




Spatial analysis of the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality using linear regression in Mashhad city

Mohammad Rahim Rahnama¹|Marzieh Sabouri² 

1. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. rahnamarahim@gmail.com

2. Corresponding Author, Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. msabouri.1998@gmail.com

Article Information

Research Paper

Vol:	14
No:	54
P:	75-88
Received:	2023-04-08
Revised:	2023-07-20
Accepted:	2023-08-20
Published:	2024-02-01

Keywords:

- Urban green space
- Linear regression
- Respiratory mortality
- Mashhad city

Cite this Article:

Rahnama, M. R., Sabouri, M. (2023). Spatial analysis of the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality using linear regression in Mashhad city. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 14(54): 75-88.
doi: 10.22034/JARGS.2023.392295.1020

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)



 [10.22034/JARGS.2023.392295.1020](https://doi.org/10.22034/JARGS.2023.392295.1020)

Abstract

Aim: An investigation of the relationship between urban green space and air pollution and respiratory mortality in Mashhad using linear regression was done in 2018.

Materials & Methods: The study method in the present research is descriptive-analytical, which investigated the relationship between variables using GIS and TerrSet software. Therefore, in the first step, after receiving air pollution concentration data from 23 air quality control monitoring stations in Mashhad and applying the necessary corrections to it with the interpolation method in GIS software, the distribution of pollutants was prepared as a map. In the second step, the statistics related to mortality due to respiratory death were received from the Ferdous organization of Mashhad city, and the distribution and density map of respiratory deaths was drawn. Finally, the obtained maps were called in TerrSet software, and the relationship between variables was measured using the linear regression option.

Finding: The results showed that the concentration of nitrogen dioxide in the north and northeast, carbon monoxide in the north and central areas, and respiratory deaths in the northeast were higher than in other places. The relationship between air pollutants and respiratory mortality in urban green space using linear regression also indicated that the variable of green space with nitrogen dioxide has a correlation coefficient of 0.11, carbon monoxide has a coefficient of 0.03, and respiratory deaths have a coefficient of 0.046.

Conclusion: The results showed that despite the low correlation coefficients, the increase in urban green space has led to a decrease in air pollution and the number of respiratory deaths in Mashhad.

Innovation: Among the research's most important innovative and practical aspects, we can mention the spatial distribution of respiratory deaths in Mashhad in 2017 and its relationship with urban green spaces.

Extended Abstract

1. Introduction

Epidemiological evidence of the relationship between air pollution and its various consequences on health shows that air pollutants affect human health in different ways, among which nitrogen dioxide (NO₂) and carbon monoxide (CO) are the most important pollutants. Due to the effects of air pollutants on respiratory deaths, which has caused many concerns, a field has been provided to deal with the effective factors in reducing them. Among these factors, urban green spaces can be mentioned. As one of the important components of the urban environment, green spaces are defined as land mainly composed of permeable, "soft" surfaces such as trees, grass, and plants. Public (parks), semi-public, and private green spaces are classified and have many advantages, among which we can mention their environmental and social roles. Considering the importance of urban green spaces, which has been addressed so far in various studies, fewer studies have been conducted on the spatial distribution of respiratory mortality and air pollution and its relationship with environmental indicators, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Therefore, the present study aims to spatially analyze the effect of urban green spaces on air pollution. Respiratory mortality in Mashhad city has been done using linear regression.

2. Materials and Method

According to the research objectives and the subject's nature, the descriptive-analytical research method is based on document and library studies, and the GIS geographic information system and TerrSet software were used for data analysis. Therefore, in the first step, after formulating a theoretical framework, air pollution concentration data (nitrogen dioxide and carbon monoxide) were prepared daily from 23 air quality control monitoring stations in Mashhad, and the average annual data was calculated for each station in 2017. Due to the point nature of the data, with the interpolation method in the GIS software, the distribution and dispersion of the pollutants were drawn in the form of a map. In the next step, the statistics related to respiratory deaths in Mashhad city in 2017 were received from the Ferdous organization of Mashhad city as an Excel file. After refining the primary data, about 300 patients were extracted, whose characteristics were especially the information of their residence in Mashhad city. After that, by recording their geographic coordinates on the base map of Mashhad, a distribution and density map of respiratory deaths was produced, and the normalized vegetation difference index layer for 2017 was calculated and prepared using Landsat Eight satellite images from the USGS base using the NDVI formula. Finally, after converting to raster format (TIF), the maps were entered into TerrSet software and calculated using the linear regression option.

3. Results and Discussion

According to the nature of the research, the distribution and distribution of each index was considered first. The results in this section indicated that the concentration of nitrogen dioxide is one of the most important pollutants in the air in the north and northeast of Mashhad, and carbon monoxide pollutants are higher in the north and central areas. It is one of the other places in Mashhad, and one of the most important reasons for that is the concentration of the population and many vehicles and the establishment of the Mashhad airport and some industries in these places. The distribution of the density of respiratory deaths also showed that in the northeast and central areas of Mashhad, the number of deaths due to respiratory diseases was higher than in other places in 2017. After examining the way of distribution in the second part of the relationship between air pollutants and urban green space and the relationship between respiratory mortality and urban green space using linear regression, it showed that the linear regression between the green space variable and the nitrogen dioxide pollutant has a correlation coefficient of $R=0.11$, the monoxide pollutant Carbon has a coefficient of $R=0.03$ and respiratory deaths has a correlation coefficient of $R=0.046$. This negative relationship means that the increase in green space has been associated with a decrease in pollution and respiratory death, similar to these results in internal research by Jafari et al. (2017) and foreign studies such as research by Kumar et al. et al., 2021, Muller et al., 2022. Dai et al. (2023), Wang et al. (2017), Zijelma et al. (2019), Ji et al. (2019), Rueda et al. (2021), and many other studies can be found.

4. Conclusions

The result of applying linear regression in TerrSet software between the independent variable of green space with the dependent variables of nitrogen dioxide, carbon monoxide, and respiratory death showed that green space in Mashhad city reduces the amount of air pollution according to the two pollutants, nitrogen dioxide and carbon monoxide and the number of respiratory deaths per year. Despite low correlation coefficients, 2017 was a practical year. However, it shows the effect of green space on reducing

respiratory deaths, which can interest managers and urban decision-makers. Also, in areas with a high death rate but little green space, it is suggested that necessary measures be taken to improve the green space.

5. Acknowledgment & Funding


The manuscript did not receive a grant from any organization.

6. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



تحلیل فضایی اثر فضای سبز شهری بر آلودگی هوا و مرگومیر تنفسی با استفاده از رگرسیون خطی در شهر مشهد

محمد رحیم رهنما^۱، مرضیه صبوری^۲ 

۱- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران. rahnamarahim@gmail.com
۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران. msabouri.1998@gmail.com

چکیده:

هدف: هدف این پژوهش بررسی رابطه فضای سبز شهری بر آلودگی هوا و مرگومیر تنفسی در شهر مشهد با استفاده از رگرسیون خطی در سال ۱۳۹۷ است.
روش و داده: روش مطالعه در پژوهش حاضر توصیفی - تحلیلی است که با استفاده از نرم افزار GIS و TerrSet به بررسی رابطه بین متغیرها پرداخته است. از این رو در گام اول پس از دریافت داده‌های غلظتی آلودگی هوا از ۲۳ ایستگاه پایش کنترل کیفیت هوا در شهر مشهد و اعمال اصلاحات لازم بر روی آن با روش درون‌یابی در نرم‌افزار GIS نحوه توزیع و پراکنش آلاینده‌ها در قالب نقشه تهیه شد در گام دوم آمار مربوط به مرگومیر بر اثر فوت تنفسی از سازمان فردوس‌های شهر مشهد دریافت شد و نقشه پراکندگی و تراکم مرگومیرهای تنفسی ترسیم شد. در نهایت نقشه‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار TerrSet فراخوانی و با استفاده از گزینه رگرسیون خطی رابطه بین متغیرها اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به عنوان یکی از آلاینده‌های مهم در هوا، در شمال و شمال شرقی شهر مشهد و آلاینده مونواکسیدکربن در شمال و نواحی مرکزی و تراکم مرگومیرهای تنفسی در شمال شرقی بیشتر از سایر نقاط بوده است. رابطه آلاینده‌های هوا و مرگومیر تنفسی با فضای سبز شهری با استفاده از رگرسیون خطی نیز بیانگر آن بود که متغیر فضای سبز با آلاینده دی‌اکسید نیتروژن از ضریب همبستگی $R = -0.11$ ، آلاینده منوکسید کربن از ضریب $R = -0.03$ و مرگومیرهای تنفسی از ضریب همبستگی $R = -0.46$ برخوردار است.
نتیجه‌گیری: بر مبنای یافته‌های تحقیق می‌توان عنوان کرد که علی‌رغم ضرایب همبستگی پایین افزایش میزان فضای سبز شهری منجر به کاهش میزان آلودگی هوا و تعداد مرگومیرهای تنفسی در شهر مشهد شده است.

نوآوری، کاربرد نتایج: از مهم‌ترین جنبه‌های نوآورانه و کاربردی تحقیق می‌توان به بررسی توزیع فضایی مرگومیرهای تنفسی در سال ۱۳۹۷ در شهر مشهد و رابطه آن با فضاهای سبز شهری اشاره کرد.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دوره:	۱۴
شماره:	۵۴
صفحه	۷۵-۸۸
تاریخ دریافت:	۱۴۰۲/۰۱/۱۹
تاریخ ویرایش:	۱۴۰۲/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش:	۱۴۰۲/۰۵/۲۹
تاریخ انتشار:	۱۴۰۲/۱۱/۱۲

کلیدواژه‌ها:

- فضای سبز شهری
- رگرسیون خطی
- مرگ و میر تنفسی
- شهر مشهد

نحوه ارجاع به این مقاله:

رهنما، محمد رحیم، صبوری، مرضیه. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی اثر فضای سبز شهری بر آلودگی هوا و مرگ و میر تنفسی با استفاده از رگرسیون خطی در شهر مشهد. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۴(۵۴): ۷۵-۸۸.
doi: 10.22034/JARGS.2023.392295.1020

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان).

۱ - مقدمه

شهرنشینی و صنعتی شدن از عوامل اصلی دخیل در تغییر مداوم آب‌وهوای جهانی بوده است که افزایش آلودگی و کیفیت پایین هوا از پیامدهای اصلی آن است (Mokoena et al., 2019). با تغییر آب‌وهوا و پایین آمدن کیفیت آن قرارگرفتن در معرض آلودگی به یک تهدید جدی برای سلامت عمومی تبدیل شده است (Wu et al., 2016; Geo et al., 2018). آژانس‌های مرتبط با سلامت گزارش کرده‌اند آلودگی هوای محیط به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه در حال افزایش است که این امر منجر به اثرات مختلف بر سلامت جمعیت عمومی شده است (Mokoena et al., 2019). در سال ۲۰۱۲ آلودگی هوا عامل ۳.۷ میلیون مرگ زودرس در جهان شناخته شد (Peters et al., 2001; Peng et al., 2006) که این میزان در سال ۲۰۱۶ توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۴.۳ میلیون نفر به ثبت رسید (Mokoena et al., 2019) همین امر سبب گردید آلودگی هوا به‌عنوان پنجمین عامل مرگ‌ومیر در جهان شناخته شود (Santos et al., 2021).

شواهد اپیدمیولوژیکی از رابطه بین آلودگی هوا و پیامدهای مختلف آن بر سلامتی نشان می‌دهد آلاینده‌های هوا به طرق مختلف بر سلامتی انسان تأثیر می‌گذارد که از جمله مهم‌ترین این آلاینده‌ها دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) و منوکسید کربن (CO) هستند (Hansel et al., 2016; Geo et al., 2018; Cox et al., 2017; Dehghan et al., 2018).

با توجه به آثار آلاینده‌های هوا بر مرگ‌ومیرهای تنفسی که نگرانی‌های بسیاری را با خود به دنبال داشته است زمینه‌ای برای پرداختن به عوامل مؤثر در کاهش آن فراهم شده است که از میان این عوامل می‌توان به فضاهای سبز شهری اشاره نمود. فضاهایی سبز، به‌عنوان یکی از اجزای مهم محیط شهری به‌عنوان زمینی تعریف می‌شوند که عمدتاً از سطوح نفوذپذیر، «نرم» مانند درختان، چمن، گیاهان تشکیل شده باشند (Dunnett, 2002; Zupancic, 2015). این فضاها که در قالب سه دسته یعنی فضای سبز عمومی (پارک‌ها)، فضای سبز نیمه عمومی و فضای سبز خصوصی طبقه‌بندی می‌شوند، از مزایای فراوانی برخوردارند که از جمله آن‌ها می‌توان به نقش زیست‌محیطی و اجتماعی آن اشاره نمود (Rosta, 2009).

برخی مطالعات نشان می‌دهند دسترسی به فضاهای سبز با کاهش آلودگی هوا و کاهش بیماری‌های تنفسی همراه است. در همین راستا پژوهشی توسط مئو و همکاران با عنوان تأثیر محیط فضای سبز بر آلاینده‌های هوا (ازن، منوکسید کربن، ذرات معلق) و بروز مرگ‌ومیرهای تنفسی انجام شد. نتایج یافته‌های آنان نشان داد میزان آلاینده‌های هوا در کشورهایی با فضای سبز مطلوب نسبت به کشورهایی با فضای سبز نسبتاً کم از روند کاهشی برخوردار بوده است و میزان مرگ‌ومیر در این کشورها نسبت به کشورهای کمتر سبز به طور معنی‌داری کاهش یافته است (Meo et al., 2021). جانگ و همکاران در پژوهش خود با عنوان کاهش دما و آلودگی هوا توسط فضاهای سبز شهری در سنگاپور دریافتند فضاهای سبز محله شهری، خدمات اکوسیستمی مهمی برای شهرهای تاب‌آور و پایدار ارائه می‌دهند به‌گونه‌ای که در مناطقی با پوشش گیاهی شهری میزان آلودگی هوا و مشکلات زیست‌محیطی روند کاهشی داشته است (Jaung et al., 2020).

ویلنوو و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان رابطه فضای سبز با مرگ‌ومیر در آنتاریو کانادا نشان داده است قرارگرفتن در مجاورت فضای سبز تا محدوده پانصدمتری با کاهش میزان ددی اکسید کربن موجود در هوا و کاهش ۹۵ درصدی مرگ‌ومیر تنفسی همراه بوده است (Villeneuve et al., 2012). شن و لانگ در پژوهش خود با عنوان اثرات ساختارهای سبز بر مرگ‌ومیر تنفسی از طریق کاهش آلودگی هوا دریافتند فضاهای سبز منجر به کاهش آلاینده‌های موجود در هوا و کاهش خطرات آن بر سلامت افراد شده است (Shen & lang, 2016).

(وانگ و همکاران در پژوهشی با عنوان بررسی رابطه فضای سبز در مقیاس همسایگی با مرگ‌ومیر در هنگ‌کنگ چین به این نتیجه دست‌یافته‌اند که افزایش ده درصدی پوشش فضای سبز با کاهش مرگ‌ومیر قلبی عروقی و تنفسی همراه بوده است (Wang et al., 2017). یانگ سون و همکاران در پژوهشی با عنوان نقش فضاهای سبز مسکونی بر کاهش آلودگی هوا و سلامت دریافتند فضای سبز نقش مؤثری در کاهش آلودگی هوا به‌ویژه ذرات معلق موجود در هوا داشته است (Yangson et al., 2020). مطالعه ویلکر و همکاران با عنوان فضای سبز و مرگ‌ومیر پس از سکتة مغزی و ایسکمیک ضمن تأیید پژوهش‌های قبلی نشان داده است خطر مرگ برای بیماران ساکن در مناطقی با بالاترین میزان چارک فضای سبز در مقایسه با پایین‌ترین چارک، کمتر بوده است (Wilker et al., 2014). جی و همکاران در پژوهش خود با عنوان ارتباط فضای سبز با مرگ‌ومیر پیرترین زنان و مردان در چین نشان می‌دهد. نزدیکی افراد به فضای سبز بیشتر با افزایش طول عمر همراه بوده است (Ji et al., 2019). نیونوهو بیجن در پژوهش

خود با عنوان آلودگی هوا، صدا و فضای آبی و فضای سبز با مرگومیر زودرس در بارسلونا به این نتیجه دست یافتند که دسترسی به فضای سبز با میزان مرگومیر کمتری همراه بوده است (Nieuwenhuijsen et al., 2018). راسکو و همکاران در پژوهشی با عنوان ارتباط باغ‌های مسکونی با بیماری قلبی عروقی و تنفسی در انگلستان به این نتیجه دست یافته‌اند که باغ‌های مسکونی خصوصی به طور قابل توجهی منجر به ارتباط معکوس با هر دو علل مرگومیر شده است (Roscoe et al., 2022). روئدا و همکاران در پژوهشی با عنوان مروری سیستماتیک به رابطه میان فضای سبز و مرگومیر نشان داد رابطه معکوس و معناداری به‌ازای افزایش فضای سبز شهری و خطر مرگومیر ناشی از همه علل وجود داشته است (Rueda et al., 2021).

در پژوهش‌های داخلی نیز شاددل و همکاران با عنوان تحلیل خودهمبستگی فضایی مرگومیر بانوان و دسترسی به فضاهای سبز شهری در شهر مشهد به این نتیجه دست یافته‌اند، در مناطقی که بانوان فاصله زیادی تا فضای سبز دارند میزان مرگومیر از توزیع فضایی بالاتری برخوردار است (Shaddel et al., 2017). صابری‌فر و همکاران در پژوهش خود با عنوان نقش بهره‌مندی از فضای سبز شهری در ازدیاد تحرک و اثر آن در کاهش نرخ مرگومیر در مشهد به این نتیجه دست یافته است که بیشترین مراجعه به پارک‌ها در شعاع ۵۰۰ متری اتفاق افتاده و نرخ مرگومیر افرادی که از پارک‌ها استفاده نموده و از تحرک لازم در این فضاها برخوردارند، ۵۰ درصد کمتر از سایر افراد است (Saberifar et al., 2021).

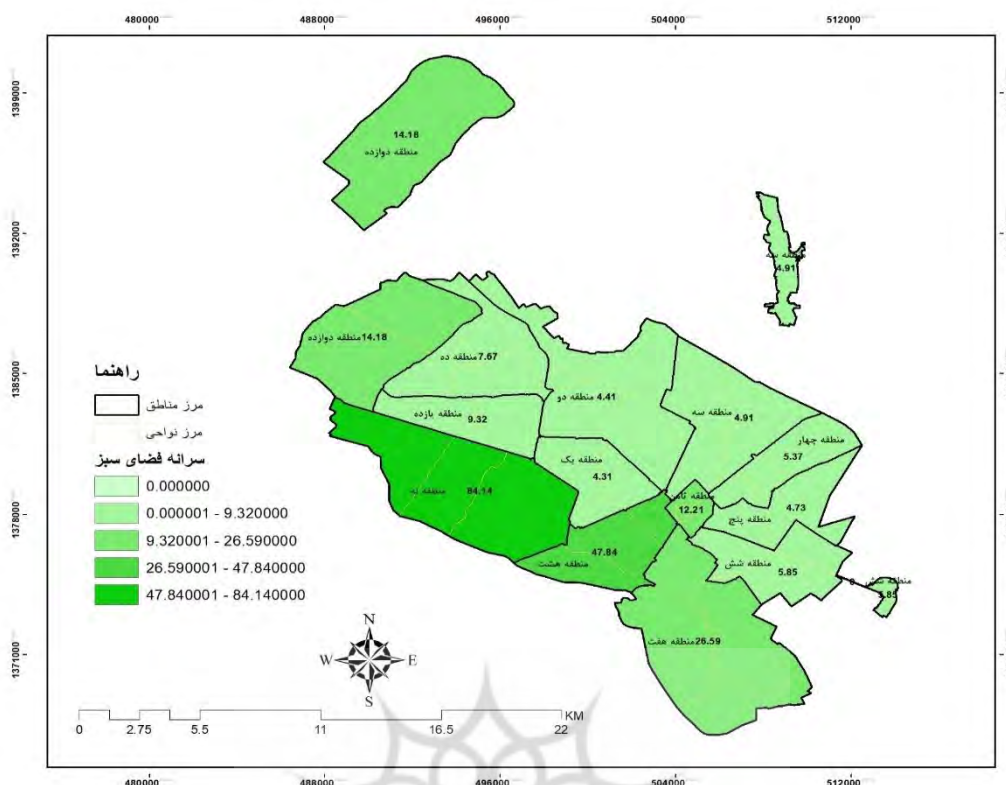
مجموعه مطالعات بررسی شده نشان‌دهنده اثرگذاری فضای سبز بر جنبه‌های مختلف سلامت جسمانی در یک مقیاس کلان است و آنچه این مطالعه را متمایز می‌کند بررسی این رابطه در یک مقیاس کوچک‌تر و با استفاده از رگرسیون خطی است. مدل‌سازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور یکی از عناصر اساسی مدیریت شهری است که می‌تواند به درک ما از برنامه‌ریزی پایداری شهری کند. یکی از مدل‌هایی که برای تعیین رابطه بین متغیرها استفاده می‌شود، تحلیل رگرسیون خطی است که به محققان اجازه می‌دهد تا قدرت رابطه بین یک متغیر وابسته و چندین متغیر پیش‌بینی‌کننده و همچنین اهمیت هر پیش‌بینی‌کننده را تعیین کند. این تحقیق رابطه بین فضای سبز به‌عنوان متغیر مستقل و مرگومیر تنفسی را به‌عنوان متغیر وابسته ارزیابی خواهد کرد. تاکنون مطالعات کمتری در مورد توزیع فضایی مرگومیر تنفسی و ارتباط آن با شاخص‌های محیطی، از جمله شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) صورت گرفته است؛ بنابراین، پژوهش حاضر باهدف تحلیل فضایی اثر فضای سبز شهری بر آلودگی هوا و مرگومیر تنفسی در شهر مشهد با استفاده از رگرسیون خطی انجام شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد، مرکز شهرستان مشهد و استان خراسان رضوی در حاشیه جنوبی کشف رود در عرض ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی واقع شده است. این شهر در فاصله ۱۰۰۰ کیلومتری از شهر تهران، در دشت مشهد و در حدفاصل رشته‌کوه‌های کپه داغ در شمال و بینالود در جنوب قرار گرفته است. شهر مشهد با ۳۵۱ کیلومترمربع مساحت، دومین شهر پهناور ایران، بعد از تهران شناخته می‌شود (Twangr, 2009). متوسط ارتفاع شهر حدود ۹۷۰ متر است و عمده‌ترین ارتفاعات مشرف به این شهر در جنوب غربی بینالود و در شمال بافاصله بیشتر از کوه‌های هزار مسجد واقع شده است. علاوه بر کشف رود که از شمال مشهد عبور می‌نماید از رودهای مهمی که در این حوزه جاری هستند می‌توان به رودهای طرک، کارده، شاندیز و جارق اشاره نمود (Ghanbari, 2017). بر اساس آخرین تقسیم‌بندی صورت گرفته توسط شهرداری مشهد این شهر به ۱۳ منطقه خدماتی تقسیم شده است.

با توجه به تأکید پژوهش حاضر به فضاهای سبز شهری در شهر مشهد می‌توان گفت متوسط سرانه فضای سبز شهری در شهر مشهد ۱۶/۵۸ مترمربع بوده است (Amarnane, 2019) که نسبت به سرانه متعارف فضای سبز برای شهرهای ایران که بین ۷ تا ۱۲ مترمربع برای هر نفر می‌باشد بالاتر بوده و نسبت به سرانه استاندارد تعیین شده از سوی سازمان ملل برای هر فرد که (۲۰ تا ۲۵ مترمربع برای هر نفر) در نظر گرفته شده پایین‌تر است (Sabouri, 2022).



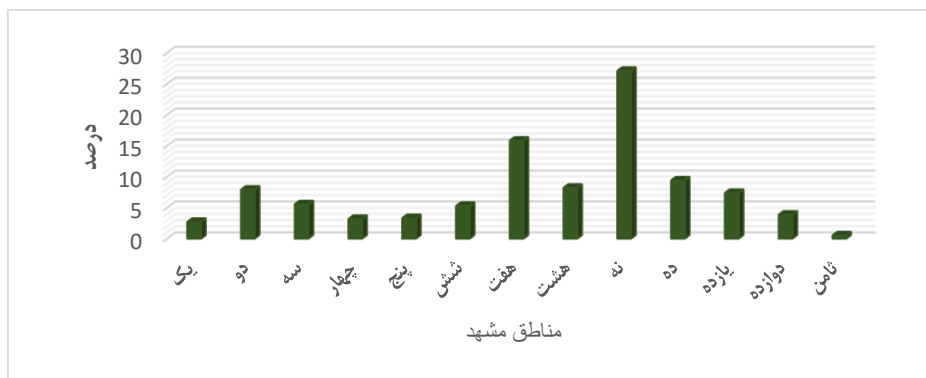
شکل ۱. سرانه فضای سبز در مناطق سیزده گانه شهر مشهد

مطابق جدول شماره یک آمار به دست آمده نشان می‌دهد وضعیت سرانه فضای سبز در هر یک از مناطق شهر مشهد متفاوت است به گونه‌ای که مناطق یک، دو، سه، چهار، پنج و منطقه شش دارای سرانه‌ای پایین‌تر از استاندارد تعریف شده و مناطق ده و یازده در وضعیتی استاندارد و در نهایت مناطق هفت، هشت، نه، دوازده و ثامن در وضعیتی بالاتر از سطح استاندارد تعریف شده در ایران هستند.

جدول ۱. مساحت و سرانه فضای سبز در مشهد به تفکیک مناطق

ردیف	منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	جمعیت منطقه	مساحت فضای سبز (مترمربع)	سرانه فضای سبز
۱	یک	۱.۴۷۹	۱۶۷۰۰۸	۶۹۸۲۰۱	۴/۳۱
۲	دو	۳.۸۴۹	۵۱۴۴۱۱	۲۰۴۷۱۹۲	۴/۴۱
۳	سه	۳۳۱۱	۴۱۷۹۵۰	۱۴۳۵۱۱۳	۴/۹۱
۴	چهار	۱۳۴۵	۲۶۱۹۳۸	۸۲۲۱۴۰	۵/۳۷
۵	پنج	۱۴۳۹	۱۷۵۸۴۴	۸۵۴۸۵۳	۴/۷۳
۶	شش	۱.۸۷۴	۲۳۲۶۰۹	۱۳۶۷۹۷۱	۵/۸۵
۷	هفت	۴.۷۴۷	۲۵۶۵۶۳	۴۱۰۲۹۹۳	۲۶/۵۹
۸	هشت	۱.۹۳۲	۸۹۲۱۶	۲۱۲۸۲۷۴	۴۸/۷۴
۹	نه	۴۴۷۶	۳۲۷۰۰۱	۷۰۲۷۶۶۳	۸۴/۱۴
۱۰	ده	۳۳۳۶	۲۹۶۸۲۳	۲۴۳۵۷۵۲	۷/۶۷
۱۱	یازده	۱.۵۳۶	۲۰۰۱۶۱	۱۹۱۰۰۹۲	۹/۳۲
۱۲	دوازده	۶.۵۰۶	۱۰۸۸۶۹	۹۹۸۲۱۶	۱۴/۱۸
۱۳	ثامن	۳۵۶	۱۳۸۴۹	۱۳۰۰۳۷	۱۲/۲۱

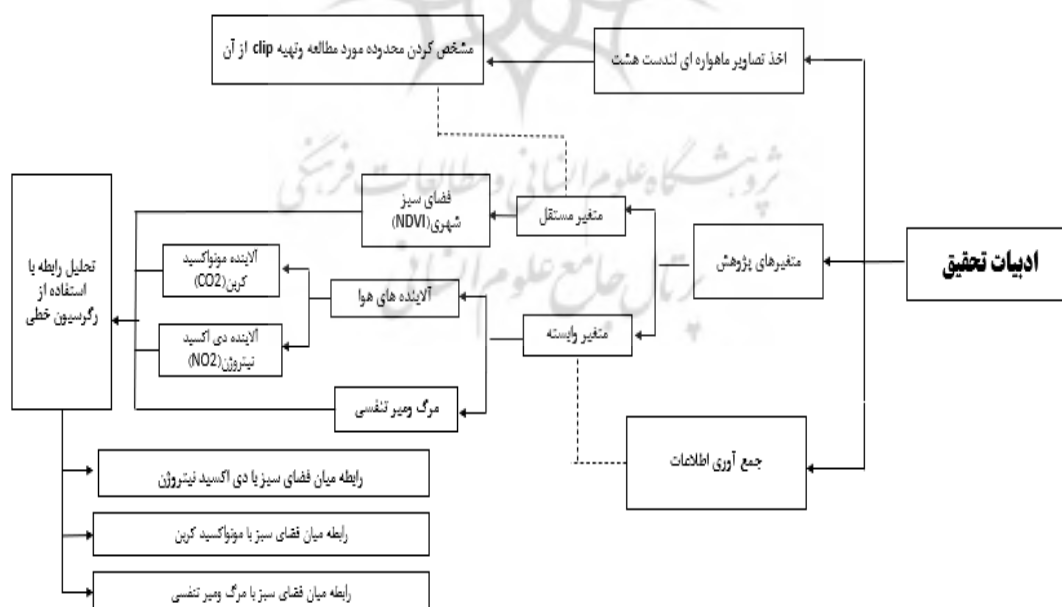
(Amarname, 2019)



شکل ۲. نسبت درصد مساحت فضای سبز مناطق

۲-۲- روش تحقیق

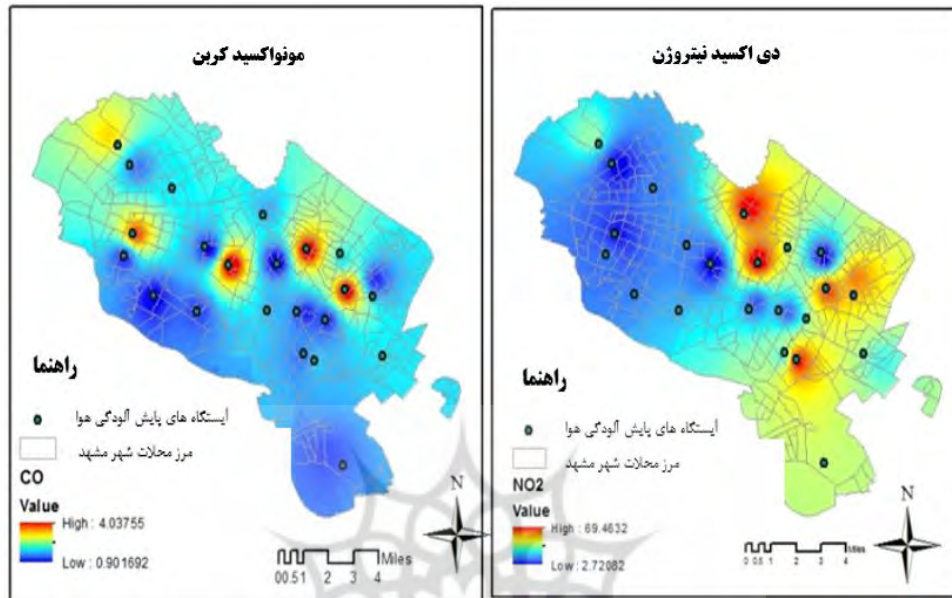
متناسب با اهداف پژوهش و ماهیت موضوع، روش تحقیق توصیفی - تحلیلی و مبتنی بر انجام مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای است و از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و نرم‌افزار TerrSet برای تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده است. از این رو در گام اول، پس از تدوین یک چارچوب نظری، داده‌های غلظتی آلودگی هوا (دی‌اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن) به صورت روزانه از ۲۳ ایستگاه پایش کنترل کیفیت هوا در شهر مشهد تهیه شد و میانگین داده‌های سالانه برای هریک از ایستگاه‌ها در سال ۱۳۹۷ محاسبه گردید، با توجه به نقطه‌ای بودن داده‌ها با روش درون‌یابی در نرم‌افزار GIS نحوه توزیع و پراکنش آلاینده‌ها در قالب نقشه ترسیم شد در گام بعد آمار مربوط به فوت تنفسی در شهر مشهد در سال ۱۳۹۷ از سازمان فرودس‌های شهر مشهد در قالب فایل اکسل دریافت شد. پس از پالایش داده‌های اولیه، حدود ۳۰۰ بیمار که مشخصات آن‌ها به‌ویژه اطلاعات محل سکونت آن در شهر مشهد بود، استخراج گردید. پس از آن با ثبت مختصات جغرافیایی آن‌ها بر روی نقشه پایه مشهد، نقشه پراکندگی و تراکم مرگ‌ومیرهای تنفسی تولید شد و لایه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی برای سال ۱۳۹۷ به‌وسیله تصاویر ماهواره لندست هشت از پایگاه USGS با استفاده از فرمول مربوط NDVI محاسبه و تهیه گردید و در نهایت نقشه‌ها پس از تبدیل به فرمت شطرنجی (TIF) وارد نرم‌افزار TerrSet شده و با استفاده از گزینه رگرسیون خطی محاسبه شدند.



شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش

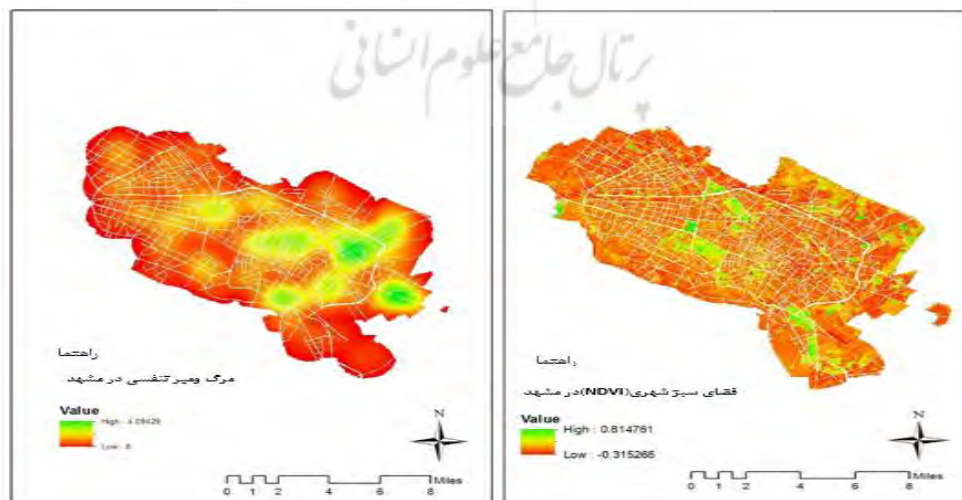
۳- یافته‌ها

همان‌طور که قبلاً ذکر شد در این مطالعه از چهار متغیر که شامل فضای سبز شهری (NDVI) به‌عنوان متغیر مستقل و آلاینده دی‌اکسید نیتروژن، مونوکسید کربن و مرگ‌ومیر تنفسی به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. با توجه به ماهیت پژوهش در بخش اول به نحوه توزیع و پراکنش هریک از شاخص‌ها پرداخته شده و سپس رابطه آن‌ها با استفاده از رگرسیون خطی مورد سنجش قرار گرفته است. شکل ۳ و ۴ نحوه پراکنش هریک از متغیرها در شهر مشهد است.



شکل ۴. نحوه پراکنش آلاینده دی‌اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن در شهر مشهد

شکل ۴ به ترتیب نشان‌دهنده غلظت سالانه آلاینده دی‌اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن در ایستگاه‌های مختلف پایش کیفیت هوا در شهر مشهد است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان یکی از آلاینده‌های مهم هوا در شمال و شمال شرقی مشهد بیشتر از سایر نقاط است که یکی از مهم‌ترین دلایل آن تمرکز جمعیت و وسایل نقلیه فراوان در این نقاط است. علاوه بر آن استقرار فرودگاه شهر مشهد در این بخش و برخی صنایع نقش مؤثری در تشدید آلودگی در این نقاط داشته است که میزان غلظت این نوع آلاینده در غرب و شمال غربی به‌میزانی کمتری یافت شده است. در خصوص میانگین غلظت سالانه آلاینده مونوکسید کربن هم می‌توان گفت شدت غلظت آلاینده در شمال و نواحی مرکزی بیشتر از سایر نقاط است.



شکل ۵. پراکنش فضای سبز شهری و مرگ‌ومیرهای تنفسی در شهر مشهد

• رگرسیون خطی

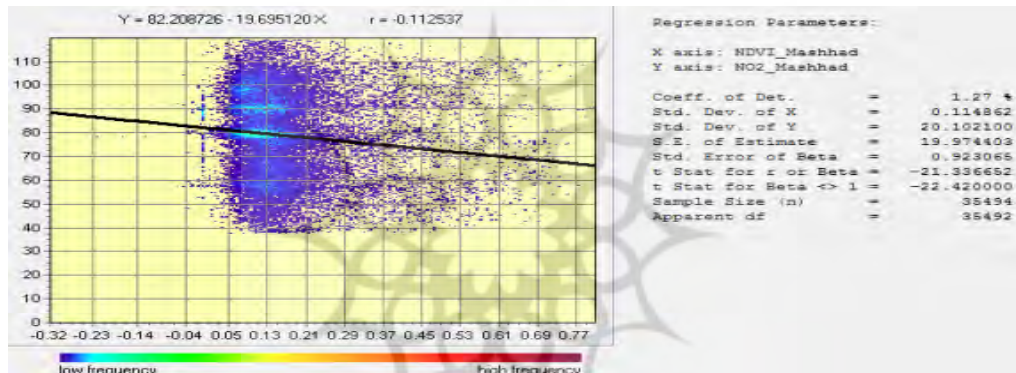
رگرسیون خطی، نموداری است که رابطه میان دو یا چند متغیر را با معادله آن ترسیم می‌کند. این نمودار اطلاعات مختلفی را در اختیار ما قرار می‌دهد. ابتدا داده‌های نمونه را به صورت مجموعه‌ای از نمادهای نقطه‌ای به نمایش می‌گذارد و ما با خواندن مقادیر X و Y برای هر نقطه، می‌توانیم ترکیب متغیرها را در هر پیکسل مشاهده کنیم. در این میان، خط روند رگرسیون بیانگر رابطه میان متغیرها در محدوده موردنظر است. هر چه نقاط به خط روند نزدیک‌تر باشند، رابطه قوی‌تر خواهد بود. علاوه بر آن ضریب همبستگی ("r") نیز در کنار معادله موضوع موردنظر را تأیید کرده و نشان می‌دهد چه رابطه‌ای میان متغیرها برقرار است. اگر خط از چپ به راست به سمت پایین متمایل باشد، "r" یک مقدار منفی خواهد داشت که نشان‌دهنده رابطه "منفی" یا "معکوس" میان متغیرها است و اگر خط از چپ به راست به سمت بالا متمایل باشد نشان‌دهنده آن است که "r" یک مقدار مثبت است و متغیرها از یک رابطه مستقیم پیروی می‌کنند. ضریب همبستگی در رگرسیون خطی می‌تواند از ۰.۱- (رابطه منفی قوی) تا ۰ (بدون رابطه) و از صفر تا ۰.۱+ (رابطه مثبت قوی) متغیر باشد. معادله‌های زیر، بیان ریاضی رگرسیون خطی به دست آمده از رابطه متغیر مستقل NDVI بر متغیرهای وابسته یعنی آلاینده‌های دی‌اکسید نیتروژن، منوکسید کربن و مرگ‌ومیر تنفسی در شهر مشهد است.

$$Y = 82.208726 + (-19695120X)$$

$$Y = 53.728999 + (-2.510994X)$$

$$Y = 0.81926 + (-0.3126X)$$

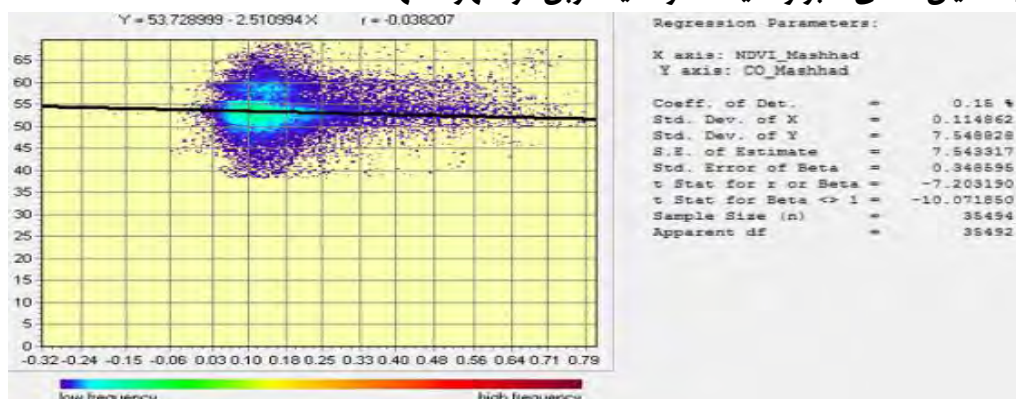
• رابطه میان فضای سبز و آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در شهر مشهد



شکل ۶. رابطه میان فضای سبز (NDVI) و آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در شهر مشهد

رابطه میان آلاینده دی‌اکسید نیتروژن با فضای سبز مشهد در شکل شماره (۶) مشخص شده است. همان‌طور که از نمودار پیداست شاخص فضای سبز به‌عنوان متغیر مستقل (X) و آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته (Y) نشان داده شده است، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر $R = -0.11$ است و نمایانگر این موضوع است که با افزایش میزان فضای سبز میزان دی‌اکسید نیتروژن موجود در هوا به میزان اندکی کاهش یافته است.

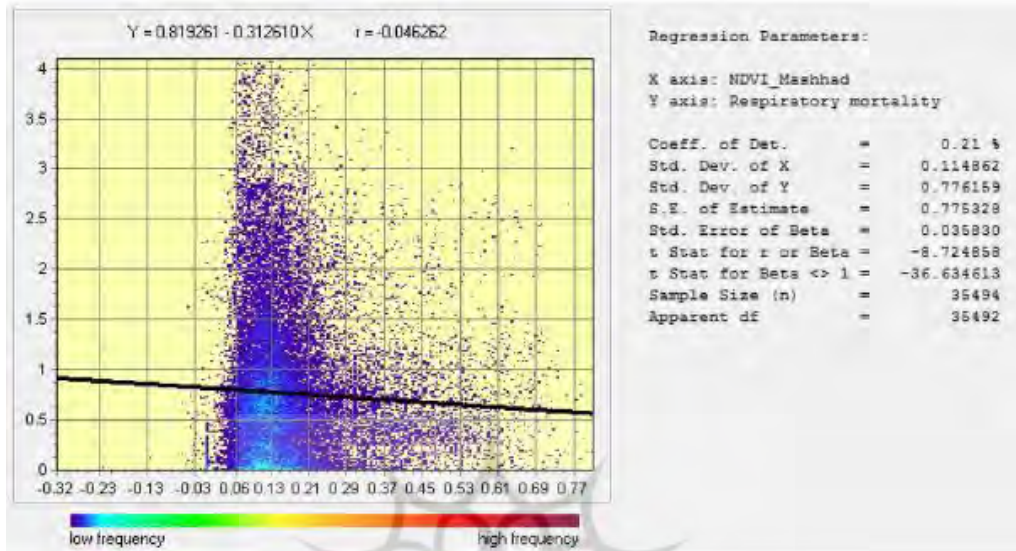
• رابطه میان فضای سبز و آلاینده منوکسید کربن در شهر مشهد



شکل ۷. رابطه میان فضای سبز (NDVI) و آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در شهر مشهد

با توجه به شکل (۷) رابطه میان فضای سبز به عنوان متغیر مستقل پژوهش (X) و آلاینده منوکسید کربن به عنوان متغیر وابسته (Y) نشان می‌دهد ضریب همبستگی میان این دو متغیر $R = -0.03$ است و همانند آلاینده دی‌اکسید نیتروژن بیانگر آن است که با افزایش میزان فضای سبز میزان این نوع آلاینده در هوا نیز به میزان ناچیزی کاهش یافته است.

• رابطه میان فضای سبز و مرگ‌ومیر تنفسی در شهر مشهد



شکل ۸. نتیجه رگرسیون خطی بین متغیر فضای سبز شهری (NDVI) و مرگ‌ومیر تنفسی

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره گردید هرچه نقاط به خط روند رگرسیون نزدیک‌تر باشند و خط رگرسیون از چپ به راست به سمت پایین متمایل شده باشد، ضریب همبستگی (" r ") منفی بوده و نشان‌دهنده ایجاد یک رابطه قوی میان متغیرها خواهد بود. این مورد با توجه به شکل (۸) در مورد داده‌های ما نیز صدق می‌کند. متناسب با ضریب همبستگی به دست‌آمده از رابطه میان متغیرها که معادل (-0.04) است می‌توان دریافت افزایش میزان فضای سبز منجر به کاهش تعداد مرگ‌ومیرهای تنفسی شده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه اعمال رگرسیون میان متغیر مستقل فضای سبز با متغیرهای وابسته نشان داد که فضای سبز در شهر مشهد در کاهش میزان آلودگی هوا با توجه به دو آلاینده دی‌اکسید نیتروژن و منوکسید کربن و تعداد مرگ‌ومیرهای تنفسی در سال ۱۳۹۷ مؤثر بوده است. مشابه این نتایج در پژوهش (Jafari et al, 2017) دیده می‌شود آنان نیز در پژوهش خود دریافتند فضای سبز اثر کاهشی بر میزان آلودگی هوا در شهر تهران داشته است و با افزایش میزان فضای سبز غلظت آلاینده‌های آلودگی یعنی دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق کوچک‌تر از دونیم میکرون، ذرات معلق کوچک‌تر از ده میکرون و منوکسید کربن کاهش یافته است. در میان پژوهش‌های خارجی (komar et al, 2019) در بررسی ارتباط پیوند بین آلودگی هوا و زیرساخت سبز نیز به این نتیجه دست یافتند فضای سبز تأثیر مستقیمی بر کاهش آلودگی هوا و سلامت افراد داشته است (Villeneuve et al, 2012) در پژوهش خود با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS شعاع پانصد متری فضای سبز را تعیین و تعداد مرگ‌ومیرهای تنفسی را متناسب با شعاع در نظر گرفته شده در ده شهر کانادا بررسی کردند نتایج حاصل از یافته‌های آنان نشان داد قرار گرفتن در مجاورت فضای سبز تا محدوده پانصد متری با کاهش ۹۵ درصدی مرگ‌ومیر تنفسی همراه بوده است. (Meo et al, 2021) در پژوهش خود با عنوان تأثیر محیط فضای سبز بر آلاینده‌های هوا از ن، مونوکسید کربن، ذرات معلق و بروز مرگ‌ومیرهای تنفسی پس از بررسی سندرم حاد تنفسی شدید کرونا در هفده کشور به طور تصادفی نشان می‌دهد میانگین مقادیر آلاینده‌ها در کشورهایی با فضای سبز مطلوب نسبت به کشورهایی با فضای سبز نسبتاً کم از روند کاهشی برخوردار بوده است و میزان مرگ‌ومیر در این کشورها نسبت به کشورهای کمتر سبز به طور معنی‌داری کاهش یافته است. (Moler et al, 2022) نیز ضمن تأیید پژوهش حاضر، نشان داد فضای سبز نقش مثبتی بر کاهش آلودگی هوا و مرگ‌ومیرهای تنفسی داشته است. (Dai et al, 2023) در پژوهش خود تأثیر کمربند سبز را بر کاهش غلظت دی‌اکسید

نیترژن در شهر نانجینگ چین مورد بررسی قرار دادند یافته‌های آنان نیز مطابق پژوهش حاضر نشان داد وجود کمربند سبز در کاهش میزان آلاینده دی‌اکسید نیترژن مؤثر بوده است. (Wang et al, 2017) در پژوهش خود در هنگ‌کنگ چین وضعیت پوشش سبز و تعداد مرگومیرهای قلبی و تنفسی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند آنان در پژوهش خود به این نتایج دست یافته‌اند که افزایش ده درصدی پوشش فضای سبز با کاهش مرگومیر قلبی عروقی و تنفسی همراه بوده است. (Zigelma et al, 2019) در پژوهش خود در استرالیا غربی با استفاده از تحلیل رگرسیون کاکس رابطه فضاهای طبیعی (فضای سبز و...) با مرگومیر را مورد بررسی قرار دادند نتایج مطالعات آنان نیز نشان می‌دهد تعداد مرگومیر افرادی که در بالاترین میزان چارک فضای سبز و در فاصله ۵۰۰ متری آن قرار داشتند بسیار کمتر از سایر نقاط بوده است. (Ji et al, 2019) در پژوهش خود با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در فواصل ۲۵۰ متری و ۱۲۵۰ متری وضعیت مرگومیر را در چین مورد بررسی قرار دادند، یافته‌ها بیانگر آن بود که تعداد مرگومیر در میان افراد کهن‌سالی که در فاصله ۱۲۵۰ متری از فضاهای سبز ساکن هستند بیشتر از نقاطی هست که در فاصله ۲۵۰ متری از فضاهای سبز واقع شده‌اند. (Rueda et al, 2021) در پژوهش خود به این نتایج دست یافتند که رابطه معکوس و معناداری به‌ازای افزایش NDVI ۰.۱ در منطقه حائل ۵۰۰ متری یا کمتر و خطر مرگومیر ناشی از همه علل وجود داشته است.

با توجه به این که مطالعه حاضر با هدف بررسی رابطه میان فضای سبز شهری با آلاینده دی‌اکسید نیترژن، منوکسید کربن و یه عنوان متغیرهای مستقل و مرگومیر تنفسی به عنوان متغیر وابسته در محدوده شهرداری شهر مشهد به وسعت تقریبی ۳۶۵ کیلومترمربع با استفاده از رگرسیون خطی در نرم‌افزارهای ARC GIS و TerrSet انجام شد. به همین منظور اطلاعات مربوط به آلاینده‌های هوا سال ۱۳۹۷ از سازمان پایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، داده مربوط به مرگومیرهای تنفسی از سازمان فردوس‌ها و لایه فضای سبز شهری با استفاده از تصاویر ماهواره لندست هشت از سایت USGS تهیه گردید سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، نقشه پراکنش آلودگی و تراکم مرگومیرهای تنفسی با روش IDW ترسیم و در نرم‌افزار TerrSet فراخوان شد. نتیجه اعمال رگرسیون خطی بین متغیر فضای سبز با آلاینده دی‌اکسید نیترژن با ضریب $R = -0.11$ و آلاینده منوکسید کربن با ضریب $R = -0.03$ و مرگومیر تنفسی با ضریب همبستگی $R = -0.46$ نشان داد که افزایش میزان فضای سبز شهری منجر به کاهش میزان آلودگی هوا و تعداد مرگومیرهای تنفسی در شهر مشهد شده است. علی‌رغم آن که ضرایب همبستگی پایین است با این حال بیانگر تأثیر فضای سبز بر کاهش مرگومیرهای تنفسی است که می‌تواند مورد توجه مدیران و تصمیم‌گیران شهری واقع شود. همچنین در مناطقی که میزان مرگومیر بالاست ولی فضای سبز کم است، پیشنهاد می‌شود نسبت به بهبود فضای سبز اقدامات لازم صورت گیرد.

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله با استفاده از داده‌های دریافت شده از سازمان محترم محیط‌زیست و سازمان فردوس‌های مشهد کامل گردیده است؛ لذا از آن‌ها سپاس‌گزاری می‌نمایم.

۶- منابع

- بلوری، زهره. (۱۳۸۹). بررسی عملکرد شهرداری امل در راستای تحقق توسعه پایدار شهری با تأکید بر حفظ و نگهداری فضای سبز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- توانگر، معصومه. (۱۳۹۷). تحلیل نقش شهر با رویکرد تبارشناسی در شهر مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- روستا، مجتبی. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت حفظ و نگهداری فضای سبز (باغات) شهر جهرم در راستای توسعه پایدار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- سعید نیا، احمد. (۱۳۸۳). فضای سبز شهری. جلد نهم، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
- شاددل، لیا، رهنما، محمدرحیم، خوارزمی، امیدعلی. (۱۳۹۶). تحلیل خودهمبستگی فضایی مرگومیر بانوان و دسترسی به فضاهای سبز شهری ویتامین G در شهر مشهد. تحقیقات جغرافیایی (۳۲)، ۱۰-۲۲.

صابری فر، رستم (۱۴۰۱)، نقش بهره مندی از فضاهای شهری در ازدیاد تحرک و اثر آن در کاهش نرخ مرگ و میر (نمونه موردی پارک‌های شهری مشهد). ۱۳(۵۱)، ۲۴۴-۲۲۹

صبوری، مرضیه. (۱۴۰۱). تحلیل پراکنش فضای سبز شهری و نقش آن بر زیست پذیری در مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد.

References

- Dai, A., Liu, C., Ji, Y., Sheng, Q., & Zhu, Z. (2023). Effect of different plant communities on NO₂ in an urban road greenbelt in Nanjing, China. *Scientific Reports*, 13(1), 3424. <https://doi.org/10.3390/su15010156>.
- Dehghan, A., Khanjani, N., Bahrampour, A., Goudarzi, G., & Yunesian, M. (2018). The relation between air pollution and respiratory deaths in Tehran, Iran-using generalized additive models. *BMC pulmonary medicine*, 18(1), 1-9. <https://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-018-0613-9>. [in Persian]
- Hansel, N. N., McCormack, M. C., & Kim, V. (2016). The effects of air pollution and temperature on COPD. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 13(3), 372-379. <https://doi.org/10.3109/15412555.2015.1089846>.
- Jafari, S.; Alizadeh Shabani, A; Moin Aldini, M; Danekar, A; Alam Beigi, A (2018). Modeling the relationship between urban green space and air, sound and temperature pollution using remote sensing land surface measurements and geographic information system in natural resources, 9(2), 59-76. <https://www.sid.ir/paper/189429/fa>. [in Persian]
- Jaung, W., Carrasco, L. R., Shaikh, S. F. E. A., Tan, P. Y., & Richards, D. R. (2020). Temperature and air pollution reductions by urban green spaces are highly valued in a tropical city-state. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126827. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126827>.
- Ji, J. S., Zhu, A., Bai, C., Wu, C. D., Yan, L., Tang, S., ... & James, P. (2019). Residential greenness and mortality in oldest-old women and men in China: a longitudinal cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 3(1), e17-e25. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30264-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30264-X).
- Meo, S. A., Almutairi, F. J., Abukhalaf, A. A., & Usmani, A. M. (2021). Effect of Green Space Environment on Air Pollutants PM_{2.5}, PM₁₀, CO, O₃, and Incidence and Mortality of SARS-CoV-2 in Highly Green and Less-Green Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13151. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413151>.
- Nieuwenhuijsen, M. J., Gascon, M., Martinez, D., Ponjoan, A., Blanch, J., Garcia-Gil, M. D. M., ... & Basagaña, X. (2018). Air pollution, noise, blue space, and green space and premature mortality in Barcelona: a mega cohort. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2405. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112405>.
- Nieuwenhuijsen, M. J., Khreis, H., Triguero-Mas, M., Gascon, M., & Dadvand, P. (2017). Fifty shades of green. *Epidemiology*, 28(1), 63-71. <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000549>.
- Roscoe, C., Mackay, C., Gulliver, J., Hodgson, S., Cai, Y., Vineis, P., & Fecht, D. (2022). Associations of private residential gardens versus other greenspace types with cardiovascular and respiratory disease mortality: Observational evidence from UK Biobank. *Environment International*, 167, 107427. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107427>.
- Rosta, M. (2009). Investigating the state of preservation and maintenance of the green spaces (gardens) of Jahrom city in the direction of sustainable development, master's thesis in the field of urban planning geography, Dr. Ali Shariati Faculty of Literature and Humanities, Ferdowsi University of Mashhad. [in Persian]
- Saberi Far, R (2022), the role of benefiting from urban spaces in increasing mobility and its effect in reducing mortality rate (a case study of urban parks in Mashhad). 13(51), 229-244 [in Persian]
- Sabouri, p. (2022). Analysis of urban green space distribution and its role on livability in Mashhad, master's thesis in urban planning geography, Dr. Ali Shariati Faculty of Humanities, Ferdowsi University of Mashhad. [in Persian]
- Santos, U. D. P., Arbex, M. A., Braga, A. L. F., Mizutani, R. F., Cançado, J. E. D., Terra-Filho, M., & Chatkin, J. M. (2021). Environmental air pollution: respiratory effects. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 47. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>.
- Shaddel, L, Rahnema, M.R, Kharazmi, O.A. (2017). Spatial autocorrelation analysis of female mortality and access to vitamin G urban green spaces in Mashhad city. *Geographical Research* 126(32), 10-22. <http://dx.doi.org/10.29252/geores.32.3.10>. [in Persian]

- Tawangar, M. (2018). Analyzing the role of the city with a genealogical approach in the city of Mashhad, master's thesis in urban planning geography, Shahid Chamran University of Ahvaz. [in Persian]
- Villeneuve, P. J., Jerrett, M., Su, J. G., Burnett, R. T., Chen, H., Wheeler, A. J., & Goldberg, M. S. (2012). A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. *Environmental research*, 115, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.03.003>.
- Wang, D., Lau, K. K. L., Yu, R., Wong, S. Y., Kwok, T. T., & Woo, J. (2017). Neighbouring green space and mortality in community-dwelling elderly Hong Kong Chinese: a cohort study. *BMJ open*, 7(7), e015794. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015794>.
- Wilker, E. H., Wu, C. D., McNeely, E., Mostofsky, E., Spengler, J., Wellenius, G. A., & Mittleman, M. A. (2014). Green space and mortality following ischemic stroke. *Environmental research*, 133, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.05.005>.
- Wu, J., Liu, L., Wang, G., & Lu, J. (2016). One health in China. *Infection ecology & epidemiology*, 6(1), 33843. <https://doi.org/10.3402/iee.v6.33843>.
- Zupancic, T., Bulthuis, M., & Westmacott, C. (2015). The impact of green space on heat and air pollution in urban communities. <https://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2015/hl/bgrd/backgroundfile-83422.pdf>.

