Geographical Engineering of Territory
P-ISSN: 2538-1490
E-ISSN: 2538-3922
www.jget.ir

Vol. 6 Issue 3 (No. 13), 2022, Pp. 633-646
DOR: 20.1001.1.25381490.1401.6.3.8.9

Research Article

The effect of urban green space patterns on the spatial distribution of air pollutants (case study: Tehran)

Adel Mardane [1*], Aref Qadri [1] and Nooraddin Misagh [2]

[1.] MSc in Remote Sensing and GIS, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
[2.] PhD student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
* Corresponding Author, adel.mardaneh@ut.ac.ir

Receive Date: 10 May 2021
Accept Date: 11 November 2021

ABSTRACT

Introduction: Air pollution is a common problem in Iran especially Tehran metropolis. Urban green spaces have significant effects in controlling the improvement of air in cities. Environmental functions in reducing urban air pollution is an important aspect of green space, in fact, green spaces are the breathing lungs of cities.
Objectives: This research was conducted with the aim of investigating the effect of green space patterns on the air pollution index in Tehran metropolis in 2014.
Methodology: This research is a descriptive analytical study that investigated the subject by using spatial models. By obtaining air pollution concentration data and then applying corrections, monthly seasonal data have been prepared. Considering that the data are points in the first step with interpolation methods, the areas of each pollutant were determined separately by season. The fuzzy method was used to compare pollutants with the same unit after normalization and eliminating the uncertainty. Relation between the pollutants and the green spaces was determined by the NDVI layer extracted from the Landsat images in the spring and autumn seasons. The regression between the pollutant by season and type of pollutant was prepared with NDVI, which has a significant correlation. Also, due to the significant correlation between the congestion pattern of Tehran's urban roads with all pollutants, the current urban road pattern was considered as a model for the development of green spaces. Pollutant PM2.5 was examined as a case study and its outputs were prepared and examined.
Geographical Context: The geographical area of the current research is Tehran metropolis.
Results and Discussion: Because of the correlation of the city's green spaces and air pollutants, as well as the coefficients between the pollutants and the density of urban roads, the results show that the pattern of city roads can be as a model for the development of green spaces. This development will lead to a reduction in the amount of air pollution pollutants and also its results show a high improvement in the level of pollutant levels in Tehran metropolis.
Conclusion: The pollution measurement stations in Tehran city are not suitable in terms of number and location. Also, many of them show a failure for several months. In order to carry out more detailed studies in the future, it is necessary to increase the number of pollution measurement stations in the city, and find the effective location for them.

KEYWORDS: Green space, spatial analysis, pollutant, air pollution, Tehran.

مهندسی جغرافیایی سرزمین
شاپای چاپی ۱۴۹۰-۲۵۳۸
شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲-۲۵۳۸
www.jget.ir

دوره ۶، شماره ۳ (پیاپی ۱۳)، ۱۴۰۱، صص. ۶۳۳-۶۴۶
DOR: 20.1001.1.25381490.1401.6.3.8.9

مقاله پژوهشی

تاثیر الگوهای فضای سبز شهری بر توزیع فضایی آلاینده‌های آلودگی هوا (مورد مطالعه: تهران)

عادل مردانه [۱*]، عارف قادری [۱] و نورالدین میثاق [۲]

۱. کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: adel.mardaneh@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۷ آبان ۱۴۰۰

چکیده

مقدمه: یکی از مهمترین مسائل زیست‌محیطی در ایران (بخصوص کلان‌شهر تهران) معضل آلودگی هوا است. فضای سبز شهری، اثرات قابل توجهی در کنترل بهبود هوای شهرها را دارا می باشند. یکی از کارکردهای فضاهای سبز در شهرها، کارکردهای زیست‌محیطی آنها در کاهش آلودگی هوای شهری است، درحقیقت فضاهای سبز ریه‌های تنفس شهرها به شمار می‌آیند.

هدف: این تحقیق با هدف بررسی تاثیر الگوهای فضای سبز بر روی میزان شاخص آلاینده‌های آلودگی هوا در کلانشهر تهران در سال۹۳ صورت گرفته است.

روش شناسی: روش مطالعه در این تحقیق یک روش تحلیلی توصیفی می باشد که با بهره‌گیری از مدل های مکانی- فضایی به بررسی موضوع مورد نظر پرداخته است. با کسب داده‌های غلظتی آلودگی هوا و سپس اعمال تصحیحات، داده‌های ماهانه داده‌های فصلی تهیه شده است. باتوجه نقطه‌ای بودن داده‌ها در اولین قدم با روش‌های اینترپولاسیون، پهنه‌های هر آلاینده به تفکیک فصل مشخص شد. به منظور مقایسه آلاینده‌ها با واحد یکسان و نرمال‌سازی و همچنین از بین بردن عدم قطعیت در داده‌ها همه لایه‌ها (آلاینده‌ها) فازی ساز شد. برای بررسی ارتباط آلاینده با فضاهای سبز موجود فعلی لایه NDVI را از تصاویر لندست در دو فصل بهار و فصل پاییز استخراج کرده و رگرسیون مابین آلاینده‌ها به تفکیک فصل و نوع آلاینده با NDVI تهیه شد که دارای همبستگی تقریبا معنادار می باشد. همچنین باتوجه همبستگی قابل توجه بین الگوی وضعیت ترکم معابر شهری تهران با همه آلاینده‌ها نهایتا الگوی معابر شهری فعلی بعنوان الگوی توسعه فضاهای سبز درنظر گرفته شد و با در نظر گرفتن ضریب همبستگی‌ها توسعه فضاهای سبز مد نظر قرار گرفت. آلاینده PM2.5 به عنوان نمونه موردی بررسی و خروجی‌های آن تهیه و بررسی شد.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمروی جغرافیایی تحقیق حاضر کلانشهر تهران است.

یافته ها و بحث: نتایج نشان می‌دهد با در نظر گرفتن ضرایب همبستگی مابین فضاهای سبز شهر و آلاینده‌های آلودگی هوا و همچنین ضرایب مابین آلاینده‌های آلودگی هوا و تراکم معابر شهری، استفاده از الگوی معابر شهر به عنوان الگویی برای توسعه فضاهای سبز منجر به کاهش میزان آلاینده‌های آلودگی هوا می‌شود و هم چنین نتایج آن نشان از بهبود بالای وضعیت میزان آلاینده در سطح کلانشهر تهران نیز می‌باشد.

نتیجه‌گیری: ایستگاه‌های سنجش آلودگی در سطح شهر تهران هم از نظر تعداد و هم از نظر موقعیت مکانی مناسب نیستند، همچنین در بسیاری از مناطق به دلیل خرابی و مشکلات گاها مشاهده می شود چندین ماه بعضی از آلاینده‌ها سنجش نمی شود. به منظور مطالعات دقیق تر در آینده بجاست در سطح شهر تهران تعداد ایستگاهای سنجش آلودگی افزایش یابد همچنین موقعیت مکانی احداث آنها با روش علمی مکانیابی گردد.

کلیدواژه‌ها: فضای سبز، تحلیل مکانی، آلاینده، آلودگی هوا، تهران.

مقدمه

تهران، پایتخت و بزرگ ترین شهر کشور، جایگاه سیاسی، اقتصادی و فرهنگی مسلطی در سطح کشور دارد، این جایگاه که در اثر تحولات سیاسی، اجتماعی و اقتصادی در سال های گذشته به دست آمده، سبب بروز مشکلات عمده ای مانند اسکان غیر رسمی، بافت های فرسوده، فقر، ترافیک و انواع آلودگی ها شده است. گفتنی است کیفیت هوای شهر تهران طی چند دهۀ اخیر یکی از چالش های اصلی فراروی مدیریت شهری بوده که سالیانه خسارت های زیادی را وارد کرده است (محمدی و همکاران، ۶:۱۳۹۷). امروزه آلودگی هوا به‌عنوان مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی مطرح است، یکی از رهآوردهای گسترش شهرها و صنعتی شدن در قرن حاضر پدیده آلودگی هواست (بلوکی، ۱۳۷۹، ۱۵). آلودگی هوای شهرها پدیده ای اکولوژیکی است که در اثر به به هم خوردن و نبود توازن در رابطه میان انسان و محیط به وجود می آید. اگر انسان ظرفیت تحمل و توانایی محیط طبیعی را نشناسد و بر فناور ی های نوین تکیه کند، تعادل و موازنۀ اکولوژیکی را برهم می زند که این امر در زیستگاه های شهری به دلیل تمرکز جمعیت و استفاده از فناوری های نوین مشهودتر است. آلودگی هوا که عمدتاً در شهرهای بزرگ دیده می شود یکی از مشکلات عمدۀ این شهرهاست. براساس آمار سازمان سلامت جهانی (WHO) سالانه ۲,۴ میلیون نفر در دنیا بر اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می دهند (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۵). مرگ بیش از ۴ هزار نفر طی شش روز بر اثر مه دود فتوشیمیایی شهر لندن در سال ۱۹۵۲ و مرگ ۲۰ تن و بیماری بیش از ۶ هزار نفر بر اثر آلودگی هوا در شهر ۱۴ هزار نفری دنورای پنسیلوانیای در سال ۱۹۴۸ از حوادث مهمی است که بر اثر آلودگی هوا در دوران گذشته به وجود آمده است (عرفان منش، افیونی، ۱۳۸۵). یکی از فرایندهای چالش‌زا در روند ایجاد و افزایش آلودگی هوا، شهرک‌سازی و شهرنشینی بی‌رویه در حومه کلان‌شهرهاست. هم چنین اخیرا در کلان‌شهرها، استفاده زیاد و بی‌رویه از خودروهای تک‌سرنشین در برخی مکان‌های شلوغ با تراکم بالای جمعیت و ترافیک سنگین شهری، شرایطی را ایجاد کرده که محیط‌زیست کلان‌شهری را (تهران، مشهد، اهواز و غیره) ازنظر آلودگی هوا با مکان و ناهنجاری‌های بسیاری مواجه کرده است (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۹، ۹۹).

طبق تحقیقات سازمان بهداشت جهانی[۱](WHO) و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل[۲](UNEP) که در ۵۰ کشور جهان صورت گرفته، نشان می‌دهد قسمت عمده جمعیت جهان امروز در شهرهایی زندگی می‌کنند که میزان آلاینده-های هوا از مقادیر تعریف‌شده سازمان بهداشت جهانی بالاتر است. همان‌طور که می‌دانیم، با توجه به پراکندگی منابع آلاینده‌های هوا در سطح شهر، توزیع تراکم جمعیت و نیز شرایط هواشناسی منطقه (سرعت و جهت باد غالب و غیره)، توزیع غلظت آلاینده‌های هوا در سطح یک منطقه یکسان نمی‌باشد. بنابراین میزان آن بر روی سلامت مردم نیز با توجه به توزیع عوامل فوق و نیز توزیع جمعیت در مناطق مختلف در سطح شهر متفاوت می‌باشد(موسویان و همکاران، ۱۳۸۵، ۷). با گسترش روزافزون شهرنشینی و صنعتی شدن در چند دهه اخیر، آلودگی هوا به یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست‌محیطی بشر تبدیل‌شده است (والرا و جیمنز، ۲۰۰۳). این موضوع خصوصاً در کلان‌شهرها، یعنی جایی که دارای جمعیت انسانی بالا بوده و تعداد زیاد وسایل نقلیه و کارخانه‌های صنعتی به‌عنوان منابع اصلی آلودگی هوا در آن به چشم می‌خورد اهمیت بالایی می‌یابد. گرچه کشورهای صنعتی توانسته‌اند تا حدی به تعادلی بین تولید و کنترل آلاینده‌های هوا دست یابند، آلودگی هوا در کشورهای درحال‌توسعه ازجمله ایران روند رو به وخامتی دارد چرا که از طرفی سرعت شهرنشینی (مهاجرت از مناطق روستایی به شهری) در این کشورها بسیار بالاتر بوده و از طرف دیگر تکنولوژی‌های کنترل آلودگی هوا کمتر در دسترس می‌باشد (وانگ و زانگ، ۲۰۰۹). این موضوع با نگاهی بر آخرین گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۱ در مورد غلظت آلاینده‌های ذره‌ای در شهرهای مختلف جهان به تأیید می‌رسد (WHO، ۲۰۱۱). در مطالعات اخیر نشان داده شده است که در اکثر جوامع شهری، افراد با سطح درآمد پایین‌تر

[1] World Health Organization
[2] United Nations Environment Programme

معمولاً در مناطق پرتراکم‌تر و آلوده‌تر ازنظر کیفیت هوا زندگی می‌کنند درحالی‌که افراد با سطح درآمد بالاتر در مناطق پاک‌تر شهر زندگی می‌کنند، که این موضوع به‌عنوان "نا عدالتی زیست‌محیطی" تعبیر شده است. قیمت زمین نیز در برخی شهرهای پیشرفته اما آلوده‌ی دنیا ازجمله لس‌آنجلس به‌شدت تحت تأثیر غلظت آلاینده‌های هوا در مناطق مختلف شهر است. ازاین‌رو محققین به سیاست‌مداران توصیه کرده‌اند تا تعادلی میان میزان اخذ مالیات و قیمت زمین (با توجه به توزیع آلاینده‌ها در سطح شهر) برقرارشده تا حداقل ناعدالتی زیست‌محیطی از جنبه مالی فشار کمتری به اقشار کم‌درآمد داشته باشد. با توجه به اهمیت فوق‌العاده بالای آلاینده‌ها (از هر دو جنبهٔ جانی و مالی)، مطالعاتی در کشورهای مختلف جهان به‌منظور کمی سازی (برآورد عددی) اثرات سلامتی آلاینده‌های مختلف هوا انجام‌شده است. این مطالعات ازآن‌جهت حائز اهمیت می‌باشند که با توجه به نتایج آن‌ها می‌توان میزان دقیق باری که آلودگی هوا بر جامعه وارد می‌کند را برآورد نمود. اما ازآنجایی‌که برای این هدف، یعنی برآورد عددی هر آلاینده‌ی هوا، نیازمند یک مطالعه اپیدمیولوژیک مستقل بوده که ازلحاظ زمانی چند سال به طول انجامیده و هزینه‌های زیادی تحمیل می‌کند، سازمان جهانی بهداشت اقدام به طراحی مدلی به نام AirQ نمود که با استفاده از آن می‌توان اثرات مختلف سلامتی تعدادی از آلاینده‌های مهم هوا (ازجمله آلاینده‌های معیار یعنی PM_{10}، O_3 ، NO_2، SO_2 و CO) را محاسبه نمود. پس از تدوین AirQ توسط WHO، این مدل در مطالعات مختلفی به‌منظور کمی سازی اثرات سلامتی آلاینده‌های هوا مورداستفاده قرارگرفته است. نکته قابل‌توجه این است که مطالعات انجام‌شده تماماً حاکی از صحت نتایج مدل‌دارند، یعنی با مقایسه خروجی‌های مدل با نتایج حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیکی انجام‌شده در همان منطقه، به همخوانی‌های کاملاً مناسبی بین این دو دست یافته‌اند (محمدی، ۱۳۸۵، ۳). این سیر صعودی افزایش پدیدهٔ آلودگی جوی ازنظر غلظت و نوع آلاینده از منظر سازمان‌ها به‌ویژه سازمان حفاظت محیط‌زیست به مرز هشداردهنده‌ای رسیده است (شفیع پور، ۱۳۸۷، ۱۵) . طبیعی است پدیده‌های جوی در توزیع آلاینده‌های جوی آثار مستقیم و غیرمستقیم دارند. پدیده‌هایی چون وارونگی هوا به‌خصوص در فصل سرما و پدیده مه دود فتوشیمیایی ازجمله عواملی محسوب می‌شوند که بر نحوهٔ انتشار آلاینده‌ها اثر می‌گذارند (اصیلیان، ۱۳۸۵، ۲۴). بدون شک هرگونه توسعه شهری درصورتی‌که با درایت و احتیاط کامل اجرا نشود، بیش از پیش بر این معضلات خواهد افزود. در این تحقیق به دلیل اهمیت بالای میزان آلاینده‌ها در سلامت انسانی تاثیرات فضای سبز در کاهش این آلاینده‌ها در شهر تهران مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

پاترسن[1] از روش بردارهای ویژه برای مطالعه الگوهای پراکنش مکانی و نوع آلاینده‌های هوا و تعیین شاخص‌های آلودگی هوا با استفاده از مدل گرافیکی در میشیگان استفاده کردند .(پاترسن، ۲۰۰۹). برینگفلت و بارانکار، در پژوهشی با عنوان « مهم‌ترین منابع ایجاد و تجمع دی‌اکسید گوگرد و منواکسید در مراکز استکهلم» تحقیقاتی انجام دادند. آنها ابتدا به بررسی همبستگی فضایی- مکان‌های آلوده به آلاینده دی‌اکسید گوگرد و وارونگی دما در آن مکان‌ها پرداخت و سپس بیان کردند که بیشترین نوع و پراکنش آلاینده‌ها مرتبط با گرادیان قائم در دمای ۳۷ متری از سطح در ساعات اولیه صبح مشخصه خوبی برای پیش‌بینی آلودگی است (برینگفلت و بارانکار[2] ۲۰۰۹). پو و همکاران توزیع فضایی و محلی داده‌های شاخص کیفیت هوا (AQI) ثبت شده در ۱۶۱ شهر مهم چین را با استفاده از شاخص موران مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند و تاثیرگذارترین پارمترهای شهری موثر بر این شاخص کیفیت هوا را مشخص کردند (پو[3]و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعه موردی برای تعیین کمیت اثرات الگوهای فضای سبز شهری بر غلظت ذرات (PM) در شهر زنژو چین[4] با استفاده از تجزیه و تحلیل فراوانی و متغییر جزء بندی انجام گرفت و به این نتیجه رسیدند که در فواصل کوتاه‌تر، ترکیب فضای سبز در کاهش آلودگی PM موثرتر بوده و پیکربندی فضای سبز در مسافت‌های طولانی نقش مهم‌تری داشته است. نتایج این تحقیق به راهبردهای خاصی جهت برنامه‌ریزی فضای سبز از نظر زیست‌محیطی و

[1]Patterson
[2]Bringfelt and Bhanarkar
[3]Pu
[4]Zhengzhou

اقتصادی منجر شده است (یانکی لی[1]و همکاران، ۲۰۱۸). در تحقیقی که در کشور کره صورت گرفت نقش ساختارها و فضاهای زندگی شهری در آلودگی هوا بررسی گردید و براساس نتایج به دست آمده از میان ۱۸۰ کشور مورد بررسی در سال ۲۰۱۸، کشور کره در رتبه ۱۱۹ به لحاظ کیفیت هوا (از نظر PM2.5) قرار گرفت با این وجود در مناطق مختلف به دلیل ساختارهای متفاوت صنعتی و تراکم جمعیتی تفاوت‌هایی از کیفیت هوا قابل مشاهده است (جانگ[2]و همکاران، ۲۰۱۹). در شهر مادرید اسپانیا از ابزارهای آماری تجزیه و تحلیل همبستگی، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (CA) به منظور ارزیابی آلودگی هوا در این شهر استفاده گردید. نتایج در زمینه آلاینده-های مورد بررسی شامل NO، NO2، PM10 و O3 در ۲۲ ایستگاه در شبکه مورد مطالعه طی ساله‌ای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷، به وجود همبستگی میان این آلاینده‌ها با ساختاری‌های فضایی تاکید نمودند. اقدامات پیشنهادی و برنامه‌های تدوین شده بخصوص در حوزه ترافیک با هدف بهبود کیفیت هوا از طریق تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشه‌ای صورت گرفت (نانز[3]و همکاران، ۲۰۱۹، ۷).

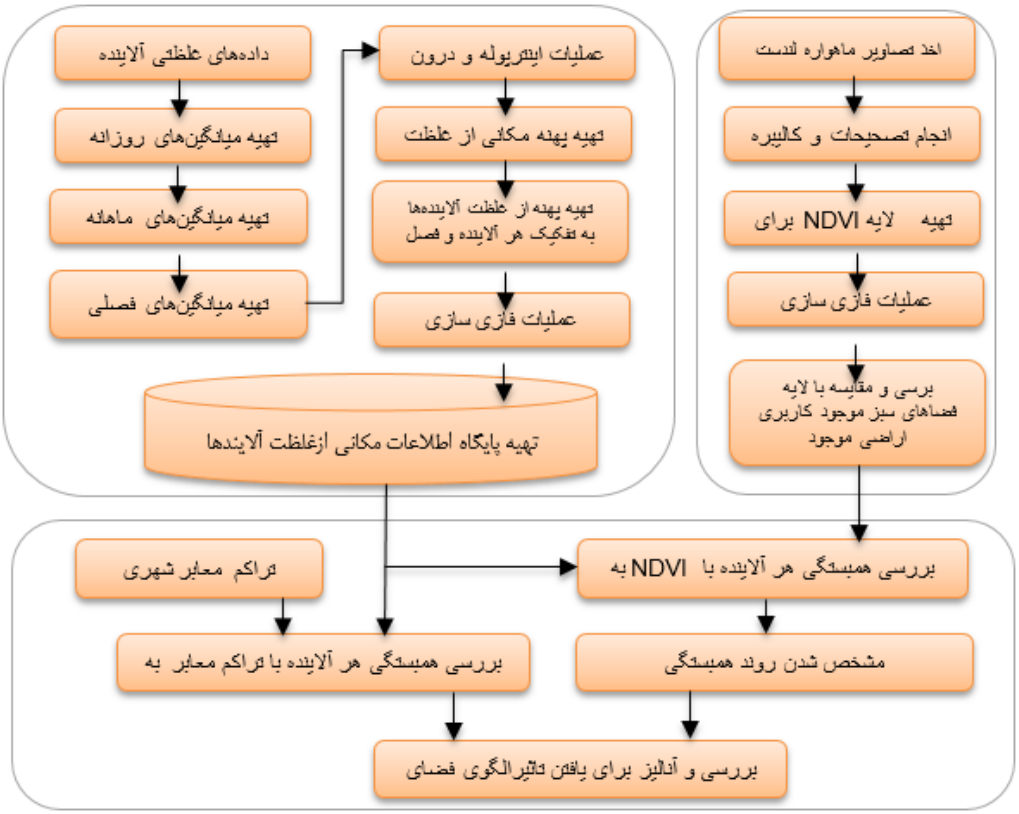
چراغی در تحقیقی با نام « بررسی و مقایسه کیفیت هوای در شهرهای تهران و اصفهان» راهکارهای برای بهبود آن ارائه کرد. نتایج نشان دادند که در تهران آلوده‌ترین ماه‌ها خرداد، شهریور، آبان و بهمن و در اصفهان خرداد است. همچنین، در این تحقیق مشخص شد که در تهران در سال ۱۳۸۷، ۹۰ درصد روزهای این ماه‌ها، شاخص استاندارد بالای حد استاندارد (PSI) قرار داشته است (چراغی، ۱۳۸۷). در مطالعهٔ متکان و همکاران درخصوص شهر تهران، متغیرهای مستقلی که برای پیش‌بینی آلاینده‌های CO و PM10 استفاده شد شامل حجم ترافیک، راه، کاربری اراضی، جمعیت و ارتفاع است. در این پژوهش حجم ترافیک، راه و کاربری اراضی در بافر ۵۰۰ متری و جمعیت در بافر ۱۰۰۰ متری اطراف ایستگاه های سنجش آلودگی استخراج و در ساخت مدل رگرسیونی استفاده شد. به منظور اعتبارسنجی مدل LUR ، متکان و همکاران از رابطهٔ همبستگی میان برآوردهای صورت گرفتهٔ آلاینده ها در مکان-هایی که ایستگاه‌های سنجش آلودگی وجود داشت و در مدل استفاده نشده بود، همچنین از آلاینده های ثبت شده در این ایستگاه‌ها استفاده کردند که ضرایب آن برای آلاینده های CO و PM10 به ترتیب برابر با ۰,۵ و ۰,۵۹ بوده است (متکان و همکاران، ۱۳۹۰). بهاری و همکاران با بکارگیری رگرسیون موزون جغرافیایی (GWR) پراکنش غلظت آلاینده PM2.5 و ارتباط آن با عواملی همچون کاربری‌های جمعیتی، پارامترهای هواشناسی، فاصله از معابر اصلی و آزاد راه‌ها و ارتفاع در شهر تهران را بررسی کردند و در نهایت نقشه‌هایی از وضعیت آلاینده PM2.5 در شهر تهران به منظور شناخت مناطق پر ریسک و پیش‌بینی و بکارگیری اقدامات موثر جهت کاهش آلودگی در آن نقاط تهیه نمودند (بهاری و همکاران، ۱۳۹۴). با استفاده از شاخص‌های همبستگی مکانی موران و گتیس - اورد الگوی توزیع مکانی، غلظت CO و PM2.5 تهران مورد شناسایی قرار گرفت و مشخص گردید نقاط داغ آلاینده PM2.5 در بخش‌های جنوبی و لکه‌های سرد آن در نیمه شمالی تهران واقع شده است. این در حالی است که لکه‌های داغ CO بخش های از شمال شرق با جنوب غرب تهران را در بر می‌گیرد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷). محمدی و همکاران در تحقیقی به پیش‌بینی تمرکز آلاینده‌های NO2، MP10 و CO در تهران با استفاده از مدل رگرسیون کاربری اراضی (LUR) در سال ۲۰۱۰ پرداختند. در این پژوهش از متغیرهای مستقلی مثل مساحت کاربری اراضی، طول شبکه معابر و متغیرهای هواشناسی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده‌های فوق استفاده گردید. نتایج پژوهش نشانگر دقت زیاد این مدل در پیش بینی سه آلایندهٔ مورد نظر، به ویژه در فصول گرم است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷، ۱-۱۶). زرگری و همکاران به مسیریابی و منشایابی حرکت آلاینده‌های جوی در کلان شهر تهران پرداختند. آنها از داده‌های ایستگاهی آلودگی هوا، داده‌های تصویر ماهواره Terra و از داده‌های FNL بهره گرفتند و جهت مسیریابی و منشایابی حرکت آلاینده‌های جوی MP10 و O3 از دو الگوی هم دیدی اصلی شامل الگوی پشته برون حاره و الگوی ترکیبی استفاده کردند

[1]Yakai Lei
[2]Jung
[3]Nunez

(زرگری و همکاران، ۱۳۹۸). جهان‌بین و خضرنژاد پژوهشی در راستای مکانیابی فضاهای سبز در شهر تبریز انجام دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در شهر تبریز معیارها و اصول توسعه و برنامه‌ریزی فضای سبز و معیارهای مکان‌یابی آنها از جمله؛ سرانه‌ها در سایر محلات، معیارهای محیطی و اکولوژیک و معیارهای مکانی از قبیل مرکزیت، سلسله مراتب و دسترسی رعایت نشده است (جهان‌بین و خضرنژاد، ۱۳۹۸).

روش‌شناسی

این مطالعه با یک روش تحلیلی و توصیفی در محیط GIS انجام‌شده و با استفاده از توابع علوم مکانی موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی گردیده است. هم‌چنین با استفاده از استانداردهای مثل AQI مراحل طبقه‌بندی صورت گرفته است و شاخص موردنظر با این استاندارد استخراج گردیده و سپس بررسی این شاخص‌ها به تفکیک انجام شده و هر منطقه از لحاظ این شاخص بررسی و میزان آلاینده با این شاخص به تفکیک برای هر منطقه استخراج گردیده است و درنهایت در هر منطقه درصد هر شاخص استخراج شده است. این تحقیق به‌صورت مطالعه تحلیلی-توصیفی و بصورت مقطعی در شهر تهران طی فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۳ انجام شده است. یکی از دلایل انتخاب داده‌های سال ۹۳ بدلیل کامل بودن داده‌ها در آن بازه زمانی می‌باشد. در این مطالعه به بررسی آلاینده‌های موجود در سطح شهر تهران ازجمله CO, PM10, O3, SO2, NO2 و PM2.5 که توسط ایستگاه‌های سنجش وضعیت آلودگی هوا در ایستگاه سطح شهر تهران مستقر بوده پرداخته‌ایم و درنهایت میزان شاخص کیفیت هوای(AQI) هریک از آلاینده‌ها را مورد تجزیه‌وتحلیل قراردادیم. تعدادی از ایستگاه‌ها توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست و تعدادی توسط شرکت کنترل کیفیت هوا نصب و کنترل می‌گردد. تمامی داده‌های آلاینده‌ها توسط نرم‌افزار EXCEL مورد آنالیز و تحلیل قرارگرفته است. همانطور که در شکل ۱ نمایان است، مدل مفهومی فرایند تحقیق به تصویر کشیده است و به صورت دیاگرام مربوطه می باشد، با اخذ تصاویر ماهواره لندست به تفکیک هر ماه در طول سال۹۳، سپس بعداز اعمال تصحیحات اتمسفری و رادیومتری اقدام به تهیه NDVI به تفکیک هر فصل نموده که مبنای بررسی به صورت فصلی می‌باشد.



شکل ۱. مدل مفهومی انجام تحقیق

درونیابی

روش اندازه گیری یا برداشت مکانی داده‌ها، پدیده‌های طبیعی را در محیط GIS شکل می‌دهند. زمانی که پدیده ها به صورت نقطه ای برداشت می‌شوند؛ روش‌های خاصی برای شکل دادن یا لایه ساختن از آنها به کار می رود که یکی از آنها درونیابی می‌باشد. باتوجه به اینکه چهار آلاینده (NO2, SO2, PM2.5, CO) در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است، نتایج حاصل از درونیابی به تفکیک هر چهار فصل در طول سال ۹۳ مورد بررسی قرار گرفته است. بخاطر تعداد کم ایستگاه‌های موجود تنها روشی که قابلیت اجرایی داشت روش IDW بود. با توجه به ویژگی نقطه‌ای بودن ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا به منظور تهیه یک سطح پیوسته از این روش استفاده شده و به تفکیک نوع آلاینده و فصل‌های سال سطوح پیوسته آلاینده‌ها به دست آمده است.

فازی‌سازی داده‌ها

منطق فازی راهکاری است که به وسیله آن می‌توان سیستم‌هایی پیچیده را که مدل‌سازی آنها با استفاده از ریاضیات و روش‌های مدل‌سازی کلاسیک غیرممکن بوده و یا بسیار مشکل است، به آسانی و با انعطاف بسیار بیشتر، مدل‌سازی کرد. همچنین باتوجه به اینکه یکی از ویژگی‌های سیستم‌های فازی برای از بین بردن عدم قطعیت می باشد که در علوم مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ در محیط ArcGIS توابعی برای اجرای آن طراحی شده که در ادامه کار با توجه به این ویژگی لایه‌های حاصل از درونیابی غلظت‌ها فازی‌سازی می-شود. از این رو همه لایه‌ها به تفکیک آلاینده‌ها و فصل سال به لایه‌های فازی تبدیل شدن که هدف از اینکار استفاده از مزایای مدل‌های فازی می‌باشد. در این تحقیق با درنظر گرفتن همه ضرایب حاصل از معادلات

رگرسیون‌ها میزان تغییرات حاصل از تاثیر این ضرایب به صورت تخمینی محاسبه شده است و میزان این تغییرات براساس مقیاس QAI بررسی و نتایج آنها بصری سازی شده است.

شاخص کیفیت هوا برای گزارش روزانه کیفت هواست و میزان آلودگی یا تمیزی هوا و نگرانی در خصوص سلامت افراد جامعه را بیان می‌کند.AQI[۱] بر اثرات بهداشتی که ممکن است در ساعات یا روزهای آینده اتفاق افتد متمرکز است. این شاخص معادل ۱۰۰ با استانداردهای ملی تطابق دارد و بالای ۱۰۰ غیربهداشتی درجه اول برای گروه‌های حساس است و به افراد کمک می‌کند تا بفهمد هوا برای سلامت آن‌ها در چه وضعی است.

جدول ۱

گروه‌های شاخص کیفیت هوا و رنگ‌ها و رنگ‌های مربوط به هر گروه

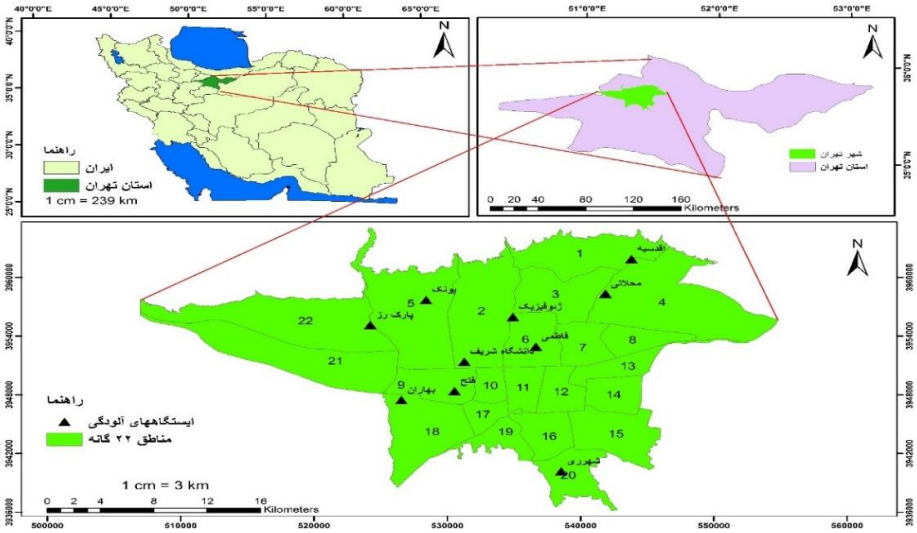
AQI	شرح	رنگ نشان‌دهنده
۰ – ۵۰	خوب	سبز
۵۱ – ۱۰۰	متوسط	زرد
۱۰۱ – ۱۵۰	غیربهداشتی برای گروه‌های حساس	نارنجی
۱۵۱ – ۲۰۰	غیربهداشتی	قرمز
۲۰۱ – ۳۰۰	خیلی غیربهداشتی	بنفش

پراکندگی فضایی آلاینده‌های هوا از قبیل O3, SO2, NO2, CO2, PM2.5, PM10 از منابع متحرک و ثابت یا پدیده‌های طبیعی اثرات مهمی بر کیفیت هوا دارد. در شهر تهران به دلیل ازدیاد جمعیت شهرنشینی و تردد بالای وسایل نقلیه لزوم نصب دستگاه‌های سنجش و کاربرد ابزارهای ارزیابی و تحلیل آماری جهت ارائه سیستم مدیریت برای کاهش و کنترل آلاینده‌های منتشره ضروی می‌باشد.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

تهران بزرگ‌ترین شهر و پایتخت ایران و مرکز استان تهران و شهرستان تهران است. جمعیت آن ۹،۴۲۳،۷۰۳ نفر است و بیست و پنجمین شهر پرجمعیت جهان به شمار می‌آید. تهران در پهنه‌ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده‌است و ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. از نظر جغرافیایی نیز در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته‌است؛ این ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. تهران دارای اقلیم نیمه‌خشک است. شمال شهر به دلیل ارتفاع بیشتر، خنک‌تر از دیگر مناطق شهر است. همچنین بافت نامتراکم، وجود باغ‌های کهن، بوستان‌ها، فضای سبز حاشیه بزرگراه‌ها و کم بودن فعالیت‌های صنعتی در شمال شهر کمک کرده‌اند تا هوای مناطق شمالی به‌طور متوسط ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از مناطق جنوبی شهر باشد. مسیر اصلی و جهت باد غالب شهر تهران، شمال غرب به جنوب شرق است.

[۱] (Air quality index) یک شاخص بین المللی برای اندازه‌گیری میزان آلودگی هوا است که مورد تایید سازمان محیطزیست در ایران هم می باشد.

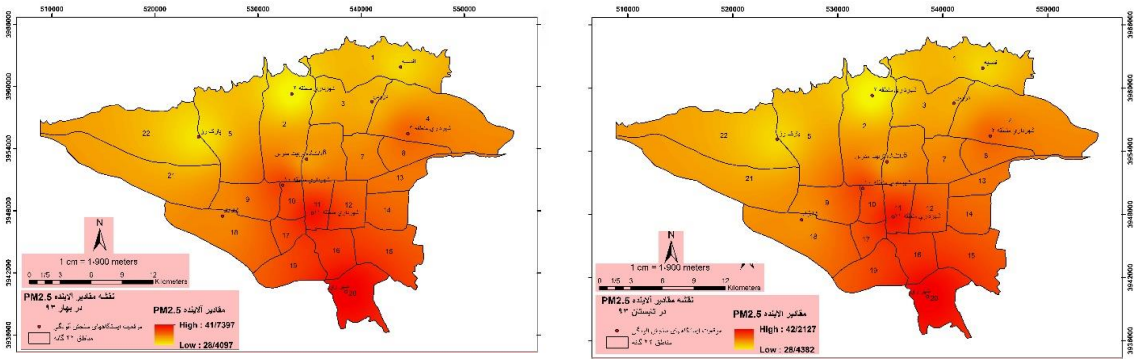


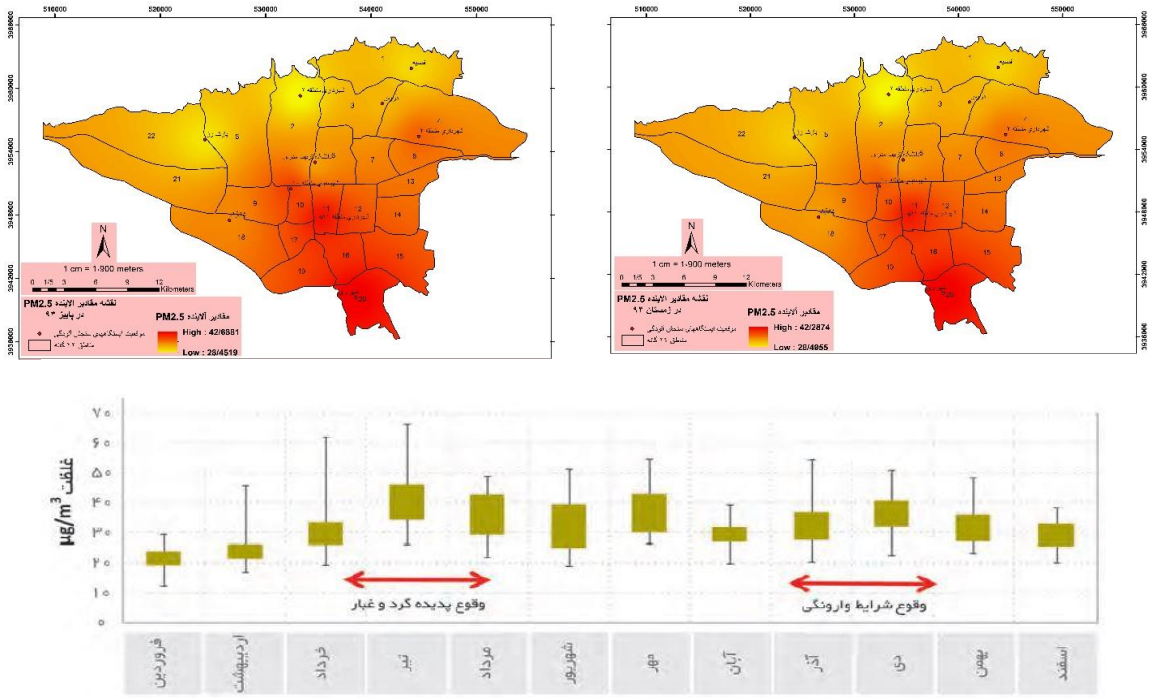
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر تهران در استان تهران و ایران

یافته ها و بحث

ـ درون یابی آلاینده‌های مورد بررسی

طی تحقیقات صورت گرفته در فعالیت‌های بخش پایش آلاینده‌های هوای سازمان حفاظت محیط‌زیست مشخص گردید که تعداد ایستگاه‌های موجود در مناطق ۲۲ گانه شهر ۳۳ دستگاه بوده است. با توجه به این‌که این اطلاعات به‌صورت زمانی یک ساعته ذخیره می‌شود، بنابراین لازم بود میانگین‌های این اعداد به‌صورت روزانه تهیه شود و به طبع آن میانگین‌های ماهانه و سپس میانگین‌های فصلی تهیه شود. به دلیل حجم بالای کار این تحقیق به‌صورت فصلی موردبررسی قرار گرفت. درنهایت داده‌های میانگین فصلی وارد محیط GIS شده و با در نظر گرفتن محدوده مورد مطالعه با توجه به اینکه این اطلاعات از دیدگاه مکانی به‌صورت نقطه و هدف مطالعه در یک پهنه می‌باشد، لازم است این داده‌ها به پهنه یا سطح تبدیل شوند. بررسی داده‌های اندازه‌گیری آلاینده‌ها در ایستگاه‌های سنجش آلودگی در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران در محیط GIS پراکندگی آلودگی در سطح شهر، ابتدا موقعیت جغرافیایی نقطه‌ای ایستگاه‌های سنجش برحسب سیستم مختصات UTM مشخص گردید و پس از تحلیل نتایج در محیط Excel مشخصات نقاط بر روی نقشه شهر تهران قرار گرفت همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بیشترین تراکم ایستگاه‌های سنجش در مرکز شهر تهران، مناطق پرترافیک و پرتردد ایجادشده است. پس از فراخوانی نقاط ایستگاه‌ها بر روی نقشه از طریق Spatial Analyst Tools در محیط نرم‌افزار GIS اقدام به ایجاد نقشه تراکم و درون‌یابی داده‌های ایستگاه‌های سنجش آلودگی با روش IDW شده است. باتوجه به اینکه چهار آلاینده (NO2, SO2, PM2.5, CO) در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است، نتایج حاصل از درون‌یابی به تفکیک هر چهار فصل در طول سال ۹۳ در قالب نقشه‌های استاندارد تهیه شده است که بعنوان نمونه آلاینده PM2.5 اورده شده‌اند.

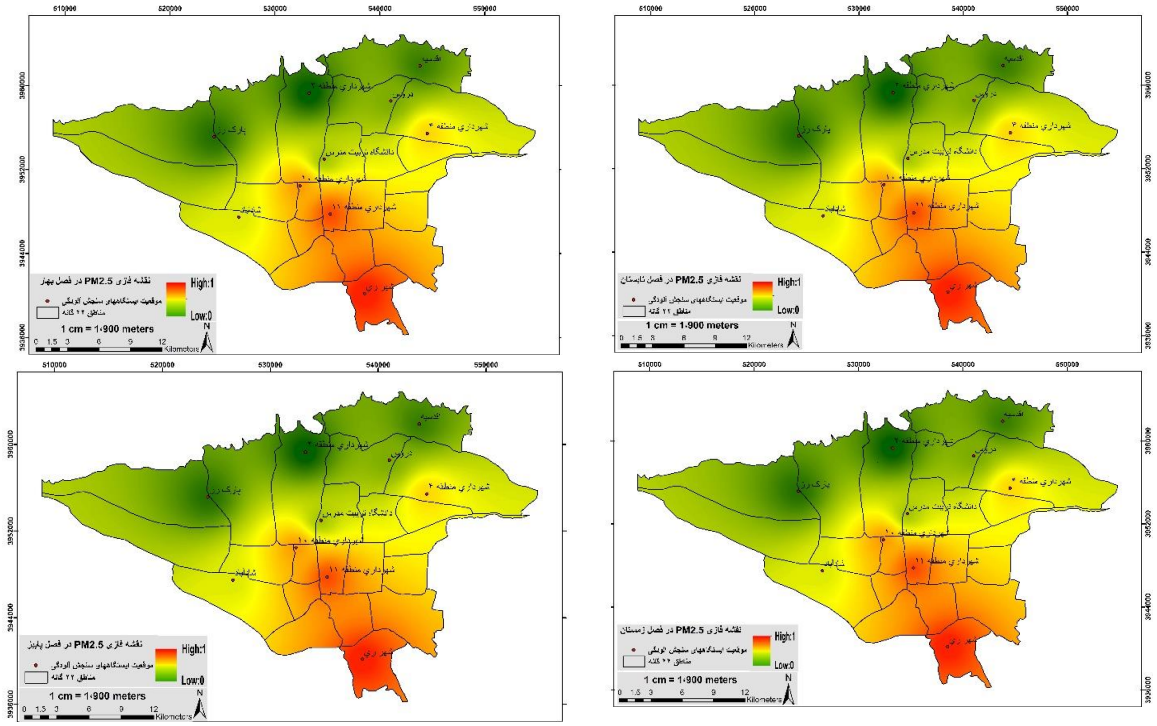




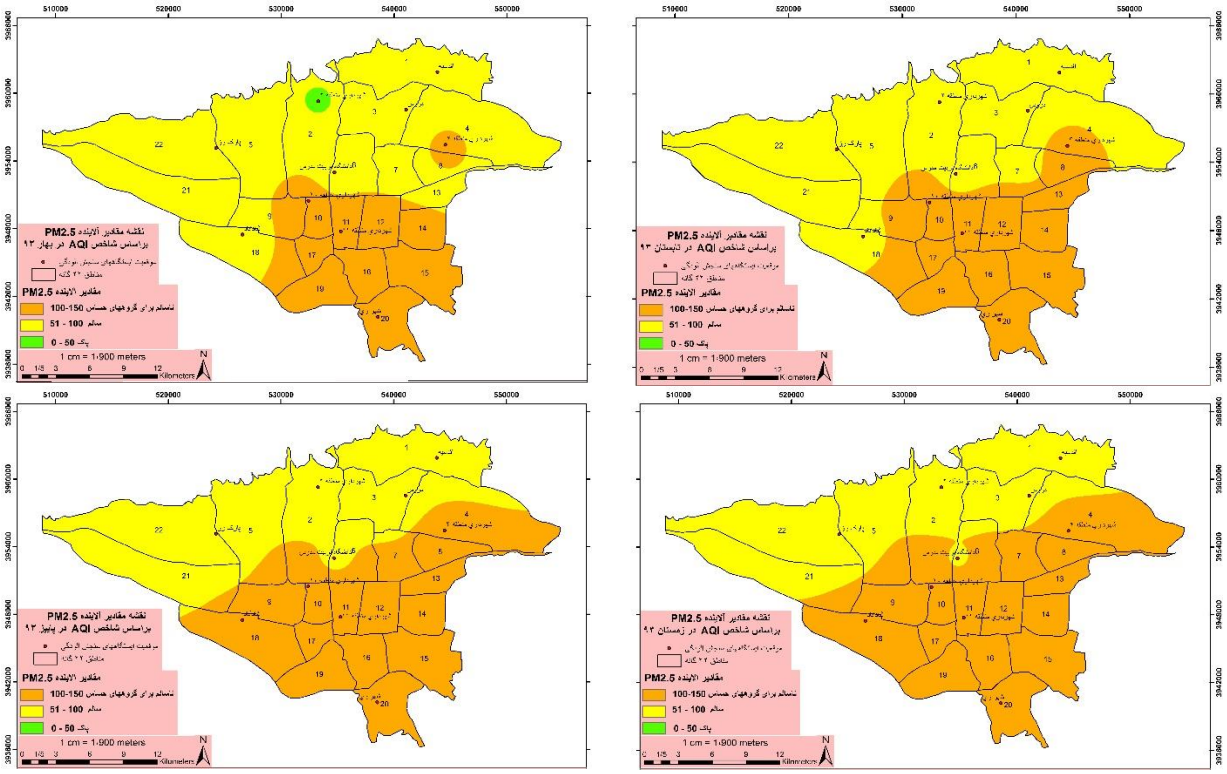
شکل ۳. نمودار تغییرات غلظت ماهانه PM2.5 طی سال ۹۳ (میانگین غلظت ایستگاه‌ها)

ـ فازی‌سازی لایه‌ها

بعد از فرآیند درونیابی لایه‌ها، به منظور استفاده و بهره جستن از ویژگی‌های منطق فازی عملیات فازی انجام گرفته است. در ادامه شاخص NDVI در دو مقطع زمانی انتهای فصل بهار و پاییز تهیه گردید. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و به منظور امکان مقایسه این شاخص‌ها نیز فازی سازی گردید. فازی سازی شاخص‌های NDVI با توجه اینکه نوع تاثیر بر میزان آلاینده‌ها به منظور هم جهت کردن یکی از آنها (شاخص NDVI) را بصورت عکس فازی‌سازی کرده، به عبارت دیگر با افزایش یکی دیگری نیز افزایش را نشان می‌دهد. در ادامه با تکمیل کلیه این فرایند یک دیتابیس از آلاینده و شاخص‌ها نیز تهیه گردید که همه آنها بصورت فازی می‌باشند. به منظور بررسی ارتباط هر چهار نوع آلاینده مورد بررسی با شاخص NDVI رگرسیون فضایی گرفته شده است که همه آلاینده‌ها ارتباط مثبت را نشان می‌دهند. به همین دلیل با افزایش و تراکم میزان NDVI با کاهش آلاینده‌ها روبرو می‌شویم. نمودار کلیه آلاینده‌ها به تفکیک هر آلاینده و فصل سال و معادله رگرسیون همه آنها تهیه گردید. باتوجه به اینکه همه آنها ارتباط مثبت را نشان می‌دهند، در نهایت به این نتیجه منجر شد که با افزایش NDVI (افزایش فضاهای سبز شهری) کاهش آلاینده‌های آلودگی هوا اتفاق می‌افتد. همچنین تراکم معابر شهری (خیابان‌ها و اتوبان‌ها و غیره) با توابع مربوطه در محیط ARCGIS و در مقیاس فازی تهیه گردید و رگرسیون بین این تراکم و آلاینده‌های آلودگی هوا روند مثبت را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر با افزایش تراکم میزان آلاینده‌های آلودگی هوا افزایش می‌یابد. بنابراین این نتایج منجر به این ایده و راهکار شد که الگوی تراکم معابر شهری بعنوان الگوی توسعه فضاهای سبز شهری در نظر گرفته شود. اما با توجه به معادلات حاصل از رگرسیون موجود بین میزان آلاینده‌های آلودگی هوا و فضاهای سبز شهر (NDVI)، همچنین معادلات بین تراکم معابر شهری و آلاینده های آلودگی هوا می‌توان براساس تاثیر ضرایب به هر میزان که فضاهای سبز شهری با همین ترکیب و تنوع فعلی در الگوهای مطرح شده توسعه و گسترش یابد، بصورت تقریبی میزان کاهش آلاینده‌های آلودگی هوا را پیش بینی کرد و مقیاس AQI را بررسی کرد.



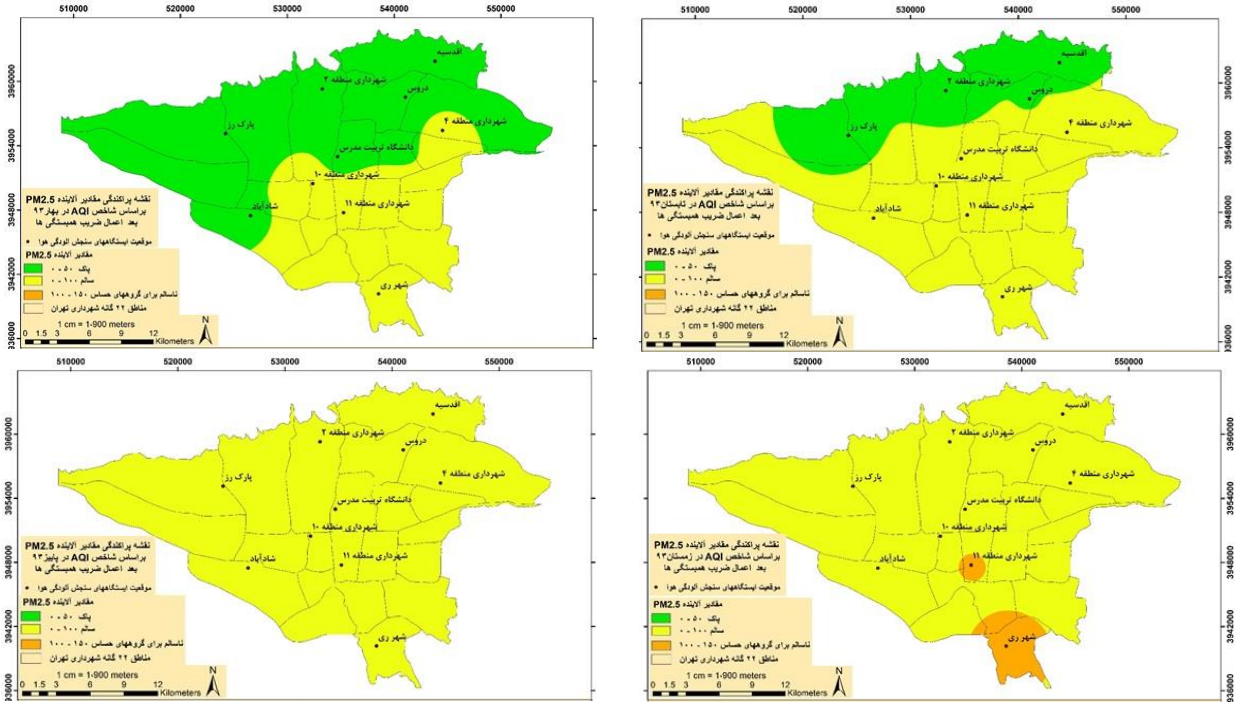
شکل ۴. نقشه فازی آلاینده PM2.5 در فصول مختلف سال ۹۳



شکل ۵. نقشه آلاینده PM2.5 براساس مدل AQI در فصول مختلف سال ۹۳

در ادامه با اعمال ضرایب بدست آمده حاصل معادلات رگرسیون فضایی مابین تراکم معابرشهری (خیابان‌ها و بزرگراه و غیره) و آلاینده‌های فضای سبز و ارتباط و رگرسیون بین انواع آلاینده‌ها و فضاهای سبز شهری و همچنین

استفاده از الگوی توزیع فضایی معابر شهری بعنوان توسعه الگوی فضاهای سبز شهری و پیش بینی مدل پیشنهادی در نظر گرفته شد. درنهایت نتایج حاصل از این مدل در قالب مقیاس AQI در مورد چهار آلاینده (PM2.5, SO2, CO, NO2) به دست آمده است. در این تحقیق آلاینده PM2.5 به عنوان نمونه موردی که نقش اصلی را در آلودگی هوای کلانشهر تهران دارد بررسی گردیده است. نقشه‌های مربوط به این نتایج در شکل ۶ ارائه شده است. لازم به ذکر است که با توجه اینکه دربخش های قبلی گفته شد، ایستگاه‌های سنجش در سطح مناطق کم بوده (در بسیاری از مناطق یک ایستگاه موجود می‌باشد) و در نظر گرفتن اینکه آلودگی یک پدیده منطقه‌ای می‌باشد بررسی آن در سطح مناطق شهرداری می‌تواند گویای واقعیت نباشد و یا دچار خطا گردد، همچنین بررسی این مقوله در محدوده مناطق شهرداری باعث تولید انبوه اطلاعات و لایه‌ها خواهد شد که حتی تحلیل و بررسی آنها هم کاری بس دشوار خواهد بود.



شکل ۶. نقشه آلاینده PM2.5 براساس مدل AQI بعدا از اعمال ضرایب رگرسیون

جدول ۲

وضعیت آلاینده PM2.5 بعداز اعمال ضرایب همبستگی

فصل	درصد مساحت	مساحت متر مربع	وضعیت بر اساس شاخص AQI
بهار	۶۲,۴۴	۱۲۷۱۴۴۵۰	پاک
بهار	۳۷,۵۶	۷۶۴۹۲۵۰	سالم
تابستان	۲۸,۳۱	۵۷۶۴۴۷۰	پاک
تابستان	۷۱,۶۹	۱۴۵۹۹۲۳۰	سالم
پاییز	۱۰۰	۲۰۳۶۳۷۰۰	سالم
زمستان	۹۴,۴۸	۱۹۲۴۰۴۱۰	سالم
زمستان	۵,۵۲	۱۱۲۳۲۹۰	ناسام برای گروه‌های حساس

همانطور که دیده می شود جدول ۲ بعداز اعمال ضرایب همبستگی به منظور توسعه فضاهای سبز در الگوی معابر شهری و با درنظر گرفتن پیش فرض‌های گفته شده در قسمت‌های قبل ارائه شده است. با این تفاسیر فقط فصل

زمستان است که به میزان ۵,۵ درصد دچار هوای ناسالم برای گروه‌های حساس می باشد که از دیدگاه مکانی هم جزییات آن در نقشه شکل ۶ نمایان است که یکی از دلایل اصلی آن بحث وارونگی دمایی است. بقیه ماه‌ها وضعیت نسبتا خوبی دارند که بهار با ۶۲,۴۴ درصد هوای پاک از این لحاظ بهترین ماه است. فصل تابستان با ۲۸,۳۱ درصد هوای پاک و ۷۱,۶۹ درصد هوای سالم وضعیت نسبتا مناسبی دارد. هم چنین پاییز ۱۰۰ درصد هوای سالم دارد. این عملیات درمورد سایر آلاینده‌ها و همچنین همه آلاینده‌های دخیل در آلودگی هوای شهرها قابل اجرا و بررسی می باشد. اما در این تحقیق چهار آلاینده (PM2.5, SO2, NO2, CO) مورد بررسی قرار گرفت، بدلیل حجم زیاد نقشه‌ها و بررسی‌ها از آوردن همه آنها خودداری کرده و فقط آلاینده PM2.5 به عنوان نمونه موردی که سهم عمده‌ای در آلودگی هوای تهران دارد، نمایش و جزییات آن آورده شده است. همانطور که از شکل‌های ۵ و ۶ مشخص است با افزایش فضای سبز به میزان قابل توجهی از تراکم آلاینده PM2.5 کاهش یافته یعنی هوا پاک تر شده است.

نتیجه‌گیری

مطالعات بسیاری در خصوص آلودگی‌های جوی صورت گرفته اما بسیاری از آنها به صورت تک بعدی مورد بررسی قرار گرفته در حالی که در این تحقیق هم بعد زمان و هم مکان با هم به صورت ترکیبی مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته است. با توجه به پارامترهای این تحقیق در هر شهری الگوهای فضای سبز غالبا پراکنده و نامنظم می‌باشد. همچنین مقوله آلودگی هوا پدیده‌ای کلان و منطقه‌ای می‌باشد بنابراین بررسی الگوهای خاص باید در مقیاس کلان باشد، اما اکثر فضاهای سبز شهری در مقیاس خرد و میکرو هستند. با توجه به ماهیت هر آلاینده آلودگی هوا و همانطور که در خیلی از نقشه‌ها نشان داده شده به تفکیک هر آلاینده و زمان‌های متفاوت بسیاری از آلاینده‌ها دارای تغییر مسیرهای متفاوتی هستند. بنابراین بررسی جزییات هر آلاینده و همچنین یافتن مواردی از قبیل اینکه هر آلاینده متاثر از گیاهان گوناگونی هست ضروری است. از این رو با توجه به نوع آلاینده در هر شهر، گیاهان متاثر در کاهش آلاینده مورد نظر برای توسعه فضاهای سبز پیشنهاد می‌شود. همچنین شناسایی پارامترهای دخیل در افزایش هر آلاینده آلودگی و ارتباط این پارامترها با فضاهای سبز فعلی می‌تواند در بهبود حل معضل آلودگی مثمرثمر واقع شود. انجام چنین تحلیل و بررسی برای سایر استان‌هایی که با مقوله آلودگی در چالش هستند و در نظر گرفتن بررسی وضعیت مکانی، زمانی آلاینده‌ها می‌تواند در کاهش و یافتن الگوی آلودگی موثر باشد. بررسی ساختار فضاهای سبز فعلی و شناسایی انواع گیاهان و نشان دادن کم و کیف این ترکیب گیاهان در رابطه با آلاینده آلودگی هوا در صورت نیاز با تغییر ساختار فعلی انواع گیاهان موجود در فضاهای سبز منجر به کاهش آلودگی هوا خواهد شد. همچنین می‌توان با بررسی تحلیل پراکنش فضاهای سبز فعلی میزان تاثیر گذاری از دیدگاه مکانی را به تفکیک مناطق مختلف هم مورد بررسی واقع داد و راهکارهایی برای مقابله با آن ارائه داد.

در نهایت ایستگاه‌های سنجش آلودگی در سطح شهر تهران هم از نظر تعداد و هم از نظر موقعیت مکانی مناسب نیستند، گاها لازم است تحلیل های این‌چنینی در سطح مناطق و یا ناحیه بررسی گردد که به دلیل تعداد کم نقاط سنجش و موقعیت مکانی آنها چنین تحلیل‌هایی با خطا همراه می‌گردد. همچنین در بسیاری از مناطق به دلیل خرابی و مشکلات گاها مشاهده می‌شود چندین ماه بعضی از آلاینده‌ها سنجش نمی‌شود. به منظور مطالعات دقیق تر در آینده بجاست در سطح شهر تهران تعداد ایستگاهای سنجش آلودگی افزایش یابد همچنین موقعیت مکانی احداث آنها با روش علمی مکان‌یابی گردد.

منابع

بلوکی، میترا، (۱۳۷۹)، مطالعه و بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان و عوامل اقلیمی مؤثر بر آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

جهان بین، رضا؛ خضرنژاد، پخشان، (۱۳۹۸)، شناخت استانداردهای برنامه‌ریزی فضاهای سبز و مکانیابی آنها در راستای دستیابی به بازدهی اکولوژیکی شهرها (مورد مطالعه: شهر تبریز)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره پنج ، مردادماه ۹۸.

چراغی، م؛ ندافی، ک ؛ خراسانی، ن؛ کرمی، م، (۱۳۷۸)، بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۷۸ و ارائه راهکارهایی برای بهبود آن، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره۴.

حبیبی، محسن و برنارد هورکاد، (۱۳۸۴)، اطلس کلان‌شهر تهران، شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری با همکاری مرکز اطلاعات جغرافیای شهر تهران، چاپ اول.

حبیبی، ک . احمد پور ، (۱۳۸۶)، توسعه کالبدی_فضایی شهر سنندج با استفاده از GIS، انتشارات دانشگاه کردستان، سنندج.

زرگری، مطهره؛ مفیدی، عباس؛ زرین آذر، (۱۳۹۸)، مسیریابی و منشایابی حرکت آلاینده‌های جوی در شرایط وقوع آلودگی های حدی در کلان شهر تهران، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دوازدهم، اسفند ماه ۹۸.

سازمان حفاظت محیط‌زیست کرمانشاه، (۱۳۸۹)، گزارش پایگاه ارزیابی و پایش آلودگی هوای ۸ کلان‌شهر کشور

سلطانیه ، م (۱۳۷۵)، مدل‌سازی و شبیه‌سازی تشکیل و انتقال مه دود در هوای شهر تهران و ارتباط آن با مشخصه های هواشناسی، نشریه نیوار، شماره ۳۱ ، انتشارات سازمان هواشناسی کشور.

شرعی‌پور، ز، علی اکبری بیدختی، ع ،(۱۳۸۹)، شرایط هواشناسی جو بالا با حرکات حالات آلودگی هوای تهران، چهارمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۱-۲۲ اردیبهشت.

شریعت پناهی، محمود، (۱۳۷۶)، مبانی بهداشت محیط، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

شفیع پور، مجید، (۱۳۸۰)، الگوی تهیه اقلام اطلاعاتی پایه برای مطالعه آلودگی هوای شهرها، مرکز تحقیقات زیست‌محیطی استان تهران.

صفوی، س. و علیجانی، ب، (۱۳۸۵)، بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۸۵، صفحه ۱۱۲ – ۹۹.

عباسپور، مجید، (۱۳۷۶)، مهندسی محیط‌زیست، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

عرفان منش، مجید؛ افیونی، مجید، (۱۳۸۵)، آلودگی محیط‌زیست، آب، خاک، و هوا، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم.

غیاث‌الدین، منصور، (۱۳۷۳)، آلودگی هوا، انتشارات دانشگاه تهران.

غیاث‌الدین، منصور، (۱۳۸۵)، آلودگی هوای تهران و راهه‌ای جلوگیری از آن، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران.

قهرودی، م ،(۱۳۸۴)، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، انتشارانت جهاد دانشگاهی تربیت‌معلم.

متکان، علی اکبر و همکاران، (۱۳۹۰)، کاربرد مدل LUR در تخمین آلاینده های CO و PM10 (مطالعهٔ موردی :شهر تهران)، همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری، تهران.

محرم نژاد، ناصر، اجتهادی مرجان، (۱۳۸۹)، بازنگری طرح کنترل آلودگی هوای تهران بزرگ و روند پیشرفت محورهای طرح، مجله توسعه و تغییرات اقلیم، شماره ۲.

محمدی، اکبر؛ قرخلو، مهمدی؛ زیاری، کرامت الله؛ پوراحمد، احمد، (۱۳۹۷)، استفاده از مدل رگرسیون کاربری اراضی (LUR) برای پیش بینی آلاینده های CO،NO2 و PM10 (مطالعهٔ موردی: شهر تهران)، پژوهش های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۵۰ ، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷، ۱-۱۶.

محمدی، ح، (۱۳۸۵)، ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوای تهران با مرگ‌ومیرهای ناشی از بیماری‌های قلبی، مجله پژوهش-های جغرافیای، ۵۸، صفحه ۶۶ – ۴۷ .

مخدوم، م، رویش صفت، ع، (۱۳۸۴)، ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

موسوی، غ، و ندافی، ک، (۱۳۷۶)، بررسی مقایسه‌ای کیفیت هوای شهر تهران در سال ۱۳۷۶ - ۱۳۷۷، سومین همایش کشوری بهداشت محیط کرمان.

موسویان، سید حسن؛ پیران، صدیقه، (۱۳۸۵)، خسارات آلودگی هوای تهران، پژوهشنامه محیط‌زیست – معاونت پژوهش‌های روابط بین‌الملل مرکز تحقیقات استراتژیک ، شماره۲.

میلر، جی، دی . دی ، (۱۹۹۲)، زیستن در محیط‌زیست، ترجمه دکتر مجید مخدوم، انتشارات دانشگاه تهران.

Bahari R., Abbaspour R. A., Pahlavani P., 2015, Zoning of particle contamination by local statistical models in GIS (Case Study, Tehran City), Jouranal of Geomatics Science and Techniques, 3, pp. 165-173.

Bringfelt, P. O, Bhanarkar, A. D, 2009, Air pollution modeling for power plant site selection , international jounal of environmental studies , Vol 62 , pp 527-534.

Chupani, M H. (2009), environmental pollutants and environmental protection, human resources, training and equipping the National Iranian Gas Company: 169.

Habibi R., Alesheikh A.A., Mohammadian A., Sharif M., 2017, "An Assessment of Spatial Pattern Characterization of Air Pollution: A Case Study of CO and PM2.5 in Tehran, Iran, International Journal of GeoInformation, 7, 270, pp. 2-14.

Huei, L. Running, S. and Hunt, E, 2010, Use of pollution standaed index as the indicator of air Quality in Taiwan, cloud and Aerosol lab Dept. Atmospheric sciences National center University chung- Li, Taiwan.

Jerrett , R . and Hunt, Jr. , Nelson, M. , race boil , F, 2005, the use of GIS to identify suitable landfill sites in arid, desert magazine, vol 5, no.

Jung M., Park J., Kim S., 2019, Spatial Relationships between Urban Structures and Air Pollution in Korea, Sustainability, 11, 476, pp. 1-17.

Lean, H. Eang, L. Richards, J. A., 2007, Discussion about multi-criteria decision aking, published by UT Damano university., 218-220pp.

Legrand, M. ,1998, Satellite Detection of Saharan Dust: Optimized Imaging during Nighttime. Journal of Climate, 1(3): 256-264.

Nunez-Alonso D., Vicente Perez-Arribas L., Manzoor S., O.Caceres J., 2019, Statistical Tools for Air Pollution Assessment: Multivariate and Spatial Analysis Studies in the Madrid Degion, Journal of Analytical in Chemistry, 1-9.

Patterson, L. ,2009, Understanding Urban Vehicular Polluyion Problem Vis-A-Vis Moussiopoulos. N., C.G. Helmis, H.A. Flocas, P. Louka, V.D. Assimakopoulos. Huei Lean, N. Yang.

Pu, H., Luo, K., Wang, P., Wang, S., Kang, S., 2017, spatial variation of air quality index and urban driving factors Linkage: Evidence from Chinese cities, Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 24, 4457-4468.

Rashno, AS., (2009), dust phenomenon in Khuzestan, Journal of precipitation specialized internal publication STATION Meteorological Khuzestan province: 16- 23.

Yakai Lei, et al, (2018), Effects of Urban Greenspace Patterns on Particulate Matter Pollution in Metropolitan Zhengzhou in Henan, China, Atmosphere 2018, 9(5), 199; https://doi.org/10.3390/atmos9050199.

Yangjie, Y., Yuesi, W., Tianxue, W., Wei, L., Ya,nan, Z., Liang, L, (2009), "Elemental composition of PM2.5 and PM10 at Mount Gongga in China during 2006," Atmospheric Research, 93: 801-810.

How to Cite:
Mardane., A, Qadri., A & Misagh, N. (2022). The effect of urban green space patterns on the spatial distribution of air pollutants (case study: Tehran). *Geographical Engineering of Territory*, 6(3), 633-646.

ارجاع به این مقاله:

مردانه، عادل، قادری، عارف و میثاق، نورالدین. (۱۴۰۱). تاثیر الگوهای فضای سبز شهری بر توزیع فضایی آلاینده‌های آلودگی هوا (مورد مطالعه: تهران). *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۶(۳)، ۶۳۳-۶۴۶.