J. RS. GEOINF. RES. 1(2): 127-134, Summer & Autumn 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Geo-spatial Analysis of Environmental Factors Affecting Human Health in Tehran

Gh. Azari Arani*[*,1], A. Ahmadi[2], K. Azari Arani[2]

[1] *Department of Information and Communication Technology, Technical and Vocational University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kashan University, Kashan, Iran*

Received: 18 July 2023
Reviewed: 8 August 2023
Revised: 18 October 2023
Accepted: 31 October 2023

KEYWORDS:
Data Integration
Geographic Information Systems (GIS)
Health-environment Interactions
Public Health
Spatial Analysis

* Corresponding author
ghazariarani@tvu.ac.ir
(+9821) 42350000

ABSTRACT

Background and Objectives: In recent decades, the complex interaction between environmental factors and public health has attracted the attention of researchers, policy makers, and public health practitioners. Understanding how environmental factors affect human health is very important in dealing with citizens' health challenges. In recent years, geographic information systems (GIS) have been used as practical tools in this field and have enabled the investigation and analysis of complex relationships between environmental variables and health. These systems are a useful tool for zoning diseases, and with the spatial distribution of some diseases, significant results can be achieved. Results such as that some diseases are related to environmental factors. Diagnosing environmental factors in the direction of treatment, prevention and reduction of healthcare costs is a way to develop health. This article deals with the spatial analysis of some environmental factors affecting health in order to provide solutions to prevent the occurrence of pathogenic factors in citizens.

Methods: The research method of performing a location analysis includes several steps including data collection, data pre-processing, spatial analysis and integration with decision support systems. Collecting air quality data is one of the main parts of this research. The air quality of Tehran is affected by several factors, including the emission of pollutants by cars, industrial units and natural resources, the amount of each of which is measured using the network of air quality monitoring stations throughout the city of Tehran. This time-spatial data set enables us to investigate trends and changes in air quality in different areas of Tehran. Also, ensuring access to safe water is a fundamental aspect of public health. Therefore, the collection of water quality data is critical for our study. The desired parameters include water acidity or alkalinity (pH), clarity, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD) and concentrations of certain pollutants such as heavy metals. Is. The data collected by local health centers have been used to analyze infectious diseases from animals. After collecting the required data, the process of data analysis and processing is done for their spatial analysis, and after the said analysis, the data obtained from different stages of the research are integrated in GIS. This allows us to combine spatial data to more clearly show the connections between environmental factors and diseases. This data integration should be done regularly and carefully so that the results of the analysis are valid. QGIS software was used to perform spatial data analysis and processing. In addition, Pandas and NumPy libraries in Python were used for statistical data analysis.

Findings: The data collected from the air quality monitoring stations allowed us to obtain detailed maps of the concentration of pollutants and their spatial changes. These maps are very valuable in monitoring health risks related to air pollution. Analysis of air quality data showed high concentrations of PM2.5 and PM10 particulate matter in densely populated areas. In addition, the concentration of NO2 near the main roads indicates the major contribution of vehicles in the production of this gas. The analysis of water quality in Tehran showed that there are no significant differences in the water quality of different regions. . The analysis of disease data provides important information about carriers, their habitats and behavioral patterns, which leads to a comprehensive understanding of the city's infectious disease ecosystem. Targeted measures to control infectious diseases in high-risk areas and education to the target community are necessary to reduce the risk of diseases.

Conclusion: Human health is affected by various environmental factors, including the place of their lives, so that it can be said that health-related issues almost always have spatial dimensions. Investigating the characteristics of these places (including anthropological characteristics and the presence of environmental risk factors) is very important in order to

conduct studies. The results of this research showed that GIS has a valuable role in investigating and tracking the spread of diseases and other health issues in the length of time periods and the assessment of environmental risks for the residents of an area. Using GIS is one of the health warning solutions to people at risk. By specifying the location of the disease and the polluted areas of the city, people will become more aware of their surroundings and better understand prevention issues. Also, with the identification of high-risk areas, health costs and expenses will be adjusted because policy makers and health managers will focus on the necessary strategies to prevent and deal with the spread of these types of diseases in a targeted manner.

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
34	2	1

مقاله پژوهشی

تحلیل مکان‌مند عوامل محیطی مؤثر بر سلامت انسان در شهر تهران

***قاسم آذری آرانی*[*۱]، علیرضا احمدی[۲]، کوثر آذری آرانی[۲]**

[۱] گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

[۲] گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: در دهه‌های اخیر، تعامل پیچیده بین عوامل محیطی و سلامت عمومی توجه پژوهشگران، سیاست‌گذاران و دست‌اندکاران سلامت عمومی را به خود جلب کرده است. درک اینکه چگونه عوامل محیطی بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارند، در مقابله با چالش‌های سلامت شهروندان بسیار مهم است. در سال‌های اخیر، سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان ابزارهای کاربردی در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته‌اند و امکان بررسی و تجزیه و تحلیل روابط پیچیده بین متغیرهای محیطی و سلامت را فراهم کرده‌اند. این سامانه‌ها ابزار مفیدی برای پهنه‌بندی بیماری‌ها به شمار می‌روند و با توزیع مکانی برخی بیماری‌ها می‌توان به نتایج قابل توجهی رسید. نتایجی نظیر این که برخی از بیماری‌ها با عوامل محیطی در ارتباط هستند. تشخیص عوامل محیطی در جهت درمان، پیش‌گیری و کاهش هزینه‌های بهداشتی و درمانی راهی در جهت توسعه سلامت می‌باشد. این مقاله به تجزیه و تحلیل مکان‌مند برخی عوامل محیطی مؤثر بر سلامت می‌پردازد تا بتوان راه‌کارهایی را برای پیشگیری از بروز عوامل بیماری‌زا در شهروندان را ارائه کرد.

روش‌ها: روش تحقیق انجام یک تجزیه و تحلیل مکانمند، شامل مراحل متعددی از جمله جمع‌آوری داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها، تحلیل مکانی و ادغام با سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری است. جمع‌آوری داده‌های کیفیت هوا، یکی از اصلی‌ترین بخش‌های این تحقیق است. کیفیت هوای تهران تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله انتشار آلاینده‌ها توسط خودروها، واحدهای صنعتی و منابع طبیعی قرار دارد که میزان هریک با استفاده از شبکه ایستگاه‌های نظارت بر کیفیت هوا در سرتاسر شهر تهران اندازه‌گیری می‌شود. این مجموعه داده زمانی- مکانی ما را قادر می‌سازد تا روندها و تغییرات کیفیت هوا در مناطق مختلف تهران را بررسی کنیم. همچنین، اطمینان از دسترسی به آب سالم، یک جنبه اساسی در حوزه بهداشت عمومی است. بنابراین، جمع‌آوری داده‌های کیفیت آب برای مطالعه ما بسیار حیاتی است پارامترهای مورد نظر شامل میزان اسیدی یا بازی بودن آب (pH)، شفافیت، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، میزان اکسیژن خواهی زیستی (BOD) و غلظت آلاینده‌های خاص مانند فلزات سنگین است. برای تحلیل بیماری‌های واگیردار از جانوران از داده‌های جمع آوری شده توسط مراکز بهداشت محلات استفاده شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، فرآیند تحلیل و پردازش داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل مکانی آن‌ها انجام می‌شود و بعد از انجام تحلیل‌های مذکور، داده‌های حاصل از مراحل مختلف تحقیق در GIS ادغام می‌شوند. این امر به ما امکان می‌دهد که داده‌های مکانی را با یکدیگر ترکیب کرده تا ارتباطات میان عوامل محیطی و بیماری‌ها را به صورت واضح‌تری نشان دهیم. این ادغام داده‌ها باید به صورت منظم و بادقت صورت گیرد تا نتایج تحلیل معتبر باشند. برای اجرای تحلیل‌ها و پردازش داده‌های مکانی، از

تاریخ دریافت: ۲۷ تیر ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۱۷ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۲۶ مهر ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۹ آبان ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
ادغام داده
تحلیل مکانی
تعاملات سلامت- محیط زیست
سلامت عمومی
سیستم‌های اطلاعات مکانی

* نویسنده مسئول
ghazariarani@tvu.ac.ir
۰۲۱- ۴۲۳۵۰۰۰۰

نرم‌افزار QGIS استفاده شد. علاوه براین، برای تحلیل آماری داده‌ها از کتابخانه‌های Pandas و NumPy در پایتون استفاده گردید.

یافته‌ها: داده‌های جمع‌آوری‌شده از ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا به ما امکان داد تا نقشه‌های دقیق از غلظت آلاینده‌ها و تغییرات مکانی آن‌ها به دست آوریم. این نقشه‌ها در پایش ریسک‌های سلامت مرتبط با آلودگی هوا بسیار ارزشمند هستند. تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت هوا غلظت‌های بالایی از مواد ذراتی PM2.5 و PM10 در مناطق با جمعیت متراکم را نشان داد. علاوه بر این، غلظت NO_2 در نزدیکی معابر اصلی نشان‌دهنده سهم عمده وسائل نقلیه در تولید این گاز است. تجزیه و تحلیل کیفیت آب در تهران نشان داد که اختلافات معناداری در کیفیت آب مناطق مختلف وجود ندارد. . تجزیه و تحلیل داده‌های بیماری، اطلاعات مهمی را در مورد ناقلین، زیستگاه‌ها و الگوهای رفتاری آن‌ها در برداشت که منجر به درک جامعی از اکوسیستم بیماری‌های واگیر شهر می‌گردد. تدابیر هدفمند در کنترل بیماری‌های واگیردار در مناطق با ریسک بالا و آموزش به جامعه هدف برای کاهش ریسک بیماری‌ها ضروری است.

نتیجه‌گیری: سلامت انسان‌ها توسط عوامل مختلف محیطی و از جمله مکان زندگی آنان تحت تأثیر قرار می گیرد به گونه‌ای که می‌توان گفت مسائل مربوط به سلامت تقریباً همیشه ابعاد مکانی دارند. بررسی خصوصیات این مکان‌ها (از جمله خصوصیات مردم شناختی و وجود عوامل خطر محیطی)، به منظور انجام مطالعات بسیار حایز اهمیت است نتایج این تحقیق نشان داد که GIS نقش ارزشمندی در بررسی و پیگیری روند شیوع و انتشار بیماریها و سایر مسایل بهداشتی در طول دوره‌های زمانی و ارزیابی خطرات محیطی برای ساکنین یک منطقه دارد. به‌کارگیری GIS یکی از راه‌کارهای هشدار سلامتی به مردم در معرض خطر است. با مشخص نمودن مکان انتشار بیماری و نقاط آلوده شهر، مردم نسبت به محیط پیرامون خود آگاه‌تر شده، مسائل پیش‌گیری را بهتر درک خواهند نمود. همچنین با مشخص شدن مناطق پرخطر، هزینه‌ها و مصارف بهداشتی تعدیل می‌گردد زیرا سیاستگذاران و مدیران بهداشت و سلامت راهکارهای لازم برای پیشگیری و مقابله با شیوع این نوع بیماری‌ها را به‌صورت هدفمند مورد توجه قرار خواهند داد.

مقدّمه

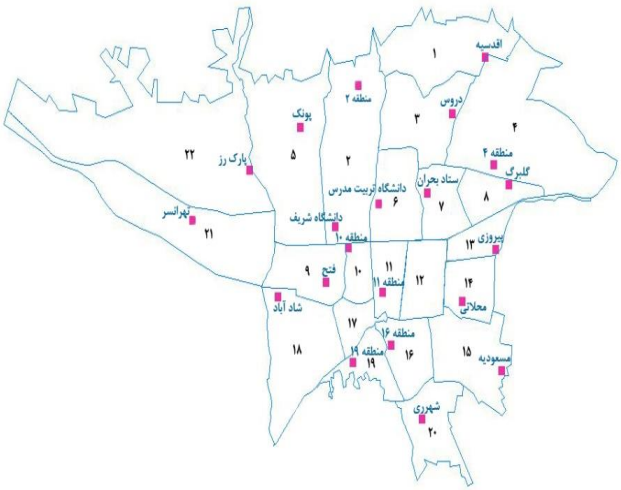
در دهه‌های اخیر، روابط پیچیده بین عوامل محیطی و سلامت عمومی توجه شایان توجهی را از سمت محققان، سیاست‌گذاران و کارشناسان بهداشت عمومی به خود اختصاص داده است. درک اینکه چگونه شرایط محیطی بر سلامت انسان‌ها تأثیر می‌گذارد، در حل چالش‌های بهداشتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) در این زمینه به عنوان ابزارهای قدرتمندی ظاهر شده‌اند که امکان بررسی و تجزیه و تحلیل روابط پیچیده بین متغیرهای محیطی و سلامت را فراهم می‌کنند [۲،۱]. تعامل پویای میان محیط و سلامت عمومی به یک مسأله حائز اهمیت در دنیای مدرن تبدیل شده است. با جابه‌جایی مداوم جمعیت جهان به سوی مراکز شهری، چالش‌های حفظ سلامت عمومی در این مناطق با جمعیت متراکم تشدید شده‌اند [۳]. تهران یکی از شهرهای پرچالش در زمینه چالش‌های بهداشت عمومی در ایران می‌باشد [۴]. شتابان شدن فرآیند شهرنشینی در تهران منجر به تغییرات قابل‌توجهی در منظر محیطی این شهر شده است. عواملی چون کیفیت هوا، کیفیت آب و شیوع بیماری‌های همه‌گیر از عوامل مؤثر بر سلامت جامعه شهری می‌باشند. تأثیر این عوامل محیطی بر سلامت شهروندان به مسأله‌ای بااهمیت روز افزون تبدیل شده است. اگرچه اهمیت تأکید بر تعاملات سلامت و محیط در مناطق شهری مانند تهران غیرقابل‌انکار است، اما هنوز یک شکاف قابل توجه در درک دقیق از پویایی آن وجود دارد. تحقیقات موجود اغلب دقت مکانی لازم برای درک تفصیلی و زیرساختی تغییرات داخل یک منظر شهری گسترده و متنوع را ندارند. علاوه بر این، ادغام GIS در مطالعه این تعاملات یک راهکار است که در تمام کلان شهرها به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است [۵–۷].

یکی از چالش‌های بزرگ شهر تهران کیفیت هوا است، به‌خصوص، به‌عنوان یک عامل مرتبط با مشکلات تنفسی و قلبی- عروقی [۸]. استفاده ازIS به منظور ارزیابی و نظارت جامع بر کیفیت هوای تهران به پژوهشگران این امکان را می‌دهد تا به بررسی آلاینده‌ها در سراسر شهر پرداخته و منابع آلودگی شناسایی شوند. این نگرش‌ها برای مقامات بهداشتی برای انتشار هشدارهای به موقع و بهینه‌سازی تخصیص منابع جهت کاهش خطرات بهداشتی بسیار ارزشمند هستند [۹]. کیفیت منابع آب در تهران عاملی دیگر است که از اهمیت قابل توجهی برای بهداشت عمومی برخوردار است. از GIS برای ارزیابی تأثیر کیفیت آب بر بیماری‌های قابل انتقال توسط آن استفاده می‌شود. تهران از سامانه‌های متنوع تأمین آب بهره می‌برد و درک توزیع مکانی مرتبط با کیفیت آن می‌تواند به دخالت‌های هدفمندی مانند تصفیه آب و بهبود بهداشت کمک کند [۱۰-۱۲]. توانایی GIS در تحلیل و پیش‌بینی شیوع بیماری‌های همه‌گیر به عواملی مانند دما، رطوبت و پوشش گیاهی مرتبط است و به ما این امکان را می‌دهد تا به توزیع مکانی عوامل انتشار بیماری پی ببریم. نتایج این تحلیل‌ها می‌تواند در تخصیص منابع برای کنترل و نظارت بر عوامل انتقال بیماری مؤثر باشند [۱۳]. سیاست‌گذاری بهداشتی مؤثر نیازمند سیستم‌های پشتیبانی از تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد است. از ادغام GIS در سیستم‌های پشتیبانی می‌توان برای تصمیم‌گیری منطبق بر نیازهای بهداشت عمومی استفاده کرد [۱۴]. با ادغام داده‌های بهداشت محیطی، GIS می‌تواند در اولویت‌بندی دخالت‌ها و تطبیق استراتژی‌ها با شرایط محیطی متغیر کمک کند. این ادغام جهت افزایش کیفیت بهداشت عمومی در مقابل چالش‌های در حال رشد یک نیاز اساسی است [۱۵].

چالش‌های تحلیل مکانمند در محیط‌های شهری بیشتر به کیفیت داده‌ها، مقیاس زمانی و مکانی و نیاز به همکاری بین‌رشته‌ای میان دانشمندان محیطی، اپیدمیولوژیست‌ها و متخصصان GIS خلاصه می‌شود [۱۶-۱۹]. هدف اصلی این تحقیق بررسی نقش GIS در افزایش درک ما از تعاملات سلامت و محیط در شهر تهران است. تحلیل مکانمند برای ارزیابی عوامل محیطی مؤثر بر سلامت در شهر تهران فرصتی حیاتی را برای مدیریت ارتباط عوامل محیطی و بهداشت عمومی در یک منظر شهری در حال تغییر به ما می‌دهد. با وجود چالش‌هایی که همچنان وجود دارند، توسعه و اجرای فرایندهای مکانمند به ما این امکان را می‌دهد که آینده‌ای سالم‌تر و پایدارتر را برای ساکنان تهران فراهم کنیم و به عنوان یک مطالعه موردی در حوزه بهداشت شهری عمل کنیم [۲۰]. در ادامه این مقاله، روش‌های مورد استفاده و یافته‌ها مورد تحلیل قرار می‌گیرند و پیامدهای نتایج مورد بحث قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، تجزیه و تحلیل جامع عوامل محیطی مؤثر بر سلامت عمومی در شهر تهران به ما نشان خواهد داد که چگونه GIS می‌تواند در حفظ سلامت و رفاه جمعیت شهری نقش مهمی ایفا کند.

روش تحقیق

روش تحقیق انجام یک تجزیه و تحلیل مکانمند، شامل مراحل متعددی از جمله جمع‌آوری داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها، تحلیل مکانی و ادغام با سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری است. در این بخش، مراحل دقیق و روش‌های علمی مورد استفاده در این تحقیق به همراه روابط مرتبط و ابزارهای تحلیل و پردازش معرفی می‌شوند [۲۱].



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در منطقه مورد مطالعه
Fig. 1. Location of air quality measurement stations in the study area

جمع‌آوری داده‌ها

الف) جمع‌آوری داده‌های کیفیت هوا: جمع‌آوری داده‌های کیفیت هوا، یکی از اصلی‌ترین بخش‌های این تحقیق است. کیفیت هوای تهران تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله انتشار آلاینده‌ها توسط خودروها، واحدهای صنعتی و منابع طبیعی قرار دارد که میزان هریک با استفاده از شبکه ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در سرتاسر شهر تهران اندازه‌گیری می‌شود. این ایستگاه‌ها به صورت مداوم غلظت‌های مواد معلق PM2.5، PM10، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد(SO_2) ، ازن (O_3) و کربن مونواکسید (CO) را اندازه‌گیری می‌کنند. این مجموعه داده زمانی-مکانی ما را قادر می‌سازد تا روندها و تغییرات کیفیت هوا در مناطق مختلف تهران را بررسی کنیم. علاوه بر این، داده‌های هواشناسی مانند دما، رطوبت، سرعت باد و جهت باد نیز جمع‌آوری شدند تا تأثیر عوامل هواشناسی بر کیفیت هوا در نظر گرفته شوند. این اطلاعات برای درک جامع از پویایی کیفیت هوا در تهران ضروری است [۲۲,۲۳].

ب) جمع‌آوری داده‌های کیفیت آب: اطمینان از دسترسی به آب سالم، یک جنبه اساسی در حوزه بهداشت عمومی است. بنابراین، جمع‌آوری داده‌های کیفیت آب برای مطالعه ما بسیار حیاتی است. ما از منابع متعددی برای جمع‌آوری داده‌های کیفیت آب استفاده کردیم، از جمله سازمان آب تهران، اداره محیط زیست و موسسات مطالعات تحقیقاتی مرتبط. پارامترهای مورد نظر شامل میزان اسیدی یا بازی بودن آب (pH)، شفافیت، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، میزان اکسیژن خواهی زیستی (BOD) و غلظت آلاینده‌های خاص مانند فلزات سنگین است. برای به‌دست آوردن دید جامعی از کیفیت آب، داده‌های مربوط به توزیع مکانی منابع آب از جمله رودخانه‌ها، مخازن ذخیره آب، آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع آب شهری باید جمع‌آوری گردند. این مجموعه داده این امکان را میسر می‌سازد تا کیفیت منابع آب ارزیابی شده و تأثیر مستقیم آن‌ها بر بیماری‌های ناشی از کیفیت پایین آب را مورد مطالعه قرار گیرد. با ترکیب داده‌های مکانی منابع آب با داده‌های کیفیت آب، می‌توان مناطق آسیب‌پذیر به بیماری‌های ناشی از آب را شناسایی کرد و اقدامات مورد نیاز را به ترتیب اولویت‌بندی کرد [۲۴,۲۵].

ج) جمع‌آوری داده‌های مرتبط با بیماری‌های قابل انتقال از حیوانات و حشرات: برای تحلیل بیماری‌های واگیردار از جانوران از داده‌های جمع‌آوری شده توسط مراکز بهداشت محلات استفاده شده است. این مجموعه داده شامل اطلاعات مرتبط با موارد گزارش شده از بیماری‌هایی مانند مالاریا، تب دنگ و سایر بیماری‌هایی است که توسط حشرات یا سایر جانوران منتقل می‌گردد. هر مورد با جزئیات مربوط به زمان و مکان شیوع بیماری و متغیرهای محیطی مرتبط ثبت شده است. این مجموعه داده برای درک ارتباط بین شرایط محیطی و شیوع این نوع بیماری‌ها در یک کلان شهر ضروری است. این امکان را فراهم می‌کند تا نقاط فراگیری بیماری را پیدا کرده و ارزیابی کنیم که چگونه عوامل محیطی بر توزیع آماری بیماری تأثیر می‌گذارند. به علاوه، داده‌های مربوط به جمعیت جانوری، زیستگاه‌ها و الگوهای رفتاری آنها یک دید جامع از اکوسیستم بیماری‌های قابل انتقال از جانوران را ارائه می‌دهد [۲۶,۲۷].

تحلیل و پردازش داده

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، فرآیند تحلیل و پردازش داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل مکانی آن‌ها انجام می‌شود. در ادامه، تکنیک‌ها و ابزارهای تحلیل مکانی مورد استفاده شرح داده می‌شوند:

الف) ارزیابی کیفیت هوا: برای تولید نقشه‌های کیفیت هوا در تهران، از روش کریجینگ (Kriging) استفاده گردید. از این روش برای درون یابی بین نقاط نمونه‌برداری شده و تولید یک سطح پیوسته از غلظت هر یک از آلاینده‌ها استفاده می‌شود و امکان مشاهده الگوهای کیفیت هوا را در سطح شهر فراهم می‌کند. رابطه کریجینگ به صورت زیر است [۲۸]:

$$Z(u) = \mu + \sum_{i=1}^{n} \lambda_i [Z(x_i) - \mu] \quad (۱)$$

که $Z(u)$ غلظت تخمینی آلاینده هوا در مکان u، μ میانگین کلی غلظت آلاینده، λ_i وزن اختصاصی به هر نمونه $Z(x_i)$ و n تعداد نقاط نمونه است.

ب) ارزیابی کیفیت آب: تحلیل مکانی کیفیت آب شامل شناسایی مناطق با کیفیت آب نامطلوب بر اساس استانداردهای تعیین شده است. از GIS برای تعیین نواحی آسیب‌پذیر و ارزیابی خطرات مرتبط با بیماری‌های قابل انتقال از آب استفاده می‌شود. این تحلیل به ما در تعیین نواحی با کیفیت پایین آب و ارائه راهکارهای لازم برای بهبود کیفیت آب کمک می‌کند [۲۹].

ج) تحلیل بیماری‌های واگیردار از حیوانات و حشرات: از تکنیک‌ها و مدل‌سازی‌های آماری مکانی برای تحلیل توزیع مکانی بیماری‌های واگیردار استفاده می‌شود. از الگوریتم آنتروپی بیشینه (MaxEnt) برای پیش‌بینی شیوع این بیماری‌ها بر اساس متغیرهای محیطی به‌کار گرفته می‌شود. این الگوریتم یک روش یادگیری ماشینی است که به طور مؤثر در پیش‌بینی توزیع گونه‌ها بر اساس داده‌های محیطی عمل می‌کند و می‌تواند احتمال انتقال بیماری در مناطق مختلف شهر را بر اساس عواملی چون دما، رطوبت، پوشش گیاهی و کیفیت آب مدل کند و رابطه آن به صورت زیر است [۳۰]:

$$ZP(x) = \frac{1}{Z} e \sum_i \lambda_i f_i(x) \quad (۲)$$

که $P(x)$ احتمال وقوع بیماری در مکان x، Z ثابت نرمال‌سازی، λ_i پارامترهای مدل و $f_i(x)$ متغیرهای محیطی را نمایش می‌دهد.

بعد از انجام تحلیل‌های مذکور، داده‌های حاصل از مراحل مختلف تحقیق در GIS ادغام می‌شوند. این امر به ما امکان می‌دهد که داده‌های مکانی را با یکدیگر ترکیب کرده تا ارتباطات میان عوامل محیطی و بیماری‌ها را به صورت واضح‌تری نشان دهیم. این ادغام داده‌ها باید به صورت منظم و با دقت صورت گیرد تا نتایج تحلیل معتبر باشند. برای اجرای تحلیل‌ها و پردازش داده‌های مکانی، از نرم‌افزار QGIS استفاده شد. علاوه براین، برای تحلیل آماری داده‌ها از کتابخانه‌های Pandas و NumPy در پایتون استفاده گردید [۳۱-۳۴]. برای اعتبارسنجی مدل‌ها، از مقایسه نتایج پیش‌بینی مدل با داده‌های واقعیت زمینی استفاده می‌گردد. در صورت عدم دستیابی به دقت مورد نظر، نیاز به تکرار مدل‌سازی و تنظیم پارامترهای مدل است.

نتایج و بحث

ارزیابی کیفیت هوا

ارزیابی کیفیت هوا در تهران با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در سرتاسر شهر انجام می‌شود و داده‌های آن دید دقیقی از غلظت آلاینده‌ها و تغییرات مکانی آن‌ها را در اختیار عموم افراد می‌گذارد. شهر تهران دارای ۳۵ ایستگاه سنجش کیفیت هوا است که از این تعداد ۱۴ ایستگاه متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست و ۲۱ ایستگاه متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوای تهران است. داده‌های جمع‌آوری شده از این ایستگاه‌ها توزیع مکانی آلاینده‌های هوایی کلیدی از جمله ذرات معلق PM2.5 وPM10 ، NO_2، SO_2، O_3 و CO را نشان می‌دهد. شکل ۱، توزیع مکانی گاز NO_2 را در سال ۱۴۰۱ نشان می‌دهد. این نقشه‌ها برای ۵ پارامتر دیگر نیز استخراج گردید و برای تحلیل مکانی وارد GIS گردید. علاوه بر این داده‌ها، اطلاعات تجمیعی در قالب شاخص کیفیت هوا (AQI) نیز منتشر می‌شود که بر اساس آن از عدد صفر تا ۵۰ هوا "پاک"، از ۵۱ تا ۱۰۰ هوا "قابل قبول(سالم) یا متوسط"، از ۱۰۱ تا ۱۵۰ هوا "ناسالم برای گروه‌های حساس"، از ۱۵۱ تا ۲۰۰ هوا "ناسالم برای همه گروه‌ها"، از ۲۰۱ تا ۳۰۰ هوا "بسیار ناسالم" و از ۳۰۱ تا ۵۰۰ شرایط کیفی هوا "خطرناک" است. این داده‌های بهنگام، در ارزیابی ریسک سلامتی مرتبط با آلودگی هوا در پایتخت کمک بسیاری کرده‌اند. این اطلاعات می‌تواند مبنایی برای اتخاذ تصمیمات صحیح و بهنگام جهت کاهش اثرات زیان‌بار آلودگی هوا بر سلامت انسان‌ها عمل باشد.

تحلیل نتایج نشان می‌دهد که مناطق با جمعیت متراکم، به‌ویژه، در مرکز و جنوب تهران، به دلیل غلظت‌های بالای ذرات معلق PM2.5 و PM10 با خطرات بالایی مواجهند. علاوه بر این، غلظت بالای NO_2 در مرکز و شرق تهران نشان می‌دهد که در این مناطق وسائل نقلیه سهم بالایی در تولید آلاینده‌ها دارند. این یافته نیاز به اقدامات هدفمندی نظیر استانداردهای سخت‌تر انتشار گازهای خودرو، بهبود شبکه حمل و نقل عمومی و پروژه‌های زیرساختی سبز در مناطق خاص دارد تا مشکلات کیفیت هوا را در این مناطق کاهش دهد.

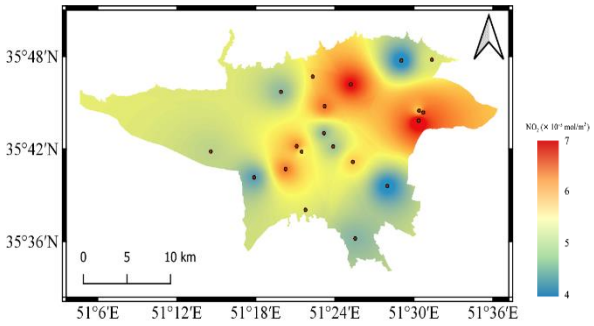
ارزیابی کیفیت آب

دسترسی به آب سالم یکی از جنبه‌های اساسی سلامت عمومی است. میانگین پارامترهای جمع‌آوری شده برای پایش کیفیت آب شهری در جدول ۱ آمده است. این پارامترها به طور کلی کیفیت منابع آب در شهر تهران را توصیف می‌کنند. تحلیل این نتایج نشان می‌دهد که کیفیت آب شهر تهران در سطح مطلوبی قرار دارد. هرچند به‌طور کلی منابع آب زیرزمینی میزان شفافیت پایین‌تر و آلاینده‌های کمتری دارند که نشان دهنده کیفیت بهتر برای تأمین آب شرب است. بر عکس آن، منابع آب سطحی با چالش‌های بیشتری در زمینه کیفیت روبرو هستند.

تحلیل بیماری‌های قابل انتقال توسط جانوران

بررسی‌ها در مراکز بهداشت محیط نشان داده است که در مناطقی با پوشش گیاهی بیش از ۱۵٪ و دمای بیش از ۲۸ درجه سانتیگراد احتمال بروز بیماری‌های واگیردار که منشأ جانوری دارند، افزایش می‌یابد.

بنابراین، تمرکز اصلی برای پیشگیری، باید در مناطق گرم و مرطوب باشد. همچنین، برای پیشگیری از این نوع بیماری‌ها درک دینامیک پیچیده انتقال بیماری در محیط شهری بسیار کارساز است. بدین ترتیب، همکاری نزدیک با مقامات بهداشت محلی و جمع‌آوری داده‌ها در موارد گزارش شده، از نوع بیماری، موقعیت مکانی و متغیرهای محیطی آن حائز اهمیت است. در این میان، آموزش و مشارکت جامعه نقش اساسی در افزایش آگاهی و اجرای اقدامات پیشگیرانه ایفا می‌کنند.



شکل ۲: نقشه توزیع گاز NO_2 در شهر تهران در سال ۱۴۰۱
Fig. 2: NO_2 gas distribution map in Tehran in 2022

جدول ۱: پارامترهای کیفیت آب
Table 1: Water quality parameters

میزان فلزات سنگین Heavy Metals (µg/L)	میزان اکسیژن خواهی زیستی BOD (mg/L)	میزان اکسیژن خواهی شیمیایی COD (mg/L)	کدری Turbidity (NTU)	سطح اسیدی یا بازی pH Level
کمتر از میزان انتظار Below detectable limits	3.2	8.0	1.5	7.2

نتیجه‌گیری

بررسی و تحلیل تعاملات زیست محیطی و سلامت عمومی در تهران موجب می‌شود تا برنامه‌ریزی شهری، سیاست‌گذاری سلامت عمومی و تخصیص منابع با دقت بالاتری انجام شود. نتایج تجزیه و تحلیل مکانمند ما را به درک عمیق‌تری از چالش‌ها و فرصت‌های مدیریت شهری تهران می‌رساند. داده‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا به ما امکان داد تا نقشه‌های دقیق از غلظت آلاینده‌ها و تغییرات مکانی آن‌ها به‌دست آوریم. این نقشه‌ها در پایش ریسک‌های سلامت مرتبط با آلودگی هوا بسیار ارزشمند هستند. تجزیه و تحلیل داده‌های کیفیت هوا غلظت‌های بالایی از مواد ذراتی PM2.5 و PM10 در مناطق شهری با جمعیت متراکم را نشان داد. این آلاینده‌ها، ذراتی هستند که به عمق دستگاه تنفسی می‌کنند و به مشکلات جسمی متعددی از جمله عفونت‌های تنفسی، بیماری‌های قلبی عروقی و حتی مرگ زودرس منجر می‌شوند. علاوه بر این، غلظت NO_2 در نزدیکی معابر اصلی نشان‌دهنده سهم عمده وسائل نقلیه در تولید این گاز است. حل این معضلات نیاز به اقدامات هدفمندی مانند اجرای استانداردهای سخت‌گیرانه برای تولید وسایل نقلیه، بهبود شبکه حمل‌ونقل عمومی برای کاهش وابستگی به وسایل نقلیه شخصی و سرمایه‌گذاری در فضاهای سبز و زیرساخت‌های سبز در مناطق با جمعیت متراکم دارد. دسترسی به آب آشامیدنی سالم نه تنها امری ضروری در بهبود سلامت عمومی است بلکه جزء اساسی از توسعه شهری نیز محسوب می‌شود. تجزیه و تحلیل کیفیت آب در تهران نشان داد که اختلافات معناداری در کیفیت آب مناطق مختلف وجود ندارد. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که آب‌های زیرزمینی کیفیت بهتری دارند و به همین دلیل برای تأمین آب آشامیدنی مناسب‌ترند. در مقابل، منابع آب سطحی با چالش‌های بزرگتری در زمینه کیفیت مواجه هستند و ایجاد راهکارهای مؤثر در زمینه تصفیه و مدیریت این منابع ضروری است. حفاظت از منابع آب زیرزمینی و اجرای فرآیندهای تصفیه مؤثر برای منابع آب سطحی گام‌های حیاتی در تأمین آب شرب پایدار و سالم برای شهروندان هستند. تجزیه و تحلیل داده‌های بیماری، اطلاعات مهمی را در مورد ناقلین، زیستگاه‌ها و الگوهای رفتاری آن‌ها در برداشت که منجر به درک جامعی از اکوسیستم بیماری‌های واگیر شهر می‌گردد. تدابیر هدفمند در کنترل بیماری‌های واگیردار در مناطق با ریسک بالا و آموزش به جامعه هدف برای کاهش ریسک بیماری‌ها ضروری است. در مجموع، این تحقیق اهمیت تجزیه و تحلیل مکانمند در درک تعاملات پیچیده بین محیط زیست و سلامت عمومی در تهران را نشان می‌دهد و نتایج آن می‌تواند مبنایی برای اتخاذ راهبردهای بهینه برای توسعه پایدار شهری باشد.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت برابر مشارکت داشته اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از کلیه عزیزانی که در این تحقیق همکاری لازم را داشته‌اند، تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

«هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Torabi SA, Hassini E. An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning. Fuzzy Sets Syst 2008;159: 193–214. https://doi.org/10.1016/j.fss.2007.08.010

[2]Tan KT, Lee KT, Mohamed AR. Potential of waste palm cooking oil for catalyst-free biodiesel production. Energy 2011;36:2085–8. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.003.

[3]Roshan M, Tavakkoli-Moghaddam R, Rahimi Y. A two-stage approach to agile pharmaceutical supply chain management

[15]Habib MS, Asghar O, Hussain A, Imran M, Mughal MP, Sarkar B. A robust possibilistic programming approach toward animal fat-based biodiesel supply chain network design under uncertain environment. J Clean Prod 2021;278. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122403.

[16]Guo S, Zhao H. Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. Knowl Based Syst 2017;121: 23–31. https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2017.01.010.

[17]Ghelichi Z, Saidi-Mehrabad M, Pishvaee MS. A stochastic programming approach toward optimal design and planning of an integrated green biodiesel supply chain network under uncertainty: A case study. Energy 2018;156: 661–87. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.103.

[18]Ghaderi H, Moini A, Pishvaee MS. A multi-objective robust possibilistic programming approach to sustainable switchgrass-based bioethanol supply chain network design. J Clean Prod 2018;179: 368–406. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.218.

[19]Ge Y, Li L, Yun L. Modeling and economic optimization of cellulosic biofuel supply chain considering multiple conversion pathways. Appl Energy 2021;281. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116059.

[20]Fattahi M, Govindan K. A multi-stage stochastic program for the sustainable design of biofuel supply chain networks under biomass supply uncertainty and disruption risk: A real-life case study. Transp Res E Logist Transp Rev 2018;118: 534–67. https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.08.008.

[21]Chávez MMM, Sarache W, Costa Y. Towards a comprehensive model of a biofuel supply chain optimization from coffee crop residues. Transp Res E Logist Transp Rev 2018;116: 136–62. https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.06.001.

[22]Babazadeh R, Razmi J, Pishvaee MS, Rabbani M. A sustainable second-generation biodiesel supply chain network design problem under risk. Omega (United Kingdom) 2017;66:258–77. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.12.010

[23]Babazadeh R, Ghaderi H, Pishvaee MS. A benders-local branching algorithm for second-generation biodiesel supply chain network design under epistemic uncertainty. Comput Chem Eng 2019;124: 364–80. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.01.013.

[24]Pulighe G, Pirelli T. Assessing the sustainability of bioenergy pathways through a land-water-energy nexus approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2023;184. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113539

[25]Afkhami P, Zarrinpoor N. The energy-water-food-waste-land nexus in a GIS-based biofuel supply chain design: A case study in Fars province, Iran. J Clean Prod 2022;340: 130690. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.130690

[26]Kianfar N, Mesgari MS. GIS-based spatio-temporal analysis and modeling of COVID-19 incidence rates in Europe. Spat Spatiotemporal Epidemiol 2022;41. https://doi.org/10.1016/j.sste.2022.100498

with product substitutability in crises. Comput Chem Eng 2019;127:200–17. https://doi.org/10.1016/J.COMPCHEMENG.2019.05.014.

[4]Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega (United Kingdom) 2015;53:49–57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009.

[5]Nur F, Aboytes-Ojeda M, Castillo-Villar KK, Marufuzzaman M. A two-stage stochastic programming model for biofuel supply chain network design with biomass quality implications. IISE Trans 2021;53:845–68. https://doi.org/10.1080/24725854.2020.1751347.

[6]Namany S, Al-Ansari T, Govindan R. Optimisation of the energy, water, and food nexus for food security scenarios. Comput Chem Eng 2019;129. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106513.

[7]Mohseni S, Pishvaee MS. Data-driven robust optimization for wastewater sludge-to-biodiesel supply chain design. Comput Ind Eng 2020;139. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.001.

[8]Marler RT, Arora JS. Survey of multi-objective optimization methods for engineering. Structural and Multidisciplinary Optimization 2004;26:369–95. https://doi.org/10.1007/S00158-003-0368-6.

[9]Mahjoub N, Sahebi H. The water-energy nexus at the hybrid bioenergy supply chain: A sustainable network design model. Ecol Indic 2020;119.. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106799

[10]Li Y, Kesharwani R, Sun Z, Qin R, Dagli C, Zhang M, et al. Economic viability and environmental impact investigation for the biofuel supply chain using co-fermentation technology. Appl Energy 2020;259.. https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2019.114235

[11]Leong H, Leong H, Foo DCY, Ng LY, Andiappan V. Hybrid approach for carbon-constrained planning of bioenergy supply chain network. Sustain Prod Consum 2019;18: 250–67. https://doi.org/10.1016/J.SPC.2019.02.011

[12]Kang S, Heo S, Realff MJ, Lee JH. Three-stage design of high-resolution microalgae-based biofuel supply chain using geographic information system. Appl Energy 2020;265.. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114773

[13]Jingura RM, Matengaifa R, Musademba D, Musiyiwa K. Characterisation of land types and agro-ecological conditions for production of Jatropha as a feedstock for biofuels in Zimbabwe. Biomass Bioenergy 2011;35: 2080–6. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.004.

[14]Jeong H, Sieverding HL, Stone JJ. Biodiesel Supply Chain Optimization Modeled with Geographical Information System (GIS) and Mixed-Integer Linear Programming (MILP) for the Northern Great Plains Region. Bioenergy Res 2019;12: 229–40. https://doi.org/10.1007/S12155-018-9943-Y.

[27]Shabanpour N, Razavi-Termeh SV, Sadeghi-Niaraki A, Choi SM, Abuhmed T. Integration of machine learning algorithms and GIS-based approaches to cutaneous leishmaniasis prevalence risk mapping. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2022;112. https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102854.

[28]Mollalo A, Sadeghian A, Israel GD, Rashidi P, Sofizadeh A, Glass GE. Machine learning approaches in GIS-based ecological modeling of the sand fly Phlebotomus papatasi, a vector of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Golestan province, Iran. Acta Trop 2018;188: 187–94. https://doi.org/10.1016/J.ACTATROPICA.2018.09.004

[29]Kollikkathara N, Feng H, Stern E. A purview of waste management evolution: Special emphasis on USA. Waste Management 2009;29: 974–85. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.032.

[30]Kao JJ. A raster-based C program for siting a landfill with optimal compactness. Comput Geosci 1996;22: 837–47. https://doi.org/10.1016/S0098-3004(96)00022-2.

[31]Chan FTS, Chan MH, Tang NKH. Evaluation methodologies for technology selection. J Mater Process Technol 2000;107: 330–7. https://doi.org/10.1016/S0924-0136(00)00679-8.

[32]Sener B, Süzen ML, Doyuran V. Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental Geology 2006;49: 376–88. https://doi.org/10.1007/S00254-005-0075-2.

[33]Gutiérrez F, Cooper AH, Johnson KS. Identification, prediction, and mitigation of sinkhole hazards in evaporite karst areas. Environmental Geology 2008;53: 1007–22. https://doi.org/10.1007/S00254-007-0728-4.

[34]Ray RL, De Smedt F. Slope stability analysis on a regional scale using GIS: A case study from Dhading, Nepal. Environmental Geology 2009;57: 1603–11. https://doi.org/10.1007/S00254-008-1435-5.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

قاسم آذری آرانی دارای مدرک دکتری تخصصی فناوری اطلاعات از دانشگاه آزاد قم می‌باشد. ۳۰ سال فعالیت آموزشی و پژوهشی و همکاری با مجلات علمی دارد و از سال ۱۳۹۷ تا اکنون به عنوان استادیار در گروه مهندسی برق و کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه فنی و حرفه‌ای دانشکده فنی شهید رجایی کاشان مشغول به فعالیت هستند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و رباتیکز، تبدیل متن به گفتار، مدیریت ارتباط با مشتریان، مدیریت زنجیره تأمین، سیستم‌های عامل.

Azari Arani, Gh. Assistant professor at the Department of Information and Communication Technology, Technical and Vocational University, Tehran, Iran

ghazariarani@tvu.ac.ir

علیرضا احمدی دارای مدرک کارشناسی مهندسی نرم‌افزار از دانشگاه کاشان می‌باشد و مشغول فعالیت در یک شرکت دانش بنیان است. زمینه‌های تخصصی و علاقمندی ایشان عبارتند از : داده کاوی ، هوش مصنوعی.

Ahmadi, A. Department of Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kashan University, Kashan, Iran

aaboy2014@gmail.com

کوثر آذری آرانی دارای مدرک کارشناسی مهندسی نرم‌افزار از دانشگاه کاشان می‌باشد و مشغول فعالیت در حوزه آموزش و پژوهش است. زمینه‌های تخصصی و علاقمندی ایشان عبارتند از: داده کاوی، هوش مصنوعی.

Azari Arani, K. Department of Computer Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Kashan University, Kashan, Iran

ksrazr1995@gmail.com

Citation (Vancouver): Azari Arani Gh, Ahmadi A, Azari Arani K. [Geo-spatial Analysis of Environmental Factors Affecting Human Health in Tehran]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(2): 127-134*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2023.2006

COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)