹۰	۱۳۹۵
منطقه ۱	۴۳۹،۴۶۷	487.508
منطقه ۲	۶۳۲،۹۱۷	701.303
منطقه ۳	۳۱۴،۱۱۲	330.649
منطقه ۴	۸۶۱،۲۸۰	919.001
منطقه ۵	۷۹۳،۷۵۰	858.346
منطقه ۶	۲۲۹،۹۸۰	251.384
منطقه ۷	۳۰۹،۷۴۵	312.194
منطقه ۸	۳۷۸،۱۱۸	425.197
منطقه ۹	۱۵۸،۵۱۶	174.239
منطقه ۱۰	۳۰۲،۸۵۲	327.115
منطقه ۱۱	۲۸۸،۸۸۴	307.940
منطقه ۱۲	۲۴۰،۷۲۰	241.831
منطقه ۱۳	۲۷۶،۰۲۷	248.952
منطقه ۱۴	۴۸۴،۳۳۳	515.795
منطقه ۱۵	۶۳۸،۷۴۰	641.279
منطقه ۱۶	۲۸۷،۸۰۳	268.406
منطقه ۱۷	۲۴۸،۵۸۹	273.231
منطقه ۱۸	۳۹۱،۳۶۸	419.882
منطقه ۱۹	۲۴۴،۳۵۰	261.027
منطقه ۲۰	۳۴۰،۸۶۱	365.259
منطقه ۲۱	۱۶۲،۶۸۱	186.821
منطقه ۲۲	۱۲۸،۹۵۸	176.347
کل	۸،۱۵۴،۰۵۱	8.693.706

مأخذ: نگارندگان أخذ شده از آمارهای نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰- ۱۳۹۵

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق

با توجه به اینکه به نظر می‌رسد ارتفاعات، شاخص‌ترین عامل در بین عوامل تأثیرگذار اقلیمی بر آلودگی هوا شناخته شود؛ اما در این تحقیق، محاسبات انجام پذیرفته همبستگی اسپیرمن میان ارتفاعات و آلودگی هوا در شهر تهران مشخص گردید که به لحاظ آماری رابطه معناداری بین ارتفاع و آلودگی هوا به جز بعضی از مناطق شمالی در شهر تهران وجود ندارد. همچنین شدت آلودگی در شهر تهران از شرق به غرب و از جنوب به شمال افزایش می‌یابد. با در نظرگرفتن نتایج آماری و نقشه‌های پهنه‌بندی به روشIDW مشخص می‌گردد. مناطق مرکزی و جنوب غربی تهران آلوده‌ترین مناطق در طی سال‌های مورد مطالعه بوده‌اند. اشکال شماره چهار تا نه نمایش و مقایسه شاخص آلودگی هوا را در سال ۱۳۹۰- ۱۳۹۵ که بیانگر روند حرکت آلودگی از مناطق شمالی به غربی و ماندگاری آلودگی هوا در مناطق مرکزی و غربی است، نشان می‌دهد. مناطق شمالی شهر سالم‌ترین و مناطق جنوب غربی شهر و شهرری آلوده‌ترین نقاط تهران شناخته شده‌اند. نواحی پیرامونی شهر تهران با ازدحام جمعیت و تراکم بالای ساختمانی دارای بیشترین آلودگی می‌باشند. گرچه وجود آلودگی را نباید صرفاً به وجود اتومبیل و ترافیک نسبت داد بلکه سایر عوامل ثابت از جمله موتورخانه‌های ساختمان‌ها و دود متساعد از صنایع و اگزوز اتومبیل‌ها نیز نقش مهمی در آلودگی داشته‌اند، در تهران عواملی چون جمعیت، اتومبیل و ترافیک ناشی از آن در آلوده نمودن هوای شهر و متمایز نمودن مناطق از هم، نقش بسزایی دارد. نتایج آماری جمعیت و رشد قابل ملاحظه آن طی دوره‌های سرشماری نشان از مهاجر پذیری شهر تهران دارد. شهر تهران و مجموعه پیرامونی، در قطاع جنوب غرب یا جنوب محور تهران- کرج، مراکز بزرگ جمعیتی انباشته شده و در ناحیه جنوب غرب تهران و در مجاورت محدوده استحفاظی و نزدیک به صنایع محور کرج طی چند دهه آلودگی هوا در شهرستان‌های حوزه غربی استان تهران شرایط نامطلوبی را ایجاد کرده است. فعالیت‌های صنعتی و تولیدی از یک سو و نزدیکی به پایتخت و تأثیرپذیری از هوای آلوده تهران نیز ضریب آلودگی هوا را تشدید کرده است. همچنین، مرکز شهر تهران از لحاظ کالبدی در برگیرنده انواع فعالیت‌های خدماتی در مقیاس عملکردی شهری و فراشهری با تراکم زیاد است که در عین حال مجموعه‌ای گسترده از خیابان‌ها و میدان‌های شهر تهران را نیز در برگرفته است. این محدوده از نظر عملکردی، بیانگر نظام اصلی فعالیت در تهران است که خود عامل جذب جمعیت و افزایش آلودگی به سبب عوامل متحرک در مناطق مرکزی شناخته می‌شود.

نتایج با تحقیقات روهد و مولر ۲۰۱۵، میرموسوی و میریان ۱۳۹۰، نور نورازیانا و همکاران ۲۰۰۸، مهام و همکاران ۱۳۹۳، اسماعیل نژاد و همکاران ۱۳۹۴ همسو می‌باشد.

جدول شماره ۵- آزمون فرضیه

ردیف	فرضیه	رد	اثبات	دلایل
۱	به نظر می‌رسد بهترین روش جهت تشخیص پراکنش آلودگی در شهر تهران روش IDW باشد		•	- میزان هم پوشانی ایستگاهی
۲	تراکم آلاینده‌ها در مرکز و جنوب غرب شهر تهران بیش از سایر نقاط آن می‌باشد.		•	۱- وجود کاربری‌های تجاری در محدوده مرکزی شهر ۲- وجود تراکم جمعیت ساکن و روزانه بالا ۳- وجود حجم معابر پایین و اتومبیل‌های فرسوده و دود زا ۴- سرانه پایین پارک و فضای سبز در مناطق ۵- وجود صنایع و کارگاه‌های صنتی در نواحی غربی ۶- جریانات عمومی هوا که تابع بادهای غربی است. ۷- سرعت پایین باد در فصل سرد و وارونگی هوا
۳	عوامل ثابت و متحرک سبب افزایش آلودگی هوا در شهر تهران می‌گردد.		•	۱- عوامل ثابت صنایع آلاینده، نیروگاه‌ها و پالایشگاه، ترمینال‌های شهری (پایانه‌های اتوبوسرانی، فرودگاه، راه آهن)، جایگاه‌های سوخت رسانی و منابع خانگی و تجاری ۲- عوامل متحرک انواع خودرو و موتورسیکلت‌های فرسوده ۳- جمعیت ۴- عوامل اقلیمی

مأخذ: نگارندگان

معابر تهران حداکثر برای ۲ میلیون دستگاه خودرو ظرفیت دارند، در صورتی که در سال ۱۳۹۵، ۵/۳ میلیون دستگاه خودرو در تهران تردد داشته‌اند. از آن‌جایی که مناطق مرکزی و جنوب غربی آلوده‌ترین مناطق برآورد شده‌اند در بخش نتیجه‌گیری نتایج سایر مناطق شهری تهران را ثابت نگه داشته و به پیشنهاد و ارائه راهکار برای مناطق آلوده جهت کاهش آلودگی هوای شهر تهران می‌پردازیم:

- در مناطق جنوب غربی میزان AQI به دلیل تعداد بالای "پمپ‌های بنزین" بالاست با ایجاد تک پمپ‌ها در مناطق و جلوگیری از تردد اضافه خودروها می‌توان حوزه نفوذ خطر را کمتر کرد.

- جدی گرفتن موضوع معاینه فنی خودروها در شهرهای مجاور واقع درجنوب غربی شهر تهران.
- خارج ساختن پایانه مسافربری غرب به محدوده بزرگراه آزادگان. پایانه غرب با سه هزار اتوبوس برون شهری و اشغال فضای ۵۰ هکتاری و همچنین فرودگاه مهرآباد در نزدیکی پایانه همراه با مسیر وزش باد در تهران که غرب به شرق است، باعث ورود بیشتر آلودگی‌هوا به داخل و محدوده مرکز پایتخت گردیده است. بنابراین این فضای پایانه باید محدود شده و به امکانات حمل‌ونقل عمومی درون شهری مجهز و ساماندهی گردد. با اتخاذ این سیاست اتوبوس‌های برون شهری وارد شهر نخواهند شد، ضمناً شرایط لازم را برای دسترسی شهروندان به مدیریت یکپارچه حمل‌ونقل عمومی مهیا خواهد کرد (سایت اصلی شهرداری تهران، ۱۳۹۵).
- به علت کمبود فضای سبز کمتر از ۱۵ مترمربع در سطح مناطق و تراکم زیاد ساختمان‌ها، آلودگی هوا در مناطقی با بافت فشرده بالا می‌باشد. افزایش این سرانه تا متوسط ۵۰ مترمربع باید در دستور کار شهرداری‌ها قرار گیرد (سایت خبری تیترشهر، ۱۳۹۵).
-کنترل جمعیت سفری داخلی شهر و خارجی شهر تهران در محدوده جنوب غرب در جهت داشتن رشد صحیح کالبدی و فیزیکی شهر تهران.
- تلفیق و هماهنگی برنامه‌ریزی‌های مربوط به کاربری اراضی، حمل و نقل و کیفیت هوا.
- ایجاد امکان پیاده‌روی در سطح مناطق با ایجاد معبر اختصاصی در بافت‌های ریزدانه و فرسوده.
- تشویق به استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی مناسب (پری، ۱۳۸۳). برای مطالعه بیشتر در رابطه با موضوع حمل و نقل همگانی به مرجع شماره۱۴ مراجعه گردد(شهابیان و اسدی، ۱۳۹۶).

در پژوهش حاضر فاصله زمانی شش ساله آلودگی هوا شاخص AQI را برای ۲۲ منطقه شهر تهران بررسی نمودیم. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی ثابت گردید میانگین شاخص AQI در مناطق جنوب و جنوب غربی و مرکزی تهران بالا است. از آن جایی که داده‌های ماهواره‌ای روزانه برای کل مناطق مورد مطالعه در دسترس نبود، تخمین میانگین شاخص AQI آلودگی از دوره کوتاه مطالعه فعلی، احتمالا مشابه یا تا حدودی پایین‌تر از میانگین بلند مدت خواهد بود. مطالعات بعدی می‌تواند تغییرات فصلی و روند دراز مدت را

کشف کند. نتایج نشان داد علاوه برحجم جمعیت، موقعیت جغرافیایی شهر تهران، انواع کاربری، سرانه پایین معابر و فضای سبز، ارتفاع ساختمان‌ها، ترافیک و خودروهای فرسوده، سوخت‌های فسیلی از عمده‌ترین عوامل ایجاد آلودگی در نواحی مرکزی و غربی شهر تهران می‌باشد. شهر تهران با توزیع و جایگزینی نامتعادل امکانات شهری در مناطق رو برو است. توزیع نابرابر و نامتعادل سرانه‌ها و کاربری‌های خدماتی در گستره شهر تهران اثرات و تبعات سوئی مانند افزایش هزینه حمل و نقل و مصرف فزاینده سوخت را ایجاد نموده که نهایتاً منجر به افزایش بار ترافیکی و آلودگی هوا شده است. نابرابری فضایی زمانی اتفاق می‌افتد که ساختار فضایی نواحی مختلف شهر دارای تفاوت‌های بارز و آشکار باشند که در این حالت برای رفع آن باید توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با اولویت نواحی محروم در دستور کار شهری قرار گیرد.

پیشنهادها

ناهمگونی مشاهده شده آلودگی هوا از مناطق می‌تواند به ایجاد استراتژی برای کاهش آلودگی کمک کند.

- محدودیت فعالیت‌های آلوده کننده در جنوب و جنوب شرق شهر تهران.
- ساماندهی سیستم حمل و نقل و ترافیک شهری در نواحی مرکزی و ایجاد مسیرهای گذر پیاده و سواره (دوچرخه) از میان پارک‌ها و باغ‌های عمومی شهر تهران.
- تقویت جریان هوا، ممانعت از محصور شدن آن در فضا در مناطق آلوده و متراکم با بهبود نفوذ باد و نسیم.
- جا نمایی صحیح بزرگراه‌ها و آزاد راه‌ها در جهت حرکت مطلوب باد، جهت عبور غبار و آلودگی از میان شهر تهران و ایجاد رابطه منطقی بین ارتفاع ساختمان و مسیرهای حرکتی در مناطق متراکم شهر تهران.
- افزایش سرانه کاربری معابر شهری و فضای سبز در نواحی مرکزی شهر تهران، سرانه‌های فضای سبز در مناطق مرکزی مانند هفت، نه، ۱۰، ۱۱ و ۱۷ به دلیل تراکم و کمبود زمین بسیار پایین است. لذا باید نقاطی شناسایی و تبدیل به فضای سبز شوند اگر باغاتی به صورت شخصی وجود دارد، باید نسبت به حفظ و صیانت از آن‌ها کمک کرد و اگر امکان تملک دارند باید به صورت پارک عمومی در اختیار شهروندان قرار گیرند (سایت خبرگزاری باشگاه خبرنگاران، ۱۳۹۸).
- استفاده از سایر روش‌های پهنه‌بندی به منظور مقایسه میزان آلودگی هوا.

- خارج ساختن صنایع آلوده از شهر تهران در نقاطی که خارج از مسیر بادهای غالب می‌باشد.
- تدوین ضوابط توسعه کالبدی و برنامه‌ریزی کاربری اراضی با توجه به کیفیت هوا (محمدی و رحیمی، ۱۳۹۲).
- افزایش تعداد ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در مناطق جنوبی و شمالی شهر.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ:

۱- اسماعیل نژاد، م.، اسکندری ثانی، م.، بارزمان، س. ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی آلودگی هوای کلان‌شهر تبریز. نشریه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره ۵، شماره ۱۹، ۱۸۶-۱۷۳.

۲- پرکینز، ه. ۱۳۷۳. آلودگی هوا. ترجمه منصور غیاث‌الدین، دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ ۴۵۱۹، ۸۳۳.

۳- پری، م.، فرزین پاک، ش.۱۳۸۳. وابستگی به خودرو و فرهنگ در بیروت، مجله شهرداری‌ها، شماره ۶۵، دوره جدید، سال ششم، ۴۸-۶۵.

۴- تقی زاده میرجردی، م.، زارعیان، جهرمی، محمودی. ۲۰۰۹. بررسی آلودگی روش‌های تعیین توزیع فضایی آبهای زیرزمینی کیفیت در رفسنجان. آبخیزداری مدیریت دانش، (۵)۲، ۶۳-۷۰.

۵- حسامی، ز.، آویشن، م. ۱۳۸۵. چالش‌های توسعه پایدار در مبحث آلودگی هوا شهر تهران با تأکید بر بخش حمل و نقل. دومین همایش آلودگی هوا و اثر آن بر سلامت، ۳۲ -۲۵ .

۶- ساعد، ن.، تیلا، پ. ۱۳۸۷. مجموعه قوانین و مقررات حفاظت از محیط زیست ایران. تهران، خرسندی، ۴۶۴.

۷- سلیمانی، فریبا.، ملک حسینی، عباس. ۱۳۹۷. بررسی آلاینده‌های تأثیرگذار برآلودگی هوای تهران و راهکارهای کنترل با توجه به شاخص کیفیت AQI، فصلنامه علمی پژوهشی نگرشی نو در جغرافیای انسانی. سال دهم، شماره چهارم، ۱۷-۱.

۸- شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۰. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. تهران،۱۳۴.

۹- شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۱. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. تهران، ۱۹۸.

۱۰-شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۲. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. تهران،۱۵۷.

۱۱-شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۳. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. تهران، ۱۹۵.

۱۲-شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۴. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. ۱۳۹۴، تهران،۱۹۱.

۱۳-شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۵. گزارش سالیانه کیفیت هوای تهران. ۱۳۹۵، تهران، ۲۳۳.

۱۴-شهابیان، پ.، اسدی، ر. ۱۳۹۶. میزان تحقق اصول عملکردی توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل همگانی مطالعه موردی: مجتمع ایستگاهی شهرک اکباتان. فصلنامه آمایش محیط، دوره ۱۰، شماره ۳۶، ۱۵۶-۱۳۳ .
۱۵-شهبازی، ابراهیم. ۱۳۹۱. مطالعه توزیع آلودگی‌های شهری با استفاده از روش‌های درون‌یابی، مطالعه موردی شهر تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، ۱۹۷.
۱۶-فرهودی، ر.، و همکاران. ۱۳۹۰. سنجش توسعه پایدار محله‌های شهری با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی منطقه ۱۷ شهرداری تهران. مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۷.
۱۷-گنجی پور، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی سرانه کاربری فضای سبز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
۱۸-مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تهران. فصلنامه آمایش محیط، دوره ۹، شماره ۳۵، ۸۴- ۷۱ .
۱۹-محمدی، ا.، رحیمی، س. ۱۳۹۲. تاثیرات الگوی کاربری اراضی بر توزیع فضایی آلاینده‌های هوای شهر تهران. مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال چهارم، شماره چهاردهم، ۱۲۳-۱۴۲.
۲۰-مرکز آمار ایران.، سرشماری عمومی نفوس و مسکن. ۱۳۹۰-۱۳۹۱.
۲۱-مهام، ا.، ولیزاده، ک.، خلیل قهرمانی، محمد. ۱۳۹۳. ارزیابی روشهای مختلف زمین آمار جهت بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش در شمال غرب کشور و پیشنهاد بهترین مدل با استفاده از GIS. نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ۱-۹.
۲۲-میر موسوی، ح. ۱۳۹۰. کاربرد روش‌های زمین آمار در برآورد و توزیع مکانی بارش بر اساس روش‌های درون‌یابی. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، مطالعه موردی استان کرمان، شماره ۳۸، تبریز، ۲۲-۳۸.
۲۳-میری، م.، قانعیان، م.، قلیزاده، ع.، یزدانی اول، م.، نیکو نهاد، ع. ۱۳۹۴. تحلیل و پهنه‌بندی آلودگی هوا شهر مشهد با استفاده از مدل‌های مختلف تحلیل فضایی. دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران، ۱-۱۲.

۲۴-ناهیدی، م.، کیاور، ف. ۱۳۹۰. بررسی اثرات زیست محیطی هدفمند کردن یارانه‌ها و توسعه اقتصادی شهری مطالعه موردی شهرستان تبریز. اولین کنفرانس اقتصاد شهری ایران، مشهد، ۲۱-۱۲.
۲۵-نتایج تفضیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن. ۱۳۹۵. پایگاه اینترنتی استانداری تهران، بازبینی‌شده در ۷ اوت ۲۰۱۷.
۲۶-نظریان، ا.، ضیائیان فیروزآبادی، پ.، جنگی، ع. ۱۳۸۶. بررسی نقش مکان و مورفولوژی در کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از GIS و داده‌های ماهواره‌ای RS. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره، ۶۱، ۱۷-۳۰.
۲۷-نظریان، ا.، گودرزی، د. ۱۳۹۲. ساختار فیزیکی- کالبدی شهرها و نقش آنها در ترافیک شهری. مطالعه موردی – شهر بروجرد). فصلنامه آمایش محیط، دوره ۶، شماره ۲۳، ۵۰-۲۷ .
۲۸-سایت اصلی شهرداری تهران .terminals.tehran.ir
۲۹-سایت تحلیل و پروژه‌های معماری.(۱۳۹۷) scl file.ir،Ferdos
۳۰- سایت خبری آنلاین روزنامه دنیای اقتصاد، تهران.(۱۳۹۸).
www.Donya-e-eqtesad.com
۳۱- سایت خبری تیتر شهر . titreshahr.com
۳۲- سایت خبرگزاری همشهری. کد خبر۸۰۹۳۳. (۱۳۹۵).
www.Hamshahrionline.ir
۳۳- سایت خبرگزاری باشگاه خبرنگاران. کد خبر ۷۰۶۱۲۰۱.(۱۳۹۸).www.Yjc.ir
۳۴- سایت شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران(۱۳۹۵).www.niopdc.ir
۳۵- سایت مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری (۱۳۹۱). www.rpc.tehran.ir
36- M. Noor Norozian، Y،A، Shukri، A. Ramli Nor، A.M.M. Al-Bakrib. (2008). Estimation of missing values in air pollution data using single imputation techniques. Journal of ScienceAsia، 34: 341-34.
37- p. Kumar، L. Morawska، K. Martani، G. Biskos.(2014). The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. Journal of Environment International، 75:199-205
38- R.A. Rohde، R.A. Muller، (2015). Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources، PloS one. Journal of plos.org، 10(8)، 10.1371.