



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluation of the impact of construction in urban areas on air pollution in the troposphere using remote sensing data

A. Amini*, Z. Azargoshayesh, P. Nouri

Department of surveying Engineering, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 02 August 2024
 Reviewed: 07 September 2024
 Revised: 23 September 2024
 Accepted: 01 November 2024

KEYWORDS:

Air Pollution
 Sentinel-5
 Construction
 Google Earth Engine

* Corresponding author

✉ sh_amini@azad.ac.ir

☎ (0+9821) 88833211

Background and Objectives: Today, air pollution is considered as one of the most important problems of human societies. The expansion of urbanization, the development of cities, the increase in population, the increase in construction, the development of industrial activities and the increase in the consumption of fossil fuels, the lack of an efficient public transportation system, the low quality of fuel and the traffic density have caused a large amount of pollutants incompatible with natural mechanisms to be released into the air daily. Air pollution has harmful effects on the environment and human health. The distribution of gases and pollutants in different layers of the atmosphere is not equal. So that some pollutants such as carbon monoxide and sulfur dioxide have a very high concentration in the troposphere layer compared to other layers. Along with other factors that increase pollutants, the construction industry is also one of the major sources of environmental pollution, responsible for about 4% of the production of greenhouse gases, particles and more water pollution than any other industry. Today, due to the excessive growth of the population and the need for housing, it has required that tall buildings rise every day from all corners of the city. Now this issue causes the production of pollutants to increase in cities. Because the increase in population causes an increase in single-passenger cars and issues in this regard. The increase in population and the desire to seek profit through construction replaces the beautiful and natural landscapes of our country with urban areas every year. Population growth causes an increase in construction in an area, and this problem causes the physical development of urban areas over time. In this research, the aim is to investigate the impact of construction on air pollution in the troposphere and also how the concentration of pollutants changes in different seasons of the year.

Methods: The area studied in this research is District 22 of the municipality located in the northwest of Tehran, one of the new areas of Tehran, which was built in order to solve the lack of services in the western area of Tehran and to relocate part of the population living in the dilapidated tissues of central Tehran, and the amount of construction in this area is growing. has been selected and to investigate the construction changes in the study area, the maximum likelihood classification method was used using Sentinel-2 satellite images, and for monitoring carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, tropospheric ozone and aerosol pollutants, Sentinel 5 satellite images were used in the Google Earth Engine system.

Findings: The findings include calculating the amount of construction in the years 2018 to 2022 and providing maps of changes in the concentration of carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, tropospheric ozone and aerosol pollutants per unit of time and space.

Conclusion: The results of this research show that from 2018 to 2022, about 33.12 hectares were added to the construction areas of Tehran's 22nd district, and these construction changes did not affect all gases, and only carbon monoxide and carbon dioxide pollutants had a growing trend. Also, the concentration of mentioned pollutants was higher in winter than other seasons.



NUMBER OF REFERENCES

31



NUMBER OF FIGURES

15



NUMBER OF TABLES

6

مقاله پژوهشی

ارزیابی تاثیر ساخت و ساز در مناطق شهری بر آلودگی هوا در لایه تروپوسفر با استفاده از داده های سنجش از دور

امیرشاهرخ امینی^{*}، زهرا آذرگشایش، پانید نوری

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: آلودگی هوا امروزه به عنوان یکی از مهم ترین مشکل جوامع بشری مطرح می باشد. گسترش شهرنشینی، توسعه شهرها، افزایش جمعیت، افزایش ساخت و ساز، توسعه فعالیت های صنعتی و افزایش مصرف سوخت های فسیلی، کمبود سیستم حمل و نقل عمومی کارا، کیفیت کم سوخت و تراکم ترافیک باعث شده که روزانه حجم وسیعی از آلاینده های غیرسازگار با مکانیسم های طبیعی در هوا تخلیه گردد. آلودگی هوا پیامدهای زیان باری بر محیط زیست و سلامتی انسان ها دارد. کیفیت هوا به طور روزانه در تغییر است. حتی در مواقعی که مقدار ورود آلاینده ها به هوا ثابت است عوامل تعیین کننده تغییرات آب وهوایی مانند سرعت باد، جهت باد، نیمرخ حرارتی توده های هوا، مقدار انرژی خورشیدی به منظور انجام واکنش های فتوشیمیایی، مدت زمان دوام باد یا بارندگی به طور ویژه ای کیفیت هوا را تغییر می دهند. توزیع گازها و آلاینده ها در لایه های مختلف اتمسفر به صورت نابرابر است. به طوری که برخی از آلاینده ها مانند منواکسیدکربن و سولفور دی اکسید از تراکم بسیار زیادی در لایه تروپوسفر در مقایسه با سایر لایه ها برخوردار هستند. در کنار دیگر عوامل افزایش آلاینده ها، صنعت ساخت و ساز نیز یکی از منابع عمده آلودگی محیط زیست، مسئول حدود ۴ درصد از تولید گازهای گلخانه ای، ذرات و بیشتر آلودگی آب بیش از هر صنعت دیگری است. امروزه به دلیل رشد بی رویه جمعیت و نیاز به سکونت، ایجاد کرده است که ساختمانهای بلند هر روز از گوشه و کنار شهر سر به فلک زنند. حال این مسئله باعث می شود که تولید آلاینده ها در شهرها افزایش یابد. چرا که افزایش جمعیت باعث افزایش خودروهای تک سرنشین و مسابلی در این باب می شود. افزایش جمعیت و تمایل به سودجویی با ساخت و ساز، هرساله مناطق شهری را جایگزین مناظر زیبا و طبیعی کشورمان می نماید. رشد جمعیت موجب افزایش ساخت و ساز در یک ناحیه می شود و این مسئله با گذشت زمان توسعه فیزیکی نواحی شهری را موجب می گردد. در این پژوهش هدف بررسی میزان تاثیر ساخت و ساز بر آلودگی هوا در لایه تروپوسفر و همچنین چگونگی تغییرات غلظت آلاینده ها در فصول مختلف سال می باشد.

روش ها: منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه ۲۲ شهرداری واقع در شمال غربی تهران، از مناطق نوساز تهران می باشد که به جهت رفع کمبودهای خدماتی حوزه غرب تهران و جابه جایی بخشی از جمعیت ساکن در بافت های فرسوده تهران مرکزی ساخته شده و میزان ساخت و ساز در این منطقه روند روبه رشدی داشته است. برای بررسی تغییرات ساخت و ساز در منطقه مورد مطالعه از روش طبقه بندی ماکزیم احتمال با بکار بردن تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و برای پایش آلاینده های منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ازن تروپوسفری و آئروسول از تصاویر ماهواره سنتینل ۵ در سامانه گوگل ارث انجین بکار برده شده است.

یافته ها: یافته ها شامل محاسبه میزان ساخت و ساز در سالهای ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ و ارائه نقشه های تغییرات غلظت آلاینده های منوکسیدکربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ازن تروپوسفری و آئروسول در واحد زمان و مکان می باشد.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان می دهد که از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۲۲ چیزی حدود ۳۳.۱۲ هکتار به مناطق ساخت و ساز منطقه ۲۲ تهران اضافه شده و این تغییرات ساخت و ساز بر روی تمامی گازها تاثیر گذار نبوده و تنها آلاینده های منوکسیدکربن و دی اکسید گوگرد روند رو به رشدی را داشته اند. و همچنین غلظت آلاینده های عنوان شده در فصل زمستان نسبت به سایر فصول بیشتر بوده است.

مقدمه

بستگی به غلظت مواد شیمیایی موجود در هوا و همچنین میزان قرار گرفتن افراد در معرض هوای آلوده دارد. بیماری های ناشی از آلودگی های جوی می تواند بسیار پرهزینه باشند به طوری که هزینه های درمانی، کاهش بهره وری در محل کار می تواند سالیانه میلیاردها

امروزه آلودگی هوا به یکی از معضلات اصلی کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. آلودگی هوا به طرق گوناگونی آثار زیانبار دراز مدت و کوتاه مدتی بر سلامت انسان ها می گذارند. معمولاً میزان این آسیبها

می‌رود به ۵ میلیارد تا سال ۲۰۲۵ افزایش یابد و این افزایش سبب تغییر در ماهیت انواع زمین و سطح زمین می‌گردد. این تغییرات، سبب ایجاد تغییراتی در تنظیمات شهری مطابق با نیازهای مردم می‌شود [۴].

با پیدایش ابر شهرها، بافت شهرها بر اوضاع اقلیمی پیرامون خود اثر گذاشته‌اند و تغییرات خرد اقلیمی به وجود آورده‌اند. خرد اقلیمهای شهری تحت تأثیر افزایش تراکم شهرها، فقدان فضاهای سبز، گرمای ناشی از فعالیت انسانها و آلودگیهای شهری به سمت گرم شدن و پایین آمدن کیفیت هوای شهرها حرکت کرده‌اند. در شهرهای مترکم آلودگی هوا تأثیر زیادی بر سلامت جامعه دارد، که قسمتی از آلودگی هوا در اثر راکد شدن هوا در خیابانهای دره شکل به علت وجود ساختمانهای بلند است. نحوه توزیع ساختمانها نقش تعیین‌کننده‌ای بر میزان جذب انرژی خورشیدی و نوع جریان هوا در شهر دارند. با توجه به میزان تابش خورشید و جریان هوا بین ساختمانها، نقش محیط در پراکندن آلودگیهای جوی و ذرات معلق تعیین‌کننده است [۵].

امروزه به دلیل رشد بی‌رویه جمعیت و نیاز به سکونت، ایجاد کرده است که ساختمانهای بلند هر روز از گوشه و کنار شهر سر به فلک زنند. حال این مسئله باعث می‌شود که تولید آلاینده‌ها در شهرها افزایش یابد. چراکه افزایش جمعیت باعث افزایش خودروهای تک‌سرنشین و مسابلی در این باب می‌شود. افزایش جمعیت و تمایل به سودجویی با ساخت‌وساز، هرساله مناطق شهری را جایگزین مناظر زیبا و طبیعی کشورمان می‌نماید. رشد جمعیت موجب افزایش ساخت‌وساز در یک ناحیه می‌شود و این مسئله با گذشت زمان توسعه فیزیکی نواحی شهری را موجب می‌گردد. تصاویر Sentinel-2 به طور گسترده‌ای برای تشخیص تغییرات شهری و پایش ساخت‌وسازهای شهری استفاده می‌شود.

آلاینده‌ها از لحاظ حالت فیزیکی (جامد، مایع و گاز)، منبع انتشار (سیار، ثابت، طبیعی، انسان‌ساخت) طبقه‌بندی می‌شوند و از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا می‌توان مونوکسیدکربن (CO)، دی‌اکسیدکربن (CO₂)، دی‌اکسیدگوگرد (SO₂)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، متان (CH₄)، ازن تروپوسفری (O₃) و کربن‌های آلی ناپایدار، کلروفلوئورکربن‌ها (CFC) و ذرات معلق یا همان آئروسولها (AI) را نام برد [۶]. که هر کدام دارای اثرات متعددی بر سلامت انسان و محیط زیست هستند. مونوکسیدکربن از طریق احتراق ناقص سوخت‌های حاوی کربن مانند چوب، زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و نفت سفید تولید می‌شود. صنایع و وسایل نقلیه موتوری به عنوان مهمترین منابع برای آلودگی اتمسفری مونوکسیدکربن در محیط‌های شهری شناخته می‌شوند. مواجهه با این آلاینده منجر به اثر بر روی سیستم قلبی-عروقی، ریه‌ها، سیستم اعصاب مرکزی و هموگلوبین خون خواهد شد. دی‌اکسیدگوگرد، گازی بی‌رنگ و با بویی بسیار تند است. این آلاینده با سوزاندن سوخت‌های حاوی گوگرد، مثل زغال‌سنگ و بخشی از روغن‌ها تولید می‌شود. در واقع وسایل نقلیه، نیروگاه‌های برق و گرمایش عوامل اصلی تولید این آلاینده

دلارهزینه بر جامعه تحمیل کنند [۱]. رفع آلودگی‌های زیست محیطی امروزه به یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های بشر تبدیل شده است. کیفیت هوا در شهرها بستگی به شرایط جوی و میزان تولید آلاینده‌ها دارد. امروزه آلودگی هوا یکی از پیچیده‌ترین معضلات جوامع بشری می‌باشد که تأثیرات منفی بسیاری بر سلامت موجودات زنده و به خصوص انسان بر جای گذاشته است. آلودگی هوا و تأثیرات ناشی از آن، یکی از منابع تهدیدکننده سلامت انسان، حیوان و گیاهان است. مشکلات آلودگی هوا می‌تواند از سطح کوچک، بیماری‌های خطرناک تا سطح بزرگ و جهانی، بارش اسیدی، لایه ازن و پدیده گرمایش جهانی را شامل شود. منشأ آلودگی هوا در اوایل انقلاب صنعتی، مربوط به صنایع و سوخت زغال سنگ بوده است، درحالی که در قرن حاضر بیشترین علل ایجاد آلودگی هوا در شهرها مربوط به حمل و نقل درون شهری است. با توجه به خطراتی که آلودگی هوا برای سلامت انسانها و سایر اجزاء محیط زیست دارد، شناخت جوانب مختلف این آلودگی از اهمیت زیادی برخوردار است و تنها با آگاهی و شناخت از این مسئله، امکان جلوگیری و کاهش خطرات آن وجود دارد [۲].

صنعت ساخت‌وساز یکی از منابع عمده آلودگی محیط زیست، مسئول حدود ۴ درصد از تولید گازهای گلخانه‌ای، ذرات و بیشتر آلودگی آب بیش از هر صنعت دیگری و هزاران شکایت از سروصدای ناشی از ساخت در هر سال است. آلودگیهای اصلی ناشی از ساخت‌وساز در شهرها عبارتند از آلودگی هوا، آب و آلودگی صوتی. افزایش حجم ساخت و ساز همزمان با افزایش تعمیرات و آواربرداری از ساختمانهای فرسوده، کنگرزی و غیره نیز به این آلودگی افزوده است. با دقت در این موضوع می‌توان به یک نتیجه مستقیم دیگر نیز رسید و آن افزایش آلودگیهای زیست محیطی ناشی از ساخت‌وساز است. ساختمان‌های بلند، امروزه نقش بسزایی در اسکان دادن جمعیت شهرها و پیشبرد فعالیت‌های شهری داشته و البته تأثیر وسیعی بر محیط اطراف خود دارند. این تأثیرات شامل موضوعات متنوعی همچون وضعیت ترافیک، عبور و مرور معابر اطراف، محیط زیست، وضع سایه‌اندازی و همچنین برخی تأثیرات اقلیمی مانند وضعیت جریان هوا می‌باشند. در شرایط کنونی، با توجه به ساخت بناهای بلند در کلان شهرهایی چون تهران، موضوع تأثیر مثبت یا منفی این بناها بر وضعیت جریان هوا مورد مناقشه قرار گرفته است. به عقیده برخی، این بناها در بعضی مناطق مانند سدی در برابر جریان هوا عمل کرده و تأثیر منفی داشته است، اما از سوی دیگر برخی به تأثیر مثبت آن‌ها بر جریان هوا و رفع آلودگی اعتقاد دارند [۳].

بعد از انقلاب صنعتی و استفاده بی‌رویه انسانها بسیاری از مناطق با پوشش طبیعی جای خود را به پوشش انسان ساخت داده است و باعث تشدید آلودگی هوا شده است. در کلان شهرهایی مانند تهران این نرخ رشد بیشتر بوده است. شهرها تقریباً ۲ درصد سطح زمین را اشغال می‌کنند در حالی که ساکنین شهرها بالای ۷۵ درصد منابع انرژی جهان را مصرف می‌نمایند. جمعیت شهرنشینی در ۱۰۰ سال گذشته از ۱۶۰ میلیون نفر به ۳ میلیارد افزایش یافته است. این رقم انتظار

تحولات سریع علم و صنعت طی صد سال اخیر سبب تولید حجم زیادی کربن و سایر گازهای آلاینده در سطح جهانی شده است. امروزه نتایج آن را می‌توان در ایجاد حفره در لایه محافظ زمین (ازن) در قطب جنوب، شکل‌گیری گازهای شیمیایی متعدد، نامساعد شدن هوای محیط زیست، تشدید حالت گلخانه‌ای و در نتیجه گرم شدن بیش از حد کره زمین مشاهده کرد. پایداری این وضعیت، سلامت کلیه موجودات کره زمین را تهدید می‌کند [۱۲]. کاربرد سنجش از دور در مطالعات آلودگی هوا بیش از سه دهه است که مورد بررسی قرار گرفته و از قدمت بالایی برخوردار است. از زمان استفاده از نخستین ماهواره سنجش از دوری که برای اندازه‌گیری آلاینده‌ها طراحی شد (MAPS بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۹ میلادی) با استفاده از باندهای مادون قرمز برای شناسایی و پایش تغییرات منوکسیدکربن ناشی از آتش‌سوزی‌های پوشش گیاهی با فاصله زمانی ۸ تا ۱۰ روز در مقیاس جهانی استفاده شده است. از آن زمان تاکنون، ماهواره‌ها و سنجنده‌های متفاوتی با طول موج‌ها و مقیاس مشابه برای پایش آلودگی استفاده شده است و در کنار باندهای مادون قرمز، باندهای مرئی و ماورا بنفش نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳]. امروزه داده‌های اخذ شده از ماهواره‌ها، امکان اندازه‌گیری تغییرات و غلظت گازها و آلاینده‌های مختلف در جو را در مقیاس جهانی، ملی و محلی برای کشورها و در سطح شهرهای مختلف فراهم ساخته است. مدل‌های هواشناسی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای به صورت ساعتی و روزانه وضعیت آلاینده‌ها را ثبت و گزارش کرده و بدین طریق کانون‌ها و الگوهای آلاینده‌ها تعیین و مشخص می‌شود. بنابراین فناوری سنجش از دور برای شناسایی منابع و مراکز آلودگی هوا، غلظت و شدت آلودگی، حرکت و تغییر مکان آلاینده‌ها کاربردهای متعددی دارد. با کمک این فناوری می‌توان در راستای کاهش آلودگی هوا و داشتن هوای پاک و سالم در سیاره زمین تصمیمات مناسب و کارشناسی اتخاذ کرد [۱۴].

مروری مختصری بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد محققان در خارج کشور از تصاویر سنتینل-۵ برای پایش دی‌اکسیدگوگرد [۱۵]، دی‌اکسید نیتروژن [۱۶، ۱۷]، منوکسیدکربن [۱۸]، ازن [۱۹]، آئروسول [۲۰] و غیره بهره برده‌اند و در داخل کشورمان نیز محققان به پایشی جامع بر اساس مقادیر برخی از مهمترین آلاینده‌های هوا از جمله دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، منواکسید کربن و ذرات معلق، برای ۲۰ شهر بزرگ و صنعتی ایران در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ [۲۱] و شناسایی کانونهای آلاینده‌های هوا، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن، ازن و آئروسول در ایران [۲۲] و بررسی آلودگی دی‌اکسید نیتروژن به صورت زمانی-مکانی در استان خوزستان [۲۳]، بررسی میزان تغییرات آلاینده‌های هوا در دوره انتشار ویروس کووید-۱۹ که به تغییرات زمانی و مکانی میزان آلاینده‌های جوی در فروردین ماه ۱۳۹۹ همزمان با انتشار ویروس کووید-۱۹ برای کشور ایران تعیین شده و با مقادیر دوره مشابه در سال ۹۸ مقایسه شده [۲۴] و بررسی اثرات توسعه شهری بر کیفیت هوا [۲۵]، که از داده‌های سنتینل-۵ بهره برده شده است.

هستند. این آلاینده می‌تواند در مسافت‌های طولانی جا به جا شده و به تولید ازن هم کمک کند یکی از آلاینده‌های اصلی و محرک دستگاه تنفسی است که میزان انتشار آن به دلایل رشد اقتصادی و استفاده بی‌رویه انرژی در حال افزایش است و از منابع زیادی از جمله نیروگاه‌ها، مخازن ذوب فلزات، صنایع سنگین و ترافیک شهری وارد هوا شده و منجر به برخی ناراحتی‌های قلبی-عروقی و هم چنین افزایش میزان ابتلاء و مرگ و میر می‌گردد [۷]. ازن یکی از آلاینده‌های بسیار مهم دیگری است که به خصوص در فصل تابستان غلظت‌های بالاتری از آن وجود دارد و در این فصل دارای اثرات بیش‌تری است. ذرات معلق شامل سولفات، نیترات، کربن ارگانیک، کربن عنصری، ریزگرد و نمک دریایی است.

نیتروژن دی‌اکسید یک آلاینده گازی است و به عنوان یکی از بزرگترین مقصرهای آلودگی شهرها شناخته می‌شود. حجم بزرگی از این آلاینده منشا انسانی دارد. وسایل نقلیه و نیروگاه‌ها از منابع اصلی تولید نیتروژن دی‌اکسید هستند. مقادیر زیاد این آلاینده می‌تواند مخاط مجاری تنفسی شما را تحریک و ملتهب کند و در نهایت باعث سرفه‌های متعدد در کوتاه‌مدت و بیماری‌هایی مثل آسم و آلرژی در بلند مدت شود [۸]. ازن یک آلاینده گازی است که از ۳ اتم اکسیژن تشکیل می‌شود. در سطح بالای جو زمین، این گاز تاثیر مثبتی دارد و اشعه ماورای بنفش نور خورشید را جذب می‌کند. اما در نزدیکی سطح زمین، ازن با واکنش شیمیایی که بین اشعه خورشید و گازهای آلی و اکسیدهای نیتروژن ساطع شده توسط اتومبیل‌ها، نیروگاه‌ها، گیاهان و سایر منابع به وجود می‌آید، تولید می‌شود [۹].

استفاده از سنجنده‌های ماهواره‌ای در پایش آلودگی هوا و ذرات معلق مزایای زیادی را نسبت به ایستگاه‌های زمینی سنجش آلودگی به همراه دارد. از این رو مدتهاست که کاربرد این سنجنده‌ها برای سنجش آلودگی هوا و به خصوص ذرات معلق غبار مورد توجه متخصصین و مدیران شهری قرار گرفته است. سنجنده‌های گوناگون با طول موج‌ها و دقت‌های متفاوت برای این منظور در دهه‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، که از این میان می‌توان به سنجنده MODIS و TOMS اشاره کرد.

از سوی دیگر از میان ماهواره‌هایی که امکان ثبت داده‌های مربوط به آلودگی هوا را ممکن می‌سازد، ماهواره سنتینل-۵ و سنجنده سوار بر آن (TROPOMI)، که صرفاً برای پایش و کنترل آلاینده‌های هوا به فضا ارسال شده، قابلیت بالایی در شناسایی و پایش گازهای ازن، فرمالدئید، دی‌اکسیدگوگرد، متان، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدنیتروژن و آئروسول را دارد [۱۰]. سنجنده TROPOMI به صورت روزانه نقشه‌های آلودگی هوا را تهیه می‌کند و می‌توان بصورت مستقیم اطلاعات را دریافت کرد [۱۱]. پیش‌بینی و بررسی آلودگی هوا یکی از راه کارهای مدیریتی برای جلوگیری و یا کاهش پیامدهای مخرب آن است که استفاده از داده‌های سنجش از دوری را اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

شمال غربی تهران، از مناطق نوساز تهران می‌باشد که به جهت رفع کمبودهای خدماتی حوزه غرب تهران و جابه‌جایی بخشی از جمعیت ساکن در بافت‌های فرسوده تهران مرکزی ساخته شده است. این منطقه از سمت شمال به کوهستان البرز، از سمت شرق به حریم رودخانه کن، از سمت جنوب به آزاد راه تهران-کرج و از سمت غرب به جنگل‌های دست کاشت وردآورد محدود می‌شود. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه مشخص شده است. تغییرات ساخت‌وساز برای سال‌های ۲۰۱۸ و تا اوایل ۲۰۲۲ محاسبه شده و میزان تغییرات غلظت آلاینده‌های دی‌اکسیدنیترژن، دی‌اکسیدگوگرد، منوکسیدکربن و ذرات معلق برای سال‌های ۲۰۱۸ تا دسامبر ۲۰۲۱ پایش خواهد شد.

داده‌های مورد مطالعه

در این پژوهش از داده‌های سنتینل-۲ برای بررسی تغییرات میزان ساخت‌وساز در منطقه مورد مطالعه و از داده‌های سنتینل-۵ برای پایش آلاینده‌های منواکسیدکربن، دی‌اکسیدنیترژن، دی‌اکسیدگوگرد و آئروسل استفاده شده است. برای بررسی تغییرات و میزان ساخت‌وساز در داخل منطقه مورد مطالعه نیاز به تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد. نقشه‌های کاربری اراضی برای بسیاری از فعالیت‌های مدیریتی، هیدرولوژی و بررسی وضعیت فرسایش خاک ضروری می‌باشند. داده‌های سنجش از دور از پتانسیل بالایی برای تهیه نقشه‌های به‌روز کاربری و پوشش اراضی برخوردارند. یکی از مهمترین روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر سنجش از دور، طبقه‌بندی است که به کاربران امکان تولید انواع اطلاعات مختلف از قبیل نقشه‌های پوششی، نقشه‌های کاربری و نقشه تغییرات را می‌دهد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی و از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال برای فرایند طبقه‌بندی استفاده شده است.

از آنجا که در پژوهش حاضر از تصاویر سنتینل-۲ برای پایش تغییرات ساخت‌وساز منطقه ۲۲ تهران استفاده شده است، از این رو به مرور مختصری از مطالعات گذشته در باب قابلیت تصاویر سنتینل-۲ پرداخته می‌شود.

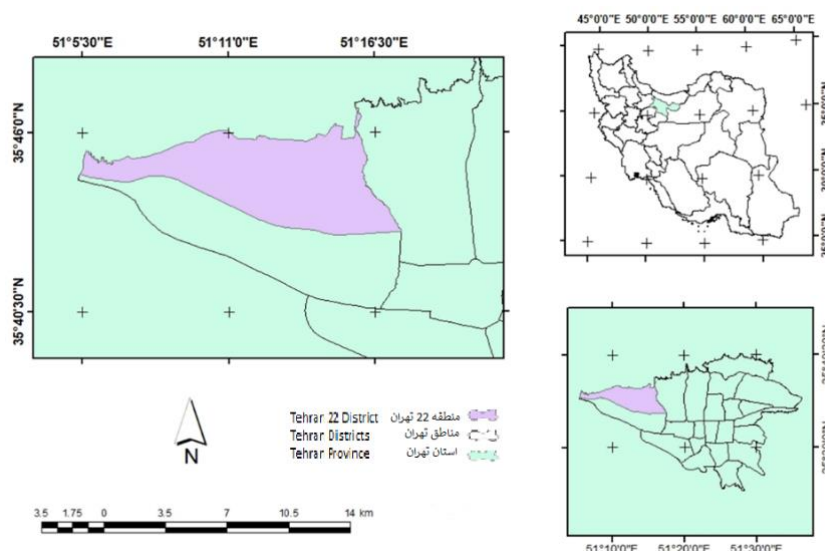
پایش مناطق شهری برای تهیه نقشه‌های دقیق‌تر و مطمئن‌تر [۲۶] و برای پایش و تهیه نقشه مناطق شهری و تاثیر دو شاخص NDBI و NDI بر توسعه شهری و آلودگی هوا [۲۷] و برای تشخیص ساختمان‌ها با استفاده از الگوریتم SVM [۲۸] از تصاویر سنتینل-۲ بهره برده‌اند. در داخل کشور نیز محققان با استفاده از تصاویر سنتینل-۲ در قزوین به بررسی تغییرات مناطق شهری بدلیل رشد سریع جمعیت و افزایش شهرنشینی [۲۹] و استخراج مناطق ساخته شده محدوده شهر سیرجان [۳۰] پرداختند.

با توجه به اهمیت پایش آلودگی هوا و شناخت عوامل ایجاد کننده آن در مناطق شهری در حال توسعه و نیز توانمندی و قابلیت‌های بالای استفاده از سنجش از دور و ماهواره سنتینل-۵، در این پژوهش منطقه ۲۲ تهران بدلیل توسعه و افزایش ساخت‌وساز در طی سال‌های مورد مطالعه به عنوان منطقه مورد مطالعاتی انتخاب شده است. در این پژوهش هدف بررسی میزان تاثیر ساخت و ساز بر آلودگی هوا در لایه تروپوسفر و همچنین چگونگی تغییر غلظت آلاینده‌ها در فصول مختلف سال می‌باشد. در ادامه، ابتدا منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده معرفی شده، سپس نتایج پایش صورت گرفته مورد بحث واقع می‌شود و در انتها مطالب این پژوهش جمع‌بندی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه ۲۲ شهرداری واقع در



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig. 1: Location of study area

قرمز با طول موج کوتاه پشتیبانی می‌کند، در ارتفاع ۸۲۴ کیلومتری قرار دارد و به نحو قابل قبولی در شناسایی گازهای ازن، متان، فرمالدئید، آژرسل، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدنیتروژن، دی‌اکسیدگوگرد می‌تواند مفید واقع شود. پاره‌ای از مهمترین مشخصات ماهواره سنتینل-۵ را در جدول ۲ ارائه شده است.

به منظور پایش آلودگی هوا در سراسر دنیا از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده است [۳۱]. سامانه گوگل ارث انجین یک سامانه ابری است که کاربران می‌توانند در مقیاس محلی تا جهانی از دیتاهای آن استفاده کنند. (Engine 2021)

یافته‌ها

برای اینکه تاثیر ساخت‌وساز بر آلودگی هوا مشخص شود ابتدا لازم است که بررسی تغییرات از نظر سطح انسان ساخت (Impervious Surface) صورت بگیرد. بعد از بررسی تغییرات بین سالهای ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ نمودار تغییرات آلاینده‌های گفته شده ارائه و تاثیر این ساخت و ساز بر میزان هر کدام از این آلاینده‌ها در واحد زمان و فصل‌های مختلف مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

دومین سری از ماهواره‌های Sentinel در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ ماموریت خود را آغاز کرد. ماهواره دارای مدار قطبی است که ماموریت آن اخذ تصاویر با وضوح بالا برای پایش منابع زمینی می‌باشد. این ماهواره دارای ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه است. این سنجنده دارای توان تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متری، قدرت تفکیک رادیومتری ۱۲ بیت و عرض باند ۴۴۳-۲۱۹۰ نانومتر می‌باشد. در جدول ۱ مشخصات باندهای ماهواره سنتینل-۲ ارائه شده است.

ماهواره سنتینل-۲ دارای کاربردهای زیادی در علوم طبیعی است. شاید بتوان گفت مهمترین کاربرد آن در مطالعات پوشش گیاهی و علوم طبیعی است. این سنجنده در مباحث مربوط به کاربری اراضی، مخاطرات طبیعی و شاخص گیاهی، آب و خاک کاربردهای زیادی دارد. برای پایش آلاینده‌ها در این پژوهش از تصاویر سنجنده TROPOMI ماهواره سنتینل-۵ استفاده شده است که اولین ماموریت برنامه کوپرنیکوس برای کنترل آلودگی هوا می‌باشد. به صورت کلی هدف از این ماهواره اندازه‌گیری کیفیت هوا، پایش ازن استراتوسفر، اندازه‌گیری اشعه خورشیدی و نظارت بر وضعیت آب و هوا می‌باشد. این سنجنده که از باندهای ماورابنفش، باندهای مرئی، مادون قرمز کوتاه و مادون

جدول ۱: مشخصات باندهای ماهواره سنتینل-۲

Table 1: Characteristics of Sentinel-2 satellite bands

Sentinel-2 bands باندهای سنتینل-۲	Sentinel-2A		sentinel-2B		
	Central wavelength(nm)	Bandwidth(nm)	Central wavelength(nm)	Bandwidth(nm)	Spatial resolution
	طول موج میانی	پهنای باند	طول موج میانی	پهنای باند	قدرت تفکیک مکانی
Band 1 – Coastal aerosol	442.7	21	442.2	21	60
Band 2 – Blu	492.4	66	492.1	66	10
Band 3 – Green	559.8	36	559.0	36	10
Band 4 – Red	664.6	31	664.9	31	10
Band 5 - Vegetation red edge	704.1	15	703.8	16	20
Band 6 - Vegetation red edge	740.5	15	739.1	15	20
Band 7 – Vegetation red edge	782.8	20	779.7	20	20
Band 8 - NIR	832.8	106	832.9	106	10
Band 8A – Narrow NIR	864.7	21	864.0	22	20
Band 9 – Water vapour	945.1	20	943.2	21	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1373.5	31	1376.9	30	60
Band 11 – SWIR	1613.7	91	1610.4	94	20
Band 12 – SWIR	2202.4	175	2185.7	185	20

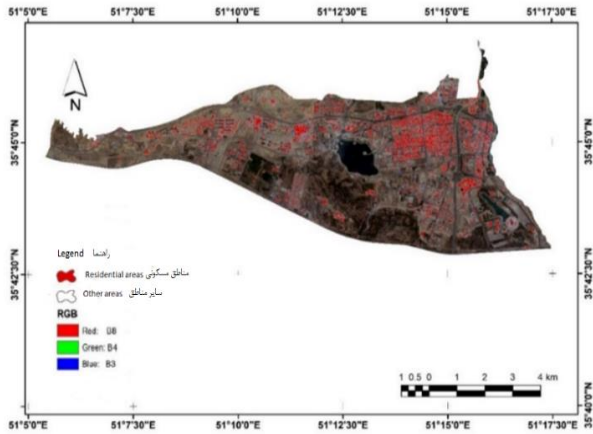
جدول ۲: مشخصات ماهواره سنتینل-۵

Table 2: Characteristics of Sentinel-5 satellite

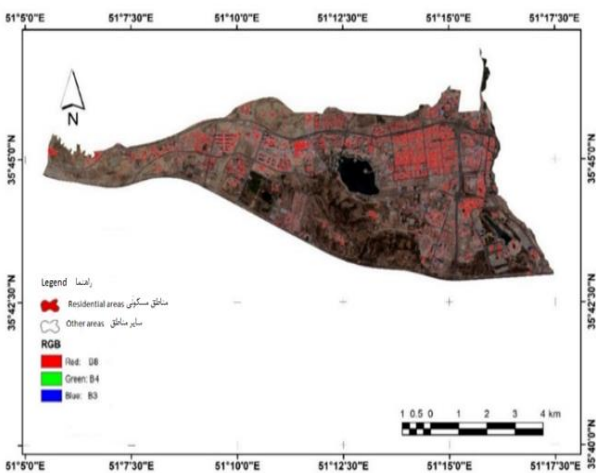
مشخصات Property	اطلاعات Info
Spatial resolution قدرت تفکیک مکانی	Up to 5.5km×3.5km.
Sensor سنسور	Tropospheric monitoring instrument (TROPOMI), a spectrometer measuring ultraviolet and visible (270-495 nm), near infrared (675-775 nm) and shortwave infrared (2305-2385 nm) light.
Revisit time زمان گذر	Less than one day.
Spatial coverage پوشش مکانی	Global coverage.
Data availability دسترسی داده‌ها	Since April 2018.
Common usage/purpose کاربرد رایج/ هدف	To provide global information on a multitude of atmospheric trace gases, aerosols and cloud distributions affecting air quality and climate.

بررسی تغییرات ساخت‌وساز

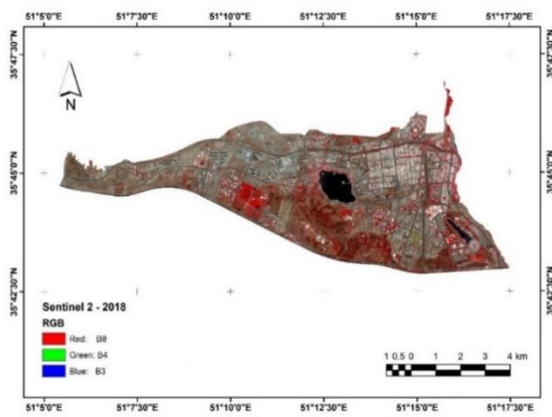
به منظور بررسی تغییرات ساخت‌وساز از تصاویر ماهواره‌ای سری سنتینل-۲ و شناسایی ساخت‌وساز از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شده است. روش حداکثر احتمال از روش‌های نظارت شده پارامتریک می‌باشد که از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در این روش احتمال اینکه یک پیکسل به تمامی کلاس‌ها تعلق داشته باشد محاسبه شده و به کلاس با بیشترین احتمال تعلق می‌گیرد. به این منظور فرض بر این گذاشته می‌شود که داده‌های نمونه تعلیمی، توزیع نرمال دارند. و تغییرات ساخت‌وساز پایش شده است. در شکل ۲ و شکل ۳ تصاویر سنتینل-۲ برای سال ۲۰۱۸ و سال ۲۰۲۲ نمایش داده شده است.



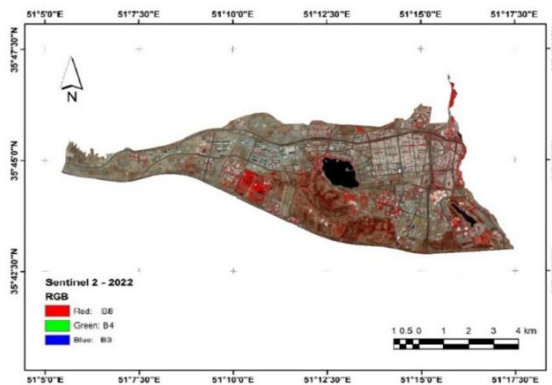
شکل ۴: نقشه مناطق ساخت و ساز در سال ۲۰۱۸
Fig. 4: Map of construction areas in 2018



شکل ۵: نقشه مناطق ساخت‌وساز در سال ۲۰۲۲
Fig. 5: Map of construction areas in 2022



شکل ۲: تصویر سنتینل-۲ منطقه ۲۲ تهران سال ۲۰۱۸
Fig. 2: Sentinel-2 images of 22 district of Tehran in 2018



شکل ۳: تصویر سنتینل-۲ منطقه ۲۲ تهران سال ۲۰۲۲
Fig. 3: Sentinel-2 images of 22 district of Tehran in 2022

جدول ۳: نتایج صحت طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال

Table 3: Classification accuracy results by maximum likelihood method

سال Year	دقت کلی Overall Accuracy	kappa
2018	0.91	0.84
2022	0.93	0.86

بر اساس نتایج بدست آمده بین این زمانها چیزی حدود ۳۳ هکتار به مساحت مناطق ساخت‌وساز اضافه شده است. در جدول ۴ مساحت ساخت‌وساز و اختلاف آنها به تفکیک ارائه شده است. بر اساس نتایج، مساحت مناطق ساخت‌وساز در سال ۲۰۱۸ معادل با ۳۴۸ هکتار و برای سال ۲۰۲۲ معادل با ۳۸۲ هکتار می‌باشد.

جدول ۴: نتایج تغییرات مساحت مناطق ساخت‌وساز در منطقه ۲۲ تهران

Table 4: The results of changes in the construction areas in the 22 district of Tehran

سال Year	مساحت به هکتار Area in hectares
2018	348.88
2022	382
The area difference between two time periods	
اختلاف مساحت بین دو دوره زمانی	
	33.12

سپس بر اساس روش طبقه‌بندی مناطق ساخت‌وساز در بین این بازه زمانی شناسایی شده و بر روی نقشه شکل‌های ۴ و ۵ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده بین این ۴ سال تغییراتی در ساخت و ساز منطقه صورت گرفته است. در جدول ۳ نتایج صحت کلی و ضریب کاپا بر اساس تصاویر گوگل ارث بدست آمده و نتایج آن نمایش داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده طبقه‌بندی حداکثر احتمال دارای ضریب کاپا میانگین ۰.۸۶ بوده است.

تاثیر خیلی زیادی بر روی آلاینده AI نداشته است.

بررسی آلاینده‌های هوا

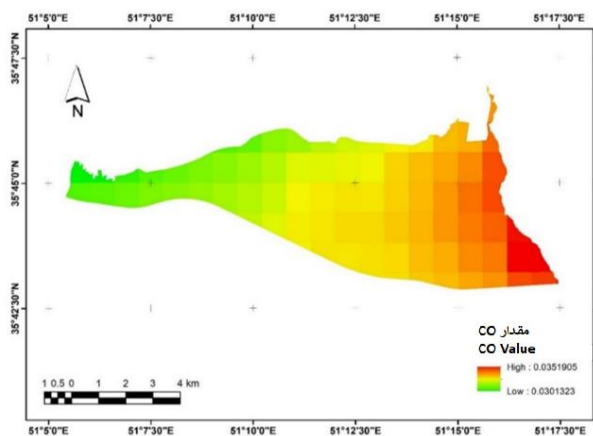
بعد از بررسی تغییرات ساخت‌وساز نوبت به بررسی تغییرات غلظت آلاینده‌های مختلف در واحد زمان و مکان می‌باشد. در زیر نتایج بطور جداگانه ارائه شده است.

بررسی منوکسیدکربن

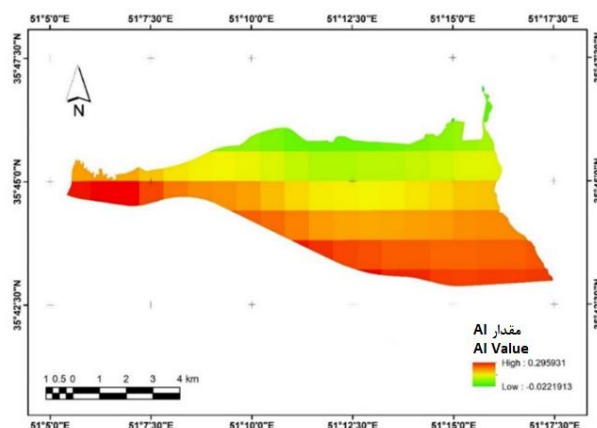
در شکل ۸ نقشه تغییرات آلاینده منوکسیدکربن در واحد مکان ارائه شده است.

بررسی آتروسول (AI)

در شکل ۶ میانگین مقدار AI ارائه شده است. بر اساس این نقشه در قسمتهای شمالی غربی و قسمت‌های جنوبی منطقه غلظت این گاز بیشتر بوده است.



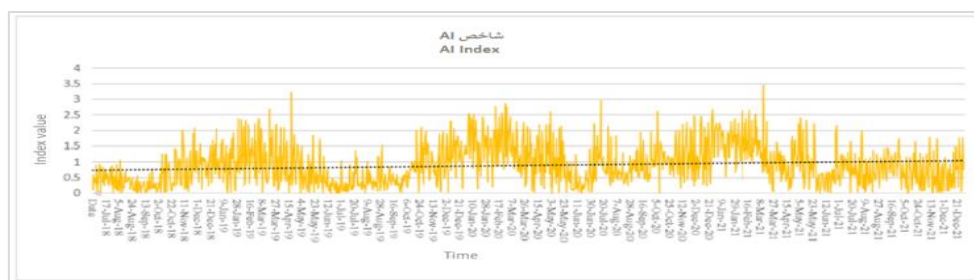
شکل ۸: روند تغییرات شاخص CO در واحد مکان
Fig. 8: The trend of spatial changes of the CO index



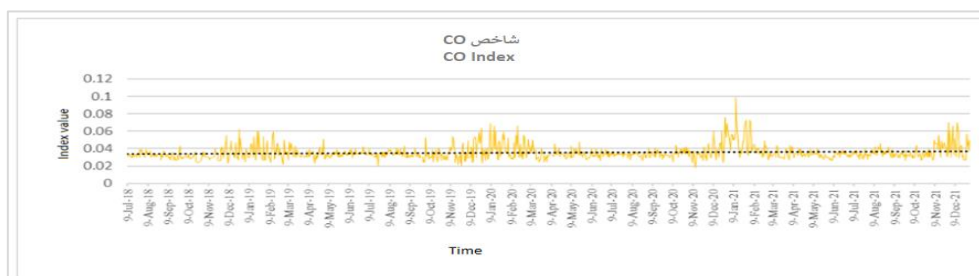
شکل ۶: نقشه تغییرات مکانی شاخص AI
Fig. 6: AI index spatial changes map

همانگونه که در شکل ۸ نمایش داده شده است مقدار این آلاینده در بخش‌های شرقی که ساخت‌وساز بیشتر است مقدار بالاتری به نسبت سایر مناطق دارد. این افزایش مقدار می‌تواند ناشی از ساخت‌وسازهای بیشتر در بخش‌های شرقی منطقه ۲۲ تهران باشد. در شکل ۹ نمودار تغییرات آلاینده منوکسیدکربن در واحد زمان نمایش داده شده است. بر اساس نتایج می‌توان مشاهده کرد که از سال ۲۰۲۰ شدت این گاز در هوا بیشتر شده و نقاط پیک بالاتری را تجربه کرده است.

همچنین در شکل ۷ روند تغییرات زمانی شاخص AI در واحد زمان ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار این آلاینده در طول این بازه زمانی روند رشد زیادی نداشته است و می‌توان گفت که ساخت‌وساز



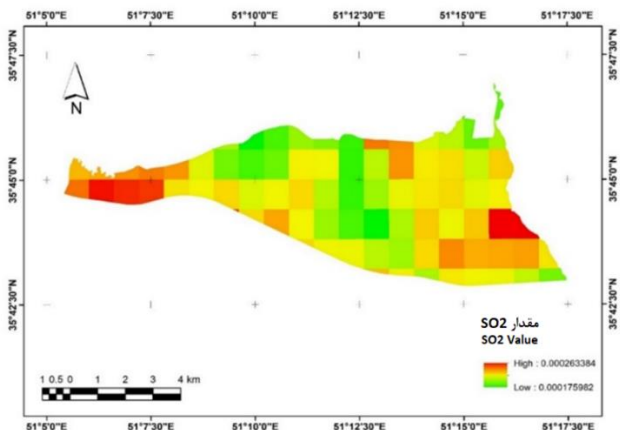
شکل ۷: روند تغییرات شاخص AI در واحد زمان
Fig. 7: The trend of temporal changes of the AI index



شکل ۹: روند تغییرات شاخص CO در واحد زمان
Fig. 9: The trend of temporal changes of the CO index

بررسی دی‌اکسیدنیترژن

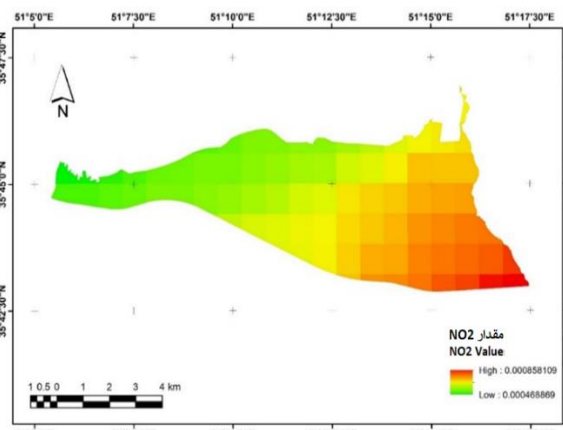
در شکل ۱۰ روند تغییرات گاز دی‌اکسیدنیترژن به صورت مکانی نمایش داده شده است. بر اساس نقشه بدست آمده در قسمت‌های شرقی مخصوصاً جنوب شرقی غلظت این گازها بسیار زیاد بوده است. که با توجه به وجود سازه‌های بیشتر در این نقاط می‌تواند طبیعی باشد. همچنین در شکل ۱۱ روند تغییرات زمانی این آلاینده نمایش داده شده است. بر اساس نتایج روند خاصی بین تغییرات این آلاینده با افزایش ساخت‌وساز وجود ندارد.



شکل ۱۲: روند تغییرات شاخص SO2 در واحد مکان
Fig. 12: The trend of spatial changes of the SO2 index

ازن (O3)

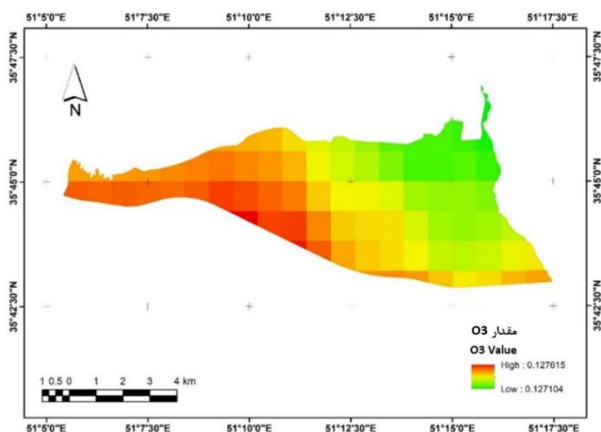
در شکل ۱۴ روند تغییرات مکانی این آلاینده نمایش داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده غلظت این آلاینده در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی شدت بیشتری داشته است. در شکل ۱۵ روند تغییرات زمانی این آلاینده نمایش داده شده است. بر اساس این نمودار روند معناداری بین افزایش ساخت‌وساز و لایه ازن مشاهده نشده است.



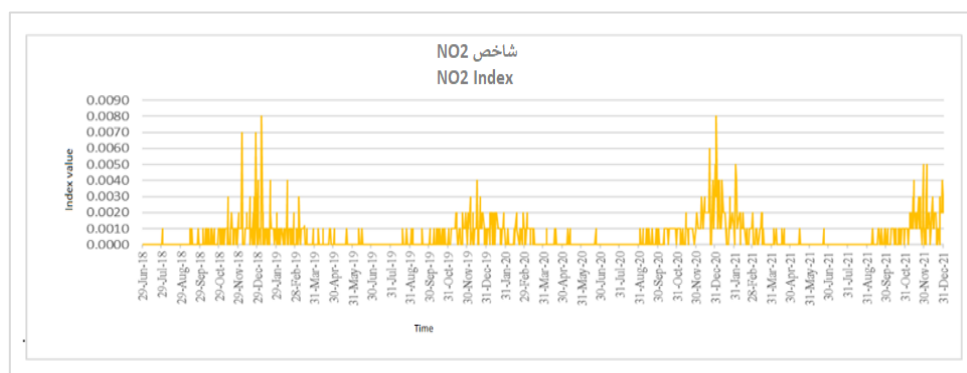
شکل ۱۰: روند تغییرات شاخص NO2 در واحد مکان
Fig. 10: The trend of spatial changes of the NO2 index

بررسی گوگرددی‌اکسید

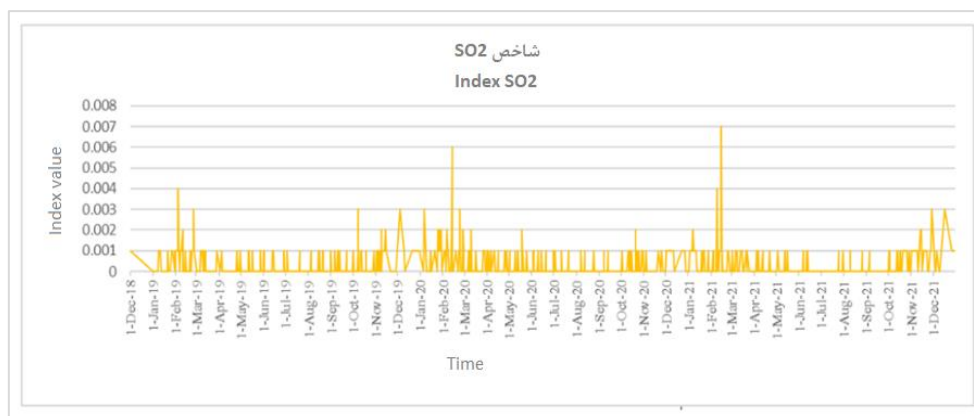
در شکل ۱۲ روند تغییرات این آلاینده به صورت مکانی نمایش داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در قسمت‌های شرقی و غربی شاهد افزایش چشمگیر این آلاینده هستیم. همچنین در شکل ۱۳ نمودار تغییرات این آلاینده در واحد زمان نمایش داده شده است. بر اساس تغییرات زمانی از سال ۲۰۲۱ روند روبه رشدی از این گاز را در داخل منطقه شاهد هستیم.



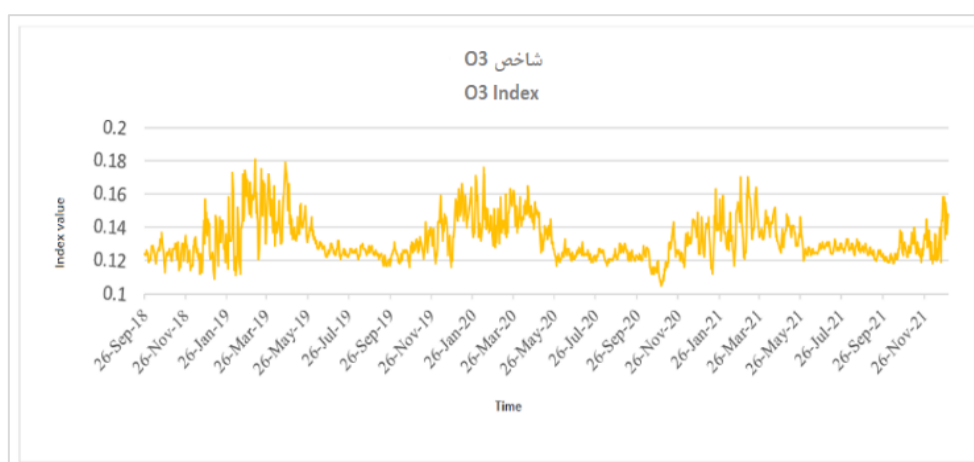
شکل ۱۴: روند تغییرات شاخص O3 در واحد مکان
Fig. 14: The trend of spatial changes of the O3 index



شکل ۱۱: روند تغییرات شاخص NO2 در واحد زمان
Fig. 11: The trend of temporal changes of the NO2 index



شکل ۱۳: روند تغییرات شاخص SO₂ در واحد زمان
Fig. 13: The trend of temporal changes of the SO₂ index



شکل ۱۵: روند تغییرات شاخص O₃ در واحد زمان
Fig. 15: The trend of temporal changes of the O₃ index

آژوسل نیز در فصول مختلف در طول سال‌های مختلف روند روبه رشدی مشاهده می‌شود. جدول ۶ شامل داده‌های درخواست شده از شرکت کنترل کیفیت هوا برای ایستگاه شهرداری منطقه ۲۲ تهران (<https://airnow.tehran.ir/archive/request.aspx>) می‌باشد که برای مقایسه با داده‌های بدست آمده از سنتینل-۵ استفاده شده است. مطابق با داده‌های جدول ۶ نیز شاهد روند افزایشی برای منوکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد هستیم.

بررسی تغییرات فصلی آلاینده‌ها روند تغییرات فصلی برای ۴ سال در جدول ۵ نمایش داده شده است. برای گاز منوکسیدکربن در طول تمام فصل روند روبه رشد از این آلاینده مشاهده می‌شود. برای گاز دی‌اکسیدگوگرد روند منطقی و قابل چشمگیری مشاهده نمی‌شود. برای آلاینده دی‌اکسیدنیترژن روند روبه رشدی در غلظت این گاز در تمامی فصلها با افزایش ساخت‌وساز مشاهده می‌شود. برای گاز ازن نیز روند منطقی مشاهده نشده است. از نظر میزان

جدول ۵: تغییرات فصلی آلاینده‌های هوا

Table 5: Seasonal changes of air pollutants

	2018	2019	2020	2021
CO				
بهار Spring		0.033963	0.034625	0.0338
تابستان Summer	0.032966	0.034516	0.032941	0.034103
پاییز Fall	0.031458	0.032406	0.033988	0.035472
زمستان Winter	0.03704	0.038291	0.042483	0.044744
So ₂				
بهار Spring		0.000133	0.00012	0.000102

	2018	2019	2020	2021
تابستان Summer		0.000113	9.91E-05	6.25E-05
پاییز Fall		0.00031	0.000153	0.00033
زمستان Winter	0.001	0.00054	0.000804	0.000564
No2				
بهار Spring		0.00035	0.000198	0.000188
تابستان Summer	1.25E-05	3.48E-05	8.93E-06	8.62E-06
پاییز Fall	0.000391	0.000398	0.000549	0.000752
زمستان Winter	0.001263	0.000959	0.001079	0.001595
O3				
بهار Spring		0.14783	0.142895	0.13893
تابستان Summer		0.126765	0.123158	0.127397
پاییز Fall	0.124851	0.125737	0.121868	0.125667
زمستان Winter	0.129969	0.13641	0.142965	0.135324
AI				
بهار Spring		0.88007	1.086904	1.063826
تابستان Summer	0.279925	0.324678	0.652886	0.167759
پاییز Fall	0.454324	0.722061	1.062167	0.349596
زمستان Winter	0.905526	1.131429	1.494769	1.193955

جدول ۶: تغییرات فصلی آلاینده‌های هوای ایستگاه زمینی واقع در شهرداری منطقه ۲۲
Table 6: Seasonal changes of air pollutants of the ground station located in the municipality of 22 district

2019				
	SO2 ppb	NO2 ppb	CO ppm	O3 ppb
بهار Spring	3.1	31.8	1.2	33.97
تابستان Summer	4.5	42.9	1.3	34
پاییز Fall	4.57	46.4	1.63	14.87
زمستان Winter	5.53	45.33	1.27	16.1
2020				
	SO2 ppb	NO2 ppb	CO ppm	O3 ppb
بهار Spring	3.3	39.2	0.8	34.63
تابستان Summer	4.3	37.97	1.23	33.1
پاییز Fall	4.47	46.5	1.37	14.73
زمستان Winter	6.47	47.27	1.47	13.37
2021				
	SO2 ppb	NO2 ppb	CO ppm	O3 ppb
بهار Spring	4.1	29.63	0.7	31.3
تابستان Summer	3.87	38	1.1	30.67
پاییز Fall	5.77	46.47	1.7	11.7
زمستان Winter	6.93	46.47	1.43	5.6

نتیجه‌گیری

قدیمی که باعث افزایش آلودگی هوا می‌شود. پس شناخت عوامل تاثیرگذار در روند افزایش آلودگی هوا یک ضرورت محسوب می‌شود و در این راستا بکار بردن روش‌ها و فناوری‌های مبتنی بر سنجش از دور به دلیل ماهیت تولید داده‌های پیوسته زمانی و مکانی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. پیرو این ضرورت در این پژوهش از داده‌های در

امروزه آلودگی هوا به یکی از مهمترین چالش کشورمان تبدیل شده است. که نقش عمده‌ای در تغییرات اقلیم کشورمان دارد و عامل‌های متنوعی نظیر رشد جمعیت که رشد ساخت و ساز را به همراه داشته و افزایش حمل و نقل و افزایش تقاضا برای مصرف انرژی‌ها و صنایع اغلب

[4] Esfandeh S, Danehkar A, Salmanmahiny A, Sadeghi SM, Marcu MV. Climate change risk of urban growth and land use/land cover conversion: An in-depth review of the recent research in Iran. *Sustainability* 2022, 14(1), 338. <https://doi.org/10.3390/su14010338>.

[5] Huang Y, Lei C, Liu CH, Perez P, Forehead H, Kong S, Zhou JL. A review of strategies for mitigating roadside air pollution in urban street canyons. *Environmental Pollution*. 2021 Jul 1; 280:116971.

[6] Saxena P, Naik V. Air pollution: sources, impacts and controls. *Methods for the measurement of air pollutions*. 2018. CABI, Nosworthy, Wallingford, Oxfordshire, OX108DE, UK, 55-78.

[7] Popp D. International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effects of NOX and SO2 regulation in the US, Japan, and Germany. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2006 Jan 1;51(1):46-71.

[8] Copat et al. The role of air pollution (PM and NO2) in COVID-19 spread and lethality: a systematic review. *Environmental research*. 2020 Dec 1;191:110129.

[9] Li et al. Regional air pollution characteristics simulation of O3 and PM10 over Yangtze River Delta Region. *Huan Jing ke Xue= Huanjing Kexue*. 2008 Jan 1;29(1):237-45.

[10] Magro et al. Severe COVID-19: A multifaceted viral vasculopathy syndrome. *Annals of Diagnostic Pathology*, Volume 50, 2021, 151645, ISSN 1092-9134, <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2020.151645>.

[11] Lorente, A., Boersma, K.F., Eskes, H.J., Veeffkind, J.P., Van Geffen, J.H.G.M., De Zeeuw, M.B., van der Gon, H.D., Beirle, S. and Krol, M.C., 2019. Quantification of nitrogen oxides emissions from build-up of pollution over Paris with TROPOMI.

[12] Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*. 2008 Jan 1;151(2):362-7.

[13] Somvanshi SS, Vashisht A, Chandra U, Kaushik G. Delhi air pollution modeling using remote sensing technique. *Handbook of environmental materials management*. 2019:1-27.

[14] Emeis S, Schäfer K. Remote sensing methods to investigate boundary-layer structures relevant to air pollution in cities. *Boundary-layer meteorology*. 2006 Nov;121(2):377-85.

[15] Wang Y, Yuan Q, Li T, Tan S, Zhang L. Full-coverage spatiotemporal mapping of ambient PM2.5 and PM10 over China from Sentinel-5P and assimilated datasets: Considering the precursors and chemical compositions. *Science of The Total Environment*. 1 November 2021, 148535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148535>.

[16] Shikwambana L, Sivakumar V, Xongo K. Tracking the Transport of SO₂ and Sulphate Aerosols from the Tonga Volcanic Eruption to South Africa. *Atmosphere*. 2023; 14(10):1556. <https://doi.org/10.3390/atmos14101556>.

دسترس ماهواره سنتینل-۲ برای بررسی تغییرات ساخت‌وساز در منطقه ۲۲ تهران در سالهای ۲۰۱۸ و ۲۰۲۲ استفاده شده که بر اساس بررسی تغییرات بدست آمده برای ساخت‌وساز در سال ۲۰۱۸ معادل با ۳۴۸.۸۸ هکتار بوده است و در سال ۲۰۲۲ مقدار مساحت آن معادل با ۳۸۲ هکتار بوده است. در طول این چهار سال ۳۳ هکتار به ساخت‌وساز منطقه اضافه شده است. و برای پایش آلاینده‌های منوکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن و آئروسول از داده‌های سنتینل-۵ استفاده شده است که با بررسی تغییرات مکانی آلاینده‌ها گویای این امر می‌باشد که با افزایش ساخت و ساز، مقدار آلاینده‌ها نیز بیشتر شده است. اما برای همه گازها از نظر زمانی تغییرات خاصی مشاهده نشده است. برای آلاینده AI تغییرات خاصی در داخل منطقه مشاهده نشده است. برای آلاینده‌های منوکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد روند رو به رشدی مشاهده گردید و برای آلاینده دی‌اکسیدنیتروژن در این بازه زمانی، رشدی مشاهده نشد.

بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش میزان ساخت‌وساز در داخل منطقه تمامی آلاینده‌های عنوان شده افزایش پیدا نکرده و آلاینده‌های منوکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد افزایش پیدا کرده است. همچنین بررسی تغییرات فصلی آلاینده‌های ذکر شده، گویای این امر می‌باشد که در فصل زمستان غلظت این آلاینده‌ها بیشتر از سایر فصول بوده است.

مشارکت نویسندگان

میزان مشارکت نویسندگان در نگارش مقاله بطور مساوی است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از سازمان فضایی اروپا برای دسترسی رایگان به تصاویر سنتینل ۲ و سنتینل ۵ قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Javaheri H, Bayat M. Air pollution, its effects, consequences and new control method. The first national conference on environmental pollution and its control methods: 2013: Sanandaj, Iran. [In Persian]

[2] Hosseini A, Zare M. Recognizing and controlling the global effects of air pollution on humans and the environment. The first national conference of applied researches in the preservation of the environment, water and natural resources: 2014: Arak. Iran. [In Persian]

[3] Alagmandan M, Barazande F, Ardakani A. The role of tall buildings on air flow and pollution in the city (the effect of building height on increasing the speed of air flow and consequently reducing air pollution). The third conference on tall buildings: 2015: Qarchak. Iran. [In Persian]

Environmental Engineering, Warsaw, Poland; 2019. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1-W2-43-2019>.

[28] Krupiński M, Lewiński S, Malinowski R. One class SVM for building detection on Sentinel-2 images. Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, 1117635 (6 November 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2535547>

[29] Asgari O, Attarchi S, Nissani Samani N. Evaluation of the effectiveness of voluntary geographic information in the classification of Sentinel-2 images with the aim of identifying changes in urban areas (case study: Qazvin city). Geographical researches of urban planning, winter 8, 2019, number 4. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2021.314285.1411>

[30] Ezzatabadipour H, Najafi Targhee M. Extraction of built-up urban areas using Sentinel-2 satellite images (case study: Sirjan city). Faculty of Civil Engineering, Sirjan University of Technology; 2019.

[31] Ghasempour F, Sekertekin A, Kutoglu S.H. Google Earth Engine based spatio-temporal analysis of air pollutants before and during the first wave COVID-19 outbreak over Turkey via remote sensing. Journal of Cleaner Production, Volume 319, 2021, 128599, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128599>.

[17] Vîrghileanu et al. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak, Faculty of Geography, University of Bucharest, 010041 Bucharest, Romania; 2020.

[18] Safarianzengir V, Sobhani B, Yazdani M.H, Kianian M.K. Monitoring, analysis and spatial and temporal zoning of air pollution (carbon monoxide) using Sentinel-5 satellite data for health management in Iran, located in the Middle East. Air Quality, Atmosphere & Health. 2020; 13, 709-719.

[19] Quesada et al. Benefit of ozone observations from Sentinel-5P and future Sentinel-4 missions on tropospheric composition, Atmos. Meas. Tech., 13, 131–152, <https://doi.org/10.5194/amt-13-131-2020>, 2020.

[20] Broomandi P, Karaca F, Nikfal A, Jahanbakhshi A, Tamjidi M, Kim J.R. (). Impact of COVID-19 Event on the Air Quality in Iran. Aerosol Air Qual. 2020; Res. 20: 1793–1804. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0205>.

[21] Qanadi M.A, Shahri M, Moradi A. Air pollution monitoring using Sentinel-5 satellite images (case study: large industrial cities of Iran). Environmental Science Quarterly. 1401; 20(2): 81-98. doi: 10.52547/envs.2022.1026

[22] Shayeste K, Gharibi S. The use of Sentinel-5 satellite images in identifying air pollutant centers in Iran, land evaluation and preparation. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Malayer University; 2018.

[23] Rangzen K. Kabolizade M, Mohamadi S. Temporal-spatial survey of nitrogen dioxide pollution in Khuzestan province using TROPOMI sensor. Department of remote sensing and GIS, faculty of earth sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran; 2019.

[24] Shami S, Khoshlahjeh M, Ghorbani Z, Moghimi A, Mohammadzadeh A, Sabetghadam S. Investigating the amount of changes in air pollutants during the spread of the Covid-19 virus in Iran using Sentinel 5 satellite data. Scientific Research Journal of Mapping Sciences and Techniques. 2019;10(3):146-135.

[25] Pour Majid A, Sakhawat Jo M.S, Hosseini Hashemi A. Investigating the effects of urban development on air quality using GIS (case study: District 22 of Tehran Municipality). Faculty of Environment, Islamic Azad University, Science and Research Unit; 2016.

[26] Lefebvre A, Sannier C, Corpetti T. Monitoring Urban Areas with Sentinel-2A Data: Application to the Update of the Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Degree. Remote Sensing. 2016; 8(7):606. <https://doi.org/10.3390/rs8070606>.

[27] Chormański J, Kuc G. SENTINEL-2 IMAGERY FOR MAPPING AND MONITORING IMPERVIOUSNESS IN URBAN AREAS. Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Civil and

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



امیرشاهرخ امینی استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد تهران واحد جنوب می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی‌ارشد و دکتری خود را در مهندسی نقشه‌برداری-فتوگرامتری به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ از دانشگاه

صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی دریافت کردند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از فتوگرامتری، سنجش از دور و کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی است.

Amini, A. Assistant Professor at Department of surveying Engineering, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran

✉ sh_aminia@azad.ac.ir



زهرا آذرگشایش دارای تحصیلات کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی نقشه‌برداری- سنجش از دور از دانشگاه امیرکبیر و دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۴۰۱ می‌باشند. زمینه‌های تخصصی ایشان سنجش از دور و کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی است.



ایشان سنجش از دور و کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی است.

Nouri, P. Graduated from Department of Surveying Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

✉ paniznouri97@yahoo.com

Azargoshayesh, Z. Graduated from Department of Surveying Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

✉ z.azar8699@gmail.com

پانید نوری دارای تحصیلات کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی نقشهبرداری- سنجش از دور از دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۴۰۱ می‌باشند. زمینه‌های تخصصی

Citation (Vancouver): Amini A, Azargoshayesh Z, Nouri P. [Evaluation of the impact of construction in urban areas on air pollution in the troposphere using remote sensing data]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2024; 2(2): 321-334

 <https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.11101.1080>



COPYRIGHTS

© 2024 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/>)